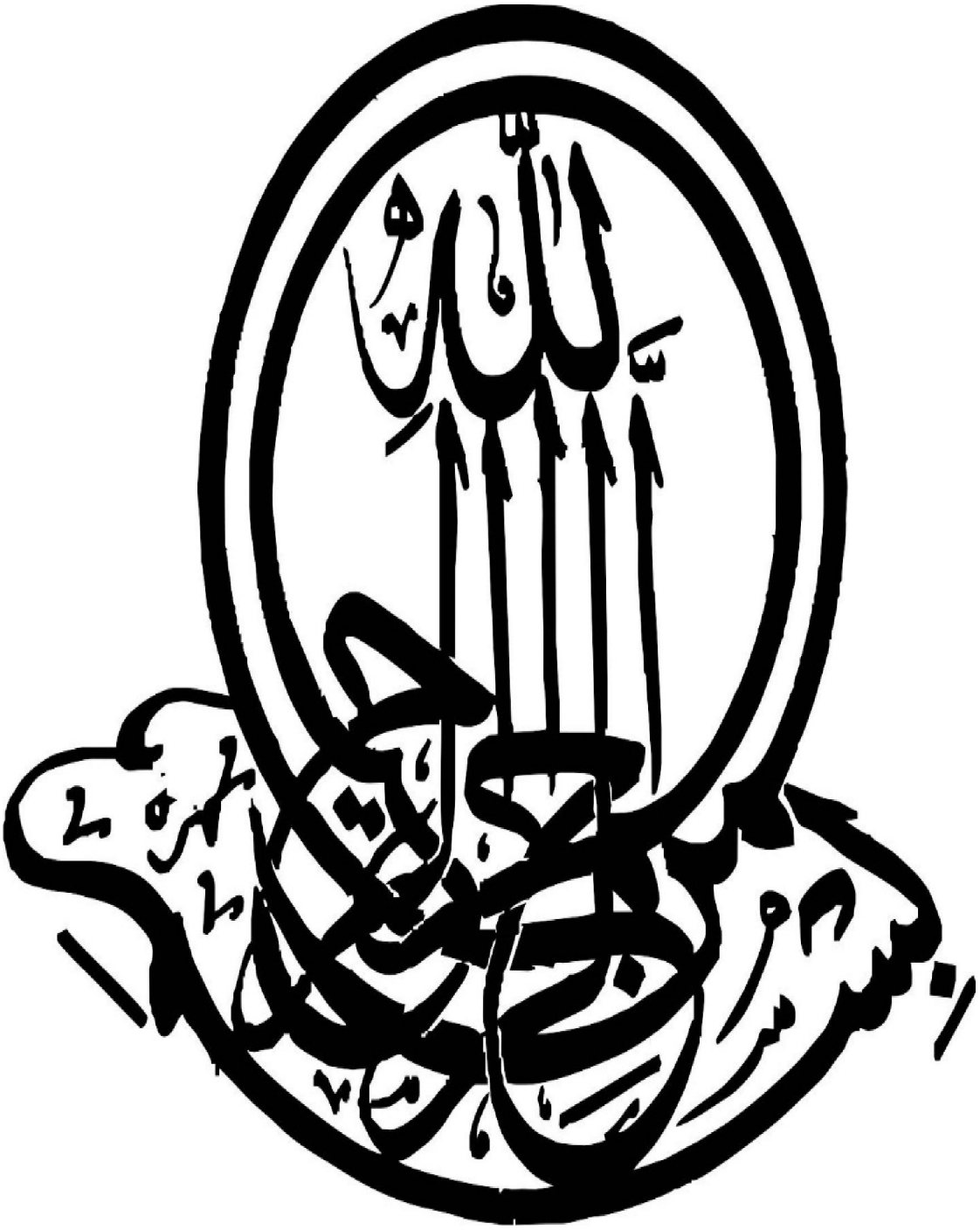

دانشکده مهندسی برق و رباتیک

طراحی، شبیه سازی و پیاده سازی سخت افزاری یک الگوریتم حذف نویز صوتی (ANC) در بستر پردازشگر های سیگنال خانواده TMS320C55xx به منظور استفاده در گوشی های هدست

دانشجو: محمد زارع

اساتید راهنما:

آقای دکتر گرایلو

آقای دکتر معروضی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

زمستان ۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی برق و رباتیک

گروه برق

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای محمد زارع

تحت عنوان: طراحی، شبیه سازی و پیاده سازی سخت افزاری یک الگوریتم حذف نویز صوتی (ANC) در بستر پردازشگر های سیگنال خانواده TMS320C55xx به منظور استفاده در گوشی های هدست

در تاریخ ..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : **هادی گرایلو**		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی : **امیدرضا معروضی**		نام و نام خانوادگی :	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

تشکر و قدردانی

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خود گذشتگان

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب‌های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به روح مادر عزیزم و پدرم تقدیم می کنم.

