مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۲، شماره ۴، زمستان ۹۴

مقاله پژوهشی

خصوصیات تایر در خودروهای تاکسی درون‌شهری بر سطح مواجهه با ارتعاش تمام بدن رانندگان

میلاد درخشان جزری [۱]، محمدرضا منظم اسماعیل پور [۲،*]، سید مصطفی حسینی [۳]

[۱] کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۲] استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۳] استاد گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

* **نویسنده مسئول:** محمدرضا منظم اسماعیل پور، استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران. ایمیل: esmaeelm@sina.tums.ac.ir

DOI: 10.21859/johe-02045

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۰۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۲۰

واژگان کلیدی:
تایر
ارتعاش تمام بدن
تاکسی
راننده

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

مقدمه: رانندگان تاکسی به طور مکرر با ارتعاش تمام بدن مواجهه دارند که موجب کمردرد، اختلالات گوارشی می‌گردد. به دلیل وابستگی این نوع ارتعاش از وضعیت اجزاء خودرو، این مطالعه باهدف تأثیر مشخصه‌های تایر بر کاهش مقدار ارتعاش وارده بر تمام بدن راننده تاکسی پژو ۴۰۵ انجام گرفت.

روش‌کار: در این مطالعه تجربی، درحالی‌که میزان باد لاستیک، دور موتور، شیب جاده، تعداد سرنشین، سرعت خودرو، نوع فنرها و کمک‌فنرها ثابت می‌باشد، مقدار مشخصه‌های ارتعاش تمام مطابق با استاندارد ISO2631-1 در هر یک از حالت‌های: لاستیک بدون تیوب ثابت و سیال درون آن متغیر (هوای معمولی یا گاز نیتروژن) و همچنین نوع باد لاستیک ثابت و وضعیت وجود تیوب متغیر (تیوب دار یا بدون تیوب) در جاده آسفالت اندازه‌گیری و محاسبه گردید. سپس تأثیر تغییرات با استفاده از آزمون آماری مناسب بررسی گردید.

یافته‌ها: بعد از جایگزینی نیتروژن به جای هوای معمولی و لاستیک بدون تیوپ به جای تیوب‌دار، میانگین شتاب rms در محور Z (محور غالب)، شتاب rms معادل ۸ ساعته $A(8)$ و فاکتور قله کاهش یافت ($P < ۰/۰۵$). همچنین میانگین مقدار $A(8)$ از ناحیه خطرات بهداشتی ($m/s^2 < ۰/۹$) به ناحیه احتیاط (m/s^2 ۰/۹-۰/۴۵) کاهش یافت و مقدار آن (m/s^2 ۰/۸) می‌باشد.

نتیجه‌گیری: مقدار ارتعاش وارده بر تمام بدن راننده تاکسی پژو ۴۰۵ به وضعیت وجود تیوب و نوع باد لاستیک حساس می‌باشد و می‌توانیم با تغییر این مشخصه‌های تایر، میزان ارتعاش تمام بدن را به کمتر از حد بالای خطرات بهداشتی (m/s^2 ۰/۹) کاهش دهیم.

مقدمه

رانندگان تاکسی روزانه به طور مکرر در حین جابجایی مسافران با ارتعاش تمام بدن مواجهه دارند [۱]. این نوع ارتعاش در محدوده فرکانسی ۱-۸۰ هرتز می‌باشد. ارتعاش تمام بدن یکی از عوامل زیان‌آور فیزیکی محیط کار می‌باشد که اثرات زیان‌آور بسیاری بر بدن دارد. هنگام تماس فرد با سطح در حال ارتعاش اثرات آن بروز می‌کند. از شایع‌ترین این اثرات، اختلالات اسکلتی عضلانی می‌باشد که مهم‌ترین این اختلالات درد در ناحیه کمر است، بعلاوه موجب اختلالات گوارشی، آسیب به سیستم شنوایی و اختلال در تمرکز ایجاد می‌گردد [۲, ۳]. بر اساس مطالعه Mitsuhiko F و همکارانش که بر روی ۲۴۸ راننده تاکسی انجام گردید، شیوع درد در ناحیه کمر ۴۵/۸% گزارش گردید و همچنین بر اساس مطالعه Mitsuhiko F، راننده‌های تاکسی در ژاپن یک روز در میان ۱۸ ساعت کار می‌کنند و میزان مواجهه با ارتعاش تمام بدن در ۱۲ تاکسی مورد بررسی قرار گرفت و به این نتیجه رسیدند که با توجه به استاندارد ISO2631-1 مواجهه این راننده‌ها با ارتعاش تمام بدن اکثراً در محدوده احتیاط می‌باشد [۱]. معمولاً، انسان در زندگی روزمره در خودروها، اتوبوس‌ها، قطار، دوچرخه و موتورسیکلت با ارتعاش تمام بدن مواجه دارد [۲]. زبری جاده‌ها در هنگام حرکت وسایل ذکرشده موجب ایجاد ارتعاشات عمودی در آن‌ها می‌شود و همچنین این ارتعاشات

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.21859/johe-02045]

