



خلاصه

پیچیدگی مکانیسم‌های تولید و تقویت نویز تایر/جاده، کاهش صدای منتشر شده را برای سازندگان تایر چالش‌برانگیز کرده است. روش‌های آماری به مدل‌سازی مسائل پیچیده کمک می‌کنند. این مقاله سطح نویز تایر را با استفاده از یک روش رگرسیون برتر در یادگیری ماشین، ماشین بردار ارتباط، با خطای پیش‌بینی نویز کل ۰.۶۲ دسی‌بل (A)پیش‌بینی می‌کند. حساسیت نویز تایر به پارامترهای آن با اعمال یک طرح مرکب مرکزی کوچک به مدل توسعه‌یافته تجزیه و تحلیل می‌شود. برخلاف انتشارات قبلی، تأثیر شکل شیارها بر نویز تایر در نتایج حفظ شده است. برای یک مطالعه موردی، عمق شیارها در کنترل نویز تایر حیاتی تشخیص داده شده است. بر اساس نتایج تحلیل واریانس، تعامل این پارامتر با تعداد، طول و عرض شیارهای عرضی نیز قابل توجه تشخیص داده شده است. با توجه به نکات قابل توجه مطالعه پارامتری، دو مجموعه از مشخصات الگوی آج برای کاهش نویز با استفاده از روش سطح پاسخ پیشنهاد شده است. آنها سطح صدا را برای لاستیکی با صدای اندازه‌گیری شده ۷۵٫۸۸ دسی‌بل (A)به میزان ۱٫۷۲ و ۱٫۵۴ دسی‌بل (A)کاهش می‌دهند.

واژه های کلیدی:

نویز تایر، بهبود عملکرد تایر، ترد تایر.

محور مقاله:

مدیریت بهره وری /هبریی در راستای توسعه فناوری و نوآوری

مقدمه

از زمانی که جامعه اروپا (EC)مقررات برجسب‌گذاری تایر را تصویب کرده است، کاهش نویز تایر/جاده به عنوان منبع نویز غالب برای خودروهای سواری با سرعت بالای ۴۰ کیلومتر در ساعت مورد توجه قرار گرفته است.

دو رویکرد مختلف برای مطالعه نویز تایر استفاده شده است که منجر به دستورالعمل‌های طراحی برای کاهش آن شده است: انجام آزمایش‌های تجربی یا بررسی یک مدل ریاضی. روش اول دقیق‌تر از مورد دوم است. با این حال، محدودیت‌های آن این است که تعداد کمی از عوامل بررسی می‌شوند و در نتیجه نتایج برای تغییرات در پارامترها با دامنه‌های محدود معتبر هستند. [۱، ۲] اکثر تحقیقات مرتبط را که از آزمایش‌های تجربی استفاده کرده‌اند، بررسی کرده است. مقالات مرتبط، تأثیر اصلی هر عامل بر نویز تولید شده را صرف نظر از تعاملات، تجزیه و تحلیل کرده‌اند. در این روش مطالعه پارامتری، باید لاستیک‌های ویژه‌ای تولید شود تا اطمینان حاصل شود که کدام پارامترها بر پاسخ تأثیر می‌گذارند، که نیاز به هزینه‌های مالی بالا و تجهیزات ویژه دارد.

مدل‌های ریاضی مختلفی برای کاهش نویز تایر، از جمله مدل‌های عددی [۳–۵]، مدل‌های تحلیلی [۶–۹] یا مدل‌های آماری [۱۰] استفاده شده است. با توجه به پیچیدگی و تنوع مکانیسم‌های مختلف تولید نویز تایر، مدل‌های عددی و تحلیلی فقط یک منبع خاص را در نظر گرفته‌اند. بنابراین، آنها نسبت به مدل‌های آماری که مستقیماً از داده‌های تجربی استفاده می‌کنند، دقت کمتری دارند. در میان مدل‌های آماری معرفی شده برای پیش‌بینی نویز تایر، تنها [۱۰] از مدل رگرسیون چندجمله‌ای ساده خود برای کاهش نویز تولید شده استفاده کرد. یکی از چالش‌های مدل‌سازی جعبه سیاه نویز تایر، چگونگی استخراج ویژگی‌ها از الگوی آج تایرها است. [۱۰] ویژگی‌های فیزیکی، از جمله درصد فضای خالی، زاویه شیار و تعداد شیارها را در نظر گرفت. [۱۱] پارامترهای بیشتری را برای پیش‌بینی نویز تایر با استفاده از یک شبکه عصبی تعریف کرد. مدلی برای پیش‌بینی نویز آیرودینامیک تایر با در نظر گرفتن برخی از پارامترهای الگوی آج توسط [۱۲] ارائه شد. یکی از معایب در نظر گرفتن مشخصات فیزیکی، عدم امکان تعریف آنها برای همه تایرها با الگوهای مختلف است. بنابراین، یک روش کانولوشن پیاده‌سازی شده است که تصاویر را مستقیماً به عنوان ورودی دریافت می‌کند. [۱۳] این روش را با استفاده از فیلترهای تطبیقی فقط برای چهار تایر بررسی کرد، اما دقت آن قابل توجه نبود. [۱۴]

