

تحقیقات علمی درباره آکوستیک تأثرهای قدیم

از دکتر مهدی برکشلی
استاد دانشگاه

امروزه که آکوستیک ساختمانی اهمیت یافته و پیشرفت فراوان کرده است مطالعه آکوستیک ساختمانهای قدیم توجه زیاد میشود و برای کشف «خوبی آکوستیک» آنها تحقیقات فراوان انجام میگیرد. از آن جمله در «درمركز 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 قداماً برای خوبی آکوستیک بکار میبردند مورد مطالعه علمی قرار میدهد و حتی وزارت فرهنگ فرانسه همه ساله از نظرشناسان این ابنیه تاریخی و کشف اسرارسنن ملی اعتبار کافی برای ادامه تحقیق در اختیار این قسمت میگذارد. در اهمیت این موضوع همین بس که درکنگره بینالمللی 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 بازوید این تأثرها و آگاهی از نتایج تحقیقات درباره آکوستیک آنها بود. بطالعات فرانسوی 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؟

دارد . چنانکه « ویتروو » (Vitruve) يك قرن قبل از ميلاد معماری را
مجموعه ای از فنون میدانده 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'eurhythmie) ایجاد آرمنی ساختمان است .
« تقارن » (La symétrie) تعیین توافق متدیک مقیاسها و اندازه های
مختلف ساختمان نسبت بهم .

« تناسب » (La convenance) تعیین چسب 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 « لکرر بوزیه » (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 وسطایی 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
وجود میآورد . همچنانکه آهنگ ساز با ترکیب صدا ها نغمات دلپذیر ایجاد میکند
و هنر نمایی خود را در آن نشان میدهد . رشته معماری در دانشکده های هنر های زیبا
برای ایجاد منظور فوق تأسیس شده است که معماری نخست يك هنر مند 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 آثارهای قدیم که در آن نکات
فنی از نظر دفع احتیاجات بنحوا حسن مراعات شده است و در عین حال از نظر زیبایی-
شناسی به مرحله 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 تئاترهای قدیم بترازدی یونان و رم که از حالت مذهبی خود کم کم جدا میشود بستگی دارد. از زمانهای قدیم دراوانی که بشر چادر نشین بوده است افسراد قبیله شب هنگام کرد کانون آتش برای استفاده از روشنائی و گرما حلقه میزدند و گفته های نقال و جادوگر خود را

مختصری از تاریخ و شکل تئاترهای 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 نمیگردد ولی بعد ها که قبائل چادر نشین را ترك کرده و شهر نشینی گزیده اند با ازدیاد 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 « آمفی تئاتر » ایجاد میگردد. معروف است که اولین « آمفی تئاتر » ده قرن پیش از میلاد در « کرت » (Crete) ساخته شده است.

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

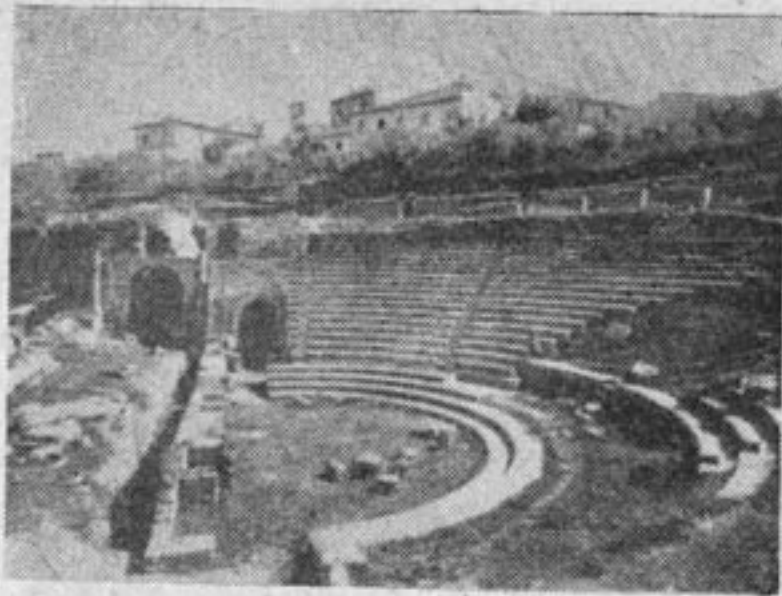
تئاترهای نخستین دایره ای شکل بوده و از چوب ساخته میشده است. « جایگاه ها و پله ها » (Cavea) نیز نیم دایره ای بوده و بوسیله یک پرده بسته میشده است که هنریشکان پشت آن لباس میپوشیدند و جلوی آن بازی میکردند.

