نشریه هنرهای زیبا- هنرهای نمایشی و موسیقی • شماره ۳۸ • پاییز ۱۳۸۸

# بهینه سازی صوتی محیط کار برای کارگران کارخانجات پوشاک با کنترل و هارمونیزه کردن صدای ماشین آلات*

**دکتر محمدرضا آزاده فر****
استادیار دانشکده موسیقی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۷/۱۱/۱۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۸۸/۲/۵)

## چکیده:

این یک پروژه‌ی بین رشته‌ای است که در آن سعی بر کنترل و هارمونیزه کردن نوفه‌ی ماشین آلات در کارخانجات پوشاک می‌شود. در این پروژه یک کارخانه تولید پوشاک در تهران به عنوان پایلوت مورد مطالعه قرار گرفت که در آن صدای ماشین آلات دوخت کنترل و هارمونیزه شد. در انجام این پروژه، اصوات عمومی کارگاه در مجموع و صدای هر ماشین به شکل انفرادی ضبط شد. در اندازه گیری و تحلیل صدا های ماشین آلات در این پروژه همزمان از نرم‌افزار ترسیم و تحلیل اسپکترُم به اضافه‌ی بررسی انطباقی صوت حاصله از ماشین با صوت دیاپازون توسط گوش حساس و پرورش یافته‌ی موسیقی‌دان بهره‌برای شده است. در اندازه‌گیری، به این شکل عمل شده است که ابتدا صوت ضبط شده توسط میکروفون های حرفه‌ای با نرم افزار Transcribe مورد تحلیل قرار گرفته و اسپکترُم پیشنهادی نرم‌افزار با نتیجه‌ی حاصله از بررسی شنیداری و انطباقی با دیاپازون مقایسه شده و نتیجه‌ی نهایی که مورد وفاق هر دو شکل اندازه‌گیری بوده، به عنوان نتیجه‌ی نهایی مبنای صوت پایه‌ی نوفه هرماشین قرار گرفته است. در مرحله‌ی نهایی اصوات پایه در ماشین های مجاور یکدیگر در سالن تولید با استفاده‌از ابزارهای مختلف تغییر داده شده و بر اساس نُت پایه، در فواصل مطبوع قرار داده‌شد.

## واژه های کلیدی:

هنر نوفه، مطالعات بین رشته‌ای موسیقی، موسیقی صنعتی، هارمونی نوین، بهینه سازی محیط کار.

---

* این مقاله نتیجه طرحی پژوهشی با همین عنوان است که در حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه هنر تهران در فاصله سال های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۷ انجام گرفته است. در انجام این پروژه آرش آزاده، کارشناس ارشد آکوستیک به عنوان دستیار همکاری داشته‌اند.

** تلفن: ۰۲۶۱-۲۵۴۴۰۱۳ ، دورنگار: ۰۲۶۱-۲۵۱۱۰۱۳ ، E-mail: azadehfar@art.ac.ir.

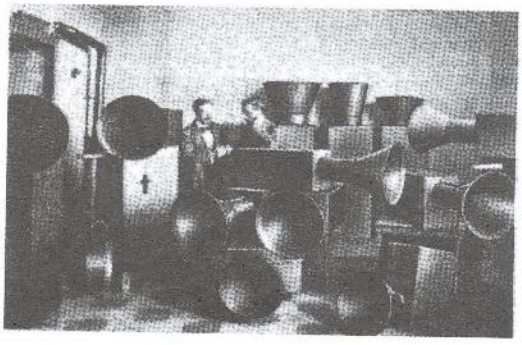
## مقدمه‌ی موسیقی کانکریت

موسیقی کانکریت اصطلاحی است که بطور رسمی نخستین بار در سال ۱۹۴۸ توسط Pierre Schaeffer و Pierre Henry در دراما استودیوی رادیو پاریس تحت عنوان musique concrète استفاده گردید. Pierre Schaeffer که بطور همزمان هم آهنگساز بود و هم مهندس توانست با ضبط صدای طبیعی ماشین آلات صنعتی به خلق موسیقی بپردازد. با این وجود شاید Luigi Russolo را اولین هنرمند سروصدا (noise) بدانند. نظریه وی تحت عنوان L'Arte de Rumori در سال ۱۹۱۳ به این مسئله اشاره داشت که انقلاب صنعتی قوه‌ی انسان قرن بیستم را برای ادراک صداهای پیچده‌تر ارتقاء بخشیده است (Luigi Russolo, 1967). وی در مقدمه‌ی نوشته‌ی خود که پس از تماشای کنسرتی از آثار Balilla Pratella در رم در سال ۱۹۱۳ بوده است، چنین می‌نویسد:

> بالیلا پراتلای عزیز، زمانی که در رُم و در سالن کنستانزی که لبریز از جمعیت بود به همراه دوستان نوگرای خود به موسیقی نوگرای تو گوش می‌کردم، هنری بدیع به ذهنم رسید که تنها کسی چون تو می‌تواند آن را خلق کند. و آن هنر سر و صداها است (the art of noises). این تراوش ذهنی، ناشی از تأثیر مستقیم اجرای اثر دل‌انگیز تو بود. دوران باستان، دوران سکوت بود و در قرن نوزدهم با اختراع ماشین، سر و صداها بدنیا آمدند... (Luigi Russolo, 1967, 4).

Luigi Russolo خود موفق به طراحی و ساخت مولدهای صوتی بنام Intonarumori شد و در ادامه از آنها در قالب ارکستر بهره‌برداری کرد (تصویر ۱).

