



وزارت راه و ترابری
معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری
دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

راهنمای ارزیابی و کاهش سروصدای ناشی از ترافیک

این مجموعه ترجمه‌ای است از گزارشی تحت عنوان:

Guide on Evaluation and Abatement of Traffic Noise

توجه: هدف از تهیه این گونه مجموعه‌ها، طرح موضوعات تخصصی در قالب انتقال فناوری از طریق نشر منابع تخصصی معتبر می‌باشد. لذا به کلیه بهره‌برداران توصیه می‌گردد جهت کاربرد اعداد و استانداردهای مورد اشاره به اصل منابع مراجعه نمایند. بدیهی است ناشر هیچ گونه مسؤلیتی در خصوص پیامدهای سوء ناشی از عدم توجه به توصیه فوق را متقبل نخواهد شد.

دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

عنوان و پدیدآور	: راهنمای ارزیابی و کاهش سروصدای ناشی از ترافیک/تهیه و تالیف انجمن ادارات حمل و نقل و راههای ایالتی آمریکا (AASHTO): مترجم شهروز بنی احمد.
مشخصات نشر	: تهران: وزارت راه و ترابری، معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری، دفتر مطالعات فناوری و ایمنی ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری	: ۳۰ ص.: مصور.
وضعیت فهرست نویسی: فیبا	
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۵۶۱۵-۰۷-۴
ISBN: 978-600-5615-07-4	
یادداشت	: عنوان اصلی
موضوع	: ترافیک -- سرو صدا.
موضوع	: سر و صدا -- کنترل.
موضوع	: وسایل نقلیه موتوری -- ایالات متحده -- رانندگی -- پیش‌بینی‌های ایمنی.
موضوع	: برنامه‌ریزی استراتژیک -- ایالات متحده.
شناسه افزوده	: بنی احمد، شهروز، مترجم.
شناسه افزوده	: انجمن مقامات ایالتی راه و ترابری آمریکا.
شناسه افزوده	: American Association of State Highway and Transportation Officials
شناسه افزوده	: وزارت راه و ترابری، دفتر مطالعات فناوری و ایمنی.
رده‌بندی کنگره	: TD ۸۹۳/۶/ت۴ر۲ ۱۳۸۸
رده‌بندی دیوی	: ۳۶۳/۷۴۱
	: شماره کتابخانه ملی: ۱۷۸۰۳۸۵

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - دفتر مطالعات فناوری و ایمنی

عنوان گزارش	: راهنمای ارزیابی و کاهش سروصدای ناشی از ترافیک
تهیه و تألیف	: انجمن ادارات حمل و نقل و راه‌های ایالتی آمریکا (AASHTO)
تاریخ تألیف	: ۱۹۹۳ میلادی
مترجم	: شهروز بنی احمد
ویرایش فنی	: مرتضی خادمی بحرینی، مهسا مهرپویا
ویرایش ادبی	: ناصر پورمعلم
ناشر	: وزارت راه و ترابری - معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - دفتر مطالعات فناوری و ایمنی
طرح جلد	: لیلا سلوکی
نوبت چاپ	: اول
تاریخ انتشار	: پاییز ۸۹
کد انتشار	: ۸۹/RRCD/۲۸۷
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۵۶۱۵-۰۷-۴
تیراژ	: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت	: ۱۶۰۰ تومان
لیتوگرافی	: باران
چاپ و صحافی	: شامران
نشانی	: میدان آرژانتین - ابتدای بزرگراه آفریقا - اراضی عباس‌آباد - ساختمان شهید دادمان - وزارت راه و ترابری - طبقه سیزدهم شمالی - دفتر مطالعات فناوری و ایمنی
تلفکس	: ۸۸۶۴۶۱۳۹
وبسایت	: web:www.rahiran.ir

* کلیه حقوق متعلق به ناشر می‌باشد*

این گزارش با همکاری و حمایت مالی آموزشکده علمی - کاربردی تکنولوژی راه و ترابری (شهید تفویضی) منتشر می‌گردد

بسمه تعالی

وزارت راه و ترابری به عنوان متولی اصلی صنعت حمل و نقل کشور، نیازمند استفاده از بخش وسیعی از خدمات مهندسی در زمینه طراحی، ساخت، نگهداری و بهره‌برداری از اجزاء سیستم حمل و نقل می‌باشد. از این رو ضروری است که دانش فنی مورد نیاز بطور مستمر در اختیار مدیران و کارشناسان مربوطه قرار گرفته تا نیازهای مطالعاتی و تحقیقاتی آنها مرتفع گردد. معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری وزارت راه و ترابری درصدد است ضمن شناسایی نیازهای اساسی بخشهای مختلف وزارت متبوع و انجام تحقیقات علمی - کاربردی در زمینه مسائل فنی حمل و نقل و همچنین استفاده از آخرین دستاوردها و انجام مبادلات علمی با مجامع و سازمانهای علمی و تخصصی ذیربط، به رفع این نیازها پردازد. در همین راستا این معاونت برآن است تا با تهیه و تدوین مجموعه گزارشهای تخصصی، دانش فنی مورد نیاز را به شکلی مناسب در اختیار بخشهای مختلف وزارت متبوع و سایر متخصصان قرار دهد.

نگرانیهای فزاینده درمورد اثر پروژههای راه‌سازی بر محیط‌زیست، منجر به تشکیل گروه ویژه طراحی زیست‌محیطی^۱، بعنوان یک زیرمجموعه از کمیته فرعی اجرایی در زمینه طراحی سواره‌رو^۲ در دسامبر ۱۹۷۱ گردید. این گروه ویژه با هدف ایجاد یک گروه کاری و هسته مرکزی از خبرگان در زمینه طراحی زیست‌محیطی سازماندهی شد تا ضمن سرپرستی، دستورالعمل‌ها، سیاست‌ها و استانداردهای مربوطه را توسعه و ارتقاء دهد.

اولین تعهد گروه ویژه، تلفیق و اشاعه نتایج تحقیقات مرتبط با سروصدای ترافیک و توسعه معیارهایی برای کاهش آن در روش‌ها و فنون طراحی بود. راهنمای ارزیابی و کاهش سروصدای ترافیک، حاصل همین تعهد است که برای اولین بار در سال ۱۹۷۴ و پس از آن در سال ۱۹۸۵ منتشر گردید.

وضع موجود کاهش سروصدای ترافیک، پیوسته در حال تغییر است و نسخه حاضر، بهترین اطلاعات در دسترس را تا این تاریخ (۱۹۹۳) ارائه می‌کند. بدینوسیله از تلاش‌های مجدانه اعضای گروه ویژه و سایر پرسنل همکار، نهایت تشکر و قدردانی می‌شود.

امید است که با تلاش‌های صورت گرفته توسط آقای مهندس مهران قربانی و آقای مهندس مهران غلامی مدیرکل و معاون مدیرکل دفتر مطالعات فناوری و ایمنی و همکاری افرادی که در تهیه این گزارش ما را یاری رساندند، ضمن تشکر و قدردانی، گامی مؤثر در جهت ایجاد تحول، نوآوری و ارتقاء عملکردها برداشته شود.

ناصر پورمعلم^۳

معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

نماینده اول پیارک در ایران

1- Task Force for Environmental Design

2- Operating Subcommittee on Roadway Design

۳. معاون آموزش، تحقیقات و فناوری، دبیر شورایعالی فنی و امور زیربنایی حمل و نقل.

راهنمای ارزیابی و کاهش سروصدای ناشی از ترافیک

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	۱. مقدمه
۱	۱-۱. شرح مسأله: سروصدای ناشی از ترافیک
۲	۲. ماهیت سروصدا
۲	۱-۲. خصوصیات کلی
۳	۲-۲. واحدهای اندازه‌گیری شدت صوت
۳	۳-۲. تواتر و بلندی (صدا)
۵	۴-۲. نوسانات سروصدای ترافیک
۶	۵-۲. ایجاد صدا و واکنش انسان
۶	۶-۲. خلاصه فصل
۸	۳. همبستگی سیستم‌ها
۸	۱-۳. کلیات
۸	۲-۳. وسیله نقلیه موتوری
۸	۱-۲-۳. سروصدای وسیله نقلیه موتوری
۹	۲-۲-۳. کنترل منبع سروصدا
۹	۳-۳. کاربری مناسب زمین
۹	۱-۳-۳. سروصدا و پلان شهری
۹	۲-۳-۳. کنترل ادارات محلی
۱۰	۴-۳. طراحی و جانمایی ساختمان
۱۰	۱-۴-۳. کلیات
۱۱	۲-۴-۳. تأثیر طراحان بر محیط سروصدا
۱۲	۵-۳. سروصدای ناشی از ساخت‌وساز
۱۴	۴. مطالعه سروصدای راه
۱۴	۱-۴. شناسایی معیارهای ارزیابی تأثیر سروصدا و کاربری‌های حساس به سروصدا
۱۵	۲-۴. تعیین سطح سروصدای موجود
۱۵	۱-۲-۴. آماده‌سازی اولیه
۱۶	۲-۲-۴. اندازه‌گیری‌های میدانی

۱۶	۳-۴. شناخت تأثیرات سروصدای پروژه
۱۶	۱-۳-۴. پیش‌بینی سطح سروصدای راه در آینده
۱۷	۲-۳-۴. روش‌های پیش‌بینی
۱۷	۴-۴. ارزیابی راهکارهای کاهش سروصدا
۱۸	۵-۴. ارزیابی تأثیر سروصدای عملیات ساختمانی
۱۸	۶-۴. مستندسازی همکاری‌های ادارات محلی
۱۹	۵. راهکارهای کاهش سروصدا
۱۹	۱-۵. اصلاح راستای افقی و قائم راه
۱۹	۱-۱-۵. تغییر مسیر راه
۱۹	۲-۱-۵. جانمایی مناسب خطوط عبوری در کریدور انتخابی
۱۹	۳-۱-۵. کاهش تراز راه
۱۹	۴-۱-۵. بالا بردن تراز راه
۲۰	۵-۱-۵. کاهش شیب جاده
۲۱	۶-۱-۵. تغییر روسازی راه
۲۱	۲-۵. اصلاح عرض حریم راه
۲۲	۳-۵. ایجاد مانع در برابر سروصدا
۲۲	۱-۳-۵. کلیات
۲۲	۲-۳-۵. شانه‌های خاکی
۲۲	۳-۳-۵. دیوارهای ضد صدا
۲۳	۴-۳-۵. ایجاد پوشش گیاهی
۲۳	۵-۳-۵. ساختمان‌ها
۲۳	۴-۵. عایق‌بندی صوتی ساختمان‌ها
۲۴	۶. ملاحظات طراحی موانع صوتی
۲۴	۱-۶. اهداف طراحی
۲۴	۲-۶. ملاحظات آکوستیکی
۲۶	۳-۶. ملاحظات ایمنی
۲۶	۴-۶. ملاحظات تعمیر و نگهداری
۲۷	۵-۶. کیفیت بصری
۲۸	۶-۶. ملاحظات سازه‌ای
۲۹	۷. فرهنگ اصطلاحات
۳۰	۸. فهرست مراجع

۱. مقدمه

۱-۱. شرح مسأله: سروصدای ناشی از ترافیک

سروصدا یا نوفه، یک نگرانی عمومی است. کاهش سروصدا، فقط با پرداخت بهایی سنگین و تلاش فراوان میسر است. این مسأله به علت اهمیت فراوان وسایل نقلیه در زندگی روزمره ما، نیازمند توجه همه عناصر جامعه می‌باشد. واکنش مردم در مقابل سروصدای ناشی از ترافیک نیز پیچیده است، زیرا به ترکیبی از خصوصیات فیزیولوژیکی و روان‌شناختی افراد برمی‌گردد، خصوصیتی که از فردی به فرد دیگر تغییر می‌کند. برای دستیابی به یک راه‌حل منطقی و مؤثر در کنترل و کاهش سروصدای ترافیک، می‌توان با همیاری بخش‌های خصوصی و دولتی، به طور شایسته‌ای مسئولیت‌ها را تقسیم کرد. ادارات ایالتی راه باید با همکاری ادارات محلی و افراد بومی، طرح‌های کاربری اراضی (چیدمان تأسیسات و مناطق مجاور راه اعم از مسکونی، کتابخانه‌ها و ...) را سازگار با مشکل سروصدا تهیه نمایند. علاوه بر کاربری مناسب اراضی مجاور راه، اقدام مفید دیگر، کنترل سروصدا از منبع تولید است که شامل تایرها، موتور و آگزوز وسیله‌نقلیه می‌شود. در این راستا، وضع قوانین مناسب علاوه بر طراحی و ساخت وسایل نقلیه کم‌صداتر، از جمله عوامل مهم در حل این معضل به شمار می‌آیند. در نهایت، برای کاهش سروصدا باید از تکنیک‌های طراحی راه (نظیر طراحی مناسب رویه راه) استفاده شود.

هدف راهنمای حاضر، آشنا نمودن طراحان پروژه‌های راهسازی با پیچیدگی‌های معضل سروصدای ترافیک است. طراحان نباید صرفاً به جمع‌آوری و ارزیابی اطلاعات اکتفا کنند. آنها باید مقادیر احتمالی سروصدا را نیز ارزیابی نموده و با در نظر گرفتن کلیه جوانب طراحی و موقعیت مکانی، تأثیر هر اقدام چاره‌جویانه در کاهش سروصدای راه را بررسی کرده و به یک راه‌حل مقرون‌به‌صرفه دست یابند.

یک طراح در بررسی و ارزیابی تأثیر سروصدای ترافیک باید این مسأله را در نظر داشته باشد که راهکارهای کاهش سروصدا، ممکن است با دیگر اهداف زیست‌محیطی و اجتماعی در تعارض باشند. چنین احتمالاتی باید به دقت در تحلیل سروصدا مورد بررسی قرار گیرند.

در فصل بعدی، مروری بر ماهیت سروصدا ارائه می‌شود. مقابله با مشکل سروصدای ناشی از ترافیک با همه جنبه‌های به هم وابسته آن، تحت عنوان "همبستگی یا اتحاد سیستم‌ها" (Systems Approach) در فصل سوم مطرح شده که منظور از آن، تقسیم مسئولیت‌ها برای کاهش سروصداست. همچنین ضمن آشنایی با برخی از مسایل پیش روی طراحان و برنامه‌ریزان راه، اقدامات اصلاحی برای کاهش سروصدا نیز ارائه شده است. مراحل و خطوط کلی اجرای مطالعات سروصدا در فصل چهارم ترسیم شده‌اند. هنگامی که مطالعات مشخص کنند کاهش سروصدا معقول و امکان‌پذیر است، آنگاه جنبه‌های طراحی مؤثر در دستیابی به یک راه‌حل مقرون به صرفه ارائه می‌شوند.

۲. ماهیت سروصدا

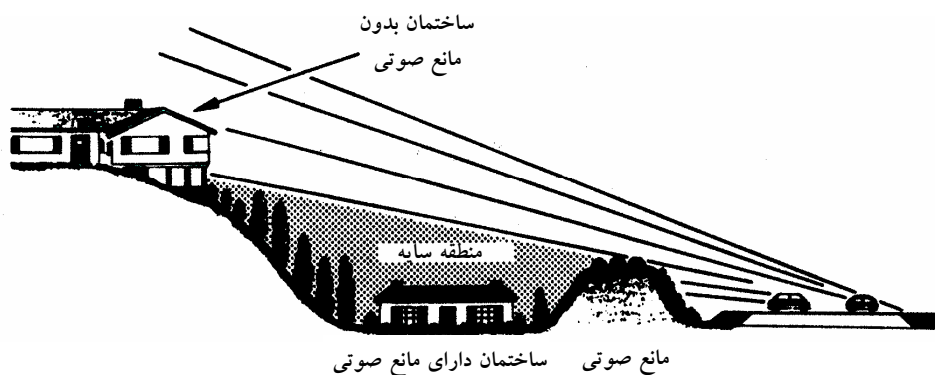
۱-۲. خصوصیات کلی

سروصدا را می‌توان به عنوان یک صوت ناخواسته تعریف کرد. صوت، احساسی است که هنگام بروز امواج ناشی از یک آشفتگی ارتعاشی در هوا در اندام‌های شنوایی انسان ایجاد می‌شود. هر بخش کوچک از آشفتگی ارتعاشی (از یک منبع نقطه‌ای)، یک موج فشرده تولید می‌کند که به صورت کروی به اطراف منتشر می‌شود. موج صوتی، مشابه انبساط یک بالن است، همان‌طور که بالن منبسط شده و شعاع آن بیشتر می‌شود، سطح کروی آن نیز افزایش می‌یابد. امواج صوتی نیز به همین صورت، هر قدر از منبع خود دورتر شوند، محیط بیشتری را در بر گرفته و انرژی آن به نسبت مجذور فاصله از منبع صوت کاهش می‌یابد. صوت ایجاد شده از یک منبع خطی، از مجموع اصوات هر منبع نقطه‌ای تشکیل می‌شود. افت انرژی صوتی به علت اصطکاک و مقاومت هواست، اما به سادگی می‌توان دریافت که شدت امواج صوتی با افزایش فاصله از منبع، کاهش می‌یابد.

اگر بر سر راه پیشانی موج (Wave Front)، مانعی مثل دیوار وجود داشته باشد، بخشی از صوت در برخورد با آن به طور کامل منعکس شده، بخشی جذب می‌شود و بخش باقیمانده نیز از میان مانع عبور می‌کند. همچنین، پیشانی موج در برخورد با لبه‌ها و بالای مانع، منحرف یا منکسر (پراش) خواهد شد و منطقه "سایه" را ایجاد می‌کند (شکل ۱). بنابراین، میزان تأثیر کم کردن سروصدا توسط مانع، به ابعاد و جنس مصالح مانع بستگی دارد.

