



لاحظات آکوستیکی در طراحی یک فضا

دکتر خسرو مولانا

استادیار دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران

۱. هدف و محتوای این مقاله:

این مقاله برای افراد غیرمختص در زمینه آکوستیک نوشته شده و هدف آن اینست که نیازهای آکوستیکی، الکتروآکوستیکی و شنودبی که در ساختمان سازی الزامی یا مفید واقع می شوند را همراه با طرح های مختلفی که برای تحقق یافتن آن ها مورد نیاز است، روشن سازد. در این جهت، سعی شده تا اولویت و میزان وابستگی طرح ها به یکدیگر نیز مشخص گردد تا، در نهایت امر، هر خواننده غیرمختصی بتواند یک دید کلی و صحیح از نیازهای آکوستیکی لازم در هر نوع ساختمانی را به دست آورد. اهمیت وجودی این مقاله از تجربیات بیست و شش سال گذشته من در فعالیت های آکوستیکی در کشور سرچشمه می گیرد. چون به دفعات متوجه شده ام که تصمیم گیرندگان امور، حتی در سمت های تخصصی، آشنایی چندانی با مسایل آکوستیکی ندارند. بسیاری از معماران با تجربه ما هم ترجیح می دهند از مباحث آکوستیکی فاصله بگیرند. بنابراین، در هر یک از طرح های آکوستیکی، که مسئولیت آن را به عهده داشته ام، ابتدا مجبور شده ام تا شخص تصمیم گیرنده را با مقدمات قضیه آشنا کنم تا بتوانم دلیل وجودی طرح های مختلف را برای او روشن سازم. در سنوات اخیر، تعداد تصمیم گیرندگان نسبتاً آگاه به مسایل آکوستیکی که ملاقات کرده ام قدری بیشتر شده اما، حجم فعالیت های آکوستیک ساختمانی نیز افزایش نسبی خیلی بیشتری پیدا کرده و لذا، تعداد افرادی که به توجیه مسایل آکوستیکی نیاز دارند به مراتب بیشتر شده است. مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمانی هم رعایت برخی از مسایل آکوستیکی را در برخی ساختمان ها الزامی کرده است. بنابراین، صلاح را در این

چکیده :

این مقاله، مسایل آکوستیکی که ممکن است در فضاهای مختلف ساختمانی بوجود آیند را مطرح می کند تا دلیل وجودی طرح هایی که برای حل کردن آن ها لازم است روشن شود. محتوای مقاله به زبان غیرتخصصی عرضه شده تا افرادی که مجبورند در مورد این قضایا تصمیم بگیرند ولی، آشنایی چندانی با مفاهیم تخصصی آن ندارند بتوانند اطلاعات مورد نیاز خود را به دست آورند. بنابراین، تکیه مقاله بر مفاهیم زیربنایی قضایا است و جزییات طراحی و محاسباتی، در موارد مختلف، مطرح نشده اند.

دیدم تا این قبیل توضیحات، یا آموزش های مقدماتی، را یکبار و برای همیشه مکتوب سازم تا از تکرار مکررات شفاهی خلاص شوم. البته، ناگفته نماند که پشتوانه فرهنگی ما ملت ترجیح می دهد تا این نوع توضیحات به طور شفاهی ارایه شوند. معذالک، حدس می زنم که آن عده از تصمیم گیرندگان و دست اندرکاران امور که واقعاً میل دارند به چند و چون این قضایای بپرند، زحمت خواندن این مقاله را تقبل خواهند کرد. مطالبی که در این مقاله مطرح شده از دو دیدگاه متفاوت در خور توجه اند. یکی مربوط به مشخص کردن فضاهاییست که به نحوی به طرح های آکوستیکی نیاز دارند. این مورد با مطرح کردن مثال های متنوع در متن مقاله روشن شده است. دیدگاه دیگر به دلیل وجودی خود به طرح هایی مربوط می شود که مورد نیاز هستند. منتها، نظر به اینکه یک فضای بخصوص ممکن است به چند طرح مختلف نیاز داشته باشد، بنابراین، ابتدا، ملاحظات کلی ای که باید در طراحی آکوستیکی یک فضا مورد توجه قرار گیرند را توضیح داده ام تا خواننده بتواند با یک دید اجمالی، سایر مطالب مقاله را به راحتی دنبال کند. این کار در بخش دو انجام شده است. دلیل وجودی هر یک از طرح های مختلف آکوستیکی، الکترو آکوستیکی و شنودی هم در بخش های سه تا هفت مورد بحث قرار گرفته اند. برخی از طرح هایی که مطرح شده اند ممکن است در یک ساختمان بخصوص مورد نیاز نباشند. معذالک، سعی شده است تا کلیه طرح هایی که در موارد گوناگون مورد استفاده قرار می گیرند عنوان شوند تا خواننده بتواند طرح های مورد نیاز خود را از میان آن ها مشخص کند.

۲. آکوستیک چیست؟

آکوستیک علمی است که به کمیت و کیفیت امواج ناشی از نوسان یا حرکت موضعی ذرات یا مولکول های جامدات، مایعات و یا گازها می پردازد. امواج آکوستیکی، مثل همتاهای الکترومغناطیسی خود بر اساس تعداد نوسان های موجود از آن ها در هر ثانیه طبقه بندی می شوند. این مشخصه از یک موج، یا به عبارت فنی، "فرانسیج" (Parameter) آن، "بسامد" یا "تواتر" (Frequency) نام دارد و با واحدی تحت عنوان "هرتز"، که نام یک دانشمند آلمانی است، سنجیده می شود. بنابراین، موجی که بسامد آن، مثلاً هرتز است، در هر ثانیه ۵۰ عدد نوسان کامل در بردارد. در ضمن، ۵۰ هرتز برابر با بسامد برق شهر در اکثر کشورهای جهان، منجمله ایران، است. اهمیت طبقه بندی مذکور در اینست که می تواند گروه های خاصی

از این امواج آکوستیکی را مستقیماً از طریق حس شنوایی یا لامسه خود دریافت کند. صدا به امواج آکوستیکی ای گفته می شود که بسامد آن ها کم و بیش، بین ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است و از طریق نوسانات موجود در هوای اطراف ما دریافت می شود. آن گروه از این امواج که از طریق حس لامسه و ناشی از نوسانات موجود در جامداتی که بر روی آن ها مستقر هستیم، مثل کف یک فضای ساختمانی، دریافت می شوند، لرزه نام دارد. منتها، احساس مستقیم وجود چنین نوسان هایی، برای "لرزه" به حساب آوردن آن ها کافی نیست چون، برخی از آن ها آثار "غیرمستقیمی"، نظیر حالت تهوع یا افت کارایی و کوفتگی در انسان بوجود می آورند بدون اینکه احساس واضحی از لرزش در بدن خود داشته باشیم. بنابراین، بسامد امواجی که لرزه به حساب می آیند به اثر موردنظر آن ها بستگی دارد. معذالک، اگر کلیه آثار شناخته شده آن ها را یکپارچه مدنظر قرار دهیم، چیزی بین ۰/۱ تا ۱۰۰۰ هرتز را می توان لرزه به حساب آورد. با این وصف، امواج آکوستیکی ای که بین ۲۰ تا ۱۰۰۰ هرتز بسامد دارند می توانند بر روی هر دو حس لامسه و شنوایی ما مؤثر واقع شوند.

در مواردی نادر، هوای اطراف نیز می تواند ناقل لرزه به انسان باشد. اما، در شرایط معمولی، سیستم شنوایی ما صدرا فقط از طریق نوسان های موجود در هوا دریافت می کند و ارتباط مستقیمی با جامدات موجود در محیط ندارد و لذا، ارتعاش های موجود در آن ها باید ابتدا هوای اطراف خود را به نوسان در آورند تا این هوا، به نوبه خود پرده گوش را به نوسان متقابل وادار سازد. بد نیست اشاره کنم که برخی از سمعک ها امواج صوتی را مستقیماً از طریق استخوان موجود در پشت لاله گوش به داخل سیستم شنوایی هدایت می کنند چون، پرده گوش آن افراد کارایی خود را از دست داده است.

با توجه به این توضیحات، واضح است که صدا فقط بخش مهمی از مسایل آکوستیکی موجود در یک ساختمان را تشکیل می دهد و نباید سایر مسایل وابسته را با همان عنوان مدنظر قرار داد. به همین دلیل، این قبیل مسایل ساختمانی معمولاً تحت عنوان طرح های آکوستیکی - و نه صوتی - آن قلمداد می شوند. سه واژه دیگر نیز باقی مانده اند که به تعریف نیاز دارند. یکی "الکترو آکوستیک" و دیگری "شنودی" است، که ارتباط نزدیکی با هم دارند و سومی "تراز صدا" که بعداً توضیح خواهم داد.

وسایلی، نظیر میکروفون و بلندگو، به ترتیب، امواج صوتی موجود در هوا را به معادل برقی آن ها تبدیل کرده و یا اینکه این

قبیل امواج برقی را به حالت اولیه و صوتی خود در آورده، در هوا پخش می کند. واژه "الکتروآکوستیک" که در وصف این نوع وسایل مصرف می شود، از آنجا سرچشمه می گیرد که انرژی موجود در یک طرف این وسایل، برقی یا الکتریکی و در طرف دیگر آن ها صوتی یا، به عبارت کلی تر، آکوستیکی است. اهمیت این تبدیل و تبادل انرژی هم به این خاطر است که، توانایی فنی و امروزه ما در امر پردازش یا بوجود آوردن تغییرات متنوع و دلخواه در کم و کیف امواج صوتی، عمدتاً به فنون برقی یا الکترونیکی محدود می شود. یعنی، امواج صوتی باید ابتدا به معادل برقی یا الکترونیکی خود تبدیل شوند، پردازش های مورد نظر بر روی آن ها انجام شود و سپس نتیجه به دست آمده به صدا تبدیل شود تا بتوانیم حاصل کار را بشنویم. وسایل صوتی خانگی یک نمونه از چنین زنجیره ای را تشکیل می دهند و امواجی که در داخل آن ها تردد می کنند، معادل غیر آکوستیکی و معمولاً برقی امواج صوتی هستند. به این دلیل، این قبیل وسایل و امواج را در مباحثات فنی با صفت "شنودی" (Audio) توصیف می کنیم تا سوء تفاهمی رخ ندهد. خلاصه اینکه "صدا" و صفت "صوتی" آن فقط در مورد امواج آکوستیکی استفاده می شوند و صفت "شنودی" به معادل غیر آکوستیکی و معمولاً برقی این قبیل امواج اطلاق می شود. با این وصف، عبارت عامیانه: "وسایل صوتی باید به عبارت: وسایل "الکتروآکوستیکی" در مورد میکروفون و بلندگوها و وسایل "شنودی" در مورد سایر وسایل مثل ضبط صوت و تقویت کننده ها، تبدیل شود. منتهی، در بسیاری موارد و به خاطر سهولت مباحثاتی، وسایل الکتروآکوستیکی هم جزئی از وسایل شنودی قلمداد می شوند. اما، توجه داشته باشید که ما نمی توانیم چیزی به نام امواج الکتروآکوستیکی داشته باشیم. چون، این نوع وسایل، با دو نوع انرژی برقی و آکوستیکی سروکار دارند در صورتی که، وسایل شنودی ارتباط مستقیمی با انرژی آکوستیکی ندارند و عمدتاً با انرژی برقی سروکار دارند. البته، این حرف آخر ممکن است گمراه کننده باشد چون، ضبط صوت ها، به عنوان مثال، با انرژی مغناطیسی هم سروکار دارند. منتها، توضیح بیشتر در این قبیل موارد مبحث فعلی را البته، بی جهت به درازا خواهد کشاند. اصطلاح فنی و پر مصرف دیگری، بنام تراز (Level) صدا، وجود دارد که آشنایی با آن، همچنین به خاطر مفهوم زیربنایی ای که در بر دارد، حایز اهمیت است. شدت یک صدا به ندرت به صورتی مطلق اندازه گیری می شود چون، اگر مقدار آن از حدی که برای به کار انداختن سیستم شنوایی ما لازم است کمتر شود، میزان کاستی آن، از دیدگاه وضعیت شنوایی علی السویه خواهد بود.