تحقیق حاضر سعی در آن دارد که در جهت عکس مسیر آهنگسازانی چون آرنولد شوئنبرگ با سروصدا مواجه شود. آنها سعی در آن داشته‌اند که از خصیصه‌ی سازها به عنوان ادوات تولید اصوات تونال و هارمونیک فراتر روند و صداهایی متفاوت با نواهای معمول و سنتی موسیقی تنال و نزدیک تر به سروصداهای محیط ایجاد نمایند (به عنوان نمونه نگاه کنید به " Emancipation of the dissonance" حال آنکه پروژه‌ی حاضر سعی در هارمونیزه کردن صداهای طبیعی ماشین آلات دارد. پس از جنگ جهانی دوم و بدنبال شوئنبرگ آهنگسازان دیگری مانند G.M. Koenig, Iannis Xenakis, و Karlheinz Stockhausen شروع به آزمایش سینتی‌سایزرها، ماشین‌های ضبط، تجهیزات رادیویی و الکترونیکی برای خلق و بهره‌برداری از صدا کردند. با وجود این همه، تلاشی در جهت تغییر، کنترل و مطبوع نمودن سر و صدای ماشین آلات صورت نگرفته است.



تصویر ۱- Luigi Russolo و ارکستر ماشینی وی در ۱۹۱۳ - ماخذ: (عکس Luigi Russolo, 1967, 13)

## مقدمه‌ی ایمنی و سلامتی جسمی و روحی در محیط کار

یکی از مباحثی که در حوزه‌ی بهداشت کار به آن کمتر پرداخت شده‌است، ارجحیت "ارتقاء سلامت" بر "محافظت از سلامت" است. این امر نشانگر آن است که برای داشتن محیط کاری پویا و پرانرژی صرفاً محافظت از وضعیت موجود افراد کافی نیست و ضروری است مدیران در راستای بالا بردن کیفت سلامتی شاغلان زیرمجموعه‌ی خود دارای طرح و برنامه باشند. بیش از یک قرن است که قوانین کار در سراسر دنیا کارفرمایان را موظف به رعایت ایمنی جانی کارگران در محیط کار کرده‌است (Hamilton, 1943). لیکن، نظریه‌های تقدم ارتقاء سلامت بر محافظت از سلامت در حوزه‌ی متفکرین بهداشت کار سابقه چندانی ندارد. یکی از اولین مطالعات دامنه‌دار در این زمینه توسط جمعی از دانشمندان بنام های Thomas Mangione, Diana Chapman Walsh, Susan E. Jennings, Daniel M. Merrigan انجام گرفته است که نتیجه‌ی آن بصورت یک مقاله‌ی مفصل در نشریه‌ی علمی-پژوهشی راهکارهای بهداشت عمومی [جامعه] تحت عنوان "Health Promotion versus Health Protection" در سال ۱۹۹۱ منتشر گردیده‌است. یکی از مباحث بنیادی که در این راستا طرح می‌گردد، ارزش افزوده‌ی چشمگیری است که در صورت ارتقاء سلامت کارکنان برای کارگاه های خرد و کلان بطور مستقیم و برای کل جامعه بصورت غیر مستقیم به ارمغان خواهد آمد. این درحالی است که یکجا نگهداشتن شرایط سلامت کارگر بدون پرداختن به ارتقاء آن خود هزینه‌های سنگینی دارد. کار Walsh و همکارانش به روش تحقیق میدانی و براساس پرسشنامه‌ی مطولی بالغ بر ۳۵ صفحه و مشتمل بر ۱۷۰ مورد سؤال بر روی یک جامعه‌ی آماری ۲۷۰۹ نفری انجام گرفت. در این سؤالات دو عامل اصلی باهم مقایسه شدند: مخاطرات محیط کار و مخاطرات در زندگی شخصی. از مجموعه عوامل نخست (مخاطرات محیط کار) محرک هایی چون

غبارهای خطرناک فلزات و مواد دیگر، استنشاق و تماس با مواد شیمیایی، آلودگی صوتی، شرایط قرارگرفتن در محل های خطرناک، وضعیت نامناسب بدن در زمان انجام کار، نور نامناسب، و غیره اندازه‌گیری و بررسی گردید و از مجموعه عوامل مؤثر در بهداشت شخصی مواردی چون مصرف سیگار، الکل، مواد مخدر، اضافه وزن و عادات بد رانندگی مورد مطالعه قرارگرفت. بر اساس نتایج حاصله از این تحقیق در جامعه‌ی آماری فوق، ۲۴٪ افراد از ریسک مخاطرات محیط کار، ۱۴٪ از مخاطرات بهداشت شخصی و ۱۴٪ آنها بطور همزمان از خطرات هردو عامل در برخوردار بودند. این مسئله مبین آن است که مجموعاً حدود ۵۲٪ افراد تحت خطر هستند و هر تلاشی که برای پایین آوردن ضریب خطرپذیری کلی کارکنان انجام بگیرد، نمی‌تواند صرفاً به کم کردن یکی از این دو نوع محرک ها بپردازد. بر اساس این تحقیق آلودگی صوتی با ۷۵/۶٪ بالاترین ضریب خطر آفرینی و رتبه اول را بین مخاطرات محیط کار دارد و مصرف سیگار با ۶۲/۴٪ رتبه اول را در گروه خطرات شخصی نشان داد.

براساس پژوهش فوق آلودگی صوتی و مصرف سیگار بالاترین رتبه را در مخاطرات دامنگیر کارگران دارد. اما، آنچه تا سال ها دور از انتظار بود، تأثیر کشیدن سیگار بر روی افزایش ریسک کم شنوایی کارگران در معرض آلودگی صوتی بود.