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

در این گونه تئاترهای چوبی بوده است که آندرا « اشیل » (Eschyle) و « سوفوکل » (Sophocle) و « اورپید » (Euripide) نمایش داده شده است.

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

« پله ها » بشکل نیم دایره و با شیبی در حدود $\frac{1}{4}$ تا $\frac{11}{16}$ بالا میرفته و در طبقه آخر بفرجه هائی منتهی میشده است.



تئاتر فیزول که در کنار تپه ساخته شده است . بله ها، ارکسترا، دیوار جلو سن ، سن و کنارهای سن بخوبی در آن نمودار است .

«سن» ساختمان طویل و کم عرضی بوده است که تا دو طبقه میرسیده و بدیوار سن منتهی میگشته است . «دیوار سن» رو بداخل دارای سردابه هائی بوده است که برای بازی کردن صحنه های داخلی بکار میرفته . در بعضی تئاترها دیوار سن وجود نداشته است مانند تئاتر «تائورمین» قبل از تغییری که رومیها بآن داده اند 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 باطاقهای بزرگی باز میشده است و برای پذیرائی های رسمی پیش از شروع نمایش بکار میرفته است .

«جلوی سن» (Proscenium) قسمت اصلی و منحوظه جلوی سن است واقع بین دو عمارت کنار سن که هنر پیشکان روی آن بازی میکردند . ارتفاع آن نخست ۳ تا ۴ متر بوده ولی تا یکقرن قبل از میلاد به ۱/۲۰ متر تا ۱/۵ 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 از اهمیت آواز دسته جمعی در تئاتر کاسته میشود «جلوی سن» وسیع تر میگردد .

«دیوار جلوی سن» (Pulpitum) از قسمتهای نیم استوانه ای یا مربع شکل و یا بتناوب نیم استوانه و مربع شکل ساخته میشده است .
«دالان های سن» (Paradoi) دو دالان 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 از کسترا و پله‌ها بوسیله دو دالان 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 از کسترا میشوند .



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

« ویتروو » نخستین معمار نوپسنده است که يك قرن قبل از میلاد میزیسته و کتاب مفصلی در معماری نگاشته و به « اکوست » هدید کرده است . در این کتاب شرح مبسوطی راجع بنقشه های تأثیرهای قدیمی میدهد .
 « یونانیها دائرة از کسترا را بدوازده قسمت مساوی تقسیم نموده و نقاط تقسیم را چهاربچهار 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 ساختمان تأثیرهای قدیم باوج تکامل رسید . در این اوان است که حسن تناسب و ظرافت کاری یونانیها با قدرت وعظمت کار رومی مخلوط میشود و از آمیخته آنها تأثیرهای تاریخی باشکوه ایجاد میگردد . باین معنی که طی هشت قرن تجربه معماران یونان فنون وهنر لازم را برای ایجاد دو مفهوم می که در تعریف معماری بیان شد یعنی مفهوم رفع احتیاج و مفهوم

زیبایی ایجاد کرد؛ و رومیها تجربیات آنها را با قدرت سازندگی خود بدرجه کمال رسانیدند و تآثرهای «مارسلوس» (Marcellus) و «تاوورمین» (Taormine) در ایتالیا و تآثرهای «آدل» و «اورانز» و «وزن» در «بروانس» (فرانسه) و تآثر «جمیله» در آفریقای شمالی و حتی «سن آلبان» (Saint - Albans) در انگلستان ایجاد کردند.

در هر تآثر مسئله خوب دیدن و خوب شنیدن از احتیاجات اولیه است. مسئله خوب شنیدن یعنی آکوستیک ساختمان در تآثر یا سالن نمایش، سینما، استودیو و تالار کنفرانس مورد توجه متخصصین رشته های مختلف است معمار، «دکوراتور»، فیزیک دان، موسیقی دان، اعضای ارکستر و شنوندگان و حتی باستان شناسان بحال این مسئله علاقه مندند.

تآثر وقتی دارای آکوستیک خوب است 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 بخش شده و دیگر فقدان صدا های طفیلی که بصدای اصلی اضافه میشود. شدت صدای بخش شده را میتوان تقریباً در تمام تآثرها 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 بخش شده کمتر باشد. چون در تآثرهای بزرگ عده جمعیت زیاد است (در تآثر «اورانز» 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. بنابراین مسئله ای که برای معمار پیش میآید این است که چه عواملی را در ساختمان تآثر ایجاد کند تا بتواند بر اشکال فوق فائق شود. در اینجا است که موضوع ایجاد انعکاس های مفید و تقویت صدای اصلی پیش میآید.

