

علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره نهم، شماره چهارم، زمستان ۸۶

## اندازه‌گیری و مدل سازی تراز معادل صدا ( $L_{eq}$ )<sup>۱</sup> و تعیین نقاط بحرانی<sup>۲</sup> از نظر آلودگی صوتی (مطالعه موردی در یک کارخانه خودروسازی)

پروین نصیری

استاد دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

حسین مهرآوران

مرکز تحقیقات فیزیک پلاسما ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

روزبه قوسی (مسئول مکاتبات)

عضو گروه مهندسی ایمنی دانشکده مهندسی صنایع ، دانشگاه علم و صنعت ایران

تاریخ دریافت: ۸۵/۱۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۸۵/۹/۱۰

### چکیده

طراحی نامناسب کارگاه های تولیدی، نزدیکی بیش از حد ماشین آلات به یکدیگر، استهلاک بالای دستگاه های تولیدی، عدم اعمال مدیریت کارا در نگهداری و تعمیرات ماشین آلات، فرآیندهای تولید و سایر عوامل مرتبط، افزایش ترازهای صدا در سالن های تولیدی را به دنبال خواهد داشت.

در این مقاله نتایج حاصل از اندازه‌گیری ترازهای صوتی ماشین آلات در فرکانس های اکتاوباندی، نقشه صوتی و کانتورهای رنگی ناشی از مدل سازی آن ها ارایه شده و سپس نقاط بحرانی سالن از نظر آلودگی صوتی و میزان خطای نرم افزار با استفاده از اندازه گیری میدانی تعیین شده و در نهایت راهکارهای کنترلی مناسبی با عنایت به نوع فرآیندهای تولید، شکل و ابعاد سالن و دستگاه ها و سایر عوامل مرتبط ارایه می گردد .

بدیهی است با انجام مدل سازی، ضمن تعیین دقیق نقاط بحرانی می توان با ارایه راهکارهای کنترلی مناسب در جهت کاهش تراز صوتی آن نقاط گام‌های مؤثرتری برداشت.

واژه های کلیدی: تراز معادل صدا، نقاط بحرانی، نقشه صوتی، مدل سازی صدا، موانع صوتی، حفاظ آکوستیکی، منبع صوتی

## مقدمه

پس از مقایسه میزان صدای منتشره با استانداردهای صدا، در صورتی که ترازهای صوتی پایین تر از حدود آستانه های مجاز باشد، مشکل خاصی وجود ندارد و عملاً ورود به مرحله چهارم منتفی است. اما در صورتی که میزان شدت ترازهای صوتی فراتر از آستانه های مجاز باشد در این زمان باید وارد **مرحله چهارم** و انجام اقدامات اصلاحی مدیریتی و مهندسی کنترل صدا شد (۲).

در خصوص اقدامات مدیریتی و اجرایی می توان به گردش شغلی<sup>۲</sup> کارگران بر روی دستگاه های پر صدا، مدیریت تعمیر و نگهداری کارآمد به منظور جلوگیری از ایجاد ترازهای صوتی بالا، خرید ماشین آلات کم صدا و انتقال دستگاه های پر صدا به سالن های دیگر اشاره کرد.

در خصوص اقدامات فنی و مهندسی می توان به طراحی موانع و حفاظ های صوتی، مافلرها و استفاده از مواد جاذب و ایزولان اشاره نمود (۳).

هدف استفاده از حفاظ های صوتی<sup>۳</sup>، کاهش تراز صوتی خروجی از حفاظ و کاهش میزان مواجهه صوتی کارگر می باشد. چنانچه میزان کاهش صوتی حدود ۱۵ تا ۲۰ دسیبل آ مورد نیاز باشد، استفاده از حفاظ صوتی می تواند به عنوان یک راه حل عملی مد نظر قرار گیرد (۴ و ۱).

**حفاظ های صوتی** شامل دو قسمت می باشند: ۱- موانع صوتی ۲- لایه جاذب صوت داخل حفاظ

موانع صوتی با چگالی بالا از جمله موادی مثل بتون، فولاد، دیوار گچی و تخته های چند لایه به علت فقدان وجود خلل و فرج بازتاب دهنده های خوبی برای انرژی صوتی برخوردارند. محسوب می گردند. در مقابل مواد جاذب آکوستیکی همانند پشم شیشه با توجه به وجود خلل فرج زیاد به عنوان جاذب صوت خوب و موانع صوتی ضعیف محسوب می گردند (۵، ۶ و ۷).  
سطح بیرونی حفاظ از ورقه های فولادی آکوستیکی

صدا<sup>۱</sup> یا همان صوت ناخواسته به عنوان یکی از مهم ترین عوامل فیزیکی زیان آور محیط های کار در اکثریت واحدهای تولیدی مطرح بوده و مشکلات بسیار زیادی را برای کارگران صنایع ایجاد می نماید.