بررسی ارتباط باورنکردنی مصرف سیگار و از دست دادن توانایی های شنوایی کارگران، نخستین بار توسط Weiss در مقاله‌ای تحت عنوان How Smoking Affects Hearing در سال ۱۹۷۰ مورد بررسی قرار گرفت و پس از آن تحقیقات متعددی در این زمینه طراحی و صورت یافت که می‌توان آزمایشات گسترده‌ی گروه شش‌نفره محققین دانشگاه Wisconsin به سرپرستی Karen Cruickshanks اشاره کرد که نتایج آن تحت عنوان "Cigarette Smoking and Hearing Loss: The Epidemiology of Hearing Loss Study" در نشریه American Medical Association در سال ۱۹۹۸ منتشر گردید، اشاره کرد. این مطالعه که بر روی ۳۷۵۳ نفر انجام گرفت، نشان داد که افراد سیگاری در معرض آلودگی‌های صوتی ۱/۶۹ برابر بیش از سایرین دچار کم‌شنوایی می‌شوند. آخرین گروهی که در این زمینه مطالعه نموده، گروهی از دانشمندان ایرانی هستند که نتیجه‌ی مطالعه آنها تحت‌عنوان Interaction of smoking and occupational noise exposure on hearing loss: a cross-sectional study در نشریه‌ی BMC Public Health در سال ۲۰۰۷ انتشار یافت که مبین نتایج نسبتاً مشابهی با کار صورت گرفته توسط Cruickshanks و همکارانش است.

تعداد کارگران در معرض آلودگی صوتی ناشی از محل کار بر اساس برآورد Alberti در مقاله‌ی "Noise the most Ubiquitous Pollutant" در سال ۱۹۹۸ بالغ بر ۶۰۰ میلیون نفر بوده‌است (Alberti, 1998, 3). این تعداد طبعاً پس از گذشت بیش از ده سال چندین میلیون افزایش یافته است. این رقم نشان دهنده ضرورت جهت گیری بیشتر مطالعات برای ارتقاء کیفیت زندگی این قشر عظیم از جامعه‌ی بشری است که در نقاط مختلف عالم در رنج هستند. از آنجایی که بیشتر تحقیقات قبلی موضوع آلودگی صوتی را از لحاظ کمی مورد مطالعه قرار داده و سعی در کم کردن آن داشته است (نگاه کنید به عنوان نمونه به دستور العملی ملی ایالات متحده تحت عنوان Guide Lines for the Specification Of Noise of New Machinery که در سال ۱۹۹۲ تدوین و تحت عنوان ANSI S12.16 منتشر گردید. اگرچه در وحله‌ی نخست این شدت بالای نوفه‌ها است که باعث آزار گوش می‌شود و به هر صورت نباید این شدت که بر حسب دسی‌بل محاسبه می‌گردد به آستانه‌ی دردناکی گوش برسد و مقالات علمی و راهکارهای عملی زیادی برای کاهش این شدت تاکنون ارائه شده است. پروژه‌ی حاضر سعی در بررسی کیفیت صوتی این آلودگی‌ها و کنترل کیفی آنها دارد. این رویکرد در نوع خود رویکردی بدیع است و امید آن می‌رود که دریچه‌ای جدید در ارتقاء کیفت زندگی کارگران در محیط کار ایجاد نماید.

## اقدامات لازم و اولیه قبل از انجام این پروژه

ازجمله اقدامات لازم و اولیه قبل از انجام این پروژه عبارت است کاهش و کنترل صدای ماشین آلات. در واقع این پروژه از نقطعه‌ای آغاز می‌گردد، که این اقدامات صورت گرفته و میزان صداهای مزاحم ماشین آلات، دیگر قابل کم کردن نیست.

به شکل ایده‌آل، مؤثرترین امکان کنترل صداهای مزاحم در وحله‌ی نخست جلوگیری از انتشار آن در فضا است و در این میان خریداری ماشین‌هایی که ضریب صدای مزاحم آنها پائین است بالاترین درجه اهمیت را دارد. پس از آن طراحی و اجرای یک برنامه‌ی همه جانبه جهت کاهش و کنترل صداهای مزاحم است. برای چنین برنامه‌ای عوامل زیادی باید در نظر گرفته شود تا مخاطرات صداهای مزاحم را به حداقل برساند.

بهترین زمان برای طراحی چنین برنامه‌ای مرحله‌ی طراحی کارخانه است. به عبارت ساده‌تر، جابجا کردن وسایل و ماشین آلات بر روی کاغذ بسیار سهل‌تر و کم هزینه تر از زمانی است که آنها نصب شده باشند، و از آن سخت‌تر چنانچه در حال تولید باشند. لیکن چنانچه شخص با موقعیتی مواجه است که ماشین آلات نصب شده و کارخانه در حال تولید است (که در اغلب اوقات چنین شرایطی وجود دارد)، باید توجه داشت که همواره بیش از یک راه برای کاهش و کنترل صدا وجود دارد. لیکن، در مهندسی کنترل صدا شخص ملزم به یافتن مؤثرترین و کم هزینه‌ترین آنهاست. به عبارت دیگر، هر مورد راه حل خود را طلب می‌کند و یک شیوه، قابل تعمیم دان به همه‌ی شرایط نیست.

استانداردهای زیست محیطی، حدود و ضروریات ویژگی‌های صوتی کلی ماشین آلات را تعیین می‌نماید، و کارخانه‌های سازنده موظف به درج مشخصه‌های صوتی هر ماشین و ضمیمه کردن دستورالعمل نصب و راه اندازی صحیح آن برای به حداقل رساندن صدای آن هستند. از این رو مهم است که در زمان طراحی و خرید وسایل هر کارگاه یا کارخانه، کارشناسان صوتی طرف مشورت قرارگیرند و نظر آنها در خصوص انتخاب و خرید مناسب

حتی‌الامکان تأثیر داده شود.

برای داشتن یک برنامه موفق کنترل صدا همکاری واحدهای مختلفی مورد نیاز است. این واحدها شامل مهندسی تولید، دفتر حقوقی، تدارکات و ایمنی کار از یک سو وکلیه کارگران از سوی دیگر است. به عنوان مثال، بخش ایمنی کاری می تواند آخرین استانداردهای زیست محیطی و سلامت کارکنان را در زمینه ی حد مجاز صداها در محیط کار در اختیار قرار دهد و وظیفه اندازه‌گیری شدت صوتی محیط را بر عهده داشته باشد. بخش مهندسی می‌تواند مشخصه‌های فنی ماشین آلات مورد نیاز را تدوین نماید و در انتخاب ماشین آلات با صدای کمتر مشارکت داشته باشد. واحد تدارکات در مورد تنظیم قراردادهای خرید دقت لازم را می نماید و در این زمینه دفتر حقوقی نسبت به اخذ تعهدات لازم در قراردادها مشارکت خواهد داشت. مشارکت همه‌ی واحدها لازم است در کلیه‌ی مراحل از پایه‌گذاری پروژه و تأمین سرمایه آغاز شده و در تمام مراحل طراحی، مزایده‌ها، نصب منصوبات و سپس به عنوان کمیسیون پشتیبانی تولید ادامه یابد.

