

# بهسازی ریل در سیستم حمل و نقل شهری جهت کاهش آلودگی صوتی ایجاد

## شده

سید امین رضا آیتی زاده تنها\*<sup>۱</sup>

کارشناس مهندسی مکانیک، خوزستان، بهبهان. [S.a.ayati@gmail.com](mailto:S.a.ayati@gmail.com)

## چکیده

با توجه به صرفه اقتصادی ریل کشی رو زمینی نسبت به زیر زمینی و نیز کاهش محسوس مدت زمان آماده سازی آن ، کاهش آلودگی صوتی ناشی از ناوگان ریلی رو زمینی می تواند نقش مهمی در زمینه کاهش فاصله انواع کاربری های شهری از محدوده ریل داشته باشد و نیز افزایش آسایش شهروندان و کاهش هزینه های عایقکاری ساختمان ها را موجب شود. با مطالعه روش های ساخت ریل و فرایند های تکمیلی بعد از تولید و اتصالات آن و نیز بهسازی مشخصات فندانسیون، کاهش آلودگی صوتی و ارتعاشات ایجاد شده را بررسی می گردد. مطالعه روش های تعمیرات و نگهداری مطلوب در حین بهره برداری از ریل نیز می تواند تاثیر محسوسی بر کاهش آلودگی صوتی و افزایش طول عمر کارکرد داشته باشد.

**واژه های کلیدی:** آلودگی صوتی، صرفه اقتصادی، ناوگان ریلی، روش تولید، تعمیرات و نگهداری، ارتعاشات

## ۱- مقدمه

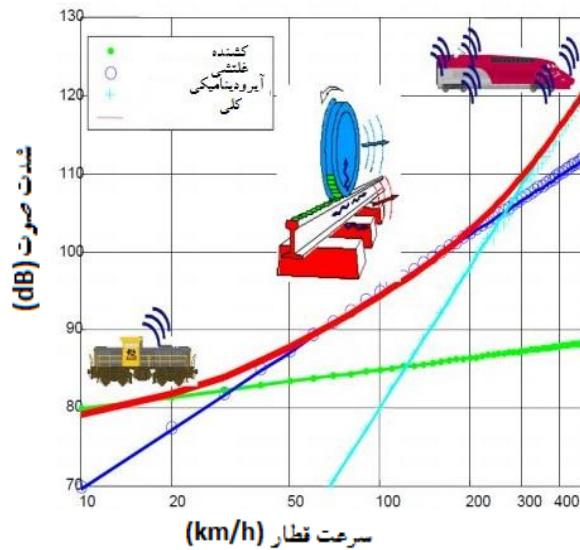
با توجه اینکه از اهداف مهم توسعه سامانه های حمل و نقل ارتقاء سطح کیفی زندگی بشر با رعایت استاندارد های زیست محیط می باشد، تلاش برای کاهش آلودگی های صوتی حاصل از سیستم حمل و نقل ریلی در محدوده شهری با توجه به تاثیر آن در افزایش اضطراب ، احتمال بروز بیماری گوارشی و روحی گامی مهم در توسعه کیفی این سامانه می باشد. با وجود اهمیت بالای اصوات حاصل از تماس چرخ و ریل در مقایسه با اصوات ایجاد شده توسط تجهیزات پیشران قطار و نیروهای آیرودینامیکی ، برآنیم تا با بیان و شناخت منابع ایجاد اصوات چرخ و ریل ، راهکارهایی را در کاهش تولید و گسترش این امواج در محیط درون و پیرامون خطوط انتقال بیابیم. سپس بر اساس پارامتر های میزان اثر بخشی و هزینه های اقتصادی این راهکارها را طبقه بندی می کنیم. شکل ۱ بیانگر ارتباط منابع تولید آلودگی صوتی با سرعت قطار می باشد. نکته مشهود تصویر تاثیر چشم گیر اصوات حاصل از تماس چرخ و ریل نسبت به سایر منابع در محدوده وسیعی از سرعت متداول در ایران می باشد و نکته دیگر میزان افزایش نسبتا کم شدت اصوات تولیدی از منشاء تولید کننده نیروی محرکه است.

