



رامشگران

قسمتی از یک مینیاتور ایرانی منسوب بقرن شانزدهم میلادی

در این شماره مقالاتی از :

دکتر مهدی برکشلی

روح‌الله خالقی

دکتر مهدی فروغ

حسین ناصحی

سیروس ذکاء

پوران عضدی

علیقلی اعتماد مقدم

دکتر امیرحسین جهانگیرلو

پرویز منصوری

۲- ح. امانی

دکتر زهاکوپیان

از انتشارات اداره کل هنرهای زیبای کشور

مجله موسیقی



مندرجات

صفحه

۶	تحقیقات علمی درباره آکوستیک تاترهای قدیم
۲۰	موسیقی در ایران و چین
۲۴	یک نوشته قدیمی درباره ضرب‌های موسیقی ایرانی
۲۷	ریتم در موسیقی ایران
۳۳	موسیقی هند
۴۴	چند مطلب ناگفته از دو کتاب جدید درباره «بتهون»
۵۰	فورم موسیقی
۵۴	چگونه موسیقی را دریابیم
۵۶	هنرستان موسیقی ملی
۵۹	ترانه‌های عامیانه ایران از نظر ضرب‌های رقص
۶۲	چنگ («هارپ»)
۶۶	«توالیت»
۷۱	بازهم درباره «موسیقی ذاتی»
۷۴	جنبه اجتماعی موسیقی
۸۰	آلات موسیقی قدیم ایران
۹۰	آکوستیک «بدون فورمول»
۹۷	اخبار و اطلاعات
۹۹	دنیای موسیقی
۱۰۱	ماه‌آور

تحقیقات علمی درباره آکوستیک تأثرهای قدیم

از دکتر مهدی برکشلی
استاد دانشگاه

امروزه که آکوستیک ساختمانی اهمیت یافته و پیشرفت فراوان کرده است. بمطالعه آکوستیک ساختمانی قدیم توجه زیاد میشود و برای کشف «خوبی آکوستیک» آنها تحقیقات فراوان انجام میگردد. از آن جمله در «درمکر تحقیقات علمی فرانسه» قسمتی وجود دارد که تأثرهای قدیمی رومی فرانسه را مانند «آرل» (Arle)، «اورانژ» (Orange) و «وزن» (Vaison) و تأثرهای قدیمی «لیون» بمنظور کشف قوانینی که قدما برای خوبی آکوستیک بکار میبردند مورد مطالعه علمی قرار میدهد و حتی وزارت فرهنگ فرانسه همه ساله از نظر شناساندن این بینه تاریخی و کشف اسرار سنن ملی اعتبار کافی برای ادامه تحقیق در اختیار این قسمت میکند. در اهمیت این موضوع همین بس که در کنگره بین المللی آکوستیک ساختمانی ۱۹۵۱ که در آن متجاوز از سی دولت و دو بیست نفر فیزیک دان و مهندس آکوستیک ساختمانی شرکت داشتند قسمت جالبی از برنامه آن بازدید این تأثرها و آگاهی از نتایج تحقیقات درباره آکوستیک آنها بود.

آقای دکتر برکشلی که خود در تحقیقات فوق شرکت داشته و با عضویت کنگره مزبور از نزدیک شاهد خوبی آکوستیک این تأثرها بوده اند نکات فنی را که معماران قدیم برای «خوبی آکوستیک» بکار میبردند و هم چنین مختصری از تحقیقاتی را که در این زمینه انجام شده است در این مقاله شرح میدهند.

از زمانی که درباره معماری کتاب نوشته شده است تعریف

های بیشماری درباره آن ایراد کرده اند که میتوان بدو مفهوم نزدیک نمود:

مفهوم اول: احتیاجات زندگی را در نظر میگیرد: معماری

عبارت است از ایجاد حجمهایی برای زندگی انسان. این مفهوم فن و تکنیک همراه

معماری فن است
یا هنر؟

دازد . چنانکه « ویتروو » (Vitruve) يك قرن قبل از ميلاد معماری را مجموعه ای از فنون میداننده که ایجاد این شش عامل را میسر سازد :

« تنظیم » (L'ordonnance) که مقصود از آن ترتیب و ترکیب عمومی ساختمان است .

« تقطیع » (La disposition) تعیین اجزا و اشکال حجمهای مختلف ساختمان و تهیه نقشه ها و هم چنین نمایش منظره ای آنست .

« تلفیق » (L'eurythmie) ایجاد آرمنی ساختمان است .
« تقارن » (La symétrie) تعیین توافق متدیک مقیاسها و اندازه های

مختلف ساختمان نسبت بهم .

« تناسب » (La convenance) تعیین جای مناسب هر قسمت و عمل صحیح آنست .

« توزیع » (La distribution) یعنی تنظیم مناسب فضا و مکان و مصالح ساختمان تحت تابعیت منابع محلی و اعتبارات موجود .

مفهوم فوق امروز هم در دستوری که « لکوربوزیه » (Le Corbusier) معمار معروف عصر حاضر برای تعریف خانه بیان میکند : « خانه ماشین سکنی است » نیز مصداق دارد . یعنی همچنانکه مهندس مکانیک لکوموتیور را تابع احتیاجات درخواست شده میسازد معمار هم تابع نوع احتیاجات سکنی ساختمان را برپا میکند .