در صورتی که میزان شدت صدا بیش از حد آستانه های مجاز باشد، نه تنها کاهش قدرت شنوایی، افزایش فشار خون، سردرد، خستگی، تندمزاجی و عصبانیت کارگران را باعث می شود، بلکه با توجه به افزایش تراز صوتی در سالن، ضمن افزایش میزان خطاهای انسانی، موجبات افزایش حوادث ناشی از کار و کاهش بهره وری در تولید را به دنبال خواهد داشت (۱).

زمانی که متخصصان و مهندسان کنترل صدا بخواهند محیطی را از نظر میزان مخاطره آمیز بودن صدا مورد ممیزی و تجزیه و تحلیل قرار دهند، بایستی **چهار** مرحله کاملاً مجزا را طی می کنند:

۱- شناسایی مشکل صدا (به صورت کیفی)

۲- اندازه گیری میزان صدا

۳- مقایسه با استانداردهای صدا (ACGIH, NIOSH, OSHA, ISO)

۴- اقدامات مهندسی و مدیریتی کنترل صدا (در صورت بالاتر بودن از حدود آستانه های مجاز)

به منظور ارزیابی کیفی صدا در هر واحد صنعتی کافی است که با یک کارگر در هر سالن تولید صحبت کنیم. اگر بتوان با هر فردی در فاصله یک متری به راحتی صحبت نمود، احتمالاً صدا در آن مکان به اندازه ای نیست که سیستم شنوایی انسان را تخریب نماید. برعکس چنانچه برای صحبت کردن و شنیدن صدای فرد مقابلمان مجبور باشیم در فاصله نزدیک (بین ۲۰ تا ۴۰ سانتی متر) فریاد بزنیم، صدا در این مکان بالاتر از استانداردهای مجاز بوده و احتمالاً می تواند باعث کاهش شنوایی کارگران شود. در این شرایط لازم است وارد **مرحله دوم** شده و با استفاده از تجهیزات مناسب، ترازهای صوتی را دقیقاً اندازه گیری، و در فرکانس مرکزی اکتاوباندی تحلیل نمود.

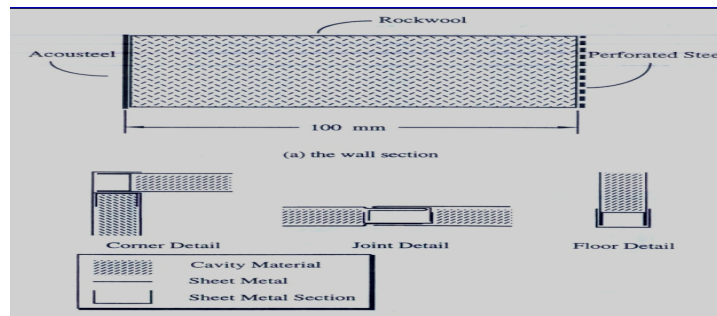
## 2- Job Rotation

۳- حفاظ هایی صوتی اتاقک های هستند که منبع صوت را در بر می گیرند.

## 1- Noise

۳۰٪ فضای باز استفاده می شود. در شکل ۱ به طور شماتیک ملحقات و سازه حفاظ نمایش داده شده است.

با ضخامت ۰/۸ میلی متر ساخته می شود. داخل حفره توسط مواد جاذب همانند پشم سنگ با ضخامت ۱۰۰ میلی متر و سپس از ورقه فولادی مشبک با ضخامت ۰/۶ میلی متر و با



شکل ۱- نمودار شماتیک ساخت حفاظ صوتی شامل بخش دیواره،

جزئیات کف، اتصالات و گوشه های حفاظ (۶)

پشم شیشه با ضخامت یک اینچ با روکش های مقاوم پوشانده می شود (۴ و ۹).

سازمان HSE استرالیا چندین مطالعه موردی را در خصوص کاهش صدای پانچ پرس های اتوماتیک انجام داده است. در این مطالعات اشاره شده است که با استفاده از حفاظ های نواری شکل از جنس P.V.C در اطراف پرس می توان کاهش صوتی به میزان ۱۰ دسیبل آ را انتظار داشت (۱۰).

پرده هایی از جنس پلی وینیل کلرایدها با ضخامت حداقل یک چهارم اینچ (حدود ۷ میلی متر) و هم پوشانی ۵۰٪ می تواند کاهش صوتی حدود ۱۰ دسیبل آ را ایجاد نماید. بدیهی است که میزان کاهش صدا تابعی از دو پارامتر ضخامت نوار و میزان هم پوشانی بین نوارها می باشد که با افزایش ضخامت و درصد هم پوشانی بالاتر کارایی بهتری از این سیستم را می توان انتظار داشت.