شدت صدای حاکم در این حد، که مرز بین شنوا شدن و ناشنوا بودن آن را تعیین می کند "آستانه شنوایی" نام دارد. یعنی، در آستانه شنوایی، کمیت احساسی که ما انسان ها از مقدار صدای موجود درک می کنیم و آن را "بلندی" صدا می نامیم، صفر است و این در حالیست که شدت فیزیکی صدای موجود بیش از صفر است. اهمیت این موضوع باعث شده است که شدت هر صدای مورد نظری را نسبت به شدت حاکم در آستانه شنوایی بسنجیم و نتیجه محاسباتی این روش کار چیز نیست که آن را "تراز صدا" می نامیم. به عبارت دیگر، تراز یک صدا نمایانگر مقدار آن صدا از دیدگاه عملکرد سیستم شنوایی ما انسان ها است.

۱-۲- ملاحظات کلی در طراحی آکوستیکی یک فضا

صداهایی که می توانند در داخل یک فضا وجود داشته باشند از دو نوع خواسته یا ناخواسته اند، منتها، با این توصیف که یک صدای بخصوص، مثل گفتار یک فرد، ممکن است در یک شرایط خواسته و در شرایطی دیگر ناخواسته تلقی شود. معذالک، تمام صداهای ناخواسته موجود، به طور کلی، نوفه (Noise) خوانده می شوند و لذا، قبل از اینکه بتوان به کم و کیف صدای خواسته و مورد نظری که در داخل فضا تولید می شود پرداخت، شرط لازم اینست که نوفه موجود در حدی قابل قبول مهار شود. این موضوع شامل حال لرزه های موجود هم می شود، چون کلیه آن ها نیز ناخواسته اند. این دو عمل، قدم های اولیه در طرح های آکوستیکی هر فضایی را تشکیل می دهند.

منبع خود نوفه ممکن است، مثل صدای ترافیک، خارج از فضای مورد نظر قرار داشته باشد که در این صورت، سعی می شود تا از نفوذ بیش از حد آن به داخل فضا جلوگیری شود. روش های مقابله کردن با این قبیل نوفه ها و انواع مختلف آن ها در بخش های ۱-۳ و ۳-۶ مطرح شده اند. نوفه موجود ممکن است، مثل صدای همهمه افراد در یک رستوران یا سالن اداری، منبعی داخلی داشته باشد که در آن صورت، کم کردن مقدار آن فقط از طریق تنظیم کردن شرایط آکوستیک داخلی فضا امکان پذیر است منتها، واضح است که اگر چنین روشی بتواند مقدار نوفه تولید شده در داخل یک فضا را کاهش دهد بنابرین، در کم کردن مقدار نوفه ای که از خارج به داخل فضا نفوذ کرده است هم باید مؤثر باشد. جزییات این موضوع در بخش ۳-۶ توضیح داده شده است. سیستم تهویه و هوارسانی یک فضا عامل دیگریست که می تواند نوفه داخلی تولید کند منتها، با این فرق که ما می توانیم، با تمهیدات مختلف، صدای

ناخواسته آن را کاهش دهیم بدون اینکه مجبور باشیم شرایط آکوستیک داخلی فضا را برای این کار مورد استفاده قرار دهیم. جزئیات بیشتری از این تمهیدات در بخش ۳-۴ عنوان شده اند.

نوفه موجود در یک فضا می تواند به دو صورت مختلف برای انسان مشکل بوجود آورد. عمومی ترین اثر آن، مزاحمت و ناراحتی روانی است که ایجاد می کند و چنانچه مقدار نوفه موجود از حدود خاصی تجاوز کند، اوضاع از این هم فراتر رفته و به اختلالات روانی یا ایجاد صدمه به سیستم شنوایی انسان منجر می شود. اثر دوم نوفه وقتی نمایان می شود که انسان می خواهد صدای خواسته ای، مثل گفتار دیگران، را در فضای مورد نظر بشنود و نوفه موجود باعث می شود تا وضوح صدای خواسته خدشه دار شده یا به کلی از بین برود. مقدار نوفه ای که ایجاد مزاحمت یا ناراحتی می کند، معمولاً، از آن حدی که برای "گفتار رسانی" مشکل ساز می باشد بیشتر است و لذا، فضاهایی نظیر سالن های سخنرانی باید از نوفه نسبتاً کمتری برخوردار باشند. معیاری که کم و کیف این قضیه را مشخص می سازد "برسنج نوفه" نام دارد و در بخش ۲-۳ مورد بحث قرار گرفته است.

از طرف دیگر، صدای خواسته ای که در داخل یک فضا تولید می شود، مثل گفتار یک سخنران، باید با کم و کیفی قابل قبول، به گوش کلیه شنوندگان رسانده شود. این کار فقط از طریق فراهم کردن فرم هندسی و شرایط آکوستیک داخلی مناسب برای سالن مورد نظر مقدور است، که جنبه های مختلف آن در بخش های ۵ و ۶ مطرح شده اند. با این وصف، شرایط آکوستیک داخلی یک فضا نه تنها در کم کردن نوفه موجود مؤثر است، در صدارسانی داخلی هم نقشی تعیین کننده دارد. درجه اهمیت و نقشی که طرح آکوستیک داخلی یک فضا، از دیدگاه این دو هدف متفاوت دارا می باشد، چیز نیست که به طور واضح به مورد بستگی دارد و در جای خود به آن اشاره خواهد شد.

طرح های آکوستیکی دیگری که معمولاً مورد نیاز می باشند به وسایل و تجهیزاتی مربوط می شوند که برای صدارسانی "مصنوعی" یا الکتروآکوستیکی و یا ضبط و پخش کردن صداهای مختلف لازم می باشند. این موارد در بخش های ۵-۲ و ۷ مطرح خواهند شد.

۳. مهار کردن نوفه های آکوستیکی (Acoustic Noises)

به طور کلی، نوفه هایی که به داخل فضا نفوذ کرده یا در همان فضا بوجود می آیند و لازم است تا صدای آن ها در حدی قابل قبول

مهار شود، می توانند سه منشأ متفاوت داشته باشند، که درجه اهمیت هر یک از آن ها به فضای مورد نظر بستگی دارد. سه نوع مذکور از این قرارند:

۱- نوفه سیستم های تهویه

۲- نوفه های تولید شده در داخل فضا

۳- نوفه های انتقال یافته از خارج از فضا

گو اینکه هر دو نوع اول و دوم، نوفه هایی داخلی به حساب می آیند ولی، چون روش مهار کردن آن ها به کلی متفاوت است بنابراین، در دو گروه مختلف مورد بحث قرار می گیرند که توضیحات آن در بخش های ۳-۴ و ۵ مطرح شده است. نوفه های خارجی هم می توانند به دو صورت مختلف وارد فضای مورد نظر بشوند که طبقه بندی کردن آن ها تحت عنوان "نوفه های هوابرد" و "نوفه های پیکره ای" نیز به روش تضعیف آن ها مربوط می شود. بنابراین، بهتر است ابتدا این موضوع را توضیح دهیم.

۳-۱- فرق بین نوفه هوابرد (Airborn Noise) و نوفه پیکره ای (Structural Noise)

برای اینکه یک صدای خارجی، مثل نوفه ترافیک یا صدای یک ژنراتور برق اضطراری، بتواند وارد فضایی بسته شود، شرط لازم اینست که حداقل یکی از جدارهای فضای مورد نظر به ارتعاش درآید تا این ارتعاش، به نوبه خود، هوای داخلی فضا را به نوسان درآورد. سؤال اینست که ارتعاش جدار مورد بحث به چه صورتی ایجاد شده است؟ چنانچه موجی که در هوا منتشر شده، مثل صدای ترافیک، مستقیماً جدار مورد بحث، مثل پنجره مشرف به خیابان یک اتاق خواب، را به ارتعاش درآورده باشد، در آن صورت، نوفه ترافیکی که به داخل اتاق خواب نفوذ کرده است را "هوابرد" تلقی می کنیم. اما، سازه ساختمان مورد نظر از طریق زمین، با کف خیابان ارتباط دارد و لذا، امواج تولید شده توسط وسایل نقلیه می توانند از طریق زمین و سازه ساختمان نیز جدارهای اتاق خواب مثالی را به ارتعاش درآورند. نوفه ای که از این طریق وارد فضا می شود "پیکره ای" نام دارد و معمولاً در مواردی مشکل آفرین می شود که منبع صدای اولیه، مثل ژنراتورهای برق اضطراری و دستگاه های هواساز، در یکی از فضاهای داخلی ساختمان نصب شده اند.

نحوه مقابله کردن با این دو نوع نوفه- یعنی: هوابرد و پیکره ای- روش هایی متفاوت و در برخی از موارد متضاد دارند. به عنوان مثال، جداری که از نفوذ کردن یک نوفه هوابرد به داخل فضای مورد نظر خوب جلوگیری می کند، ممکن است نوفه های پیکره ای

را به راحتی به داخل فضا منتقل سازد. شاخص های کلی ای که برای انتخاب کردن مصالح مناسب در این موارد استفاده می شوند: سرعت حرکت امواج آکوستیکی در ماده موردنظر و چگالی آن هستند. بالا بودن سرعت حرکت صدا در یک ماده مخصوص، و به ویژه در مواد سخت مثل آهن و بتون مسلح، که در سازه ساختمان ها به کار می روند، به این معناست که این نوع مصالح، صدا و لذا، نوفه های پیکره ای را خوب منتقل می کنند. پی آمد این قضیه هم اینست که به کار بردن این قبیل مصالح و به ویژه اسکلت های فلزی، در ساختمان بیمارستان ها و مدارس به عنوان مثال که باید از سکوت نسبی بیشتری برخوردار باشند به معنای دعوت کردن نوفه به فضاهای داخلی ساختمان است. البته، ناگفته نماند که زمین این قبیل ساختمان ها باید، حامل نوفه قابل ملاحظه ای باشد تا سازه مذکور آن را به فضاهای داخلی ساختمان منتقل کند. کم و کیف این موضوع به توانایی زمین منطقه در منتقل کردن امواج آکوستیکی به محل ساختمان مربوط می شود و چنانچه رگه های سختی در زمین وجود داشته باشد، امواجی که در فواصل دور دست تولید می شوند با سرعت زیاد و ممانعت نسبتاً کمی از طریق این گونه رگه های سخت به محل ساختمان می رسند. بنابراین "ارتعاش سنجی" زمین ساختمان، به ویژه در ساختمان هایی که آرامش صوتی یکی از خصیصه های مهم آن ها به حساب می آید، مثل بیمارستان ها، مدارس، مراکز استودیویی و تئاتر، کاریست که باید در مراحل اولیه طراحی انجام شود.

در طرف مقابل، کاهش نوفه های هوابرد، به طور کلی به جدارهایی نیاز دارد که سنگین و چگالی هستند. اما، مواد سخت، که برای جلوگیری کردن از نفوذ نوفه های پیکره ای مناسب نیستند، معمولاً سنگین و چگال اند و لذا، در مقابل نوفه های هوابرد خوب عمل می کنند. عکس این موضوع نیز صدق می کند. یعنی، مواد نرم، انعطاف پذیر و معمولاً متخلخل، افت خوبی به نوفه های پیکره ای می دهند چون، سرعت حرکت امواج صوتی در آن ها نسبتاً کمتر است. اما، نظر به اینکه این قبیل مواد چگالی چندانی ندارند بنابراین، افت صوتی ای که می توانند به نوفه های هوابرد بدهند در خور توجه نیست.