یک ماده متراکم و فشرده با جرم زیاد، کم و بیش مانع عبور صوت خواهد شد که مهم‌ترین ویژگی سازه‌های صداگیر است. یک سطح صاف و متراکم بیش از یک ماده متخلخل و تراکم‌پذیر، صوت را منعکس می‌کند و یک ماده متخلخل تراکم‌پذیر نیز، بیشتر جاذب صوت است تا منعکس‌کننده آن. در هر حال، بخش عمده صوت از مانع عبور می‌کند مگر آن که جنس مانع از مصالح متراکم و سخت باشد.

تأثیر سایه مانع صوتی



شکل ۱: منطقه سایه با سروصدای کم.

مقدار سروصدایی که به واسطه پراش وارد منطقه سایه می‌شود، به تواتر منبع سروصدا، انحنای پیشانی موج و زاویه برخورد بستگی دارد. میزان تأثیر سروصدا بر ناظری در این منطقه، بستگی به فاصله وی از مانع و ابعاد مانع (ارتفاع و طول) دارد.

۲-۲. واحدهای اندازه‌گیری شدت صوت

هر موج صوتی، فشاری ایجاد می‌کند که بر حسب میلی‌بار (یک دین فشار بر یک سانتی‌متر مربع یا تقریباً یک میلیونیم فشار اتمسفر) سنجیده می‌شود. استفاده از این واحد برای صوت مرسوم نیست، زیرا به دامنه‌ای نجومی از ارقام نیاز است. بنابراین برای سهولت از واحد دسی‌بل (dB) استفاده می‌شود. دسی‌بل از علوم مهندسی برق به عاریت گرفته شده و یک کمیّت نسبی است.

طبق تعریف، دسی‌بل یک تابع لگاریتمی فشار است. به طور واضح‌تر، فشار صوت بر حسب دسی‌بل، ۲۰ برابر لگاریتم نسبت جذر میانگین مربعات فشار صوت بر حسب میکروبار به فشار مبنا (معمولاً ۰/۰۰۰۲ میکروبار) می‌باشد. تابع لگاریتمی به این علت به کار می‌رود که دامنه اعداد فشار صوت به قدری بزرگ است که قابل گنجاندن بر روی یک مقیاس خطی نیست.

$$(1) \quad \text{فشار صوتی (بر حسب دسی‌بل)} = 10 \text{ Log}_{10} (P/P_0)^2 = 20 \text{ Log}_{10} (P/P_0)$$

P: جذر میانگین مربعات فشار صوت بر حسب نیوتن بر متر مربع

$P_0: 10^{-5} \times 2$ نیوتن بر متر مربع؛ فشار صوت مبنا

استفاده از دسی‌بل به جای واحدهای فشار، فشار همه اصوات ممکن را در دامنه ۰ تا حدود ۱۴۰ پوشش می‌دهد (شکل ۲). عدد مبنای فشار صوت، ۰ دسی‌بل است که معادل ۰/۰۰۰۲ میکروبار می‌باشد. این عدد، بیانگر ضعیف‌ترین صدایی است که انسانی با قدرت شنوایی عالی در یک محیط کاملاً ساکت قادر به شنیدن آن است. صدای ۱۰۰ دسی‌بل، معادل ۲۰ میکروبار یا ۱۰۰۰۰۰ برابر ۰ دسی‌بل است. دامنه فشار صوت که اغلب در بررسی سروصدای ناشی از ترافیک راه‌ها مطرح می‌باشد، بین ۵۰ تا ۹۵ دسی‌بل است.

۲-۳. تواتر و بلندی (صدا)

فشار صوت نمی‌تواند به تنهایی بیانگر بلندی صدا باشد. شاخص دیگر، تواتر یا فرکانس است. تواتر یک موج صوتی، تعداد دفعات تکرار آن در یک ثانیه در یک محیط کاملاً ساکت است (یعنی سرعت ایجاد ارتعاشات). واحد تواتر، هرتز (Hz) است که برابر یک دور در ثانیه می‌باشد. دامنه قابل شنیدن تواتر، ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است، اما گوش انسان به صداهای حدود ۱۰۰۰ هرتز حساس‌تر است تا مرزهای دامنه فوق. برای آنکه صدایی با تواتر ۱۰۰ هرتز شبیه صدایی با تواتر ۱۰۰۰ هرتز به نظر برسد، فشار صوتی آن باید ۲۰ دسی‌بل بیشتر باشد. سروصدای ترافیک اکثراً تواتر بین ۱۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز دارد، ضمن آنکه صدای موتور وسایل نقلیه، حد پایین دامنه مزبور (۲۵۰-۱۰۰ هرتز) و زوزه لاستیک‌ها و آشفستگی هوا، حدود بالای دامنه تواترها را دارند.



شکل ۲: سطح سروصدای معمول در فضاهای سرپشته و آزاد.

صدای خالص (یعنی دارای یک تواتر ثابت منفرد)، به ندرت در محیط یافت می‌شود و اغلب اصوات، متشکل از تواترهای متعددی هستند. برای ارزیابی دقیق صوت، لازم است فشار صوت را برای هر دسته از تواترهای مولد صوت به دست آوریم که البته این روش اندازه‌گیری، معمول نیست. روش ساده‌ای که استفاده می‌شود، تقسیم تواترهای قابل شنیدن به ۹ باند اکتاو، به دست آوردن فشار صوت برای هر باند و سپس، ترکیب نتایج (معدل‌گیری) و نمایش آن به صورت یک عدد واحد می‌باشد. با وزن دادن به سطح فشار صدا برای هر باند اکتاو، یک میزان تجمعی به دست می‌آید که تقریباً بیانگر

واکنش گوش انسان به فشار صوت تواتر مرکب است. اصوات محاسبه شده با این سیستم، با dBA (دسی بل در مقیاس A) نمایش داده می شوند.

۲-۴. نوسانات سروصدای ترافیک

تغییرات بیشینه صدا در یک دوره زمانی، موضوعی مهم در ارزیابی سروصدا محسوب می شود. سروصداهای بلند اتفاقی شاید با اعتراض کمتری مواجه باشند، حال آنکه سروصدای بلند و مکرر معمولاً یکی از معضلات اصلی مناطق حساس به سروصدا محسوب می شود. از این گذشته، مقابله با سروصدای بلند اتفاقی در مقایسه با سروصدای کوتاه ولی مکرر به مراتب پرهزینه تر است. در اجرای هر راهکار حفاظتی (به نحوی که بیشترین بهره را با حداقل هزینه داشته باشد)، باید حداکثر مدت ایجاد سروصداهای بلندتر را مدنظر قرار داد.

سه فاکتور عمده صوت، بشر را آزار می دهد. از همه مهمتر، میزان بلندی بلندترین سروصداست. عامل بعدی، تکرار این سروصداهای بلند است، به طوری که مثلاً سروصدای بلند با تعداد دفعات کم تکرار در یک روز، آنچنان که باید آزاردهنده نبوده و مقابله با آن توجیه ندارد، ولی چند بار تکرار در یک ساعت می تواند اعتراض برانگیز باشد. عامل سوم نیز ماهیت پیوسته یا پایدار سروصداست.

شاخصی که به عنوان نماینده سه عامل فوق، مقبولیت گسترده ای کسب کرده؛ شاخص تراز صدای معادل (L_{eq}) است که بر مبنای متوسط شدت صوت در طول زمان می باشد. تراز صدای معادل (L_{eq})، بیانگر آن میزان صدایی است که کل انرژی صوتی حاصل از آن در یک دوره زمانی، برابر با مقدار انرژی صوتی است که مجموع صداهای متغیر در آن دوره ایجاد کرده اند و معادله آن عبارت است از:

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \sum_{t=1}^N 10^{L_t/10} \right] \quad (2)$$

که در آن L_t ، میزان صدای اندازه گیری شده بر حسب دسی بل در مقیاس A، T زمان کل و t نمو زمانی است. به دلیل این که L_{eq} بیانگر میانگین انرژی صوت در طول زمان است، نسبت به شاخص های درصدی مانند L_{10} جنبه های بیشتری را مطرح می کند. L_{10} ، بیانگر میزان نوفه ای است که در ۱۰٪ بازه زمانی مورد بررسی، ترازهای سروصدا مساوی یا بیشتر از آن باشند.

مقدار L_{eq} را می توان با ابزاربندی مناسب، به طور دایم بررسی کرد یا اینکه می توان آن را برای نمونه های منفرد و نزدیک محل در بازه های زمانی کوتاه تر به دست آورد. در شرایط ترافیک سبک یا جریان ترافیکی منقطع، شاخص L_{eq} می تواند ابزار بسیار خوبی برای توصیف سروصدای محیط باشد. نظر به اینکه L_{eq} وابسته به تغییرات الگوی زمانی نوفه نیست، برای مقایسه یا ترکیب سروصداهایی با بازه های زمانی متفاوت، روش بسیار مؤثری است.

در تعیین L_{eq} ، دوره های زمانی یک ساعت، ۲۴ ساعت یا حتی ۱۵ ساعت در طول روز و ۹ ساعت در طول شب را می توان به کار برد. در حال حاضر، دوره زمانی یک ساعت برای L_{eq} استفاده می شود.

۵-۲. ایجاد صدا و واکنش انسان

بیان یک سری روابط کلی در درک اصول تولید صدا و واکنش انسان مفید است. با دو برابر شدن حجم ترافیک، تراز صدا به میزان ۳ dBA افزایش می‌یابد. آزمایش‌ها نشان داده‌اند کوچکترین میزان تغییر نوبه که گوش انسان متوجه می‌شود، حدود ۳ dBA است و افزایش ۱۰ dBA، از دیدگاه یک شنونده عادی، به منزله تقریباً دو برابر شدن بلندی صداست (جدول ۱). به عنوان مثال، جریان ترافیکی با ۴۰۰ وسیله نقلیه در ساعت (vph)، برای ناظری در فاصله معین، سروصدایی به میزان ۵۰ dBA دارد و دو برابر شدن حجم ترافیک (۸۰۰ vph) با سرعت و شرایط یکسان، ۵۳ dBA صدا ایجاد می‌کند. افزایش حجم ترافیک تا ۱۶۰۰ vph، صدای ۵۶ dBA و ۴۰۰۰ vph نیز حدود ۶۰ dBA صدا خواهد داشت. بنابراین، ۱۰ برابر شدن حجم ترافیک، منجر به افزایش ۱۰ dBA شده و برای یک شنونده عادی، به منزله دو برابر شدن سروصداست.

جدول ۱: روابط بین سطح، انرژی و بلندی صدا.

تغییر سطح سروصدا	افت انرژی صوتی	بلندی نسبی صدا
۰ dBA	۰	مبنا
-۳ dBA	%۵۰	تغییر محسوس
-۱۰ dBA	%۹۰	نصف بلندی صدا
-۲۰ dBA	%۹۹	۱/۴ بلندی صدا
-۳۰ dBA	%۹۹/۹	۱/۸ بلندی صدا
-۴۰ dBA	%۹۹/۹۹	۱/۱۶ بلندی صدا

لذا کاهش صدا به میزان ۱۰ dBA، از نظر یک شنونده برابر با نصف شدن بلندی آن است. مثلاً صدایی با تراز ۷۰ dBA معادل نصف صدای ۸۰ dBA خواهد بود (با فرض اینکه ترکیب تواترها و سایر اجزای صدا یکسان باشد). همان‌طور که قبلاً گفته شد، شدت صوت با افزایش فاصله از منبع آن کاهش می‌یابد. صدای یک منبع خطی، نظیر یک جریان پیوسته از وسایل نقلیه، به گونه‌ای متفاوت بر حسب فاصله تغییر می‌کند. زیرا امواج صوتی در طول یک خط تولید شده و در یک نقطه (یعنی محل گیرنده صدا) به هم می‌رسند. پیشانی موج تقریباً مشابه یک استوانه منبسط‌شونده است. در نتیجه، میزان صدا با دو برابر شدن فاصله، به میزان ۳ تا ۴/۵ دسی‌بل در مقیاس A کاهش می‌یابد. میزان کاهش به خصوصیات جذب‌کنندگی زمین، بستگی دارد.

۶-۲. خلاصه فصل

صوت، اختلالی است که از ارتعاش اجسام مادی ناشی می‌شود. صدا به شکل امواج طولی از میان هوا یا هر رسانایی انتقال می‌یابد. اثر امواج صوتی بر اندام‌های شنوایی، به فشار ایجادشده توسط آنها بستگی دارد. واحد معمول اندازه‌گیری

میزان فشار صوتی، دسی بل (dB) است. دسی بل، یک تابع لگاریتمی از فشار نسبی صوت است. مکانیسم شنوایی علاوه بر میزان فشار صوت، به تواتر امواج صوت نیز حساس می‌باشد. تراز A، نزدیکترین دامنه شنوایی انسان و عکس‌العمل آن به سروصدای ترافیک را ارایه می‌کند.

شدت صدا به نسبت مجذور فاصله از منبع (نقطه‌ای) آن کاهش می‌یابد. سروصدای ترافیک یک راه با دو برابر شدن فاصله از آن، تقریباً ۳-۴/۵ dBA کاهش می‌یابد. دو برابر شدن منبع صدا (یعنی حجم ترافیک)، منجر به افزایش صدا به میزان ۳ dBA می‌شود. البته دو برابر شدن منبع صدا، به معنی دو برابر شدن بلندی صدا از نظر یک شنونده نیست. افزایش صدا به میزان ۱۰ dBA، تقریباً به معنای دو برابر شدن بلندی صدا از نظر شنوندگان عادی می‌باشد.

صدا با ایجاد یک حایل بین منبع و گیرنده آن کاهش می‌یابد. درجه کاهش صدا به ابعاد مانع، جنس مواد آن و فاصله گیرنده و منبع صدا با مانع بستگی دارد.

۳. همبستگی سیستم‌ها

۳-۱. کلیات

سروصدای ترافیک را می‌توان با یک برنامه مشارکت همگانی کاهش داد. کوشش‌هایی، بعضاً موفقیت‌آمیز، برای کاهش سروصدا از منبع تولید آن - وسیله نقلیه - صورت گرفته است. توسعه و کاربری اراضی مجاور راه‌های شریانی با حجم ترافیک بالا همراه با استانداردهای ساخت‌وساز مناسب، می‌تواند سازگار با سروصدای ترافیک صورت گیرد. AASHTO^۱ (انجمن ادارات حمل‌ونقل و راه‌های ایالتی آمریکا) هر گونه کوشش ممکن برای کنترل منبع صدا و کاربری مناسب زمین را مورد حمایت و تشویق قرار می‌دهد. علاوه بر این، سازمان‌های متولی راه در کشور نیز می‌توانند با منظور نمودن مشخصه‌های کاهش سروصدا در طراحی پروژه‌های راهسازی، در ایجاد یک محیط آرام و کم‌صدا سهیم باشند. هر گونه اقدام انفرادی برای کاهش سروصدا ممکن است به تنهایی مؤثر یا اقتصادی نباشد، اما در قالب تلاش مشترک همه افراد و سازمان‌های درگیر، می‌توان به یک تقسیم وظایف عادلانه و هدف بهینه نایل شد.

۳-۲. وسیله نقلیه موتوری

۳-۲-۱. سروصدای وسیله نقلیه موتوری

سروصدای وسیله نقلیه ناشی از خود وسیله، هواپویایی (آیرودینامیک) آن و تعامل تیر با رویه راه است. اتومبیل‌ها و کامیون‌ها، عمده‌ترین وسایل نقلیه تولیدکننده سروصدا در راه‌های ملی محسوب می‌شوند. کامیون‌ها (به ویژه کامیون‌های سنگین دیزلی)، مسأله‌دارترین سروصدا را دارند. کامیون‌ها به علت بزرگی و قدرت‌شان، حدود ۱۵ dBA بیش از اتومبیل‌ها سروصدا ایجاد می‌کنند. اجزای اصلی ایجاد سروصدا در کامیون‌ها عبارتند از: آگزوز، جعبه‌دنده، پروانه، دریچه ورودی هوا و لاستیک‌ها. صدای برون‌دمه (آگزوز) موتور، صدای غالب در اکثر شرایط کارکرد وسیله نقلیه به ویژه در هنگام شتاب‌گیری است. خروجی آگزوز معمولاً به فاصله ۳/۳ تا ۴ متر بالای سطح روسازی قرار دارد. در سرعت‌های ۸۰ km/h و بیشتر، معمولاً صدای تیر، صدای غالب است.

اتومبیل‌های مدرن امروزی به نسبت بی‌صدا هستند ولی در هر حال، سروصدا هر چند کم و ناچیز اجتناب‌ناپذیر است. سروصدای ایجادشده در شرایط معمول کارکرد موتور، در وهله اول از آگزوز و لاستیک ناشی می‌شود. در حالت حداکثر شتاب (دور موتور بالا)، صدای موتور غالب است. در سرعت‌های بالا، صدای غالب از تعامل لاستیک - رویه راه ناشی می‌شود. خودروهای سواری در سرعت‌های پایین‌تر، نسبتاً بی‌صدا هستند. جالب آنکه سروصدای اتومبیل‌ها با سرعت‌های معمول در راه‌ها (یعنی سرعت بالا)، چه موتور روشن باشد و چه خاموش، فرق چندانی نمی‌کند و سروصدای ناشی از تعامل لاستیک و رویه راه و سروصدای باد به گوش می‌رسد. اندازه‌گیری‌های واقعی نشان داده‌اند که میزان سروصدا هنگام خاموش بودن موتور (دنده خلاص)، فقط حدود ۱ تا ۳ دسی‌بل در مقیاس A کمتر از حالت موتور روشن می‌باشد.

