



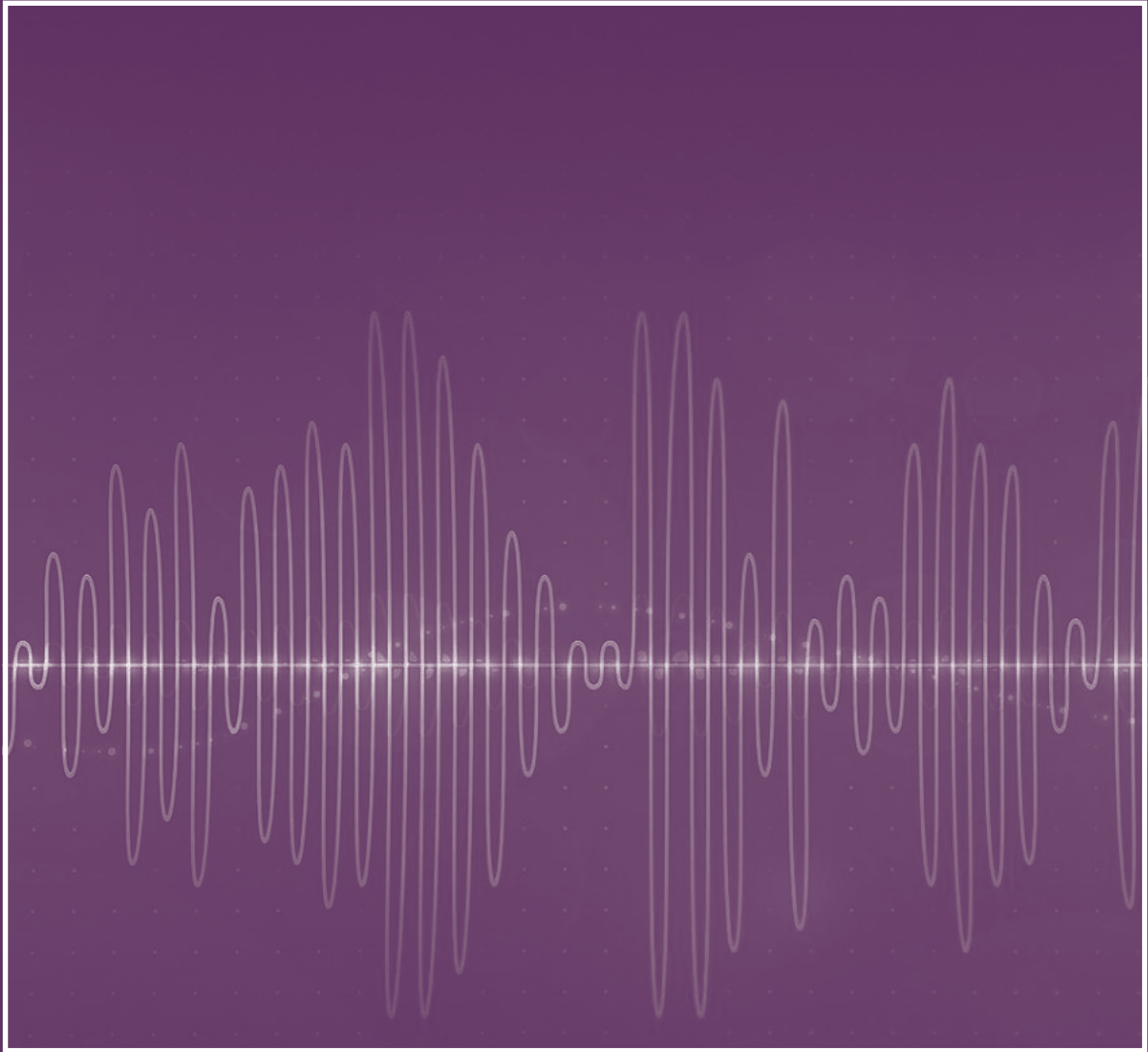
مرکز آموزش علمی - کاربردی
گروه بین المللی ره شهر (کوییک بیلد)
تحت نظارت دانشگاه جامع علمی - کاربردی

تنظیم شرایط محیطی

(استانداردهای عملکرد حسی، محیط صوتی و حرارتی)

- محیط صوتی
- عملکرد موانع صوتی
- محیط حرارتی
- اثرگذاری مربوط به صوت
- اثرگذاری مربوط به درجه حرارت

● نشریه شماره ۵۲، پاییز ۱۳۸۰



شهر

RAH SHHR

International Group

گروه بین المللی ره شهر

پیشگفتار

اهمیت سیستم‌های محیطی در تجارب انسانی، بویژه در مورد تأثیرات 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 مهندسی مشاور ره‌شهر اقدام به ترجمه کتاب ARCHITECTURAL INTERIOR SYSTEMS تالیف John E. Flynn, Jack A. Gary R. Steffy و kremer, Arthur W. Segil 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، جلد اول (محیط روشنایی) از بخش اول (استانداردهای عملکرد حسی) از این مجموعه پیش‌تر تقدیم شد و اینک جلد دوم همان بخش با عنوان «محیط‌های صوتی و حرارتی» 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 شود. 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

شنوایی بر مبنای توانایی گوش انسان برای تجزیه و تحلیل طیف مشخصی از ارتعاشها استوار است. از این حس، برای تبادل اطلاعات به توسط زبان گویش یا علائم اخطاری استفاده می‌شود. برای مبادله صحیح عقاید بین افراد، شنوایی اغلب نقش مهمی را ایفا می‌کند. بویژه، در مواقعی که شرایط دید نامساعد باشد، این حس بر حسهای دیگر غالب می‌شود.

همچنین باید گفت که گوش انسان از طریق واکنش به تغییرات ظریف فشار هوا، اصواتی را که دارای شدت و فرکانس‌های بسیار متفاوتی هستند، می‌شنود. دو ضربه صوتی که از نظر زمانی معادل یک هزارم ثانیه از یکدیگر فاصله دارند توسط گوش، به عنوان دو علامت جداگانه تشخیص داده می‌شوند. با این وجود، گوش قادر به دریافت کلیه فرکانس‌های صوتی نیست و اغلب افراد، صدایی را که شدت آن کم‌تر از ۳۰ هرتز باشد، نمی‌شنوند.

هدف از گفتار «محیط صوتی» به طور کلی آشنایی با محیط صوتی پیرامون انسان بخصوص در فضاهای اداری و نحوه کاربرد تمهیداتی به منظور جلوگیری از انتقال اصوات ناخواسته و مزاحم است. با افزایش استفاده از طرح فضای باز اداری، معیار جدیدی برای توصیف میزان کلی کارایی سیستم آکوستیکی در اواخر دهه ۶۰ و اوایل دهه ۷۰ میلادی به وجود آمد. به طور کلی عواملی که بر محیط صوتی فضای باز اداری تأثیر می‌گذارند عبارتند از انتقال صوت و مستور کنندگان کمکی صدای زمینه. انتقال صوت در فضای باز اداری به سیستم سقف، جداکنندگان فضا و فاصله افراد با یکدیگر بستگی دارد، و محو و مستور نمودن صدا، به انتخاب اجزای سیستم مستور کننده نوفه زمینه (وسایل الکتریکی ایجاد کننده صوت و نحوه قرار گرفتن بلندگوها و تعداد آنها) بستگی دارد.

برای اندازه‌گیری مجموعه اثرات سه عامل مؤثر بر آکوستیک فضای باز اداری، معیار «SPP» یا «حریم گفتار» معرفی شده است. این سه عامل عبارتند از: جداکنندگان فضا، سیستم سقف و سیستم مستور کننده صدای زمینه. یک سیستم کامل متشکل از این سه عامل، با SPP معادل ۶۰ یا بیشتر، سیستمی خوب برای فضای باز اداری شناخته می‌شود، این سیستم قابلیت ایجاد محیطی را دارد که در آن فهم گفتار از یک موضع کاری به موضع کاری دیگر (بخشهای مختلفی که یک نفر یا گروهی از کارمندان در آن مشغول به کار هستند) غیرممکن و یا مشکل باشد. البته باید در نظر داشت که صدای کلام ممکن است از یک موضع کاری به دیگری رفته و شنیده شود، اما احتمال فهم و تشخیص کلام، بسیار اندک است. دیگر مقوله مورد اشاره در این نشریه، «محیط حرارتی» است. بدن انسان، انرژی شیمیایی را از طریق غذا دریافت کرده و آن را به اشکال دیگر انرژی تبدیل می‌کند. حاصل این سوخت و ساز، ایجاد

حرارت است. میزان سوخت و ساز (سرعت انتشار حرارت) با توجه به فعالیت شخص و نوع لباس او تغییر می‌کند. برای شخصی که همیشه در ارتباط با یک نوع فعالیت کاری است، میزان سوخت و ساز در محدوده حرارتی تقریبی ۱۵ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد ثابت می‌ماند.

به طور کلی جریان حرارت بین بدن و محیط اطراف از راه‌های جابجایی، هدایت، تشعشع، تبخیر صورت می‌گیرد و جهت جریان حرارتی می‌تواند از محیط به بدن و یا از بدن به محیط باشد. وقتی درجه حرارت هوای محیط در محدوده دمایی خنثی قرار دارد (معمولاً از درجه حرارت‌های پایین تا حدود ۲۱ درجه سانتی‌گراد) خون از طریق سرخرگها جاری و از سیاهرگها باز می‌گردد و در نتیجه این جریان، حرارت نسبتاً کمی به پوست بدن منتقل می‌شود. وقتی درجه حرارت محیط شروع به بالا رفتن از محدوده خنثی می‌کند، مویرگهای بدن نیز شروع به انبساط می‌کنند. در نتیجه انحراف خون برگشتی به داخل این مویرگها، محیطی حرارتی ایجاد می‌شود که باعث افزایش سریان حرارت از بافتهای درونی به بافتهای سطحی شده و سبب ازدیاد درجه حرارت پوست بدن می‌شود. وقتی که انبساط رگها به نهایت خود می‌رسد، درجه حرارت پوست تقریباً در سر تا سر بدن یکنواخت شده و به حداکثر خود می‌رسد. بنابراین، بدن دیگر نمی‌تواند بیش از این به از دست دادن حرارت از طریق جابه‌جا و تشعشع ادامه دهد. در این حالت اگر درجه حرارت محیط افزایش یابد، منافذ پوست باز می‌شود تا پدیده تعرق که مکانیزم افزایش حرارت پراکنی بدن از طریق تبخیر آب سطح پوست است انجام گیرد. در حرارتی حدود ۳۸ درجه سانتی‌گراد وقتی که انتقال حرارت از طریق جابه‌جایی و تشعشع، به علت عدم وجود اختلاف قابل ملاحظه بین دمای بدن و محیط، ناچیز است تنها پدیده تعرق است که وظیفه تنظیم درجه حرارت بدن را به عهده دارد.