یکی از مفصل‌ترین دستور العمل‌های کنترل صداهای مزاحم مربوط به توافق نامه‌ی اتحادیه‌ی اروپا شامل دوازده کشور اروپایی است که به سال ۱۹۸۵ تدوین گردید. در این توافق نامه طیف گسترده‌ای از شیوه‌ها و ضروریاتی که در طراحی تجهیزات مورد استفاده قرار می‌گیرد، شرح داده شده است. تا سال ۱۹۹۴ سه شیوه نامه‌ی دیگر نیز به دستور العمل اولیه افزوده گردید.

یکی از ساده‌ترین قوانین برای دنبال کردن، این نکته است که "ماشین‌های با شدت صوتی همسان را کنار هم قرار دهید و بوسیله‌ی دیوارهای حائل صوت از هم دیگر جدا نمایید". بدین ترتیب می‌توان به نسبت تعداد طبقه‌بندی ماشین‌آلات فضاهای چندگانه‌ی پر صدا، با صدای متوسط و کم صدا داشت. مرحله بعدی شناسایی دقیق منابع ایجاد صوت است. در واقع، یکی از حساس‌ترین و پیچیده‌ترین مراحل، یافتن منابع واقعی صوت در یک ماشین است. بطور معمول در کارخانه‌ها ماشین‌ها ابزار مختلف بصورت همزمان با یکدیگر کار می‌کنند که تشخیص منابع ایجاد صوت را مشکل می‌کند. هنگامی که توسط یک دستگاه اندازه‌گیری شدت صدا (Sound Level Metre) صدای محیط اندازه گرفته می‌شود، آن دستگاه مجموع برآیند کلی از فشار صوتی محیط (Sound Pressure level) را ارائه می نماید. در این صورت دستگاه اندازه‌گیری قادر به تشخیص دقیق منابع و سهم هر یک در ایجاد صدا نیست. برای دستیابی به تصویری دقیق از منابع صوتی و سهم هر یک مراحل زیر دنبال می‌شود:

۱. اندازه‌گیری و ثبت منحنی فرکانس صوتی؛
۲. اندازه‌گیری و ثبت فشار صوتی درگستره‌ی زمان؛
۳. مقایسه داده‌ها و یافتن فرکانس صوتی ماشین‌های مشابه یا خطوط تولید مشابه؛
۴. ایزوله کردن قطعات و اندازه‌گیری صدای آنها با خاموش، یا روشن کردن بخش های مختلف ماشین یا با راه های دیگر.

همانگونه که در بالا اشاره شد، در مورد کنترل صدا بهتر است همواره از منبع مولد صدا آغاز کرد. اگر منابع تولید صدا و قطعات مختلف تشکیل شده است، بهترین روش بررسی قطعه به قطعه است. چند راهکار مؤثر برای کنترل و کاهش صدا ذیلاً اشاره می‌شود.

۱. برای کاهش صدای حاصل از برخورد های مکانیکی موارد زیادی قابل پیگری است از جمله: کم کردن فشار برخورد؛ کم کردن فاصله‌ی قطعاتی که به هم برخورد می‌کنند؛ بالانس کردن قطعات چرخنده؛ و فیت کردن قطعات مرتعش.
۲. در مورد صدای حاصله از ارتعاش هوا، در وحله‌ی اول کم کردن شدّت هوا است. در مرحله‌ی بعد استفاده از اگزوز و طولانی کردن لوله‌ی خروجی؛ و در مرحله آخر صدا خفه‌کن‌هاست.
۳. در هنگامی که عامل ایجاد صدا، صفحه ماشین است امکان‌های زیر قابل بررسی است کم کردن فشار ضربه‌ها، کم کردن مساحت صفحه و مساحت عامل برخورد، استفاده از سطوح نیمه‌هادی صوتی و مواد نرم‌تر، استفاده از صدا خفه‌کن و فیلترها.

در شرایطی که منبع اصلی صدا در ماشین به هیچ وجه قابل شناسایی و یا قابل کنترل نباشد دو راه باقی می‌ماند. راه اول اصلاح طراحی در خط تولید یا اصلاح طراحی ماشین است، و راه دوم (در صورت عدم امکان اصلاح موارد مذکور) اکوستیک کردن محیط و استفاده از دیوارهای اکوستیکی حائل است.

حال چنانچه همه این مراحل به در شرایط ایده‌آل انجام گرفت، با صدای باقی مانده چه باید کرد؟ صدای باقی مانده را بر اساس فرضیه‌ای که این پژوهش طرح می‌نماید می‌توان در حد امکان هارمونیزه کرد.

## شیوه‌ی کار در انجام این پروژه

پروژه‌ی کنترل و هارمونیزه کردن صدای ماشین‌آلات یک مطالعه‌ی بین‌رشته‌ای است. در این مطالعه شاخه‌های اکوستیک و هارمونی اصوات با مکاینک همزمان بکار گرفته می‌شوند. پیش‌فرض این مطالعه آن است که با مطالعه‌ی دقیق کیفیت صوتی منابع اصلی و تأثیر گذار ایجاد اصوات مزاحم می‌توان آنها را در وحله‌ی نخست کاهش داد و در وحله دوم فرکانس صوتی آنها را نسبت به دیگر مولدهای صوتی مجاور در وضعیت مطبوع هارمونیکی قرار داد. بر این اساس کارخانه پوشاک جامینه معرفی گردید. در اردیبهشت ۱۳۸۷، پس از گفتگوهای اولیه، پروژه در این کارخانه آغاز گردید و وضعیت صوتی این کارخانه طی جلسات متعدد ضبط و ثبت گردید. لیکن، کارخانه همکاری خود را در ادامه‌ی پروژه ضعیف نمود و امکان ایجاد تغییرات لازم بر روی ماشین‌آلات در این کارخانه میسر نگردید. با هماهنگی پژوهشکده‌ی نساجی دانشگاه امیرکبیر کارخانه‌ی دیگری تحت عنوان زانتوس معرفی شد.