نتیجه این قضایا اینست که ما باید، در ابتدای امر، بدانیم که شدت کدام یک از دو نوع نوفه خارجی هوابرد و پیکره ای از دیگری بیشتر است و لذا، باید در اولویت قرار گیرد. به عبارتی دیگر، آگاهی یافتن از کمیت نوفه های هوابرد و پیکره ای موجود در محل ساختمان امریست ابتدایی و ارقام مربوط به آنها زیربنای طرح های

نوفه زای بعدی را تشکیل می دهند. در حال حاضر، نوفه شهری، مثل تهران، در اکثر مناطق آن عمدتاً از نوع هوابرد است. اما، احداث قطارهای زیرزمینی و سایر تونل های حمل و نقلی که در دست طراحی یا اجرا هستند تغییر قابل ملاحظه ای در وضع موجود بوجود خواهد آورد.

۲-۳- برسنج نوفه (Noise Criterion) قابل قبول برای یک فضای بخصوص

کلیه نوفه هایی که در بخش های قبلی مطرح شدند، در نهایت امر، صداهایی ناخواسته در داخل فضای مورد نظر بوجود می آورند. واضح است که از دیدگاه شنونده ای که در داخل فضا قرار دارد، منشأ این صداهای مختلف حایز اهمیت نیست بلکه، درجه مزاحمتی که جمیع آن ها برای او بوجود می آورند، نقش اصلی را ایفا می کند. به این دلیل، معیار یا ضابطه ای که در طرح های مربوط به نوفه یک فضا مبنای کار قرار می گیرند بر این اصل استوارند که حاصل جمع کلیه نوفه هایی که در نهایت امر در فضا وجود خواهند داشت از یک حد بخصوصی تجاوز نکند. رقم یا ارقامی که این حد و حدود را تعیین می کند "برسنج نوفه" نام دارد و کم و کیف آن به کاربرد فضای مورد نظر بستگی دارد. با این وصف، برسنج نوفه ای که، به عنوان مثال، در یک رستوران یا یک سالن سخنرانی مبنای کار طراحی قرار می گیرند با یکدیگر تفاوت دارند چون، انتظار اینست که یک سالن سخنرانی فضای نسبتاً ساکت تری داشته باشد. لذا، پس از مشخص کردن برسنج نوفه ای که برای هر یک از فضاهای موردنظر مناسب به نظر می رسد، کار این قسمت از طراحی در این خلاصه می شود که حاصل جمع کلیه نوفه هایی که می توانند از طرق مختلف به داخل فضا نفوذ کنند از برسنج انتخاب شده تجاوز نکند. به غیر از نوفه مربوط به سیستم تهویه، راه و رسم این کار عمدتاً به ساختار جدارهای ساختمان مربوط می شود و جزئیات بیشتر آن در بخش های بعدی مطرح شده اند. فعلاً بد نیست مفهوم "برسنج نوفه" را قدری بشکافیم چون نقشی کلیدی در مخارج طراحی و اجرایی کار ایفاء می کند. در حال حاضر، این ذهنیت وجود دارد که این قبیل ضوابط طراحی، جنبه ای "استاندارد" و جهانی دارند. این باور به کل نادرست است چون، برسنج نوفه، گذشته از کاربرد فضا، به عوامل فرهنگی و بضاعت مالی جامعه نیز بستگی دارد. به همین دلیل و تا آنجا که من اطلاع دارم هیچ یک از مؤسسات ملی استاندارد در کشورهای صنعتی، برسنج نوفه خاصی را برای فضاهای مختلف ضابطه نکرده

است، چه رسد به سازمان‌های بین‌المللی استاندارد. این قبیل سازمان‌ها به معنای استاندارد کردن اعداد و ارقامی که باید مبنای کار طراحی قرار گیرند نیست. به عنوان مثال، پژوهش‌هایی که در سال‌های اخیر در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن بر روی وضعیت آکوستیکی مدارس تهران انجام شده است، نشان می‌دهند که نوفه موجود در اکثر کلاس‌های درس آن‌ها در حدیست که، به احتمال زیاد، باعث تعطیل شدن مشابه آکوستیکی همان کلاس‌های درس در یک مدرسه فرنگی می‌شد. اما، این قبیل کلاس‌های درس در مدارس تهران هنوز دایرند چون، انتظارات فرهنگ‌شنودی و بضاعت مالی جامعه، تعطیل شدن آن‌ها را جایز نمی‌داند. معنای این حرف این نیست که این قبیل کلاس‌های درس مشکل آکوستیکی ندارند. نکته این است که ضوابطی که فرنگی‌ها بر اساس تجربیات اندوخته شده و شرایط مالی و فرهنگی خودشان به دست آورده‌اند را نباید به صورتی در بست مبنای کار خود قرار دهیم چون با امکانات و شرایط ما سازگار نیستند. خلاصه قضیه این است که تا موقعی که تجربیات اندوخته شده خودمان به حد کفایت نرسیده، مجبوریم به تجربه آن‌ها متوسل شویم. اما، عقل حکم می‌کند که این کار را با احتیاط انجام دهیم. در غیر این صورت، امکانات مالی خود را به صورتی نامتناسب با سایر انتظاراتمان مصرف کرده ایم.

۳-۳- کاهش نوفه لازم برای یک فضای بخصوص

در بخش ۱-۳ به این نتیجه رسیدیم که باید از کمیت و نوع نوفه موجود در محل ساختمان آگاهی داشته باشیم. بخش ۲-۳ نیز به این نتیجه رسید که باید مقدار نوفه قابل قبول در فضای موردنظر یا "برسنج نوفه" آن را مشخص کنیم. به طور کلی، اختلاف موجود بین این دو رقم یا سری ارقام چیز است که مقدار کاهش لازم برای نوفه موجود را تعیین می‌کند و به غیر از نوفه مربوط به سیستم‌های تهویه، جدارهای مختلف فضا و ساختمان موردنظر باید این مقدار کاهش را بوجود آورند. هر چقدر مقدار این کاهش بیشتر باشد، مشکلات و مخارج تأمین کردن آن نیز بیشتر خواهند بود. بنابراین، قدری توجه ابتدایی به ارقامی که بانی مقدار کاهش هستند مفید به نظر می‌رسد. برای یک برسنج تعیین شده و خاص، هر چقدر نوفه موجود در محل بیشتر باشد، به طور واضح مقدار کاهشی که باید بوجود آوریم نیز بیشتر خواهد بود. نتیجه عملی و عاقلانه این حرف اینست که، به عنوان مثال، بیمارستان‌ها و مدارس را در مناطق آرام یک شهر بسازیم تا وضعیت آکوستیکی بهتر همراه با مخارج کمتر

داشته باشند. اما، این توضیح و اباحت با همین مقدار وضوح عملی پیاده نمی‌شود. بیمارستانی را می‌شناسم که پنجره بازشوی اتاق مراقبت‌های ویژه آن در فاصله تقریباً پانزده متری و مشرف به یکی از بزرگراه‌های اصلی و همواره شلوغ شهر تهران است. فکر می‌کنم تعداد این قبیل مثال‌ها در حدی باشد که خودتان هم برخی از آن‌ها را مشاهده کرده باشید. وجود این گونه موارد، بسیاری از دست‌اندرکاران را به این نتیجه رسانده است که اصلاحات لازم فقط از طریق وضع کردن ضوابط و قوانین آکوستیکی امکان‌پذیر خواهد بود. یعنی، به عنوان مثال، برسنج نوفه مناسب برای فضاهای درمانی، آموزشی و غیره باید به صورت ضوابطی ملی درآیند و این همان کاریست که به دلایل ذکر شده در بخش ۲-۳ کشورهای صنعتی، تاکنون، از انجام دادن آن خودداری کرده‌اند. چنانچه نوع و ارقام مربوط به برسنج‌هایی که مبنای کار ضابطه‌گذاری قرار گیرند به اندازه کافی سهل‌الوصول و قابل نظارت باشند، این احتمال وجود دارد که بتوانیم اصلاحات قابل ملاحظه‌ای در وضع حاکم بوجود آوریم بدون اینکه مشکلات جنبی دیگری را به مشکلات موجود اضافه کنیم.

۳-۴- نوفه سیستم‌های تهویه

سیستم تهویه یک فضا نوفه‌ای تولید می‌کند که منشأ هوابرد آن داخلی به حساب می‌آید چون، هوایی که وارد فضا می‌شود، صداها یا ناخواسته‌ای را نیز به همراه دارد. تراز (Level) این نوفه توسط سه عامل زیر تعیین می‌گردد:

۱- مقدار نوفه‌ای که موتورخانه سیستم تهویه وارد کانال‌های تهویه می‌کند؛ بنابراین، هر چقدر خود وسایل هوارسانی ساکت‌تر عمل نمایند، مخارجی که باید مصرف کاهش نوفه آن‌ها بشود نیز کمتر خواهد بود.

۲- ساختار کانال‌ها و صافی (Filter) های آکوستیکی که باید هوا را به فضای مورد نظر برسانند ولی، نوفه موجود را در حدی قابل قبول کاهش دهند؛ این گونه صافی‌های آکوستیکی، معمولاً، فضای قابل ملاحظه‌ای را اشغال می‌کنند.

۳- ساختار دریچه‌هایی که هوا از طریق آن‌ها وارد فضا شده و یا از آن خارج می‌شود.

سرعت حرکت هوا در داخل کانال‌ها فراسنجی (Parameter) است که بین هر سه عامل مذکور مشترک است و در تعیین تراز نوفه‌ای که در نهایت امر وجود خواهد داشت نقشی اساسی ایفا می‌کند. از طرف دیگر، چون این فراسنج نرخ (Rate) ورود هوا به

فضای موردنظر را تعیین می کند بنابراین، مشخص کردن رقم بهینه آن برای فضاهای مختلف کاریست که باید با طرح های هوارسانی هماهنگ شود.

نوفه یک سیستم تهویه می تواند به صورت پیکره ای هم وارد فضای موردنظر بشود و این موضوع، معمولاً، در مواردی مشکل آفرین می شود که اتاق دستگاه های هواساز در مجاورت فضای موردنظر قرار داد. البته روش های لرزه بندی امروزه این امکان را فراهم می سازند تا ما بتوانیم، حتی در این گونه موارد، مشکل نوفه های پیکره ای را رفع کنیم. ولی، هزینه اجرایی آن ها، در اغلب موارد، زاید است و لذا، بهتر است که محل مناسب تری برای اتاق دستگاه های هواساز در مراحل طراحی ساختمان پیش بینی کنیم.

سیستم تهویه در اکثریت قریب به اتفاق شنودسراها، مثل سالن های تأثر، سخنرانی و سینما و غیره، مهمترین منبع نوفه آن ها را تشکیل می دهد. عملکرد صوتی شنودسراها و خصوصاً تالارهای موسیقی و سالن های تأثر، محیط بسیار ساکتی را می طلبد. از طرف دیگر، حجم و گنجایش این قبیل سالن ها زیاد است و لذا، به دستگاه های هواساز پر قدرت نیاز دارند که، معمولاً، نوفه نسبتاً بیشتری را تولید می کنند. پیامد این ترکیب نامیمون این است که کاهش نوفه لازمی که باید تأمین کنیم رقم چشمگیری را پیدا می کند و اگر این موضوع در مراحل طراحی ساختمان مورد توجه قرار نگیرد، مخارج اصلاح آن در مراحل بعدی کار آنقدر زیاد خواهد بود که اغلب کارفرمایان ترجیح خواهند داد تا این مشکل صوتی را به تحمل شنوندگان موجود در سالن واگذار کنند حتماً متوجه شده اید که در اکثر شنودسراها موجود ما، یا باید با نوفه سیستم تهویه آن ها کنار بیاییم و یا این که با دما و تهویه نامناسب آن ها بسازیم چون، راه حلی که مسئولین این قبیل سالن ها برای رفع اشکال نوفه سیستم تهویه اتخاذ می کنند این است که موقع اجرای برنامه، یعنی درست در همان موقعی که قرار است سیستم تهویه دلیل وجودی خودش را آشکار کند، آن را خاموش کرده و یا به صورت نیم بند به راه می اندازند اینجاست که ضرب المثل "پیش گیری از درمان بهتر است" واقعاً مصداق پیدا می کند.

