

## فصل اول کلیات

**۱-۱ تعریف صوت:** صوت شکلی از انرژی است که توسط مکانیسم شنوایی قابل تشخیص است. در نتیجه تغییرات متناوب ایجاد شده در هوای داخل مجرای گوش، پرده گوش به ارتعاش درآمده و پس از طی مراحل صدا احساس می شود، تغییرات فوق نیز به نوبه خود توسط به ارتعاش درآمدن تارهای صوتی یا منبع صوتی دیگری مانند بلندگو بوجود می آید.

**۱-۲ انواع صوت:** صوت معمولاً از فرکانسهای بسیاری تشکیل می شوند. گستره فرکانسهای صوتی وسیع بوده و بر حسب میزان شنوایی انسان به سه ناحیه تقسیم می شوند. اصواتی با فرکانس ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز را طیف شنوایی می نامند. ارتعاشات صوتی با فرکانسهای فوق، حس شنوایی را در انسان تحریک می نمایند در گستره فوق فرکانسهای بین ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز، فرکانسهای مکالمه می باشند. ارتعاشاتی با فرکانسهای کمتر از ۳۰ هرتز امواج مادون صوت می باشند که گوش انسان حساسیت چندانی به شنیدن آنها ندارد. امواج صوتی با فرکانس بیش از ۲۵۰۰۰ هرتز امواج فراصوت است که حس شنوایی را در انسان تحریک نمی کند. ردیف شنوایی در بعضی از جانوران بیش از انسان است، برای مثال به نظر می رسد خفاش امواج صوتی بیش از ۱۰۰۰۰۰ هرتز را بشنود. در بررسی مشکلات ناشی از صدا، اصوات در ناحیه مادون صوت و فراصوت مورد نظر نیست بلکه منظور اصواتی است که در طیف شنوایی قرار دارند.

**۱-۲-۱- صوت ساده:** یک ارتعاش سینوسی تک فرکانس است. صوت ساده به ندرت در طبیعت وجود دارد و معمولاً برای مصارف علمی و پژوهشی در آزمایشگاه ایجاد می شود.

**۱-۲-۲- اصوات مختلط:** در صورتیکه ارتعاش صوتی از نوسانات مختلفی تشکیل شده باشد، تشکیل موج مختلط را سبب می شود. در اصوات مختلط شکل موج صوتی ممکن است غیر سینوسی و تکراری باشد.

اصوات مختلط خود به دو گروه تقسیم می شوند:

**۱-۲-۲-۱:** اصوات مختلط دوره ای یا تکراری که از یک فرکانس اصلی فرکانسهایی که مضربی از فرکانس اصلی هستند تشکیل شده اند. اصوات مختلط دوره ای معمولاً در گوش احساس خوشایندی بجا می گذارند.

**۱-۲-۲-۲:** اصوات مختلط غیردوره ای: بعضی از امواج صوتی بطور دوره ای و تکراری نمی باشند و نوساناتشان از اجزاء مشخص و هارمونیک تشکیل نشده است. این امواج از تعداد زیادی اصوات ساده که بطور غیر هماهنگ به هم پیوسته اند و رابطه ای با یکدیگر ندارند، تشکیل شده اند. معمولاً این نوع اصوات را که به گوش خوشایند نمی باشند، صدای آزار دهنده. صدا به انواع مختلفی تقسیم می شود:

الف- صدای یکنواخت یا باند پهن : هنگامی است که انرژی صوتی در یک باند پهن فرکانس توزیع می شود.

ج- صدای با باند باریک: هنگامی است که انرژی صوتی در باند باریک فرکانس توزیع می شود.

د- صدای کوبه ای: هنگامی است که تکرار صدا کمتر از یک بار در ثانیه باشد.

۱-۳: کمیات فیزیکی صوت:

۱-۳-۱ فشار صوت: فشار در هر نقطه، نیروی وارد بر سطح است. تغییرات فشار در محیطی که در آن تعادل فشار به هم خورده است را فشار صوت می نامند.

۱-۳-۲ توان صوت: مقدار انرژی صوتی که در واحد زمان بوسیله منبع تولید می شود، توان صوتی منبع می باشد و واحد آن وات (W) است.

توان صوتی یکی از ویژگیهای منبع صدا است و مستقل از محیط انتشار می باشد. برای تولید صدا، لازم است منبع صوتی ملکولهای هوا را به ارتعاش در آورد. قدرتی که قادر به انجام این کار است مربوط به توان صوتی منبع می شود. در مقایسه فشار صوت کمیتی است که در ارتباط با محیط انتشار می باشد.