با توجه به شکل در بازه سرعت متوسط قطار در ایران، میزان آلودگی صوتی در حدود ۹۰ دسی بل می باشد. برای تامین آسایش شهروندان در صورتی که از سامانه ریلی با مسیر رو زمینی استفاده گردد، می بایست این آلودگی صوتی به شدت کاهش یابد.

برای تحقق این امر روش های زیر قابل بررسی می باشد:

- کاهش سرعت حرکت قطار در ناحیه شهری
- ایجاد فاصله زیاد میاد مسیر قطار و کاربری های شهری
- کاهش میزان آلودگی صوتی از طریق بهسازی ریل

روشن است که انتخاب تنها یک روش، پاسخ مناسبی در حل این مشکل نمی باشد. بنابراین با توجه به صرفه جویی که می توان با انجام بهسازی ریل در زمان و مصرف بهینه زمین های اطراف ریل قطار داشت، اهمیت کاهش آلودگی صوتی از طریق بهسازی سیستم ریلی آشکار میگردد.



شکل ۱: منابع ایجاد آلودگی صوتی در حمل و نقل ریلی

## ۲- مکانیزم تولید اصوات غلتشی

اصوات ، حاصل از تماس مکانیکی چرخ و ریل می باشند. با توجه به عدم برقراری شرایط ایدآل حرکت غلتشی همچون وجود سایش ، امکان وجود عیوب مکانیکی در سطح تماس و عدم پیوستگی ساختاری در مواد سازنده چرخ و ریل، می باشند. انواع مکانیزم های تولید اصوات غلتشی به شرح زیر می باشند:

- زیری سطح ریل و چرخ که موثرترین منشا تولید اصوات می باشد.
- عیوب متالورژیکی از جمله ، ناهمگونی و ناپیوستگی در متریکال سازنده اجزاء، تغییر در مودول الاستیسیته و تغییر در شکل پروفیل ریل
- سایش خطی چرخ روی ریل ، که ممکن است در حرکت با سرعت ثابت در مسیر مسقیم و یا سایش دینامیکی حاصل از شتاب مثبت و یا منفی چرخ در حین افزایش و کاهش سرعت قطار روی دهد.
- سایش جانبی چرخ روی ریل، که می تواند به علت حرکت اسپینی چرخ در راستای عمود صفحه تماس چرخ و ریل به سبب مخروطی شدن چرخ و یا به صورت سایش عرضی به سبب حرکت در مسیر منحنی و یا موج شدن ریل روی دهد
- وقوع پدیده های آیرودینامیکی پیرامون چرخ که باعث ایجاد توربولانس در لایه های مرزی اطراف چرخ می شود، لازم به ذکر است که این اصوات در مقابل اصوات آیرودینامیکی حاصل از حرکت قطار قابل چشم پوشی هستند.
- ضربات مکانیکی وارده بر ریل و چرخ، نوع خاصی از اصوات را ایجاد می کنند.در نواحی تماس با زبری زیاد، اتصالات ریل، عیوب مکانیکی و ناپیوستگی های بزرگ و تخت شدگی سطح بیرونی چرخ، ضرباتی به ریل به چرخ وارد می شود.

## ۳- منابع تولید اصوات حاصل از تماس چرخ و ریل بر اساس شکل هندسی مسیر

اصوات حاصل از تماس چرخ و ریل به علت متفاوت بودن نیروهای وارده ، بر اساس اختلاف در شکل هندسی مسیر و نیز عیوب مکانیکی موجود در چرخ، ریل و سایر اتصالات کنترل مسیر ، به شرح ذیل قابل تقسیم بندی هستند.

- اصوات غلتشی در حین حرکت در مسیر مستقیم

- اصوات حاصل از حرکت در مسیر منحنی
- اصوات حاصل از ضربه ی اتصالات ریل و اجزاء کنترل مسیر

### ۳-۱- اصوات غلتشی در حین حرکت در مسیر مستقیم

اصوات ایجاد شده بر اساس نوع عیوب مسوب آنها و نیز شدت این عیوب به دسته بندی ذیل قابل تقسیم می باشند.