## مطالعه‌ی میدانی

کارخانه زانتوس یکی از مراکز فعال تولید پوشاک در تهران است که حدود یکصد نفر در آن شاغل به کار هستند. با هماهنگی های انجام گرفته مدیریت عامل و مدیر فنی این کارخانه حاضر به همکاری با این پروژه گردیدند. در اولین جلسه وضعیت صوتی محیط از نظر شدت صوت و شنوایی کارگران مورد مطالعه قرار گرفت. بر این اساس به جز یک مورد هیچ‌یک از کارگران شاغل در سالن تولید مشکل حاد شنوایی نداشتند.

با وجود اینکه شدت صوت در فضای اصلی کارخانه پایین تر از حد خطر پذیری بود، اغلب کارگران از احساس خستگی زودرس و مفرط در اثر تماس با آلاینده‌های صوتی گله‌مند بودند. بر اساس توضیحی که مدیر فنی کارگاه ابراز داشت، کارگران به کرات و به بهانه‌های مختلفی چون نوشیدن آب، استفاده از سرویس های بهداشتی و غیره اقدام به ترک موقت سالن تولید می‌نمایند. این در حالی است که فاصله‌ی ماشین ها از یکدیگر و نتیجتاً میزان تماس با کارگران مجاور در این کارگاه از استاندار بهتری نسبت به برخی کارخانجات تولیدی در آسیای شرقی برخوردار است. مقایسه تصاویر ۲ که مربوط به کارخانه‌ای تولیدی در چین است با تصویر این کارخانه در ایران (تصویر ۳) این واقعیت را بخوبی نشان می‌دهد.

تصویر ۲- کارگران کارخانه پوشاک Dongguan در جنوب چین.
ماخذ: (Newsphoto، ۲۰۰۵)

تصویر ۳- کارگران کارخانه پوشاک زانتوس در تهران.
ماخذ: (عکس از آرش آزاده، ۲۰۰۸)

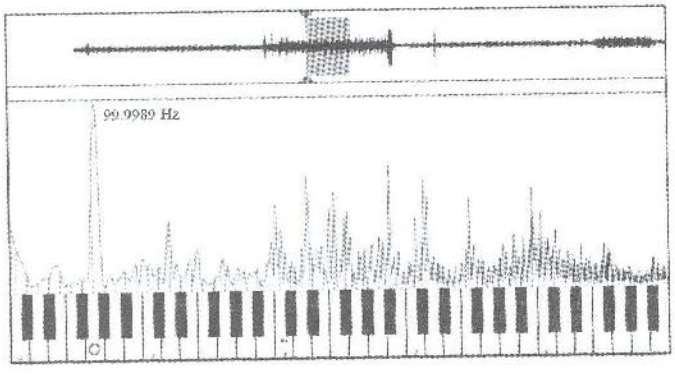
## شیوه‌ی سنجش و اندازه گیری صوت پایه‌ی نوفه

پیش از ارائه‌ی وضعیت صوتی سالن‌های تولید در اینجا ضروری است شیوه‌ی اندازه‌گیری صوتی و انتخاب اصوات مبنا در تحلیل اسپکترُم تک تک ماشین ها توضیح داده شود. در اندازه گیری و تحلیل صداهای ماشین‌آلات در این پروژه همزمان از نرم‌افزار ترسیم و تحلیل اسپکترُم باضافه‌ی بررسی انطباقی صوت حاصله از ماشین با صوت دیاپازون توسط گوش حساس و پرورش یافته‌ی موسیقی‌دان بهره‌برداری شده است. در اندازه‌گیری، به این شکل عمل شده است که ابتدا صوت ضبط شده توسط میکروفون های حرفه‌ای با نرم افزار Transcribe مورد تحلیل قرار گرفته و اسپکترُم پیشنهادی نرم افزار با نتیجه‌ی حاصله از بررسی شنیداری و انطباقی با دیاپازون مقایسه شده و نتیجه‌ی نهایی که مورد وفاق هر دو شکل اندازه‌گیری بوده، به عنوان نتیجه‌ی نهایی مبنای صوت پایه‌ی نوفه هر ماشین قرار گرفته است.

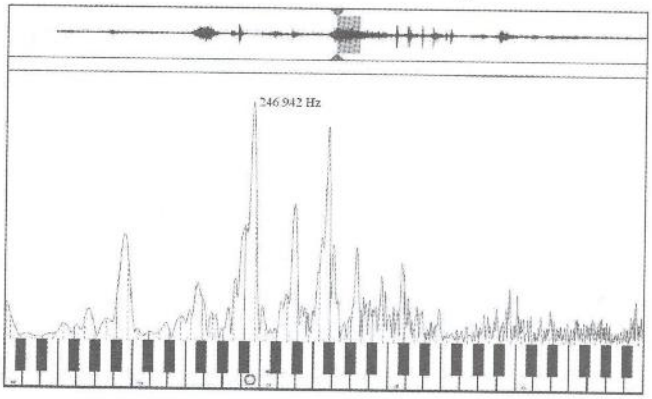
## سالن تولید در کارخانه‌ی زانتوس

سالن تولید در کارخانه‌ی زانتوس از بخش های متنوعی تشکیل شده که در آن میان، سه بخش اصلی وجود دارد: بخش برش که متشکل است از میزهای مخصوص برش و قیچی‌های الکتریکی، بخش دوخت که متشکل است از چرخ های صنعتی دوخت و بخش چرخ های معروف به اُورلاک Overlock. پس از ضبط و تجزیه و تحلیل اسپکترُم امواج تک تک چرخ ها، این نتیجه حاصل گردید که در وضعیت موجود از تعداد پنج چرخ صنعتی مجاور یکدیگر سه چرخ در شرایط هارمونایز Sol, Si, Sol قرار دارند و دو چرخ دیگر به ترتیب صوتی معادل La و Sol sori دارند. تصاویر۴ تا ۸ آنالیز اسپکتروم موج حاصل از این پنج چرخ که بوسیله‌ی نرم‌افزار Transcribe تهیه شده است را نمایش می‌دهد.