کاهش صدای نویز تایر با بهبود ترد

۱– مسلم مومن زاده ، ۲– امین امیری زرنندی

۱– تکنیسین میدان تست

۲– تکنیسین میدان تست

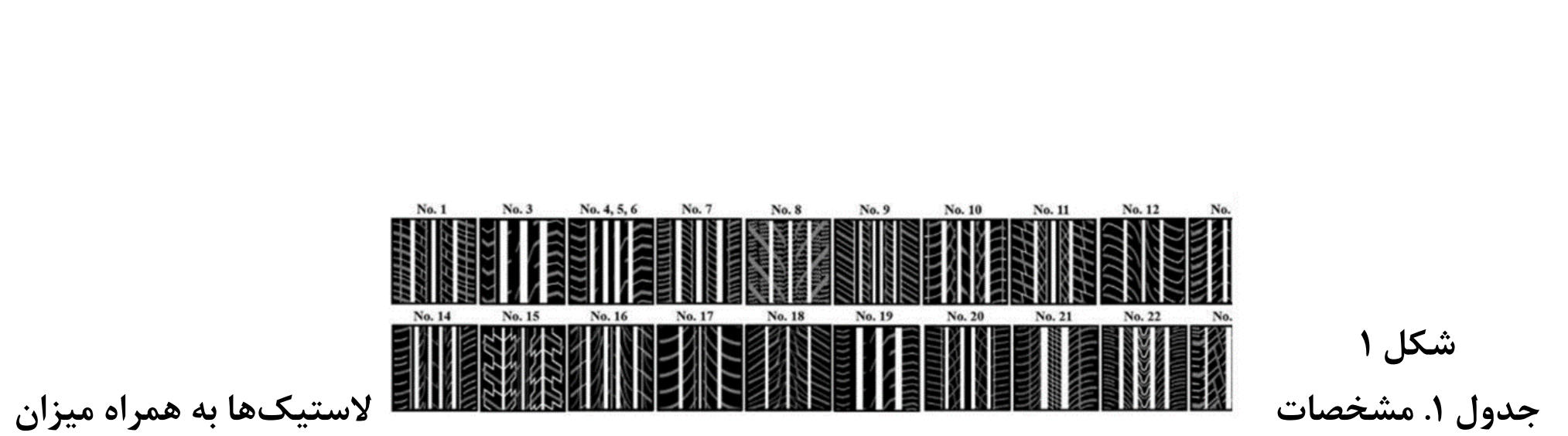
با استفاده از روش شبکه عصبی کانولوشن برای پیش‌بینی نویز تناوبی تایر، به دقت بهتری دست یافت. برای مقابله با هزینه محاسباتی بالای تکنیک‌های کانولوشن، برخی از مقالات با ارائه دانش کمی از مکانیسم‌های تولید نویز، مدل را هدایت کردند. این امر به مدل کمک کرد تا سریع‌تر و عمیق‌تر یاد بگیرد. برای مثال، [۱۵] از یک تکنیک تشخیص الگو استفاده کرد. [۱۶] دو طیف را به عنوان ورودی‌های شبکه عصبی در نظر گرفت که تغییر ارتفاع آج تایر و نرخ تغییر حجم هوا در محل تماس تایر را برای پیش‌بینی نویز الگوی آج توضیح می‌داد. [۱۷] مشخصات روسازی را برای تعیین نویز غیر الگوی آج در نظر گرفت. این مدل‌ها فقط برای هندسه‌های خاص تایر ارائه شده‌اند.