۱-۳-۳ شدت صوت: مقدار انرژی صوتی که در واحد زمان از واحد سطحی که عمود بر امتداد فشار صوت است می گذرد و یا به عبارت دیگر، شدت توان صوتی منبعی است که از واحد سطح می گذرد. رابطه شدت و توان را می توان بدین گونه نشان داد:

$$I = \frac{W}{S} \quad \text{w/m}^2$$

W: توان صوتی منبع بر حسب وات.

S: مساحت سطح عمود بر امتداد انتشار بر حسب (m<sup>2</sup>).

۱-۴ مقیاس لگاریتمی - دسی بل:

فشار جو در شرایط معمولی درجه حرارت و ارتفاع، ۱۰<sup>۰</sup> پاسکال یا یک بار، است. فشار صوتی حول این فشار ۱۰<sup>-۲</sup> پاسکال (آستانه شنوایی) تا ۲۰ پاسکال (آستانه دردناکی) تغییر می کند. در انتخاب مقیاس عملی برای اندازه گیری صدا دو مسئله وجود دارد:

۱- گستره وسیع فشار صوتی از آستانه شنوایی تا آستانه دردناکی با نسبت ۱۰<sup>۶</sup> که قابل اندازه گیری توسط دستگاههای اندازه گیری نیست.

۲- عکس العمل غیر خطی گوش نسبت به صدا، یعنی گوش نیز به طور لگاریتمی در مقابل شدت و فشار صوت حساسیت نشان می دهد. از این رو با استفاده از یک مقیاس لگاریتمی، از یک طرف مقیاس اندازه گیری فشرده شده و از طرف دیگر با مشخصات عکس العمل گوش نسبت به فشار صوت اعمال شده نیز مطابقت می کند. مقیاس لگاریتمی مورد استفاده در اکوستیک بر حسب دسی

بل بیان می شود. دسی بل واحدی است بدون دیمانسیون که معمولاً برای بیان نسبت کمیت اندازه گیری شده به کمیت مبنا به کار می رود. با استفاده از واحد دسی بل کمیت فیزیکی فوق الذکر به صورت تراز کمیت اندازه گیری و محاسبه می شود.

- تراز شدت صوت به مقیاس  $I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_{ref}}$  dB نشان داده می شود که در آن I شدت صدا بر حسب  $\frac{W}{m^2}$  شدت مبنا در سیستم MKS برابر با  $10^{-12} W/m^2$  می باشد.

- تراز فشار صوت کمیتی است که توسط دستگاه تراز سنج صوت اندازه گیری می شود به صورت ذیل محاسبه می گردد:

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{P^2}{P_{ref}^2} \text{ dB}$$

$$L_p = 20 \log_{10} \frac{P}{P_{ref}}$$

P: مقدار موثر rms فشار صوت بر حسب پاسکال یا  $N/m^2$  و  $P_{ref}$  فشار مبنا در سیستم MKS برابر با  $2 \times 10^{-5}$  پاسکال می باشد.

- تراز توان صوت نیز از رابطه  $L_w = 10 \log_{10} \left( \frac{W}{W_{ref}} \right)$  محاسبه می شود که در آن W توان آکوستیکی بر حسب وات،  $W_{ref}$  توان الکتریکی در مبنای MKS برابر  $10^{-12}$  وات می باشد.

۱-۵-۱) یکی دیگر از عوامل مهمی که در بررسی صدا اهمیت دارد مدت زمانی است که صدا ادامه پیدا می کند. تقسیم بندیهای مختلفی بر حسب طول زمان برقراری صدا و توزیع آن شده است:

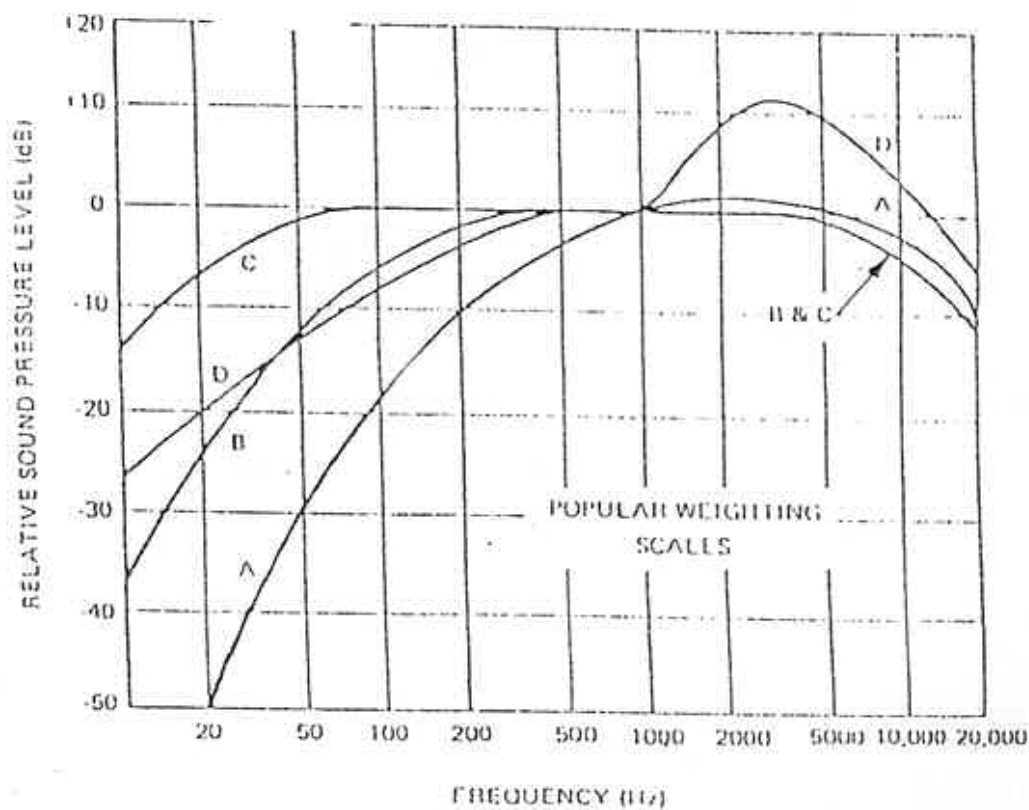
۱-۵-۱-۱ صدای کوبه ای: صدایی است که تغییرات تراز فشار صوت در کسری از ثانیه صورت می گیرد.

۱-۵-۱-۲ صدای یکنواخت: در صورتی که تراز فشار صوت با گذشت زمان تغییرات چندانی (+۵dB) نداشته باشد، صدا یکنواخت نامیده می شود.

۱-۵-۱-۳ صدای متغیر: هنگامیکه تراز فشار صوت در طول زمان مشخصی بین ۱۰ تا ۱۵ دسی بل تغییر کند صدا را متغیر می نامند.

۱-۵-۱-۴: در صورتی که در طول زمان T تراز فشار صوت تغییرات قابل ملاحظه ای پیدا کند ، صدا را منقطع می نامند. از مطالب مذکور نتیجه می شود که ویژگیهای اساسی صدا را می توان به طریق ذیل خلاصه نمود:

- تراز فشار صوت به مقیاس دسی بل.
  - توزیع تراز فشار صوت بر حسب فرکانس.
  - طول زمان ادامه صدا و تغییرات تراز فشار صوت بر حسب زمان یا توزیع زمانی صدا.
- ۱-۶ شبکه های سنجش فرکانس: قسمتی از مدار الکترونیک موجود در کلیه دستگاههای ترازسنج صوت، شبکه های سنجش فرکانس می باشد. شبکه ها طوری طراحی شده اند که میزان حساسیت به فرکانس دریافت شده را می سنجند. منحنی های حساسیت مربوطه حساسیت نسبی را بر حسب دسی بل در فرکانسهای مختلف نشان می دهند. معمولاً باید از استانداردهای بین المللی تبعیت کنند. تا کنون شبکه های مورد استفاده عبارت بودند از شبکه های A, B, و C ولی به تدریج دو شبکه D و E نیز به آن اضافه شده اند. شبکه A مطابق گوش انسان عمل می کند یعنی در فرکانسهای پائین تر از ۱۰۰۰ هرتز دارای حساسیت کمتری است و این حساسیت به تدریج افزایش یافته بطوریکه در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز حساسیت آن به حداکثر می رسد در صورتیکه اندازه گیری تراز فشار صوت به انتخاب شبکه A صورت گرفته باشد. مقادیر بدست آمده را بصورت dBA نمایش می دهند. شبکه C مقدار واقعی تراز فشار صوت را نشان می دهد و به عنوان پایه ای برای مقایسه با اندازه گیری در سایر شبکه ها به کار می رود. در سالهای گذشته شبکه های D و E نیز به مدارهای اندازه گیری اضافه شدند و معمولاً برای اندازه گیری تراز فشار صوت و سائل حمل و نقل هوایی از شبکه D استفاده می شده است. اما امروز شبکه خطی یا Linear که مقدار واقعی تر و مطلق تراز فشار صوت را در فرکانسهای شنوایی نشان می دهد جایگزین شبکه های D, C, و E شده است.
- تغییرات حساسیت بر حسب تغییرات فرکانس در شبکه های A و C در شکل شماره ۱-۱ منعکس شده اند.