مفهوم دوم معماری با شروع تمدن قرون وسطائی ایجاد میشود و آن عبارت است از مفهوم هنری معماری . یعنی معماری علاوه بر فن هنر محسوب میشود . معماری هنر حجمها است و معمار هنرمندی است که با ترکیب حجم های گوناگون قطعات زیبا بوجود میآورد . همچنانکه آهنگ ساز با ترکیب صدا ها نغمات دلپذیر ایجاد میکند و هنر نمائی خود را در آن نشان میدهد . رشته معماری در دانشکده های هنر های زیبا برای ایجاد منظور فوق تأسیس شده است که معمار را نخست يك هنرمند تربیت کند . این دو مفهوم با هم مغایر نیستند و برخلاف نظریه بعضی که کمال هنر را در « بی منظوری » میدانند - « اسکار وایلد » (Oscar Wilde) جزء این دسته است و عقیده دارد برای هنر فایده مشخصی نمیتوان منظور داشت - نمونه های بسیاری از توافق این دو مفهوم میتوان جستجو نمود . از آن جمله اند تأثرهای قدیم که در آن نکات فنی از نظر رفع احتیاجات بنحو احسن مراعات شده است و در عین حال از نظر زیبایی شناسی بمرحله کمال رسیده اند .

یکی از احتیاجات تأثر عامل « خوبی آکوستیک » آن است و فن معماری در تأثرهای قدیم تکامل خود را در این مورد بخوبی نمایان میسازد و آکوستیک این تأثرها بسیار قابل ملاحظه است .

تاریخ تآثرهای قدیم بترازدی یونان و رم که از حالت

مذهبی خود کم جدا میشود بستگی دارد. از زمانهای قدیم دراوانی که بشر چادر نشین بوده است افراد قبیله شب هنگام گرد کانون آتش برای استفاده از روشنائی و گرما حلقه میزدند و گفته های نقال و جادوگر خود را

مختصری از تاریخ و شکل تآثرهای قدیم

گوش میدادند. ردیف های اول مینشستند و ردیف های دیگر میایستادند. در این-گونه « دوره ها » بوده است که رقص های جادویی ایجاد گشته است. عده هر قبیله شاید از چند ده نفر تجاوز نمیکرد ولی بعد ها که قبائل چادر نشین را ترك کرده و شهر نشینی گزیده اند با ازویاد نفرات دوره ها رو بتکامل رفته و احتیاجات زیاد میشود، تمدن های مختلف ایجاد میگردد و مذهب جای سحر و جادو را میگیرد. رئیس مذهبی بجای نقال و جادوگر دوره ها را اداره میکند و « آملفی تآثر » ایجاد میگردد. معروف است است که اولین « آملفی تآثر » ده قرن پیش از میلاد در « کرت » (Crète) ساخته شده است.

تثبیت شکل قطعی تآثر معلوم نیست ولی میتوان آن را بشش قرن قبل از میلاد رسانید. از این تاریخ ساختمان تآثر در دامنه تپه ها شروع میگردد.

تآثرهای نخستین دایره ای شکل بوده و از چوب ساخته میشده است. « جایگاه ها و بله ها » (Cavea) نیز نیم دایره ای بوده و بوسیله يك پرده بسته میشده است که هنرپیشگان پشت آن لباس میپوشیدند و جلوی آن بازی میکردند.

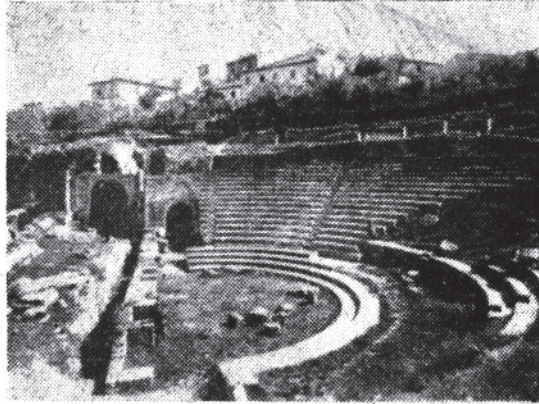
قسمت سطح و مرکزی تآثر (Orchestra) جایگاه خوانندگان دسته جمعی بوده است که در تراژدی های قدیم رل عمده را داشته اند و بوسیله آواز های خود مظهر احساسات شنوندگان بوده اند و هنرپیشگان که شماره شان از دو یا سه تجاوز نمیکرد با این خوانندگان مکالمه آهنگی میکردند و با تغییر ماسک تغییر رل می دادند.

در این گونه تآثرهای چوبی بوده است که آناز « اشیل » (Eschyle) و « سوفوکل » (Sophocle) و « اوریبید » (Euripide) نمایش داده شده است.

در حدود اواسط قرن چهارم قبل از میلاد تآثرهای سنگی بر پا کردند که اغلب در دامنه تپه ها ساخته میشد و قسمت های مختلف آن در شکل زیر تآثر « فیزول » (Fiesole) نموده شده است :

« بله ها » بشکل نیم دایره و با شیبی در حدود $\frac{1}{4}$ تا $\frac{11}{16}$ بالا میرفته و

در طبقه آخر بنرفه هایی منتهی میشده است.



تأثر فیزول که در کنار تپه ساخته شده است . بله‌ها، ارکسترا، دیوار جلو سن ، سن و کنارهای سن بخوبی در آن نمودار است .