تقدیم به همسرم

به پاس قدردانی از قلبی آکنده از عشق و معرفت که محیطی سرشار از سلامت و امنیت و آرامش و آسایش برای من فراهم آورده است

و از **استاد** با کمالات و شایسته؛ جناب آقای **دکتر هادی گرایلو** که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند؛

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید...

تعهد نامه

اینجانب **محمد زارع** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **الکترونیک سیستم** دانشکده **مهندسی برق و رباتیک** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه با عنوان:

طراحی، شبیه سازی و پیاده سازی سخت افزاری یک الگوریتم حذف نویز صوتی (ANC) در بستر پردازشگر های سیگنال خانواده TMS320C55xx به منظور استفاده در گوشی های هدست

تحت راهنمائی **جناب دکتر هادی گرایلو** متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

*** متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .**

چکیده

در این پایان نامه، پیاده سازی روشی برای حذف نویز صوتی به روش فعال بر روی پردازنده‌های DSP مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. برای این منظور ابتدا روش های موجود برای حذف نویز به روش فعال بررسی شد. طبق آنچه که در مقالات و تحقیقات مورد بررسی قرار گرفت الگوریتم FXLMS بهترین روش برای حذف نویز صوتی به روش فعال معرفی شده است. بنابراین الگوریتم FXLMS مورد مطالعه قرار گرفت و سپس برای بهبود این الگوریتم با بررسی مقالات و کتب مرتبط با این الگوریتم تصمیم به استفاده از تبدیل بسته موجک گرفته شد. با اعمال تبدیل بسته موجک به سیگنال ورودی فیلتر شده در الگوریتم FXLMS توانستیم مقدار خطای سیستم را نسبت به حالت مستقیم کاهش دهیم. متوسط این کاهش خطا برای ورودی های مختلف برابر ۵ دسی بل محاسبه گردید.

در ادامه به منظور پیاده سازی الگوریتم FXLMS مبتنی بر بسته موجک، ابتدا یک سخت افزار مناسب مبتنی بر *LM386* جهت دریافت وتقویت سیگنال‌های نویز صوتی طراحی و ساخته شد سپس جهت پردازش سیگنال‌های دریافتی یک سخت افزار دیگر مبتنی بر پردازنده TMS320C5509A طراحی و ساخته شده است که کاملاً قابل حمل بوده و توسط باتری نیز راه اندازی می‌شود. نتایج بدست آمده از شبیه سازی نشان می‌دهد که حذف نویز صوتی به روش فعال با استفاده از الگوریتم بهبود یافته به خوبی صورت می‌گیرد.

کلمات کلیدی:

نویز صوتی- روش فعال- الگوریتم *FXLMS*- بسته موجک- پردازشگرهای سیگنال- TMS320C5509A

فهرست مطالب

۱ فصل اول ۱

1-1 مقدمه ۱

۱-۲ بیان مسئله ۲

۱-۲-۱ صوت و خصوصیات آن ۲

۱-۲-۲ مفهوم آلودگی صوتی (نویز صوتی) ۳

۱-۲-۳ شکل‌های مختلف آلودگی صوتی ۴

۱-۲-۴ تاثیرات آلودگی صوتی بر روی انسان ۵

۱-۳ اهداف پایان نامه ۹

۲ فصل دوم ۱۱

نویز صوتی ۱۱

۲-۱ نویز ۱۱

۲-۲ روش های کنترل نویز ۱۱

۲-۲-۱ کنترل نویز به روش غیر فعال ۱۲

۲-۲-۲ کنترل نویز به روش فعال ۱۲

2-3 تاریخچه ANC ۱۳

۲-۴ انواع مختلف ANC ۱۳

۲-۴-۱ لغو سراسری در فضای آزاد ۱۳

۲-۴-۲ لغو حفره ای ۱۳

۲-۴-۲ لغو منطقه سکوت ۱۴

۲-۵ قطعات پایه ANC ۱۴

۲-۶ سیستم‌های کنترلی مورد استفاده در ANC ۱۵
۲-۶-۱ کنترل پیشخورد ۱۵
۲-۶-۲ کنترل پسخورد ۱۶
2-7 کاربرد های ANC ۱۷
۲-۷-۱ کاهش نویز در هواپیما ها ۱۷
2-7-2 ANC در صنعت خودرو ساز ۱۷
۲-۷-۳ هدفون اکتیو ۱۸
۲-۸ مزایای ANC ۱۸
۲-۹ الگوریتم ANC در سیستم پیشخورد ۱۹
۲-۱۰ الگوریتم FXLMS ۲۱
۲-۱۱ مروری بر کارهای انجام شده در دهه اخیر ۲۶
۲-۱۱-۱ آستانه گذاری توسط موجک برای بهبود الگوریتم FXLMS [6] ۲۶
۲-۱۱-۲ طراحی مسیر ثانویه برخط در سیستم پیشخورد برای کنترل نویز به روش فعال [5] ۲۹
۲-۱۱-۳ مقایسه سیستم های پیشخورد و پسخورد در الگوریتم FXLMS [7] ۳۲
۲-۱۱-۴ اجرای ANC با استفاده از شبکه عصبی برای حذف صدای ریل قطار [9] ۳۵

