

مقایسه تخمین درصد تایرهای فابریک در تولید انبوه از نظر عامل نوسانات نیروی شعاعی تایر با روش‌های تابع گاما، تابع نرمال و روش شمارش ساده



Comparison of estimating the percentage of OE tires in mass production in terms of tire radial force fluctuation parameter with gamma function, normal function and simple counting methods

چکیده

تایرهای رادیال نخ‌ معمولاً برای خودروهای سواری استفاده می‌شوند و مزایای زیادی نسبت به تایرهای بایاس دارند. از مزایای تایر رادیال می‌توان به کاهش مصرف سوخت، عمر طولانی‌تر، راحتی بیشتر، کنترل بهتر و کاهش حرارت‌زایی در سرویس اشاره کرد. نیروی نوسانی شعاعی در تایر به ساختار تایر بستگی دارد. این نیرو توسط دستگاهی به نام دستگاه یکنواختی یا یونیفرمیتی اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به استاندارد ایزو و مقادیر مشخص شده توسط مشتری یا خودروساز، مقادیر مجاز برای نیروی نوسانی شعاعی در تایر مشخص می‌گردد. به طور معمول تایر سازان، تایرهای مشتریان خاص خود مانند خودروساز را که در دسته بهترین مقدار نیروی نوسانی شعاعی و دیگر عامل‌های یونیفرمیتی قرار می‌گیرد را به عنوان تایر فابریک دسته‌بندی می‌کنند. این پژوهش یک پژوهش تحلیلی کاربردی است که با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و داده‌های آزمون یکنواختی توسط ماشین شرکت کوکوسایی برای سایز 225/55R18 استفاده شده است. مسئله مورد بررسی در این پژوهش آن است که با توجه به اینکه مقادیر نوسانات شعاعی تایرها اعدادی تصادفی و از توزیع‌های احتمال پیروی می‌کنند، آیا می‌توان یک روش دقیق‌تر برای تخمین مقدار درصد یکنواختی جامعه از یک نمونه آزمایشی به دست آورد؟ فرض این پژوهش عبارت است از اینکه با استفاده از توابع توزیع احتمال و داده‌های نمونه آزمایشی می‌توان تخمین خوبی از درصد یکنواختی جامعه آماری به دست آورد. نتایج آزمون‌ها و تحلیل داده‌ها نشان داد، استفاده از توابع نرمال لگاریتمی، لجستیک، مقادیر افراطی بیشترین و گاما به جای روش شمارش، تخمین‌های دقیق‌تری نسبت به روش شمارش را ارائه می‌دهد.

واژگان کلیدی: تایر رادیال، نوسانات نیروی شعاعی، یکنواختی، روش شمارش، توابع توزیع احتمال.

نوع مقاله: پژوهشی

سیدعلیرضا محمدزاده^۱، محمد وظیفه شناس درمیان^۲، سیدعلی بنی هاشمی^۳

۱- مربی، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۳- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

banihashemi@pnu.ac.ir

ایمیل نویسندگان و عهده‌دار مکاتبات:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۲

مقدمه

تایرها یکی از اجزای مهم در دنیای خودرو هستند، زیرا حرکت به یک چرخ دوار به عنوان وسیله نیاز دارد؛ بنابراین، باتوجه به استفاده زیاد از خودروها، نیاز مصرف کننده به تایرها نیز به طور خودکار افزایش می یابد، هم به عنوان سفارش های OEM (تولید کننده تجهیزات اصلی)^۱ در صنعت خودرو و هم برای کاربران مستقیم به عنوان جایگزین. تایرهای قابل اعتماد باید بتوانند در تمام جاده ها مورد استفاده قرار گیرند و استفاده ایمن و راحت را فراهم کنند (پوروانتو و جاکین^۲، ۲۰۲۱). تایر رادیال^۳ نوعی از تایر است که بر اساس ساختار تایر دسته بندی شده است و در آن لایه های نخ یا سیم در داخل تایر به صورت شعاعی (از مرکز به سمت بیرون با زاویه ۹۰ درجه) قرار گرفته اند. این طراحی باعث می شود که تایر انعطاف پذیری بیشتری داشته باشد و در نتیجه عملکرد بهتری در جاده ارائه دهد. تایرهای رادیال نخ معمولاً برای خودروهای سواری استفاده می شوند و مزایای زیادی نسبت به تایرهای بایاس^۴ دارند. از مزایای تایر رادیال میتوان به کاهش مصرف سوخت، عمر طولانی تر، راحتی بیشتر، کنترل بهتر و کاهش حرارتزایی در سرویس اشاره کرد (گنت و والتر^۵، ۲۰۰۶؛ رودگرز^۶، ۲۰۲۱).