بـه رانـنـده و مسـافران نیـز منتقـل می‌گـردد کـه باعـث ایجـاد عـوارض در آن‌هـا می‌گـردد و همچنیـن سـطح ایمنـی رانـنـده و مسـافران کاهـش می‌یابـد [۴]. هنـگام حرکـت خـودرو بـر روی جـاده، خـودرو هماننـد یـک سیسـتم ارتعاشـی عمـل می‌کنـد کـه فرکانـس ارتعـاش آن بـه زبـری جـاده و بـه فنریـت و جـرم خـودرو بسـتگی دارد [۵]. فنرهـا و کمک‌فنرهـا و همچنیـن لاسـتیک و تیـوب تایرهـا موجـب فنریـت خـودرو می‌شـوند کـه در کاهـش ارتعاشـات وارده بـر تمـام بـدن رانـنـدگان و سرنشـینان خودروهـا نقـش بسـیار مهمـی دارنـد. بـا توجـه بـه مـوارد ذکرشـده، کاهـش مواجهـه بـا ارتعـاش تمـام بـدن در رانـنـدگان تاکسـی یـک امـر مهـم بشـمار می‌آیـد، همچنیـن شـیفت کاری طولانـی اهمیـت ایـن موضـوع را افزایـش می‌دهـد. در مطالعـه‌ای Bouazara و همکارانـش در سـال ۲۰۰۶ و همچنیـن Hansson در سـال ۲۰۰۲ بـه منظـور کاهـش ارتعـاش تمـام بـدن در وسـیله نقلیـه انجـام دادنـد، از اسـتراتژی سیسـتم تعلیـق در صندلـی و کابیـن وسـیله نقلیـه اسـتفاده کردنـد کـه ایـن اسـتراتژی اگرچـه در کاهـش ارتعـاش تأثیـر بسـزایی دارد ولـی دارای هزینـه و پیچیدگـی بالایـی می‌باشـد [۶-۸]. همچنیـن در مطالعـه Sherwin L و همکارانـش بـرای کاهـش ارتعـاش تمـام بـدن از اسـتراتژی کاهـش بـاد لاسـتیک اسـتفاده شـد کـه نتایـج نشـان داد احتمـال آسـیب بـه لاسـتیک در حیـن حرکـت در میـزان بـاد لاسـتیک کـم وجـود دارد [۹, ۱۰]. بـا توجـه بـه مطالعـه Tae Keun Lee و همـکارش در سـال ۲۰۰۸ بـر رو آنالیـز ارتعـاش ناشـی از تایـر اتومبیـل، بـه ایـن نتیجـه رسـیدند بـه دلیـل اینکـه تایـر بـا ناهمواری‌هـای سـطح جـاده بـه طـور محسـوس در تمـاس اسـت، حتـی تفـاوت در فاکتورهـای طراحـی سـطح تایرهـا موجـب تغییر در شـتاب rms وزن یافتـه فرکانسـی شـده اسـت و همچنیـن در مطالعه Sherwin ذکـر گردیـده اسـت کـه مشـخصه‌های تایـر اتومبیل‌هـا نقـش بسـیار مهمـی در کنتـرل ارتعـاش وارده بـر سرنشـینان دارد [۹-۱۱]. بـا توجـه بـه مـوارد ذکرشـده، عوامـل گوناگونـی در مقـدار ارتعـاش وارده بـر تمـام بـدن راننـده تأثیرگـذار می‌باشـد و همچنیـن لازم بـه ذکـر اسـت کـه در ایـران تعـداد تاکسـی خـودروی سـواری بسـیار زیـاد (حـدود ۱۰۰۰۰۰) می‌باشـد و رانـنـدگان ایـن تاکسـی‌های درون‌شـهری در طـول شـبانه‌روز بـه طـور مکـرر حـدود ۱۰ سـاعت در حـال رانـنـدگـی می‌باشـند کـه نتیجـه آن مواجهـه بـا ارتعـاش تمـام بـدن می‌باشـد [۱۲]. بـا توجـه بـه جسـتجوهای صـورت گرفتـه، مطالعـه‌ای بـه منظـور کاهـش ارتعـاش تمـام بـدن بـا هزینـه و پیچیدگـی کمتـر در ایـن خودروهـا انجـام نگرفتـه اسـت. بـا توجـه بـه اهمیـت ایـن موضـوع، در ایـن مطالعـه چگونگـی تأثیـر نـوع سـیال درون لاسـتیک و وضعیـت وجـود یـا عـدم وجـود تیـوب و ترکیـب آن‌هـا بـر کاهـش مقـدار مشـخصه‌های ارتعـاش وارده بـر تمـام بـدن در راننـده تاکسـی پـژو ۴۰۵ مـورد بررسـی قـرار گرفـت.

روش‌کار

خودروی مورد آزمایش

در ایـن مطالعـه، آزمایشـات بـر روی یـک دسـتگاه خـودروی تاکسـی پـژو ۴۰۵ کـه در سـال ۲۰۱۴ در ایـران به تولید رسـیده اسـت انجـام گردیـد. ایـن خـودرو هنـگام شـروع آزمایشـات بـه طـور کلـی حـدود ۳۰۰۰۰ کیلومتـر مسـافت را پیمـوده اسـت. راننـده ایـن تاکسـی روزانـه بـه طـور میانگیـن حـدود ۱۰ سـاعت مشـغول بـه رانندگـی می‌باشـد. بـه دلیـل افزایـش دقـت و حـذف عوامـل مداخلـه گـر، قبـل از شـروع آزمایشـات ایـن خـودرو تحـت انجـام آزمایشـات فنـی در مرکـز مکانیـزه معاینـه فنـی خودروهـای سـواری قـرار گرفـت. تسـت‌های تعریف‌شـده در ایـن مراکـز شـامل: تسـت فنرهـا و کمـک فنرهـا (Shock Absorber Tester) و تسـت تعـادل تایرهـا (Tire Balance Tester) بـا اسـتفاده از دسـتگاه SAXON Vehicle brake tester انجـام گرفـت (تصویـر ۱). بـه منظـور تسـت فنرهـا و کمک‌فنرهـا بـر اسـاس تصویـر ۱ ارتعاشـی بـا فرکانـس ثابـت (معمـولاً ۱۶ هرتـز) و دامنـه ارتعـاش حـدود یـک سـانتیمتر بـه تایرهـا وارد می‌شـود و سـپس توسـط دسـتگاه، درصـد ایزولاسـیون ارتعـاش وارده مشـخص می‌گـردد و اگـر ایـن درصـد بیشـتر از حـدود ۵۰ درصـد باشـد، فنرهـا و کمک‌فنرهـا قابـل اسـتفاده می‌باشـند. بـا توجـه بـه تسـت تعـادل تایرهـا، اگـر انحـراف تایرهـا در هـر ۱۰۰۰ متـر حرکـت، کمتـر از ۱۲ متـر بـه طرفیـن باشـد تایرهـا بالانـس می‌باشـد در صـورت عـدم بالانـس تایرهـا و ایجـاد لـرزش هنـگام حرکت، بـا اسـتفاده از اتصـال قطعـه سـرب بـه قسـمت ناهماهنـگ کننـده تایـر تعـادل مجـدد تایـر ایجـاد می‌گـردد. در نهایـت اگـر نتیجـه هـر یـک از ایـن تسـت‌ها مـورد تأییـد ایـن مرکـز باشـد (Ok) نشـان‌دهنده میـزان صحـت و سـلامت خـودرو از نظـر فنـی و همچنیـن عـدم انتقـال ارتعاشـات اضافـی می‌باشـد. در غیـر ایـن صـورت نتیجـه تسـت مـورد قبـول مرکـز معاینـه فنـی قـرار نمی‌گیـرد (Not Ok) و بایـد قطعـات خـودرو مربـوط بـه تسـت تعمیـر و یـا تعویـض گـردد.