زمانی که درجه حرارت محیط کاسته شود، فرآیندهایی که بیشتر مورد بحث قرار گرفت معکوس می‌شوند. وقتی حرارت به درجه خنثی برگردد، منافذ پوست شروع به بسته‌شدن کرده، انتقال حرارت از راه تعرق کم می‌شود. در این حالت، بیشتر حرارت بدن از طریق جابه‌جایی، بویژه تشعشع به خارج انتقال می‌یابد. زمانی که درجه حرارت محیط به زیر خنثی می‌رسد، با بسته‌شدن مویرگها و بازتر شدن رگهای اصلی، حرارت بدن در بافتهای درونی ذخیره شده و امکان داده می‌شود که سطح پوست، بویژه، دست و پا، سردتر بمانند. در این حالت، اتلاف حرارت از طریق جابه‌جایی و تشعشع کمتر می‌شود. به موازات کاهش درجه حرارت محیطی، چون اعمال جبرانی صورت گرفته در جریان خون کافی نمی‌باشد، حرارت بافتهای درونی بدن کاهش یافته، لرزش بدن به صورت یک حرکت فیزیکی غیرارادی، که وسیله‌ای است برای تولید حرارت اضافی، آغاز می‌شود. در نهایت، هدف بخش «محیط حرارتی» در این نشریه آن است تا با ارائه شناختی دقیق‌تر از مکانیزم ایجاد و انتقال حرارت، به تشریح راه‌هایی برای سازگاری بهینه بدن با محیط حرارتی پیرامون و در نتیجه صرفه‌جویی در انرژی مصرفی بپردازد.

محیط صوتی

طیف صوتی و محدوده حس شنوایی

واحد سنجش شدت صوت دسی‌بل است و حساسیت شنوایی افراد را می‌توان براساس ترازهای دسی‌بلی آستانه شنوایی، که در آن فرد می‌تواند علائم صوتی با فرکانس‌های مختلف را تشخیص دهد، اندازه‌گیری کرد.

آستانه شنوایی

طبق تعریف، صدایی با شدت صفر دسی‌بل، آستانه شنوایی در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز است. اغلب افراد می‌توانند یک علامت صوتی را که دارای شدت کمتری است در ۴۰۰۰ هرتز بشنوند، در حالی که برای حداقل درک در دو منتهی‌الیه دامنه فرکانس، اصوات شدیدتری لازم است. آستانه شنوایی که بدین ترتیب تعیین شده است، میزان صدای زمینه را کمال مطلوب و «آرام» فرض می‌کند ولی هرگاه نوفه زمینه هم وجود داشته باشد، آستانه شنوایی در حد بالاتری به وجود می‌آید.

تغییر علائم صوتی شدید

هرگاه نوفه زمینه دارای شدت زیادی باشد تبادل و دریافت علامت صوتی قابل فهم، بسیار مشکل می‌شود. دلیل آن تا حدودی بالا رفتن حد آستانه شنوایی است. از علل دیگر آن می‌توان وضعیت داخل گوش را ذکر کرد؛ وضعیتی که با حالت خیره ماندن چشم مشابه است. هنگامی که نوفه زمینه کم یا متوسط است می‌توان با افزایش شدت علامت صوتی، برقراری ارتباط را بهبود بخشید.

درد و از دست دادن شنوایی

هرگاه گوش، در معرض صداهایی با فشار بیش از ۱۲۰ دسی‌بل قرار گیرد، دچار درد و ناراحتی می‌شود. اصواتی با این شدت می‌توانند موجب ناشنوایی موقت و حتی آسیب دائمی در قوه شنوایی شوند. یک صدای ناگهانی که دارای شدت کمتری است (مثل صدای انفجار یک ترفه بزرگ)، باعث کری موقت می‌شود. این مشابه است با تأثیر ایجاد شده به وسیله یک تراز بلندتری از نوفه زمینه در یک مدت کوتاه که به عنوان جابه‌جایی موقت آستانه شنوایی شناخته می‌شود. مواجهه دائمی یا تکراری با صداهای نسبتاً شدید، می‌تواند منجر به کری دائمی گردد.

استماع چند کاناله

هرگاه در محیطی یک علامت صوتی غالب وجود داشته باشد، می‌توان از هر دو گوش به طور همزمان برای شنیدن استفاده کرد.

در مواقعی که چندین منبع صدا یا علائم صوتی وجود داشته باشد، از دو گوش می‌توان تا حدودی به عنوان دو کانال مجزا استفاده کرد. اگر سرعت انتشار اطلاعات، یعنی سرعتی که اطلاعات به صورت علائم صوتی منتشر می‌شوند، خیلی زیاد نباشد شنونده می‌تواند بدون نیاز به تشخیص خارجی، سرچشمه آنها را به سادگی از یکدیگر تفکیک کند.

تشخیص مکانی

در حالی که تشخیص مکانی صوت کماکان تشخیصی ناقص است، استماع چند کاناله، پرسپکتیو محدود شنوایی را در اختیار می‌گذارد که تشخیص فاصله و جهت را آسان می‌کند. تشخیص فاصله نسبتاً ساده است هر چند که بسیار دقیق و ظریف نیست. این عمل ممکن است شامل بلندی و پیچیدگی و ترکیب صدا نیز باشد.

تشخیص و جهت‌یابی صوت به دو گونه است: یا نیاز به یک گوش دارد یا نیازمند هر دو گوش است. وقتی اطلاعات قبلی و تصویر منبع هر دو از میان برداشته شوند، برای جهت‌یابی از هر گوش به طور جداگانه استفاده می‌شود. به طور کلی، قابلیت جهت‌یابی و تشخیص با حرکت سر میسر است.

به طور خلاصه باید گفت وضعیت‌های مکانی و فضایی که برای شنوایی انسان لازم هستند، اساساً بر تمایز و اختلافات صوتی استوارند. اگر صدایی معنادار در دامنه معمول قرار داشته باشد اما به علت فقدان شدت و یا نداشتن تمایز با صدای زمینه، گنگ و مبهم گردد شنوایی سخت یا غیرممکن می‌شود.

از طرف دیگر، حساسیت گوش، از این نظر که علائم صوتی معنادار نیز می‌توانند بیش از حد بلند گشته و مانع از استماع راحت و خوشایند شوند، محدود است.

نوفه‌های مفرط یا نامناسب نیز به دلیل ایجاد حواس پرتی و آشفتگی خاطر، سد راه فعالیت‌ها می‌شوند. این تأثیر ضمناً ممکن است برای همان فرد، در اوقات مختلف روز متفاوت باشد.

هنگام فقدان یا ابهام دید، از شنوایی برای تشخیص ابتدایی فاصله و جهت استفاده می‌شود. همچنین شنوایی می‌تواند کمکی به درک حس سختی یا نرمی دیواره‌های فضا نیز باشد. به همین دلیل، طراحی یک محیط صوتی در مرحله نخست، با دو نوع کنترل سر و کار دارد: علامت ارتباطی و زمینه صوتی.

جهت یابی صوت

فهم زمینه صوتی

به تداوم صدا در یک فضا که در اثر بازتاب‌های متعدد ایجاد می‌شود واخنتش گفته می‌شود و حس فردی زمینه صوتی، اساساً عملکردی از واخنتش و شدت نوفه‌ای است که انتخاب می‌شود. هر دو این عوامل تا حدودی بر حس سلامتی و راحتی، و نیز بر مناسب بودن محل قرارگیری فرد تأثیر دارند و هر دو عامل، بر قابلیت ارسال و دریافت یک ارتباط صوتی نیز، موثر خواهند بود. هر چقدر در یک اتاق میزان اثاثیه نرم و متخلخل بیشتر باشد، بازتاب صوت بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. از طرف دیگر هرگاه سطوح اتاق سخت و دارای قابلیت بازتاب زیادی باشند، صوت بصورت ممتد بین سطوح منعکس شده و به همین دلیل با آهستگی بیشتری از میان می‌رود.

تأثیر سطوح جاذب صوت در فضا

جدول زیر نشان دهنده وضعیت‌های مختلف شنوایی است که می‌توان در فضاهای ساخته شده ایجاد کرد. این جدول ضریب متوسط کاهش نوفه را که موردنیاز است نشان می‌دهد.

در نظر داشته باشید که برای دفاتر عمومی و بسیار بزرگ «ملایمت» بیش از حد فضا، ممکن است موجب درک گفتار در نواحی دیگر همان مکان گردد. البته این وضع، در مواقعی که لازم است مکالمات تلفنی و شخصی، خصوصی باقی بمانند، مطلوب نیست.

از طرف دیگر، وجود بیش از حد سطوح سخت در دفاتر عمومی ممکن است موجب نوفه زمینه بیش از حد باشد که خود منجر به دشواری مکالمات تلفنی و گفتگوهای خصوصی می‌شود. به هر حال وضعیت آکوستیک در دفاتر عمومی را باید به خوبی کنترل کرد.