ترازهای صوتی در داخل حفاظ توسط سازه فلزی حفاظ به میزان بالایی بازتاب می یابد که این مقدار می تواند تا ۲۰ دسیبل آ نیز افزایش یابد. به همین دلیل لازم است سطح داخلی حفاظ ها با استفاده از مواد جاذب صدا پوشانده شود. مثلا از مواد جاذب صوت رایج که در ساخت حفاظ ها مورد استفاده قرار می گیرد می توان به پشم معدنی، فیبرگلاس و مواد فوم شکل اشاره نمود (۵).

سازمان NOHSC<sup>۱</sup> استرالیا در یک مطالعه موردی صدای دو پرس ۲۰۰ و ۲۰۰۰ تن را با طراحی حفاظ صوتی کامل و با استفاده از لایه های متعددی به قرار ذیل کنترل نموده است (۷ و ۸).

۱- فوم آکوستیکی جاذب صوت از جنس پلی اورتان

۲- ورقه سربی با ضخامت ۰/۴ میلی متر (۰/۱۶ اینچ)

۳- لایه پشم شیشه با ضخامت ۷۶ میلی متر

۴- روکش پشم شیشه مقاوم در مقابل حلال های صنعتی

پانل های حفاظ صوتی استاندارد را می توان از ورق های فلزی ga-۱۶ با مواد میرا کننده داخلی تهیه نمود. سطح داخلی سازه های فلزی با مواد آکوستیکی فوم مانند، همانند

در مورد پرس پانچ های با تغذیه دستی و اتوماتیک نواری شکل در کاهش ترازهای صوتی منتشره توسط آن ها مورد بررسی قرار گرفته است.

طراحی و نصب حفاظ های آکوستیکی و پوشاندن کامل پرس و یا مجموعه ای از پرس ها که به صورت گروهی و سری کار می کنند، می تواند در کاهش اصوات منتشره از ماشین آلات مذکور موثر باشد. ضمناً نصب حفاظ های نسبی در نزدیکی و اطراف ماشین آلات، می تواند در کاهش ترازهای صوتی موثر باشد. در بعضی از مواقع استفاده از حفاظ های صوتی کامل و محصور نمودن تمام دستگاه در صورتی که با توجه به فرآیندهای تولید لازم باشد تا فرد بتواند در زمان های لازم بلافاصله به دستگاه دسترسی داشته و نظارت و بازرسی مورد نیاز را انجام دهد، می تواند مشکلاتی را به وجود آورد. در این شرایط پیشنهاد می گردد با توجه به میزان شدت صدا و فرکانس های بحرانی تولید شده دستگاه، و با استفاده از حفاظ های نسبی و همین طور مواد جاذب مناسب از انتشار صدای مستقیم دستگاه و افزایش ترازهای صوتی سالن موردنظر جلوگیری شود. لازم به توضیح است که موانع، حفاظ ها و همین طور پرده های صوتی به آسانی می توانند از عبور اصوات با فرکانس بالا جلوگیری نمایند، اما در مورد ممانعت از عبور اصوات با فرکانس های پایین بسیار ضعیف هستند و این مسأله به علت بزرگی طول موج این اصوات می باشد. برای رفع این مسأله پیشنهاد می گردد تا با استفاده از مواد جاذب با جنس و ضخامت مناسب بتوانیم، از عبور اصوات با فرکانس های پایین نیز جلوگیری شود.

حفاظ های ایمنی (Safety Guarding) با هدف ایمن سازی دستگاه های با پتانسیل خطر مورد استفاده قرار می گیرد. اما از آنجا که این وسایل با ورقه های سربی و مواد جاذب صوت به شکل حفاظ های نسبی مورد استفاده قرار می گیرد، می تواند ضمن جلوگیری از دسترسی و ورود دست کارگر به منطقه خطر به عنوان حفاظ های صوتی عمل نموده و از انتشار اصوات مستقیم دستگاه جلوگیری کند و باعث کاهش ترازهای صوتی ماشین موردنظر شود. لازم به توضیح است که اعمال روش های کنترل صدا به صورت طراحی و نصب موانع