بعـد از تأییـد سـلامت فنـی تاکسـی مـورد مطالعـه، اندازه‌گیری مشـخصه‌های ارتعاشـات تمـام بـدن وارده بـه راننـده آن در محیـط کامـلاً واقعـی در بزرگـراه تقریبـاً مسـتقیم کرج-قزویـن بـه طـول ۹۵ کیلومتـر واقـع در اسـتان البـرز (ایـن بزرگـراه راه ارتباطـی اصلـی کـرج و قزویـن بـوده اسـت کـه از اسـتان‌های ایـران می‌باشـند.) کـه آسـفالت شـده و تقریبـاً بـدون شـیب اسـت، انجـام گرفـت. لازم بـه ذکـر اسـت کـه بـه منظـور افزایـش صحـت در اندازه‌گیـری مشـخصه‌های ارتعـاش در

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.21859/johe-02045]

خودروی مورد مطالعه، میزان باد لاستیک (۳۰ PSI)، دور موتور (۳۰۰۰ دور در دقیقه)، سرعت خودرو (۴۰ کیلومتر بر ساعت)، نوع صندلی راننده، نوع لاستیک، سایز لاستیک، رینگ تایر، فنرها و کمک‌فنرها ثابت می‌باشد.



تصویر ۱: انجام آزمایشات فنی مرکز مکانیزه معاینه فنی خودروهای سواری

اندازه‌گیری مشخصه‌های ارتعاش تمام بدن

در این مطالعه بر اساس توصیه استاندارد ISO 2631-1، هنگامی که خودرو در حال حرکت است مشخصه‌های ارتعاش تمام بدن اندازه‌گیری و محاسبه گردید [۲]. با توجه به اینکه ارتعاش تمام بدن در محدوده فرکانسی ۱ تا ۸۰ هرتز می‌باشد در این استاندارد ذکر گردیده است که خطر صدمات در همه فرکانس‌ها برابر نیستند به همین دلیل یک باند توزین فرکانسی ارائه شده است. در ارتعاش تمام بدن بر اساس این استاندارد، فیلترهای توزین فرکانسی شامل: (Wc) برای ارتعاش در محور X، (Wd)برای ارتعاش در محور Y، (Wk)برای ارتعاش در محور Z در حالتی که فرد روی صندلی نشسته است مورد استفاده قرار می‌گیرد. اندازه‌گیری داده‌های مربوط به مشخصه‌های ارتعاش با استفاده از دستگاه ارتعاش سنج مدل 958A SVAN کالیبره شده محصول آمریکا و لهستان که دارای سنسور مخصوص ارتعاش تمام بدن (ضخامت 12mm) می‌باشد مطابق با استاندارد ISO 2631-1 انجام گرفت. بر اساس این استاندارد، این سنسور بر روی سطح نشیمنگاه صندلی راننده قرار گرفت. با توجه به این که خودروی مورد مطالعه از نوع تاکسی‌های مسافربری داخل شهر می‌باشد. به دلیل تردد زیاد خودروها در داخل شهر، این تاکسی‌ها به طور میانگین حدود ۴۰ کیلومتر بر ساعت حرکت کنند. به همین دلیل در این مطالعه اندازه‌گیری مشخصه‌های ارتعاش در سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت انجام گرفت که نتایج تحقیق اعتبار بیشتری داشته باشد. اندازه‌گیری مشخصه‌های ارتعاش تمام بدن در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک به طور جداگانه به مدت ۳۰ دقیقه انجام گرفت. هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک شامل: لاستیک بدون تیوب ثابت می‌باشد و باد لاستیک از نوع هوای معمولی یا نیتروژن و همچنین زمانی که باد لاستیک از نوع هوای معمولی ثابت می‌باشد و لاستیک تیوب دار یا بدون تیوب می‌باشد. البته لازم به ذکر است به منظور افزایش دقت و صحت، به دلیل اینکه این مطالعه از نوع تجربی می‌باشد و در محیط کاملاً واقعی انجام می‌گیرد یقیناً وجود عوامل مداخله گر امکان پذیر می‌باشد، بنابر این اندازه‌گیری مشخصه‌های ارتعاش تمام بدن در هر یک از حالت‌های ذکرشده ۲۴ مرتبه تکرار گردید و سپس میانگین داده‌های مربوطه ثبت گردید. البته این استاندارد پیشنهاد می‌کند محوری که بیش‌ترین شدت (محور غالب) را دارد برای ارزیابی شدت ارتعاش بکار رود [۲] که ما در این مطالعه برای محاسبه فاکتور قله محور غالب را در نظر گرفتیم. با توجه به استاندارد، اگر فاکتور قله (CF) کمتر یا بیشتر از ۹ باشد میزان شتاب ارتعاش مؤثر (Arms) در هر یک از محورها و برآیند محورهای سه‌گانه شتاب مؤثر (AXYZ) و همچنین شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته اندازه‌گیری می‌گردد. در استاندارد ISO2631-1 برای شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته ((A(8))، ناحیه‌ای به منظور هشدار بهداشتی تعریف شده است. این ناحیه دارای حد پایین (۰/۴۵ متر بر مجذور ثانیه) و حد بالا (۰/۹ متر بر مجذور ثانیه) می‌باشد بیشتر از ۰/۹ m/s^2 ناحیه ایجاد خطرات بهداشتی و کمتر از ۰/۴۵ m/s^2 ناحیه ایمن و بین این دو مقدار، ناحیه احتیاط (۰/۹-۰/۴۵ m/s^2) معرفی شده است. با توجه به استاندارد، همان طور که گفته شد، فاکتور قله (CF) نیز با استفاده از مشخصه‌های ارتعاشی مربوط به محوری که شتاب rms وزن یافته بیشتری دارد محاسبه گردید. نحوه اندازه‌گیری و محاسبه مشخصه‌های ارتعاش تمام بدن در ادامه آمده است،