شکل ۱-۱: تغییرات حساسیت بر حسب تغییرات فرکانس در شبکه های A و C (۱۱) همانگونه که دیده می شود در شبکه A تغییرات حساسیت در فرکانسهای کمتر از ۱۰۰۰ هرتز بسیار زیاد است در حالی که شبکه C این تغییرات ناچیز بوده و تقریباً خطی (Flat) به نظر می رسند (۱۱) .

۷-۱ کمیت تراز معادل فشار صوت ( $L_{eq}$ ): به دلیل متغیر بودن صدا در محیط زیست به جای تراز کلی فشار صوت لازم است که از کمیتی به نام تراز معادل صوت استفاده شود و کمیتی است که انرژی صوتی آن معادل با ترازهای متغیر فشار صوت در مدت زمان معین اندازه گیری می باشد.

$$P_j Leq = 10 \cdot \log \left[ \sum_{j=1}^n \right]$$

J: تعداد دفعات اندازه گیری صدا

P<sub>j</sub>: کسری از زمان مواجهه

L<sub>j</sub>: تراز فشار صوت اندازه گیری شده هر بار.

$$PJ = \frac{T_j}{T}$$

زمان مواجهه با صدا: T<sub>j</sub>

کل زمان اندازه گیری: T<sub>j</sub>

۸-۱ تراز آماری صدا: تراز آماری صدا یا Statistical Level نحوه تغییرات آلودگی صدا را با تاکید بر آلودگی صدای ناشی از ترافیک نشان می دهد. در واقع این کمیت مقدار تغییرات تراز فشار صوت را تعیین می نماید و نیز مشخص می کند که مقدار تراز فشار صوت در درصدهای مختلف (ترازهای مختلف) به چه میزان می باشد. بیشترین ترازی که مورد استفاده قرار گرفته و ملاک ارزیابی می باشند عبارتند از L<sub>۱۰</sub>، L<sub>۵۰</sub> و L<sub>۹۰</sub>.

مقادیر L<sub>۱۰</sub>، L<sub>۵۰</sub> و L<sub>۹۰</sub> ترازهای است که به ترتیب در ۹۰ درصد، ۵۰ درصد، ۱۰ درصد و یا N درصد در مدت زمان معین میزان صدا از حد آن فراتر نرفته است.

۹-۱ تراز معادل شبانه روز (L<sub>dn</sub>): تراز معادلی است که برای کل شبانه روز در نظر گرفته می شود.

به این ترتیب که بر طبق قرارداد ساعات روز و شب را از هم تفکیک نموده و مقادیر تراز معادل فشار صوت را برای هر یک بطور جداگانه محاسبه می نمایند و در نهایت بر اساس فرمول ذیل تراز معادل کل شبانه روز را بدست می آورند:

$$L_{dn} = 10 \log \left[ \frac{1}{24} \left( \frac{L_d/10}{15 \times 10} + \frac{L_n/10}{9 \times 10} \right) \right]$$

L<sub>dn</sub> تراز معادل شبانه روز

L<sub>d</sub> تراز معادل روز

L<sub>n</sub> تراز معادل شب

تعداد ساعات روز ۱۵ ساعت

تعداد ساعات شب ۹ ساعت

۱-۱۰ شاخص نمودارهای PNC<sup>۱)</sup> این نمودارها هم در مورد مناطق مسکونی و هم در زمینه محیط کار غیر صنعتی کاربرد داشته و مبین معیاری می باشند که درجه راحتی و آسایش و عدم وجود اثرات ذهنی ناشی از صدا را تعیین می کند اساس کار بر مبنای تجزیه صدا در ۸ باند فرکانس می باشد که از این طریق و با استفاده از نمودارهای مذکور شاخص PNC حاصل می گردد (۹ و ۲۰).