متن اصلی

تمام الزامات مدل‌سازی آماری، شامل انجام آزمایش‌ها، استخراج ویژگی‌ها، انتخاب روش مناسب و آماده‌سازی داده‌ها، در اینجا شرح داده شده‌اند. سپس نتایج ارائه و مورد بحث قرار گرفته‌اند.

۲.۱. آزمایش‌ها

مقررات برجسب‌گذاری تایر اتحادیه اروپا بیان می‌کند که سطوح نویز برجسب‌گذاری شده روی تایرها باید با روش "coast-by"طبق استاندارد بین‌المللی ISO 13325اندازه‌گیری شوند. بر اساس روش "coast-by"، سطح نویز ۲۳ تایر رادیال C1با مشخصات ذکر شده در جدول ۱ در مسیر تست تایر بارز ثبت شده است. LR سطح فشار صدای گزارش شده در سرعت مرجع (۸۰ کیلومتر در ساعت) است. با رعایت الزامات استاندارد، حداقل ۱۶ طیف توسط دو میکروفون در سرعت‌های بین ۷۰ تا ۹۰ کیلومتر در ساعت ثبت شده است. سطح نویز دو تایر (شماره ۱۰ و ۲۱) دو بار برای بررسی تکرارپذیری اندازه‌گیری شده است. شکل ۱ الگوهای آج تایرهای آزمایش شده را نشان می‌دهد. تایر شماره ۲ یک تایر صاف و بدون الگوی آج است. جهت چرخش همه لاستیک‌ها در شکل به سمت پایین است.



نویز اندازه‌گیری شده با روش Coast-by.

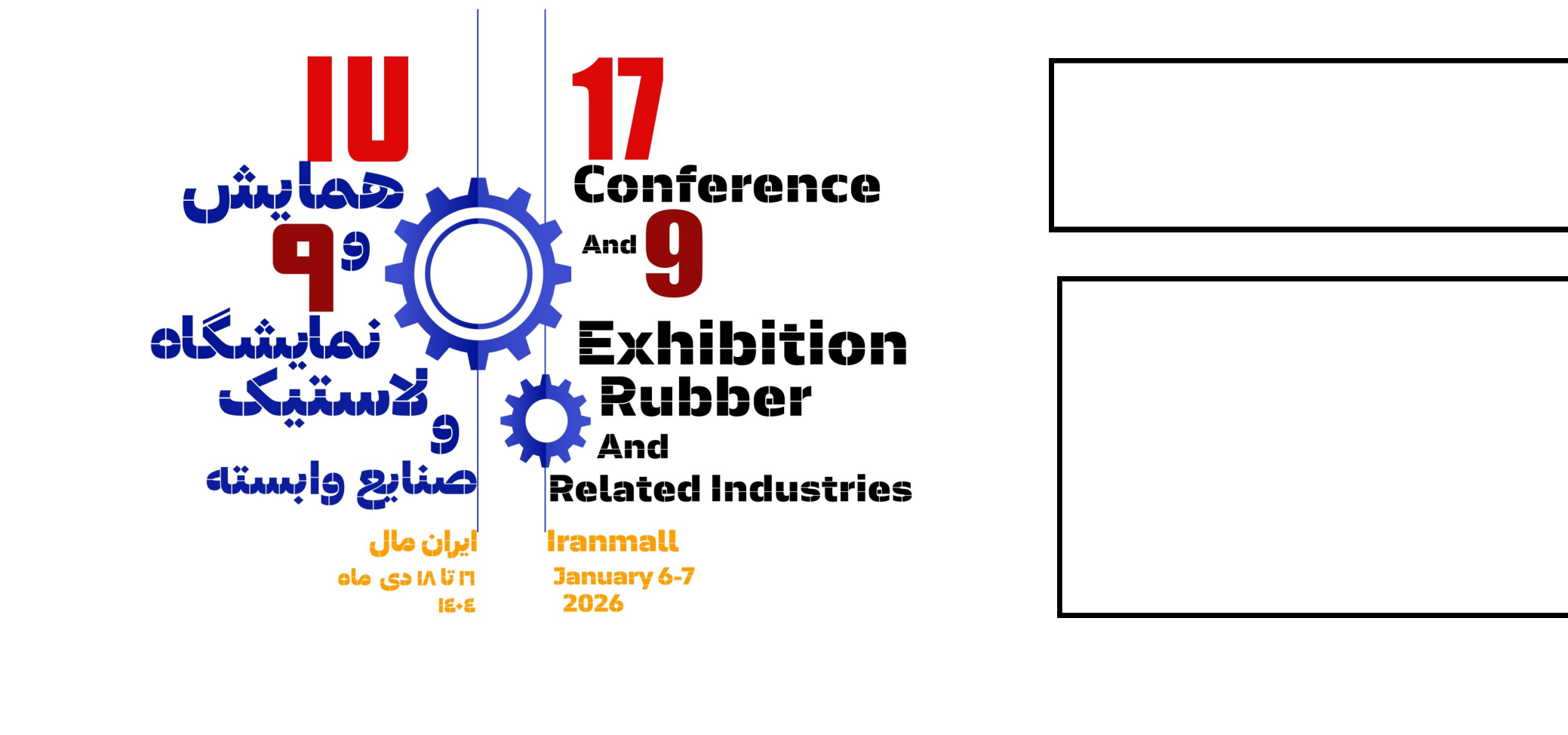
سطح نویز	تعداد طیف	سایز	ردیف
۷۳	۲۰	175/70R13 82H	۱
۷۰	۲۲	185/65R13 80H	۲
۷۳	۲۳	205/60R14 88H	۳
۷۴	۲۵	205/50R16 87V	۴