با توجه به استاندارد ISO2631-1، دستگاه ارتعاش سنج برای اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن تنظیم گردید و میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی هر یک از محورهای Z، Y، X در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.21859/johe-02045]

لاستیک، هنگامی که لاستیک بدون تیوب ثابت و سیال درون آن متغیر (هوای معمولی یا نیتروژن) و همچنین نوع باد لاستیک ثابت و وضعیت وجود تیوب متغیر (تیوب دار یا بدون تیوب) بر اساس معادله (۱) به مدت ۳۰ دقیقه اندازه‌گیری گردید:

معادله (۱) $$a_{w\,r.m.s} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a_w^2\,(t)dt}$$

$a_{w\,r.m.s}$: شتاب rms وزن یافته فرکانسی (m/s^2)

T: مدت زمان اندازه‌گیری (در مطالعه ۳۰ دقیقه می باشد.)

aw(t): شتاب وزن یافته فرکانسی در زمان t است.

در این مطالعه به دلیل اینکه میزان شتاب ارتعاشی که برای سلامتی خطرآفرین است مد نظر می‌باشد، با توجه به استاندارد ISO2631-1، برآیند شتاب rms وزن یافته فرکانسی به دست آمده محورهای سه‌گانه Z، Y، X در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک با استفاده از معادله (۲) محاسبه گردید که در این معادله شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محورهای افقی (X، Y) در ضریب ۱/۴ ضرب می‌گردید:

معادله (۲) $$A_{xyz} = \sqrt{1.4a_x^2 + 1.4a_y^2 + a_z^2}$$

(AXYZ): بر آیند شتاب ارتعاشی (m/s^2) ترکیب‌شده در هر سه محور Z، Y، X

ay ax و az: به ترتیب بزرگی شتاب ارتعاشی (m/s^2) در محورهای Z، Y، X می‌باشد.

با در نظر گرفتن اینکه راننده خودروی مورد مطالعه روزانه ۱۰ ساعت در حال رانندگی می‌باشد، در این مطالعه برای محاسبه میزان مواجه با شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته ($A(8)$) در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک ذکرشده بر این اساس می‌باشد که فرض بر این است اگر راننده به طور کامل در طول یک شیفت کاری (۱۰ ساعته) با هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک (لاستیک بدون تیوب ثابت باشد و باد لاستیک از نوع هوای معمولی یا نیتروژن و همچنین زمانی که باد لاستیک از نوع هوای معمولی ثابت باشد و لاستیک تیوب دار یا بدون تیوب باشد.) حرکت کند، ($A(8)$) بر اساس معادله (۳) محاسبه گردید.

معادله (۳) $$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8}\sum_{n=1}^{N} a_{wn}^2\, t_n}$$

A(8): شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته (m/s^2)

n: زیر وظیفه (هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک)

N: وظیفه اصلی (در این مطالعه رانندگی می‌باشد)

Awn: برآیند شتاب rms وزن یافته فرکانسی برای زیر وظیفه n (m/s^2)

Tn: زمان مواجهه برای زیر وظیفه n (بر حسب ساعت می‌باشد که در این مطالعه ۱۰ ساعت برای هر زیر وظیفه در نظر گرفته شد.)

در ادامه برای محاسبه فاکتور قله، حداکثر شتاب ارتعاشی (A_{peak}) نیز در حین ۳۰ دقیقه اندازه‌گیری، در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک ثبت گردید و همچنین در اینجا با توجه به استاندارد ISO263-1 شتاب مؤثر وزن یافته فرکانسی (Ar.m.s) محوری که دارای بیش‌ترین شدت شتاب ارتعاشی باشد انتخاب گردید و فاکتور قله (CF) توسط این دو مشخصه ارتعاش بر اساس معادله (۴)، در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک محاسبه گردید:

معادله (۴) $$CF = \frac{a_{peak}}{a_{r.m.s}}$$

Apeak: حداکثر شتاب ارتعاشی

Arms: شتاب مؤثر در محور غالب (محور Z)