1- American Association of State Highway and Transportation Officials: AASHTO

۲-۲-۳. کنترل منبع سروصدا

بهترین راه برای کاهش سروصدای ترافیک، بی صدا کردن وسایل نقلیه موتوری است. یک راه حل مؤثر، کاهش حد مجاز سروصدای ناشی از وسایل نقلیه از طریق قانون و اصرار بر اجرای آن می باشد. بی صدا کردن مولد صدا، منافع آشکاری برای همه افراد رهگذر و ساکن در کنار هزاران کیلومتر جاده و خیابان به دنبال خواهد داشت. ساخت یک کامیون کم صداتر، با اصلاح اجزای مولد صدا در آن امکان پذیر است. یک منبع آگزوز با طراحی خوب، لاستیک های ویژه، عایق بندی صوتی قسمت موتور و انجام دیگر اصلاحات در طراحی می توان انتظار داشت که سطح سروصدا، ۴-۵ dBA کاهش یابد.

متولیان راه در کشور تقریباً هیچ کنترلی بر سروصدای ناشی از وسایل نقلیه ندارند. در این زمینه، به کمک سازندگان وسایل نقلیه، رانندگان، سازمان های نظارتی و مجری قانون، برنامه ریزان و دست اندرکاران محلی نیاز است. AASHTO، از هر گونه قانون منطقی و اجرای آن در امر کاهش سروصدای وسیله نقلیه، حمایت و تشویق لازم را به عمل می آورد.

۳-۳. کاربری مناسب زمین

۱-۳-۳. سروصدا و پلان شهری

راه های با سرعت تردد بالا و حجم ترافیک سنگین، ذاتاً پرسروصدا هستند، ولی به عنوان بخشی جدایی ناپذیر از سیستم پیچیده محیط زندگی ما باید در پلان شهری منظور شوند. سروصدا، یک عنصر اجتناب ناپذیر در طراحی محل زندگی محسوب می شود. با وجود تلاش هایی که برای کاهش سروصدای وسایل نقلیه در حال انجام است اما باید واقع بین بود چرا که در هر صورت، وسایل نقلیه تا آینده قابل پیش بینی بدون صدا نخواهند شد. البته می توان ضمن طراحی راه ها، راهکارهای کاهش سروصدا را نیز ارایه و اجرا نمود تا اعتراضات به حداقل برسند، ولی چنین روشی برای کل شبکه جاده ای، اقتصادی نخواهد بود. برای کنترل سروصدا، برنامه ای مؤثر است و به سرعت به نتیجه می رسد که کاربری های اراضی مجاور راه را به گونه ای سازگار با این مشکل در نظر بگیرد.

۲-۳-۳. کنترل ادارات محلی

معضلات مربوط به سروصدا هنگامی بروز می کنند که شهرک ها و تأسیسات حساس به سروصدا در نزدیکی راه ها قرار می گیرند. اینجاست که ادارات محلی می توانند با اعمال قدرت و نظارت بر کاربری صحیح اراضی و مقررات ساخت و ساز، این مشکلات را به حداقل برسانند. سازمان های متولی راه با همکاری نزدیک دستگاه های مسؤول در امور تصویب طرح های کاربری اراضی و مقررات ساخت مسکن، ساختمان سازی و ناحیه بندی منطقه، می توانند در موارد زیر مؤثر باشند:

- ۱- کاربری هایی در مجاورت راه ها قرار گیرند که با سروصدای ترافیک، سازگار باشند.
- ۲- اقدامات لازم برای جداسازی کاربری های حساس به سروصدا نظیر مدارس، کتابخانه ها، کلیساها، مناطق مسکونی، پارک ها و غیره از مجاورت راه ها در نظر گرفته شود.
- ۳- هنگامی که احداث تأسیسات حساس به سروصدا در مجاورت راه اجتناب ناپذیر است، اقدامات لازم برای کاهش سروصدا به میزان کافی و پیاده سازی طرح های ابتکاری در تجهیز کارگاه و احداث ساختمان صورت گیرد.

البته این راه‌حل، بیشتر برای مناطق توسعه‌نیافته و در حال توسعه مناسب است و در مناطق شهری ساخته‌شده قابلیت اجرای محدودی دارد. با این وجود، در شهرک‌های نوساز و پروژه‌های بازسازی یا بهسازی می‌توان این روش را به کار برد. قطعاً اراضی اطراف راه‌ها، همواره دست‌نخورده باقی نخواهند ماند. برنامه‌ریزی مناسب کاربری زمین، برنامه‌ای است که در آن، فعالیت‌ها و مشاغل غیرحساس به سروصدا مثل پارکینگ‌ها، انبارها، بسیاری از فعالیت‌های تجارتي و صنعتی و غیره در مجاورت راه مستقر شوند.

وجود ساختمان‌ها نیز به نوبه خود در کنترل سروصدا مؤثر است و همچون مانع، مناطق مسکونی یا دیگر مشاغل حساس واقع در مناطق دورتر را در مقابل سروصدا محافظت می‌کند.

معماری مناسب ساختمان‌های مجاور راه نیز می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش سروصدا داشته باشد. حساس‌ترین بخش‌های ساختمان، باید تا حد امکان از منبع سروصدا دور باشند. ساختمان‌هایی با طراحی مناسب دارای سیستم عایق‌بندی صوتی و پنجره‌های دوجداره در سمت رو به راه و یک سیستم تهویه بدون نیاز به گشودن پنجره‌ها، به طور معمول از سروصدای داخل ساختمان به میزان ۲۵-۲۰ dBa و بیشتر می‌کاهند.

دولت در تمام سطوح، قادر به وضع قوانین برای تعیین شرایط سروصدای محیط می‌باشد. افزودن آیتم سروصدا در طرح‌های جامع محلی، ایده خوبی است و باید ترویج شود. در طرح‌های پیشنهادی راهسازی در زمین‌های بایر، سازمان‌های متولی راه قادرند برای دستیابی به سطح مورد انتظار سروصدا، اطلاعات مناسبی در زمینه کاربری اراضی با همکاری مسؤولان محلی فراهم آورند. همچنین در تکمیل اطلاعات مربوط به آیتم سروصدا در برنامه‌ریزی‌ها، ارایه نقشه‌ای از سطح سروصدای کنونی و پیش‌بینی‌شده (نقشه هم‌تراز صوتی) با وجود همه تأسیسات موجود، طرح‌های تصویب‌شده حمل‌ونقل و اطلاعات مربوط به هر عامل دیگر مولد سروصدا، بسیار مفید خواهد بود.

در بسیاری از شهرها و کشورها، مسأله سروصدا تبدیل به نگرانی فزاینده‌ای شده و به شدت مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. قوانین سنتی در خصوص "مزاحمت" ناشی از سروصدا، به مرور منسوخ شده و دستورات قابل اجرا بر پایه استانداردهای سطح سروصدا وضع می‌شوند. مقررات مربوط به سروصدا به صورت مدل در آمده تا شهرها و کشورها را در برقراری برنامه‌های کاهش سروصدا یاری کنند [۹].

AASHTO اذعان می‌کند که بیشتر ادارات محلی، مسؤولیت کنترل کاربری اراضی را بر عهده داشته و توصیه می‌کند از این اختیارات، به نحو احسن به منظور مقابله با معضل سروصدا استفاده نمایند. همچنین AASHTO همه کسانی را که در حاشیه راه‌ها ساخت‌وساز می‌کنند به اقدام مسؤولانه برای به حداقل رساندن اثرات سروصدای ترافیک، تشویق می‌نماید.

۴-۳. طراحی و جانمایی ساختمان

۴-۳-۱. کلیات

هنگامی که یک راه جدید یا ارتقا یافته سروصدایی بیش از سطوح سروصدای موجود را موجب شود، اعتراضات برانگیخته می‌شود. سروصدای یک محله مسکونی آرام و معمولی در طول روز، بین ۵۰ تا ۶۰ دسی‌بل (در مقیاس A)

می‌باشد. مناطق شهری فعال ممکن است سروصدایی در حد ۶۵ dBA داشته باشند. سروصدای زمینه در مناطق تجاری و صنعتی، بیش از ۷۰ dBA است. مناطق مسکونی با کمترین میزان سروصدا و فعالیت‌های معمول انسانی نظیر خوابیدن و صحبت کردن، بیش از سایر مناطق به مسأله مزاحمت سروصدا حساس هستند.

موقعیت مکانی و طراحی ساختمان‌های مجاور راه، متأثر از عوامل متعدد مهندسی، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است. سروصدای ترافیک نیز موضوع مهمی به شمار می‌آید. نظر به اینکه طراحی راه، تأثیر فراوانی در انتشار سروصدای ترافیک دارد، لذا سازمان‌های متولی راه قادرند مقرراتی را در مورد سروصدای محیط اعمال کنند. سروصدای ترافیک به میزان قابل توجهی بر پذیرش عمومی یک ساختمان حاشیه راه تأثیر دارد. احتمال قبول یک پروژه خاص هنگامی بیشتر است که عموم مردم باور داشته باشند نظرات و علایق آنان در برنامه‌ریزی پروژه مورد توجه قرار گرفته است، نیاز به پروژه به خوبی مشخص باشد و سازمان پیشنهاددهنده پروژه، وجهه‌ای فنی، کارآمد و پاسخگو داشته باشد.

اثرات سروصدای ترافیک باید به طور صریح و روشن در مطالعات طراحی و مکان‌یابی مدنظر قرار گیرند. این اثرات باید در گزارش‌های زیست‌محیطی مشخص شوند و راه‌حل‌های منطقی و عملی برای مشکلات مربوط به سروصدا ارائه گردند [۸]. می‌توان در حین عملیات ساخت راه نیز روش‌هایی برای کاهش پیامدهای سروصدا در مناطق اطراف به کار گرفت.

۳-۴-۲. تأثیر طراحان بر محیط سروصدا

تا حد امکان باید فاصله کافی بین راه‌ها و ساکنان مجاور آن در نظر گرفته شود تا سروصدای راه‌ها تا حد قابل قبولی کاهش یابد. از اقداماتی که می‌توانند در این زمینه صورت گیرند می‌توان به تغییر جهت‌های جزئی مسیر راه و در صورت امکان، افزایش حریم راه به مقداری که منجر به کاهش سروصدا شود، اشاره کرد.

هر طرحی از راه، خصوصیات خاص خود را در زمینه انتشار سروصدا دارد و تأثیر متفاوتی بر مناطق مجاور خود خواهد داشت. از نظر سروصدا، یک قطعه فرورفته از یک راه، قطعه‌ای ایده‌آل محسوب می‌شود. از طرف دیگر، در شرایطی مشابه، سروصدای یک راه مرتفع (بسته به ارتفاع)، به طور مشخص برای مناطق چسبیده به آن کمتر است. سایر عناصر طراحی نظیر شیب جاده یا محل و شیب رمپ نیز باید در ارزیابی اثرات سروصدا مدنظر قرار گیرند.

مفید بودن موانع در کاهش سروصدا، ثابت شده است. مانع نشان داده شده در شکل (۳)، برای محافظت از یک منطقه حساس به سروصدا در طول یک آزادراه ساخته شده است. این دیوار برای کاهش شاخص L_{10} از میزان پیش‌بینی شده ۷۵ به ۶۵ دسی‌بل در مقیاس A در نقطه‌ای پشت مانع طراحی گردیده است.



شکل ۳: نمونه‌ای از یک مانع صوتی چوبی در حاشیه یک آزادراه.

۳-۵. سروصدای ناشی از ساخت‌وساز

سازمان‌های متولی راه قادرند با اعمال برخی مقررات بر سروصدای ناشی از عملیات راهسازی تأثیر گذار باشند. همه تجهیزات راهسازی که با موتورهای احتراق داخلی کار می‌کنند باید به میزان کافی و به طور مناسب، به صداگیر مجهز باشند. سروصدای فعالیت‌هایی نظیر حفاری، انفجار، شمع‌کوبی، سنگ‌زنی و ... باید به ساعات خاصی محدود شود، ضمن اینکه می‌توان این عملیات را ملزم به انجام اقداماتی برای کاهش سروصدا نمود.

ضوابط مربوط به حد مجاز سروصدا و ساعات کار در عملیات راهسازی باید پاسخگوی حساسیت مناطق مجاور به سروصدا باشد. مناطق مسکونی، مدارس، بیمارستان‌ها، تئاترهای روباز، کتابخانه‌ها، کلیساها و سایر تأسیسات و فعالیت‌هایی که نیاز به محیط آرام و ساکت دارند، به عنوان مناطق حساس به سروصدا شناخته می‌شوند [۱۷].

سروصدای تجهیزات راهسازی در ساعات شب در مناطق مسکونی، اهمیت فوق‌العاده‌ای دارد. لذا باید ضوابط خاصی در خصوص میزان سروصدای مجاز یا محدودیت ساعت کار شبانه در طی ساعات استراحت برای این مناطق اعمال شود. این ضوابط باید همه فعالیت‌های مرتبط را در برگیرد.

اقدامات متعددی برای کاهش سروصدای عملیات راهسازی می‌توان به کار گرفت. این اقدامات را می‌توان به طور کلی به شرح زیر گروه‌بندی کرد:

§ روابط اجتماعی - برقراری ارتباط اولیه با عموم مردم، بسیار مهم و حیاتی است. مردم باید از هر گونه اثرات سروصدای ناشی از عملیات ساخت‌وساز مطلع شوند و راهکارهای اجرایی مقابله با آن اثرات نیز باید معرفی شود. برای مدت زمان اجرای عملیات ساخت‌وساز، یک مکانیسم پاسخگو باید ایجاد شده و به مردم معرفی شود. ایجاد یک رابطه خوب و مناسب با مردم منطقه می‌تواند مزایای فراوانی را با صرف هزینه‌ای اندک به دنبال داشته باشد. آگاه شدن اپراتورهای تجهیزات راهسازی از روحیات و عکس‌العمل مردم، آنان را از ایجاد سروصداهای غیر ضروری برحذر می‌دارد.

§ ملاحظات طراحی - هماهنگی و برقراری ارتباط با طراحان پروژه در اجرای عملیات ساخت و ساز به منظور کاهش اثرات سروصدای پروژه در مناطق حساس، بسیار مؤثر است. عوامل پرسروصدا مثل کمپرسورها، عملیات انبار کردن مصالح (دپو)، راه‌های دسترسی و غیره را می‌توان در مناطق با حساسیت کمتر قرار داد، ضمن اینکه از سایر عوامل طبیعی و مصنوعی مثل دیوها می‌توان به عنوان موانع صوتی استفاده کرد. اگر در طراحی پروژه، ساخت موانع صوتی دایمی پیش‌بینی شده است، باید هر چه زودتر برای ساخت آنها اقدام نمود تا اثرات سروصدای عملیات را کم کنند. روش‌های اجرایی جایگزین (مثل ساخت شمع درجا به جای شمع کوبی، استفاده از تجهیزات چرخ‌لاستیکی به جای چرخ فلزی و غیره) یا ساخت موانع صوتی موقت را نیز می‌توان برای کاهش سروصدای ناشی از عملیات ساخت و ساز به کار برد.

§ کنترل منبع سروصدا - تجهیزات جدید راهسازی عموماً از مدل‌های قدیمی کم‌صداترند. امروزه مدل‌های مخصوص و خیلی کم‌صدا نیز در دسترس هستند. در هر حال، استفاده از تجهیزات مدرن و کم‌صدا در سطح گسترده ممکن است از نظر اقتصادی به صرفه نباشد، مگر در پروژه‌های عظیمی که مسأله سروصدای عملیات، بسیار حاد باشد. کنترل سروصدای تجهیزات موجود نیز معمولاً به استفاده از صداگیر یا تعمیر و نگهداری منظم و همیشگی محدود می‌شود. اصلاحات اضافی تجهیزات ساخت به منظور کاهش سروصدا نیز معمولاً مقرون به صرفه نیست.

§ کنترل کارگاه - اقداماتی که در این زمینه می‌توان برای کاهش سروصدای عملیات ساخت یک راه انجام داد، تغییر و اصلاح زمان، مکان و روش استفاده از یک منبع سروصدا می‌باشد. اقدام رایج، محدود کردن ساعات کاری کارگاه است. همچنین با یک برنامه‌ریزی سنجیده می‌توان فعالیت‌های پرسروصدای ساخت و ساز را تا حد ممکن از مناطق حساس دور کرد و یا در صورت امکان در مکان‌هایی با موانع طبیعی مستقر نمود. احداث موانع صوتی موقت یا حصارهای مخصوص تجهیزات نیز معمولاً گران تمام می‌شود و فقط در پروژه‌های عظیمی که مسأله سروصدا بسیار حاد است، به کار می‌رود.

۴. مطالعه سروصدای راه

اهداف عمده مطالعه سروصدا برای احداث یک راه جدید یا بهبود یک راه موجود عبارتند از:

- شناسایی مناطق تحت تأثیر سروصدا برای هر گزینه مطالعاتی،
 - ارزیابی راهکارهای مقابله با این تأثیرات،
 - مقایسه گزینه‌های مطالعاتی مختلف بر پایه میزان تأثیرات بالقوه سروصدای هر یک و هزینه‌های مقابله با آنها.
- بنابراین مطالعات سروصدای ترافیک راه، در وهله اول اطلاعات مفیدی را برای دو گروه متفاوت ارائه می‌کنند: یکی تصمیم‌گیرندگان دولتی و دیگری مردم عادی. این مطالعات باید اطلاعات لازم برای انتخاب آگاهانه یک پروژه و راهکارهای کاهش سروصدا را برای تصمیم‌گیران دولتی فراهم نماید. همچنین این مطالعات باید به صورت قابل فهم، پیامدهای احتمالی بر هر موضوع مربوط به مردم را بررسی کند.
- مبانی مهم یک مطالعه سروصدای راه عبارتند از:

- تعریف معیارهای ارزیابی تأثیر سروصدا و شناسایی کاربری‌های حساس به سروصدا،
- تعیین سطح سروصدای موجود،
- پیش‌نمایش اثرات سروصدا برای هر گزینه مطالعاتی،
- شناسایی و ارزیابی (شامل ارزیابی امکان‌سنجی) راهکارهای کاهش سروصدا،
- ارزیابی تأثیر سروصدای عملیات ساخت‌وساز،
- مستندسازی هماهنگی‌های ادارات محلی.
- در ادامه هر یک از موارد فوق بررسی و ارزیابی می‌شود.