<sup>۱)</sup> PNC: Preferred Noise Criteria Curves



## نمودارهای PNC ( ۱۱ )

## جدول ۱-۱ : استانداردها و حدود مجاز PNC در اماکن مختلف ( ۱۳ )

نوع اماکن	معیار بر اساس منحنی NC
استودیوهای ضبط و پخش	۱۵-۲۰
سالن ها وتالارهای کنسرت	۲۰-۲۵
تئاتر , تلوزیون و فیلم سینمایی	۲۰-۳۵
تئاتر ها ( قانونی و قابل قبول )	۲۵-۳۰
کلاس های درس	۳۵-۴۰
آپارتمانها , اماکن مسکونی و هتلها	۳۰-۳۵
بیمارستانها	۲۵-۳۵
کلیساها	۳۰-۳۵
دادگاهها	۳۰-۳۵
کتابخانه ها	۳۰-۳۵
رستورانها و کافه تریاها	۳۵-۴۵
ادارات خصوصی	۳۰-۳۵
ادارات دولتی	۳۵-۴۵
دالانها , راهروها و کوریدورها	۴۰-۴۵
سالنهای انتظار و لابی ها	۳۵-۴۵
اتاقهای شستشو	۴۵-۵۰
اتاق های کامپیوتر	۴۵-۶۰
فروشگاهها و سوپر مارکتها	۴۵-۵۰
اماکن و سالنهای ورزشی و استخرها	۴۵-۵۵
اماکن تولیدی	۵۰-۷۰

## ۱-۱) تراز تداخل صدا با مکالمه (SIL)

## Sound Interference Level

در برخی از محیط ها تراز فشار صوت آن قدر شدید نیست که به شنوایی آسیب برساند، ولی با مکالمه تداخل نموده سبب می شود دستورات و اخبار به سهولت شنیده نشوند. روش پیشنهادی برای تعیین میزان تداخل صدا با مکالمه این است که تراز فشار صوت در فرکانسهای ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۳۰۰۰ هرتز اندازه گیری شده، سپس میانگین حسابی آنها تعیین گردد.

$$SIL = \frac{L_p 500 + L_p 1000 + L_p 3000}{3} \text{ (dB)}$$

پس از محاسبه SIL با مراجعه به جدول ۱-۱ میزان تداخل صدا با مکالمه بدست خواهد آمد.  
جدول ۱-۲: محاسبه میزان تداخل صدا

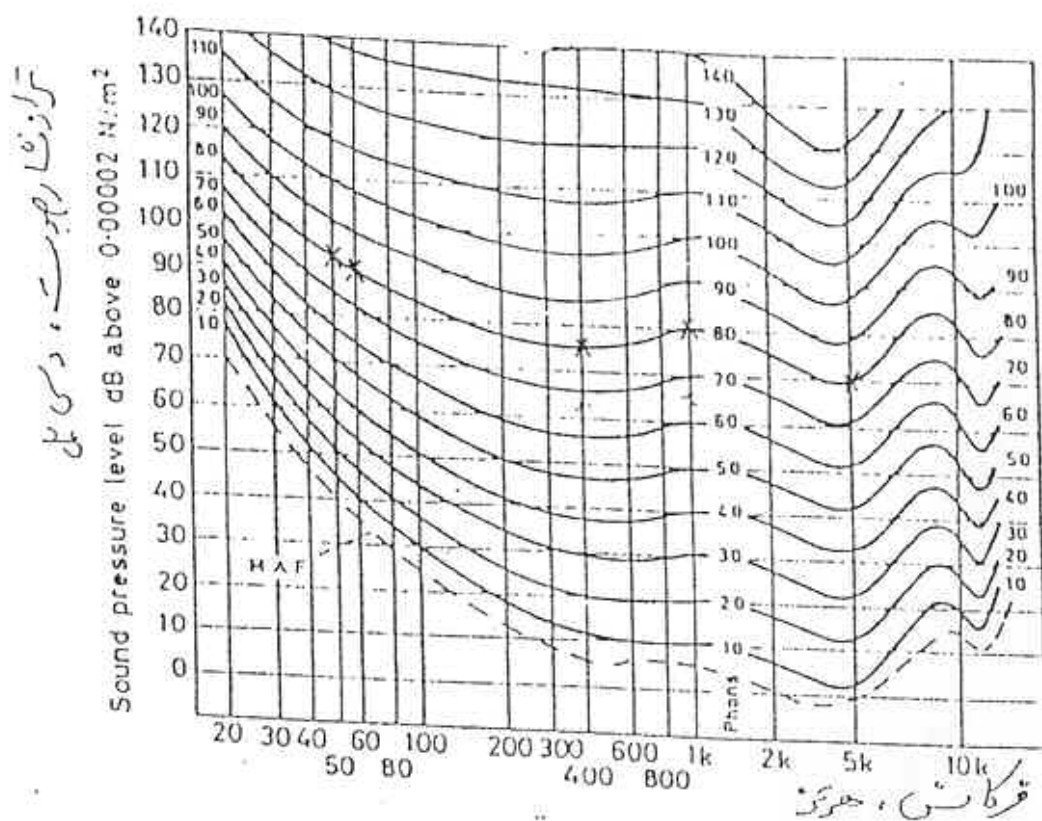
SIL (dB)				
فریاد	خیلی بلند	بلند	طبیعی	فاصله بین شنونده و گوینده <sup>۱</sup> (ft)
۸۷	۸۱	۷۵	۶۹	۱
۸۱	۷۵	۶۹	۶۳	۲
۷۵	۶۹	۶۳	۵۷	۴
۶۹	۶۳	۵۷	۵۱	۸
۶۳	۵۷	۵۱	۴۵	۱۶
۵۷	۵۱	۴۵	۳۹	۳۲