«سن» ساختمان طولیل و کم عرضی بوده است که تاد و طبقه میرسیده و بدیوار سن منتهی میگشته است . «دیوارسن» رو بداخل دارای سردابه هائی بوده است که برای بازی کردن صحنه های داخلی بکارمیرفته . در بعضی تأثرهادیوارسن وجود نداشته است مانند تأثر «تامورمین» قبل از تغییری که رومیها بآن داده‌اند و سن در حکم سکوی بزرگی بوده است که روی آن بازی میکردند . «کنارهای سن» (Parascenia) و ساختمان عمود بر سن است که در دو انتهای طول سن میساختند و بوسیله دالانهای فراخی با طاقهای بزرگی بازمیشده است و برای پذیرائی‌های رسمی پیش از شروع نمایش بکارمیرفته است .

«جلوی سن» (Proscenium) قسمت اصلی و محوطه جلوی سن است واقع بین دو عمارت کنار سن که هنر پیشگان روی آن بازی میکردند . ارتفاع آن نخست ۳ تا ۴ متر بوده ولی تا یکقرن قبل از میلاد به ۱/۲۰ متر تا ۱/۵۰ متر رسیده است . در زمان یونانیها «جلوی سن» بسیار باریک ساخته میشده است . زیرا نقش عمده با خوانندگان بوده که در «ارکسترا» قرار میگرفتند و اهمیت سن کمتر بوده است ولی در زمان رومیها که ازا اهمیت آواز دسته جمعی در تأثر کاسته میشود «جلوی سن» وسیع تر میگردد .

«دیوار جلوی سن» (Pulpitum) از قسمتهای نیم استوانه‌ای یا مربع شکل و یا بتناوب نیم استوانه و مربع شکل ساخته میشده است .

«دالان های سن» (Paradoi) دودالان طرفین سن است .

مجموعه کناره‌های سن ، جلوی سن ، دیوار جلوی سن و دیوار عقب سن تشکیل واحد مستقلی را میداده است که از قسمت اصلی تأثیر یعنی ارکسترا و پله‌ها بوسیله دودالان طرفین جدا می‌باشد . این دالانها در بعضی تأثیرها بسیار عریض است . کمترین عرض آن مثلا در تأثیر هر کول ۲/۷ متر است . بعد ها روی دالانها را طاق زده اند و باین وسیله تمام تأثیر در حکم قطعه ساختمان واحدی بهم متصل شده است . خوانندگان بوسیله این دالانها وارد ارکسترا میشوند .



تأثیر تا مورمین که نخست دیوار عقب سن نداشته ولی بعداً بوسیله رومیها ساخته شده است .

«ویتروو» نخستین معمار نویسنده است که يك قرن قبل از میلاد میزیسته و کتاب مفصلی در معماری نگاشته و به «اگوست» هدید کرده است . در این کتاب شرح مبسوطی راجع بنقشه های تأثیرهای قدیمی میدهد :

«یونانیها دائرة ارکسترا را بدوازده قسمت مساوی تقسیم نموده و نقاط تقسیم را چهاربهار بهم وصل میکردند تا سه مربع محاطی ایجاد شود . ضلع یکی از مربع ها را کنار سن میگرفتند . رومیها نقاط تقسیم را پنج به پنج وصل میکردند تا چهارمثلث متساوی الاضلاع محاطی تشکیل شود و ضلع یکی از مثلث ها را کنار سن میگرفتند »

در حدود يك قرن پس از فتح یونان بوسیله رم ساختن تأثیرهای قدیم باوج تکامل رسید . در این اوان است که حسن تناسب و ظرافت کاری یونانیها با قدرت و عظمت کاررومی مخلوط میشود و از آمیخته آنها تأثیرهای تاریخی باشکوه ایجاد میگردد . باین معنی که طی هشت قرن تجربه معماران یونان فنون و هنر لازم را برای ایجاد دو مفهوم که در تعریف معماری بیان شد یعنی مفهوم رفیع احتیاج و مفهوم

زیبایی ایجاد کرده؛ و رومیها تجربیات آنها را با قدرت سازندگی خود بدرجه کمال رسانیدند و آثارهای «مارسلوس» (Marcellus) و «تاورمین» (Taormine) در ایطالیای و آثارهای «آرل» و «اورانژ» و «وزن» در «پروانس» (فرانسه) و آثار «جمیله» در افریقای شمالی و حتی «سن آلبان» (Saint - Albans) در انگلستان ایجاد کردند.

در هر تأثر مسئله خوب دیدن و خوب شنیدن از احتیاجات

اولیه است. مسئله خوب شنیدن یعنی آکوستیک ساختمان

عوامل خوبی آکوستیک در تأثر
مورد توجه متخصصین رشته های مختلف است معمار، «دکوراتور»، فیزیک دان، موسیقی دان، اعضای ارکستر و شنوندگان و حتی باستان شناسان بعل این مسئله علاقه مندند.

تأثر وقتی دازای آکوستیک خوبست که شنونده در هر جای آن باشد بدون اشکال سخنان هنرپیشه را مطبوع و صحیح بشنود و این امر بستگی بدو عامل دارد: اول شدت صدای پخش شده و دیگر فقدان صدا های طفیلی که بصدای اصلی اضافه میشود. شدت صدای پخش شده را میتوان تقریباً در تمام تأثرها ثابت فرض نمود یعنی شدت متوسط گفتار معمولی یک گوینده تقریباً ثابت است.