استفاده از این سیستم در مورد ماشین آلاتی که لازم است در مواقع خاصی دسترسی سریع به دستگاه امکان پذیر باشد، در واقع نمی توان آن ها را به طور کامل توسط حفاظ های صوتی محصور نمود، مورد توجه قرار می گیرد. در مطالعات دیگر این سازمان، استفاده از حفاظ های آکوستیکی در خصوص پرس های با سرعت بالا که در صنایع ساخت موتورهای صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد، پیشنهاد شده است. به عبارت دیگر می توان با استفاده از حفاظ های آکوستیکی کاهش صوتی حدود ۳۰ دسیبل آ را در مورد تجهیزات مولد صدا انتظار داشت. استفاده از ناودانی های فلزی به عنوان وسایل انتقال فرآورده و ضایعات ناشی از تولید در بسیاری از کارخانجات صنعتی حایز اهمیت می باشد. پوشاندن داخل این ناودانی ها با مواد میرا کننده چون لاستیک می تواند کاهش صوتی حدود ۱۵ دسیبل آ را باعث گردد. یکی از مهم ترین عواملی که افزایش ترازهای صوتی داخل سالن های تولید را باعث می شوند، برخورد اجسام فلزی به یکدیگر است. در واقع با استفاده از مواد ایزولان به عنوان روکشی بر روی سطح داخلی ناودانی های انتقال دهنده فرآورده ها و ضایعات می توان تا میزان قابل توجهی از برخورد مستقیم فلزات و افزایش ترازهای صوتی جلوگیری نمود (۱۰).

در مطالعات موردی دیگر صدای پرس های ۴۰ تا ۱۲۰ تن را با استفاده از پرده های آکوستیکی متحرک و جداسازی ماشین آلات از یکدیگر امکان پذیر نمودند.

روکش آکوستیکی پرده ها از مواد جاذب صوت همانند پشم معدنی با ضخامت ۵۰ میلی متر و با چگالی ۴۵ کیلوگرم بر متر مکعب بر روی ورقه های فولادی مشبک گالوانیزه ساخته می شود. این پرده ها با ارتفاع ۱ تا ۴ متر از سطح زمین باعث کاهش اصوات مستقیم منتشره بین دستگاه ها می شوند. به عبارت دیگر قرار دادن ماشین آلات و دستگاه های پر صدا در پشت یک مانع صوتی باعث ایجاد محیطی آرام در پشت مانع می گردد که از آن تحت عنوان سایه آکوستیکی<sup>۱</sup> نام می برند (۱۱).

در مطالعه دیگری استفاده از حفاظ های آکوستیکی

به عبارت دیگر تراز صوتی کلیه ماشین آلات مولد صدای سالن مورد مطالعه به همراه اطلاعات دیگر به نرم افزار وارد گردد، با استفاده از نقشه صدا به همراه کانتورهای رنگی می توان از وضعیت صوتی هر نقطه از سالن مورد نظر مطلع گردید.

### انتخاب سالن تولیدی مناسب به منظور مطالعه و تحقیق

صدا به عنوان یکی از عوامل فیزیکی زیان آور در اکثریت سالن های تولیدی شرکت شامل پرس، مونتاژ، بدنه، رنگ و طراحی قالب وجود دارد، اما از آنجایی که نرم افزارهای مدل ساز صدا تنها توانایی دریافت اطلاعات منابع صوتی ثابت<sup>۱</sup> را داشته و فقط در این شرایط است که می توانند در خصوص وضعیت و میزان ترازهای صوتی در نقاط مختلف سالن اظهار نظر نمایند، به همین منظور سالن پرس به عنوان مکان مطالعه و تحقیق در نظر گرفته شد. در سایر سالن های تولیدی، اکثریت منابع مولد صدا بیشتر از نوع متحرک<sup>۲</sup> بودند و با توجه به تنوع عملیات صنعتی انجام شده و تولید اصوات متغیر<sup>۳</sup> نمی توان از نرم افزار مدل ساز برای پیش بینی وضعیت آلودگی صوتی در این نوع سالن ها استفاده نمود.

### جمع آوری اطلاعات

پس از تعیین محل مورد تحقیق، قدم بعدی جمع آوری اطلاعات فنی لازم به منظور اندازه گیری و آماده سازی اطلاعات مورد نیاز جهت ورود به نرم افزار می باشد. در این مرحله ابتدا کلیه فرآیندهای تولید در این سالن مورد بررسی قرار گرفته و اطلاعات مختلفی اعم از طول، عرض و ارتفاع سالن، ارتفاع و مساحت ماشین آلات، تعداد و زمان شیفت های کاری، ساعت کار مفید ماشین آلات به همراه نقشه های اسکن شده سالن جهت ورود به نرم افزار آماده می گردد.