جدول خاصیت جذب صوت اتاق، برای انتخاب اولیه مصالح

کاربرد مناسب	شرایط و وضعیت شنوایی	ضریب متوسط کاهش نوفه برای مصالح در فضا
تأثر، سالنهای سخنرانی و سایر فضاهایی که در آن از اصوات الکترونیکی استفاده می‌شود، استودیوهای ضبط؛ فضاهایی که در آن صوت زمینه مشخص و مزاحم بوده یا صوت وسایل و تجهیزات وجود داشته باشد.	اتاق «مرده» یا «نرم»	۰/۴ تا ۰/۵
فضاهایی با فعالیتهای متوسط، مانند کلاس درس مدارس ابتدایی، راهروها، دفاتر عمومی	اتاق «متوسط» تا «مرده»	۰/۴ تا ۰/۲۵
فضاهایی با فعالیتهای اندک مانند دفاتر خصوصی، فروشگاههای کوچک	اتاق «متوسط»	۰/۲۵
فضایی که در آن ارتباطات شفاهی غالب است مانند اتاقهای کنفرانس	اتاق «متوسط» تا «زنده»	۰/۰۲۵ تا ۰/۰۵
سالنهای سرپوشیده ورزشی، کلیساهای بزرگ	اتاق «زنده» یا «سخت»	۰/۰۵

واکنش ادراکی نسبت به نوفه‌های زمینه

گاه به طور کلی اظهار می‌شود که وقتی نوفه زمینه بین ترازهای صفر و ۶۰ dBA قرار دارد، امکان گفتگوی راحت میسر است. هرگاه سطح نوفه زمینه بیش از ۶۰ dBA شود، امکان مکالمه دشوارتر می‌شود تا اینکه در حد ۱۱۵ dBA ارتباطات صوتی غیرممکن می‌شود (dBA میانگین شدت صوت برای دامنه‌ای از فرکانسهای مختلف است). در این تراز، چنانچه ایراد و اشکالی در گوش وجود داشته باشد، ارتباط قابل فهم، حتی به وسیله علائم صوتی شدید (مانند دادکشیدن در گوش شنونده) مختل می‌شود. به غیر از این مسائل که به ارتباطات صوتی مربوط است، نوفه‌های معمولی زمینه و نوفه‌هایی که دارای شدت بالایی هستند ممکن است واکنش ادراکی فرد را نسبت به محیط و فضایی که در آن فعالیتهای غیرتبادلی صورت می‌گیرد، تحت تأثیر قرار دهند.

تأثیر نوفه زمینه بر فعالیتهای غیر تبادل

در حالی که «نغمه خالص» (یعنی صوتی که با فرکانس واحد منتشر می‌شود) در نوفه زمینه، مخل و مزاحم است تأثیر «نوفه سفید» را می‌توان مهار کرد. منظور از «نوفه سفید»، انتشار انرژی صوتی در طیفی گسترده است. در حالی که انتشار انرژی صوتی با فرکانس‌های مختلف صورت می‌گیرد، نوفه سفید متعارف را می‌توان همانند صدای خروج صدا از یک موتور جت یا صدای یک آبشار دانست. تأثیر نوفه زمینه بر فعالیت فرد می‌تواند بصورت ممتد یا متناوب باشد.

نوفه سفید ممتد

به نظر می‌رسد که نوفه سفید ممتد، هیچ نوع تأثیر آزاردهنده‌ای که قابل اندازه‌گیری باشد ایجاد نمی‌کند و همچنین، تأثیر بسیار کمی بر فعالیتهای غیرارتباطی دارد مگر اینکه شدت آن به قدری بالا باشد که درد یا آسیب دائمی ایجاد کند. زمانی که شدت بالایی در زمینه وجود داشته باشد و فرد با عملی پیچیده یا کاری که نیازمند داشتن حواسی جمع است درگیر باشد، نوفه زمینه ممکن است موجب افت کارایی و تقلیل مدت زمان لازم برای واکنش شود. اما در همین محیط صوتی، هنگامی که کار فرد ساده‌تر گردد، تأثیر نوفه زمینه بر عملکرد، دیگر قابل توجه نیست. از آنجا که ترازهای متوسط و معمول نوفه سفید ممتد می‌توانند بدون ایجاد مزاحمت وجود داشته باشند، می‌توان از نوفه زمینه‌گزینش شده‌ای برای ایجاد آستانه مصنوعی معتدل استفاده کرد. این کار، اغلب برای تخفیف صداهای آزاردهنده که دارای شدت کمترند، بخصوص در اماکن و فضاهایی که ارتباط و تبدلات سمعی لازم نباشد، مفید است.

نوفه زمینه ممتد را به دلیل اینکه ترازهای بلندتر نوفه می‌توانند ایجاد مشکلات دائمی در شنوایی کنند باید سنجیده به کار برد. مشاهده شده است که در مراحل مقدماتی این اختلال، بویژه در حدود ۴۰۰۰ هرتز، آسیب وارده، مقدار قابل توجهی دارد. در نتیجه، این محدودیت طیف شنوایی برای شناخت افرادی که در برابر صدمات شنوایی، حساس و آسیب‌پذیر هستند، یک آزمون بالقوه می‌باشد. در تعریف شرایط عمومی که در آن احتمال وقوع اختلالات شنوایی وجود دارد، مطالعات اولیه، بر مبنای این ضابطه صورت گرفته است که بعد از گذشت ده سال مجاورت روزانه با این محیط، نباید هیچ‌گونه اشکال قابل‌ذکری در قابلیت فهم کلامی که در سطح معمول صدا ادا می‌شود، صورت گیرد. از مطالعات یاد شده، این نتیجه به دست می‌آید که در هر روز کاری ۸ ساعته، بالاترین میزان صدایی که می‌توان به مدت زیاد و بدون وارد آمدن صدمه‌ای به شنوایی تحمل کرد، یک تراز مستمر ۸۵ dBA است. این مطالعات، به همراه آنچه از نظر اقتصادی امکانپذیر است منجر به یک سطح قابل قبول ۹۰ dBA در محیط‌های کاری شده است.

جدول شدت و دامنه نوفه زمینه (براساس استانداردهای بهداشت و ایمنی کار)

حدقابل قبول برای اجتناب از اختلالات شنوایی دائمی در محدوده گفتاری	حداکثر مدت قرارگیری روزانه فرد در معرض نوفه
۹۰ دسی بل	۸ ساعت
۹۵ دسی بل	۴ ساعت
۱۰۵ دسی بل	۱ ساعت
۱۱۵ دسی بل	یک ربع ساعت یا کمتر
۱۴۰ دسی بل	حداکثر یک لحظه

نمونه سطوح منبع نوفه:

محدوده ۸۰ دسی بل: وسایل برقی اتوماتیک مانند ماشین رختشویی، خشک کننده ها و ماشین های ظرفشویی؛ داخل یک خانه معمولی که رفت و آمد ترافیک در فاصله ۱۵ متری آن صورت می گیرد.

محدوده ۹۰ دسی بل: یک منطقه صنعتی معمول؛ تاسیسات معمول با تجهیزات مکانیکی مرکزی در فاصله ۱ تا ۳ متر؛ برجهای خنک کننده بزرگ در فاصله ۶ تا ۱۰ متر

محدوده ۱۰۰ دسی بل: خیابانی با ترافیک کامیون، منطقه صنعتی شلوغ؛ اتاق تاسیسات مکانیکی که دارای چند دستگاه مرکزی است.

نوفه سفید متناوب

تغییرات ناگهانی یا قابل ملاحظه در وضعیت نوفه زمینه (هم افزایش و هم کاهش شدت) می تواند باعث واکنش ترس یا عکس العملهای غیرارادی مانند انقباض عضلات و پلک زدن چشم شود. این امر موجب می شود که توجه شنونده به طور ناگهانی به منبع جدید اطلاعات صوتی معطوف شود. با تغییر و جابه جایی باند صوتی و متمرکز شدن فرکانس آن، زیر و بم هائی در نوفه متناوب زمینه به وجود می آید. با این کار، عکس العمل غیرارادی فرد شدت یافته و آشکار می شود. در ادامه، این تغییرات محیطی، تأثیرات بالقوه منفی برای منحرف ساختن تمرکز فکر فرد از موضوع موردنظر را نیز دارند.

تغییرات مناسب و متعادل نوفه سفید زمینه می‌تواند در از میان بردن حس کسالت موثر واقع شود. بعد از عکس‌العمل اولیه، قابلیت کوتاه مدت کسب میزان بالای اطلاعات تقلیل می‌یابد اما شخص از خود، هوشیاری و واکنشی بیش از آنچه قبلاً نشان می‌داد، بروز می‌دهد به این معنا که میزان دریافت و فهم اطلاعات او به سطح بالاتر و ثابتی می‌رسد.

اصوات آزار دهنده

به نظر می‌رسد در اوقاتی که ارتباط گفتاری میان افراد وجود ندارد دامنه شدت صوت زمینه، بالاتر از محدوده پایینی فیزیکی آستانه شنوایی، اما، پایین‌تر از حد آستانه درد قرار دارد. حد تحمل روانی فرد در برابر نوفه زمینه، به حالت فرد و قابلیت او برای حفظ تمرکز حواس در زمان موردنظر و به اطلاعات ارسالی از جانب صدا وابسته است. صداهای متناوب یا نامنظم، بیشتر از اصوات ممتد و یکنواخت، تمرکز فکری فرد را مختل می‌سازند. نغمه‌های خالصی که فرکانس بالا دارند بیشتر از نغمه‌های فرکانس پایین یا نوفه سفید که دارای باند گسترده هستند، حواس را پرت می‌کنند. علاوه بر این، نوفه‌هایی که معمولاً برای فعالیت، اجتناب‌پذیر و غیرلازم یا نامتناسب به نظر می‌رسند، اختلال زیادی در تمرکز فکر ایجاد می‌کنند.