صدا های طفیلی بعضی از خارج میآیند و برخی از خود شنوندگان که آنرا در اصطلاح «صدای زمینه» (Bruit de fond) میگویند (شدت این صدا بسا لگاریتم عده شنونده در واحد سطح تغییر می کند). واضح است که یکی از عوامل خوبی آکوستیک این است که این صدای زمینه از شدت متوسط صدای پخش شده کمتر باشد. چون در تأثرهای بزرگ عده جمعیت زیاد است (در تأثر «اورانژ» نه هزار نفر) پس شدت صدای زمینه که از صحبت های حتی ملایم شنوندگان یا برخورد اشیاء درونی بهم ایجاد میشود از شدت صدای اصلی به مراتب زیاد تر است. بنا بر این مسئله ای که برای معمار پیش میآید این است که چه عواملی را در ساختمان تأثر ایجاد کند تا بتواند بر اشکال فوق فائق شود. در اینجا است که موضوع ایجاد انعکاس های مفید و تقویت صدای اصلی پیش میآید.

نوعی دیگر از صدا های طفیلی انعکاس های طولانی صدای اصلی است که آنرا «اکو» (Echo) گویند و بدرجه مفهومیت کلمات بسیار زیان میرساند.

پس وظیفه معمار تا اثر جلوگیری از سه نوع صدای طفیلی است: صدا های خارجی، صدا های درونی شنوندگان و صدا های انعکاسی (Echos).

مطالعه آکوستیک تأثرهای قدیم نشان میدهد که معماران این تأثرها این وظیفه را بنحوا حسن اجرا کرده و در حل اشکالات موفق شده اند.

مهمترین این سه عامل جلوگیری از صدا های درونی است. تنها راه حل تقویت صدای پخش شده است بمیزانی که سبب خاموشی «صدای زمینه» گردد. یکی از راه های تقویت صدا بکار بردن بلندگو است که در تأثر مورد ندارد. راه اساسی تر

این است که زمان «ادامه صدا» (Réverbération) را زیاد کنند . برای توضیح مطلب مناسب است چگونگی بخش صدا و خاموشی آنرا در يك نقطه از جایگاههای تأثر مورد مطالعه قرار دهیم :

هنگامی که سخن یا موسیقی گفته یا نواخته میشود از نظر فیزیکی يك عده ارتعاشات «تحلیلی» (Transitaire) ایجاد میگردد (که با دستور $e^{k t} F(t)$ نمایش داده میشود)



کشش هر يك از ارتعاشات فوق و فاصله زمانی بین آنها معرف سیلابهای دراز و کوتاه و یا نت های کشش دار و نت های كوچك و سكوت بین آنها است .

اگر منبع صوت و شنونده هر دو در فضای آزاد باشند شدت صوت در نقطه ای که شنونده قرار دارد كوچكتر یا حد اكثر مساوی شدت منبع صوت است . ولی اگر فرض کنیم انعكاس های متوالی بوسیله موانعی ایجاد شود شدت صوت در نقطه ای که شنونده قرار دارد مجموع شدت صوت مستقیم و شدت صوت های منعكس و بنا بر این بیش از شدت منبع صوت است و صوت تقویت میشود . حال اگر منبع صوت خاموش شود ، صدای تقویت شده كم كم رو به خاموشی میرود و مدتی طول میکشد که بکلی محو گردد . مقدار زمانی را که صوت تقویت شده لازم دارد تا شدتش به يك میلیونیم مقدار اولی برسد «زمان ادامه صوت» گویند . اگر عواملی ایجاد کنند که این زمان بمقدار مناسب اختیار شود صدای يك سیلاب یا يك نت قبل از اینکه سیلاب یا نت دیگر برسد کاملاً خاموش نشده و باعث «صدای زمینه» میگردد . بدیهی است «زمان ادامه صوت» نباید زیاده از اندازه باشد و گرنه باعث اختلاط سیلابها یا نت ها شده و مانع مفهوم شدن کلمات میگردد .

در مورد تأثرهای قدیم تقویت صدا و تهیه « زمان ادامه مراعات آکوستیک صوت » مناسب بوسیله دیواره های عقب و جلوسن و با درتأثرهای قدیم شیب بالا بردن پله ها انجام شده است . معمولاً ارتفاع دیواره های جلوی سن با اندازه ارتفاع ردیف اول پله ها گرفته شده است که در این نقطه ها از انعكاس صدا استفاده شود .

ولی از طرف دیگر اگر سطح دیوار های سن مسطح باشد انعكاس صدا روی آنها ایجاد موجهایی بنام « موجهای ساکن » (Stationnaire) میکند و نتیجه آن این است که در جایگاهها بناوب نقاطی خالی از صدا پدیدار میگردد . برای جلوگیری از این عیب است که درتأثرهای قدیم دیوار عقب سن در سطح درونی رو بجایگاه ها دارای تزئین فوق العاده ای مرکب از ستونها و کتیبه ها و مجسمه های متعدد است تا انتشار صوت های منعكس در همه جهت یکنواخت گردد . هم چنین سطح درونی

دیوار جلوسن دارای خانه هایی بشکل مکعب مستطیل یا نیم استوانه ایست که بمنظور فوق کمک کند .

برای جلوگیری از صدا های خارجی چند نکته بکاررفته است . یکی ساختن این تآترها در کنار شهر و در دامنه يك تپه که از صدا های بیرونی تآتر را محفوظ نگاه دارد و دیگر قطر فوق العاده دیوار عقب سن است که رو بشهر واقع میشود و مانع انتقال صدای شهر بداخل تآتر میگردد. نکته سوم اینکه سطح این دیوار رو به بیرون کاملا مسطح است. بمنظور اینکه صدا های بیرون را منعکس و دور سازد .