- اصوات معمول حاصل از تماس فلز به فلز چرخ و ریل
- اصوات بیش از حد، ناشی از زبری سطوح تماس که در بازرسی چشمی سطوح به وضوح قابل مشاهده می باشند.
- اصوات حاصل از موج شدن سطح تماس ریل، این عیب باعث جدایش چرخ از ریل در سرعت بحرانی می شود. ای سرعت وابسته به وزن چرخ، وزن قطار، وزن واحد طول ریل و اندازه طول موج ها می باشد. روابط اثبات شده نشان می دهند قطار های با وزن کمتر در طول موج های کوچک سطح تماس، تمایل بیشتر به مرتعش شدن و ایجاد اصوات را دارا می باشند.

### ۳-۲- اصوات حاصل از حرکت در مسیر منحنی

این دسته از اصوات ، شامل اصوات غلتشی معمول به علاوه اصوات حاصل از لغزش عرضی سطح تماس چرخ روی پیشانی ریل می باشند. اصوات لغزشی به صورت جیغ چرخ قابل تشخیص هستند که مسوب آن میرایی اصطکاک در مقابل لغزش می باشد. اصوات ناشی از غلتش در مسیر های با انحنای کم ، نسبت به اصوات لغزشی قابل نظر هستند و در منحنی های باز با سرعت های بالا همانند اصوات غلتشی معمول می باشد. اثر موج شدگی سطح ریا در مسیرهای منحنی پیچیده تر از غلتش در مسیر مستقیم می باشد. چرا که در این حالت جدایش باعث عدم توانایی چرخ در تعقیب مسیر شده و لغزش عرضی را تشدید و لغزش نیز منجر به تشدید سایش عرضی می گردد. اصوات ناشی از لغزش جانبی به دو دسته زیر تقسیم می شوند:

- جیغ چرخ
- زوزه چرخ

در این میان ، جیغ چرخ محسوس تر و مهم تر می باشد.

از جمله دلایل تفکیک این اصوات می توان متافت بودن شدت تولید آنها، با نرخ افزایش سرعت در پیچ اشاره کرد. زوزه ی چرخ با افزایش سرعت در پیچ افزایش می یابد و به شدت وابسته به موج شدگی سطح ریل می باشد. در حالی که جیغ چرخ با افزایش سرعت تا حد مناسب، کاهش یافته و حتی محو می شود. قابل ذکر است، پدیده جیغ چرخ از اهمیت و شدت بیشتری برخوردار می باشد.

### ۳-۳- اصوات حاصل از ضربه ی اتصالات ریل و اجزاء کنترل مسیر

نوع خاصی از اصوات چرخ و ریل می باشند که در نواحی تماس با زبری خیلی زیاد، شکاف اتصال بین ریل ها و سایر ناپیوستگی ها در اجزاء کنترل مسیر حرکت و نیز به علت تخت شدگی چرخ ایجاد می شود. عوامل اصلی ایجاد این اصوات عبارتند از:

- فاصله طولی بین دو ریل
- کاهش ارتفاع در محل اتصال دو قطعه از ریل
- افزایش ارتفاع در محل اتصال دو قطعه از ریل
- صاف شدگی چرخ

- زبری بیش از حد سطح ریل به حالت چال و لکه
  - شکاف و عدم هم ترازی در اجزاء کنترل مسیر
- عوامل ذکر شده باعث جدایش چرخ از ریل در سرعت های بحرانی می شوند. با افزایش سرعت تاثیر عیوب فاصله طولی، کاهش ارتفاع و صاف شدگی چرخ نسبت به عیب زبری، کاهش می یابد. چرا که چرخ در سرعت های بالا شکاف را با ایجاد صدای کمتری طی می کند.
- اما تاثیر شکاف همراه با افزایش ارتفاع، با افزایش سرعت محسوس تر خواهد بود.
- بنابراین به غیر از عیوب زبری بیش از حد، شکاف با افزایش ارتفاع و اصوات حاصل از برخورد با اجزاء کنترل مسیر، در سرعت های بالا تاثیر سایر عیوب نسبت به اصوات معمول ناشی از غلتش، کاهش می یابد.