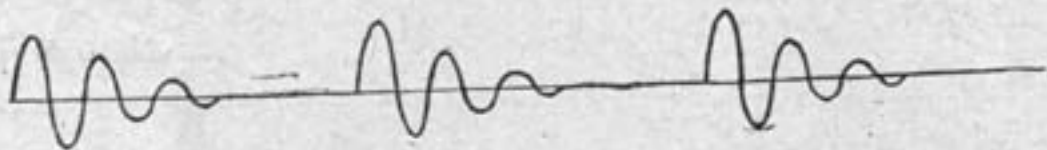
نوعی دیگر از صدا های طفیلی انعکاس های طولانی صدای اصلی است که آنرا «اکو» (Echo) گویند و بدرجه مفهومی کلمات بسیار زیان میرساند. پس وظیفه معمار تآثر جلوگیری از سه نوع صدای طفیلی است: صدا های

خارجی، صدا های درونی شنوندگان و صدا های انعکاسی (Echos). مطالعه آکوستیک تآثرهای قدیم نشان میدهد که معماران این تآثرها 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 بخش شده است بهیچانی که سبب خاموشی «صدای زمینه» گردد. یکی از راه های تقویت صدا بکار بردن بلندگو است که در تآثر 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 عهده ارتعاشات «تحلیلی» (Transitaire) ایجاد میگردد (که با دستور $e^{-k t} F(t)$ نمایش داده میشود)



کاهش هر يك از ارتعاشات فوق و فاصله زمانی بین آنها معرف سیلابهای دراز و کوتاه و یا نت های کاهش دار و نت های کوچک و سکوت بین آنها است .

اگر منبع صوت و شنونده هر دو در فضای آزاد باشند شدت صوت در نقطه ای که شنونده قرار دارد کوچکتر یا حد اکثر مساوی شدت منبع صوت است . ولی اگر فرض کنیم انعکاس های متوالی بوسیله موانعی ایجاد شود شدت صوت در نقطه ای که شنونده قرار دارد مجموع شدت صوت مستقیم و شدت صوت های منعکس و بنا بر این بیش از شدت منبع صوت است و صوت تقویت میشود . حال اگر منبع صوت خاموش شود ، صدای تقویت شده کم کم 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 بقدر مناسب اختیار شود صدای يك سیلاب یا يك نت قبل از اینکه سیلاب یا نت دیگر برسد کاملاً خاموش نشده و باعث محو صدای زمینه « میگردد . بدیهی است «زمان ادامه صوت» نباید زیاده از اندازه باشد وگرنه باعث اختلاط سیلابها یا نت ها شده و مانع مفهوم شدن کلمات میگردد .

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

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

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

برای جلوگیری از صدا های خارجی چند نکته بکار رفته 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 کاملاً 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 دائره ای بودن جایگاه ها مؤثر است و از طرف دیگر دو دالان طرفین سن تله ای برای این صداهای طفیلی محسوب میشود و حتی قرائنی 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

روش های زیر انجام می گیرد :

مطالعه علمی آکوستیک

يك محوطه

۱ - اندازه گیری « زمان ادامه صوت »

(Réverbération)

۲ - اندازه گیری درجه مفهومیت (Intelligibilité)

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

طشنگ موج (Cuve à ride)

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

« مافوق صدا » (Ultra-son)

چنانکه شرح آن گذشت از دیاد « زمان ادامه صوت »

سبب افزایش انرژی صوتی برای شنونده میشود ولی از

طرف دیگر از میزان صحت و مفهومیت میکاهد یعنی از « زمان ادامه صوت »

سکوت بین سیلابها یا فواصل بین نت های موسیقی کاسته

میشود و سبب اختلاط سیلابها یا نت ها میگردد مثلاً 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 با اصطلاحات ها روی هم « ذوب » میشوند و مطلب مفهوم نمیکردد .

حال اگر « زمان ادامه صوت » را ۱/۸ ثانیه فرض کنیم صدا بمیزان کافی تقویت نمیکردد

ولی اختلاف بین حد اکثر و حد اقل آن زیاد و سیلابها را کاملاً مقطع می شنویم پس

روشن شده که دو عامل قوت و مفهومیت با هم مخالفند . هر چه به قوت صدا افزوده

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

متوسطی قائل شده 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 سحر گاه در هوای آزاد که سکوت کامل حکم فرما و « زمان ادامه صوت » در آن نزدیک بصفر است بیشتر تأثیر آسمانی دارد. هم چنین یک و یونیسست 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.