برای جلوگیری از «صدا های انعکاسی» (Echos) که بخصوص در طرفین شدید است از یکطرف نیم دایره ای بودن جایگاه ها مؤثر است و از طرف دیگر دو دالان طرفین سن تله ای برای این صدا های طفیلی محسوب میشود و حتی قرآنی در دست است که در بعضی از این تآترها این قسمت را خراب کرده و وسیع تر ساخته اند و عدم تناسب آن نسبت بسایر قسمت های تآتر قابل توجه است .

تحقیقات علمی برای کشف آکوستیک يك محوطه با

مطالعه علمی آکوستیک روش های زیر انجام می گیرد :

۱ - اندازه گیری « زمان ادامه صوت »

(Réverbération)

۲ - اندازه گیری درجه مفهومیت (Intelligibilité)

۳ - مکشوف ساختن رل قسمت های مختلف محوطه بوسیله امتحانات روی

طشتک موج (Cuve à ride)

۴ - مطالعه آکوستیک تآتر روی «ماکت» محوطه بوسیله بخش موجهای

« مافوق صدا » (Ultra-son) .

چنانکه شرح آن گذشت ازدیاد « زمان ادامه صوت »

سبب افزایش انرژی صوتی برای شنونده میشود ولی از

طرف دیگر از میزان صحت و مفهومیت میکاهد یعنی از

سکوت بین سیلابها یا فواصل بین نت های موسیقی کاسته

میشود و سبب اختلاط سیلابها یا نت ها میگردد مثلا اگر زمان کشش هر سیلاب یا نت

کوتاه را ۰/۲ ثانیه فرض کنیم و «زمان ادامه صوت» ۲ ثانیه باشد شدت صدا بمیزان

زیادی تقویت میگردد ولی در عوض اختلاف بین حد اکثر و حد اقل آن (شروع سیلاب

و ختم آن) کم میشود و بجای سیلابهای مقطع صدای پیوسته ای می شنویم که قوی و

ضعیف میگردد و باصطلاح نت ها روی هم «ذوب» میشوند و مطلب مفهوم نمیکردد .

حال اگر «زمان ادامه صوت» را ۰/۱ ثانیه فرض کنیم صدا بمیزان کافی تقویت نمیکردد

ولی اختلاف بین حد اکثر و حد اقل آن زیاد و سیلابها را کاملا مقطع میشنویم پس

روشن شد که دو عامل قوت و مفهومیت با هم مخالفند . هرچه به قوت صدا افزوده

شود از میزان مفهومیت آن کاسته میشود . پس باید برای « زمان ادامه صوت » حد

متوسطی قائل شد که بستگی بعوامل گوناگون دارد حتی زیبایی شناسی و روحیات نیز

در آن دخیل است. مثلا بعضی از قطعات باخ باید در فضائی که « زمان ادامه صوت » در آن زیاد باشد (مانند کلیسا) نواخته شود. در حالیکه اذان در سحرگاه در هوای آزاد که سکوت کامل حکمفرما و « زمان ادامه صوت » در آن نزدیک بصفر است بیشتر تأثیر آسمانی دارد. هم چنین یک ویولنیست هر قدر ماهر باشد نخواهد توانست تأثیر روحی لازم را در هوای باز در شنونده ایجاد کند. پس « زمان ادامه صوت » مناسب در هر مورد میزان معینی دارد و باید آنرا بدقت تنظیم نمود.

اندازه گیری « زمان ادامه صوت » طرق بسیار دارد آزمایشهای ابتدائی را با گوش و یک ساعت ثانیه شمار میتوان انجام داد. آزمایش های دقیق بوسیله یک « میکرفن » وصل بیک « اسیلگراف » و یک دستگاه فیلم برداری میسر است. از خاموشی صدا که روی صفحه اسیلگراف نمایان است فیلم بر میدارند و « زمان ادامه صوت » را از روی آن اندازه میگیرند.

مقصود از این اصطلاح میزان تشخیص حروف و کلمات یا نت های کوتاه موسیقی در یک جمله است بدون اشکال. چنانکه شرح آن گذشت تقویت صدا باعث کاسته شدن مفهومیت صدا میگردد. هم چنین است وجود « صدای زمینه ».

اندازه گیری درجه مفهومیت

برای اندازه گیری میزان مفهومیت صدا از لیست هائی بنام « لگاتم » (Logatom) استفاده میشود. مقصود لیست هائی است که از پنجاه یا صد گروه سیلاب و صدا های سه تایی مانند Tip ، یا در فارسی مانند « برد » ، « مرد » و غیره تشکیل میشود. معمولا این گروه ها را از بین حروف زبان بین المللی « اسپرانتو » انتخاب میکنند. هر گروه از سه قسمت یک حرف بی صدا یا مجموعه ای از حروف بی صدا با اضافه یک حرف صدای دار ساده یا مرکب با اضافه یک حرف بی صدا یا مجموعه ای از حروف بی صدا تشکیل میشود. یک کمیسیون بین المللی « فنتیک » (علم تجوید) این لیست ها را تهیه کرده و موارد استعمال آن در آکوستیک بسیار است. مثلا در « آکوستیک تلفونی » برای مکالمه و تنظیم میکرفنها و گوشی های تلفن. بدیهی است چون هر زبان دارای خصوصیات معینی است تنها به لیست های فوق اکتفا نمیتوان کرد.