استخراج ویژگی

ورودی مدل جعبه سیاه در این مقاله قطر رینگ، عرض تایر، نسبت ابعاد، شاخص بار، نماد سرعت، فرکانس، سرعت، فشار ضربه آج و فشار پمپاژ هوا است. دو ورودی آخر با استفاده از نظریه نویز گام [۱۹] و نظریه هایدن (فرموله شده توسط [۷]) با استفاده از تصویر الگو و عمق شیارها محاسبه می‌شوند. فشارهای صوتی ناشی از مکانیسم‌های تولید ضربه آج و پمپاژ هوا را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$p_{Impact}\left(r,\omega\right)=\frac{1}{r}\sum_t\left(\frac{A}{T}\sum_{n=1}^{N_t}\sum_{m=1}^{N_s}BW_{mn}\exp\left(j\omega t_n\right)\right)\exp\left(-j\frac{\omega}{c_c}r\right)$$

$$p_{AirPumping}\left(r,t\right)=\frac{\rho_oA_{\varepsilon}}{4\pi r}\frac{\partial^2h_g}{\partial t^2}\exp\left(j\omega\left(t-\frac{r}{c_c}\right)\right)$$



این مقاله معیار ارزیابی جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) را در نظر می‌گیرد. اگرچه نمونه‌ها کافی هستند، اما فقط مربوط به ۲۳ تایر هستند. بنابراین، تکنیک اعتبارسنجی متقابل ۳ لایه [۲۰] می‌تواند ارزیابی بهتری ارائه دهد. سعی شده است که همه متغیرها در تقسیم داده‌ها به سه لایه در همه لایه‌ها باشند.

۲.۴. نتایج پیش‌بینی

علاوه بر خروجی مدل (SPL)، SPL کل به عنوان تابعی از سرعت و SPL گزارش‌شده (LR) در سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت نیز محاسبه می‌شوند. SPL خروجی مدل جعبه سیاه است و به سرعت و فرکانس بستگی دارد. SPL کل با جمع کردن SPL های مربوطه در فرکانس‌های مختلف برای هر سرعت وسیله نقلیه محاسبه شده است. بنابراین، SPL کل تابعی از سرعت تایر است. SPL گزارش‌شده، فشار صدا در سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت است که با تحلیل رگرسیون SPL های کل طبق استاندارد مربوطه تعیین می‌شود.

۳.۲. نتایج مطالعه پارامتری

نتایج تحلیل واریانس اجرا شده (ANOVA) در یک نمودار ماتریسی، شکل ۵، نشان داده شده است. هر نمودار در این نمودار، رفتار تغییر صدای تایر را هنگامی که دو مشخصه الگوی آج به طور همزمان اصلاح می‌شوند، نشان می‌دهد، مشروط بر اینکه سه عامل دیگر تغییر نکرده باشند. از آنجایی که تغییر شرایط کارکرد و هندسه تایرها خارج از کنترل طراحان است، در این تحلیل حساسیت ثابت شده‌اند، مشاهده می‌شود که تغییر همزمان دو مشخصه الگوی آج می‌تواند سطح صدای گزارش شده را تا ۳ دسی‌بل (A) تغییر دهد، که قابل توجه و قابل تامل است.