۳ فصل سوم ۳۹

۳-۱ مبانی نظری ۳۹
۳-۱-۱ تبدیل موجک ۳۹
۳-۱-۲ تبدیل بسته موجک ۴۷
۳-۱-۳ الگوریتم تندترین شیب نزول ۴۷
۳-۲ مبانی عملی ۵۲
۳-۲-۱ پردازشگرهای سیگنال ۵۲
3-2-2 مبدل آنالوگ به دیجیتال ۵۵

۳-۲-۳ مدار تقویت سیگنال صوتی ۵۷

۴ فصل چهارم ۵۹

۴-۱ مدار پردازشگر سیگنال ۵۹

۴-۱-۱ منبع تغذیه ۵۹

۴-۱-۲ مبدل دادهها ۶۱

۴-۱-۳ برد طراحی شده و امکانات جانبی آن ۶۲

4-1-4 مدار تقویت کننده صوتی ۶۶

۴-۲ الگوریتم اجرایی بر روی پردازنده ۶۷

۵ فصل پنجم ۷۱

۵-۱ نحوه پیاده سازی الگوریتم ۷۱

۵-۱-۱ اجرای مد برخط در الگوریتم FXLMS ۷۳

۵-۲ بیان نتایج اجرای الگوریتم بهبود یافته در سخت افزار طراحی شده ۸۰

فهرست شکل‌ها و جدول‌ها

شکل ۲-۱: منحنی تداخل امواج با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه ۱۲

شکل ۲-۲ قسمت های اصلی سیستم ANC ۱۵

شکل ۲-۳ : بلوک دیاگرام سیستم پیشخورد ۱۶

شکل ۲-۴: بلوک‌دیاگرام سیستم پسخورد ۱۶

شکل ۲-۵: بلوک‌دیاگرام الگوریتم ANC در سیستم پیشخورد ۱۹

شکل ۲-۶: بلوک‌دیاگرام الگوریتم بهبود یافته ANC در سیستم پیشخورد ۲۰
شکل ۲-۷ : بلوک‌دیاگرام الگوریتم ANC با جبران ساز C(z) ۲۱
شکل ۲-۸: الگوریتم تولید نویز سفید در پردازنده مرکزی ۲۳
شکل ۲-۹ : بلوک دیاگرام مدل برون‌خط الگوریتم ANC ۲۳
شکل ۲-۱۰ : مدل برخط کنترل ANC با استفاده از الگوریتم FXLMS ۲۴
شکل ۲-۱۱ : بلوک دیاگرام الگوریتم آستانه گذاری موجک ۲۷
شکل ۲-۱۲: بلوک دیاگرام الگوریتم مورد استفاده در [6] ۲۸
شکل ۲-۱۳: مقدار نویز کاهشی ۲۹
شکل ۲-۱۴: مشخصه سرعت همگرایی ۲۹
شکل ۲-۱۵: ۱- مدل اریکسون،۲-مدل زی‌هانگز، ۳- مدل اختر، مسیر ثانویه برخط برای الگوریتم FXLMS [5] ۳۰
شکل ۲-۱۶: بلوک دیاگرام متد مطرح شده در [5] برای سیستم پیشخورد ANC ۳۱
شـکل ۲-۱۷: باقی مانده نویز و متوسط مربع خطا برای نویز باند باریک در سیستم پیشخورد در الگوریتم FXLMS [7] ۳۳
شـکل ۲-۱۸: باقی مانده نویز و متوسـط مربع خطا برای نویز باند باریک در سیستم پسخورد در الگوریتم FXLMS [7] ۳۳
شـکل ۲-۱۹ : باقی مانده نویز و متوسط مربع خطا برای نویز با پهنای باند عریض برای سیستم پیشخورد[7] ۳۴
شـکل ۲-۲۰: باقی مانده خطا و متوسـط مربع خطا برای نویز با پهنای باند عرض برای سـیستم پسخورد[7] ۳۴
شکل ۲-۲۱: بلوک دیاگرام الگوریتم مطرح شده در [9] ۳۶
شکل ۲-۲۲: بلوک دیاگرام شبکه عصبی مورد استفاده در [9] ۳۶