با توجه به اینکه این مطالعه از نوع مطالعه تجربی می‌باشد و بررسی ارتباط مشخصه‌های تایر با مشخصه‌های ارتعاش مد نظر است، نیاز به تحلیل‌های آماری نیز دارد. البته برای تشخیص استفاده صحیح آزمون آماری مورد نیاز جهت تحلیل داده، وضعیت نرمال بودن هر یک از متغیرها با استفاده از آزمون کولموگروف– اسمیرنوف با میزان خطای بزرگ‌تر از ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه توزیع داده‌های جمع‌آوری شده نرمال می‌باشد جهت تحلیل و بررسی تأثیر تغییر مشخصه‌های لاستیک بر مشخصه‌های ارتعاش تمام بدن با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 از آزمون پارامتریک Independent-Sample t test برای مقایسه میانگین هر یک از متغیرهای کمی (شتاب rms وزن یافته فرکانسی (Arms) در هر یک از محورهای Z، Y، X و برآیند محورهای سه‌گانه (AXYZ) و همچنین شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته ($A(8)$) در قبل و بعد از تغییر هر یک از حالت‌های مشخصه‌های تایر مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها

در این مطالعه، صحت و سلامت تاکسی خودروی پژو ۴۰۵ مورد نظر توسط مرکز مکانیزه معاینه فنی خودروهای سبک تأیید گردید و نتایج هر یک از تست‌های انجام‌شده در مرکز معاینه فنی، در جدول ۱ آورده شده است:

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.21859/johe-02045]

جدول ۱: نتایج آزمون‌های مرکز مکانیزه معاینه فنی خودروهای سبک

آزمون‌های معاینه فنی	وضعیت فنی	وضعیت نتایج مرکز معاینه فنی
Shock Absorber Tester	%۹۰	Ok
Tire Balance Tester	balanced	Ok

جدول ۲: میانگین مقادیر مشخصه‌های ارتعاشی تمام بدن در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک

	شتاب rms وزن یافته فرکانسی (m/s^2)								میانگین فاکتور قله صندلی در محور Z (m/s^2)
	شتاب ارتعاشی در محور X		شتاب ارتعاشی در محور Y		شتاب ارتعاشی در محور Z		برآیند شتاب ارتعاشی محورهای سه‌گانه	شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته A(8)	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	میانگین	انحراف معیار
باد لاستیک از نوع هوای معمولی									
با تیوب	۰/۳۸	۰/۰۹	۰/۴۳	۰/۰۹	۰/۵۵	۰/۱۹	۰/۸۷	۰/۹۸	۲۹/۲	۷/۷
بدون تیوب	۰/۳۳	۰/۰۸	۰/۳۷	۰/۰۹	۰/۴۶	۰/۱۴	۰/۷۶	۰/۸۵	۲۶/۶	۵
لاستیک بدون تیوب									
هوای معمولی	۰/۳۷	۰/۰۹	۰/۳۹	۰/۰۸	۰/۶۱	۰/۱۵	۰/۸۹	۰/۹۹	۳۰/۵	۷/۸
نیتروژن	۰/۳۵	۰/۰۸	۰/۴	۰/۱	۰/۳۸	۰/۰۶	۰/۷۴	۰/۸	۲۵/۳	۳/۶

جدول ۳: نتیجه آزمون نمونه‌های وابسته مشخصه‌های ارتعاش مورد بررسی در تاکسی مورد مطالعه در قبل و بعد از تغییرات باد لاستیک و وضعیت تیوب

	متغیرهای مستقل	
	وضعیت وجود تیوب، P value	سیال درون لاستیک، P value
شتاب rms وزن یافته فرکانسی (m/s^2)		
X	۰/۰۳۱	۰/۳۱۲
Y	۰/۰۳۴	۰/۵۴۵
Z	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱
برآیند شتاب ارتعاشی محورهای سه‌گانه	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱
شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته A(8)	۰/۰۱	۰/۰۰۱
میانگین فاکتور قله صندلی در محور Z (m/s^2)	۰/۰۱۸	۰/۰۰۵

نتایج این آزمایشات نشان داد که درصد ایزولاسیون کمک‌فنرها کاملاً سالم و حدود ۹۰ درصد می‌باشند و این به این معنی است که نیازی به تعویض ندارند و به خوبی در کاهش ارتعاشات ناگهانی تأثیر مثبت دارند. با توجه به جدول فوق، تایرهای خودروی مورد مطالعه بالانس (متعادل کردن تایرهای خودرو) می‌باشد و انحراف تایرها در هر ۱۰۰۰ متر کمتر از ۱۲ متر می‌باشد، به این معنی می‌باشد که تایرهای هر محور تا حد امکان باهم موازی می‌باشند و هیچ‌گونه انحراف خارج از استانداردی نسبت به هم ندارند در نتیجه در حین اندازه‌گیری ارتعاش تمام بدن مداخلات ایجاد نمی‌کند. با توجه به موارد ذکرشده، مشخصه‌های ارتعاش که در آزمایشات اندازه‌گیری گردید بیشتر مربوط به ناهمواری سطح جاده می‌باشد. بنابراین اندازه‌گیری‌ها

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.21859/johe-02045]

دارای دقت و صحت می‌باشد. با توجه به هدف این مطالعه، نتیجه آزمایشات مربوط به اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مشخصه‌های ارتعاش در هر یک از حالت‌های مشخصه‌های لاستیک ذکرشده در خودروی پژو ۴۰۵ مورد مطالعه، ثبت و گزارش گردید و اطلاعات مربوط به آن‌ها در جدول ۲ آورده شده است:

با توجه به جدول فوق، میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z در همه حالت‌های وضعیت مورد مطالعه لاستیک نسبت به سایر محورها بیشتر می‌باشد بجز موقعی که لاستیک بدون تیوب باشد و باد لاستیک از نوع گاز نیتروژن باشد، که در این حالت میانگین شتاب ارتعاشی در محور Z کمترین مقدار (m/s^2 ۰/۳۸) می‌باشد. هنگامی که درون لاستیک هوای معمولی باشد و این سیال ثابت باشد و لاستیک از نوع بدون تیوب جایگزین لاستیک تیوب دار گردد، میانگین مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی در همه محورهای سه‌گانه کاهش یافت و همچنین میانگین مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته از ناحیه خطرات بهداشتی به ناحیه احتیاط کاهش یافت. با توجه به کاهش شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته در حالت بدون تیوب، درحالی‌که لاستیک بدون تیوب ثابت باشد و گاز نیتروژن جایگزین هوای معمولی درون لاستیک گردد نتایج نشان داد که باز هم میانگین مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته به مقدار ۰/۰۵ متر بر مجذور ثانیه کاهش یافت و مقدار آن به ۰/۸ m/s^2 رسید. در کل مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته با جایگزین کردن لاستیک بدون تیوب به جای لاستیک تیوب دار همچنین گاز نیتروژن به جای هوای معمولی به طور میانگین این متغیر حدود ۰/۱۶ m/s^2 کاهش یافت و موجب شد که این متغیر به کمترین مقدار کاهش یابد و مقدار آن در ناحیه احتیاط قرار بگیرد. در رابطه با فاکتور قله، هنگامی که لاستیک بدون تیوب جایگزین لاستیک تیوب دار شد، فاکتور قله به مقدار ۰/۶ کاهش یافت. همچنین هنگامی که گاز نیتروژن جایگزین هوای معمولی گردید، فاکتور قله به مقدار ۵/۲ کاهش یافت. با توجه به جدول ۲، هنگامی که سیال درون لاستیک بدون تیوب از هوای معمولی به گاز نیتروژن تغییر یافت، به طور میانگین مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محورهای Z و X کاهش یافت ولی در محور Y افزایش جزئی دیده شد و مقدار آن از ۰/۳۹ به ۰/۴ متر بر مجذور ثانیه افزایش یافت. به طور کلی با توجه به جدول ۲، کمترین میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z (محور غالب)، فاکتور قله، شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته هنگامی گزارش گردیده است که لاستیک از نوع بدون تیوب بوده و سیال درون آن از نوع گاز نیتروژن باشد.

در این مطالعه با توجه به اینکه مشخصه‌های ارتعاش وارده بر تمام بدن در هر یک از حالت‌های ذکرشده مشخصه‌های لاستیک ۲۴ مرتبه اندازه‌گیری و محاسبه گردید و همچنین متغیرهای کمی مانند: شتاب rms وزن یافته فرکانسی (Arms) در هر یک از محورهای Z، Y، X و برآیند محورهای سه‌گانه (AXYZ) و همچنین شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته $A(8)$ از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. از آزمون Independent-Sample t test برای مقایسه میانگین‌ها و همچنین تحلیل متغیرهای کمی در حالت‌های مشخصه‌های لاستیک با سطح اطمینان ۰/۹۵ استفاده گردید و در جدول ۳ نتایج مربوط به آن‌ها آورده شده است:

با توجه به نتایج آزمون Independent-Sample t test (جدول ۳) می‌توان ذکر کرد که تفاوت معناداری در میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z و فاکتور قله در قبل و بعد از تغییر وضعیت تیوب (از حالت لاستیک تیوب دار به بدون تیوب) مشاهده گردید ($P < ۰/۰۵$) و مقدار آن‌ها با تغییر وضعیت تیوب کاهش یافت. همچنین تفاوت معناداری در میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محورهای X و Y، برآیند محورهای سه‌گانه، شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته در مرحله قبل و بعد از تغییر وضعیت تیوب مشاهده گردید ($P < ۰/۰۵$). و می‌توان ذکر کرد که تغییر وضعیت تیوب از حالت تیوب دار به بدون تیوب موجب شده است که مقدار این متغیرها کاهش یابند. با توجه به جدول ۳، تفاوت معناداری در میانگین شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محورهای X و Y در قبل و بعد از تغییر نوع باد لاستیک (از حالت هوای معمولی به نیتروژن) مشاهده نشده است ($P > ۰/۰۵$). اما تفاوت معناداری در میانگین‌های شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z، برآیند محورهای سه‌گانه، شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته و فاکتور قله در مرحله قبل و بعد از تغییر نوع باد لاستیک مشاهده شده است ($P < ۰/۰۵$). می‌توان ذکر کرد که تغییر نوع باد لاستیک از حالت هوای معمولی به گاز نیتروژن موجب شده است که مقدار این متغیرها کاهش یابند.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.21859/johe-02045]