۴-۱. شناسایی معیارهای ارزیابی تأثیر سروصدا و کاربری‌های حساس به سروصدا

اولین مرحله در مطالعه سروصدای راه، تعیین معیارها یا استانداردهایی برای ارزیابی تأثیر سروصداست. با این معیارها می‌توان موقعیت کاربری‌های حساس به سروصدا در مجاورت هر گزینه مطالعاتی را مشخص نمود.

در صورت وقوع هر یک از وضعیت‌های زیر می‌توان انتظار داشت اثرات سروصدا حادث شود:

- ترازهای سروصدای ترافیک راه در حدود یا بیشتر از ترازهای مطلق مخصوص، یعنی استانداردهای کاهش سروصدا (NAC)^۱ باشد،
- ترازهای سروصدای ترافیک راه اصولاً از ترازهای موجود منطقه بیشتر باشد.

در حالت اول؛ انتخاب تراز مطلق مخصوص برای مقایسه و قضاوت در مورد ترازهای سروصدای جاده، ممکن است به الزامات حقوقی، شرایط منطقه‌ای و غیره بستگی داشته باشد. به عنوان مثال، برای ساخت راه با اعتبار دولتی شاید استانداردهای کاهش سروصدا (NAC) به کار رود [۱۶]. برای راه‌های محلی نیز ممکن است مقررات محلی یا شرایط ساکنان محل یا شرایط خاص کارگاه، ترازهای متفاوتی را دیکته کنند.

1- Noise Abatement Criteria: NAC

در هر مورد، مقادیر مطلق مخصوص برای کاربری‌های مختلف، متفاوت است. تراز مزبور شاید یک میزان حداکثر و یا یک مقدار معلوم در یک دوره زمانی ساعتی نظیر L_{eq} یا L_{10} باشد. طبقه‌بندی کاربری‌ها نیز شاید از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت باشد، ولی به طور عادی، مناطق مسکونی، آموزشی و سایر مکان‌های عمومی در مقایسه با مناطق صنعتی و تجاری، ترازهای پایین‌تری را به خاطر حساسیت بالا نسبت به سروصدا می‌پذیرند. بنابراین، ترازهای استاندارد بر مبنای میزان تأثیر مورد انتظار بر فعالیت‌ها و کاربری‌های مختلف تعیین می‌شود.

در حالت دوم؛ حد مجاز بر مبنای آلودگی محیط زیست است. اگر سروصدای ترافیک دائماً از مقادیر موجود فراتر باشد ممکن است بر محیط زیست تأثیر منفی بگذارد، حتی اگر از تراز مطلق مخصوص نیز کمتر باشد. بنابراین مهم است که تراز سروصدای موجود (قبل از اجرای پروژه) مشخص گردد.

بر مبنای این استانداردها باید کاربری‌های حساس به سروصدا (که ممکن است در آینده تحت تأثیر سروصدای پروژه بهره‌برداری شده قرار گیرند) در مجاورت هر گزینه مطالعاتی مشخص شوند. مناطق حساس ممکن است کاربری‌های شخصی یا طبقات گسترده‌ای را در برگیرند [۸].

همه اراضی مجاور پروژه باید بر حسب کاربری یا فعالیت فعلی و آتی آنها مشخص شوند. در راستای این امر، اقداماتی که باید مدنظر باشند عبارتند از:

۱. کسب اطلاعات لازم از ادارات ناحیه‌بندی یا برنامه‌ریزی محلی،
۲. بازدید از محل،
۳. در موارد خاص، طبقه‌بندی و دسته‌بندی کاربری‌ها لازم خواهد بود،
۴. باید ساکنین و ادارات منطقه برای کمک به شناسایی مناطق یا کاربری‌های حساس به سروصدا در فرایند برنامه‌ریزی مشارکت کنند. نتایج دیدارهای عمومی، جلسات پرسش و پاسخ و دیگر تماس‌های صورت گرفته با مردم برای تعیین مناطق حساس به سروصدا باید به بانک اطلاعاتی اضافه گردد.

۲-۴. تعیین سطح سروصدای موجود

۱-۲-۴. آماده‌سازی اولیه

به طور کلی، سطح سروصدای موجود باید برای همه فعالیت‌ها و کاربری‌های حاضر از طریق اندازه‌گیری‌های میدانی محاسبه شود. سطح سروصدای زمینه در منطقه، غالباً ترکیبی از چندین منبع صداست و مدل‌های پیش‌بینی سروصدا، فقط قادر به بررسی یک منبع سروصدا می‌باشند، لذا لازم است که اندازه‌گیری‌های میدانی، ابتکاری باشند.

۱. قبل از آغاز اندازه‌گیری‌های میدانی، نوع دستگاه صوت‌سنج، مدت زمان هر اندازه‌گیری، روش‌های به دست آوردن تراز سروصدا، ارتفاع دستگاه، مکان قرائت داده‌ها و میزان تأثیر عوامل آب‌وهوایی بر تراز سروصدای موجود و غیره مشخص می‌شوند [۱۴].
۲. اندازه‌گیری‌ها باید تراز موجود را برای هر کاربری حساس به سروصدا برآورد کنند.

۳. اغلب برای دستیابی به اطلاعات کامل، لازم است اندازه‌گیری برای مکان‌ها و زمان‌های مختلفی صورت گیرد تا نتایج حاصل، نماینده تغییرات زمانی و مکانی باشند. اغلب بهتر است مواقع بحرانی ترافیک راه در اندازه‌گیری‌ها لحاظ شوند.

۴. باید هر مورد تأثیرگذار نظیر پارس سگ‌ها، عبور هواپیما و غیره در اندازه‌گیری منظور شود.

۵. از نظر محدوده جغرافیایی عملیات، اندازه‌گیری‌ها در مناطق حساس باید بیشتر در نزدیکی حریم جاده و املاک و زمین‌های مجاور راه متمرکز شوند تا مشکلات مربوط به سروصدای موجود را آشکار کنند. محدوده عرضی مورد بررسی بسته به نوع کاربری اراضی متغیر است و به طور کلی باید از مرزهای حریم راه تا نقطه حداقل تأثیر سروصدا وسعت داشته باشد.

۶. محل و آرایش نقاط شبکه اندازه‌گیری به منظور تضمین میان‌یابی دقیق داده‌های میدانی تعیین می‌شود. مکان‌های انتخابی باید نماینده خوبی از مناطق مورد مطالعه باشند.

۲-۲-۴. اندازه‌گیری‌های میدانی

جزئیات و حجم عملیات متغیر است. مجریان باید ضمن آگاهی از تجهیزات و محدودیت‌هایشان، با هر پروژه‌ای که مسئولیت آن را پذیرفته‌اند، آشنایی کامل داشته باشند.

اندازه‌گیری‌ها باید با صداسنج‌های با دقت کافی صورت گیرد تا به داده‌ها و اطلاعات اندازه‌گیری‌شده در هر پروژه خاص اعتبار بخشد (ANSI S1.4-1983، نوع دوم یا بهتر). مراحل اجرایی عملیات باید پس از تصویب، به ترتیب انجام شده تا نتیجه کار، بدون تناقض و با پشتوانه معتبر باشد. در طی عملیات باید از شرایط ترافیکی، شرایط اقلیمی و کاربری‌های اراضی یادداشت‌برداری شود [۱۴].

۳-۴. شناخت تأثیرات سروصدای پروژه

گام بعدی در تحلیل سروصدای ترافیک، مقایسه تراز سروصدای هر گزینه مطالعاتی با ترازهای موجود و ترازهای مطلق مخصوص می‌باشد. با این مقایسه، میزان تأثیر سروصدای هر گزینه مشخص شده و تفاوت پیامدهای صوتی آنها برای انتخاب گزینه بهینه تعیین می‌گردد.

در صورتی که راهی در منطقه مورد مطالعه وجود داشته باشد، گزینه "انجام هیچ کار" برآوردی را برای جریان ترافیک سال‌های آتی مورد مطالعه در آن راه در نظر می‌گیرد. چنانچه راهی وجود نداشته باشد، گزینه "انجام هیچ کار" به خوبی با استفاده از شرایط کنونی منطقه تشریح می‌شود. تفاوت‌های میان گزینه‌های مطالعاتی باید به طور آشکار در گزارش زیست‌محیطی نشان داده شود.

۱-۳-۴. پیش‌بینی سطح سروصدای راه در آینده

طراح باید سطح سروصدا را که به صورت دایم بر مناطق مجاور راه (مناطق که فعالیت‌های انسانی به تناوب در آن روی می‌دهند) تأثیر خواهد گذاشت، پیش‌بینی و برآورد کند.

تخمین تراز سروصدای ترافیک تحت تأثیر پارامترهای مرتبط با حجم، شتاب، سرعت و طبیعت جریان ترافیک و همچنین فاصله بین راه و گیرنده می‌باشد. عوامل مؤثر دیگر شامل شیب‌های جاده، شرایط توپوگرافی، طبیعت اراضی پیرامون منطقه، سرعت و جهت باد و سایر عوامل خاص مکان گیرنده می‌باشد. با توجه به تعدد عوامل فوق، انتظار می‌رود که اصلاح و توسعه روش‌های تخمین تراز سروصدا، پیشرفت روزافزونی داشته باشد.

تخمین تراز سروصدا باید برای:

- اراضی توسعه یافته،
- اراضی توسعه نیافته‌ای که برای توسعه ممکن، برنامه‌ریزی یا طراحی شده‌اند، انجام شود. اطلاعات مربوط به تخمین میزان سروصدا باید در اختیار سازمان‌های محلی قرار گیرد تا در توسعه‌های آتی اراضی، سازگاری لازم با راه احداثی وجود داشته باشد.

برای تخمین سطح سروصدا معمولاً ترافیک راهی که بیشترین سطح سروصدا را در هر ساعت ایجاد می‌کند، در هر سال طراحی به کار می‌رود.

در مناطق دارای شبکه‌های جاده‌ای پیچیده باید هر منبع سروصدا همچون تقاطع، چهارراه یا رمپ به طور مجزا بررسی شود. زیرا اگر انتظار وقوع یک پیامد سروصدا را داشته و مقابله با آن ضروری باشد، آنگاه طراح قادر است اهمیت هر عامل و نقش آن در کل پیامد را بررسی کند. راه‌های دسترسی محلی (راه‌های کناری) و رمپ‌ها به علت مجاورت با گیرنده‌ها می‌توانند منابع غالب سروصدا باشند.

۴-۳-۲. روش‌های پیش‌بینی

چندین روش پیش‌بینی در سال‌های اخیر مطرح شده است. در حال حاضر، روشی که اغلب طراحان به کار می‌برند، مدل پیش‌بینی سروصدای ترافیک اداره فدرال راه‌های ایالات متحده آمریکا^۱ (FHWA-RD-77-108) است. مدل مزبور، تحلیلی از تغییرات سروصدای ترافیک بر حسب پارامترهای ترافیکی و خصوصیات جاده، گیرنده و منطقه تحت پوشش ارائه می‌دهد.

۴-۴. ارزیابی راهکارهای کاهش سروصدا

در ارزیابی امکان‌سنجی و منطقی بودن هر راهکار پیشنهادی باید روشی به کار رود که امکان مقایسه عوامل مختلف در هر راهکاری وجود داشته باشد. عوامل کیفی که قابل تبدیل به کمیّت نیستند باید به گونه‌ای تعریف، بررسی و تحلیل شوند که امکان قضاوت عادلانه را فراهم آوردند. در منطقه‌ای شاید ترجیح دهند که در صورت لزوم، چشم‌اندازهای زیبا را فدای کاهش مؤثر سروصدای ترافیک کنند. طراح باید روش‌هایی را در نظر گیرد که ضمن کاهش سروصدا، سایر اثرات منفی بر منطقه مثل افزایش حریم راه را به حداقل برساند.

1- Federal Highway Administration: FHWA

برای هر راهکار، اطلاعات زیر باید ارائه شود:

- شرح اقدام،
 - منافع مورد انتظار با لحاظ نمودن همه عوامل مرتبط، مثل میزان کاهش دسی‌بل، تعداد املاک محافظت‌شده و غیره،
 - هزینه‌های پیش‌بینی‌شده و همه پیامدهای زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی.
- در هر راهکار مقرون‌به‌صرفه‌ای باید این نکته که در یک منطقه خاص و با کمترین هزینه چه هدفی (میزان کاهش سروصدا) قابل دستیابی خواهد بود، بررسی شود. با این کار، طراح می‌پذیرد که در راستای هدفی مشخص فعالیت کند (یک کاهش قانع‌کننده معمولاً در محدوده ۵-۱۰ dBA است).

۴-۵. ارزیابی تأثیر سروصدای عملیات ساختمانی

بخشی از مطالعه سروصدای راه به ارزیابی اثرات سروصدای ناشی از عملیات راهسازی اختصاص دارد. هر چند که سروصدای عملیات ساخت‌وساز موقتی است و به عنوان جزء ضروری عملیات از نظر عموم پذیرفته شده، با این حال لازم است جزییات مقابله با پیامدهای خاص ارائه شود. البته شاید شرایط ویژه، نیازمند ارزیابی مفصل‌تری باشد.

اولین مرحله این ارزیابی، شناسایی مناطقی از اراضی مجاور راه است که ممکن است تحت تأثیر مزاحمت‌های صوتی قرار گیرند. این فرایند شناسایی باید جزیی از مطالعات احداث پروژه باشد. در مرحله دوم، راهکارهایی معرفی می‌شوند که توانایی کاهش یا حذف مزاحمت‌های صوتی را داشته باشند. تحلیلگر باید منافع هر راهکار را با پیامدهای منفی زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی آن بسنجد.

در مرحله آخر، چگونگی تلفیق راهکارهای پیشنهادی کاهش سروصدا با طرح و مشخصات اجرایی پروژه ارائه می‌شود.

۴-۶. مستندسازی همکاری‌های ادارات محلی

آخرین بخش مطالعه سروصدای راه، مستندسازی و مذاکرات مربوط به هماهنگی پروژه با مقامات و دست‌اندرکاران محلی تحت تأثیر پروژه می‌باشد. هدف اولیه این امر، بهبود هماهنگی بین توسعه اراضی و راه‌هاست.

اداره مسؤول باید در گزارش پروژه قید کند که نسخه‌ای از گزارش تحلیل سروصدا شامل موارد زیر را برای مقامات محلی ذیربط ارسال می‌کند:

- پیش‌بینی تراز سروصدا در آینده در اثر احداث راه،
- استانداردهای سروصدا برای هر نوع کاربری به منظور کمک به برنامه‌ریزی‌های کاربری اراضی.

۵. راهکارهای کاهش سروصدا

۵-۱. اصلاح راستای افقی و قائم راه

۵-۱-۱. تغییر مسیر راه

در مطالعات مقدماتی هر پروژه راهسازی (فاز ۱ و ۲)، همه مناطق حساس به سروصدا در مسیر پیشنهادی راه مشخص و ارزیابی می‌شوند. اولین اقدامی که طراح می‌تواند برای کاهش سروصدا انجام دهد، بررسی امکان تغییر مسیر راه به منظور اجتناب از ایجاد مزاحمت صوتی برای مناطق مزبور است. هر چه فاصله مولد سروصدا از منطقه بیشتر باشد، شدت صوت نیز کاهش یافته و پیامدهای کمتری به دنبال خواهد داشت.

۵-۱-۲. جانمایی مناسب خطوط عبوری در کریدور انتخابی

طراح با جانمایی دقیق خطوط عبوری وسایل نقلیه در مسیر انتخاب شده می‌تواند میزان تأثیر سروصدا بر مناطق مجاور راه را کاهش دهد. استفاده از مسیرهای مجزا برای خطوط عبوری رفت و برگشت، امکان بهره بردن از موانع طبیعی را میسر می‌سازد. سازندهای ارضی که مانع در معرض مستقیم قرار گرفتن مناطق حساس مجاور هستند، پوشش گیاهی، پستی و بلندی‌ها و سایر عوامل طبیعی می‌توانند در کاهش تأثیر سروصدای راه مفید باشند. یک میانه عریض با فضای سبز متراکم، علاوه بر جذابیت می‌تواند در کاهش سروصدای خطوط عبوری طولانی مؤثر باشد. مسیرهای رفت و برگشت مجزا می‌تواند توپوگرافی طبیعی را بیشتر حفظ نموده و لذا پیامدهای زیست‌محیطی کمتری به دنبال داشته باشند.