شکل ۲-۲۳: بلوک دیاگرام الگوریتم مطرح شده در [9] ۳۷
شکل ۲-۲۴: نتایج استفاده از الگوریتم [9] در حذف نویز ریل قطار داخل تونل ۳۷
شکل ۲-۲۵: نتایج استفاده از الگوریتم [9] در حذف نویز ریل قطار در فضای باز ۳۸
شـکل ۳-۱: به ترتیب از سـمت چپ سـیگنال‌های $d1, f1, f$ و در سـمت راست توابع پیوسته شده آن‌ها می‌باشد. ۴۴
شکل ۳-۲: تجزیه موجک گسسته برای n مرحله برای تابع f ۴۶
شکل ۳-۳ : بلوک دیاگرام تبدیل بسته موجک ۴۷
شکل ۳-۴: تابع هزینه متوسط مربع خطا برای فیلتر *FIR* تک ضریب با پارامتر $w1(n)$ ۵۰
شکل ۴-۱: مدار محافظ منبع تغذیه ۶۰
شکل ۴-۲ : آیسی تغذیه و ادوات جانبی ۶۱
شکل ۴-۳ : آیسی Codec به همراه ادوات جانبی ۶۲
شکل ۴-۴: اتصال دیودهای نورانی جهت تست عملکرد DSP ۶۳
شکل ۴-۵ : مداراریست استفاده شده ۶۳
شکل ۴-۶ : نحوه اتصال Dip-Switch به پایههای DSP ۶۴
شکل ۴-۷ : هدر ۱۲ پایه به منظور برنامه ریزی DSP ۶۵
شکل ۴-۸ : نحوه اتصال پایههای EEPROM ۶۵
شکل ۴-۹ : مدار PCB طرح اولیه ۶۵
شکل ۴-۱۰ : مدار سه کاناله تقویت سیگنال صوتی ۶۷
شکل ۴-۱۱ : بلوک دیاگرام نحوه پیاده سازی الگوریتم بهینه در DSP ۶۸
شکل ۴-۱۲: بلوک‌دیاگرام الگوریتم بهبود یافته FXLMS توسط بسته موجک ۶۹
شکل ۵-۱ : پاسخ ضربه طراحی شده برای مد برون‌خط ۷۱
شکل ۵-۲ : *پاسخ ضربه برای مد برخط الگوریتم* FXLMS ۷۲

شکل ۵-۳: C بدست آمده از مد برون‌خط الگوریتم $FXLMS$..... ۷۲

شکل ۵-۴ : نمودار خطای الگوریتم $FXLMS$ برای ورودی سینوسی با فرکانس ۲۰۰ هرتز..... ۷۳

شکل ۵-۵: نمودار خطای الگوریتم $FXLMS$ برای ورودی سینوسی نویزی با فرکانس ۲۰۰ هرتز ۷۴

شـکل ۵-۶ : :محور افقی خطای الگوریتم $FXLMS$ ، محور عمودی خطای الگوریتم $FXLMS$ با تبدیل بسته موجک بر روی سیگنال خطا..... ۷۵

شکل ۵-۷ : منحنی مقدار کاهش نویز برای سینوسی نویزی با فرکانس ۲۰۰ هرتز ۷۶

شکل ۵-۸: منحنی متوسط مربع خطا برای سیگنال نویزی با فرکانس ۲۰۰ هرتز..... ۷۷

شکل ۵-۹ : منحنی متوسط مربع خطا برای سیگنال ورودی (۵-۳) ۷۸

شکل ۵-۱۰ : منحنی مقدار کاهش نویز برای ورودی (۵-۳)..... ۷۸

شکل ۵-۱۱ : منحنی متوسط مربع خطا برای سیگنال بدون نویز فرمول (۵-۳)..... ۷۹

شکل ۵-۱۲ : منحنی مقدار کاهش نویز برای ورودی (۵-۳) بدون نویز..... ۷۹

فصل اول

۱-۱ مقدمه

آلودگی صوتی در مقایسه با آلودگی های هوا و یا آلودگی ناشی از زباله کمتر قابل لمس و یا رویت می باشد. برای مثال آلودگی هوا باعث ایجاد مه دودهای غلیظی در محل شده و عوارضی همچون سرفه سرخی و سوزش چشم و در مواردی که تکرار شده باشد باعث بیماریهای ریوی می شود. آلودگی ناشی از زباله نیز باعث ایجاد بوی نا مطلوب در محیط شده و حیوانات ناقل بیماری را جذب می کند. اما آلودگی که خصوصا در کشور ما توجه و تحقیقات کمتری روی آن متمرکز و معطوف شده است آلودگی صوتی و اثرات نا مطبوع آن بر زندگی روزمره ساکنین شهری بخصوص شهر های بزرگی مثل تهران است. اکثر مردم این مسئله را تا چندی پیش مسئله ای فرعی، فانتزی و کم اهمیت بشمار می آوردند و حتی آن را جزء آلودگی ها بر نمی شمردند ولی هم‌اکنون در اکثر کشورهای جهان و در ایران نیز کم و بیش به این مسئله پرداخته و برای آن اهمیت قایل شدند.