و حفاظ های صوتی کامل در اطراف می شوندی پرصدا گاهی از نظر اجرایی امکان پذیر نیست و شاید بهتر باشد که کلیه منابع تولید کننده صدا در یک دستگاه به طور کامل شناسایی شده و با استفاده از حفاظ های صوتی نسبی تک تک آن منابع تحت کنترل قرار گیرد (۱۲ و ۱۳).

### روش بررسی

در این مطالعه یکی از سالن های تولید کارخانجات خودروسازی کشورمان به عنوان مکان تحقیق و بررسی انتخاب شد، ترازهای صوتی تولید شده توسط ماشین آلات مستقر در آن محل اندازه گیری و سپس با استفاده از نرم افزار مدل ساز Predictor مدل ۷۸۱۰ نقشه صوتی سالن مورد مطالعه تهیه گردید، و با استفاده از آن می شوند و تجهیزات پرصدا و مناطق بحرانی سالن از نظر آلودگی صوتی تعیین شده و برای رفع مشکل صدا روش های کنترلی مناسب ارایه گردیده است. ضمناً با اندازه گیری های تصادفی در نقاط مختلف سالن میزان خطای نرم افزار در این تحقیق نیز تعیین شده است. اما هدف اصلی در این مطالعه تعیین نقاط بحرانی سالن از نظر آلودگی صوتی و ارایه پیشنهادات اصلاحی مناسب می باشد.

### ضرورت انجام مطالعه و بررسی

هزینه های بسیار سنگین اندازه گیری های میدانی و پایش محیطی در واحدهای صنعتی و همین طور وسعت زیاد سالن های تولیدی، استفاده از نرم افزارهای مدلسازی را بیش از پیش حمایت می نماید.

در صورتی که بخواهیم در خصوص میزان آلودگی صوتی نقطه ای در داخل یک سالن تولیدی و یا محلی در داخل یک شهر و یا در مجاورت یک بزرگراه اظهار نظر نماییم، مجبور هستیم به مدت بسیار طولانی تراز سنج صوتی را در آنجا قرار داده و وضعیت و میزان آلودگی صوتی آن را به صورت کاملاً مرتب ثبت نماییم و در نهایت در صورتی که این اطلاعات به طور کامل تهیه گردد، شاید بتوان تنها در خصوص وضعیت صوتی محدوده کوچکی از اطراف آن محل اظهار نظر نمود. اما با استفاده از نرم افزار مدل ساز در صورتی که این اطلاعات و یا

1- Stationary Source  
2- Mobile Source  
3- fluctuating Noise

## اندازه گیری صدا

به منظور اندازه گیری صدا می توان از استانداردهای معتبر ANSI [S1.4-1971(R1976) یا S1.4-1983] استفاده نمود. تراز صوتی منتشره ماشین آلات فعال در سالن پرس در فاصله یک متری، در تراز A و به صورت تراز صدای معادل توسط دستگاه تراز سنج صوت<sup>۱</sup> (CEL440) اندازه گیری می گردد. تعیین میزان تراز صوتی تولیدی حاصل از هر دستگاه و تجزیه و تحلیل آن در فرکانس های اکتاوباندی به منظور اطلاع از فرکانس و یا فرکانس های بحرانی هر دستگاه و تعیین روش کنترل صدا امری ضروری است (۱ و ۱۴).

### آماده سازی و ورود فایل های نقشه ای، اطلاعات اندازه گیری های میدانی و شرایط جوی محیط کار به نرم افزار مدل ساز و تهیه نقشه صوتی به همراه کانتورهای رنگی:

در این مرحله نقشه سالن پرس، حاوی دستگاه های فعال مولد صدا به همراه مختصات هر دستگاه شامل طول، عرض و ارتفاع سالن و سایر اطلاعات مربوطه، به شکل فایل های نقشه ای و اطلاعات اندازه گیری ترازهای صوتی تولیدی کلیه ماشین آلات به صورت تراز توان صوت، و مقادیر فشار جوی، درجه حرارت و رطوبت نسبی محیط کار وارد نرم افزار مدل ساز می شود. این اطلاعات به نرم افزار مدل ساز کمک کند تا با آگاهی از مختصات ابعادی سالن مورد مطالعه و منابع مولد صدا، ضمن بررسی تعامل بیرونی می شوند بر روی یکدیگر، با رسم نقشه های صدا، دامنه انتشار صدا در سالن را به صورت کانتورهایی با رنگ های متنوع نمایش دهد.

### نتایج حاصل از اندازه گیری ترازهای صوتی ماشین آلات فعال مولد صدا:

ترازهای معادل صوتی کلیه ماشین آلات مولد صدا با استفاده از ترازسنج صوت CEL 440 اندازه گیری و در فرکانس های اکتاوباندی تجزیه و تحلیل شده و سپس با منحنی استاندارد صوتی (OSHA-90 dBA) مورد مقایسه قرار گرفته و در نمودار ۱ ارایه شده است.