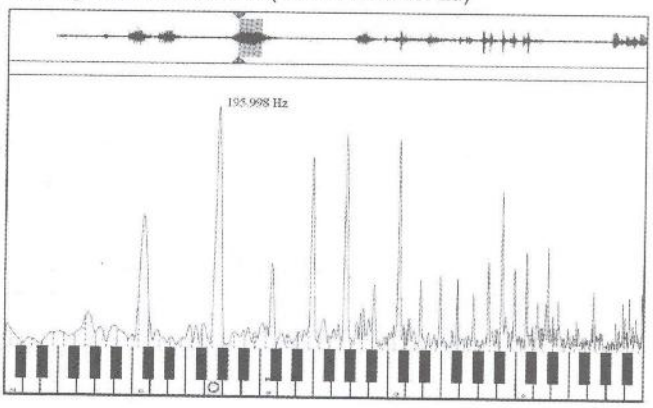
Sewing machine No. Z41: (Needle's noise: Sol)



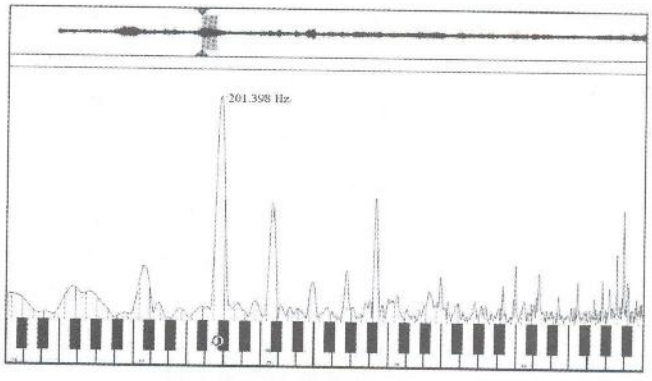
Sewing machine No. Z37: (Needle's noise: Si)




Sewing machine No. Z16: (Needle's noise: La)



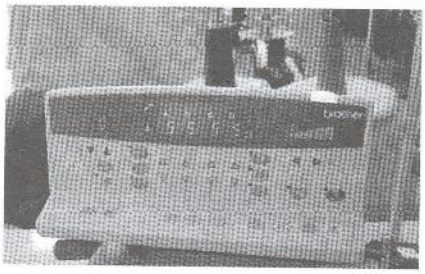

Sewing machine No. Z56: (Needle's noise: Sol sori)




تصاویر ۴ تا ۸- آنالیز اسپکتروم موج حاصل از پنج چرخ صنعتی.
ماخذ: (آنالیز توسط مؤلف بوسیله‌ی نرم‌افزار Transcribe)

این امر موجب دیسونانس شدید در تداخل اصوات این چرخ ها گردیده بود. برای برطرف کردن این مشکل با کمک تکنسین کارخانه تغییراتی در چرخ های z16 و z56 داده شد به گونه‌ای که صوت حاصله از z56 از Sol sori به Sol به شیوه‌ای که ذیلاً توضیح داده خواهد شد تغییر یافت و z16 به بخش دیگر کارگاه منتقل گردید. از آنجایی که z56 از دسته چرخ های مدرن بود امکان تغییر سرعت موتور بر روی پنل دیجیتال مرکزی آن، توسط کارخانه‌ی سازنده طراحی شده بود (تصویر ۹). با استفاده از این پنل و نرم افزار فرکانس یاب سرعت موتور این ماشین به اندکی کاهش یافت به گونه‌ای که صوت حاصله به نُت Sol تغییر یافت. این کاهش سرعت بسیار جزیی بود به گونه‌ای که روند تولید به هیچ روی آسیبی را نمی‌دید.

علت انتقال z16 به بخش دیگر آن بود که از یک طرف موتور امکان سرعت بالاتر برای تغییر صوت به Si برای ماشین وجود نداشت و از طرف دیگر کاهش سرعت برای حصول Sol منجر به پایین آمدن راندمان تولید می‌گردید.



تصویر ۹- پانل کنترل چرخ ۵۶z، دکمه‌های کاهش و افزایش سرعت و نمایشگر مربوط به آن در قسمت بالایی پانل در سمت راست دیده می‌شود.
ماخذ: (عکس از آرش آزاده، ۲۰۰۸)

در پایان عملیات کنترل و هارمونیزه در این بخش، ماشین ها از لحاظ صوت حاصله در وضعیت نمایش داده شده در جدول زیر قرار گرفتند.

| Sewing machine No | Needle's noise |
|---|---|
| Z41 | Sol |
| Z37 | Si |
| 1710119 | Sol |
| Z56 → | Sol |

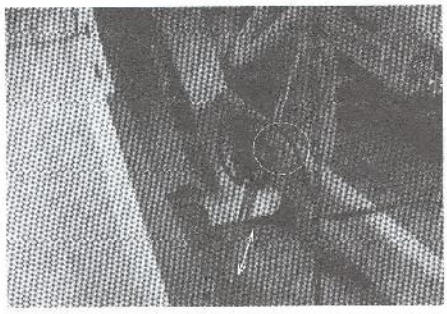
تصویر ۱۰- جدول آرایش صوتی چرخ های بخش اول سالن تولید، پس از اعمال تغییرات.
ماخذ: (نگارنده)