امروزه آلودگی صوتی ناشی از فعالیت هواپیما در هنگام نشست و برخاست و تستهای موتور مورد نظر در فرودگاه‌ها معضل بزرگی را برای مناطق مسکونی ساخته شده در کنار فرودگاه‌ها ایجاد کرده است که البته برای غلبه بر این مشکل کشورهای صنعتی پیشرفته اتحادیه هایی را تشکیل داده اند تا تحت نظارت این اتحادیه‌ها فرودگاه‌های جدیدی در خارج از مناطق شهری جایگزین فرودگاه‌های ذکر شده گردند. این اتحادیه ها تخمین می زنند که حدود ۷۰٪ مردم بطور ناخواسته از سروصدای محیطی رنج می برند که به صورت از خواب پریدگی و عکس العملهای عصبی و ... بروز می کند.

طراحی و اجرای برنامه‌های کاهش آلودگی صوتی در کشورهای مختلف متفاوت است که مبتنی بر شکایات رسیده از جانب مردم ساکن در حومه فرودگاهها یا دیگر نواحی آلوده کننده صوتی می باشد.

مزاحمت های صوتی در هر بخش از اجتماع انسانی اعم از بخش صنعتی وکارخانجات، جوامع پر

ترافیک شهری، پایانه های مسافربری ریلی، جادهای و هوایی تاثیرات جبران‌ناپذیری به طور نامحسوس بر اعصاب و روان انسان ها و حتی جسم ایشان می‌گذارد. بر این اساس در کشورهای صنعتی از دهه ۱۹۶۰ میلادی تشکیلات سازمان دهی شده‌ای بر آن شدند تا معیارها و ضوابط استانداردی را برمقدار تولید این صداهای ناخواسته تعریف نموده و آن را تحت کنترل قرار دهند. از این رو در این پروژه قصد داریم روش‌های صورت گرفته برای حذف نویز صوتی را بررسی نموده و بطور خاص امکان پیاده‌سازی یک روش مبتنی بر استفاده از فیلترهای وفقی را بررسی نماییم، سپس با پیاده‌سازی سخت افزاری یکی از بهترین روش‌ها بر روی پردازنده‌های DSP گامی کوچک در جهت رفع این مشکل برداریم.

۱-۲ بیان مسئله

در این بخش به بررسی علت و ضرورت انجام این تحقیق پرداخته و به بررسی مشکلات ناشی از نویز صوتی می پردازیم.

۱-۲-۱ صوت و خصوصیات آن

امواج صوتی از نوع موجهای مکانیکی هستند که در اثر ارتعاش اجسام کشسان تولید میشوند و در گازها ، جامدات و مایعات منتشر می شوند.

منبع مولد صوت بسیار متفاوت بوده و ممکن است یک جسم جامد، سیم باریکی که بین دو نقطه کشیده شده است، زنگ و یا حتی جرم معینی از هوا باشد.

لازم به ذکر است گوش انسان صوت هایی را می شنود که تواتر آنها بطور متوسط۲۰-۲۰۰۰ هرتز می باشد.[1]

اصوات را معمولا در دو دسته طبقه بندی می کنند:

۱- اصوات موسیقی

۲- صدا

اصوات موسیقی به صوتهایی گفته می شود که در گوش اثر مطلوب دارند و معمولا توسط اسباب موسیقی تولید میشود.

صوتهایی که در گوش اثر نامطلوب ندارند صدا نامیده می شوند.

در شدت صوت عوامل زیر نیز موثر اند:

۱- دامنه ارتعاش

۲- فاصله شنونده از منبع تولید صوت

۳- جنس محیط انتشار

بلندی یک صوت بستگی به انرژی صوت و حساسیت گوش دارد و حساسیت گوش هم ارتباط با فرکانس صوت دارد. بنابر این اصواتی که شدتشان یکسان ولی تواترشان متفاوت است معمولا با بلندی متفاوت احساس می شوند . آزمایش نشان می دهد که برای یک فرکانس معین اگر شدت صوت از یک حد معین کمتر باشد آن صوت دیگر شنیده نمی‌شود. این شدت را آستانه شنوایی نامیده‌اند. اگر بر عکس شدت صوت را به تدریج افزایش دهند به حدی می رسد که در گوش ناراحتی و درد احساس میشود. این حد فوقانی شدت را آستانه دردناکی گوش نامیده اند. نتایج آزمایشهای بسیار نشان میدهد که گوش انسان در حالت طبیعی به تواترهایی از ۲۰۰۰-۴۰۰۰ هرتز حساس‌تر است. به عبارت دیگر شدت لازم برای شنیدن تواتر های دو حد شنوایی ۲۰ و ۲۰۰۰۰ هرتز خیلی بیشتر از شدتی است که برای شنیدن تواترهای ۲۰۰۰-۴۰۰۰ هرتز لازم است. [1]