فهم علائم صوتی

صوت نیز مانند نور، واسطه‌ای برای تبادل اطلاعات و اخبار است. البته درک علائم صوتی بامعنا به ویژگی‌های انتشار صوت از منبع و نزدیکی آن به شنونده، وابسته خواهد بود. ممکن است برای درک طیف صوتی معین، آستانه شنوایی شنونده «طبیعی» باشد یعنی گوش ممکن است نسبت به تعدادی از اصوات که دارای شدت کمتری هستند، حساس نباشد. همچنین، وجود یک آستانه مصنوعی نیز امکان دارد، به این معنا که تراز نوفه زمینه ممکن است آن علائم صوتی را که دارای شدت کمتری هستند پنهان یا نامفهوم گرداند. بنابراین، کنتراست صوتی وابسته به فعالیت‌های ارتباطی، باید کافی باشد تا فهم کامل و تشخیص تفاوت در جزئیات صوتی ممکن بشود.

تبادلات گفتاری

تبادلات صوتی (گفتاری) شامل دامنه‌ای از فرکانس‌ها و شدت‌ها است. هر یک از حروف یا هجاها (بخشها)، به صورت صوت ویژه‌ای تلفظ می‌شود و فهمیدن آن، به توانایی شنونده برای درک هر علامت و تمایز آن از علائم مشابه که تفاوت بسیار ظریفی با آن دارند بستگی دارد. وقتی تنها ۹۰ درصد از لغات به درستی شنیده شوند، ارتباط گفتاری (سمعی) می‌تواند بسیار خسته کننده شود. از این درصد پایین‌تر، چنانچه نیازی به دقت و یا سرعت باشد،

ارتباط صوتی تقریباً غیرممکن می‌شود. برای شنوایی راحت، فردی آشنا به زبان باید به درک ۹۷ درصد از واژه‌ها قادر باشد.

علائم گفتاری

با وجود اینکه اغلب علائم گفتاری در دامنه فرکانس ۲۵۰ تا ۴۰۰۰ هرتز قرار دارند، بالاترین میزان فهم و درک گفتار در زبان انگلیسی، شامل یک «دامنه گفتاری» از حدود ۲۰۰ تا ۶۰۰۰ هرتز است. حروف بی‌صدا، علائمی صوتی هستند که دارای شدت نسبتاً بالا و طول مدت زیاد هستند. حروف بی‌صدا، علائمی با فرکانس بالاتر، شدت کمتر و طول مدت کوتاهتر هستند که معمولاً بیشترین تأثیر را در ارتباطات دارند زیرا که برای فهمیدن و درک گفتار، بیشترین اطلاعات موردنیاز را در اختیار می‌گذارند. متأسفانه، به دلیل اینکه این حروف دارای شدت ضعیف‌تری هستند، احتمال اینکه توسط نوفه‌های زمینه مستور شوند بسیار زیاد است. کاهش حساسیت نسبت به فرکانس‌های بالا به علت افزایش سن، ممکن است منجر به عدم فهم حروف بی‌صدا و در نتیجه، عدم فهم گفتار شود.

تغییرات شدت به علت فاصله و تراز مدت

همان‌طور که نشان داده شده، دامنه اصوات مکالمات روزمره، به تقریب، علائم قابل فهمی است که شنونده آن را از فاصله یک متری گوینده‌ای که با صدای عادی صحبت می‌کند، دریافت می‌دارد.

در موارد لازم می‌توان با تغییر شدت در خود علائم یا با تغییر فاصله سرچشمه صوت تا شنونده، شدت را افزایش داد. شدت علائم صوتی مستقیم نیز با تغییرات فاصله گوینده تا شنونده تغییر می‌یابد.

حس مکانی صوت

حس مکانی فرد، بیانگر حجمی از فضا است که او را احاطه کرده است. این حس به او در برقراری ارتباط با سایر افراد یاری می‌کند. محدوده دقیق این حس («فضای شخصی») بنا به سابقه محیط و فعالیت‌های جاری فرد تغییر خواهد کرد. در شرایط خاص از قبیل روابط مکانی نامناسب یا شرایط محیطی که ایجاد تعدی غیرلازم به فضای شخصی می‌کند، برای افراد حساستر، حواس‌پرتی و ناراحتی ایجاد می‌شود.

بُردارهای علامتی چند تایی

وقتی صوت، به صورت یک مسیر، از منبعی به سوی شنونده حرکت می‌کند (مانند مکالماتی که از نزدیک صورت می‌گیرد)، تغییرات مربوطه در علامت صوتی، معمولاً واضح و مشخص است. البته هنگامی که فواصل بزرگتری در بین باشد، صوت برای رسیدن به شنونده، ممکن است چند مسیر را طی کند. در مقایسه با نور، عبور صوت از هوا نسبتاً آرام صورت می‌گیرد (حدود ۳۴۰ متر در ثانیه).

چنانچه مسیرهای اصلی مختلف از نظر طول با هم تفاوت داشته باشند؛ به دلیل اینکه پرتوهای مختلف علائم در مدت‌های متفاوتی به محل قرارگیری شنونده می‌رسند؛ ممکن است مشکلاتی در شنوایی ایجاد شود. وقتی پرتوهای علائم گفتاری مختلف، تا حدودی به طور همزمان به گوش شنونده برسند (یعنی در ۰/۰۳۵ ثانیه یا کمتر) به دلیل اینکه رسیدن علائم، نیازمند مدت زمانی کمتر از مدت زمانی است که سرچشمه (گوینده) برای ارسال علامت صوتی مشخصه خود نیاز دارد، این پرتوها یکدیگر را «تقویت» می‌کنند. چنانچه فواصل رسیدن هر یک از پرتوهای علائم صوتی، بیش از ۰/۰۳۵ ثانیه باشد، بازتاب‌های مختلف ممکن است منجر به کاهش فهم کلام شوند.

حس صمیمیت مکان

برای فعالیتهایی که در آنها ارتباطات صوتی درون اتاقهای متوسط تا بزرگ صورت می‌گیرد (مانند اتاقهایی که خاص اجرای موسیقی یا نطق هستند)، صمیمیت مکان تحت تأثیر دو عامل قرار دارد: فاصله بین زمانی که صوت مستقیم به گوش شنونده می‌رسد؛ و مدت زمانی که اولین صدای بازتاب شده شنیده می‌شود.

شواهد موجود، بویژه در مورد موسیقی، حاکی از این است که مناسبترین حالت، هنگامی است که تأخیر زمانی ۰/۰۲ ثانیه باشد. با بیشتر شدن مقدار فاصله، حس صمیمیت تدریجاً کاهش می‌یابد.

شرایط واخنش برای گفتار و موسیقی

در یک فضای بسته، علائم صوتی واخنش شده (اصوات بازتابی) با سایر علائم مستقیم و بازتابی، ترکیب شده و ممکن است در وضوح و ترکیب متناسب نغمه‌های مختلف تأثیر بگذارند. در فضاهای «زنده»، یعنی اماکنی که مدت واخنش در آنها بیش از ۲ ثانیه است، قابل فهم بودن گفتار به علت تداخل بازتابها به تدریج سخت‌تر می‌شود. بهترین وضعیت، هنگامی است که مدت زمان واخنش به ۱ ثانیه برسد. در مدت زمانهای کمتر از ۱ ثانیه بهبود افزونتری مشاهده نمی‌شود. البته ممکن است در زمانهای واخنشی کمتر، بهبودی در فهم علائم روی دهد. جدول زیر نشانگر وضعیت شنوایی در مدت زمانهای واخنشی مختلف است.

جدول مدت زمان واخنش (بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هرتز) و وضعیت شنوایی

وضعیت شنوایی	مدت واخنش (ثانیه)
بالاترین حد برای گفتار؛ معمولاً برای موسیقی، بیش از حد مرده است.	کمتر ۱
خوب برای گفتار؛ مناسب برای موسیقی	۱ تا ۱/۵
مناسب برای گفتار، خوب برای موسیقی	۱/۵ تا ۲
برای گفتار ضعیف، برای اغلب انواع موسیقی مناسب تا ضعیف؛ مناسب برای موسیقی سمفونی و عاطفی (مناجات)	بیشتر از ۲

شرایط شنوایی برای موسیقی، بیشتر مسئله عادت و سلیقه است تا فهم، به همین دلیل، دامنه مدت زمانهای واخنش قابل قبول در آن، بسیار گسترده است. دامنه‌های لازم برای این امر در جدول بعد به طور خلاصه بیان شده‌اند. این فواصل معمولاً برای اصوات ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز به کار می‌روند. فواصل طولانی‌تر می‌توانند در فرکانس‌های پائین‌تر قابل قبول باشند (و معمولاً برای اغلب انواع موسیقی مطلوبند).

جدول میزان معمول زمان واخنش (بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هرتز) برای موسیقی

وضعیت موسیقی	زمان واخنش (ثانیه)
اتاقهای تمرین نسبتاً کوچک	۰/۸ تا ۱
موسیقی مخصوص، اتاقهای خصوصی یا تالارهای کوچک که اغلب در آن تکنوازی می‌شود	۱ تا ۱/۵
موسیقی ارکستر، موسیقی گروه کر، موسیقی معاصر کلیسا	۱/۵ تا ۲
ارگ بزرگ، گروه کر برای خواندن مناجات و شعرهای مذهبی	بالای ۲
کلیساهای بزرگ	حداکثر ۶

محدودیت نوفه بازتاب شده

نوفه‌های زمینه فضاها داخلی را می‌توان با افزودن مواد جاذب صدا و نازک‌کاریهای لازم، تا اندازه‌ای کاهش داد. مطلوبترین روش کاهش نوفه زمینه، عایق‌کاری سرچشمه نوفه است. به طور کلی، در فضاهایی که حاوی ماشین آلات فعال یا تعامل گروهی است، باید از نازک‌کاریهای جذب کننده صوت استفاده شود. فعالیتهایی که ایجاد نوفه‌هایی با ترازهای پایین می‌کنند، به مواد جاذب کمتری احتیاج دارند. بنابراین، در اماکنی که این گونه فعالیتهای صورت می‌گیرد، می‌توان از سطوح سخت و انعکاس دهنده‌ای برای تسهیل انتشار علائم گفتاری بازتاب شده در

پیرامون افراد، استفاده کرد. در شرایطی که گفتار باید در فاصله‌ای بیش از ۱۰ متر منتشر گردد، استفاده از سطوح سخت و منعکس کننده، بسیار ضروری است.