اندازگیری « 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 « اسیلکراف » و یک دستگاه فیلم برداری میسر است. از خاموشی صدا که روی صفحه اسیلکراف 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 بساعت کاسته شدن مفهومیت صدا میگرد. هم چنین است وجود « صدای زمینه ».

اندازه گیری درجه مفهومیت

برای اندازه گیری میزان مفهومیت صدا از لیست هایی بنام « لگاتم » (Logatom) استفاده میشود. مقصود لیست هایی 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 صدا 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 میکروفن ها 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 فاعده آن

مطالعه آکوستیک شیشه ایست. بوسیله یک میله عمودی که مماس با آب

بوسیله طشتک موج 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»

هائی 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 هائی از قسمتهای مختلف محوطه مورد مطالعه

قرار میدهند و موجهای «مافوق صدا» (Ultra-son)

باشدت معین روی آن ماکت ها میفرستند و شدت صدای

منعکس را بوسیله میکروفن مخصوص اندازه گرفته باشندت

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

یکدیگر نه 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:

مطالعه آکوستیک

تأثیرهای قدیم

۱- دیوار عقب سن - چنانکه شرح آن گذشت در تأثیرهای

قدیم سطح درون دیوار سن را با برجستگی ها و فرو-

رفتنکی 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

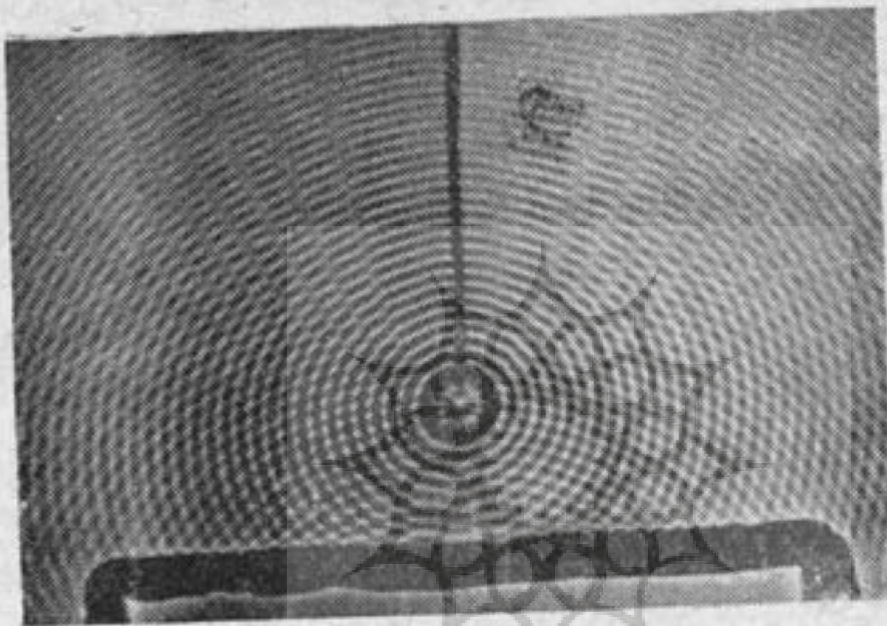
«موج های ساکن» و تولید «نقاط خاموش» میگردد.

همیشه در وسط دیوار یک برآمدگی نیم دایره ای وجود داشته که در مرکز

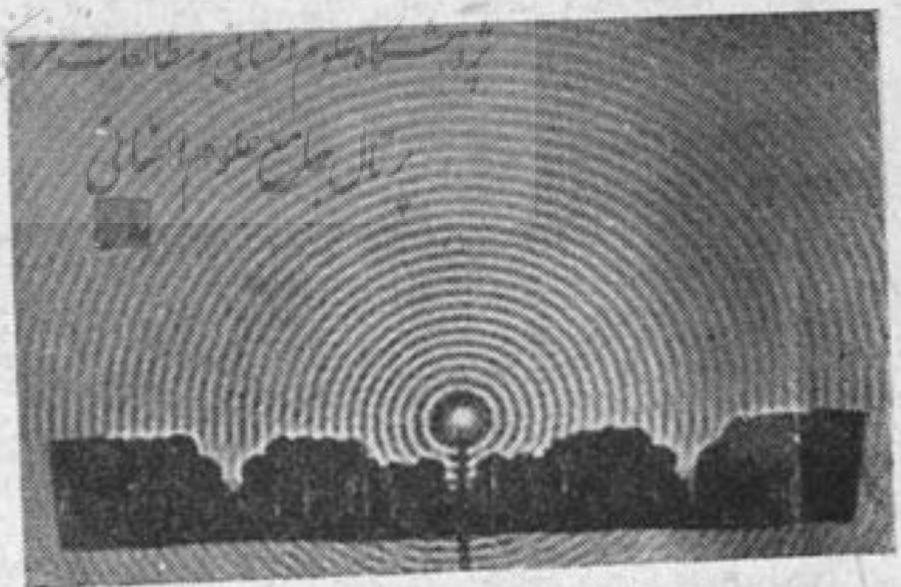
آن در بزرگ شاهانه باز می شده است. در سمت چپ و راست نیز دو سرداب به شکل مستطیل