۵-۱-۳. کاهش تراز راه

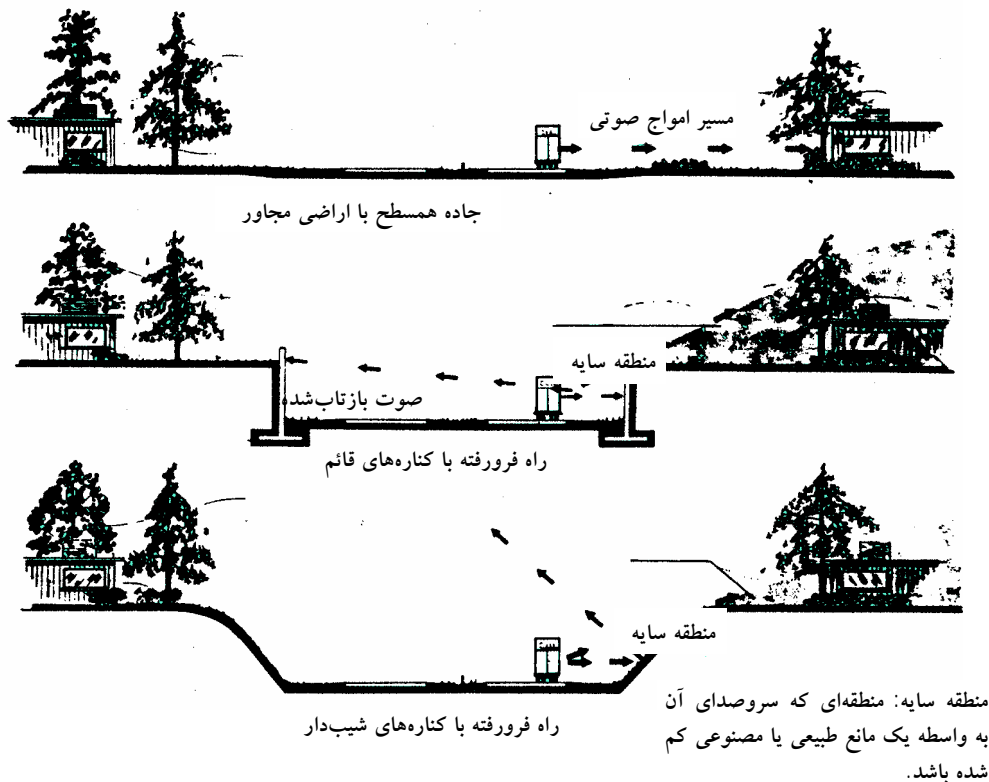
از نظر سروصدا، مطلوب‌ترین راه، یک راه فرورفته است. پایین بردن جاده تا زیر تراز ارضی، تأثیری همانند ایجاد یک مانع صوتی دارد؛ یعنی ایجاد یک منطقه سایه در سطح گیرنده و کاهش سروصدا (شکل ۴). البته این کاهش، فقط در مسافت‌هایی که وسایل نقلیه در دیدرس نیستند، روی می‌دهد. مزیت این کار، به محض رسیدن مشاهده‌کننده به راه و مشاهده وسایل نقلیه از بین می‌رود. به عبارتی مقدار کاهش سروصدا در لبه بالایی تاج شیب جاده، یعنی جایی که حفاظ به اتمام می‌رسد، صفر است.

۵-۱-۴. بالا بردن تراز راه

ساختن بخشی از راه بر فونداسیون یا خاکریز با ارتفاع شش متر، تأثیر بارزی در کاهش سروصدای مناطق مجاور (تا ۳۰ متری لبه روسازی) دارد. البته افزایش ارتفاع جاده می‌تواند منجر به زیاد شدن سطح سروصدای دریافتی گیرنده‌های دوردست شود، زیرا دیگر مانعی بر سر راه آنها وجود ندارد؛ ضمن اینکه تأثیر مثبت زمین نیز کاهش می‌یابد. بالا آوردن سطح جاده نسبت به زمین‌های اطراف، منطقه سایه‌ای در اراضی کنار خاکریز یا فونداسیون ایجاد می‌کند که منجر به کاهش آلودگی صوتی در آنجا می‌شود (شکل ۵). البته تأثیر منطقه سایه در جاده‌های کم‌ارتفاع معنی‌دار نیست.

همچنین بالا آوردن سطح جاده در مناطقی که ساختمان‌های بلندمرتبه‌تری دارد، مولد صدا را به گیرنده نزدیک‌تر نموده و بالتبع، تراز سروصدای مزاحم بیشتر می‌شود.

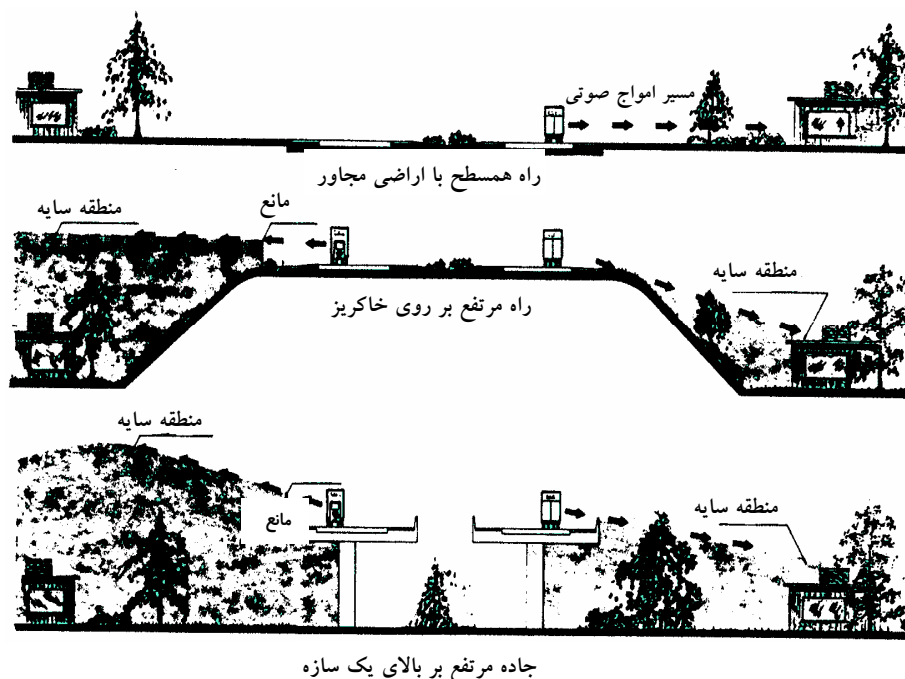
با ایجاد موانعی در لبه‌های فونداسیون یا خاکریز بالاآمده جاده، امکان کاهش بیشتر آلودگی صوتی وجود دارد. موانع چنین جاده‌هایی نسبت به موانع هم‌ارتفاع‌شان در یک جاده معمولی به مراتب تأثیر بیشتری در کاهش سروصدای راه دارند. بسته به شدت و جدیت مسأله سروصدا می‌توان موانع را در یک طرف یا دو طرف جاده ایجاد کرد تا به طور مؤثری، سروصدای ناشی از ترافیک را کاهش دهند.



شکل ۴: اثرات کاهش تراز راه نسبت به اراضی مجاور.

۵-۱-۵. کاهش شیب جاده

طراح باید در مرحله طراحی راه، امکان کاهش شیب مسیر را به منظور کاهش سروصدا بررسی کند. هر چقدر که جاده مسطح‌تر باشد، سروصدای کامیون‌ها کمتر می‌شود. اما شیب طولانی نیز ممکن است تأثیر معکوس داشته باشد، زیرا کامیون‌ها زمان بیشتری نیاز دارند تا از آن قطعه از راه عبور کنند تا زمانی که شیب، تند و زودگذر است. در مناطق حساس به سروصدا باید از ایجاد شیب‌راه‌های با سربالایی تند پرهیز کرد، به خصوص هنگامی که خود جاده نیز سربالایی باشد.



شکل ۵: تأثیر بالا بردن تراز راه نسبت به اراضی مجاور.

۶-۱-۵. تغییر روسازی راه

تحقیقات با قاطعیت نشان نمی‌دهند که نوع و بافت روسازی جاده، تغییر اساسی در سروصدای تایر - روسازی جاده ایجاد می‌کند. تأثیر اولیه یک نوع یا بافت خاص روسازی در کاهش سروصدا اغلب پس از چند سال از بین می‌رود. بدین دلیل و نظر به اینکه انتخاب یک نوع یا بافت خاص روسازی بر اساس تحلیل‌های فنی و اقتصادی صورت می‌گیرد (شامل ملاحظات ایمنی)، لذا فرصت استفاده از اصلاح روسازی برای کاهش سروصدا محدود است. طراح نباید ایمنی جاده را به خاطر کاهش سروصدا به خطر اندازد.

۲-۵. اصلاح عرض حریم راه

برای کاهش سروصدا، عرض کافی حریم راه می‌تواند مثر ثمر واقع شود. در اغلب موارد، افزایش عرض حریم جاده برای کاهش سروصدا، فقط محدودیت‌های اجرایی و مالی دارد. در هر حال، مناطق دارای حایل صوتی و شیب‌های هم‌تراز نیز می‌توانند همان فاصله جانبی را ایجاد کرده و همچون یک عامل کاهش‌دهنده سروصدا عمل کنند. در مناطقی که احتمال بروز مشکل وجود دارد می‌توان مسیر سوارکاری، دوچرخه‌سواری و پیاده‌رو را به عنوان بخشی از منطقه حایل، طراحی و اجرا کرد.

راهکار افزایش حریم راه، به خصوص در مناطق توسعه‌نیافته مؤثر است (برای ایجاد یک منطقه حایل صوتی بین جاده و اراضی توسعه‌یافته آتی). زیرا پس از توسعه اراضی، امکان افزایش حریم راه بسیار سخت‌تر شده و هزینه خانه‌های

مسکونی، فعالیت‌های تجاری و سایر کاربری‌ها بسیار گران خواهد بود. جابجایی و بی‌خانمانی مردم به خاطر افزایش حریم راه در مناطق توسعه‌یافته شلوغ نیز مسأله مهمی است که باید بدان توجه شود.

۳-۵. ایجاد مانع در برابر سروصدا

۱-۳-۵. کلیات

موانع و ساختمان‌ها، ابزار دیگری هستند که طراح می‌تواند برای مقابله با آلودگی صوتی به کار گیرد. محافظت صوتی به وسیله درختان و بوته‌ها به تنهایی راه‌حلی عملی برای کاهش معنی‌دار سروصدا نخواهد بود. خود ساختمان‌ها نیز می‌توانند همچون مانع صوتی استفاده شوند. یک مانع صلب صوتی از نظر تئوری قادر است سروصدا را به میزان ۲۰-۱۵ دسی‌بل در مقیاس A کاهش دهد، اما کاهش معمول، ۱۰ dBA است. برای کسب حداکثر بازده، یک مانع صوتی باید هم به منبع صدا و هم به گیرنده نزدیک باشد، باید به اندازه کافی طویل و بلند باشد تا یک منطقه سایه وسیع ایجاد کند و باید از مصالح متراکم ساخته شده و به هیچ وجه جریان هوا از درون یا زیر آن عبور نکند. محدودیت‌های مکانی و مداخله مردم بر انتخاب نوع مانع تأثیرگذار است. ترکیبی از تل‌خاکی و دیواری بر روی آن می‌تواند هم خوش‌منظره باشد و هم مفید. بعضی مواقع، یک مانع ضمن کنترل دسترسی راه، نیاز به فنس‌گذاری و هزینه‌های مربوط به آن را نیز برطرف می‌کند. البته باید توجه داشت که ساخت موانع بدون دسترسی به راه معمولاً ممکن نیست، زیرا برای توسعه اراضی مجاور، همواره به خروجی‌هایی در طول جاده نیاز می‌باشد.

۲-۳-۵. شانه‌های خاکی

یکی از خوش‌منظرترین موانع صوتی، شانه‌های خاکی جاده هستند که به شکل طبیعی با توپوگرافی منطقه آمیخته شده‌اند. امکان ساخت شانه راه را باید به عنوان بخشی از نقشه شیب‌بندی کلی راه مدنظر داشت. یک شانه خاکی مؤثر را می‌توان در حریم معمولی یا اندکی تعریض شده جاده احداث کرد. اگر حریم راه امکان ساخت یک شانه مرتفع را ندهد، می‌توان با احداث یک دیوار بر روی آن به ارتفاع مورد نظر رسید. یک شانه خاکی با ارتفاع مشخص، شاید اندکی بیشتر (تا ۳ dBA) از دیواری قائم با همان ارتفاع، موجب کاهش سروصدا شود.

۳-۳-۵. دیوارهای ضد صدا

دیوارهای ضد صدا قادرند کاهش قابل توجهی در تراز سروصدای کاربری‌های مجاور راه ایجاد کنند. این دیوارها را می‌توان با مصالح معمولی و با طرح‌های متنوع (ساده و پیچیده) ساخت. این دیوارها ضمن دارا بودن زیبایی، دوام، عدم نیاز به تعمیر و نگهداری و قابلیت زهکشی بالا، باید از مصالح صلب و با تراکم کافی (حداقل حدود 20 kg/m^2) ساخته شوند تا سروصدای عبوری از آنها، ۱۰ dBA کمتر از سروصدای پراش شده از لبه بالایی دیوار باشد. در انتخاب مصالح مورد نیاز برای ساخت دیوار ضد صدا باید هم هزینه تمام‌شده آنها (درون‌کارگاهی) و هم میزان کاهش سروصدا مدنظر باشد. نمی‌توان مصالح خاصی را به طور کلی توصیه کرد، زیرا بعضی مصالح خوب، گران‌قیمت بوده

یا قابل کاربرد در هر وضعیتی نیستند. علاوه بر هزینه مصالح باید هزینه‌های پی‌ریزی، ساخت و برپاسازی دیوار، تعمیر و نگهداری و ایجاد زهکش نیز در محاسبات منظور شوند.

۴-۳-۵. ایجاد پوشش گیاهی

پوشش گیاهی راه نیز در شرایط خاص، موجب کاهش میزان سروصدا می‌شود. فضای سبز با حداقل عرض ۳۰ متر و ارتفاع ۴/۵ متر که تراکم گیاهانش، مانع دید کاربری‌ها از جاده می‌شود، قادر است تا حدود ۵ dBA از سطح سروصدا بکاهد. پوشش گیاهی با عرض کم، تأثیری بر کاهش سروصدا ندارد. در جایی که بین جاده و کاربری‌های همجوار آن، فضای سبز مناسبی وجود دارد باید هر گونه اقدامی برای حفظ و توسعه آن صورت گیرد.

۵-۳-۵. ساختمان‌ها

ساختمان‌ها و تأسیسات مجاور راه با ایجاد یک منطقه سایه قادرند سایر ساختمان‌ها و گیرنده‌ها را در مقابل سروصدا محافظت کنند. تراز سروصدا در سمت رو به جاده یک ساختمان ممکن است تا ۱۵ dBA از قسمت پشت آن بیشتر باشد؛ البته به شرطی که ساختمان‌ها به طورت یک ردیف به هم پیوسته قرار گرفته باشند و گیرنده، به هیچ وجه در معرض مستقیم سروصدای جاده نباشد. یک ردیف خانه مسکونی، بسته به فاصله‌بندی خانه‌ها، قادر است سطح سروصدا را ۳-۵ کاهش دهد.

۴-۵. عایق‌بندی صوتی ساختمان‌ها

عایق‌بندی صوتی ساختمان‌ها در مناطقی که فعالیت‌های بیرون از خانه اندک بوده و تراز سروصدای درون ساختمان، از حد مطلوب بیشتر است، راهکار ایده‌آلی است. عایق‌بندی صوتی را باید به عنوان یک مشخصه طراحی در ساختمان‌های نوساز و به طور گزینشی در ساختمان‌های در حال بهره‌برداری همچون مدارس، کلیساها، کتابخانه‌ها و غیره (یعنی مناطق حساسی که فعالیت‌ها، عمدتاً درون ساختمان انجام می‌شوند) لحاظ کرد.

ساختمان‌های ساخته‌شده با مصالح سختی مثل آجر، بتن و غیره، بیشترین نفوذناپذیری را دارند. ساختمان‌های ساخته‌شده با چوب، فیبر، پلاستیک و امثال آن، درجه نفوذناپذیری کمتری دارند. میزان قابل توجهی از سروصدای بیرون از طریق پنجره‌ها به ساختمان وارد می‌شود. به این دلیل، پنجره‌ها نقش اساسی در تعیین بازده دیوارهای یک ساختمان در کاهش سروصدا دارند.

برای کاهش نفوذ سروصدا از پنجره‌ها به داخل ساختمان تا حد ممکن باید آنها را بدون منفذ، دوجداره و با دقتی بیش از مواقع معمولی نصب کرد. محل اتصال پنجره و چارچوب دیواری آن بایستی به دقت آب‌بندی شود.

ساختمان‌های دارای عایق‌بندی صوتی باید به سیستم تهویه و هواساز قوی مجهز باشند، به گونه‌ای که نیاز به باز کردن پنجره‌ها نباشد، مگر به مقدار کم و آن هم نه برای تهویه هوای داخل ساختمان.

۶. ملاحظات طراحی موانع صوتی

هنگامی که اصول اساسی و پایه در کاهش سروصدا با استفاده از مانع در فرایند طراحی وارد شوند، به طراح راه کمک می‌کند تا عوامل مختلف دخیل در ساخت یک مانع را شناخته و بدون بیش طراحی، هدف پروژه را برآورده سازد. همچنین در این فصل، مطالبی درباره مشخصه‌ها و جنبه‌های غیر صوتی موانع همچون ایمنی، تعمیر و نگهداری، کیفیت بصری و طرح سازه‌ای ارائه می‌شود.

۶-۱. اهداف طراحی

نقطه آغازین فرایند طراحی، تعیین اهداف است که همانا کاهش میزان سروصداست. هدف می‌تواند به صورت یک کاهش یکنواخت X دسی‌بلی در یک پروژه راهسازی تعیین شود. بهتر است یک حد مطلوب از تراز دریافتی توسط یک گیرنده منفرد منظور شده و سپس، تفاوت تراز سروصدای پروژه در آینده و حد مطلوب مذکور، هدف طراحی خواهد بود. این هدف، ممکن است طی فرایند طراحی تغییر کند، پس بهتر است هر چه زودتر آن را مشخص نمود.