محدودیت نوفه مستقیم

هنگام ارزیابی نوفه مستقیم در یک فضا، طراح می‌تواند دو عامل مهم را کنترل کند:

۱- تراز نوفه دستگاهی که باید در محل کار کند.

۲- عبور اصوات خارجی از میان دیوارها، بامها و کفها به داخل.

در این رابطه، بیان میزان بهینه به صورت اعداد و ارقام دقیق، کار نسبتاً مشکلی است و این به دلیل لزوم نمایش میزان صوت، به صورت رابطه طیف گونه بین شدت صوت و فرکانس است که قبلاً نیز به آن اشاره شد. نکته قابل ذکر این است که به طور کلی، گوش انسان تحمل شنیدن ترازهای بالاتر از نوفه‌های فرکانس پایین را دارد، در حالی که باید شدت نوفه‌های فرکانس بالا را در سطح پایین‌تری نگاه داشت. این قابلیت تحمل، هم از نظر آزردهی و هم از نظر فهم علائم گفتاری صادق است. جداول بعد نشانگر معیارهای معمول و محدودیت‌های نوفه زمینه می‌باشند.

جدول نوفه زمینه (معیار معمول)

ترازهای نوفه زمینه	شرایط صوتی	کاربرد مناسب
کمتر از ۲۵-NC	خیلی ساکت	آرامبخش، مناسب برای تفکر و مطالعه
۲۵-۳۵-NC	ساکت	مناسب برای گفتگو، کلاس درس، اداره، خانه
۳۵-۴۵-NC	نسبتاً پر سر و صدا گفتار عادی: ۲ تا ۴ متر صدای بلند: ۳ تا ۱۰ متر	یک اداره معمولی (با گفتار به صورت محدود)
۴۵-۵۰-NC	پر سر و صدا گفتار معمولی: ۰/۹ تا ۱/۸ متر صدای بلند: ۱/۸ تا ۳/۶ متر استفاده از تلفن کمی مشکل می‌شود	یک دفتر معمولی (ماشینهای اداری)، نقشه‌کشی
۵۰-۵۵-NC	شلوغ و پر سر و صدا گفتار عادی: ۰/۳ تا ۰/۶ متر صدای بلند: ۰/۹ تا ۱/۸ متر استفاده از تلفن دشوار می‌شود	تایپ، دفتر دارای (ماشینهای اداری)

NC-۵۵-۷۰ خیلی شلوغ
 صدای بلند ۰/۳ تا ۰/۶ متر
 استفاده از تلفن در ترازهای بالاتر،
 نامفهوم می‌شود

جدول اهداف میزان نوفه (محدودیت‌های نوفه زمینه)

محیط صوتی	منحنی میزان نوفه	دسی‌بل
- سالن کنسرت، استودیوی پخش رادیو و تلویزیون	NC-۱۵-۲۰	<۳۰
- سالنهای گردهمایی بدون آمپلی‌فایر، تاترها، تالار کنفرانس دادگاه	NC-۲۰-۲۵	۳۰-۳۴
- فضاهای خواب مانند اتاقهای بیمارستان و هتل، آپارتمان	NC-۲۰-۳۰	۳۰-۳۸
- کلاسهای درسی، اتاقهای موسیقی	NC-۲۵-۳۵	۳۴-۴۲
- کلیساها، اتاقهای مطالعه کتابخانه، دفاتر خصوصی، اتاقهای کنفرانس	NC-۳۰-۳۵	۳۸-۴۲
- اتاقهایی که درصد اشغال آنها بالا و میزان گفتگو در آنها محدود است مانند فروشگاهها، سالنهای ژیمناستیک، کافه تریاها، دفاتر اداری بزرگ	NC-۳۵-۴۰	۴۲-۴۷
- فضاهای که رفت و آمد در آنها زیاد است مانند ورودیها، راهروها، دفاتر اداری بزرگ	NC-۴۰-۴۵	۴۷-۵۲
- فضاهای همایش که دارای آمپلی‌فایر هستند	NC-۵۰	۵۶

این محدودیت در نوفه‌های زمینه، باید در انتخاب کلیه «ابزار ایجاد کننده صوت» (مانند ماشین‌ها، اجزاء دستگاههای تهویه مطبوع، ترانس چراغهای فلورسنت و غیره) و کلیه عواملی که در کاهش نوفه موثر هستند (مانند پارتیشن‌ها، تضعیف‌کنندگان و تخفیف‌دهندگان صدا) تأثیر داشته باشد.

عملکرد موانع صوتی

صدا می‌تواند به دو طریق از «منبع صوت» مجاور یا دور دست، منتقل شود: طریق «انتقال سازه‌ای» و طریق «انتقال هوابرد». انتقال سازه‌ای، ارتعاش پارتیشن و دیواره‌های مابین است، و انتقال هوابرد، عبور مستقیم صوت از میان حفره‌ها و روزنه‌ها است. تشابه زیادی بین این دو عامل انتقال صوت وجود دارد و شدت انتقال صدا بستگی دارد به این که کدامیک از این دو مسیر، نسبت به صوت مقاومت کمتری از خود نشان می‌دهند. اختلاف شدت صوت

منتشر شده در «فضای منبع صوت» و صدای شنیده شده در «فضای محل دریافت» با دسی بل اندازه‌گیری می‌شود و آن را «افت نوفه» می‌نامیم.

انتقال صوت

«طبقه‌بندی میزان انتقال صوت» (STC) روش مفیدی برای اندازه‌گیری و پیش‌بینی مقدماتی انتقال نوفه از میان یک مانع است. این روش برای صداهای روزمره مانند اصوات منتشره از گفتار انسان، موسیقی، پارس سگ و غیره، مناسب است. انرژی هواپرد در این علائم صوتی، موجب ارتعاشات ظریفی در دیوار، سقف یا زمین می‌شود و این به نوبه خود صدا را به فضای مجاور انتقال می‌دهد. بنابراین باید گفت که STC روشی برای تعیین مقاومت یک مانع در برابر انتقال این نوفه‌ها است.

نوفه کوبه‌ای

نوفه کوبه‌ای صدایی است که در اثر برخورد، لرزش، یا لغزش جسمی در بخشی از ساختمان تولید می‌شود. مانع و دیواره‌ای که چنین برخوردهایی با آن صورت گرفته است به ارتعاش درآمده و به این ترتیب صدای کوبه‌ای در دو طرف آن پخش می‌شود.

طبقه‌بندی میزان عایق بودن در برابر نوفه کوبه‌ای

«طبقه‌بندی میزان عایق بودن در برابر صدای کوبه‌ای» (IIC) سیستم مفیدی است برای اندازه‌گیری و پیش‌بینی سریع قابلیت مقاومت، و در نتیجه، کاهش اصوات کوبه‌ای معمول در ساختار کف و سقف. به این ترتیب مقیاسی ایجاد می‌شود که درجه‌بندی آن، نشانگر بیشترین قابلیت سیستم سقف - کف برای مقاومت در برابر انتقال اصوات کوبه‌ای یا سازه‌ای است.

جدول بعد، وضعیت‌های مختلف کف - سقف در سازه و مقادیر متناسب IIC آنها را فهرست‌وار آورده است. توجه داشته باشید که نوفه تولید شده در محل دریافت صوت، بر مقدار IIC لازم برای ساختار کف - سقف تأثیر می‌گذارد.

جدول مقیاس HC ترکیبات کف - سقف در واحدهای مسکونی واقع
در محیط‌هایی با تراز نوفه متوسط

اتاق طبقه فوقانی (منبع صوت)					اتاق پایینی (دریافت کننده صوت)
اتاق خواب	اتاق نشیمن	آشپزخانه	اتاق پذیرایی	راهرو	
۵۲	۵۷	۶۲	۶۲	۶۲	اتاق خواب
۵۲	۶۲	۶۷	۶۰	۵۷	اتاق نشیمن
۵۰	۵۲	۵۲	۵۸	۵۲	آشپزخانه
۴۸	۵۰	۵۲			اتاق پذیرایی
				۴۸	راهرو

نتیجه گیری

با وجود اینکه در مباحث پیشین، اساساً به جنبه‌های منفی نوفه‌های زمینه و تضعیف کنتراست بین علائم صوتی مخصوص تبدلات گفتاری پرداختیم در اینجا باید اضافه کنیم که نوفه زمینه، علاوه بر حس روانی فوق، در ایجاد حس آرامش و خلوت نیز موثر است. در فضای نسبتاً آرام، اصوات کم شدت و مکالماتی که در فاصله دوری انجام می‌شوند به آسانی شنیده می‌شوند و این امر تمرکز حواس را مختل می‌کند.

بنابراین، اصوات زمینه یا محیط یا مستور کننده می‌توانند در برقراری آستانه‌ای مصنوعی، که پوشاننده نوفه‌های آزاردهنده کم شدت و دور دست هستند، نقش مثبتی داشته باشند. این خاصیت پوشاندگی نوفه، در یک فضای بزرگ و غیرمسقف، ایجاد حس آرامش صوتی می‌کند و توانایی این را دارد تا قابلیت پارتیشن‌ها را در تقلیل صوت تقویت کند.

از سوی دیگر، پارتیشنی که از نظر جنس مانعی ضعیف در برابر انتقال صوت است، با استفاده از یک لایه عایق صوتی نازک، کاملاً مناسب مکان خود می‌شود ولی هنگامی که این حائل صوتی برداشته و یا از تاثیرات آن کاسته شود تراز آستانه مصنوعی پایین آمده و ممکن است همان پارتیشن، دیگر برای عایق‌بندی کارایی نداشته باشد.