شکل نشان می‌دهد که عمق شیار در کنترل صدای تایر بسیار مهم است. کاهش ۱۵ درصدی در این عامل، بیش از ۱ دسی‌بل (A) صدا را کاهش می‌دهد. اصلاح طول و عرض شیارهای تایر نیز می‌تواند به کاهش تعاملات آنها با جیوه کمک کند. بنابراین، بررسی تعامل بین پارامترها و تغییر جزئی آنها ممکن است به کاهش صدا تا حد مطلوب کمک کند. زاویه شیار عامل اساسی در سطح صدای این تایر نیست. بنابراین، توصیه می‌شود که به ترتیب ag، Lg، hg و سپس Ng را تغییر دهید. ارائه نمودارهای مشابه برای یک تایر با هندسه شناخته شده، دستورالعمل‌هایی را در مورد چگونگی کاهش نویز آن نشان می‌دهد. به طور کلی، کاهش تمام پارامترهای مرتبط با الگو به کاهش نویز کمک می‌کند. پیشنهاد می‌شود این رویه و نمودارها با سایر معیارهای طراحی تایر، مانند هندلینگ، ایمنی و کشش در شرایط مرطوب، ترکیب شوند تا بهترین مقادیر مشخصات الگو انتخاب شوند.

۴. خلاصه/نتیجه‌گیری

در این مقاله، سطح نویز تایرهای رادیال C1 با استفاده از یک روش رگرسیون قوی، RVM، پیش‌بینی شده است. RMSE پیش‌بینی نویز کل، ۰.۳۸ دسی‌بل (A) در سرعت ۸۰ کیلومتر بر ساعت است. پارامترهای ورودی این مدل، از جمله هندسه تایر، تصویر الگوی آج آن و شرایط عملیاتی، به راحتی قابل دسترسی هستند. مرحله پیش‌پردازش مدل آموزش‌دیده، دو مشخصه کمی را از تصویر الگوی آج استخراج می‌کند که نشان‌دهنده فشارهای صوتی تولید شده توسط مکانیسم‌های تولید نویز ضربه آج و پمپاژ هوا است. مدل تولید شده برای کاهش نویز به کار گرفته شده است. از روش CCDکوچک برای طراحی هوشمندانه یک آزمایش برای تحقیقات مورد نظر استفاده شده است. تجزیه و تحلیل حساسیت و روش‌های کاهش نویز با حفظ اثرات شکل شیارها برای یک مطالعه موردی انجام شده است. ANOVA عوامل بحرانی و تعاملات آنها را شناسایی کرده است. در نهایت، دو پیشنهاد برای اصلاح الگوی آج با استفاده از RSM ارائه شده است. آنها منجر به کاهش ۱٫۷۲ و ۱٫۵۴ دسی‌بل (A) در صدای تایر شده‌اند که قابل توجه است. روش پیشنهادی می‌تواند روش‌های کاهش نویزی را که طراحان تایر امروزه با آن مواجه هستند، آشکار کند.

مراجع

- [1]T. Li, Literature review of tire-pavement interaction noise and reduction approaches, Journal of Vibroengineering, 20 (2018) 2424-2452.
- [2]T. Li, Influencing parameters on tire–pavement interaction noise: Review, experiments, and design considerations, Designs, 2 (2018) 38.
- [3]X. Pei, G. Wang, H. Zhou, F. Zhao, J. Yang, Influence of tread structure design parameters on tire vibration noise, in: Proceedings of SAE-China Congress 2015: Selected Papers, Springer, 2016, pp. 325-338.
- [4]K. Yum, Control of structural-acoustic radiation from tires by structural modification, in, Purdue University, 2005.
- [5]H. Zhou, H. Li, C. Liang, L. Zhang, G. Wang, Relationship between Tire Ground Characteristics and Vibration Noise, Strojnicki Vestnik/Journal of Mechanical Engineering, 67 (2021).

1515-RIERCO