۳-۵- نوفه های تولید شده در داخل یک فضا

منبع نوفه دیگری، که داخلی به حساب می آید، به سر و صدایی مربوط است که در داخل فضای موردنظر تولید می شود. همهمه افراد در یک رستوران و فضاهای اداری و صداهایی که از جابجا

شدن وسایل آشپزی و غذاخوری در داخل آشپزخانه های بزرگ تولید می شوند از این قماش اند. وجه مشترکی که بین این قبیل نوفه ها وجود دارد اینست که منبع اصلی آن ها را نمی توان ساکت کرد چون این فعالیت ها بخشی از عملکرد فضای موردنظر را تشکیل می دهند. لذا، مهار کردن تراز صدای آن ها در حدی قابل قبول را فقط می توان از طریق فراهم نمودن شرایط آکوستیک داخلی مناسب تنظیم کرد، که جزییات آن در بخش ۳-۶ مطرح شده است.

۳-۶- نوفه های خارجی

نوفه های دیگری که به داخل یک فضا نفوذ می کنند، از فضاهایی سرچشمه می گیرند که محل آن ها خارج از فضای مورد نظر است و ارتباط هواپردی هم با این فضا ندارند. با این وصف، مهار کردن تراز صدای آن ها در حدی قابل قبول، به طرح های مناسبی نیاز دارد که به ساختار جدارهای آن فضا به خود ساختمان مربوط می شوند. این گونه نوفه ها را می توان به این صورت طبقه بندی کرد:

۱- نوفه مربوط به اماکنی که در مجاورت فضای موردنظر قرار دارند ولی، مهار کردن نوفه آن ها عمدتاً به ساختار در و پنجره های میانی بستگی دارد. دلیل این موضوع اینست که به طور کلی، توانایی این دو عنصر ساختمانی و خصوصاً درب ها، در جلوگیری از انتقال صدا از یک فضا به فضای مجاور خیلی کمتر از جداره های معمولی است و لذا، نقطه ضعف یا عامل محدودکننده در بالا بردن میزان صدابندی یک دیوار به حساب می آید. بنابراین، طرح آکوستیکی درب و پنجره های اینگونه فضاها چیز است که باید مورد توجه قرار گیرد. کیفیت صدابندی درب و پنجره ها نیز عمدتاً به درزبندی کامل و ماندگار آن ها بستگی دارد. باور کردن اهمیت این موضوع آنقدر مشکل است که تا انسان شخصاً آن را تجربه نکرده باشد، دقت کافی برای درزبندی آن ها به خرج نخواهد داد.

۲- نوفه های هواپرد دیگری که ممکن است در فضای موردنظر مشکل بوجود آورند از جاهایی سرچشمه می گیرند که فاصله قابل ملاحظه ای با فضای مورد نظر دارند منتها، تراز صدای آن ها در حدیست که جداره های معمولی نمی توانند اکت صوتی کافی را در مقابل آن ها بوجود آورند و لذا، ساختار آکوستیکی جداره هایی که در بین قرار می گیرند باید مورد توجه قرار گیرد. وجود چنین اوضاعی را می توان، به طور کلی، در دو گروه خلاصه کرد:

گروه اول به نوفه باران، تگرگ، هواپیما و به ویژه هلیکوپترها مربوط می شود که در فاصله نسبتاً کمتری از زمین پرواز می کند. هواپیما و هلیکوپترها شدت صدای زیادی تولید می کنند و بخش عمده ای از انرژی صوتی آن ها در بسامدهای بم قرار دارد یعنی، در همان حوزه ای که نقطه ضعف صدابندی جدارهای ساختمانی را تشکیل می دهد. با این وصف، اگر این موضوع در مراحل ساختمان مورد توجه قرار نگیرد، رفع کردن مشکل آن در مراحل بعد تقریباً غیرممکن خواهد بود. شنودسراها، مثل سالن های سخنرانی و تأثر، نمونه های جالبی برای این گونه موارد به حساب می آیند چون، وسعت و یکپارچگی سقف این تپ سالن ها بالقوه، انتقال دادن نوفه هواپیما به فضای داخل آن ها را راحتتر می سازد. اضافه بر این، سقف خارجی آن ها نیز، معمولاً، با فضای آزاد تماس مستقیم دارد چون، ارتفاع داخلی این نوع سالن ها خیلی بیشتر از ارتفاع سایر فضاهاییست که در همان ساختمان وجود دارند و لذا، از لحاظ معماری به سقف هایی مستقل و جداگانه نیاز دارد. این موضوع هم نفوذ نوفه هواپیما و باران به داخل سالن را، بالقوه، آسانتر می سازد. اما، از لحاظ ایستایی ساختمانی، این سقف های وسیع و یکپارچه خرابه های نسبتاً عمیقی احتیاج دارند چون، وجود ستون در این گونه سالن ها، به خاطر ملاحظات دیداری، امکان پذیر نیست. بنابراین، اگر سقف دوم و "کاذبی" در زیر این خرابه ها پیش بینی شود، این امکان بوجود می آید که بتوانیم فضای داخلی سالن را توسط یک سقف "دوجداره" از فضای آزاد جدا کنیم و این موضوع می تواند صدابندی سقف آن ها را به مقدار بسیار زیاد و در اکثر موارد قابل قبول افزایش دهد مشروط بر اینکه، ساختار این سقف دو جداره به دقت مورد توجه قرار گیرد. نکته حایز اهمیت دیگر اینست که این گونه سقف های کاذب، به دلایل مختلف، منجمله صداسازی آکوستیکی در داخل سالن، نیز مورد نیاز هستند. بنابراین، واضح است که این قبیل ملاحظات باید در مراحل طراحی مورد توجه و هماهنگی کامل قرار گیرند تا بتوان با صرف کردن کمترین هزینه لازم، بهترین کارایی ممکن را برای سالن موردنظر به دست آورد.

به عبارت دیگر، یک طرح خوب، به طور کلی، نه تنها جمیع عملکردهای لازم را تأمین می کند، هزینه های اجرایی کار را هم به مقدار زیادی کاهش می دهد و این نکته ایست که بسیاری از تصمیم گیرندگان امور کشور، ظاهراً، متوجه آن نیستند چون، بهایی که برای امور طراحی قائلند نامناسب و ناچیز است و مدت زمانی که برای آن تعیین می کنند هم، در بسیاری از موارد، آنقدر کم است

که طراحان را وادار می سازد تا با دستپاچگی، سر و ته قضیه را هم آورده و "کارفرما پسند" عمل کنند. سالن تأثر و سخنرانی ای در تهران وجود که سقف خارجی آن شیروانی است و باربری محاسبه شده برای خرابه های آن اجازه نمی دهد تا بتوانیم جنس سقف را عوض کنیم. بنابراین، در حدود ۳/۳ میلیون تومان فقط صرف اصلاح و درزبندی کردن این سقف و سقف کاذب زیر آن شد تا بتوانیم از نفوذ صدای باران به داخل سالن جلوگیری کنیم. با این وصف، صدای هلیکوپتر هنوز می تواند، در حدی مشکل ساز، به داخل این سالن نفوذ کند. سالن سخنرانی دیگری در نزدیکی رشت "پرباران" وجود دارد که سقف خارجی آن ایرانیست است و هنوز مطمئن نیستیم که درزبندی این سقف، با توجه به مشکلات اجرایی موجود، درست از آب در آید. تعداد این قبیل نمونه ها زیاد است و همگی آن ها حکایت از هزینه های به هدر رفته می کنند چون، عملکرد صحیح و لازم برای این سالن ها تأمین نشده است و اصلاح کامل آن ها هم، در وضع موجود، تقریباً غیرممکن است. اما، اگر طراحان اولیه این قبیل سالن ها امکانات مالی و انگیزه کافی برای پرداختن به جوانب مختلف کار را می داشتند، چنین سالن های معیوبی را، به عنوان یادگار، برای نسل های بعد به یادگار باقی نمی گذاشتند.

گروه دوم از نوفه های خارجی به منابع زمینی، مثل نوفه ترافیک، راه آهن و وسایل صنعتی، مربوط می شوند. تعداد بزرگراه های تهران، به عنوان مثال و برج های مسکونی ای که در جوار آن ها ساخته می شوند رو به افزایش است. راه آهن زیرزمینی آن هم به راه افتاده است و در برخی از مناطق، در روی زمین حرکت می کند. در چند سال قبل، که برق تهران به دفعات قطع می شد، تعداد ژنراتورهای برق پرسر و صدایی که در گوشه و کنار خیابان ها دیده می شدند را حتماً به خاطر دارید بعضی از کارگاه های آهنگری، سنگ سابی گوش خراش روی جوش کاری درب و پنجره ها را هنوز در پیاده روی جلوی مغازه خود انجام می دهند. تعداد شکایات از نوفه تولید شده توسط کارگاه های که یک ناحیه شهری را عاصی کرده اند، هنوز نادر نشده است.

ساکت سازی منبع این قبیل نوفه ها، به وضوح، به مسئولین حفاظت از محیط زیست مربوط می شود آن قسمت از قضیه که به ساختمان های دریافت کننده نوفه باقیمانده مربوط می شود را می توان عمده تاً در صدابندی کافی پنجره های خارجی این قبیل ساختمان ها خلاصه کرد چون، دیوارهای خارجی آن ها می توانند به تنهایی و در اکثر موارد، جلوی این قبیل نوفه ها را بگیرند. مشکل

پنجره‌ها هم، همان طوری که قبلاً اشاره کردم، به درزبندی کامل و ماندگار آن‌ها مربوط می‌شود. یعنی، دو جداره کردن شیشه پنجره‌ای که درزبندی کامل ندارد کاری زاید و بی‌نتیجه است. اضافه بر این، هر چقدر مقدار صدابندی لازم برای پنجره بیشتر شود، کیفیت درزبندی کامل و ماندگار آن حیاتی‌تر می‌شود. در جهت تأیید این موضوع، گوش خودتان را روی درز پنجره بسته‌ای که مشرف به یک خیابان است بگذارید و مقدار صدایی که می‌شنوید را با صدایی که گوش شما از روی شیشه همان پنجره دریافت می‌کند مقایسه کنید.

نمونه بارزی که مشکل پنجره‌ها را نمایان می‌سازد، در طبقات کم و بیش میانی برج‌های مسکونی و مشرف به بزرگراه‌ها رخ می‌دهد. وسایل نقلیه موتوری، معمولاً، بخش اعظمی از نوفه خود را به طرف آسمان روانه می‌کنند چون، موتور آن‌ها سطح کاپوت را به ارتعاش در می‌آورد و این سطح، به نوبه خود، هوای اطراف را، در جهت آسمان، به نوسان متقابل و می‌دارد. نوفه‌ای که این وسایل در طرفین خود تولید می‌کنند کمتر است. چون، اولاً، مساحت بدنه‌های خارجی که در دو طرف موتور قرار دارند نسبتاً کمتر است و ثانیاً، وجود لاستیک‌های جلو باعث می‌شوند تا این بدنه‌ها توسط بدنه‌های داخلی دیگری از صدای هوا برد و مستقیم‌تر موتور در امان بمانند. از طرف دیگر، بر اساس اصل فیزیکی‌ای، که قانون "معکوس و مجذور فاصله" نام دارد، به ازای هر دو برابر شدن فاصله از منبع یک صدا در فضای باز، شدت آن به مقدار یک چهارم کاهش پیدا می‌کند. در ضمن، عملکرد سیستم شنوایی ما هم به نحوایست که نصف شدن شدت یک صدا را به زحمت تشخیص می‌دهد و بنابراین، کم شدن شدت آن به مقدار یک چهارم، تفاوت فاحشی در بلندی یا احساس ذهنی ما از صدا بوجود نمی‌آورد. حالا، بگذارید تا بی‌آمد این قضایا را در مورد برج‌های مسکونی بررسی کنیم. طبقات پایین آن‌ها فاصله نسبتاً کمی از بزرگراه دارند اما، نوفه اولیه‌ای که در این جهت ارسال می‌شود هم کمتر است. دیوار محوطه این برج‌ها نیز به کم کردن نوفه طبقات پایین کمک می‌کند. طبقات آخر آن‌ها بیشترین فاصله ممکن را از بزرگراه دارند و بنابراین، بیشترین افتی که فاصله می‌تواند در نوفه اولیه بوجود آورد در مورد این طبقات صدق می‌کند. اما، نوفه اولیه‌ای که برای این طبقات ارسال می‌شود، عمدتاً، به ارتعاشات کاپوت خودروها مربوط است که، به نوبه خود، بیشترین مقدار نسبی را دارا می‌باشد. با این وصف، ما با دو عامل متغیر مواجه هستیم که، یکی از آن‌ها می‌تواند اثر سوء دیگری را کاهش دهد و

این دو عامل در جمع، نوفه دریافت شده توسط هر طبقه را تعیین می‌کنند. یعنی، هر چقدر بالاتر برویم، نوفه ارسال شده اولیه بیشتر می‌شود منتها، فاصله بیشتری که بوجود می‌آید نیز افت بیشتری به صدای اولیه می‌دهد. بنابراین، اگر برج مورد نظر به اندازه کافی بلند باشد، ساکنین طبقات میانی آن بیشترین مقدار نوفه را دریافت خواهند کرد. معذالک مقدار این نوفه، معمولاً در حدی نیست که دیوارهای خارجی آن طبقات نتوانند جلوی آن را بگیرند. اما، مسأله صدابندی در اکثر پنجره‌هایی که من در این قبیل ساختمان‌ها مشاهده کرده‌ام یا اصلاً مدنظر نبوده و یا این که بهای کافی به اهمیت آن داده نشده چون، مقدار درزهای "ذاتی" یا باقیمانده در آن‌ها بسیار زیاد است.