در طراحی موانع برای نیل به هدف کاهش سروصدا، ارزیابی منافع و هزینه‌های کاهش سروصدا بر حسب افزایش ارتفاع و یا طول مانع به سادگی امکان‌پذیر است. بسته به شرایط خاص منطقه و مسیر جاده در منطقه مورد نظر، شاید استفاده از راهکارهای دیگر مقابله با سروصدا در مقایسه با ساخت مانعی طویل و بلند برای تحقق هدف، به‌صرفه‌تر و ارزان‌تر باشد. لذا طراح باید بکارگیری راهکارهای دیگر تا زمان محاسبه هزینه ساخت مانع را مدنظر قرار دهد.

اگر چه هدف کاهش سروصدا در ابتدای فرایند طراحی تعیین می‌شود، ولی ممکن است در صورت به‌صرفه بودن، افزایش یافته و یا به علت باصرفه‌تر بودن دیگر راهکارها، کاهش یابد (یا اصلاً ساخت دیوار ملغی شود). بنابراین طراح باید همواره انعطاف‌پذیری لازم را داشته و همه گزینه‌ها را پیگیری و تحلیل کند.

درست همان‌طور که اندازه‌گیری سطح سروصدا در یک نقطه (گیرنده) قبل از ساخت مانع مهم است، اندازه‌گیری سطح سروصدا در آن نقطه پس از ساخت مانع نیز به منظور مستند نمودن عملکرد واقعی مانع مفید و ضروری است. اگر هدف ساخت مانع صوتی تحقق یافته باشد، این اندازه‌گیری‌ها از نقطه‌نظر ارتباطات مردمی بسیار ثمربخش هستند. اما اگر طرح موفق نباشد، شناسایی و تحلیل علل آن بسیار مهم بوده و در صورت امکان، مشکل را باید برطرف نمود. اگر نتوان مشکل را برطرف کرد، می‌توان تجربه ارزشمندی از بررسی علل عدم موفقیت طرح برای بهره‌مندی در طرح‌های آتی به دست آورد.

۶-۲. ملاحظات آکوستیکی

با پراش امواج صوتی توسط مانع، طول مسیر رسیدن آنها به گیرنده افزایش می‌یابد. عملکرد یک مانع صوتی در کاهش سروصدا مستقیماً به مقدار این افزایش طول بستگی دارد. حال این مفاهیم، چگونه در طراحی عملی یک مانع اعمال می‌شوند؟ ابتدا، پارامترهای ارتفاع و موقعیت مانع نسبت به راه در نظر گرفته می‌شوند. افزایش ارتفاع مانع موجب کاهش سروصدا در یک نقطه ثابت نسبت به راه و به عبارت دیگر، بهبود مشخصات عملکردی مانع خواهد شد. اما این رابطه، یک

رابطه خطی نیست. هنگامی که کاهش چندان زیادی در میزان سروصدا مدنظر نیست، افزایش ارتفاع دیوار به مقداری ثابت، ممکن است به کاهش بیشتر و قابل قبولی در میزان نوفه بیانجامد. افزایش ارتفاع تا حدی مشخص، کاهش بیشتر میزان سروصدا را به دنبال دارد. ولی باید توجه داشت که پس از آن حد، افزایش ارتفاع به همان میزان، تأثیر به مراتب کمتری در کاهش سروصدا خواهد داشت. بهرغم رفتار غیر خطی این رابطه، به عنوان یک تخمین اولیه می‌توان از نسبت $1/2$ dBA کاهش سروصدا به ازای هر فوت افزایش ارتفاع استفاده کرد؛ با فرض اینکه خود مانع با شکست خط مستقیم بین گیرنده و منبع، موجب 5 dBA کاهش سروصدا شود.

در زیر، یک برآورد تجربی ساده برای سنجش میزان سهولت دستیابی به مقادیر مختلف کاهش سروصدا از طریق مانع ارایه شده است [۱۹].

ساده - 5 dBA

قابل دستیابی - 10 dBA

بسیار مشکل - 15 dBA

تقریباً غیر ممکن - 20 dBA

نزدیک کردن یک مانع صوتی با ارتفاع ثابت به گیرنده یا منبع نیز موجب کاهش سروصدا می‌شود. عملاً در حین طراحی شاید بتوان از شرایط زمین منطقه بهره برد، به گونه‌ای که مانع را در محلی با ارتفاع بیشتر ساخت. یک دیوار کوتاه ساخته‌شده بر یک بلندی، نسبت به یک دیوار بلندتر (و قطعاً گران‌قیمت‌تر) و نزدیک‌تر به جاده، می‌تواند میزان کاهش بیشتری را موجب شود. در عمل نمی‌توان یک مانع نامحدود ساخت، ولی موانع با قوس‌های بزرگ محاط بر گیرندگان، یک راه‌حل است. دیواری با طول نامحدود که همچون نیم‌دایره‌ای (قوس 180° درجه) گیرنده را احاطه کرده، قادر به کاهش 16 dBA سروصدا می‌باشد. همان مانع با قوس 160° درجه، باعث فقط 11 dBA کاهش سروصدا خواهد شد. مانع دومی به خاطر کوتاه‌تر بودن، موجب 5 dBA کاهش کمتر سروصدا می‌شود. به عنوان یک قاعده تجربی مناسب و به منظور جلوگیری از اثرات نامطلوب کناره دیوار، طول مانع در هر امتدادی باید حداقل چهار برابر فاصله آن تا گیرنده باشد. برای جلوگیری از اثرات نامطلوب کناره‌های دیوار، دو روش اساسی وجود دارد. یکی اینکه می‌توان از شرایط طبیعی زمین مثل تپه‌ها و بلندی‌ها و یا ساختمان‌های دیگر به عنوان دنباله مانع بهره برد تا به درازای نامحدود دست یافت. در صورت عدم وجود موانع طبیعی و یا ساختمان، راه‌حل دیگر آن است که دیوار را به دور منطقه محاط کنیم (افزایش قوس دیوار).

عبور سروصدا از میان مانع نیز می‌تواند عملکرد آن را محدود سازد. انتخاب مصالح مانع هم از نظر داشتن جنس مقاوم در برابر عبور سروصدا و هم از نظر عدم وجود سوراخ و شکاف برای ممانعت از انتقال نوفه بسیار مهم است. همچنین باید در نظر داشت که انعکاس چندباره سروصدا بین دو سطح صاف موازی نظیر موانع صوتی یا دیوارهای حایل دوسوی جاده می‌تواند موجب کاهش کارایی هر یک از موانع و افزایش تراز کلی سروصدا شود. البته مطالعات در این زمینه، اشاره‌ای به مشکلات مرتبط با سروصدای انعکاسی نداشته‌اند و هر گونه افزایش اندازه‌گیری‌شده تراز سروصدا، کمتر از آن بوده که توسط یک انسان عادی شنیده شود. برای جلوگیری از کاهش کارایی هر کدام از موانع موازی، طبق مطالعات انجام‌شده پیشنهاد می‌شود که نسبت عرض جاده به ارتفاع موانع، حداقل ده به یک باشد. عرض جاده برابر فاصله بین موانع

و منظور از ارتفاع نیز، میانگین ارتفاع موانع از سطح جاده می‌باشد. با این تفصیل، دو مانع موازی با ارتفاع متوسط سه متر باید به فاصله حداقل ۳۰ متر از یکدیگر قرار داشته باشند.

از دیگر عوامل مؤثر در عملکرد موانع، وجود ناپیوستگی‌ها یا فواصل زیاد در طراحی موانع همچون وجود دسترسی‌های عابرین پیاده، تقاطع‌ها و یا محل دسترسی به جاده برای عملیات تعمیر و نگهداری است. در هر صورت، اثر منفی این شکاف‌ها را باید از طریق همپوشانی موانع، ایجاد یک ورودی کیپ و محکم و یا انحنای لبه‌های دیوار به سمت منطقه، به حداقل رساند.

۳-۶. ملاحظات ایمنی

فاکتورهای ایمنی متعددی باید در طراحی مانع صوتی مدنظر باشند. به بیان صریح، یک مانع صوتی نباید در جایی که به لحاظ ایمنی مشکل ایجاد کند، نصب شود.

از نظر ایمنی، مانع صوتی باید خارج از محدوده بازیابی سواره‌رو باشد. اگر مانع در فاصله ۹ متری سواره‌رو قرار گرفته، ممکن است وجود یک مانع ترافیکی موجه باشد. اگر رعایت فاصله مجاز میسر نیست، مثلاً به دلیل ساختمان‌های مجاور، بهتر است که به عنوان بخشی از مانع صوتی، یک حفاظ ایمنی نیز وجود داشته باشد.

در ساخت موانع صوتی در رمپ‌های ورودی و خروجی، تقاطع رمپ‌ها و جاده‌های همسطح نیز باید ملاحظات ایمنی را مدنظر داشت. موانع صوتی نباید مانع دید وسایل نقلیه درون رمپ و وسایل نقلیه نزدیک‌شونده به تقاطع باشند.

حداقل عقب‌نشینی مانع صوتی در رمپ‌های ورودی و خروجی، به فاصله دید توقف وابسته است که تابعی از سرعت طرح و شعاع انحنای رمپ می‌باشد. در تقاطع رمپ‌ها، محل مناسب نصب مانع بر مبنای فاصله دید مطابق با مدت زمان لازم برای حرکت گردش به چپ (حدود ۷/۵ ثانیه) می‌باشد. در تقاطع راه‌ها نیز مکان مناسب مانع بر مبنای فاصله دید توقف تعیین می‌شود که به زمان عکس‌العمل راننده و میزان کاهش سرعت بستگی دارد.

همچنین در نمای موانع صوتی نیز باید الزامات ایمنی را رعایت کرد. طراح باید از تعبیه هر گونه برآمدگی روی مانع در نزدیکی خطوط عبوری، از نماسازی‌هایی که احتمال می‌رود حین یک سانحه کنده شده و به اطراف پرتاب شوند یا موجب خیرگی شدید راننده شوند، اجتناب ورزد.

هنگامی که مکان مانع طوری باشد که الزاماً توده‌های برف در فضای بین شانه جاده و مانع انباشته می‌شود، باید برای جلوگیری از پخش برف توسط باد و یخ زدن سطح راه، هر چه سریع‌تر نسبت به انتقال برف اقدام شود.

۴-۶. ملاحظات تعمیر و نگهداری

فاکتورهای تعمیر و نگهداری شامل تعمیر و نگهداری خود مانع صوتی و محوطه اطراف آن، تعویض مصالح تخریب‌شده در اثر ضربه و پاکسازی مانع می‌باشد.

پوشش گیاهی انتخابی برای فضای سبز دو طرف مانع باید با شرایط محیط سازگار بوده و به حداقل مراقبت نیاز داشته باشند. محوطه پشت مانع تا مرز حریم جاده می‌تواند ایجاد مزاحمت کند و نیاز به توجه ویژه در فرایند طراحی دارد. اگر قرار است که از محوطه پشت مانع مراقبت شود و دسترسی به پشت مانع از خیابان‌های مجاور امکان‌پذیر نیست، لازم

است درب‌ها و ورودی‌هایی را در فواصل مناسب تعبیه کرد. همچنین باید این ورودی‌ها را با دیوارهای دیگری همپوشانی نمود تا سروصدا از آنجا منتشر نشده و موجب آزار گیرنده‌های پشت موانع نشود. دیوار پوششی باید حداقل سه برابر عرض ورودی باشد.

در صورت امکان، دیوار را باید در محور کنترل دسترسی قرار داد. شاید بتوان با مالکین مجاور دیوار توافق نمود که در صورت مراقبت و نگهداری از محوطه پشت دیوار توسط خود ساکنین، دولت نیز کاربری آن محوطه را تغییر ندهد. با این کار می‌توان فنس کنترل دسترسی و مشکل تعمیر و نگهداری محوطه پشت مانع را از بین برد. تأمین مصالح یدکی نظیر تخته‌های فشاری (نئوپان) یا پانل‌های بتنی به گونه‌ای سازگار با شرایط جوی به ویژه برای آب‌بندی و پرداخت نمای دیوار (نقاشی و غیره)، از اهمیت خاصی برخوردار است.

۵-۶. کیفیت بصری

از مهمترین مسایل طراحی یک مانع صوتی، تأثیر دیداری آن بر کاربری‌های مجاور است. تناسب اندازه مانع صوتی با فعالیت‌های مجاور حریم راه، از عوامل اصلی است. وجود یک مانع صوتی طویل و بزرگ، به ویژه در یک منطقه مسکونی کم‌جمعیت با ساختمان‌های یک طبقه، تأثیر بصری نامطلوبی دارد. علاوه بر آن، یک دیوار بلند بر خانه‌های مجاور سایه انداخته و شاید آب‌وهوای داخل خانه را تغییر دهد. از راهکارهای مقابله با تأثیر نامطلوب اندازه دیوار، ساخت مانع به صورت پلکانی است که امکان تابش آفتاب و جریان هوای بیشتر در مناطق مسکونی مجاور را فراهم می‌آورد. به طور کلی، برای جلوگیری از چیرگی چشم‌انداز دیوار بر محیط محله می‌توان آن را به فاصله حدود چهار برابر ارتفاعش از ساختمان‌های مسکونی مجاور قرار داد.

مشخصه بصری یک مانع صوتی از نظر آرایش زیست‌محیطی نیز مهم است. به طور کلی، موانعی که چشم‌اندازهای گسترده و متنوعی دارند از نظر بصری، نسبت به سایر دیوارها مطلوب‌ترند. دیوارها تا آنجا که ممکن است باید منعکس‌کننده محیط اطراف خود باشند. در جایی که جنبه‌های معماری قوی در مجاورت دیوار صوتی مشاهده می‌شود باید از بافت‌ها، رنگ و مصالح متناسب بهره گرفت. در سایر مناطق از جمله در مجاورت تأسیسات آزادراه‌ها و دیگر سازه‌های حمل‌ونقل، موانع احداثی باید چشم‌انداز مناسبی، چه از نظر فیزیکی و چه از نظر طرح و نقشه داشته باشند.

به طور کلی، یک طرح خوب برای دیوارهای آکوستیک، استفاده از رنگ و پرداخت رویه متناسب با مناظری است که نمای جلوی دیوار را آرامش‌بخش و دلپذیر می‌کند. باید از نقاشی با ریزه‌کاری‌های بیش از اندازه یا اثر نوارهای رنگی ممتد (اثر یکنواخت و خسته‌کننده از نظر دیداری) که ممکن است به چیرگی چشم‌انداز مانع بیانجامد، اجتناب ورزید.

از دیگر ملاحظات مهم بصری مانع صوتی، تأثیر آن بر راننده است. در سرعت‌های معمولی، احساس بصری نسبت به مانع صوتی تابع فرم کلی، رنگ و بافت آن است. برای جلوگیری از ایجاد اثر تونلی (تونل‌ها ممکن است سبب ایجاد حالتی به نام کلاستروفوبیا یا تنگنا ترسی در انسان شوند) در طول مسیر می‌توان تغییراتی در شکل، نوع و پرداخت نمای دیوار صورت داد.

هم از نظر زیبایی و هم از نظر ایمنی، طراح باید از شروع یا قطع غیر منتظره دیوار، اجتناب ورزد. در این راستا، ابتدای دیوار درست بعد از زمین مسطح باید با ارتفاع کم ساخته شده و به تدریج به ارتفاع حداکثر خود برسد تا این طور به

نظر برسد که دیوار در جریان محیط پیرامون قرار دارد. ممکن است حتی از ارتفاع دیوار کاسته شود (به صورت پلکانی ساخته شود) تا از چیرگی بصری آن جلوگیری شود و یا به دامنه یک تپه، یک شانه خاکی و یا پایه کناری پل متصل شود. از دیگر روش‌های اجتناب از قطع ناگهانی دیوار، ضمن اینکه کارایی آن نیز افزایش می‌یابد، پهن کردن لبه انتهایی آن است. با این کار، ضمن اینکه چشمان بیننده از یکنواختی دیوار دور شده و تغییر آن را پیش‌بینی می‌کند، با افزایش سطح نیز از عبور سروصدای بیشتر جلوگیری می‌شود.

شعارنویسی بر موانع صوتی در برخی از مناطق شهری، یک معضل است. در محله‌هایی که به شعارها و تبلیغات دیواری حساس هستند، استفاده از موادی که قابل رنگ‌آمیزی مجدد بوده یا به راحتی پاک شوند، مفید است. ایجاد فضای سبز مناسب در جلوی دیوار، ضمن اینکه دیوارنویسان را از این کار منصرف می‌کند، چشم‌انداز و کیفیت بصری مانع را نیز ارتقا می‌بخشد.

۶-۶. ملاحظات سازه‌ای

در سال ۱۹۸۹، کمیته فرعی پل‌ها و سازه‌های AASHTO برای ایجاد ضوابط طراحی سازه‌ای استاندارد در تهیه نقشه و مشخصات موانع صوتی، "راهنمای مشخصات فنی برای طراحی سازه‌ای موانع صوتی" را منتشر کرد. پیش از آن، طراحان از "مشخصات فنی استاندارد AASHTO برای تحکیم سازه‌ای علایم راه‌ها، تیرهای روشنایی و علایم راهنمایی و رانندگی یا آیین‌نامه‌های ساخت محلی در طراحی موانع صوتی استفاده می‌کردند. بعضی ایالت‌ها احساس می‌کردند که استانداردهای سابق، بسیار محافظه‌کارانه بوده و منجر به ساخت موانع بیش طراحی شده می‌گردند.

استاندارد جدید، هم از انطباق بیشتری با پارامترهای طراحی موانع صوتی برخوردار است و هم محافظه‌کاری کمتری دارد. به ایالت‌ها توصیه می‌شود که طرح‌های سابق خود را بازبینی نموده و آیت‌های محافظه‌کارانه و بیش طراحی شده، به خصوص در ارتباط با ضوابط بار باد را اصلاح کنند. چنین بررسی، در شناخت روش‌های مقرون‌به‌صرفه برای طراحی سازه‌ای موانع صوتی مفید خواهد بود.