محیط حرارتی

آثار حرارتی انواع فعالیت‌ها

جدول زیر به طور خلاصه، نشانگر آثار حرارتی انواع فعالیت‌های انسان است:

فعالیت	حرارت تقریبی تولید شده توسط بدن (Btu/hr)	ناحیه خنثی (حرارت هوای محیطی)
فعالیت جسمانی سنگین	۱۵۰۰-۲۵۰۰	۱۳ تا ۱۸ درجه
کار دستی ملایم	۷۵۰-۱۵۰۰	۱۵/۵ تا ۱۸ درجه
حرکات طبیعی	۶۰۰-۷۵۰	۱۸ تا ۲۱ درجه
استراحت (حالت نشسته)	۴۰۰	۲۱ تا ۲۴ درجه
استراحت (روی تخت)	۲۵۰	۲۴ درجه

درجه حرارت پوست

درجه حرارت پوست تغییرات قابل توجهی دارد. در حرارتهای محیطی طبیعی درجه حرارت متوسط پوست افراد در حالت استراحت می‌تواند از حدود حداکثر ۳۶ درجه سانتی‌گراد به حداقل ۳۰ درجه سانتی‌گراد برسد، بدون اینکه تغییری در بافتهای درونی حاصل شود. درجه حرارت پوست در نقاط انتهایی بدن امکان دارد که به زیر درجه حرارت محیط برسد. هنگامی که دمای محیط از حد مطلوب فراتر رود، اولین اثرش این است که حرارت بدن افزایش می‌یابد. آسایش بهینه برای افرادی که دارای پوشاک و در حال استراحتند، زمانی تحقق می‌یابد که درجه حرارت متوسط پوست بدن ۳۲ تا ۳۴ درجه سانتی‌گراد باشد. برای افراد با تحرک، این مقدار کمتر بوده و پاره‌ای اوقات در مورد حرکات سنگین تا ۲۹/۵ درجه سانتی‌گراد نیز افت می‌کند.

حساسیت به تغییر درجه حرارت

علاوه بر اثرات مربوط به فرآیند سوخت و ساز، بدن نسبت به محرکهای خارجی سرما و گرمای محیط، واکنش نشان می‌دهد. احساس گرما یا سرما به تغییرات درجه حرارت پوست بستگی دارد. اثرات عمومی سازگاری با محیط اطراف می‌تواند بر روی قضاوت انسان تاثیر بگذارد. علاوه بر این، پوست بدن نسبت به گرما حساستر از سرما است.

واکنش به رطوبت

رطوبت نسبی، یک عامل محیطی مهم است که بر توانایی بدن برای انتقال حرارت به بیرون در شرایط محیطی گرم تاثیر می‌گذارد. در حقیقت رطوبت نسبی بر روی بالاترین درجات حرارت نسبی که ممکن است بدن در معرض آن باشد (در هوای ساکن) موثر است.

زمانی که درجه حرارت محیط کم باشد، اثر رطوبت بر توانایی بدن برای انتقال حرارت به بیرون کم اهمیت‌تر می‌شود. وقتی که منافذ پوست بسته است و عمل تعریق صورت نمی‌گیرد، رطوبت فقط بر گرمایی که توسط تنفس خارج می‌شود تاثیر می‌گذارد. هر چه اختلاف اشباع بیشتر باشد، اتلاف حرارت بدن نیز بیشتر خواهد بود. با این وجود، انتقال حرارت بدن به محیط از طریق این روش، نسبت به سایر روشهایی که قبلاً بحث گردید از اهمیت کمتری برخوردار است.

محیط حرارتی کل

در یک کلام، بدن انسان به عنوان سیستمی گرمازا و سرمازا عمل می‌کند. بدن انسان می‌تواند به طور غریزی و موثر با شرایط محیطی که از حالت بهینه دور می‌شود، انطباق حاصل کند. اگر عمل سرمازایی، خیلی ناچیز یا خیلی زیاد باشد می‌تواند باعث ناراحتی و فشار فیزیولوژیک شود. افراد، همچنین، گرما را در نتیجه بازدم و تعرق از دست می‌دهند؛ تهویه، تصفیه، و کنترل بخار آب، معیارهای دیگری هستند که به قابلیت انتقال حرارت از راه جابه‌جایی و تشعشع مربوط می‌شوند.

احساس راحتی حرارتی از تعادل بین بدن انسان و زمینه محیطی بر می‌خیزد. به این وسیله، ساکنان یک ساختمان از فشارهای ناشی از اتمسفر و حرارت محیط، فارغ خواهند بود.

مفهوم زمینه جوی - حرارتی

در سیستم مدیریت، به کارگیری عوامل محیطی چندی ضروری است:

- درجه حرارت و رطوبت هوایی که در اطراف بدن وجود دارد
- جابه‌جایی و ترکیب هوای موجود
- درجه حرارت سطوح اصلی که بدن را احاطه کرده‌اند

تنظیم مناسب این عوامل با توجه به فعالیتهائی که باید صورت گیرد و با توجه به استانداردهای فرهنگی پوشاک که می‌تواند منجر به تعادل حرارتی برای ساکنان منطقه شود.

رطوبت و درجه حرارت محیطی

رابطه متغیرهای درجه حرارت و رطوبت به صورت گرافیکی در نمودارهای زیست اقلیمی نشان داده می‌شوند که محور افقی نمایانگر درجه حرارت خشک محیط و محور عمودی نمایانگر فشار بخار و منحنی‌های نشانگر رطوبت نسبی (RH) است. درجه حرارت مؤثر (ET) به مجموعه‌ای از شرایط رطوبت و حرارت اطلاق می‌شود که احساس راحتی را آن طور که در رطوبت نسبی ۵۰٪ وجود دارد، فراهم سازد. رابطه درجه حرارت مؤثر، برای شرایط هوای ساکن به کار می‌رود (۴/۵ تا ۷/۵ متر / دقیقه) یعنی وقتی که ساکنان، در حال استراحت یا انجام کار مختصر بوده و لباس مناسب به تن داشته باشند و نیز وقتی که درجه حرارت جداره‌های اتاق، نزدیک یا مساوی با درجه حرارت هوای محیط باشد.

تقطیر

عمل تقطیر (میعان) در هر ارزیابی درجه حرارت و رطوبت، یک عامل به حساب می‌آید. تقطیر، زمانی اتفاق می‌افتد که درجه حرارت هر سطحی پائین‌تر از دمای نقطه شبنم محیط برود. هر چه مقدار عایق بودن جسم بیشتر باشد از اثر تقطیر کاسته شده و ناپیوسته‌تر می‌گردد. به همین دلیل، شیشه و فلزات کم قطر که حرارت را به آسانی هدایت می‌کنند بیشتر در معرض تقطیر هستند. جدول زیر نشان می‌دهد که تقطیر در کدام دما در چه بخش‌هایی از پوسته خارجی ساختمان و با چه میزان رطوبت صورت می‌گیرد.

رطوبت نسبی داخل (دمای داخل ۲۱ درجه سانتی‌گراد)				پوسته عایق خارجی
۵۰٪	۴۰٪	۳۰٪	۲۰٪	
<u>مشکلات تقطیر در زمستان</u>				
۷/۵	۳/۳	-۲/۲	-۸/۸	آلومینیوم یا فولاد
۷/۲	۲/۲	-۳/۸	-۱۰/۵	شیشه یک جداره
<u>مشکلات حداقل تقطیر در زمستان</u>				
-۵/۵	-۱۶/۱	-۲۷/۲	—	دیوار آجری ۲۰ سانتی‌متری
-۶/۶	-۱۷/۲	-۲۸/۸	—	شیشه دو جداره
-۸/۳	-۱۹/۴	-۳۲/۲	—	سقف بتنی ۱۵ سانتی‌متری

در شرایط مختلف رطوبت نسبی داخلی، وقتی احتمال تقطیر وجود دارد، می‌توان آن را با روشهای گوناگون تحت کنترل درآورد:

- رطوبت نسبی هوای داخل را کاهش دهید. به طور کلی رطوبت نسبی بین ۲۰ تا ۳۰ درصد یا مقداری بالاتر، مطلوب است.
- عایق بودن سیستم را افزایش دهید. این عمل را می‌توان از راه استفاده از فضای خالی بین پنجره‌های دو یا سه جداره و یا با اضافه کردن عایق در خود سیستم انجام داد.
- مانعی برای عبور بخار بین هوای گرم داخلی و جایی که در جه حرارت نقطه شبنم اتفاق می‌افتد، به وجود آورید بصورتی که تقطیر در داخل لایه پوسته ساختمان انجام پذیرد.

ترکیب و توزیع هوا

همانطور که گفته شد، انسان در داخل یک محیط حرارتی خنثی، گرما را به هوای اطراف منتقل خواهد کرد. علاوه بر این، تبخیر تعرق و همچنین عمل تنفس بر روی ترکیب این هوا اثر می‌گذارد. صفحه نمایش ویدئو، ماشین تحریر، وسایل صوتی و تصویری، ماشین‌های کپی، و دیگر وسایل تولید حرارت، گرما را به هوای محیط اضافه می‌کنند. همچنین پوشش اطراف ساختمان از نظر هدایت حرارتی، تاثیر مواد زاید و مواد داخلی ساختمان و سیستم هواساز نیز تاثیر می‌گذارند. نه تنها وسایل کنترل حرارتی بلکه ترکیب هوا و جابه‌جایی آن نیز به طور عمده در محیط جوی حرارتی نقش به‌سزایی ایفا می‌کنند.