نکته دیگری در مورد نوفه ترافیک وجود دارد که حایز اهمیت است ولی، در مراحل طراحی یک ساختمان، معمولاً، توجه انسان را به خود جلب نمی‌کند و آن به خیابان‌های کم عرض ولی شیب دار مربوط می‌شود. مقدار نوفه ترافیکی که در یک خیابان وجود دارد نسبتی مستقیم با عرض خیابان دارد چون، این عامل تعداد خودروهایی که می‌توانند در کنار یکدیگر حرکت کنند را تعیین می‌کند. بنابراین، خیابان‌های کم عرض نوفه ترافیک نسبتاً کمتری را بوجود می‌آورند و لذا، منبع نوفه مشکل آفرینی به حساب نمی‌آیند. اما، اگر چنین خیابانی شیب داشته باشد، وسایل نقلیه‌ای که از آن عبور می‌کنند و به ویژه کامیون‌ها مجبورند با دنده پایین حرکت کرده و بیش از حد معمول گاز بدهند و این موضوع نوفه تولید شده توسط آن‌ها را به مراتب افزایش می‌دهد. با این وصف، ساختمان‌هایی که در مجاورت این قبیل خیابان‌ها قرار دارند با نوفه قابل ملاحظه‌ای مواجه خواهند بود. این قضیه به نوفه بیکره‌ای که به ساختمان‌های مجاور سرایت می‌کند هم مربوط می‌شود.

۴. مهار کردن نوفه‌های الکترومغناطیسی

نوفه‌هایی که تاکنون مطرح کردم مستقیماً از امواج یا ارتعاشات آکوستیکی سرچشمه می‌گرفتند. منشأ دیگری که می‌تواند، صداهای ناخواسته‌ای را بوجود آورد به میدان‌های مغناطیسی مربوط می‌شود که در فضای ساختمان وجود دارند. وسایل شنودی که در داخل یک ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرند مثل سیستم تلفن، تجهیزات صدارسانی الکتروآکوستیکی در سالن‌های سخنرانی، وسایل شنودی ضبط و پخش صدا در سالن‌های تئاتر و تالارهای موسیقی و به ویژه کابل‌های ارتباطی آن‌ها با یکدیگر، حکم "آنتن" رادیو را دارند و لذا، میدان‌های

الکترومغناطیسی که در اطراف آن‌ها وجود دارند ولتاژهایی را در آن‌ها القا می‌کنند که ناخواسته‌اند و نوعی نوفه به حساب می‌آیند. این نوفه، در نهایت، از بلندگوها خارج شده و به صورت صدایی ناخواسته شنیده می‌شود. بنابراین، لازم است اقداماتی در جهت مهار کردن مقدار آن در حدی قابل قبول به عمل آید. یکی از این اقدامات، به طراحی سیستم ارتباطی این قبیل وسایل با یکدیگر مربوط می‌شود که باید با سایر نیازهای برقی سالن هماهنگ شود.

میدان‌های الکترومغناطیسی، که بانی این مسأله هستند، عمدتاً از وسایل و تجهیزات برقی‌ای که در اطراف محل وجود دارند سرچشمه می‌گیرند. مشکل اصلی نیز، معمولاً، از جانب ژنراتور و ترانسفورماتورهای برق ایجاد می‌شود. لذا، باید در نظر داشت که طرح فضاهایی که برای نصب کردن این قبیل تجهیزات منظور می‌شوند باید از نفوذ نوفه الکترومغناطیس آن‌ها به سایر فضاها جلوگیری به عمل آورد. در ضمن، واضح است که هر چقدر محل این قبیل تجهیزات از فضاهای حساس دورتر باشد، دردسر آن‌ها نیز نسبتاً کمتر خواهد بود. معذالک ساختمان بزرگی را به یاد دارم که اتاق ترانسفورماتورهای برق فشار قوی آن‌ها در داخل ساختمان و درست در زیر سالن تجهیزات الکترونیکی تلفنخانه آن طراحی و ساخته شده بود. طراحان اولیه این داستان ایتالیایی بودند و متخصصین ایرانی، تا آنجا که من در جریان کار بودم، فقط موفق شدند جلوی نصب کردن ترانسفورماتورها را بگیرند و قرار بود که آن‌ها را در مکانی خارج از ساختمان مستقر کنند. کف سالن ترانسفورماتورها از بتون مسلح نشیب و فرازدار ساخته شده بود تا این وسایل در جاهای پیش‌بینی شده پیچ و مهره شوند و کسی نمی‌دانست که چنین جسد باقی‌مانده‌ای را برای چه منظور دیگری مورد استفاده قرار دهد.

۱-۴- چاه زمین

مهار کردن نوفه‌های الکترومغناطیسی، که در یک سیستم شنودی القاء می‌شوند، به یک "مرجع" تثبیت شده برای ولتاژهای مختلفی که در سیستم تردد دارند، احتیاج دارد. این مرجع اصطلاحاً، "خط زمین" نام دارد و متشکل از یک رشته سیم کشی خاص است که یک سر آن به یک الکتروود بخصوص، که در ته یک چاه نصب شده است، وصل می‌گردد. این چاه، که چاه زمین نام دارد باید در محل مناسبی حفر گردد و ساختار الکتروود و سیم کشی آن نیز چیز است که، به طور واضح به

طراحی نیاز دارد.

۵-۱- صداسازی و شکل هندسی شنودسراها

پس از مهار کردن صدای کلیه نوفه‌هایی که از طرق مختلف به داخل سالن نفوذ می‌کنند، قدم بعدی اینست که خود صدای خواسته‌ای که در داخل سالن تولید می‌شود را با کم و کیفی قابل قبول به گوش کلیه شنوندگان برسانیم. این دو جنبه کمی و کیفی صدای می‌توان تا حدی از یکدیگر تفکیک کرد چون، قبل از این که بتوانیم کیفیت صدای مدنظر قرار دهیم، لازم است که خود آن از تراز صدای کمیته مناسب برخوردار باشد.

تأمین کردن تراز صدای کم و بیش یکسان برای کلیه شنوندگان به این معناست که تمام آن‌ها باید صدای مورد نظر را با بلندی تقریباً یکسانی دریافت کنند. پی آمدهای طراحی این نیاز برای یک سالن یا تئاتر، به عنوان مثال، تفاوت‌های حایز اهمیتی با یکدیگر دارند. در سینما، صدای مورد نظر، در اصل، از یک یا چند بلندگو پخش می‌شود که تراز صدای آن‌ها تا حد قابل ملاحظه‌ای در اختیار انسان است و لذا، فراهم کردن پوشش صوتی کافی برای نقاط مختلف سالن با توسل به روش‌های الکتروآکوستیکی، در واقع، بسط یا گسترش دادن همان روشی است که برای پخش صدای اصلی مورد نیاز می‌باشد. اما، در یک سالن تئاتر، منبع صدای خواسته را بازیگرانی تشکیل می‌دهند که توان صوتی محدودی دارند و در ضمن، محل استقرار ثابتی را هم نمی‌توان برای آن‌ها در نظر گرفت. بنابراین، انرژی همین صدای موجود باید با کمیتی قابل قبول بین شنوندگان پخش شود و این کاریست که تحت عنوان "صداسازی زنده" و عاری از کمک‌های الکتروآکوستیکی شناخته می‌شود. مهمترین عاملی که در این جهت نقش ایفاء می‌کند، کل یا فرم هندسی خود سالن است که باید در همان مراحل اولیه طراحی مورد توجه قرار گیرد. دلیل این موضوع اینست که انسان‌ها انرژی صوتی مربوط به گفتار را در اطراف خود پخش می‌کنند و هدف از یک فرم هندسی کارساز این است که این انرژی اولیه و پخش شده در جهات مختلف را به صورتی کم و بیش یکنواخت در جهت شنوندگان هدایت کند.

۵-۱- ملاحظات دیداری در شکل هندسی سالن

ملاحظات دیداری نیز در تعیین کردن شکل داخل سالن دخالت دارند. در یک سالن تئاتر، تماشاچیان را نمی‌توان در فواصل چندان زیادی از سن قرارداد چون، قادر به دیدن جزئیات موردنظر در روی

سن نخواهند بود. در ضمن، رساندن صدای صحنه به آن‌ها نیز به تدریج مشکل‌تر می‌شود. اما، یک سالن سینما می‌تواند با عمق بیشتری کارساز واقع شود چون، اندازه تصویر خیلی بزرگتر است. از طرف دیگر، در یک سالن سینما، تماشاچیان را باید حتی المقدور در مجاورت محور مرکزی پرده قرار داد چون، خود تصویر فقط حرکاتی دوبعدی را نشان می‌دهد و لذا، افزایش یافتن زاویه دید انسان نسبت به محور پرده، نابسامانی دیداری به مراتب بیشتری را به دنبال دارد. اما، سن تأثر حرکاتی سه بعدی را به نمایش می‌گذارد و لذا، انحراف زاویه‌ای نسبتاً بیشتری قابل تحمل است. خلاصه این که شکل این دو نوع سالن، احتیاج‌هایی کم و بیش متضاد دارند و بنابراین، وقتی یک سالن را برای هر دو کار طراحی می‌کنیم، فقط بخش‌های خاصی از صندلی‌های آن برای هر دو کار مناسب خواهند بود و باید تعداد این قبیل صندلی‌ها را به حداکثر ممکن برسانیم.

۲-۵- اتاق‌های فرمان نور و صدا در شنودسراها

وقتی معمارها سالنی را برای نمایش فیلم طراحی می‌کنند، وجود یک اتاق پروژکتور را، به صورت امری شناخته شده، در طرح خود منظور می‌کنند. اما، طرح‌های مربوط به سالن‌های تأثیری را دیده‌ام که اتاق فرمان نور یا صدا نداشته‌اند، چه رسد به این که سایر مسایل آکوستیکی در آن‌ها رعایت شده باشد. بنابراین، لازم است در این مورد هم قدری توضیح بدهیم.

بارزترین سالنی که دلیل وجودی اتاق‌های فرمان نور و صدا را روشن می‌کند، یک سالن دو منظوره تأثر و موسیقی است. نورپردازی لازم برای سن این سالن به وسایلی احتیاج دارد که بتوانند کم و کیف نور را در مقطع‌های زمانی مختلف از نمایشنامه‌های گوناگون کنترل کنند. هسته مرکزی این وسایل دستگاهی است که "میز نور" نام دارد و باید در محلی نصب شود که دید کامل و مناسب به سن و سایر فضا‌های حایز اهمیت سالن داشته باشد تا شخصی که فعالیت‌های نورپردازی را عهده‌دار است بتواند این عملیات را به درستی هدایت کند. این مکان "اتاق نور" نام دارد و برخی از وسایل نورپردازی دیگر نیز در همانجا نصب می‌شوند.