بخش سوم یعنی چرخ های اُورلاک به دلیل شدت صوت بالاتر در سالن، برای مطالعه‌ی بیشتر و کار برروی فرکانس صوتی توسط پانلی از بخش های دیگر جدا گردید. تعداد چرخ های این قسمت چهار چرخ بود که اصوات هریک در شرایط متفاوت کار ضبط و مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت. پس از ضبط و تجزیه و تحلیل اسپکتروم امواج تک تک چرخ های این قسمت، این نتیجه حاصل گردید که در وضعیت موجود از تعداد چهار چرخ اُورلاک مجاور یکدیگر، سه چرخ در شرایط یونیسون Mi sori قرار داشتند و یک چرخ دیگر با ربع پرده اخلاف صوتی معادل Mi ایجاد می‌نمود. آنالیز اسپکتروم موج حاصل از این چهار چرخ به جهت صرفه جویی در اینجا تصویر نمی‌شود لیکن نتیجه‌ی آنالیز در جدول زیر خلاصه می‌گردد.

| Sewing machine No | Needle's noise |
|---|---|
| Z31 | Mi sori |
| Z32 | Mi |
| Z33 | Mi sori |
| Z34 | Mi sori |

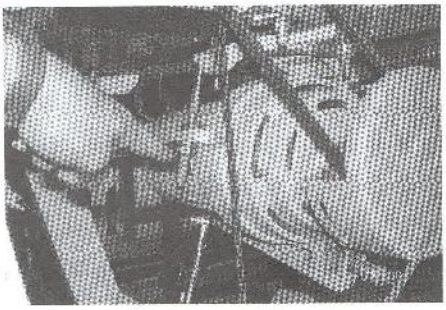
تصویر ۱۱- جدول آرایش صوتی چرخ های اُورلاک، قبل از اعمال تغییرات.
ماخذ: (نگارنده)

ایجاد صوت متفاوت توسط Z32 موجب دیسونانس شدید در تداخل اصوات چرخ های اُورلاک در این قسمت گردیده بود. برای برطرف کردن این مشکل با کمک تکنسین کارخانه، ساختمان این چرخ مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا مشکلی در اهرم واسطه پدال پا به موتور شناسایی شد. پس از بررسی بیشتر مشخص گردید که این مشکل باعث کاهش امکان انتقال نیرو ونتیجتاً پایین آمدن سرعت می‌گردد (تصویر ۱۲).



تصویر ۱۲- اهرم واسطه پدال پا به موتور در Z32، جهت حرکت اهرم با سهمی های جهت دار و نقطه‌ی برخورد اهرم با بدنه‌ی ماشین با دایره مشخص شده است.
ماخذ: (عکس از مؤلف، ۲۰۰۸)

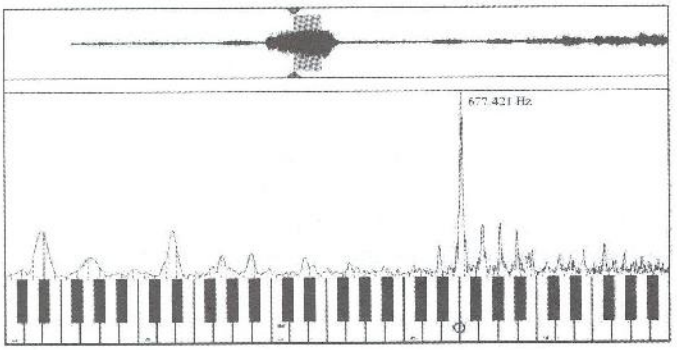
این مشکل مکانیکی به عنوان اولین اقدام، با کمک تکنسین کارخانه برطرف گردید و منجر به بهبود حرکت گردید. پس از ضبط و آنالیز صدا مشخص گردید که فرکانس صوتی ماشین بهتر شده است لیکن برای کوک دقیق‌تر صدا، هنوز اصلاحات دیگری جهت ارتقای سرعت سوزن نیاز بود. از آنجایی که اُورلاک‌های کارخانه فاقد پانل الکترونیک تغییر سرعت بود، ادوات انتقال نیرو از موتور به‌چرخ مورد تغییر قرار گرفت. این تغییر در این مرحله تنظیم تسمه بصورت مکانیکی بود. چگونگی تنظیم مکانیکی تسمه توسط پیچ رگلاژ در تصویر ۱۳ دیده می‌شود.



تصویر ۱۳- چگونگی تنظیم مکانیکی تسمه اُورلاک توسط پیچ رگلاژ.
ماخذ: (عکس از آرش آزاده، ۲۰۰۸)

با برطرف کردن مشکل برخورد اهرم به بدنه و تنضیم تسمه فرکانس صوتی ماشین در حدی ارتقاء یافت که در ردیف دیگر اُورلاک‌های کارخانه قرارگرفت. به این صورت کلیه‌ی چرخ های این قسمت در وضعیت یونیسون قرار گرفتند. تصویر ۱۴ آنالیز اسپکتروم موج حاصل از اُورلاک Z32 را پس از تغییرات نشان می‌دهد.

Over luck Z 32 after repair and mandating (Needle's noise: \Mi sori)




تصویر ۱۴- آنالیز اسپکتروم موج حاصل از اُورلاک Z32 پس از تغییرات.
ماخذ: (آنالیز توسط مؤلف بوسیله‌ی نرم‌افزار Transcribe)

## نتیجه

از مجموع سه بخش از سالن تولید کارخانه‌ی زانتوس دو بخش اول و سوم به جهت فعال بودن اغلب ماشین ها جهت مطالعه انتخاب گردید و اصوات حاصله از ماشین آلات این دو بخش مورد صداسنجی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. دیسوناس صوتی در هر دو بخش تشخیص داده شد. از تعداد پنج چرخ صنعتی مجاور یکدیگر در بخش اول سالن تولید سه چرخ در شرایط هارمونایز Sol, Si, Sol قرار داشتند و دو چرخ دیگر به ترتیب صوتی معادل La و Sol sori حاصل می‌نمودند. بوسیله‌ی پنل کنترل، صوت Sol sori به Sol تغییر وضعیت داد و چرخ پنجم به بخش دیگری از سالن تولید انتقال داده شد. این امر منجر به هارمونیزه شدن اصوات چرخ های این بخش از سالن تولید به شکل Sol, Si, Sol, Sol گردید.