تأثیرات جبران‌کننده حرکت هوا

وقتی که میزان درجه حرارت و رطوبت از حد آسایش انسان گذشت، افزایش جریان هوا اثری جبران‌کننده خواهد داشت و تعادل حرارتی را باز خواهد گرداند. جدول زیر نشان می‌دهد که چگونه افزایش سرعت جریان هوا ازدیاد درجه حرارت و رطوبت را جبران کرده و محدوده آسایش حرارتی را گسترش می‌دهد.

نمونه الگوهای رفتاری با توجه به حرکت هوا

ارزیابی حالات	سرعت هوا در ارتفاع سر انسان (متر بر دقیقه)
شکایت از هوای ساکن وقتی که سایر شرایط در محدوده آسایش قرار دارند	کمتر از ۴/۵
مبنای آسودگی برای ناحیه آسایش	۷/۵-۴/۵
شرایط مطلوب وقتی که شرایط جوی در ناحیه آسایش قرار می‌گیرد	۱۵-۷/۵
وقتی که درجه حرارت هوای متحرک، مساوی درجه حرارت محیط یا کمی بالاتر از آن است شخص ساکن، با وجودی که اندکی از حرکت هوا آگاه است، احساس آسایش می‌کند	۳۳-۱۵
ضمن آگاهی دایم از حرکت هوا، احساس آسایش وجود دارد	۶۶-۳۳
سرمای فزاینده ولی مطلوب در شرایط گرم	۱۲۰-۶۶
عدم وجود حس آسایش و عدم امکان انجام کار و فعالیت	۲۱۰-۱۲۰

کیفیت هوای داخل

از آنجا که بیش از ۹۰٪ عمر متوسط یک انسان در محیط‌های بسته سپری می‌شود و چون آلودگی هوای داخل ممکن است چندین برابر هوای بیرون باشد؛ مسئله کیفیت هوای داخل در سالهای اخیر به یک عامل بحرانی مبدل گردیده است. در پاسخ به سؤال قابل قبول بودن درجه حرارت و راحتی محیط داخل، اغلب اشخاص، راحتی حرارتی و کیفیت هوای داخل یک فضا را امری یکسان می‌دانند. پاسخ به این سؤال، به دلایل ذیل بسیار دشوار است:

- ۱- یکسان نبودن اثرپذیری افراد مختلف از هوای نامطلوب
- ۲- تأثیر هوای محیط پس از گذشت ساعتها و در مواردی حتی پس از چندین سال اتفاق می‌افتد
- ۳- مشکل بودن تعیین دقیق این علل

کیفیت فضا، روشنایی، آکوستیک و شرایط عمومی فیزیولوژیک هر فرد می‌تواند در واکنش هر فرد تأثیر بگذارند.

ترکیب هوا

در فرآیند طبیعی بدن انسان، اکسیژن وارد بدن شده و مصرف می‌شود و به جای آن اکسید کربن و بخار آب خارج می‌شود. یک فرد در حالت استراحت می‌تواند ۱۶/۲ فوت مکعب هوا را در یک ساعت مصرف کند (CFH) (استنشاق

۵۰۴- فوت مکعب اکسیژن و تولید ۴۲ فوت مکعب دی‌اکسید کربن) وقتی که بر میزان فعالیت افزوده شود، مصرف هوا نیز افزایش می‌یابد. جداول بعد، سرعت لازم هوا برای تامین حرارت بهینه و ترکیب هوا در شرایط گوناگون را نشان می‌دهند.

حرکت هوای محیطی (عمل جبرانی برای افزایش رطوبت و دمای هوا)

سرعت هوای لازم به منظور تامین حرارت تقریباً بهینه برای افرادی در حال استراحت (متر بر دقیقه)	رطوبت نسبی	دما (سانتی‌گراد)
۴/۵ تا ۷/۵	٪۵۰	۲۴/۵
۳۳	٪۳۵	۲۶/۵
۳۳	٪۸۰	۲۳/۸
۶۶	٪۳۰	۲۷/۷
۶۶	٪۱۰۰	۲۳/۸
۲۱۰	٪۳۵	۲۹/۵
۲۱۰	٪۱۰۰	۲۶

ترکیب هوا

درصد حجمی		
دی‌اکسید کربن	اکسیژن	
۰/۳	۲۰/۶	شرایط هوای مناسب
۲/۰	۱۶/۰	شرایط قابل اعتراض
۵/۰	۱۲/۰	شرایط خطرناک

تجمع افراد برای مدت زمان طولانی، می‌تواند بر ترکیب هوا تاثیرگذار باشد. در محیط‌های بسته‌ای مثل معدن، زیردریایی، هواپیما و ساختمان‌های بدون ارتباط با بیرون، از مقدار اکسیژن کاسته شده و بر مقدار دی‌اکسید کربن افزوده می‌شود. عموماً تعادل طبیعی، با تامین تهویه مناسب به دست می‌آید.

قاعده کلی این است که اگر به ازای هر فرد در یک دقیقه، یک فوت مکعب هوا تهویه شود، تعادل اکسیژن حفظ می‌شود. با این وجود، کنترل موثر بوی بدن و بوهای موجود دیگر برای رسیدن به هوای پاکیزه و غیرآلوده، محتاج

مقادیر بالاتری از تهویه هوا است. مقدار به دست آمده تهویه، مبتنی بر این مفهوم است که می‌توان از طریق عرضه هوای خارج که در نهایت با هوای داخل مخلوط خواهد شد به تراز قابل قبول کیفیت هوای داخل دسترسی یافت.

باید دقت شود که هوای خارج آلوده نباشد و اگر احتمال آلوده بودن آن می‌رود، باید مورد آزمایش قرار گیرد و در صورت لزوم از روشهای تصفیه مناسب استفاده شود. جدول بعد، میزان هوای تازه موردنیاز در فضاهای داخلی را نشان می‌دهد:

فضا	تعداد تقریبی افراد در ۱۰ مترمربع		هوای تازه موردنیاز	
	فوت مکعب در هر نفر	فوت مکعب در دقیقه برای هر فوت مربع	فوت مکعب در دقیقه	برای هر فوت مربع
محل سخنرانی	۱۵	—	۱۵	—
کلاس درس	۵	—	۱۵	—
اماکن غذاخوری	۷ تا ۱۰	—	۲۰ تا ۳۰	—
گاراژها و پارکینگ‌های محصور	—	۱/۵	—	—
اتاق بیمار در بیمارستان	۱	—	۲۵	—
هتل‌ها، متل‌ها، استراحتگاه‌ها و خوابگاه‌ها	—	—	اتاق ۳۰/ فوت مکعب بر دقیقه	—
دفاتر کار	۰/۷	—	۲۰	—
راهروهای عمومی	—	۰/۰۵	—	—
سرویس‌های بهداشتی عمومی	—	—	توالت ۵۰/ فوت مکعب بر دقیقه	—
فروشگاه - طبقه همکف	۳	—	—	۰/۳
تئاتر	۱۵	—	۱۵ تا ۲۰	—
مسکونی	—	—	—	—

حداقل ۰/۳۵ تعویض هوا در ساعت مشروط بر اینکه کمتر از ۱۵ فوت مکعب در دقیقه برای هر نفر نباشد

ناخالصی در اتمسفر

کنترل آلودگی‌های جوی، زمینه مهمی در تأمین هوا است. در ترکیب هوا، سه عامل مهم وجود دارند که باید مورد توجه قرار گیرند: اکسیژن و دی‌اکسید کربن، بوهای مختلف و بالاخره آلوده کننده‌های معلق در هوا. این عوامل با وارد کردن هوای تازه از محیط بیرون، گردش و تصفیه هوای داخل، و رساندن جریان مداوم هوا به تمامی نقاط یک فضا، تحت کنترل قرار می‌گیرند. مقادیر تهویه هوا در جدول قبل باعث ایجاد کیفیت مطلوب در هوای داخل خواهد

شد به شرط اینکه عوامل آلوده‌کننده‌ای مثل مواد سرطان‌زا و ذرات آلوده، در هوای خارجی یا داخل موجود نباشد. مسئله برای طراح، شناسایی آلوده‌کننده‌های بالقوه و منابع آنها و نیز پیدا کردن راه‌هایی برای کنترل یا کاهش آنها است. جدول ذیل، آلوده‌کننده‌های معمول و علتهای احتمالی آنها را بیان می‌کند. صرفه‌جوئی در انرژی باعث چرخش هوای کمتر و محدودیت استفاده از هوای تازه شده است. مطالعات انجام شده توسط انجمن ملی بهداشت و ایمنی شغلی (NIOSH) معلوم کرده است که ۱۷٪ درصد از مسائل شناخته شده مربوط به کیفیت هوای داخل به علت انتشار مواد آلوده‌کننده در داخل ساختمان، ۱۱٪ مربوط به آلاینده‌های موجود در خارج از محیط ساختمان و ۵۲٪ مربوط به عدم تهویه مناسب است که خود موجب تولید مشکلاتی در زمینه جریان مناسب و کافی هوا، درجه حرارت و رطوبت می‌شود. ۲۰٪ باقی مانده، ناشی از دلایل گوناگون است.