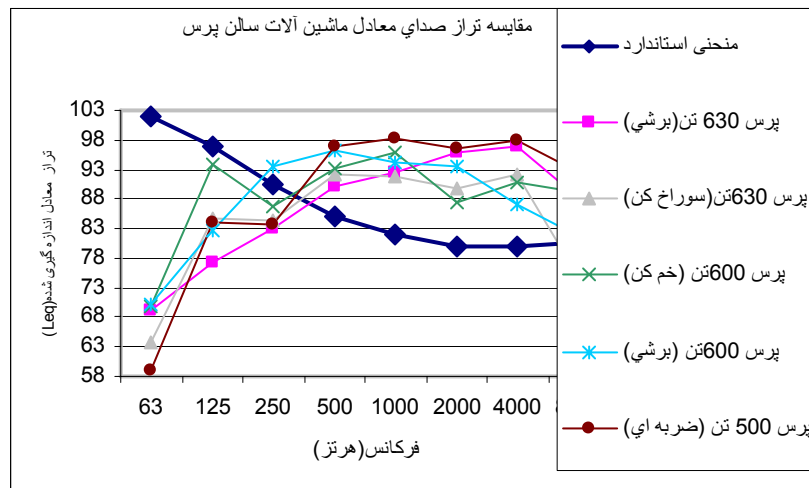
همان طوری که در نمودار ۱ ملاحظه می شود، در پرس ۶۳۰ تن (کششی) ترازهای صوتی فرکانس های ۲۰۰۰ تا ۸۰۰۰ ، پرس ۶۳۰ تن (برشی) ترازهای صوتی فرکانس های ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰، پرس ۶۳۰ تن (سوراخ کن) تراز صوتی فرکانس ۴۰۰۰، پرس ۶۰۰ تن (خم کن) ترازهای صوتی فرکانس های ۱۰۰۰ و ۴۰۰۰، پرس ۶۰۰ تن (برشی) تراز صوتی فرکانس ۲۰۰۰ و در پرس ۵۰۰ تن ضربه ای ترازهای صوتی فرکانس های ۱۰۰۰ تا ۸۰۰۰ هرتز بالاتر از خط استاندارد قرار داشته، و ترازهای صوتی سایر فرکانس ها در وضعیت مطلوب می باشد.

مطابق نمودار ۱ ترازهای فرکانس های پایین (کمتر از ۱۰۰۰ هرتز) دستگاه های سالن مورد مطالعه، پایین تر از حد آستانه های مجاز قرار داشته و برعکس فرکانس های بالا (بین ۱۰۰۰ تا ۸۰۰۰ هرتز) بالاتر از حد آستانه های مجاز می باشد. لازم به ذکر است که آستانه شنوایی در مورد فرکانس های بالا (اصوات زیر) بر خلاف فرکانس های پایین (اصوات بم) بسیار پایین بوده و این در حالی است که فرکانس های بالا با توجه به ماهیت زیر بودن صدا، تاثیرات فیزیولوژیک بسیار شدیدتری نیز خواهد داشت.

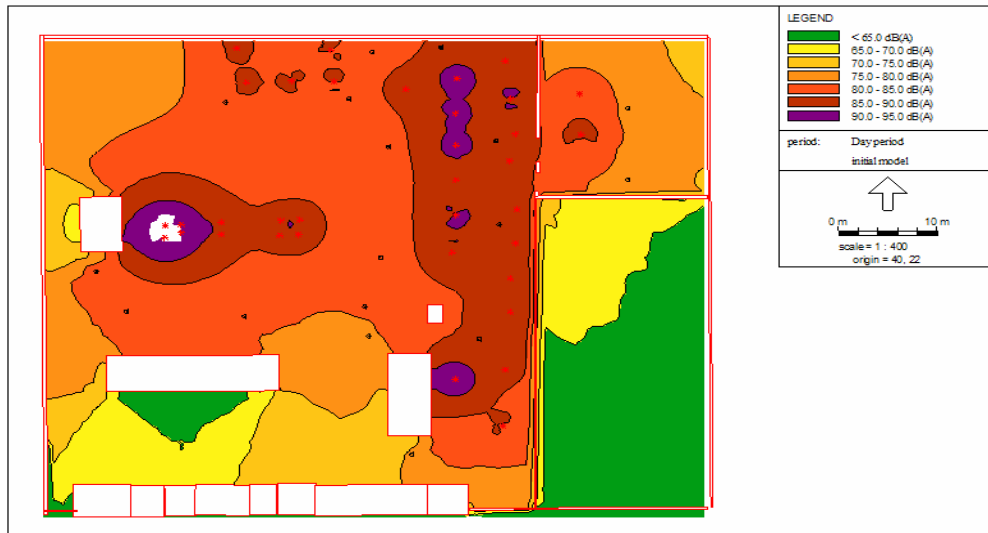
### نتایج حاصل از پردازش نرم افزار مدل ساز به صورت