فعالیت‌های شنودی‌ای که ممکن است در چنین سالنی انجام شود را می‌توان، به طور کلی به دو گروه زیر تقسیم بندی کرد:

۱- پخش کردن صدا‌های متنوع و موردنظر در داخل سالن، مثل صدای رعد و برق و باران در برخی از نمایشنامه‌ها یا تقویت

کردن صدای موسیقی‌ای که در روی سن اجراء می‌شود. در سالن‌های تأثر خیلی بزرگ، تقویت و پخش صدای بازیگران هم الزامی می‌شود.

۲- ضبط کردن صدا‌هایی که در داخل سالن تولید می‌شوند برای مصارف آتی، ضبط کردن صدای موسیقی یا یک سخنرانی که سریعاً به ذهن می‌رسد ولی، گاهی اوقات صدای بازیگران یک نمایشنامه هم ضبط می‌شود تا بعداً مورد تجزیه و تحلیل تخصصی قرار گیرد.

جمعیت این فعالیت‌های صوتی به وسایلی نیاز دارد که هسته مرکزی آن‌ها "میز صدا" نام دارد. این میز هم باید، مثل همتای نوری خود، در اتاق مناسبی که دید کامل و مناسب به سن دارد نصب شود. منتها، تعداد وسایل شنودی دیگر که باید در همین "اتاق فرمان صدا" مستقر شوند، مثل ضبط صوت‌ها، خیلی بیشتر از وضعیت مشابه برای "اتاق فرمان نور" است. اضافه بر این، یک اتاق فرمان صدا باید از شرایط آکوستیکی داخلی مناسبی نیز برخوردار باشد چون، صدایی که ضبط می‌شود و یا صدایی که در داخل سالن پخش می‌شود بر اساس کیفیت صدایی که در داخل این اتاق شنیده می‌شود تنظیم می‌گردد.

در اغلب نمایشنامه‌ها، احتیاجات نوری و صوتی برنامه باید با یکدیگر همگام و هماهنگ شوند و تحقق یافتن این موضوع به عهده کارگردان نمایشنامه است. بنابراین، طرح مجموعه اتاق‌های فرمان نور و صدا باید به صورتی باشد که شخص کارگردان بتواند، در هر مقطع زمانی، فعالیت‌های دو فرد "نورپرداز" و "صداپرداز" را هماهنگ کند. در ضمن، فعل و انفعالات داخلی این دو اتاق طوریکه که ادغام کردن آن‌ها در یک اتاق برای دست اندرکاران آن‌ها مشکل بوجود می‌آورد. اما، در اکثر موارد، مستقر کردن پروژکتور نمایش فیلم در اتاق فرمان نور امکان‌پذیر است چون، فعالیت‌های نورپردازی و نمایش فیلم به ندرت با هم انجام می‌شود.

۶- شرایط آکوستیکی داخلی یک فضا

همان‌طوری که در بخش‌های قبلی این نوشتار توضیح دادم، شرایط آکوستیک داخلی یک فضا می‌تواند به صورت‌های مختلف نقش ایفاء کند. بنابراین، بهتر است ابتدا فعل و انفعالات صوتی‌ای که در داخل یک فضای بسته بوجود می‌آیند را اجمالاً توضیح دهم تا پیامدهای آن‌ها بهتر لمس شوند.

صدا‌هایی که به داخل یک فضای بسته نفوذ کرده یا در داخل آن تولید می‌شوند به صورت پی در پی از سطوح مختلف آن

منعکس می شوند و لذا، هر یک از شنوندگان، پس از دریافت صدای مستقیم، که در کوتاهترین مدت زمان ممکن، به گوشش می رسد، "قطاری" از انعکاس های پشت سر هم آن را دریافت می کند. بنابراین، چیزی که در عمل می شنود متشکل از صدای مستقیم به علاوه صدای دنباله مانندی است که در اثر این انعکاس های پی در پی بوجود می آید. این رویداد، پیامدهای متفاوتی دارد، که بر حسب مورد، از درجه اهمیت ویژه ای برخوردارند.

۱-۶- پژواک (Echo)

در ساده ترین شکل قضیه اگر فقط دو عدد از این صداهای پی در پی را در نظر بگیریم، واضح است که این دو با تأخیر زمانی خاصی نسبت به یکدیگر به گوش می رسند. مقدار این تأخیر به اختلاف موجود بین فواصل بستگی دارد که هر یک از آن دو موج صوتی در فضای موردنظر پیموده اند تا به گوش شنونده برسند. اگر این مقدار، از حدود یک بیستم ثانیه تجاوز کند، این امکان وجود خواهد داشت که شنونده آن دو صدای "همگون" را به صورتی منفصل و جدا از یکدیگر احساس کند. این پدیده یا حالت صوتی چیزیست که "پژواک" خوانده می شود و نباید با "واخنش" که در بخش بعدی مطرح خواهد شد، اشتباه شود. حالت صوتی ای که در هنگام داد زدن در دره کوهستان ها بوجود می آید از همین قماش است، با این فرق که در یک فضای محصور، تعداد انعکاس ها به مراتب بیشتر است. خلاصه این که پژواک یک پدیده ناخواسته در طرح های آکوستیکی به حساب می آید و از بین بردن آن در اولویت ملاحظات آکوستیکی داخلی قرار دارد. به علاوه بدنبال توضیحات قبلی، چنانچه اختلاف موجود بین فواصل پیموده شده توسط دو صدای پی در پی از حدود ۱۷ متر تجاوز کند، احتمال وقوع پژواک نیز بیشتر می شود و این وضعی است که در سالن های بزرگ، امکان پذیر است. یکی از مؤثرترین روش هایی که در مهار کردن این پدیده ناخواسته نقش ایفاء می کند، خنثی ساختن شرایط هندسی است که بالقوه پژواک سازند.

۲-۶- واخنش (Reverberation)

شدت انعکاس های متعدد و پی در پی ای که سطوح داخلی یک فضا به صدا اضافه می کنند. به تدریج کم می شود چون، در هر انعکاس، مقداری از انرژی صوتی موج توسط سطح منعکس کننده جذب می شود در نتیجه، دنباله ای متنازل به هر یک از اجزاء صدای اصلی اضافه می شود. حالا چنانچه اختلاف زمانی موجود بین هر

جفت مجاور از کلیه انعکاس هایی که این "دنباله" را بوجود آورده اند از حدود یک بیستم ثانیه کمتر باشد، شنوایی انسان کلیه آن ها را به صورت "جسبیده به هم" یا یکپارچه احساس خواهد کرد و این موضوع دو اثر متمایز در ذهن انسان باقی می گذارد. اثر اول اینست که هر یک از اجزای صدای اصلی "طول عمر" بیشتری پیدا می کنند و یا به عبارتی دیگر، برای مدت زمان بیشتری در فضای موردنظر دوام می آورند. اثر دوم اینست که بلندی صدای هر یک از این اجزاء و در نتیجه، بلندی کلی صدا نیز بیشتر می شود.

این "دنباله" که واخنش صدا نام دارد، چیزیست که خود فضا به صدای اصلی اضافه می کند و لذا، از این لحاظ، می توان آنرا پدیده ای تحمیل شده به صدا یا "اضافه بر سازمان" تلقی کرد و انتظار داشت که آثار سویی به دنبال داشته باشد. از طرف دیگر، زندگی کردن بشر در فضاهای بسته طی قرن های متوالی باعث شده است که پدیده واخنش را به عنوان بخش لاینفکی از صدا در این گونه فضاها احساس کند تا جایی که بشر امروز فضای بسته ای که در آن واخنشی وجود ندارد، مثل اتاق های صامت، را "غیر طبیعی" تلقی می کند و معتقد است که حالت صدا در چنین فضایی "مرده"، "بی روح" و یا خشک است. معذالک، همین بشر می پذیرد که سخنرانی کردن در یک حمام، که معمولاً، زمان واخنش زیادی دارد، بر قرار کردن ارتباط صوتی موردنظر را با مشکل مواجه می سازد چون، واخنش بیش از حدی که آن فضا به صدا اضافه می کند، اجزاء گفتار را در هم مخلوط می کند و به این صورت، وضوح آن کمتر شده یا از بین می رود. بنابراین، مقدار واخنش موجود در یک فضا، که توسط "زمان واخنش" آن یا طول عمر کارساز "دنباله" یاد شده در فضا سنجیده می شود. باید از یک حد مطلوب یا بهینه ای برخوردار باشد تا از یک طرف، شمردگی و وضوح صدا خدشه دار نشود و از طرف دیگر، بی روح و خشک به نظر نرسد. با این وصف، ساختار صوتی خود صدایی که در فضا پخش می شود نیز در تعیین این زمان واخنش بهینه نقش ایفاء می کند. اما چون ساختار صوتی یک صدای بخصوص، مثل گفتار، در بسامدهای مختلف فرق می کند بنابراین، شاخصی که باید ملاک عمل قرار داده شود "تمودار زمان واخنش" فضا در بسامدهای مختلف است. طول عمر مناسب برای دنباله ای که فضا به صدای اصلی اضافه می کند به بسامد اجزاء صدای مورد نظر نیز وابسته است. در ضمن، لازم است توضیح دهم که زمان واخنش یک فضا رابطه ای تقریباً مستقیم با حجم آن دارد و لذا، در سالن های بزرگ واخنش طویل المدتی که می تواند بوجود آید بالقوه مشکل ساز است.

ساختار یا ترکیب درونی این انعکاس ها عامل دیگر است که در کیفیت صدا اثر می گذارد. یعنی، طول عمر کارساز مجموع انعکاس ها و ترکیب درونی آن ها آثاری متفاوت بر روی صدا به جا می گذارند و با تنظیم کردن این قبیل خصوصیات، می توان وضعیت بهینه ای را برای شرایط کوستیک داخلی فضای مورد نظر تأمین کند. نتیجه عملی این ملاحظات اینست که تعیین کنیم به چه مقدار منعکس یا جذب کننده صوتی و با چه مشخصاتی و در چه نقاطی از سطوح داخلی فضا نیاز داریم. در ضمن، در نظر داشته باشید که یک هدف دیگر کار اینست که وضعیت مورد نظر را، با کیفیتی تقریباً یکسان، برای کلیه شنوندگان تأمین کنیم. قدری تأمل، روشن خواهد ساخت که شکل هندسی سالن نیز باید نقشی تعیین کننده در فراهم شدن این شرایط داشته باشد.