پس از انتخاب مناسب لیست های فوق آنها را برای عده ای که در این کار ورزیدگی دارند و در نقاط مختلف سالن مورد مطالعه نشسته اند دیکته میگویند. بعد دیکته ها را تصحیح میکنند. برای هر گروه صحیح نوشته شده عدد ۳ و اگر یک قسمت صحیح باشد عدد یک و اگر دو قسمت صحیح باشد عدد ۲ نمره میگذارند. مجموع نمرات هر نفر تقسیم بر سه برابر عده لگاتم ها کسری را که معرف میزان مفهومیت در نقطه ای که آن نفر نشسته است مشخص میکند. معمولا وقتی این کسر از $\frac{50}{100}$

بیشتر باشد، آکوستیک سالن « خوب » محسوب میشود. تحقیقات « کنودزن » (Knudsen) نشان داده است که وقتی برای لیست های لگاتم کسر معرف میزان

مفهومیت برابر ۱۰۰ باشد. مفهومیت برای جملات در حدود $\frac{90}{100}$ است.

با این روش میتوان دل عوامل مختلف را در یک تأثیر یا یک تالار از نظر میزان مفهومیت تحقیق نمود مثلاً با گذراندن یا برداشتن فلان تیغه یا پرده و یا باز و بسته کردن فلان پنجره و غیره آکوستیک آنرا اصلاح نمود.

طشکی با ارتفاع ۱۰ سانتی متر میگیرند که قاعده آن

مطالعه آکوستیک شیشه است. بوسیله یک میله عمودی که تماس با آب بوسیله طشتک میشود و یک دیابازن وصل است ارتعاشات دیابازن روی آب نقل میگردد و تشکیل موج های دورانی میدهد

از بالای طشتک نور تابیده میشود و در زیر طشتک بفاصله $\frac{1}{5}$ متر صفحه ای قرار دارد که عکس موجهای آب روی آن میافتد و میتوان عکس برداری نموده «ماکت» هایی از قسمت های مختلف محوطه مورد مطالعه با مقیاس کوچک ساخته درون طشتک قرار میدهند و تأثیر آکوستیکی آن قسمت ها را از روی تغییراتی که در موجهای آب پدیدار میشود مطالعه میکنند.

در یک «اطاق کر» (Chambre sourde) - اطاقی

است که جدارهای درونی و سقف آن پوشیده از مواد جاذب صدا و زمان ادامه صدا در آن صفر و در حکم فضای آزاد است. ماکت هایی از قسمتهای مختلف محوطه مورد مطالعه قرار میدهند و موجهای «ما فوق صدا» (Ultra-son) باشند معین روی آن ماکت ها میفرستند و شدت صدای منعکس را بوسیله میکرفن مخصوص اندازه گرفته باشند

مطالعه آکوستیک
تأثیر بوسیله موج-
های هوایی مافوق
صدا

صدای اصلی یا صدا های منعکس دیگر مقایسه میکنند - فرکانس موج مافوق صدا در حدودی اختیار میشود که چون در مقیاس ماکت ضرب شود برابر حدود صدای انسان یعنی بین ۲۳۰ تا ۷۵۰ باشد. روشهای فوق برای مطالعه یک محوطه مکمل یکدیگرند و نتایج حاصل از آن خصوصیات محوطه را از نظر «خوبی آکوستیک» روشن میسازد.

نتایجی که از بکار بردن روشهای فوق در مورد تأثیرهای

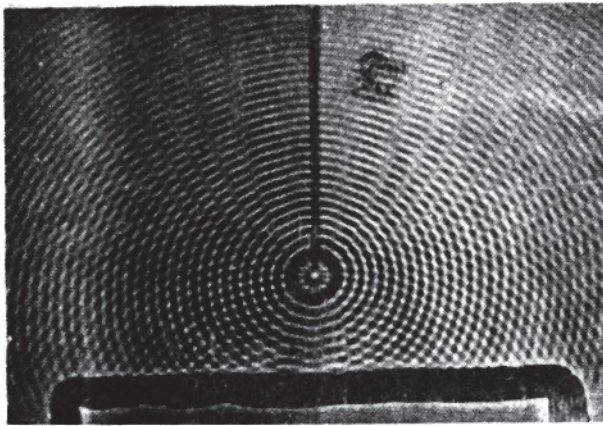
قدیم بدست آمده از این قرار است :

۱- دیوار عقب سن - چنانکه شرح آن گذشت در تأثیرهای قدیم سطح درون دیوار سن را با برجستگی ها و فرو رفتگی های مصنوعی و کار گذاردن مجسمه ها و ستون ها و خانه های کوچک زینت میدادند. این وضع باعث یکنواختی انتشار صدا های منعکس و جلوگیری از ایجاد «موج های ساکن» و تولید «نقاط خاموش» میگردد.

همیشه در وسط دیوار یک برآمدگی نیم دایره ای وجود داشته که در مرکز آن در بزرگ شاهانه باز میشده است. در سمت چپ و راست نیز دوسرداب به شکل مستطیل

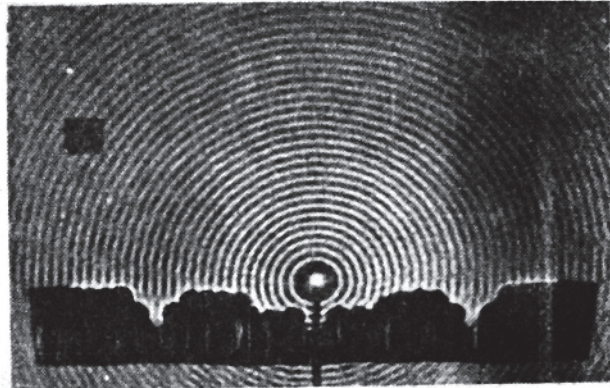
وجود داشته که درون هر يك دو در بازمیشده است و قسمتهای مسطح دارای خانه-های نیم استوانه‌ای بوده که شعاع هر يك در حدود پنجاه سانتی متر است و جلوی دیوار يك رشته ستونهای کار گذاشته شده و خود دیوار نیز از قطعات مرمر مجسم پوشیده شده است که مجسمه‌هایی از آن بیرون آمده است (Bas relief).