بحث

رانندگان تاکسی به طور طولانی مدت با ارتعاش تمام بدن مواجهه دارند و عوامل گوناگونی در مقدار این نوع ارتعاش تأثیرگذار می‌باشند [۱, ۲]. این مطالعه به بررسی تأثیر هر یک از مشخصه‌های لاستیک بر مقدار شتاب rms وزن یافته فرکانسی (Arms) در هر یک از محورهای X, Y, Z و برآیند محورهای سه‌گانه (A_{XYZ}) و همچنین شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته A(8) پرداخته است. نتایج این مطالعه نشان داد که لاستیک بدون تیوب و همچنین سیال درون آن از نوع گاز نیتروژن باشد، مواجهه راننده تاکسی مورد مطالعه با ارتعاش تمام بدن، کاهش می‌یابد. در مطالعه Mitsuhiko F و همکارانش در سال ۲۰۰۴ در رابطه با شتاب rms وزن یافته فرکانسی در ارتعاش رانندگان تاکسی، نشان داد که این مشخصه ارتعاش در ناحیه احتیاط قرار می‌گیرد و با توجه به شیفت کاری طولانی در این افراد، این مشخصه ارتعاش می‌تواند باعث آسیب‌های بهداشتی شود [۱]. در این مطالعه با توجه به اینکه قبل از اعمال تغییرات، شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته در ناحیه خطرت بهداشتی داشت و امکان ایجاد آسیب‌های جدی وجود دارد، تغییراتی در مشخصه‌های لاستیک به منظور کاهش مقدار ارتعاش اعمال گردید و در ادامه با توجه به نتایج مطالعه ما، کمترین ارتعاش وارده بر تمام بدن هنگامی است که لاستیک از نوع بدون تیوب و گاز درون آن از نوع نیتروژن باشد، همچنین شتاب rms وزن یافته فرکانسی معادل ۸ ساعته در ناحیه احتیاط قرار می‌گیرد. دلیل این کاهش در مشخصه‌های ارتعاش احتمالاً این است که هنگامی که لاستیک از نوع بدون تیوپ باشد مقاومت ناشی از تیوب در زیر لاستیک از بین رفته است و لاستیک ارتجاعی‌تر می‌گردد و همچنین وجود نیتروژن موجب می‌شود که دمای نیتروژن درون لاستیک در حین حرکت، کمتر تحت تأثیر گرمای ناشی از اصطکاک قرار گیرد و در نتیجه افزایش حجم گاز داخل لاستیک به دلیل وجود گرما کمتر باشد و فنریت و حالت ارتجاعی لاستیک بیشتر گردد. مطالعه‌ای که L.M. Sherwin و همکارانش در سال ۲۰۰۴ بر روی تأثیر میزان فشار باد لاستیک بر انتقال ارتعاش تمام بدن بر راننده ماشین جمع کننده قطعات چوبی با سه فشار باد لاستیک ۱۳۸، ۳۴۵ و ۴۱۴ کیلوپاسکال انجام دادند، نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که اگر باد لاستیک کمتر باشد ارتعاش وارد بر تمام بدن راننده نیز کمتر خواهد بود [۹]. Owende و همکاران نیز در سال ۲۰۰۵ به بررسی تأثیر فشار لاستیک بر ارتعاش در فشارهای ۳۵۰، ۴۹۰، ۶۳۰ و ۷۷۰ کیلوپاسکال تحقیق کردند و به این نتیجه دست یافتند که در فشارهای کمتر باد لاستیک، میزان ارتعاش وارده بر بدن کمتر می‌باشد البته در این دو مطالعه امکان آسیب به لاستیک در فشارهای باد پایین وجود دارد. احتمالاً دلیل کاهش ارتعاش در مطالعات Sherwin و Philip افزایش فنریت لاستیک می‌باشد که ناشی از تراکم کمتر سیال درورن لاستیک است [۱۰]. این نکته قابل ذکر است که در ما بدون در نظر گرفتن فشار باد لاستیک، مقدار ارتعاش وارده بر تمام بدن با تغییر مشخصه‌های لاستیک مورد بررسی قرار گرفته است و نتایج بدست آمده نشان داد که لاستیک بدون تیوب نسبت به لاستیک تیوب دار و همچنین گاز نیتروژن نسبت به هوای معمولی در کاهش این عامل زیان‌آور (ارتعاش) وارده نقش چشمگیری دارند و این تغییرات همانند مطالعات انجام شده به نتیجه کاهش ارتعاش تمام بدن شده است البته این عامل کاهش دهنده امکان ایجاد آسیب به لاستیک‌ها را ندارد. Paddin و Griffin روی ارزیابی ارتعاش تمام بدن در وسایل نقلیه انجام دادند و یکی از نتایج آن‌ها این بود که شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z نسبت به سایر محورها غالب می‌باشد [۱۳] و همچنین Chen و همکارانش در مطالعه‌ای باهدف پیش بینی ارتعاش تمام بدن در میان رانندگان تاکسی‌های شهری، آزمایشی انجام دادند و به این نتیجه دست یافتند که محور Z را می‌توان مهم‌ترین محور اندازه‌گیری درنظر گرفت و این محور احتمالاً بیشتر تحت تأثیر ناهمواری‌های سطح جاده قرار گرفته است [۱۴]، نتایج این دو مطالعه با نتایج مطالعه ما مشابهت بسیاری دارد و البته مقدار آن با تغییر نوع باد لاستیک مرتبط می‌باشد و با تغییر نوع سیال درون لاستیک از حالت هوای معمولی به گاز نیتروژن، شتاب rms وزن یافته فرکانسی در محور Z نسبت به سایر محورها (X ،Y) کاهش می‌یابد که این نتایج مشابه نشان می‌دهد که خودرو هنگامیکه در حال حرکت است کمتر تحت تأثیر ارتعاشات جانبی قرار می‌گیرد و در جه آزادی فنریت لاستیک وسیله نقلیه بیشتر تحت تأثیر ارتعاشات عمودی قرار می‌گیرد در نتیجه انبساطات و انقباضات نیتروژن درون لاستیک بیشتر در جهت عمود بر سطح جاده می‌باشد. با توجه به نتایج این تحقیق، وضعیت تیوب و نوع باد لاستیک یک پارامتر مهم در رابطه با کنترل ارتعاش تمام بدن منتقله به راننده خودرو می‌باشد و می‌تواند بر روی اثرات مضر ارتعاش بر سلامتی تأثیرگذار باشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه مشخص گردید که مقدار ارتعاش منتقله بر تمام بدن راننده تاکسی، به وضعیت وجود تیوب و نوع باد

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.21859/johe-02045]

لاستیک حساس می‌باشد و بهینه‌ترین حالت مقادیر انتقال مشخصه‌های ارتعاش به راننده زمانی است که گاز داخل لاستیک از نوع نیتروژن و لاستیک بدون تیوب باشد. پیشنهاد می‌گردد این پارامتر (خصوصیات لاستیک)، در طرح‌های کنترل ارتعاش خودروهای سواری (مانند تاکسی خودروی پژو ۴۰۵) نیز مد نظر قرار گیرد.

تضاد منافع

هیچگونه تضاد منافعی برای نویسندگان این مقاله وجود ندارد.