۱-۱۲) بلندی صدا: مشخصات فیزیکی صدا توسط دستگاههای مخصوص قابل اندازه گیری است ولی در بررسی و ارزشیابی مسائل صدا فقط به اندازه گیری فیزیکی نمی توان متکی بود، زیرا اصواتی که دارای فشار معینی هستند برای شنونده های مختلف به یک میزان بلند به نظر نمی رسند. مطابق تعریف بلندی کمیتی است غیر از کمیات فیزیکی صوت و بیانگر اثر و احساس شنوایی در شنونده است. بلندی صدا در فشار ثابت با تغییر فرکانس تغییر می کند. برای مثال در فشار ۶۰dB، صدا با فرکانس ۱۰۰ هرتز آرام تر

از فرکانس ۱۰۰۰ هرتز به گوش می رسد. برای تعیین میزان تراز بلندی از یک دسته به نام منحنی های تراز بلندی که از نظر بین المللی استاندارد شده اند، استفاده می کند. هر منحنی نشان می دهد که تراز فشار صوت چگونه از نظر فیزیکی تغییر کند تا بلندی صدا در فرکانسهای مختلف احساس مشابهی بوجود آورد.

واحد تراز بلندی صدا از طرف موسسه استاندارد جهانی (Phon) فون پیشنهاد شده است. فون واحدی است بدون دیمانسیون و عبارت است از بلندی صدایی برابر با بلندی یک صوت ساده با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز برای مثال در صورتی تراز بلندی  $N$  فون می باشد که شنونده آنرا هم تراز یک صوت ساده با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز با تراز  $N$  دسی بل احساس نماید. صدایی که بلندی آن برابر  $80\text{dB}$  در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز است دارای بلندی ۸۰ فون می باشد. (۱۱)

شکل شماره ۳-۱ در صفحه بعد تراز فشار صوت را برای صوتهای ساده بر حسب دسی بل در فرکانسهای مختلف با بلندی یکسان نشان می دهد. این نمودارها طی آزمایشات متعددی بر اساس مقررات استاندارد بین المللی اندازه گیری بدست آمده اند.



شکل ۳-۱ : نمودارهای بلندی صدا (۱۱)