#### نقشه صوتی<sup>۲</sup> به همراه کانتورهای رنگی:

در این قسمت در شکل شماره ۲ نمونه ای از نقشه صوتی به همراه کانتورهای رنگی که توسط نرم افزار فوق تهیه شده است، نمایش داده می شود.



نمودار ۱ - مقایسه تراز معادل صوتی ماشین آلات سالن پرس با تراز صوتی استاندارد



شکل ۲ - نقشه صوتی نرم افزار مدل ساز

افزار فوق که بر اساس تراز صدای معادل و به صورت کانتورهای با رنگ های متنوع طراحی شده است، می توان سالن های تولیدی مختلف را تحت ارزیابی صوتی و مطالعه دقیق قرار داد. با بررسی و ارزیابی نقشه های فوق می توان به راحتی در خصوص مناطق بحرانی موجود در هر سالن تولیدی، نحوه میزان انتشار آلودگی صوتی در سالن و تعیین کارگران در معرض خطر و ماشین آلات پر صدا اظهار نظر نمود. ضمناً با استفاده از این نرم افزار می توان در کوتاه ترین زمان ممکن و با هزینه بسیار کمتر نسبت به اندازه گیری های میدانی،

همان طوری که ملاحظه می شود وضعیت دامنه انتشار صوتی در داخل سالن های تولیدی به صورت نقشه های صدا و با استفاده از کانتورهایی با رنگ های متنوع نمایش داده می شود.

به طور مثال رنگ سبز نماینگر اصوات با ترازهای صوتی زیر ۶۵ دسیبل آ، رنگ زرد نماینگر اصوات با تراز صوتی ۶۵ تا ۷۰ دسیبل آ و رنگ بنفش نماینگر اصوات با تراز صوتی ۹۰ تا ۹۵ دسیبل آ می باشد. با بهره مندی از این نقشه های صوتی پیشنهادی نرم

محدوده اطراف کلیه قیچی ها و پرس های کوچک نیز دارای ترازهای صوتی بین ۸۵ تا ۹۰ دسیبل می باشد. تعیین مناطق بحرانی و ماشین آلات پر صدا را در شناسایی محدوده های پرخطر از نظر آلودگی صوتی و تعیین کارگران در معرض خطر یاری می نماید

نتایج مقایسه اعداد اندازه گیری میدانی و برآورد شده

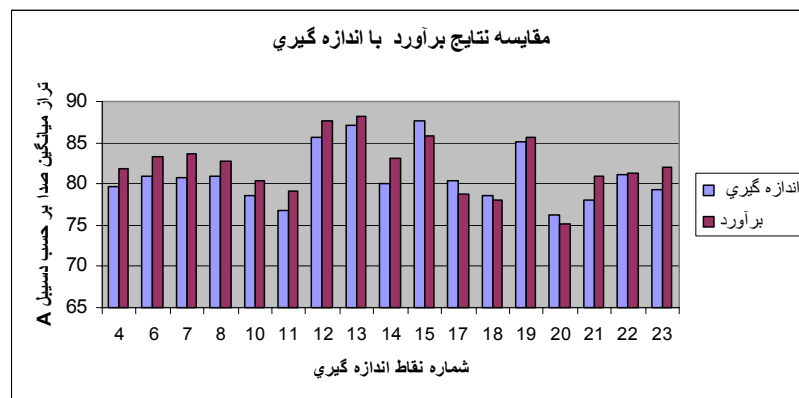
#### مدل جهت تعیین خطای نرم افزار

با قرار دادن ۱۷ گیرنده، یا نقاط اندازه گیری به صورت کاملا تصادفی و تعیین تراز صدا در آن نقاط، و سپس مقایسه این مقادیر با مقادیر برآورد شده، میزان خطای نرم افزار Predictor در این سالن تعیین گردید. نتایج حاصل از مقایسه اعداد مذکور در نمودار ۲ و جدول ۱ ارائه شده است.

وضعیت انتشار آلودگی صوتی در هر نقطه از سالن تولیدی را تعیین و مشخص نمود.