#### ۴- روش های کنترل اصوات ایجاد شده

در ادامه برآنیم تا راهکارهایی جهت جلوگیری از تولید و یا کاهش انتشار اصوات حاصل از هر یک از منابع تولید آلودگی صوتی، معرفی کنیم. سپس میزان اثربخشی آنها و حدود هزینه ی مورد نیاز را بررسی می کنیم.

##### ۴-۱- کنترل اصوات نرمال ناشی از غلتش در مسیر مستقیم

روش های پیشنهادی عبارتند از:

- دامن های صداگیر. این دامن ها به شکل ورقه هایی از جنس پلیمر با قابلیت عایق صوتی هستند که در اطراف واگن و نزدیک چرخ نصب می شوند، به گونه ای که لبه ی زیرین آن تا سطح بستر ریل فاصله ی کمی داشته باشد. از مزایای دیگر این روش جلوگیری از پرتاب اجسام سخت روی ریل به محیط اطراف می باشد.
- تعمیرات دوره ای اجزاء محرک و سایر اجزاء و قطعات زیر واگن ها. پیاده سازی این روش در ابتدا هزینه های زیادی خواهد داشت ولی به مرور زمان با کاهش توقفات ناخواسته و افزایش اطمینان پذیری، مقرون به صرفه تر خواهد شد.
- استفاده از چرخ های دارای خاصیت ارتجاعی. در این روش با دو تکه ساختن چرخ و قرار دادن ورقه های ارتجاعی و ارتعاش گیر، میزان لرزش ها و ضربات انتقال یافته به کابین کاهش می یابد.
- عایق کاری بدنه قطار. این روش جهت کاهش آلودگی صوتی داخل کابین و تامین آرامش مسافران کاربرد دارد.
- استفاده از بستر چوب-شن. استفاده از بستر شنی به همراه مهار بند های چوبی جهت تکیه گاه ریل، با توجه به بالا تر چوب در میرایی ارتعاشات و ضربات نسبت به مهاربند های بتنی، باعث کاهش آلودگی صوتی می شود.
- استفاده از اتصالات ارتجاعی. با استفاده از ورقه های پلیمری بین ریل و مهاربندها می توان انتشار ارتعاشات و میزان ضربات وارده را کاهش داد.
- استفاده از دیواره های عایق. این دیواره از جنس مواد صدا گیر و تا ارتفاع مناسب، می توان گسترش صوت به پیرامون ریل ها و نیز از یک قطار به قطار مجاور را کاهش داد.

##### جدول ۱: روش های کنترل اصوات غلتشی نرمال

روش انتخابی	میزان کاهش اصوات (dB)	برآورد هزینه
دامن صداگیر	۱ تا ۲	۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ دلار/قطار
تعمیر قطعات زیر واگن	۳	۳۵۰۰ دلار/قطار

چرخ با قابلیت ارتجاعی	۱ تا ۲	۲۴۰۰ تا ۳۰۰۰ برای هر چرخ
عایق کاری بدنه قطار	۵ تا ۰	وابسته به اجزاء استفاده شده
بستر چوب و شن	۷ تا	بسته به شرایط بستر
اتصالات ارتجاعی	۵	۱۰ دلار برای هر قطعه
دیواره های عایق	۱۰ تا ۵	۲۰ دلار برای هر فوت مربع

#### ۲-۴- کنترل اصوات بیش از حد ناشی از غلتش

با توجه به منشاء تولید این دسته از آلودگی صوتی که همان زبری بیش از حد ریل می باشد، روش های زیر پیشنهاد می شود:

- سنگ زنی سطح ریل باعث کاهش زبری و ایجاد سطح یکنواخت ریل می گردد.
- پالایش و گرد سازی سطح چرخ.

در عملیات حذف زبری ریل و چرخ می بایست به چند نکته توجه شود و آن اینکه، صافی بیش از حد سطوح تماس و افزایش لقی حاصل از سنگ زنی، می تواند احتمال سایش را افزایش دهد. از سوی دیگر باقی ماندن خطوط و مسیر های برجای مانده از سنگ زنی و یا احتمال ایجاد شکل مخروطی برای چرخ به علت سنگ زنی غیر یکنواخت، می تواند احتمال حرکت اسپینی و سایش های عرضی را افزایش دهد.