۱-۲-۶- ساختار صندلی های شنودسراها

همان طوری که در یک بخش قبلی عنوان شد، کم و کیف جذب کننده های صوتی موجود در سالن یکی از عواملی است که عملکرد آکوستیکی آن را تعیین می کند. انسان ها به طور کلی جذب کننده های صوتی نسبتاً خوبی برای اجزاء وسط و به ویژه زیر هر صدایی هستند. با این وصف، اگر این موضوع مورد توجه قرار نگیرد، پیامد قضیه این می شود که خصوصیات آکوستیکی سالن به تعداد تماشاچی حاضر در آن بستگی پیدا کند و این وضعیتی است که به طور واضح قابل قبول نیست. راه حل اساسی این مشکل در طرح آکوستیکی صندلی ها نهفته است. به عبارت دیگر، ساختار صندلی ها باید به نحوی باشد که در دو حالت اشغال بودن و نبودن تقریباً مثل یک انسان صدا را جذب کنند. تا آنجا که من اطلاع دارم، چنین صندلی آزمایش شده ای تاکنون در کشور ساخته نشده است. ولی، پس از سال ها پیگیری بالاخره توانسته ام کارفرمایی را قانع کنم تا هزینه لازم برای طراحی و ساخت چنین صندلی هایی را، با قیمتی کمتر از صندلی های ظاهراً مشابه ولی بدون مشخصات آکوستیکی، تأمین کند. قبل از این مرحله، سعی می کردم کارفرمای سالن را قانع کنم تا حداقل اندازه گیری کردن مشخصات آکوستیکی صندلی هایی که می خواهد بخرد را تأمین کند و فقط توانستم موافقت دو نفر از آن ها را جلب کنم. خاصیت این کار اینست که به انسان اجازه می دهد تا نواقص موجود در شرایط آکوستیک داخلی سالن، با استفاده از آن نوع صندلی بخصوص، را به حداقل ممکن برساند. قبل از این یک مرحله هم، مشخصات آکوستیکی صندلی های

سالنی که در دست طراحی داشتم را به صورت حدسی از اطلاعاتی که فرنگی ها منتشر کرده اند استخراج می کردم! ناگفته نماند که خیلی از کارفرماها همین مقدار "تخصص" را کافی می دانستند چون، خود ارقام منشاء فرنگی داشتند! اما، ناگفته نماند که مشخصات آکوستیکی یک صندلی وابستگی بسیار زیادی به مواد و مصالح تشکیل دهنده آن دارد و لذا، مشخصات یک صندلی، به احتمال زیاد، نمایانگر مشخصات آکوستیکی صندلی دیگری، که در ظاهر شباهت زیادی با آن دارد، نیست. برای آن که اهمیت کاربردی این موضوع بهتر لمس شود کافیت توضیح دهم که مقدار صداهای زیری که توسط انسان ها و هوای موجود در سالن های بزرگ جذب می شود آنقدر زیاد است که، در اکثر موارد، ما نباید جذب کننده مشابه و اضافه دیگری را وارد طرح آکوستیکی داخلی سالن کنیم. در طرف مقابل این را هم باید اضافه کنم که بسیاری از سالن های ما، به طور کلی، رنگ هیچ نوع عدد و رقم آکوستیکی ای را به خود ندیده اند، چه رسد به این که صندلی های آن ها بوی آکوستیکی به مشامشان رسیده باشد!

۳-۶- تضعیف نوفه از طریق شرایط آکوستیک داخلی

توضیحاتی که تاکنون داده ام به فضاهایی مربوط می شدند که صدای خواسته ای در داخل آن ها تولید می شود و لذا، خصوصیات واخش فضا را باید در جهت تأمین کردن کم و کیف لازم برای صدای مورد نظر تنظیم کرد. به عبارتی دیگر، واخش فضا باید برای آن صدای بخصوص بهینه سازی شود و لذا، نمی توان آن را به عنوان وسیله ای در جهت کاهش دادن تراز نوفه های موجود به کار گمارد. اما، وقتی صدای موجود بالقوه ناخواسته است مثل مهممه افراد در داخل سالن کتابخانه، کار طراحی، از این بابت، قدری راحت تر می شود چون، حالا می توان واخش فضا را در جهت کم کردن تراز صدای نوفه موجود مورد استفاده قرار داد. منتها، این کار هم محدودیت هایی را به همراه دارد که در بخش بعدی مطرح خواهند شد.

۱-۳-۶- شدت صدا در یک فضای بسته

شدت صدایی که در یک نقطه از یک فضای بسته بوجود می آید از دو قسمت مختلف تشکیل می شود. قسمت اول ناشی از صدایی است که به طور مستقیم از منبع صدا به گوش شنونده می رسد و "صدای مستقیم" نام دارد. قسمت دوم صدایی است که از حاصل جمع کلیه انعکاس هایی که در فضا بوجود آمده اند تشکیل شده



حد خیلی پایین تری نگاه داشته شود.

۶-۳-۲- طرح های آکوستیکی فضاهای اداری باز

یکی از نیازهای فضاهای اداری امروزه اینست که سالن های آن ها به صورتی طراحی شوند که قسمت های مختلف آن را بتوان با استفاده از پاراوان های قابل حمل از یکدیگر جداسازی کرد و لذا، دفاتر یا اتاق هایی که از این طریق بوجود می آیند قابل تغییر می باشند. این فکر، که مزایای اقتصادی زیادی به دنبال دارد، چیز است که تحت عنوان طرح فضای باز (Open Plan) شناخته می شود و مشکل اصلی آن به پیامدهای آکوستیکی ناشی از آن مربوط می شود.

فرض کنید که کلیه کارمندان در جایی که برایشان در نظر گرفته شده نشسته اند و در حدی که برای انجام وظایفشان لازم

است و "صدای واخشی" نام دارد. حالا، وقتی خود صدای مورد بحث ناخواسته است مثل همه افراد در یک سالن اداری، واضح است که شدت آن باید حتی المقدور کاهش داده شود. و این کاریست که سعی می شود در مورد هر دو صدای مستقیم و واخشی اعمال شود. اما، در بعضی از موارد، مثل همه حاکم در یک رستوران، کم کردن شدت صدای مستقیم تقریباً غیرممکن است و لذا، بار طراحی عمدتاً به دوش صدای واخشی می افتد. خوشبختانه، مدت زمانی که لازم است انسان ها در سالن یک رستوران حضور داشته باشند نسبتاً کم است و لذا، ناراحتی ایجاد شده توسط نوفه باقیمانده در فضا بالقوه کمتر است. اما، این موضوع در مورد یک سالن اداری صدق نمی کند چون، این قبیل فضاها محل کار افراد می باشند و بنابراین، نوفه باقیمانده در آن ها باید در

است در داخل یکی از دفاتر با یکدیگر صحبت می کنند. این پیش فرض زیر بنای کلیه فعالیت های طراحی بعدی را تشکیل می دهد و چنانچه در عمل تحقق پذیر نباشد، عملکرد صحیح طرح با شکست مواجه خواهد شد. دلیل توضیح دادن این نکته اینست که فرهنگ اداری فعلی ما تحقق یافتن چنین نظمی را مشکوک می سازد. در هر حال، هدف صوتی این طرح اینست که احساس بوجود آمده در هر یک از کارمندان، ناشی از نوفه ای که همه هم حاکم تولید می کند، از یک حد قابل قبولی تجاوز نکند. دقت کنید که گفتم "احساس بوجود آمده" و نه صدایی که به گوششان می رسد. دلیل این تأکید، عنقریب روشن خواهد شد. در وهله اول، باید از شدت صدای همه هم کاسته شود. خود پاراوان ها می توانند تا حدی شدت صداهای مستقیم را کاهش دهند ولی، در نظر داشته باشید که صدا می تواند از بالا و اطراف آن ها به دفاتر مجاور نفوذ کند. با این وصف، بالا بردن بازدهی پاراوان ها موضوعی است که به طرح آکوستیکی آن ها مربوط می شود. کاهش دادن شدت صدای واخشی، علی الاصول، به کم کردن زمان واخشی سالن مورد نظر مربوط می شود اما این کار حد و حدودی دارد چون مخارج پایین آوردن زمان واخشی یک فضا به صورتی تصاعدی بالا می رود و از طرف دیگر، اگر زمان واخشی یک فضا را بیش از حد کاهش دهیم، حالتی "مرده" و غیرطبیعی در چشم انداز (Perspective) آکوستیکی آن فضا بوجود خواهد آمد. با این وصف، مقدار کاهشی که می توان در شدت هر دو صدای مستقیم و واخشی بوجود آورد محدود است و در بسیاری از موارد و به ویژه در سالن های بزرگ مقدار آن در حدی نیست که احساس بوجود آمده در افراد را قابل قبول سازد. به این دلیل، اقدام دیگری نیز مورد نیاز خواهد بود.

۶-۳-۳- جهش دادن آستانه شنوایی افراد

به طور کلی، توانایی انسان در شنیدن یک صدای به خصوص، به تراز صداهای دیگری که در محیط وجود دارد بستگی دارد. اگر این "صداهای دیگر" ناخوشایند نباشند، معنا این می شود که وجود آن ها می تواند مانع از شنیده شدن یک صدای به خصوص شود بدون این که خود آن ها به صورتی مشخص، ناخوشایند جلوه کنند. به عنوان مثال، وقتی یک انسان در کنار یک پنکه صحبت می کند، شنیدن صدای او مشکل می شود. اما، وقتی پنکه را خاموش می کنیم، متوجه می شویم، که صدای او را خیلی بهتر می شنویم. وجود صدای پنکه باعث می شود که حساسیت

سیستم شنوایی ما کمتر شود و یا به اصطلاح آکوستیکی: آستانه شنوایی ما جهش پیدا کند. وقتی پنکه خاموش می شود آستانه شنوایی و لذا، حساسیت سیستم شنوایی به سر جای اول خودش بر می گردد و بنابراین، صدای موردنظر بهتر شنیده می شود. خلاصه این که، صدای پنکه گوش ما را "سنگین" می سازد و مشروط بر این که این سنگینی یا فقدان حساسیت جنبه ای موقتی و برگشت پذیر داشته باشد، اشکالی برای خود سیستم شنوایی بوجود نمی آید. جهش موقتی در آستانه شنوایی چیز است که روزمره اتفاق می افتد و نوعی عکس العمل تدافعی برای سیستم شنوایی به شمار می آید.

حالا، بگذارید این قضیه را به وضعیت حاکم در یک سالن اداری ربط دهیم. صدای ناخواسته ای که در آنجا وجود دارد ناشی از همه هم کارمندان است. اگر ما صدای دیگری را از طریق یکسری بلندگو در داخل آن سالن پخش کنیم، جهش دادن به آستانه شنوایی کارمندان امکان پذیر می شود. مقدار این جهش باید در حدی باشد که تراز صدای همه هم موجود را زیر آستانه ببرد و از شنیده شدن آن جلوگیری به عمل آورد. بنابراین، هر چه قدر تراز صدای همه هم حاکم بیشتر باشد، مقدار جهشی که مورد نیاز خواهد بود نیز بیشتر است. اما، مقدار این جهش را نمی توان از حد و حدود خاصی افزایش داد چون احتمال وقوع ناراحتی در سیستم شنوایی را بوجود می آورد با این وصف، روشن است که برقرار کردن تعادلی مناسب بین مقدار کاهشی که می توان، از طریق تنظیم کردن شرایط آکوستیک داخلی سالن، در تراز صدای خود همه هم بوجود آورد و مقدار جهش آستانه ای که به راحتی قابل قبول می باشد، امریست که به جزئیات طراحی و به ویژه اندازه سالن موردنظر مربوط می شود. سئوالی که باقی می ماند اینست که تکلیف خود صدای جهش دهنده چه می شود؟ مگر کارمندان آن را نمی شنوند؟ جواب کلی اینست که صدایی نظیر باد یا صدای آب معمولاً توجه انسان را به خود جلب نمی کند و لذا، ناخواسته به حساب نمی آیند و بنابراین، اگر صدای جهش دهنده چنین حالتی داشته باشد، این مشکل هم مرتفع می گردد.

این قبیل طرح های آکوستیکی فضای باز، ده ها سال است که در ساختمان های اداری کشورهای صنعتی جهان با موفقیت به مرحله اجراء گذاشته شده اند و مشکلی نیز برای کارمندان بوجود نیآورده اند. منتهی همان طوری قبلاً اشاره کردم شرط موفقیت آن ها وجود یک فرهنگ منضبط است.