در نمودارهای شکل ۳-۱ مشاهده می شود که صدایی با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز و تراز فشار ۸۰ دسی بل (ترازبندی ۸۰ فون) به طور متوسط معادل بلندی صدایی با فرکانس ۴۰۰ هرتز و ۷۵ دسی بل می باشد. هم چنین صدایی با فرکانس ۶۰ هرتز و ۹۰ دسی بل و بالاخره صدایی با فرکانس ۵۰۰۰ هرتز و ۷۰ دسی بل دارای بلندی معادل صدایی با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز و ۸۰ دسی بل می باشد فون حساسیت گوش را به فرکانسهای مختلف نسبت به ۱۰۰۰ هرتز و بر اساس dB نشان می دهد ولی اثردهی آنرا به سبب تغییر تراز بلندی نشان نخواهد داد و هنگامی که مقایسه بین ترازهای مختلف صدا مد نظر است، این مسئله ایجاد اشکال خواهد کرد. فون در مقادیر بلندی اثری ندارد ارزیابی ذهنی واقعی تر بلندی صدا بر حسب سون می باشد. سون بلندی صوتی است معادل صوتی با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز که تراز فشار صوت آن ۴۰dB و یا تراز بلندی آن ۴۰ فون می باشد. در روش اندازه گیری فون اکتاو باندهای صدا به کار می روند.

### ۱-۱۲ تجزیه صدا در باند اکتاو:

معمولاً صدا در صنعت و محیط زیست پیچیده بوده و از فرکانسهای مختلفی تشکیل شده است، از این رو در اندازه گیری، تراز کلی صدا به تنهایی برای ارزیابی کافی به نظر نمی رسد لازم است توزیع تراز فشار صوت در هر فرکانس تعیین گردد. با تجزیه صدا، تراز فشار صوت در هر فرکانس تعیین شده و به این ترتیب بررسی و مطالعات بعدی محدود به این قسمت می گردد. در یک برنامه ریزی مربوط به کنترل صدا، آنالیز طیفی صدا، کاری سیستماتیک و اساسی به نظر می رسد. تجزیه صدا در باند اکتاو ساده ترین نوع آنالیز صدا می باشد. در این بررسی طیف صدا به باندهایی به پهنای یک اکتاو تجزیه شده و تراز صدا در هر باند تعیین می گردد. به طور کلی فرکانسهای مرکزی در دستگاه تجزیه کننده اکتاو باند عبارتند از:

$$۱۶۰۰۰\text{Hz و } ۸۰۰۰\text{ و } ۴۰۰۰\text{ و } ۲۰۰۰\text{ و } ۱۰۰۰\text{ و } ۵۰۰\text{ و } ۲۵۰\text{ و } ۱۲۵\text{ و } ۶۳\text{ و } ۳۱/۵$$

در ساخت دستگاه مذکور سعی می شود از فرکانسهای استاندارد امریکا تبعیت کنند. علاوه بر تجزیه کننده های اکتاوباند، تجزیه کننده های دیگری نیز مانند  $1/2$  اکتاوباند،  $1/4$  اکتاوباند و  $1/10$  اکتاوباند که هر یک فرکانس صدا را با جزئیات بیشتری تجزیه می کنند مورد استفاده قرار می گیرند. (۱۱)

### ۱-۱۳ واکنشهای دستگاه شنوایی نسبت به سر و صدا:

۱-۱۴-۱ کاربرد: دستگاه شنوایی انسان پس از تماس با سر و صدای آزاردهنده و مضر در ابتدا خود را با وضعیت جدید وفق داده تلاش می کند خود را از آسیب مصون بدارد.

۲-۱۴-۱ تغییر موقت در آستانه شنوایی: پس از مرحله تطابق در صورتی که دستگاه شنوایی همچنان در معرض سر و صدای فوق الذکر قرار داشته باشد تغییر موقت آستانه شنوایی پدید می آید که خود شامل دو مرحله خستگی و کری موقت می باشد.

۱-۱۴-۲-۱ خستگی: وارد (۱۹۶۳) یکی از محققین برجسته جهان خستگی را مربوط به تغییرات مکانیکی، الکتریکی و شیمیایی سلولهای شنوایی و اطراف آنها می داند.

۲-۱۴-۲-۲ کری موقت: در این مرحله قسمتهایی از حلزون به ویژه بخشهای مربوط به فرکانسهای ۴۰۰۰ الی ۶۰۰۰ هرتز دچار تورم می شوند. در صورتی که سر و صدا به صورت آهنگی خالص باشد، افزایش آستانه شنوایی و فرکانس سر و صدای حاصله بالاترین میزان خود را خواهد داشت. به هر حال برای سر و صدا با تن خالص، بیشترین افزایش در بالای نیم اکتاو می باشد. حساسترین فرکانسها در حدود ۳ الی ۶ هرتز می باشند که معمولاً فرکانس ۴ کیلوهرتز حساسترین موقعیت را دارا می باشد. به هر حال زمان تغییر موقت آستانه شنوایی به مدت زمانی که فرد در معرض سر و صدا قرار دارد، بستگی خواهد داشت.