نکته قابل توجه دیگر احتمال تغییر در سختی سطوح سنگ زنی شده، می باشد. میزان سختی سطوح تماس و محاسبه شده بودن آن، از عوامل مهم در پیشگیری از سایش یک و یا هر دو جزء درگیر در تماس می باشد. باید دانست سنگ زنی باعث کاهش ارتفاع ریل می شود. برای پیشگیری از ایجاد موج و ناهمترایی ریل، دستگاه زنگ زنی باید بگونه ای باشد که توانایی هم سطح سازی ریل را برای طول دو متر داشته باشد.

#### جدول ۲: روش های کنترل اصوات بیش از حد

روش انتخابی	میزان کاهش اصوات (dB)	برآورد هزینه
سنگ زنی سطح ریل	۷ تا ۱۰	۵ دلار در فوت برای هر سال
اصلاح چرخ	۷ تا ۱۰	۶۰ دلار برای هر چرخ

#### ۳-۴- کنترل اصوات ناشی از ضربه

جهت کاهش اصوات ناشی از ضربه، می بایست مسوب آن که می تواند خلل و حفرات ریل و یا نقص در اجزاء کنترل مسیر هستند، بازسازی و تعمیر گردند. در این راستا روش های پیشنهادی زیر مرسوم هستند:

- جوش و سنگ زنی عیوب ریل در محل. در این روش در ابتدا با بازرسی های انجام شده عیوب ریل تعیین می گردد و در صورتی که عیوب خیلی حاد نشده باشند و یا مجموع عیوب باعث غیر قابل استفاده شدن ریل نشده باشند، پروسه پاکسازی ریل، حذف ریشه عیوب با امکان گسترش توسط سنگ زنی، جوشکاری و نهایتاً عملیات سنگ زنی و هم سطح سازی جهت تامین صافی سطح، انجام می گیرد.

- کاهش فاصله و هم سطح سازی بین دو قطعه از ریل.

با توجه به اینکه شکاف های بزرگ تر اصوات بلند تری را تولید می کنند، توسط جوشکاری انتهای ریل می توان این شکاف را تا میزان قابل کنترل، بازسازی نمود. سپس مراحل سنگ زنی و ترمیم سطح انجام می شود.

در مواردی علت عدم هم ترازی انتهای ریل، لقی مهار بند ها و اتصالات ریل می باشد، بنابراین با بازرسی مداوم و سفت نمودن اتصالات نیز از اصوات حاصل از ضربه کاست. بایی توجه داشت که جوشکاری دو انتهای ریل به جهت حذف شکاف ، با توجه به تنش های وارده بر اثر انقباض و انبساط، بخصوص در شرایطی که تغییرات دمایی محسوس می باشد، به هیچ عنوان مناسب نمی باشد.

### جدول ۳: روش های کنترل اصوات ناشی از ضربه

روش انتخابی	میزان کاهش اصوات (dB)	برآورد هزینه
جوش و سنگ زنی عیوب ریل	۳ تا ۰	۲۰۰ دلار برای هر عیب
ترمیم اتصال انتهای ریل	۳	۲۰۰ تا ۴۰۰ دلار برای هر اتصال

### ۵- مراجع

1. Kurzweil, L.G., R. Lotz, and E.G. Apgar, Noise Assessment and Abatement in Rapid Transit Systems (Report on the MBTA Pilot Study), Transportation Systems Center, Urban Mass Transportation Administration, U.S. Department of Transportation.
2. Saurenman, H. J., R. L. Shipley, and G. P. Wilson, In-Service Performance and Costs of Methods to Control Urban Rail System Noise (Final Report), prepared by Wilson, Ihrig & Associates, Inc., and DeLeuw Cather & Co. for Transportation Systems Center, Urban Mass Transportation Administration .S. Dept.of Transportation.
3. Transit Noise and Vibration Impact Assessment, Federal Transit Administration, U.S. Department of Transportation.
4. Remington, P. J., The Estimation and Control of Rolling Noise Due to Roughness, BBN Report No. 8801, prepared for the ERRI Committee.
5. REDUCING RAILWAY NOISE POLLUTION. <http://www.europarl.europa.eu/studies>