با بررسی و مشاهده نقشه صوتی پیشنهادی برای سالن پرس متوجه می شویم که کانتورهای با رنگ های قرمز، قهوه ای و بنفش که خود نماینده های ترازهای صوتی بالا می باشند، به ترتیب افزایش تراز صدای معادل منطقه موردنظر و عبارت دیگر بحرانی بودن محیط از نظر آلودگی صدا را نمایش می دهند.

کانتورهای با رنگ بنفش در اطراف ماشین آلات پرصدا تر مشاهده می شود. زمانی که از دستگاه های پر صدا دور می شویم و یا عبارت دیگر فاصله ما از این ماشین آلات بیشتر می شود، با توجه به دامنه انتشار صدا کانتورها به رنگ قهوه ای و در نهایت با افزایش بیشتر فاصله به قرمز تغییر رنگ می یابند. محدوده اطراف مجموعه پرس ها دارای تراز صوتی بین ۸۵ تا ۹۰ دسیبل آ بوده و این حاکی از آن است که اکثریت پرس ها ترازهای صوتی بالایی را تولید می نمایند. ضمناً



نمودار ۲ - مقایسه نتایج اندازه گیری میدانی با مقادیر برآورد شده



جدول ۱ - تعیین میزان انحراف و خطای نرم افزار مدل ساز

میزان خطا (dBA)	برآورد شده (dBA)	اندازه گیری شده (dBA)	شماره نقطه اندازه گیری شده
2.2	81.8	79.6	4
2.4	83.3	80.9	6
3	83.7	80.7	7
1.8	82.7	80.9	8
1.9	80.4	78.5	10
2.3	79.1	76.8	11
2	87.6	85.6	12
1	88.1	87.1	13
3.1	83.2	80.1	14
-1.8	85.9	87.7	15
-1.7	78.7	80.4	17
-0.6	78	78.6	18
0.6	85.7	85.1	19
-1.1	75.2	76.3	20
2.9	81	78.1	21
0.1	81.3	81.2	22
2.7	82.1	79.4	23
1.2	متوسط خطا		

## منابع

- Noise effect Handbook, USEPA Publication No.500-9-82-106 , 3-1 تا 3-7,1981
- Industrial Noise control Manual. Technical Report, Revised Edition, Noise Publication No.79-117 PP.1-36,1978
- Proposal for new control of at work Regulations Implementing the Physical Agents (Noise) Directives, HSC England, PP. 66-84, 2004
- Power Press Acoustic Cabinet, NoHSC, PP. 1-4, 1999
- Control of shear Cutting Noise – effectiveness of Enclosure, Joseph C.S. Lai, Colin Speakman Hugh M.Williamson, Applied Acoustics, Vol 58,PP.69-84, 1999
- Noise Reduction design of machine and structures, sadhana, Vol, 25, PP. 331-339, Part 3, India, ITMMEC, Indian Institute of Technology, 2000, New Delhi
- Reducing Punch Press Noise, NOHSC Australia, PP. 1-3, 1999
- Punch Press, Noise Technical Report, Noise Publication No. 79-117, PP.161-165, 1978

همان طوری که از جدول ۱ ملاحظه می شود، کمترین و بیشترین میزان انحراف به ترتیب ۰/۱ و ۳/۱ دسیبل آ و خطای کلی نرم افزار Predictor مدل ۷۸۱۰ در این تحقیق ۱/۲ دسیبل آ تعیین گردیده است.

## نتیجه گیری

- برای انتخاب روش های مناسب کاهش آلودگی صوتی، تعیین فرکانس های بحرانی و میزان شدت اصوات منتشره در هر فرکانس الزامی است. این موضوع در انتخاب نوع جاذب و ضخامت بسیار حایز اهمیت می باشد.
- به منظور انتخاب و اجرای روش های کنترل صدا لازم است جمیع موارد فنی و اقتصادی را در نظر گرفت.
- با توجه به هزینه های بسیار سنگین روش های کنترل صدا به نظر می رسد برای شروع در ابتدا از روش های کم هزینه استفاده گردد، شاید بتوان با استفاده از همین روش ها ترازهای صوتی را به میزان آستانه های مجاز رساند.

13. Control of Noise at Power presses, HSE Australia , PP. 1-4, 2002
14. OSHA Technical Manual, U.S. Department of Labor (occupational and health Administration), Section 3, Chapter 5, Noise Measurement, PP. 1-20.
9. Noise control Management, Howard k. Pelton, PP.52-24, 139-145, 1993
10. Reducing Noise from CNC Punch Press, HSE Australia, PP. 1-3. 2002
11. Noise Sound Solution Case studies Controlling noise in a press shop HSE Australia, PP. 1- 4, 2002
12. Noise Sound Solutions Case studies High Speed noise Modifying safety Guarding, HSE Australia, PP. 1-3, 2002