۳-۱۴-۱ تغییر دائمی در آستانه شنوایی: این تغییر آستانه مربوط به ضعف شنوایی ناشی از تماس با سر و صدا به مدت طولانی بوده و حداقل ۴۰ ساعت پس از توقف تحریکات ناشی از سر و صدا، قابل اندازه گیری است.

۴-۱۴-۱ تغییر آستانه شنوایی غیر قابل برگشت: در این مرحله سلولهای مویی شنوایی آسیب دیده و تغییر غیرقابل بازگشت آستانه شنوایی را موجب می گردند که نتیجه آن کاهش قدرت شنوایی است. (۸)

جداول ۲-۱ و ۳-۱ به ترتیب اثرات فیزیولوژیکی صدا بر انسان و ماکزیمم میزان سر و صدای قابل درک برای انسان را منعکس می نمایند.

جدول شماره ۳-۱: اثرات فیزیولوژیکی صدا بر انسان: ( ۸ )

میزان صدا dBA	نوع اثرات
۲۰	صدا شنیده نمی شود
۲۵	صدا در آستانه شنوایی شنیده می شود
۳۵	مقدار اندکی اختلال در خواب
۵۰	تا حدی اختلال در خواب
۵۵	ایجاد آزار و اذیت
۶۰	میزان طبیعی برای شنیدن صدا
۶۵	اختلال در ارتباط
۷۰	گرفتگی و التهاب ماهیچه
۷۵	تغییراتی در هماهنگ سازی حرکات
۸۰	نوعی آسیب شنوایی
۸۵	آزار و اذیت زیاد
۹۰	تحریک قوای ذهنی
۹۵	آسیب به شنوایی
۱۰۰	موجب بیدار شدن انسان
۱۱۵	حداکثر شدت صوتی که یک انسان می تواند تحمل نماید
۱۲۵	آستانه درد
۱۳۰	محدود کردن دامنه سخنرانی
۱۳۵	بسیار دردناک
۱۴۰	از دست دادن قدرت شنوایی

جدول ۴-۱: ماکزیمم میزان سر و صدای قابل درک برای انسان (۸)

ماکزیمم میزان سر و صدای قابل درک				فاصله میان سخنران و شنونده (m)
فریاد (dB)	صدای بسیار بلند (dB)	صدای بلند (dB)	صدای معمولی (dB)	
۹۱	۸۵	۷۹	۷۳	۰/۱
۸۷	۸۱	۷۵	۶۹	۰/۲
۸۳	۷۷	۷۱	۶۵	۰/۳
۸۱	۷۵	۶۹	۶۳	۰/۴
۷۹	۷۳	۶۷	۶۱	۰/۵
۷۷	۷۱	۶۵	۵۹	۰/۶
۷۴	۶۸	۶۲	۵۶	۰/۸
۷۲	۶۶	۶۰	۵۴	۱
۶۹	۶۳	۵۷	۵۱	۱/۵
۶۶	۶۰	۵۴	۴۸	۲
۶۳	۵۷	۵۱	۴۵	۳
۶۰	۵۴	۴۸	۴۲	۴
۵۳	۴۷	۴۱	۳۵	۸
۴۷	۴۱	۳۵	۲۹	۱۶



**۱-۱۵) تعریف آلودگی صوتی:**

تعریف اول: هر صوت ناخواسته ای که در زمان و مکان نامناسب ایجاد می شود آلودگی صدا نام دارد. این تعریف احساسی ترین و غیر علمی ترین تعریف بود که سلیقه ای می باشد. تعریف دوم: آلودگی صدا فرآورده فرعی است از تبدیل انرژی در فرآیندهای مختلف یعنی اگر هر پروسه ای را در نظر بگیریم یک انرژی اولیه وارد سیستم شده و در نهایت محصول تولید می شود شایان ذکر است که انرژی اولیه صد در صد به کار انتهایی تبدیل نمی شود بلکه در این مراحل مقداری از آن تلف می شود که شکلی از آن صدا می باشد. مانند گردش چرخ ماشین و یا پروانه موتور.

تعریف سوم: صدا محصول کار است ولی زمانی که این محصول شدتی بیش از حد مجاز داشته باشد به آلودگی صدا تبدیل می گردد ( ۹ ) .