REFERENCES

1. Funakoshi M, Taoda K, Tsujimura H, Nishiyama K. Measurement of whole-body vibration in taxi drivers. J Occup Health. 2004;46(2):119-24. PMID: 15090686
2. Mansfield JN. Human response to vibration: Taylor & Francis e-Library; 2005.
3. Tiemessen IJ, Hulshof CTJ, Frings-Dresen MHW. An overview of strategies to reduce whole-body vibration exposure on drivers: A systematic review. Int J Indust Ergonom. 2007;37(3):245-56. DOI: 10.1016/j.ergon.2006.10.021
4. Lakušić S, Brčić D, Tkalčević Lakušić V. Analysis of Vehicle Vibrations – New Approach to Rating Pavement Condition of Urban Roads. Traffic Transport. 2011;23(6):315-40. DOI: 10.7307/ptt.v23i6.183
5. Katu U, Desavale R, Kanai R. Effect Of Vehicle Vibration On Human Body–RIT Experience: Department of Mechanical Eng., Rajarambapu Institute of Technology; 2003 [updated 2003; cited 2015]. Available from: www.nacomm03.ammindia.org/Articles/Nav001.pdf.
6. Bouazara M, Richard MJ, Rakheja S. Safety and comfort analysis of a 3-D vehicle model with optimal non-linear active seat suspension. J Terramechanic. 2006;43(2):97-118. DOI: 10.1016/j.jterra.2004.10.003
7. Hansson P-A. PM—Power and Machinery. Biosys Engineer. 2002;81(1):57-71. DOI: 10.1006/bioe.2001.0007
8. Cann AP, Salmoni AW, Eger TR. Predictors of whole-body vibration exposure experienced by highway transport truck operators. Ergonomics. 2004;47(13):1432-53. DOI: 10.1080/00140130410001712618 PMID: 15513718
9. Sherwin LM, Owende PM, Kanali CL, Lyons J, Ward SM. Influence of tyre inflation pressure on whole-body vibrations transmitted to the operator in a cut-to-length timber harvester. Appl Ergon. 2004;35(3):253-61. DOI: 10.1016/j.apergo.2004.02.002 PMID: 15145288
10. Owende PMO, Hartman AM, Ward SM, Gilchrist MD, O'Mahony MJ. Minimizing Distress on Flexible Pavements Using Variable Tire Pressure. J Transport Engineer. 2001;127(3):254-62. DOI: 10.1061/(asce)0733-947x(2001)127:3(254)
11. Lee TK, Kim BS. Vibration analysis of automobile tire due to bump impact. Appl Acoustic. 2008;69(6):473-78.
12. Kakouei A, Vatani A, Idris AKB. An estimation of traffic related CO 2 emissions from motor vehicles in the capital city of, Iran. Iran J Environ Health Sci Engineer. 2012;9(1):1-9.
13. Paddan GS, Griffin MJ. Effect of Seating on Exposures to Whole-Body Vibration in Vehicles. J Sound Vibrat. 2002;253(1):215-41. DOI: 10.1006/jsvi.2001.4257
14. Chen JC, Chang WR, Shih TS, Chen CJ, Chang WP, Dennerlein JT, et al. Predictors of whole-body vibration levels among urban taxi drivers. Ergonomics. 2003;46(11):1075-90. DOI: 10.1080/0014013031000109205 PMID: 12850932

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.21859/johe-02045]

Journal of Occupational Hygiene Engineering **Original Article**

No 8, Volume 2, Issue 4

Influence of Tire Characteristics of Interurban Taxis on Exposure Level to Drivers Whole-Body Vibrations

Milad Derakhshan Jazari [1], Mohammad Reza Monazzam Esmaeil Pour [2,*], Seyyed Mostafa Hosseini [3]

[1] MSc of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2] Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3] Professor, Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

** Corresponding author: Mohammad Reza Monazzam Esmaeil Pour, Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. E-mail: esmaeelm@sina.tums.ac.ir*

DOI: 10.21859/johe-02045

Received: 01.24.2016

Accepted: 04.08.2016

Keywords:
Tire
Whole-Body Vibrations
Taxi
Driver

How to Cite this Article:
derakhshan Jazari M, Monazzam Esmaeil Pour MR, Hosseini SM. Influence of Tire Characteristics of Interurban Taxis on Exposure Level to Drivers Whole-Body Vibrations. J Occup Hyg. 2016;2(4):35-43. DOI: 10.21859/johe-02045

© 2016 Hamedan University of Medical Sciences.

Abstract

Introduction: Taxi drivers' exposure to repeat whole-body vibrations can cause back pain and digestive disorders. Since this type of vibration depends on the car components, this study was carried out to determine the influence of tire characteristics on the amount of whole-body vibrations transmitted to the Peugeot 405 taxi drivers.

Methods: In this experimental study, vibration characteristics were measured according to the ISO2631-1 with each of the statuses: tubeless tires fixed and fluid in it (normal air or nitrogen) and also the fluid in the tires fixed with tubes or tubeless on asphalt-paved road. Other variables including tire pressure, engine speed, road gradient, number of passengers, springs, and shock absorbers were kept constant. Then the effect of changes was analyzed using an appropriate statistical test.

Results: After changing nitrogen to normal air and tubeless tires to tube, the average of RMS in Z-axis, eight-hour equivalent acceleration A(8) and crest factor were reduced ($P < 0.05$). Also, A(8) reduced from health risk zone (> 0.9 m/s^2) to caution zone (0.45-0.9 m/s^2) with a value of 0.8 m/s^2.

Conclusions: The amount of vibration transmitted to the whole body is sensitive to existence of tubes and tires inflation so that we can reduce the amount of whole-body vibration to lower than the upper limit of the health risk by changing the characteristics of the tire.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.21859/johe-02045]