۱-۲-۲ مفهوم آلودگی صوتی (نویز صوتی)

آنچه انسان مایل به شنیدن آن نیست حتی صدای موسیقی که ناخواسته توسط دستگاه شنوایی انسان دریافت شود آلودگی صوتی یا سروصدا نامیده می شود . به عبارت دیگر آلودگی صوتی صدای ناخواسته و تحمیلی و صدایی در زمان و مکان نامناسب است.

از آنجا که اصطلاح آلودگی صوتی نوعی ارزیابی کیفی است از این رو کاملا به نظام ارزش گذاری فرد بستگی دارد و همین عامل موجب می شود که مفهوم آلودگی صوتی محتوی و ماهیتی ذهنی پیدا کند.

در بیشتر موارد از آلودگی صوتی مفهومی چنین گسترده استنباط نمی شود و زمانی صحبت از آن به میان می آید که برای انسان مزاحمت جدی بوجود آورده و سلامت او را به خطر بیاندازد.

بر این اساس یکی از تعاریف کاربردی آلودگی صوتی عبارت است از:

سروصدایی که در فعالیت فیزیولوژیک اعضای بدن تاثیر منفی بگذارد ، در روان انسان اثر بگذارد، باعث مزاحمت، آزار، عصبانیت و رسانیدن آسیب به دستگاه شنوایی گردد.

بطور کلی قضاوت در مورد صدا و حساسیت انسان در قبال بار صوتی محیط از یک سو به شرایط روحی و جسمی انسان و از سوی دیگر به ویژگیهای بار صوتی بستگی دارد. وضعیت سلامت روحی و جسمی ، سن ، بار صوتی موجود در محل اشتغال، زمان تاثیر سروصدا ، در تشخیص صدا به عنوان آلودگی صوتی دخالت مستقیم دارد ولی در مجموع احتمال قضاوت در مورد صدایی خاص به عنوان آلودگی صوتی در نظر گرفته می‌شود که انسان در حالت استراحت، آرامش و خواب باشد.

آنچه تا کنون مطرح شد بطور مشخص در جهت بیان کیفی آلودگی صوتی بود. با همه این اوصاف از آنجا که در فرایند برنامه ریزی و طراحی، معیارهای کمی بیشتر از مفاهیم کیفی کاربرد دارند مفهوم آلودگی صوتی باید به صورت کمی نیز بیان شود.[1]

۱-۲-۳ شکل‌های مختلف آلودگی صوتی

آلودگی صوتی در کل به سه شکل اصلی در نظر گرفته می شود.

۱- منبع صوتی نقطه ای
۲- منبع صوتی خطی
۳- منبع صوتی سطحی

منبع صوتی نقطه ای به کاربریهایی گفته می شود که از نظر مقیاس کوچکند و به تنهایی بار صوتی محیط را افزایش می‌دهند. برای مثال می توان به منابعی چون کارگاه نجاری و تراشکاری، مته کمپرسی، موتورسیکلت و صدای ناشی از پرواز هواپیما و مانند آنها اشاره کرد.

منبع صوتی خطی همواره توسط چندین منبع انتشار دهنده صوت که زنجیر وار در کنار و یا پشت یکدیگر قرار گرفته‌اند پدید می‌آید. ترافیک وسایل نقلیه موتوری مهمترین منبع خطی ایجاد آلودگی صوتی محسوب می شود.

در آخر زمانی منبع صوتی را سطحی می نامیم که چندین منبع صوتی در سطح کم و بیش وسیع استقرار یافته باشند و سبب افزایش بار صوتی محیط زیست می‌شوند. مجموعه های وسیع صنعتی، مناطق صنعتی، استادیوم‌های فوتبال، مجموعه های تفریحی و بازی از این جمله اند.

۱-۲-۴ تاثیرات آلودگی صوتی بر روی انسان

۱-۲-۴-۱ تاثیرات روانی همراه با واکنش های فیزیولوژیک

به هنگام طرح مسئله آلودگی صوتی معمولا افکار عمومی به سمت آن دسته از بیماریهای شنوایی معطوف می‌شود که براثر صداهای بلند و ناهنجار بوجود می آید حال آنکه این قبیل بیماریها در مقایسه با آنچه در منابع علمی تاثیرات روانی فیزیولوژیک آلودگی صوتی نامیده می شود نسبتا ناچیز است.