۷. فرهنگ اصطلاحات

- مانع (Barrier):** یک جسم طبیعی یا ساخت بشر که مسیر بین مولد صوت و گیرنده آن را قطع می‌کند.
- دسی بل (Decibel - dB):** مقیاسی که تراز صوت را نسبت به یک تراز مبنای استاندارد بیان می‌کند. افزایش ۱۰ دسی بل صوت به معنای ۱۰ برابر شدن قدرت آن و به طور کلی، معادل دو برابر شدن بلندی سروصداست.
- دسی بل در مقیاس A (dBA):** ترازهای صوتی بر مبنای دسی بل که با مدار توزین فرکانس مربوط به مقیاس A در صوت سنج استاندارد سنجیده شده‌اند.
- حجم ساعتی ترافیک طرح (Design Hour Volume):** حجم آتی ترافیک در ساعت برای استفاده در طراحی راه که معمولاً سی‌امین رقم بیشترین ترافیک در ساعت در سال طراحی محسوب می‌شود.
- سال طرح (Design Year):** سالی که پیش‌بینی ترافیک در اجرای ضوابط طراحی یک پروژه خاص برای آن صورت می‌گیرد.
- تراز سروصدای موجود (Existing Noise Level):** سروصدای محیط یک منطقه. کلیه سروصداهای طبیعی و مصنوعی اعم از سروصدای خیابان‌های موجود، راه‌های شریانی و بزرگراه‌ها را شامل می‌شود. با dBA سنجیده می‌شود و مبنای تعیین اثرات و پیامدهای سروصدای ناشی از توسعه راه یا ساخت راه‌های جدید می‌باشد.
- تواتر (Frequency):** تعداد دفعاتی که یک موج در یک ثانیه تکرار می‌شود.
- هرتز (Hertz - Hz):** واحد تواتر و معادل یک دور در ثانیه است.
- تراز آماری L₁₀:** آن تراز صوتی است که سایر ترازهای صوتی در ۱۰٪ بازه زمانی مورد بررسی، مساوی یا بیشتر از آن باشند. این شاخص، بیانگر بزرگی و نیز فرکانس وقوع بلندترین سروصداست.
- تراز معادل L_{eq}:** تراز صوتی معادل حالت پایدار که در یک بازه زمانی مشخص، انرژی تولیدی آن معادل انرژی تولیدی یک تراز صوتی متغیر است.
- منطقه حساس به سروصدا (Noise Sensitive Area):** منطقه‌ای که سروصدای اضافی در آن، موجب اختلال یا محدود شدن کار شود.
- تراز فشار صوتی (Sound Pressure Level):** جذر میانگین مربعات فشار صوتی، p، بر حسب دسی بل به یک فشار مبنای.
- منطقه سایه (Shadow Zone):** منطقه پشت یک مانع طبیعی یا مصنوعی که سروصدا در آن، به واسطه مانع کاهش یافته است.
- اثرات سروصدای ترافیک (Traffic Noise Impacts):** پیامدهایی که به واسطه فزونی تراز سروصدای پیش‌بینی شده ترافیک از تراز نوفه مطلق یا فزونی دائم آن از تراز نوفه موجود به وقوع می‌پیوندد.

٨. فهرست مراجع

1. "Urban Traffic Noise-Strategy for an Improved Environment." Organization for Economic Cooperation and Development. 1971.
2. "Noise Assessment Guidelines." U.S. Department of Housing and Development. 1980.
3. Gordon, C.G., W.J. Galloway, B.A. Kugler, and D.L. Nelson, Bolt Beranek and Newman, Inc. *Highway Noise-A Design Guide for Highway Engineers*. National Cooperative Highway Research Program Report 117, 1971.
4. Beaton, J.L. and L. Bourget, "Can Noise Radiation From Highways be Reduced by Design?" Highway Research Record No. 232, 1968.
5. Galloway, W.J., W.E. Clark, and J.S. Kerrick, "Highway Noise: Measurement, Simulation, and Mixed Reactions" NCHRP Report 78, 1969.
6. Scholes, W.E., and J.W. Sargent, "Designing Against Noise From Road Traffic." Applied Acoustics, pp. 203-234 (4), 1971.
7. Curry, D.A. and D.G. Anderson, Stanford Research Institute, "Procedures for Estimating Highway User Costs, Air Pollution and Noise Effects" National Cooperative Highway Research Report 133, 1972.
8. Bolt Beranek and Newman, Inc., "Fundamentals and Abatement of Highway Traffic Noise." prepared for the Office of Environmental Policy, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.
9. *Model Noise Control Provisions for Building Codes and Implementation Manual*, U.S. Environmental Protection Agency, 1981.
10. "FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model." FHWA-RD-77-108, FHWA, 1978.
11. "Implementation Package 76-8, Highway Noise Barrier Selection, Design and Construction Experiences." FHWA, 1975.
12. *Noise Barrier Design Handbook*, FHWA-RD-76-58, FHWA, 1975.
13. *A Guide to Visual Quality in Noise Barrier Design*, Implementation Package 77-12, FHWA, 1976.
14. "Sound Procedures for Measuring Highway Noise: Final Report." FHWA, 1981.
15. *Noise Barrier Cost Reduction Procedure, STAMINA 2.0/OP-TIMA: Users' Manual*, FHWA, 1982.
16. *Federal-Aid Highway program Manual: Volume 7, Chapter 7, Section 3: "Procedures for Abatement of Highway Traffic Noise and Construction Noise."* FHWA.
17. "Analysis of Highway Construction Noise," FHWA Technical Advisory T-6160.2, March 13, 1984.
18. "Guidance Material for the Preparation of Environmental Documents," FHWA Technical Advisory T-6640.8, February 24, 1982.
19. "Highway Traffic Noise in the United States: Problem and Response," FHWA, 1990.

فهرست انتشارات معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری

قیمت (ریال)	تاریخ انتشار	عنوان
<i>الف) گزارش‌های تخصصی</i>		
۱۰/۰۰۰	تابستان ۸۲	۱. ممیزی ایمنی راه
۱۰/۰۰۰	پاییز ۸۲	۲. پیشنهادهای برای آزمایش ژئوتکستایل‌ها
۱۰/۰۰۰	پاییز ۸۲	۳. راهنماییهای سودمند برای طراحی و ساخت خاکریزهای راه
۱۰/۰۰۰	پاییز ۸۲	۴. روش‌ها و شرایط لازم برای عملیات خاکی به منظور کاهش اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های راه
۱۰/۰۰۰	پاییز ۸۲	۵. آلودگی ناشی از دی اکسید نیتروژن در تونل‌های راه
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۳	۶. ایمنی در تونلها
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۳	۷. مدیریت ترافیک و کیفیت سرویس
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۳	۸. بهینه‌سازی شبکه‌های موجود بین شهری
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۳	۹. بیست و دومین همایش جهانی راه پیارک
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۳	۱۰. یارانه‌ها هزینه‌ها و منافع اجتماعی حمل‌ونقل عمومی
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۳	۱۱. برنامه‌ریزی و بودجه در شبکه راه‌ها
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۳	۱۲. روشهای مشارکت همگانی در توسعه پروژه راه
۱۱/۰۰۰	بهار ۸۳	۱۳. قیمت‌های بین‌المللی سوخت (بنزین و گازوییل)
۱۱/۰۰۰	بهار ۸۳	۱۴. سیاست حمل‌ونقل اروپایی تا سال ۲۰۱۰
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۳	۱۵. مبانی تحلیل اقتصادی
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۳	۱۶. گزارش سالانه ژوئیه ۲۰۰۳ GRSP
۱۰/۰۰۰	بهار ۸۳	۱۷. راهنمای ممیزی ایمنی راه
۱۰/۰۰۰	تابستان ۸۳	۱۸. راهنمای فیلم‌های IRF
۱۶/۰۰۰	تابستان ۸۳	۱۹. انتخاب مصالح و طراحی روسازی‌های انعطاف‌پذیر برای آمدوشد و شرایط آب‌وهوایی سخت
۱۰/۰۰۰	تابستان ۸۳	۲۰. راه‌های دسترسی به مناطق برون‌شهری
۱۱/۰۰۰	تابستان ۸۳	۲۱. روش‌های ساده نگهداری راه
۱۰/۰۰۰	تابستان ۸۳	۲۲. تجهیزات اتوماتیک بررسی ترک خوردگی روسازی راه
۱۰/۰۰۰	پاییز ۸۳	۲۳. ارتقاء و بهبود عملکرد داخلی راه‌ها
۱۰/۰۰۰	پاییز ۸۳	۲۴. تأمین مالی و ارزیابی اقتصادی
۱۰/۰۰۰	پاییز ۸۳	۲۵. بهبود تأمین منابع مالی و مدیریت نگهداری راه
۱۰/۰۰۰	پاییز ۸۳	۲۶. بازیافت روسازی‌های انعطاف‌پذیر موجود
۱۰/۰۰۰	پاییز ۸۳	۲۷. حمل‌ونقل هوشمند
۱۰/۰۰۰	پاییز ۸۳	۲۸. محیط زیست و پروژه‌های راهسازی
۱۰/۰۰۰	پاییز ۸۳	۲۹. تقسیم مسؤلیت برای داشتن جاده‌های ایمن‌تر
۱۰/۰۰۰	زمستان ۸۳	۳۰. فرآیند تصمیم‌گیری در اعمال سیاست‌های پایدار حمل‌ونقل جاده‌ای

۱۰/۰۰۰	۸۳	زمستان	۳۱. کیفیت خدمات جاده‌ای
۱۰/۰۰۰	۸۳	زمستان	۳۲. روش‌هایی برای ارزیابی خطر وقوع زمین لغزه‌ها
۱۰/۰۰۰	۸۳	زمستان	۳۳. روش‌های ارزیابی اقتصادی برای پروژه‌های راه در کشورهای عضو پیارک
۱۰/۰۰۰	۸۳	زمستان	۳۴. راهنمای ارزیابی سیستم‌های نگهدارنده خاک
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	۳۵. آشنایی با مفاهیم مدیریت روسازی
			۳۶. راهنمای انعقاد قرارداد، نحوه انتخاب و مدیریت مشاوران در فعالیت‌های مهندسی
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	پیش از ساخت
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	۳۷. تضمین کیفیت در عملیات خاکی
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	۳۸. رویه‌های بتنی مسلح پیوسته
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	۳۹. طبقه‌بندی تونل‌ها، دستورالعمل‌ها، تجربیات موجود و پیشنهادات
۱۰/۰۰۰	۸۴	بهار	۴۰. نقش مدل‌های اقتصادی و اجتماعی - اقتصادی در مدیریت راه
۱۰/۰۰۰	۸۴	تابستان	۴۱. پیشرفت مدیریت و تأمین بودجه نگهداری راه‌ها در افریقا
۱۰/۰۰۰	۸۴	تابستان	۴۲. حمل‌ونقل ترکیبی، اقداماتی جهت تشویق به استفاده از حمل‌ونقل عمومی
۱۱/۰۰۰	۸۴	پاییز	۴۳. برنامه ملی ایمنی ترافیک کشور ترکیه
۱۷/۰۰۰	۸۴	پاییز	۴۴. بررسی توسعه حمل‌ونقل در منطقه اسکاپ در سال ۲۰۰۳، آسیا و اقیانوسیه
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۴۵. تبادل فناوری و توسعه
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۴۶. راه‌های دارای رویه بتنی
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۴۷. تجدید ساختار بخش راه
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۴۸. حمل‌ونقل کالا
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۴۹. گزارش سالانه ژوئن ۲۰۰۴ GRSP
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۵۰. بکارگیری مصالح حاصل از بازیافت رویه‌های آسفالتی و بتن خرد شده در خاکریز
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۵۱. تراکم ترافیک در آزادراه‌ها و بزرگراه‌ها
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۵۲. کاربرد بتن غلتکی در راهسازی
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۵۳. راهنمای تأمین روشنایی راه‌ها
۱۰/۰۰۰	۸۴	زمستان	۵۴. راهسازی در نواحی بیابانی
۱۰/۰۰۰	۸۵	بهار	۵۵. مدیریت عملکرد پل‌ها
۱۲/۰۰۰	۸۵	بهار	۵۶. سیستم مدیریت ایمنی در صنعت حمل‌ونقل ریلی
۱۰/۰۰۰	۸۵	بهار	۵۷. راهنمای ممیزی سیستم مدیریت ایمنی هوایی
۱۰/۰۰۰	۸۵	بهار	۵۸. توسعه ابزارهای سنجش عملکرد
۳۰/۰۰۰	۸۵	تابستان	۵۹. نگهداری نواحی کنار راه و زهکشی (جلد اول)
۳۰/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۰. تعمیر و نگهداری راه‌های شوسه (جلد دوم)
۲۵/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۱. تعمیر و نگهداری راه‌های دارای رویه آسفالتی (جلد سوم)
۱۵/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۲. نگهداری سازه‌ها و ادوات کنترل ترافیک (جلد چهارم)
۱۰/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۳. فناوری و اقدامات ابتکاری کنترل ترافیک در اروپا
۱۰/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۴. معرفی سیستم مدیریت ریسک
۱۲/۰۰۰	۸۵	تابستان	۶۵. تعمیر و مقاوم‌سازی زیرسازه پل‌ها
۲۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۶۶. الگوی مناسب برای بهره‌برداری و نگهداری تونل‌های جاده‌ای

۲۶/۰۰۰	۸۵	پاییز	۶۷. مدیریت ایمنی راه
۱۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۶۸. مطالعه‌ای بر مدیریت ریسک در راه‌ها
۱۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۶۹. گزارش جهانی در خصوص پیشگیری از صدمات ناشی از تصادفات جاده‌ای
۱۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۷۰. ارزیابی و تأمین بودجه نگهداری راه در کشورهای عضو پیارک
۱۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۷۱. حفاظت کاتدیک عرشه پل‌ها
۱۰/۰۰۰	۸۵	پاییز	۷۲. روش‌های بهبود ایمنی در راه‌های بین شهری
۱۰/۰۰۰	۸۵	زمستان	۷۳. اندوذهای آب‌بندی آسفالت
۱۰/۰۰۰	۸۵	زمستان	۷۴. مخلوط‌های آسفالتی با مقاومت بالا در برابر شیارشدگی
۱۰/۰۰۰	۸۵	زمستان	۷۵. مروری بر مدیریت دارایی در راه‌ها
۱۰/۰۰۰	۸۵	زمستان	۷۶. مدیریت راه
۱۰/۰۰۰	۸۵	زمستان	۷۷. بزرگراه آسیایی و توسعه
۱۰/۰۰۰	۸۶	بهار	۷۸. راه‌های با روسازی انعطاف‌پذیر
۱۰/۰۰۰	۸۶	بهار	۷۹. سیستم‌های مدیریت سوانح رانندگی مورد استفاده در تونل‌ها
۱۰/۰۰۰	۸۶	بهار	۸۰. نقش و جایگاه اداره راه
۱۰/۰۰۰	۸۶	بهار	۸۱. آسفالت متخلخل
۱۲/۰۰۰	۸۶	تابستان	۸۲. مطالعه تطبیقی فعالیت‌های مدیریت پل
۱۰/۰۰۰	۸۶	تابستان	۸۳. روکش سطحی راه
۱۴/۰۰۰	۸۶	تابستان	۸۴. بودجه و عملیات نگهداری راه (یک دیدگاه آسیایی)
۱۰/۰۰۰	۸۶	تابستان	۸۵. رویکرد چندوجهی برای سیستم حمل‌ونقل
۱۰/۰۰۰	۸۶	پاییز	۸۶. راهنمای انتخاب و انجام آزمایش‌های فرآورده‌های خط‌کشی راه
۱۰/۰۰۰	۸۶	پاییز	۸۷. محدودیت‌های وزن و ابعاد وسایل نقلیه - تجارب و روندها
۱۲/۰۰۰	۸۶	پاییز	۸۸. آزمون بین‌المللی هماهنگ‌سازی اندازه‌گیری پروفیل طولی و عرضی راه و گزارش آنها
۶۰/۰۰۰	۸۶	زمستان	۸۹. راهنمای سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند - ویراست دوم
۱۰/۰۰۰	۸۷	بهار	۹۰. دستیابی به کیفیت در عملیات راهسازی
۱۰/۰۰۰	۸۷	بهار	۹۱. نکاتی در خصوص راه‌های برون‌شهری
۱۹/۰۰۰	۸۸	بهار	۹۲. روند جاری در زمینه ایمنی تونل
۱۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۹۳. نگهداری تابلوها، خط‌کشی‌ها و سایر تجهیزات ایمنی راه
۲۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۹۴. آشنایی با مفاهیم اولیه مدیریت و مهندسی ایمنی راه
۴۸/۰۰۰	۸۸	بهار	۹۵. سیستم‌های حمل‌ونقل هوشمند (ITS) در کشورهای در حال توسعه
۲۳/۰۰۰	۸۸	بهار	۹۶. مدیریت و ارزیابی پل‌های پس‌کشیده بتنی
۳۲/۰۰۰	۸۸	تابستان	۹۷. انواع سازه‌های منتخب برای پل‌های جدید
۲۶/۰۰۰	۸۸	تابستان	۹۸. راهنمای بازرسی و مرمت آبگذر
۲۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۹۹. چارچوب مفهومی شاخص‌های عملکردی برای بخش راه
۲۲/۰۰۰	۸۸	تابستان	۱۰۰. طرح راهبردی آشتو برای ایمنی راه
۲۸/۰۰۰	۸۸	تابستان	۱۰۱. توصیه‌هایی برای افزایش ایمنی پیشگیرانه در تونل‌ها
۴۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۱۰۲. روسازی‌های نیمه صلب
۱۶/۰۰۰	۸۹	پاییز	۱۰۳. راهنمای ارزیابی و کاهش سروصدای ناشی از ترافیک