۷. صدارسانی مصنوعی یا الکتروآکوستیکی در یک

سالن

تأمین کردن تراز صدای کم و بیش یکسان برای کلیه شنوندگان در یک سالن به این معناست که تمام آن‌ها باید صدای موردنظر را با بلندی تقریباً یکسانی دریافت کنند. فراهم ساختن این وضع، کاریست که انسان سعی می‌کند حتی المقدور، از طریق تنظیم کردن فرم هندسی و شرایط آکوستیکی داخلی مناسب بوجود آورد چون، نتیجه‌ای که از این طریق به دست می‌آید با عملکرد "طبیعی" فضای مورد نظر سازگار است و لذا، از پایداری و طول عمر مفید زیادی برخوردار است و در ضمن، به تعمیرات و نگهداری چندانی هم نیاز ندارد. این نوع طراحی تحت عنوان صدارسانی "طبیعی" یا "زنده" و عاری از کمک‌های الکتروآکوستیکی شناخته می‌شود. مع ذلک امکان‌پذیر بودن این قبیل طرح‌ها به تعداد شنوندگان بستگی دارد چون، توان صوتی‌ای که یک سخنران، ساز موسیقی یا بازیگر تأثر می‌تواند تولید کند محدود است و لذا، هر چقدر تعداد شنوندگان بیشتر شود سهم کمتری از این انرژی اولیه می‌تواند عاید هر یک از آن‌ها بشود. گنجایش پیش‌بینی شده برای بعضی از سالن‌ها در حدیست که چنین وضعی را بوجود می‌آورد. با این وصف، یکی از دو راه را برای حل این قضیه در پیش رو داریم. یا باید سالن را طوری طراحی کنیم که فقط بخش خاصی از صندلی‌های آن وضعیت مطلوب را دارا باشند و یا این که فقدان بلندی صدا در نقاط "کور" سالن را با توسل به طرح‌های صدارسانی الکتروآکوستیکی جبران کنیم.

توانایی جبران کردن ضعف صدا در حوزه‌های خاصی از یک سالن این نتیجه را به دنبال دارد که این طرح‌ها باید توانایی صدارسانی تمام و کمال به تمام نقاط سالن را نیز داشته باشند، که همین طور هم هست. مثلاً، در یک سالن سینما، ما مجبوریم صدای فیلمنامه را به صورتی الکتروآکوستیکی در سالن پخش کنیم چون، طبیعت قضیه راهی جز این باقی نمی‌گذارد. از این رو، بسیاری از معمارها به این باور رسیده‌اند که توانایی‌های فنی فعلی مشکل طرح آکوستیکی "زنده" شنودسراها، یا دست کم، سالن‌های سخنرانی، را حل کرده است و آن‌ها می‌توانند به نحو دلخواه خودشان سالن را طراحی کنند. بنابراین، اکثر طرح‌هایی که به من رجوع می‌شوند در مراحل "طریف‌کاری" ساختمانی هستند و کارفرما، انتظار دارد که سالن مربوطه، به اصطلاح رایج، "آکوستیکی" شود. ذهنیت ابتدا به ساکن اکثر آن‌ها هم این است که من، به صورتی احساسی، تعداد

و محل نصب بلندگوهای مورد نظر و سایر تجهیزات لازم را طی یکی دو جلسه گفتگو، البته با صرف چای و سایر تشریفات معمول، اعلام خواهم کرد!

نظر تخصصی دیگری که باید در این جلسات ارایه دهم نیز به صلاحیت آکوستیکی پوشش‌هایی که خود آن‌ها برای سطوح داخلی فضا انتخاب کرده‌اند محدود می‌شود. با توجه به مطالبی که در بخش‌های قبلی این مقاله عنوان کردم، فکر می‌کنم به این نتیجه برسد که، در اکثر این موارد، مشاوره تخصصی من امید رسیدن به جلسه دوم را منتفی سازد، که همین طور بوده است! منتهی، در یکی دو سال اخیر، قدری بهتر شده. معذالک، افرادی وجود دارند که بر اساس ضرب‌المثل: "سری که درد نمی‌کند را دستمال نبند" به خواسته‌های این قبیل کارفرماها جواب مثبت می‌دهند و تراوشات احساسی خودشان را تحت عنوان "طرح‌های آکوستیکی" و "منطبق با استانداردهای بین‌المللی" به آقایان می‌قبولانند چون، ظاهر طرح‌های الکتروآکوستیکی چنین امکانی را فراهم می‌سازد. امیدوارم این جملات من به رگ غیرت این قبیل آقایان برخورد و در آسایش ذهنی‌ای که این نوشتار را می‌خوانند، اثر روش تصمیم‌گیری‌های خودشان را بررسی کنند. چون، اشکال کار از خود آن‌هاست و دارند امکانات مالی کشور را به هدر می‌دهند. آن افراد فرصت طلب فقط می‌توانند به خواسته‌های خود شما جامه عمل ببوشانند چون، به دنبال فرصت می‌گردند و نه دردسر. البته، این را هم باید اضافه کنم که روال کار ساختمان‌سازی در کشور در زمینه مسایل آکوستیک ساختمانی و به ویژه آن قسمت‌هایی از آن که به امور مهندسی مشاور در سازمان برنامه و بودجه مربوط می‌شود، بلا تکلیفی و حتی می‌شود گفت جو بازدارنده و غیرمشوقی برای مهندسی مشاور در امر پرداختن به مسایل آکوستیکی ساختمان‌ها بوجود آورده است. این موضوع نیز باعث شده تا افرادی که لازم نیست جوابگو و مسئول کار باشند بتوانند وارد میدان شوند.

در هر حال، راه و رسم این قبیل طرح‌های الکتروآکوستیکی "مشکل‌گشا" در سالن‌هایی که باید "آکوستیکی" شوند این است که ابتدا توانایی‌های طبیعی خود سالن را در بوجود آوردن انعکاس‌های صوتی قابل ملاحظه خنثی سازیم. این کار باید توسط جذب‌کننده‌هایی انجام شود که پرهزینه هستند. در غیر این صورت، مشخصات آکوستیکی خود سالن باید محاسبه یا اندازه‌گیری شود تا بتوانیم وضعیت موجود آن را به عنوان پیش‌نیاز لازم برای محاسبات الکتروآکوستیکی مبنای کار قرار دهیم. با توجه به این

که چنین سالن‌هایی، معمولاً، نواقص و مشکلات اساسی دارند، این روش کاری نیز، به نوبه خود، باعث می‌شود تا هزینه‌های طراحی، اندازه‌گیری و محاسباتی بالا بروند. در هر یک از این دو حالت تعداد بلندگوها و تجهیزات پشتوانه آن‌ها، که باید از کیفیت قابل قبولی برخوردار باشند، معمولاً زیاد است و این موضوع هم قیمت تمام شده کار را افزایش می‌دهد. سیستم نصب شده‌ای که در عاقبت کار باقی می‌ماند به تعمیرات و نگهداری نیاز دارد و لذا، هر چقدر پیچیدگی آن بیشتر باشد، مخارج درازمدت آن بیشتر خواهد بود. نکته جالب اینجاست که علی‌رغم این گونه هزینه‌های اضافه، حتی طرح‌های کاملاً الکتروآکوستیکی خوب هم نمی‌توانند کیفیت همتهای عمدتاً طبیعی خود را تحویل دهند. بنابراین، عقل حکم می‌کند که انسان به دنبال طرح‌های صدارسانی طبیعی بوده و فقط در شرایط ناچاری، کمبودهای موجود و شناخته شده را با توسل به یک سیستم الکتروآکوستیکی نسبتاً کوچک جبران کند. شرط اصلی برای موفق بودن این قبیل طرح‌ها اینست که کلیه شنوندگان بتوانند منبع صدای اصلی را از طرف محل سخنران احساس کنند در غیر این صورت، صدایی که به گوش شنونده می‌رسد حالتی غیرطبیعی خواهد داشت. اگر در نظر داشته باشید که تعدادی بلندگو در نقاط مختلفی از سالن عهده‌دار این مسئولیت صدارسانی هستند، متوجه خواهید شد که چنانچه پیش‌بینی و طرح‌های لازم اعمال نشوند، افرادی که در مجاورت این گونه بلندگوها نشسته‌اند صدای سخنران را از سمت این بلندگو احساس خواهند کرد و نه از طرف محلی که خود سخنران قرار گرفته است. نکته‌ای که باید مورد توجه قرار گیرد اینست که این گونه طرح‌هایی صدارسانی مصنوعی جزء جدایی‌ناپذیر از طرح آکوستیکی داخلی سالن می‌باشند و دلیل وجودی آن‌ها رفع کمبودها و محدودیت‌های موجود در طرح‌های آکوستیکی سالن است. با این وصف، اولاً، انسان سعی می‌کند تا این محدودیت‌ها را به حداقل ممکن برساند و ثانیاً فعالیت‌های طراحی آن‌ها را باید بعد از روشن شدن جزئیات طرح‌های صدارسانی طبیعی یا آکوستیکی سالن به مرحله اجرا گذاشت.

۷-۱- روش‌های ترجمه‌رسانی در یک سالن

بعضی از سالن‌ها باید به نحوی طراحی شوند که شنوندگان بتوانند ترجمه گفتار یک سخنران را به یکی از چند زبان مختلف دریافت کنند. این نیاز، به طور واضح، به چند اتاق برای خود مترجمین احتیاج خواهد داشت که طرح آکوستیکی آن‌ها باید مورد توجه

قرار گیرد. چون، صدای مترجمین از داخل این اتاق‌ها سرچشمه می‌گیرد و چنانچه آکوستیک داخلی آن‌ها مناسب نباشد، وضوح صدایی که شنوندگان دریافت می‌کنند خدشه‌دار خواهد شد. اما، مسئله اصلی به نحوه رساندن صدای مترجمین به شنوندگان مربوط می‌شود. ساده‌ترین راه اینست که صدرا از طریق یک سری سیم‌کشی خاص به تک تک شنوندگان برسانیم. روش‌هایی به اصطلاح، "القایی" (Inductive) نیز وجود دارند که حجم سیم‌کشی مورد نیاز را تا حدی کاهش می‌دهند. منتها، واضح است که وجود هر نوع سیم‌کشی این پیامد را خواهد داشت که شنوندگان باید در صندلی‌هایی مستقر باشند که محل آن‌ها از قبل تعیین گشته است. این موضوع در مورد یک سالن سخنرانی "معمولی" صدق می‌کند چون، محل صندلی‌ها تغییر داده نمی‌شود. اما، اگر سالن موردنظر برای تشکیل کنفرانس‌های بزرگ "گروهی" در نظر گرفته شده باشد، طرح مسئله فرق خواهد کرد. در این قبیل سالن‌ها، هدف اینست که گروه‌ها یا هیأت‌های مختلفی، که در قسمت‌های گوناگون سالن نشسته‌اند، بتوانند با یکدیگر ارتباط صوتی برقرار کنند. یعنی، نه تنها امکان سخنرانی کردن از نقاط مختلف سالن باید فراهم باشد بلکه، اضافه کردن میزهای کنفرانس و تغییر دادن محل صندلی‌ها نیز مورد نیاز است. حالا، حتی اگر عمل ترجمه‌رسانی در چنین سالنی لازم نباشد، پخش کردن صدای افرادی که از نقاط مختلف سالن سخنرانی می‌کنند از بلندگوهای سالن، به سیم‌کشی خاصی احتیاج خواهد داشت. حجم این نوع سیم‌کشی تا جایی قابل قبول و مقرون به صرفه خواهد بود که انسان بتواند محل سخنرانان را حتی المقدور محدود سازد در غیر این صورت بهتر است که عمل گفتاررسانی از طریق یک سیستم رادیویی یا بی‌سیم داخلی انجام شود. یعنی، سخنرانان و در صورت الزامی بودن ترجمه‌رسانی، شنوندگان حاضر در سالن نیز صدرا، به ترتیب، از طریق فرستنده و گیرنده‌های رادیویی مناسب دریافت کنند. مشکلی که در این قبیل شرایط مزید بر علت می‌شود وقتی نمایان می‌گردد که خود کنفرانس‌ها جنبه‌ای محرمانه دارند چون، امواج رادیویی که در داخل سالن تولید می‌شوند به فضاهای خارجی آن نیز نفوذ کرده و لذا، بالقوه، قابل دریافت خواهند بود. این مشکل هم، به نوبه خود راه حل دارد که در غیر قابل نفوذ کردن جدارهای سالن در مقابل امواج رادیویی خلاصه می‌شود منتها، واضح است که این گونه طرح‌ها هزینه نسبتاً بالایی را به دنبال خواهند داشت. نکته‌ای که از این توضیحات عاید می‌شود اینست که مسیر طراحی به عملکرد مورد نیاز سالن بستگی دارد.