آلاینده‌های هوای داخل و منابع آن

آلاینده‌ها	منابع احتمالی
دود توتون و تنباکو	استعمال دخانیات
رادن	مواد طبیعی زمین
ذرات قابل تنفس	اجاق گاز، شومینه، آریست، پنبه نسوز
فرمالدئید	عایق‌ها، ذرات معلق، مواد سطح
NO ₂ -SO ₂ -CO	اجاق گازها، شومینه‌ها، آبگرمکن‌ها
دی‌اکسید کربن	تنفس انسان، احتراق
سرب	لوله‌های تاسیساتی، هوای بیرون
مواد حساسیت‌زا	شرایط رطوبی، هوای خارج
مواد شیمیایی	پاک‌کننده‌ها، پوشش دهنده‌ها

نتیجه‌گیری

بدن انسان انتقال گرما به محیط اطراف را از طریق جابه‌جایی، هدایت و تشعشع با طول موج بلند انجام می‌دهد. تشعشع در امر انتقال گرما در درجه حرارت‌های پایین‌تر عامل مهمی است. اتلاف حرارتی بدن ناشی از تشعشع، به طور عمده بستگی به درجه حرارت عوامل محیطی مثل درجه حرارت دیوار، کف و سقف اتاق دارد. هر چه درجه حرارت این سطوح تفاوت بیشتری با درجه حرارت متوسط سطح پوست داشته باشد، اتلاف (یا جذب) تشعشعی بدن بیشتر خواهد شد. شرایط حرارت متغیر ناحیه‌ای می‌تواند وقتی اتفاق بیفتد که شخص در نزدیکی سطح وسیعی قرار گیرد که خیلی گرم‌تر یا سردتر از درجه حرارت متوسط آن فضا باشد. به طور کلی سیستم‌های تشعشعی سطحی باید

در مرز حداکثر و حداقل خود محدود گردند تا از حد آسایش حرارتی خارج نشوند یعنی حرارت کف اتاق از ۳۰ درجه و سقف از ۴۶ درجه سانتی‌گراد بیشتر نشود. اگر چه انتقال تشعشی حرارت، تحت تاثیر سایر عوامل انتقال حرارت قرار نمی‌گیرد اما رابطه بین آسایش حرارتی و میانگین درجه حرارت تشعشی می‌تواند برای جبران سایر عوامل در تنظیم محدوده آسایش حرارتی به کار رود. برای مثال، وقتی که قدرت برودتی یا گرمایی هوای محیطی افزایش یا کاهش می‌یابد، اثر فوق تا حدودی می‌تواند توسط تغییری معکوس در درجه حرارت سطوح اتاق، خنثی شده و یا جبران شود.

جمع‌بندی

کلیات

تجربه ما از فضا تجربه‌ای است پویا که در آن اشخاص به صورتی متناوب یا دایم جابه‌جا می‌شوند. وقتی که شخصی به طرف فضای مجاور حرکت می‌کند، جهت او تغییر پیدا کرده و در نقطه‌ای متوجه حضور محیطی جدید خواهد شد. در نتیجه، این حالت انتقال می‌تواند منجر به ایجاد حس استمرار شود به گونه‌ای که در آن اثرات صوتی، حرارتی و نوری، در دو محیط مجاور یکسان گردد یا اینکه می‌تواند به صورت تغییر و تقابل محیطی جلوه کند.

برای اینکه مفهوم تقابل محیطی را گامی پیش‌تر ببریم مثالی می‌زنیم. وقتی شخصی از فضایی که در آن نور، روشنایی، یا صدا ناچیز است، به فضایی دیگر که عناصر فوق در آن غنی است داخل می‌شود مشاهده می‌کنیم که محیط جدید بسیار راحت‌تر و مناسب‌تر جلوه خواهد کرد، اما اگر عوامل فوق به طور مداوم افزایش یابند اثر مثبت محیطی رو به کاهش می‌گذارد تا جایی که این انگیزه مثبت به عاملی منفی مبدل شود. نمودار بعد این رابطه را تصویر می‌کند و نشان می‌دهد که وقتی هر یک از عوامل به عنوان عاملی موثر در تجربه و احساس راحتی انسان در نظر گرفته شوند، آنگاه، یک محدوده تجربی «مثبت» وجود خواهد داشت که در آن شخص، دست کم برای یک لحظه، از بهبود شرایط محیطی خود آگاه خواهد شد. همچنین، یک محدوده تجربی آسایش «خنثی» وجود خواهد داشت که در آن شخص از تاثیر منفی کاهش یا افزایش عوامل محیطی در امان خواهد بود و بالاخره، یک محدوده تجربی «منفی» که در آن شخص، دست کم لحظه‌ای، از وخامت وضعیت محیطی خود آگاه خواهد شد.

تحریک زیاد	وضعیت خنثی	تحریک ناکافی
تاریکی		خیره‌گی
سرماي زیاد		گرماي زیاد
پس‌زمینه بسیار ساکت	محدود آسایش	پس‌زمینه پر سر و صدا
هوای ساکن		هوای کورانی

انطباق

انطباق دلالت دارد بر عمل ویژه بدن انسان که موجب جستجوی تعادل می‌شود و او را به لحاظ فیزیولوژی قادر می‌سازد که با شرایط تحمل شده بر محیط همسازی کند. پس از یک تطبیق کوتاه مدت با محرکهای ساکن محیطی (نور، حرارت، و صدا) عمل انطباق رو می‌گذارد به اینکه حساسیت شخص را نسبت به شدت یا اهمیت آن محرکها خنثی سازد. زمانی که این سازگاری صورت گرفت، ممکن است حساسیت شخص را برای تغییری جدید تشدید کند.

به طور کلی طراح، وقتی که آثار شرایط محیطی را پیش‌بینی می‌کند باید شرایط فیزیولوژیکی موقت و محتمل حواس را مدنظر داشته باشد؛ درجه‌ای که عنبیه چشم در آن باز و بسته می‌شود؛ درجه‌ای که در آن گیرنده‌های مختلف رنگ (سلولهای مخروطی) حساس یا فرسوده می‌شوند؛ تراز نوفه زمینه‌ای که شخص با آن انطباق یافته است؛ شرایط پوست و آثار احتمالی تغییرات درجه حرارت، رطوبت، و هوا. نهایتاً پاسخ ذهنی شخص نسبت به شرایط محیطی جدید، تحت تاثیر عدم توازنها و درجه تغییراتی خواهد بود که فضای جدید برای هر یک از این حواس ایجاد کند.

اثرات گذرای مربوط به روشنایی

این اثر، تغییری موقت در درک انسان از رنگی که چشم می‌بیند (بعد از گذشت زمان معین) نسبت به سطح رنگی دیگر ایجاد می‌کند. جابه‌جایی این قوه درک، مجدداً بستگی به خستگی موضعی بعضی از سلولهای مخروطی شکل دارد که باعث ازدیاد حساسیت نسبی چشم به طول موجهای مکمل رنگ اصلی خواهد شد. وقتی که شخص از میان

فضاهایی عبور می‌کند که با منابع مختلفی از نور سفید روشن شده است، این عمل موجب جابه‌جایی اغراق‌آمیز رنگهای محیط می‌شود. برای مثال، یک فضای «گرم» بینایی، وقتی که شخص از یک فضای «سرد» بینایی وارد آن شود گرمتر از وقتی به نظر خواهد رسید که همان شخص از یک فضای گرم دیگر وارد آن شده باشد.

اثرات گذرای مربوط به صوت

تغییری به اندازه ۳ دسی‌بل در شدت نوفه زمینه به زحمت می‌تواند قابل تشخیص باشد اما زمانی که این تفاوت از ۷ دسی‌بل بیشتر شود به راحتی قابل درک خواهد بود. تغییرات در زمان واکنش نیز قابل درک هستند اگر که شخص از مکانی بسیار نرم و جاذب به مکانی سخت (یا برعکس) برود. عموماً، زمان تغییر واکنش بین فضاها بایستی حدود ۰/۷۵ ثانیه یا بیشتر باشد تا اینکه بتواند تغییر عمده از خود برجا نهد.

اثرات گذرای مربوط به درجه حرارت و جریان هوا

تغییرات ناگهانی درجه حرارت محیطی یا جریان هوا در مجاورت بدن موجب افزایش یا کاهش فوری حرارت پوست بدن می‌شود. به عنوان یک قاعده کلی، این تغییرات گذرا زمانی دلبپذیر خواهد بود که شامل افزایش قابل توجهی در جریان هوا (بالتر از ۱۵ تا ۳۰ متر در دقیقه، اما زیر سرعتهایی که به نام باد شناخته می‌شوند) به علاوه هوای متحرک کمی بالاتر از درجه حرارت هوای اصلی داخل اتاق باشد. وقتی که سرعت هوا ثابت باشد، شواهد اولیه‌ای وجود دارد که تغییر محیطی باید در حدود ۳ درجه ET یا ۶ درجه MRT باشد تا تغییر قابل توجهی به وجود آید. این نتیجه زمانی کاربرد دارد که یک محیط حرارتی عمومی نزدیک به شرایط آسودگی بهینه داشته باشیم. بدن پس از آنکه کوتاه زمانی در معرض فشار قرار گرفت، جریان خون را به قصد جبران شرایط، تنظیم کرده و محیط را متعارف خواهد کرد.

در بخش دوم این مجموعه نشریات با عنوان «سیستم‌های کنترل محیط» به ارائه راهکارهایی در زمینه کنترل مولفه‌های روشنایی، صوتی و حرارتی و مناسب ساختن تمامی این موارد برای زندگی مطلوب‌تر انسان به ویژه در فضاهای کاری می‌پردازیم.

گروه بین‌المللی ره‌شهر تا کنون ۵۲ 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 لینی" (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)

- 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)
- 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.

نشریه‌های تخصصی منتشر شده بخش‌های مختلف گروه بین‌المللی

ره‌شهر

کتاب‌های زیر نیز توسط گروه بین‌المللی ره‌شهر در دست چاپ

است:

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

- ۱- بازارچه صنایع دستی در کوهپایه‌های شمال تهران (بخش شهر سالم) تیر ۱۳۷۴ ماه
- 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 ویژن در مراکز پرتردد شهری (بخش شهر سالم) (اردیبهشت ماه ۱۳۷۳)
- ۶- سازماندهی کارکردهای بهینه‌ی نمایشگرهای دیجیتال (بخش شهر سالم) اسفند ماه ۱۳۷۲
- ۷- شهرک ترافیکی کودکان (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)
- ۸- پارک پویش: اندیشه سالم / بدن سالم در شهرک فاطمیه منطقه ۲۰ شهرداری تهران (بخش شهر سالم) - (آذر ماه ۱۳۷۲)
- ۹- پژوهش در تاریخچه، 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:

- ۱- بازنگری استانداردهای صنعت آب کشور با همکاری وزارت نیرو و سازمان برنامه و بودجه (۲۵ جلد)