ب) کتب

۱۲۵/۰۰۰	۸۴	پاییز	۱. راهنمای ایمنی راه (پیارک)
۷۵/۰۰۰	۸۵	پاییز	۲. مدیریت پل
۲۰/۰۰۰	۸۶	زمستان	۳. روش‌های طراحی و اجرای آسفالت‌های حفاظتی
۱۹/۰۰۰	۸۶	زمستان	۴. تحلیل تصادفات و شناسایی و اصلاح نقاط پرتصادف
۲۲/۰۰۰	۸۷	تابستان	۵. مدیریت ایمنی در صنعت کشتیرانی
—	۸۷	تابستان	۶. مجموعه قوانین و مقررات حفظ حریم راه‌ها
۴۸/۰۰۰	۸۷	پاییز	۷. مهندسی ارزش و چالش‌های عظیم بشر در قرن بیست‌ویکم
—	۸۷	تابستان	۸. مدیریت ایمنی در بنادر
۹۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۹. فرهنگ اصطلاحات مهندسی راه، ترافیک و حمل‌ونقل
۲۵/۰۰۰	۸۹	بهار	۱۰. راهبرد ملی ایمنی راه‌های ایران

ج) لوح فشرده

			۱. نشریات Austroads (شامل ۱۸۶ عنوان از نشریات وزارت راه استرالیا و نیوزلند در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)
۳۴/۵۰۰	۸۳	پاییز	
۳۴/۵۰۰	۸۳	زمستان	۲. فیلم‌های آموزشی راه IRF (شامل ۱۰۷ فیلم در ۴۲ لوح فشرده)
(قیمت واحد)			
۳۴/۵۰۰	۸۴	بهار	۳. نشریات SWOV (شامل ۱۳۸ عنوان از نشریات DRI, VTI, NCHRP, SWOV در موضوعات مختلف بصورت فایل pdf)

فهرست انتشارات پژوهشکده حمل و نقل

عنوان	تاریخ انتشار	قیمت (ریال)
<i>الف) پروژه‌های تحقیقاتی</i>		
۱. کاربرد آب و مصالح محلی چابهار برای ساخت بلوک‌های ساختمانی	بهار ۸۳	۱۱/۰۰۰
۲. شیوه‌های طراحی و کاربرد حفاظ‌ها و ضربه‌گیرهای ایمنی در راهها	بهار ۸۳	۱۳/۰۰۰
۳. ضوابط طراحی و اجرای روسازی راه‌آهن بدون بالاست	بهار ۸۳	۱۴/۰۰۰
۴. بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی رویه‌های بتنی و آسفالتی	بهار ۸۳	۲۷/۰۰۰
۵. بررسی مسائل کمی و کیفی مصرف قیر در راههای کشور	زمستان ۸۳	۱۶/۰۰۰
۶. ضوابط طراحی و اجرای آسفالت ماستیک	بهار ۸۴	۱۱/۰۰۰
۷. راهنمای طراحی و ایمن‌سازی پایه علائم راه	بهار ۸۴	۱۱/۰۰۰
۸. بررسی عوامل مؤثر در ارزیابی و توجیه فنی و اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی پروژه‌های راه و راه‌آهن	تابستان ۸۴	۲۴/۰۰۰
۹. راهنمای طراحی و اجرای سیستم زهکشی آب‌های سطحی و زیرسطحی راه، راه‌آهن و فرودگاه (و نقشه‌های اجرایی)	تابستان ۸۴	۲۳/۰۰۰
۱۰. روش‌های جدید طرح مخلوط‌های آسفالتی بر اساس عملکرد و پیشنهاد روش مناسب برای کشور	تابستان ۸۴	۱۳/۰۰۰
۱۱. راهنمای تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راهها	تابستان ۸۴	۱۸/۰۰۰
۱۲. تسلیح خاکریز و بستر راهها با استفاده از ژئوگرید	تابستان ۸۴	۱۴/۰۰۰
۱۳. سیستم‌های هوشمند حمل و نقل ریلی	پاییز ۸۴	۲۰/۰۰۰
۱۴. ظرفیت باربری محوری شمع‌ها	زمستان ۸۴	۱۷/۰۰۰
۱۵. تثبیت شیب شیروانی خاکریزها و خاکبرداری‌ها	بهار ۸۵	۱۴/۰۰۰
۱۶. روش‌های نوین تعیین مشخصات و ارزیابی روسازی راه	بهار ۸۵	۱۰/۰۰۰
۱۷. طرح ضوابط مخلوط‌های آسفالتی برای مناطق گرمسیر، سردسیر و شیب‌های تند جاده‌ها	بهار ۸۵	۱۰/۰۰۰
۱۸. روش‌های بازیافت سرد و گرم آسفالت و امکان‌سنجی اقتصادی آن در ایران	بهار ۸۵	۱۵/۰۰۰
۱۹. ارائه روش‌های ساماندهی فعالیت عوارضی در آزادراههای کشور	بهار ۸۵	۲۲/۰۰۰
۲۰. کاربرد پلیمر در بهبود خواص قیرها و مخلوط‌های آسفالتی	بهار ۸۵	۱۷/۰۰۰
۲۱. آشنایی با جداسازهای لرزه‌ای و تأثیر آنها بر عملکرد پلها	زمستان ۸۵	۲۵/۰۰۰
۲۲. آب و هوا و ایمنی جاده‌ها	زمستان ۸۵	۲۵/۰۰۰
۲۳. روش‌های ثبت تصادفات و شناسایی نقاط پرتصادف	بهار ۸۶	۳۵/۰۰۰
۲۴. ساعت کار مجاز رانندگان حمل و نقل باری	بهار ۸۶	۲۰/۰۰۰
۲۵. کاربرد CBR غیراشباع در طراحی روسازی	بهار ۸۶	۲۰/۰۰۰
۲۶. سیستم‌های کنترل هوشمند تونل	تابستان ۸۶	۴۰/۰۰۰
۲۷. راهنمای ایمن‌سازی گلوگاه‌های راه	تابستان ۸۶	۲۰/۰۰۰
۲۸. راهنمای ایمن‌سازی مدارس حاشیه راهها	تابستان ۸۶	۴۵/۰۰۰
۲۹. معیارهای طراحی پل‌های خمیده فلزی	تابستان ۸۶	۱۵/۰۰۰
۳۰. اثر روش تراکم بر میزان قیر بهینه در طرح اختلاط بتن آسفالتی	پاییز ۸۶	۲۶/۰۰۰

۴۰/۰۰۰	۸۶	پاییز	۳۱. کاربرد ژئوسنتتیک‌ها در روکش‌های آسفالتی جهت کنترل ترک‌های انعکاسی
۱۵/۰۰۰	۸۶	پاییز	۳۲. آزمایش‌ها و تحلیل‌های دینامیکی در طراحی و اجرای شمع‌ها
۲۰/۰۰۰	۸۶	پاییز	۳۳. معیارهای فنی طرح مخلوط‌های آسفالتی برای مناطق گرمسیر، سردسیر و شیب‌های تند جاده‌ها
۳۵/۰۰۰	۸۶	زمستان	۳۴. راهنمای بازرسی ایمنی راه (جلد اول)
۵۰/۰۰۰	۸۶	زمستان	۳۵. راهنمای بازرسی ایمنی راه (جلد دوم)
۲۷/۰۰۰	۸۶	زمستان	۳۶. راهنمای بازرسی ایمنی راه (جلد سوم)
۳۰/۰۰۰	۸۶	زمستان	۳۷. راهنمای طراحی و اجرای خط‌کشی راه‌ها
۳۵/۰۰۰	۸۷	بهار	۳۸. بررسی نرم‌افزار تحلیل و طراحی روسازی راه و ارائه گزینه مناسب برای کشور
۲۷/۰۰۰	۸۷	بهار	۳۹. بررسی آزمایشگاهی اثر نوع دانه‌بندی و فضای خالی در بتن آسفالتی و شیار جای چرخ و قیرزدگی در راه‌های کشور
۲۷/۰۰۰	۸۷	تابستان	۴۰. جمع‌آوری و طبقه‌بندی آسیب‌های وارده به پل‌ها در زلزله‌های گذشته
۱۰/۰۰۰	۸۷	تابستان	۴۱. تعیین هدف بهسازی لرزه‌ای پل‌های راه‌آهن
۳۵/۰۰۰	۸۷	تابستان	۴۲. راهنمای طراحی دیوارهای حائل طره‌ای
۱۰/۰۰۰	۸۷	تابستان	۴۳. راهنمای بهسازی لرزه‌ای تکیه‌گاه پل‌ها
۳۵/۰۰۰	۸۷	پاییز	۴۴. راهنمای فعالیت مراکز امداد رسانی فنی خودرو در راه‌های کشور
۱۳/۰۰۰	۸۷	پاییز	۴۵. راهنمای کاربری اراضی اطراف حریم راه‌ها و راه‌آهن
۲۰/۰۰۰	۸۷	پاییز	۴۶. مبانی روش‌های طراحی و احداث تونل‌های راه و راه‌آهن در مناطق لرزه‌خیز
۳۵/۰۰۰	۸۷	پاییز	۴۷. راهنمای فعالیت مراکز امداد رسانی فنی خودرو در راه‌های کشور
۲۵/۰۰۰	۸۷	پاییز	۴۸. راهنمای بکارگیری سامانه‌های کنترل سرعت هوشمند در جاده‌ها
۴۱/۰۰۰	۸۷	زمستان	۴۹. چارچوب سیستم مدیریت روسازی راه‌ها در ایران
۳۹/۰۰۰	۸۷	زمستان	۵۰. مقررات حمل و نقل هوایی
۵۵/۰۰۰	۸۷	زمستان	۵۱. الگوی بهینه قیمت‌گذاری و تخصیص یارانه سوخت در بخش حمل و نقل زمینی
۴۰/۰۰۰	۸۷	زمستان	۵۲. راهکارهای کاهش هزینه احداث زیرساخت‌های حمل و نقل جاده‌ای
۶۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۵۳. مبانی کاربرد تزریق در سنگ‌های درزه‌دار در تونل‌ها
۷۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۵۴. راهنمای بکارگیری سامانه نظارت تصویری در جاده‌ها
۳۵/۰۰۰	۸۸	بهار	۵۵. ارزیابی اقتصادی انتشار اوراق مشارکت جهت تامین مالی طرح‌های عمرانی وزارت راه و ترابری
۲۷/۰۰۰	۸۸	بهار	۵۶. مبانی فنی و اقتصادی روش‌های حفاری تونل‌های راه و راه‌آهن
۱۲/۰۰۰	۸۸	تابستان	۵۷. طراحی سیستم‌های روشنایی تونل‌های راه
۱۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۵۸. طراحی سیستم‌های ایمنی تونل‌های راه
۲۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۵۹. طراحی سیستم‌های کنترل و برق تونل‌های جاده‌ای
۶۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۶۰. طراحی سیستم‌های تهویه تونل‌های راه
۵۳/۰۰۰	۸۸	تابستان	۶۱. مقررات حمل و نقل جاده‌ای
۷۵/۰۰۰	۸۸	تابستان	۶۲. هزینه تصادفات (تنوری و کاربرد)
۲۷/۰۰۰	۸۸	تابستان	۶۳. مقررات حمل و نقل ریلی
۱۵/۰۰۰	۸۸	پاییز	۶۴. مبانی نظری تحلیل پل‌های سنگی
۳۵/۰۰۰	۸۸	پاییز	۶۵. بررسی علل بروز خرابی زودرس روسازی‌های آسفالتی
۴۱/۰۰۰	۸۸	پاییز	۶۶. مقررات حمل و نقل دریایی
۸۰/۰۰۰	۸۸	زمستان	۶۷. راهنمای طراحی لرزه‌های اسکله
			۶۸. بررسی روش‌های آزمایشگاهی برای کنترل ترک‌های ناشی از بارگذاری و ارائه

۴۲/۰۰۰	۸۸	زمستان	مدل پیش‌بینی ترک‌های خستگی آسفالت روسازی راههای کشور
۲۸/۰۰۰	۸۸	زمستان	۶۹. راهنمای جزئیات طرح خط‌کشی در راههای برون شهری
۶۴/۰۰۰	۸۸	زمستان	۷۰. پل‌های تاریخی ایران
۸۷/۴۰۰	۸۹	بهار	۷۱. هزینه‌های خارجی حمل‌ونقل زمینی (شناسایی و بررسی)

ج) کتب

۱۵/۰۰۰	۸۳	تابستان	۱. فرهنگ جامع دریایی
۳۹/۰۰۰	۸۳	تابستان	۲. برنامه‌ریزی و طراحی فرودگاه (دو جلد)
۷/۰۰۰	۸۳	تابستان	۳. فرهنگ و اصطلاحات فنی و مهندسی راه
۴۰/۰۰۰	۸۴	پاییز	۴. فرهنگ مصور دریایی (همراه با نسخه الکترونیک)
۱۰/۰۰۰	۸۶	پاییز	۵. اضمحلال راه (در کشورهای در حال توسعه)
۴۵/۰۰۰	۸۶	زمستان	۶. مهندسی زلزله مبانی و اصول بارگذاری لرزه‌ای (جلد اول)
—	۸۶	زمستان	۷. معرفی آثار منتشر شده معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری و پژوهشکده حمل‌ونقل وزارت راه و ترابری
۵۰/۰۰۰	۸۷	بهار	۸. طرح هندسی راه‌ها و خیابان‌ها (جلد اول)
۳۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۹. طرح هندسی راه‌ها و خیابان‌ها (جلد دوم)
۷۰/۰۰۰	۸۸	بهار	۱۰. مدیریت نوین روسازی
۴۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۱۱. پیام‌های استاندارد در حوادث غیرمترقبه
۴۰/۰۰۰	۸۸	تابستان	۱۲. طرح هندسی راه‌ها و خیابان‌ها (جلد سوم)

ج) لوح فشرده

۴۷/۵۰۰	۸۴	پاییز	۱. آیین‌نامه ایمنی راهها (مجموعه هفت جلدی منتشر شده از سوی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی)
۵۰/۰۰۰	۸۴	پاییز	۲. آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران
—	۸۷	تابستان	۳. معرفی آثار منتشر شده (معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری و پژوهشکده حمل‌ونقل وزارت راه و ترابری)
۵۰/۰۰۰	۸۷	زمستان	۴. تعیین هدف بهسازی لرزه‌ای پل‌های راه‌آهن
۵۰/۰۰۰	۸۷	زمستان	۵. راهنمای بهسازی لرزه‌ای تکیه‌گاه پل‌ها

فهرست ابلاغیه‌های شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل

عنوان	تهیه کننده	بررسی و تایید	تاریخ انتشار	قیمت
۱. آیین نامه نحوه بارگیری، حمل و مهار ایمن بار وسایل نقلیه باربری جاده‌ای	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری	زمستان ۸۴	۵۰/۰۰۰
۲. راهنمای تهیه مشخصات فنی، جزئیات و نقشه‌ها در پل و سازه‌های راه	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری	زمستان ۸۴	۲۶/۰۰۰
۳. دستورالعمل آزمایشهای استاتیکی شمعها	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته ابنیه شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۵	۲۰/۰۰۰
۴. دستورالعمل مطالعات و طراحی سیستمهای ایمنی، روشنایی، تهویه، کنترل و برق تونلهای جاده‌ای	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته ابنیه شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۵	۲۰/۰۰۰
۵. دستورالعمل تحویل موقت و قطعی راه‌ها	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته نظام‌های فنی و اجرایی شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۵	۲۰/۰۰۰
۶. راهنمای طراحی و اجرای علائم برجسته راه	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته ایمنی شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۶	۳۲/۰۰۰
۷. دستورالعمل بازرسی ایمنی راه	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته ایمنی شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۶	۲۲/۰۰۰
۸. راهنمای درزگیری رویه‌های آسفالتی	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته زیرسازی و روسازی شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۶	۱۱/۰۰۰
۹. راهنمای لکه‌گیری رویه‌های آسفالتی	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته زیرسازی و روسازی شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۶	۱۶/۰۰۰
۱۰. دستورالعمل ارزیابی زیست محیطی طرح‌های حمل و نقل جاده‌ای	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته اقتصاد شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۶	۱۲/۰۰۰
۱۱. دستورالعمل ارزیابی زیست محیطی طرح‌های حمل و نقل ریلی	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته اقتصاد شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	زمستان ۸۶	۱۲/۰۰۰
۱۲. راهنمای بکارگیری سامانه‌های هوشمند کنترل سرعت در جاده‌ها	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	بهار ۸۷	۲۷/۰۰۰
۱۳. راهنمای بکارگیری سامانه‌های نظارت تصویری در جاده‌ها هماهنگ با سایر اجزای ITS	پژوهشکده حمل و نقل	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	بهار ۸۷	۱۹/۰۰۰
۱۴. راهنمای فهرست مطالب مطالعات پل‌ها	دفتر مطالعات فناوری و ایمنی	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - شورای عالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۸	۲۲/۰۰۰

عنوان	تهیه کننده	بررسی و تایید	تاریخ انتشار	قیمت
۱۵. دستورالعمل بازدید ایمنی راه	دفتر مطالعات فناوری و ایمنی	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - کمیته ایمنی شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۹	۲۲/۰۰۰
۱۶. اولویت‌های توسعه فنی در امور زیرساختهای جاده‌ای	دفتر مطالعات فناوری و ایمنی	معاونت آموزش، تحقیقات و فناوری - شورایعالی فنی امور زیربنایی حمل و نقل	تابستان ۸۹	۱۰/۰۰۰

Ministry of Roads and Transportation
Deputy of Education Research and Technology

*Guide on Evaluation and Abatement
of Traffic Noise*