هر گاه با روش امتحان بوسیله طشتك موج دیوار سن را مطالعه کنیم میبینیم هنگامی که مسطح باشد موج های ساکن و نقاط خاموش پدیدار میشود ولی وقتی دیوار سن ناهموار و مزین باشد انتشار امواج یکنواخت میگردد و نقاط خاموش محو میشود چنانکه در اشکال زیر نمودار است .



هنگامیکه سطح دیوار سن هموار گرفته شود در اثر ایجاد موجهای ساکن نقاط خالی از صدا پدیدار میگردد که در این شکل بوسیله خطوط سفیدی و بمرکز بخوبی نمودار است

هنگامیکه دیوار سن مزین و ناهموار باشد خطوط خالی از صدا محو میشوند و این نشانه یکنواختی موج صدا در نقاط مختلف تأثر است.



۲ - دیوار جلوی سن - در تآثر های قدیم سطح این دیواره از خانه های نیم استوانه ای و مکعب و یا بتناوب دایره ای و مربع شکل تشکیل میشود و این تزیین باعث یکنواختی انتشار امواج منعکس است. این نتیجه بوسیله امتحان با « موجهای هوایی مافوق صدا » بدست آمده است: روی يك «ماکت» 70×70 سانتی متر مربع که از ۷ نیم استوانه هریک بطول و عرض ۱۰ سانتی متر متصل بهم ساخته شده است در اطاق بی انعکاسی («اطاق کر») موجهای مافوق صدا با فرکانس ۷۰۰۰ میاندازند (تأثیر این فرکانس روی ماکت مانند تأثیر صدای معمولی انسان با فرکانس ۳۵۰ روی دیوار جلوی سن در تآثر حقیقی است چه قطر هر يك از خانه های نیم استوانه ای در حدود ۲ متر است که در ماکت ۱۰ سانتی متر گرفته شده است یعنی مقیاس ماکت $\frac{1}{40}$ است بنا بر این فرکانس مافوق صدا برابر 20×350 یعنی ۷۰۰۰ گرفته شده است) در زاویه های تابش مختلف شدت صدای منعکس را روی میکرفن اندازه میگیرند و با هم مقایسه میکنند. آزمایش نشان میدهد که هنگامی که سطح ماکت هموار باشد تغییرات شدت صدای منعکس در زاویه های تابش مختلف زیاد و هنگامی که سطح خانه باشد تغییرات اندک است.

۳ - دالانهای سن و درها - معماران متوجه شده اند که درهای جانبی که بتالار های کنار سن باز میشود دارای ابعاد بی تناسب اند. بعلاوه دو دالان طرفین سن بسیار فراخ ساخته شده اند. بدون شك وجود این حفره های وسیع و بی تناسب برای جذب صدا های انعکاسی نامطلوب (Echos) بوده است. در تآثرهای «ایپدر» (Epidore) و «ارپس» (Oropos) سردا بها بسیار عریض اند و در حکم تله ای برای انعکاس های نامطلوب بشمار میرفتند.

۴ - پله ها - پله ها دو دل عمده دارند یکی آنکه بلعت دورانسی بودن عمل يك آئینه مقعرا انجام میدهند یعنی صداهای منعکس را در مرکز بین «ارکسترا» و دیوار جلوی سن متمرکز میکنند باین جهت در این حدود آکوستیک خوب نیست و مخصوصاً در تاریخ تآثرهای قدیم خاطر نشان شده است که دور محوطه «ارکسترا» ردیف های دور برای نشستن انتخاب میشده و درون و مرکز آن همیشه خالی میمانده است. امتحان شده است که اگر گوینده در مرکز ارکسترا بایستد يك انعکاس شدید در حوالی آن ایجاد میگردد.

عمل دیگر پله ها این است که از ایجاد «موجهای ساکن» و تولید «نقاط خاموش» جلوگیری میکند زیرا موجهای منعکس را بمرکز متوجه میسازد. برای امتحان این نکته يك لوله ارگک را بوسائلی بطور مداوم در روی سن بصدا در میآورند آنگاه يك میکرفن را که وصل بیک ایسیلگراف است در امتداد دوره هر ردیف از پله ها میگردانند. ارتفاع نقطه روشن روی صفحه ایسیلگراف که معرف شدت صدای دریافت شده است تقریباً در تمام نقاط ثابت میماند و این نشانه آنست که نقاط خاموش که در اثر وجود «موج های ساکن» ممکن است پدیدار شود وجود ندارد.

با اینکه بدون شک در ساختمان تآترهای قدیم نکات بسیاری برای خوبی آکوستیک بکارمیرفته است روشهای مصنوعی نیز برای اصلاح آن وجود داشته است :

اصلاح آکوستیک تآترها در قدیم

از نظر تشدید صدا دورادور سن قاب های چوبی (Panneaux) وجود داشته که درحکم جعبه تقویت (Table d'harmonie) برای گویندگان بکارمیرفته و « ویتروو » (Vitruve) مینویسد که هنرپیشگان هنگامی که میخواستند بصدای خود قوت کافی بدهند جلوی این قابها میایستادند .
از نظر « گرمی » صدا تقویت کننده های (Résonateur) خاصی بنام « اکیا » (Echeia) بشکل « کوزه » از سفال یا برنز با ابعاد مختلف میساختند و در خزانه هایی که در دیواره های عمودی پله ها وجود داشته قرار میدادند چنانکه دهانه آنها بطرف سن قرار گیرد .