تحقیقات انجام شده در کشورهای پیشرو و در زمینه حفاظت از محیط زیست مهمترین عامل آلودگی صوتی در محیطهای شهری را ترافیک وسایل نقلیه موتوری معرفی می کند . در ایران نیز بر مبنای تجربه و بر اساس مطالعات ارزشمند موجود که در تهران به انجام رسیده اند باید ترافیک خیابانی را مهمترین و گسترده ترین عامل این نوع آلودگی زیست محیطی به حساب آورد.

متوسط ترازصوتی ناشی از ترافیک خیابانی برای تهران گاه بین ۷۰ تا ۹۰ دسی‌بل (بیش از آستانه بحرانی) نوسان دارد. مینی بوس های موجود در شهر تهران قادرند تراز صوتی را تا بیش از ۹۰ دسی بل افزایش دهند و صدای برخی از موتورسیکلت‌ها حتی از ۱۰۰ دسی بل تجاوز می‌کند. پرواز هواپیما نیز بر فراز برخی محدوده های شهری تراز صوتی را تا ۱۰۰ دسی بل افزایش می دهند. [1]

واکنشهای روانی فیزیولوژیک انسان در آستانه هایی بسیار پایینتر آغاز می شود . بنابراین برای تعیین آستانه های آسایش صوتی باید آن استانه هایی را معیار قرار داد که از آن مرحله به بعد انسان سالم در مقابل بار صوتی محیط از خود واکنش نشان می دهد .این نوع واکنشها معمولا در قالب مفاهیمی چون مزاحمت ، ناراحتی، آزردگی، عصبی شدن و بطور کلی فشار عصبی بیان می شود.

متاسفانه باید اذعان داشت که در شهرهایی چون تهران زمینه برای بروز چنین واکنشهایی کاملا مساعد است. همانگونه که قبلا اشاره شد ترافیک وسایل نقلیه موتوری مهمترین منبع آلودگی صوتی در محیطهای شهری بحساب می‌آید. اسکان جمعیت در نزدیکی خیابان، بزرگراه، خطآهن، فرودگاه و... از جمله عواملی بشمار می آیند که برقراری آستانه آسایش صوتی را در اوقات لازم مانند استراحت، خواب، صرف غذا و مانند آن تقریبا غیرممکن می‌سازد.[1]

۱-۲-۴-۲ اختلال در روند خواب و واکنشهای دستگاه عصبی

خواب سالم یعنی خواب بدون مزاحمت یکی از شرایط اولیه برای تجدید قوای جسمی و روحی از دست رفته در طول اوقات فعالیت است. انسان از طریق خواب سالم به کلیه اعضای خود خصوصا شبکه اعصاب مرکزی آرامش می دهد، تجدید قوا می کند و بدین وسیله مجددا آماده کار و فعالیت می شود.

آماده شدن انسان برای به خواب رفتن از یک سو نیازمند افت و کاهش فعالیت بدن و از سوی دیگر محتاج به تراز خاصی از آسایش صوتی است. این حالت تحت تاثیر عوامل تحریک کننده مختلف ازجمله آلودگی صوتی به تاخیر می افتد، مختل می شود و یا در برخی موارد حتی ناممکن می‌شود.

وضعیت مذکور زمانی شکل حاد به خود می گیرد که پویایی تراز صوتی (تفاوت میان تراز صوتی زمینه و حد اکثرهای صوتی) قابل توجه باشد.

از خواب پریدنهای مکرر ، کوتاه شدن زمان خواب ، کاهش مدت زمان و عمق خواب عمیق و نیز کاهش زمان رویا به صورت نوعی آزار، اذیت و مزاحمت احساس می شود و در نهایت انسان را خسته ، بی حوصله ، عصبی و مستعد هرگونه درگیری و پرخاشگری می کند.