وجود داشته که درون هر يك دو در باز ميشده 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 تأثیر است .

۲ - دیوار جلوی سن - در تئاتر 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 بکنواختی 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 هر يك 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 تئاتر 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 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 تئاترهای « اپیدور » (Epidore) و « اریس » (Oropos) سردابها 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 بعلت دورانسی بودن عمل يك آئینه مقعر را 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 تئاترهای 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 ارک را بوسائلی بطور مداوم در روی سن بصدا در میآوردند آنگاه يك میکرفن را که وصل بیک اسیلگراف است در امتداد دوره هر ردیف از پله ها میگردانند. ارتفاع نقطه روشن روی صحنه اسیلگراف 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 شك در ساختمان تأثرهای قدیم نکات بسیاری برای خوبی آکوستیک بکار میرفته است روشهای مصنوعی نیز برای اصلاح آن وجود داشته است :

اصلاح آکوستیک تأثرها در قدیم

از نظر تشدید صدا دورادور سن قاب های چوبی

(Panneaux) وجود داشته که در حکم جعبه تقویت (Table d ' harmonie) برای گویندگان بکار میرفته و « ویتروو » (Vitruve) مینویسد که هنرپیشگان هنگامی که میخواستند صدای 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 دیوارهای عمودی پله ها وجود داشته قرار میدادند چنانکه دهانه آنها بطرف سن قرار گیرد .

موضوع قابل ملاحظه این است که هر کوزه نت خاصی را تقویت میکرد و سری کامل این کوزه ها با ردیف هفت پنجم متوالی « دو » ، « سل » ، « ر » ، « لا » « می » ، « سی » ، « فادیز » تطبیق میگردد 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 نت های « مدال » نیز وجود داشته است . (بین صدا های موجود در يك گام یادوره صداهائی وجود دارد که پیوسته ثابت می مانند و یونانیها آنها را « سانیتوس ستانت » (Sanitus stante) می نامیدند و فارابی آنها را بتار و بود پارچه یا آجر و تیر ساختمان تشبیه میکند . این صداها را که معرف پایه ، چهارم و پنجم و اکتاو میباشد و ارسطو آنها را استخوان بندی آرمینی توصیف میکند صداهای « تنال » گویند و صدا های دیگر را که در تغییر مدها تغییر میکند صدا های « مدال » گویند .)

ویتروو مینویسد که در تأثرهای کوچک فقط سری کوزه های وجود داشته است که صداهای تنال را تقویت میکردند . و در تأثرهای بزرگ سه سری از این ظروف وجود داشته که برای تقویت سه نوع دیاتنیک ، کرماتیک و آنارمنیک بکار میرفته اند . (رجوع شود بمقاله ربع برده در موسیقی مشرق و مغرب در شماره ۴ مجله موسیقی)

قرائنی 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 تأثر های قدیم مدلل میدارد که حتی جزئیات

ساختمان این تأثرها 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 مهندسین قابلی 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 تأثرهای قدیم نکات زیر را روشن می‌سازد:

- ۱ - محافظت تأثر 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 تزیین سطح درونی این دیوار.
- ۴ - جلوگیری از صداهای انعکاسی و غیرمنظم بوسیله خانه‌های واقع در سطح دیوار جلو سن رو بجایگاهها.
- ۵ - ایجاد تله‌هایی برای « اکوهای جانبی بوسیله دالانهای کنار سن .
- ۶ - یکنواخت نمودن صدا بوسیله دائره‌ای ساختن جایگاهها و بله‌ها .
- ۷ - تشدید صدا بدلخواه بوسیله قابهای متحرک روی سن .
- ۸ - مطبوع ساختن صدا (گرمی صدا) و تقویت آرمینیک 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. برای شلجمی (Parabolique) شیکاگو تقلیدی از فرم تأثرهای قدیم است. ساختمان چند استوانه‌ای (Polycylindrique) استودیوهای امروز 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 مییر » (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.