موضوع قابل ملاحظه این است که هر دوزه نت خاصی را تقویت میکرده و سری کامل این کوزه ها با ردیف هفت پنجم متوالی « دو » ، « سل » ، « ر » ، « لا » « می » ، « سی » ، « فادیز » تطبیق میکرده است و این ردیف همان دستگاه « صحت مطلق » و پایه موسیقی بین المللی است . غیر از ردیف فوق ردیف های کوچکتری برای تقویت نت های « تنال » و « مدال » نیز وجود داشته است . (بین صدا های موجود در یک کام یادوره صداهائی وجود دارد که پیوسته ثابت می مانند و یونانیها آنها را « سانیتوس ستانت » (Sanitus stante) می نامیدند و فارابی آنها را بتاروپود پارچه یا آجر و تیر ساختمان تشبیه میکند . این صداها را که معرف پایه ، چهارم و پنجم و اکتاو میباشند و ارسطو آنها را استخ-وان بندی آرمنی توصیف میکند صداهای « تنال » گویند و صدا های دیگر را که در تغییر مدها تغییر میکند صدا های « مدال » گویند .)

ویتروو مینویسد که در تآترهای کوچک فقط سری کوزه های وجود داشته است که صداهای تنال را تقویت میکردند . در تآترهای بزرگ سه سری از این ظروف وجود داشته که برای تقویت سه نوع دیاتنیک ، کرما تیک و آنارمیک بکارمیرفته اند . (رجوع شود بمقاله ربع برده در موسیقی مشرق و مغرب در شماره ۴ مجله موسیقی)
قزائنی در دست است که دستگاههایی برای خاموش ساختن بعضی از ردیف های فوق وجود داشته چنانکه هر ردیف هنگامی عمل کند که باعث تقویت « نوع » مورد نظر گردد .

بعلاوه دوری و نزدیکی آنها نسبت بمنبع صوت نیز در طرز تقسیم آنها دخالت داشته است . معمولاً کوزه های مربوط بصداهای تنال را در ردیف های جلو و نزدیک سن قرار میدادند که باعث تقویت زمینه صدا گردد و کوزه های مربوط بانواع را در ردیف های دورتر .

نتیجه :

مطالعه سیر تکامل تدریجی تآتر های قدیم مدلل میدارد که حتی جزئیات

ساختمان این تآثرها بطور اتفاقی ایجاد نشده است بلکه نتیجه منطقی يك سلسله تجربیات طولانی برای منظوره‌های مختلف بوده است و معمارهای این ساختمانها دو مفهومی را که در مورد معماری بیان کردیم بهم آمیخته‌اند. یعنی در عین حال که مهندسين قابلي بوده‌اند و توانسته‌اند قسمتهای مختلف ساختمان را بنا بر احتیاجات زندگی بسازند مفهوم زیبایی‌شناسی را نیز در نظر داشته و هنر خود را بدرجه کمال نمودار ساخته‌اند.

از نقطه نظر آکوستیک نتیجه تحقیقات در مورد تآثرهای قدیم نکات زیر را روشن میسازد:

- ۱ - محافظت تآثر در مقابل صداهای خارجی بوسیله دیوار قطور عقب‌سن.
- ۲ - تقویت صداهای درونی بوسیله همین دیوار.
- ۳ - جلوگیری از « موجهای ساکن » و « نقاط خاموش » با ایجاد تزئین سطح درونی این دیوار.
- ۴ - جلوگیری از صداهای انعکاسی و غیر منظم بوسیله خانه‌های واقع در سطح دیوار جلو سن رو بجایگاهها.
- ۵ - ایجاد تله‌هایی برای « اکو » های جانبی بوسیله دالانهای کنار سن.
- ۶ - یکنواخت نمودن صدا بوسیله دایره‌های ساختن جایگاهها و پله‌ها.
- ۷ - تشدید صدا بدلتخواه بوسیله قابهای متحرک روی سن.
- ۸ - مطبوع ساختن صدا (گرمی صدا) و تقویت آرمینک آن با بکار بردن کوزه‌های تقویتی (Pots acoustiques) .

امروز هم در تکنیک جدید که نتیجه تحقیقات فنی و علمی مبسوطی است از اغلب عوامل فوق استفاده میشود. ابرای شلجمی (Parabolique) شیکاکو تقلیدی از فرم تآثرهای قدیم است. ساختمان چند استوانه‌ای (Polycylindrique) استودیوهای ام-روز تقلیدی از سطح دیوار جلو سن است برای یکنواخت ساختن امواج صدائی. بکار بردن ظروف آکوستیک برای تقویت صدا و عکس این عمل برای جذب صداهای طفیلی امروز در اغلب ساختمانهای جدید معمول شده است. تئوریهای « بریلون » (Briloin) و پرفسور « مییز » (Mayer) در مورد قابهای متخلخل (Perforé) و اصلاح آکوستیک سالنها بوسیله آنها در حقیقت دنباله نظریات و تجربیات قدیم است. هر چه علم و فن پیش میرود ارزش اطلاعات و تجربیات پیشینیان روشن تر میگردد.