بر طبق آزمایشهای انجام شده تراز صوتی در اتاق خواب باید کمتر از ۴۰ دسی بل باشد . افزایش ناگهانی تراز صوتی ۶ دسی بل احتمال پریدن از خواب را افزایش می‌دهد و کیفیت خواب را تنزل می دهد. [1]
معمولا افراد سالم در حالت خواب عمیق در برابر افزایش تراز صوتی مقاومتی بیش از بیماران و سالمندان از خود نشان می‌دهند. افراد سالمند از آنجا که مدت کمتری می خوابند و مهمتر از آن مدت خواب عمیقشان کوتاه است به هنگام خواب در برابر نوسانات صوتی حساسیت بیشتری از خود نشان می دهند.
سرو صدای راه یافته به اتاق حتی اگر انسان را بیدار هم نکند ، می تواند موجب افت کیفیت خواب شود و چنین فعل و انفعالاتی را می توان با کمک نوار مغزی به نمایش گذاشت. همچنین باید توجه داشت که حساسیت انسان در مقابل صداهایی که سریعا به اوج می رسند بسیار زیاد است از جمله این صداها مانند هواپیما ، هلیکوپتر ، کامیون، موتور سیکلت و مانند آن را می توان نام برد.
به همین دلیل انسان در برابر صداهای ناگهانی و انفجار با تکان شدید و وحشتزدگی واکنش نشان می دهد.
علاوه بر موارد فوق باید از کاهش قدرت تمرکز، کاهش دقت عمل در کارها، افزایش وقوع اشتباه ها و نیز مصرف نا متعارف داروهای آرامبخش یا خواب آور و مسکن نیز میتوان به عنوان تاثیرات مستقیم و غیرمستقیم آلودگی صوتی یاد کرد.
کاهش تمرکز فکری و دقت عمل باعث افت بازدهی کاری انسان می شود و افت بازدهی کاری بدون شک زیانهای اقتصادی گسترده ای را به دنبال دارد . در این زمینه ثابت شده است هرگاه سرو صدای محیطی از مرز ۵۰ دسی بل فراتر رود انجام فعالیتهای فکری بشدت مختل می شود. بعلاوه در مورد مشاغلی که در آنها دریافت اطلاعات شنیداری اهمیت دارد (مراکز آموزشی از پیش دبستان تا دانشگاهها) وضع به همین منوال است. سرو صدا را می توان به عنوان عاملی در ایجاد فشار روانی نیز به شمار آورد. خصوصا سروصدایی که برای انسان هیچ راه گریزی باقی نگذارد و انسان در برابر آن احساس عجز کند. در این صورت می توان اکثر عوارضی را که ریشه در فشارهای روانی دارند از جمله زخم معده، زخم اثنی عشر، یبوست و سر درد را نیز با آلودگی صوتی محیط مرتبط دانست.[1]

مجموع عوامل فوق حکم می کند تا توجه به مسئله آلودگی صوتی از نخستین مراحل برنامه ریزی کالبدی آغاز گردد.

۱-۲-۴-۳ تاثیر در دستگاه شنوایی

به منظور شناخت تاثیر آلودگی صوتی در دستگاه شنوایی مروری اجمالی بر ساختمان و نحوه عملکرد این دستگاه بسیار ضروری بنظر می‌رسد زیرا در نهایت همین دستگاه شنوایی است که نقش گیرنده را برای کلیه صداهای موجود در محیط بر عهده دارد.

بنابر این چنانچه جلوگیری از صدا ضروری باشد می بایست پیش بینی هایی در خود محیط بعمل آید.

در طی فرایند شنیدن در سلولهای شنوایی مقادیری انرژی به مصرف می رسد که در شرایط معمولی بطور منظم بازسازی می شود. این عمل سوخت و ساز در جوانان بسیار سریع و در سالمندان به کندی صورت می گیرد. در شرایط غیر عادی یعنی زمانی که گوش متحمل بار سنگین صوتی می شود تعادل موجود میان سوخت و ساز به نفع سوخت بر هم می خورد و بازدهی سلولهای شنوایی افت می کند.

در برخی از موارد افت بازدهی موقت است ولی هر گاه وضعیت نا مناسب صوتی تکرار شود یا به صورت دائمی در آید در آن صورت ناشنوایی موقت میتواند به ناشنوایی دایم بدل شود.[1]

با این حال به دلایل زیر بحث در این زمینه در چارچوب کاملا فشرده و مختصر صورت می گیرد.

اول آنکه آسیب‌دیدگی دستگاه شنوایی تحت تاثیر آلودگی صوتی عمدتا در محیط های کاری و در نتیجه کار ماشین الات و ابزار پر سروصدا بوقوع می پیوندد و دوم آنکه همانطور که قبلا اشاره شد در مبنای اطلاعات موجود در شرایط فعلی بعید به نظر میرسد که دستگاه شنوایی بر اساس تراز صوتی معمول در محیطهای شهری آسیب جدی ببیند و انسان دچار سنگینی گوش یا ناشنوایی شود.

از دیدگاه بیولوژیک دستگاه شنوایی و صداهای موجود در محیط با یکدیگر ارتباطی بسیار عمیق به عمق تاریخ تکامل انسان دارند. اصولا شکل‌گیری دستگاه شنوایی را باید محصول همین رابطه متقابل دانست. شناخت و ارزیابی صداهای موجود در محیط و نتیجه گیری از آنها یکی از رموز موفقیت انسان در پیمودن