در بخش سوم کارخانه که ماشین های اُورلاک قرار داشتند، با انجام این پروژه کلیه‌ی ماشین‌ها در وضعیت صوتی مطبوع یونیسون قرارگرفتند. پس از مطالعه‌ی ماشین های این قسمت معین گردید که چهار ماشین در وضعیت صوتی Mi sori قرار دارند و یک ماشین ربع پرده بم‌تر صدا می‌دهد. به برطرف کردن پاره‌ای نواقص و تنظیم انتقال نیرو از موتور به چرخ وضعیت صوتی ماشین ربع پرده ارتقاء یافت و با دیگر ماشین های این قسمت در شرایط صوتی

یونیسون قرارگرفت.

محدودیت های زمانی، حمایتی و مالی در این پروژه سبب گردید که انجام آن محدود به کارخانه‌ی کوچکی در تهران شود. با این وجود توفیق این پروژه در بهینه سازی کیفی صوت در دو بخش اصلی و فعال این کارخانه نوید بخش این واقعیت گردید که گسترش علوم بین رشته‌ای در زمان معاصر امیدهای جدیدی را در حل مـ شکلات امروز جهان و بالابردن کیفیت زندگی بشر به ارمغان خواهد آورد. اگرچه در وحله نخست موسیقی با طبیعت ملایم و سرشار از احساس‌اش به نسبت صنعت با طبیعت آمرانه و ظاهراً خشن‌اش غریب‌ترین حوزه‌ها نسبت به هم تلقی می‌شدند، به کارگیری همزمان این دو تخصص امیدی را برای بیش از ۶۰۰ میلیون نفر کارگر تحت آلودگی صوتی در جهان فراهم کرد.

مؤسسات مسئول بهداشت کار و نهادها و ارگان های حامی و حافظ محیط زیست سالانه هزینه های زیادی را صرف حفظ و بالا بردن کیفیت زندگی انسان ها می‌کنند. نتایج حاصل از این پروژه نشانگر آن است که بهینه سازی صوتی محیط کار برای کارگران باکنترل و هارمونیزه کردن صدای ماشین‌آلات می‌تواند به عنوان یکی از فعالیت های جدید در تعریف مسؤلیت آنها باشد تا بدین وسیله آسایش روحی و جسمی کارگر را بدنبال داشته باشد. گفتگو با کارگران در زمان انجام این پروژه نشان داد که حتی نشان دادن حساسیت توسط کارفرمایان به بالا بردن کیفیت محیط کار برای کارگران بسیار امید بخش است. تداومِ نشان دادن چنین حساسیتی و اقدام عملی برای آن منجر به گونه‌ای رضایتمندی شغلی می‌گردد. رضایتمندی شغلی دو پیامد مثبت را به همراه خواهد داشت: رشد اقتصادی و شکوفایی اجتماعی.

## فهرست منابع:


Alberti, PW. (1998), Noise, the Most Ubiquitous Pollutant. *Noise Health,* vol. 1, pp 3-5.

Belachew, Ayele and Yemane Berhane(1999), *Noise-induced Hearing Loss Among Textile Workers*, Addis Ababa University, Ethiopia: Health Bureau, Department of Community Health.

Cruickshanks, Karen J., Ronald Klein, Barbara E. K. Klein, Terry L. Wiley, David M. Nondahl and Ted S. Tweed (1998), Cigarette Smoking and Hearing Loss: The Epidemiology of Hearing Loss Study. *JAMA,* vol. 279 no. 21, pp 1715-1719.

Driscoll, Dennis P. (2000), *Principal Consultant, Associates in Acoustics*, In The Noise Manual: American Industrial Hygiene Association Press.

Hamilton, A. (1943), *Exploring the Dangerous Trades*, Little Brown, Boston.

Lusk, Sally L., Madeleine J. Kerr and Sirkka A. Kauffman (1998), Use of Hearing Protection and Perceptions of Noise Exposure and Hearing Loss Among Construction Workers, *American Industrial Hygiene Association Journal*, School of Nursing, Health Promotion and Risk Reduction Program, University of Michigan vol. 59 no. 7, pp 466 - 470.

Pouryaghoub, Gholamreza, Ramin Mehrdad and Saber Mohammadi (2007), Interaction of Smoking and Occupational Noise Exposure on Hearing Loss: A Cross-sectional Study, *BMC Public Health*, vol. 7 no. 137, pp 1-5.

Russolo, Luigi (1967), *The Art of Noise: Futurist Manifesto 1913*,Translated by Filliou, Robert. Edited by Tencer, Michael: A Great Bear Pamphlet.

Sangild, Torben (2002), *The Aesthetics of Noise*, Edited by Krogholt, Pelle: Sangild & DATANOM.

Umemura M, K Honda, and Y Kikuchi (1992), Influence of Noise on Heart Rate and Quantity of Work in Mental Work, *The Annals of Physiological Anthropology*, vol. 11 no. 5, pp 523-32.

Walsh, Diana Chapman, Susan E. Jennings, Thomas Mangione and Daniel M. Merrigan (1991), Health Promotion versus Health Protection? Employees' Perceptions and Concerns, *Journal of Public Health Policy,* vol. 12 no. 2, pp 148-164.

Weiss, W. (1970), How Smoking Affects Hearing, *Med. Time*, vol. 98, pp 84-89.