نیروهای وارد بر یک تایر رادیال سواری عبارت است از نیروی شعاعی، نیروی مماسی و نیروی جانبی. این نیروها ناشی از وزن وارد شده از سوی خودرو، نیروی موتور و نیروی حاصل از تغییر مسیر در جاده به تایر وارد می شود. باتوجه به قانون سوم نیوتن در مقابل این نیروها، نیروی عکس العملی بر تایر وارد می گردد که نیروی وارد شده بر تایر در جهت شعاعی و در جهت جانبی دارای نوساناتی است که این نیروهای نوسانی را نیروی نوسانی شعاعی و نیروی نوسان جانبی می نامند (ریدها و تیورس^۷، ۱۹۹۴؛ ناکاجیما^۸، ۲۰۱۹).

نیروی نوسانی شعاعی در تایر به ساختار تایر بستگی دارد. این نیرو توسط دستگاهی به نام دستگاه یکنواختی یا یونیفرمیتی اندازه گیری می شود. برای محاسبه این نیرو از لودسل استفاده می گردد و نتیجه

به دست آمده توسط دستگاه در ده هارمونیک محاسبه می شود که از این طریق هارمونیک یک تا ده این تایر تعیین می گردد (سافلرز^۹، ۲۰۱۰). دستگاه اندازه گیری یکنواختی تایر، نوسانات نیروی شعاعی و جانبی و نوسانات ابعادی شعاعی و جانبی را اندازه گیری می کند. گشتاور و نیروی زاویه ای در این دستگاه بررسی نمی شود. تایرهای غیر یکنواخت به سه دسته تقسیم می شوند: نایکنواختی ابعادی، نوسانات نیرویی و در آخر نا بالانسی. نوسانات نیروی عمودی بین تایر و جاده زمانی ایجاد می شود که تایر کاملاً در جهت شعاعی یکنواخت و دایره ای نباشد که خودرو یک پیک دورهای تنشی را احساس خواهد کرد که به این غیر یکنواختی نوسانات نیروی شعاعی گفته می شود. نوسانات نیروی جانبی شامل تمایل تایر به کشش به سمت جانبی آن است. این نوسانات به دلیل مونتاژ بلت به صورت کج یا مار مانند ایجاد می شود. مخروطوارگی عبارت است از اینکه غلطش تایر مانند غلطش یک مخروط باشد تا غلطش یک استوانه. یکی از دلایل اصلی این موضوع مربوط به خارج از مرکز مونتاژ شدن ترد یا بلتها است (بهاداریا و بنگار^{۱۰}، ۲۰۱۳). نوسانات نیرو شامل یک موج پیچیده است که از ترکیب هارمونیک چند موج ایجاد شده است. این هارمونیکها در قالب سری فوریه توضیح داده می شود و یک موج را شکل می دهند. هارمونیک اول مقدار نوسانات نیرویی را مشخص میکند که در هر گردش تایر یک دوره تناوب دارد. هارمونیک دوم نوسان نیرویی است که در یک چرخش تایر دو تناوب دارد و به همین ترتیب باقی نوسانات نیرویی هارمونیکهای بعدی را شکل می دهند. اغلب اوقات این هارمونیکها علت هایی را نشان می دهند و میتوانند در تشخیص مشکلات تولید استفاده شوند (خودکار و روشنایی^{۱۱}، ۱۳۹۷). مقدار نیروی شعاعی در هر تایر متفاوت است و این مقدار به ساختار تایر بستگی دارد. از عوامل مهم تأثیر گذار در این نوسانات می توان به نیروی محل اتصال لایه ها، محل اتصال دیواره، محل اتصال رویه تایر، میزان خارج از مرکز بودن قالب و شرایط ماشین تیر سازی اشاره کرد. باتوجه به استاندارد ایزو و مقادیر مشخص شده توسط مشتری یا خودروساز، مقادیرهای

1. Original Equipment Manufacturer
6. Rodgers

2. Purwanto & Jaqin
7. Ridha & Theves

3. Radial Tire
8. Nakajima

4. Bias Tire
9. Suffeleers

5. Gent & Walter
10. Bhadauria & Bangar

مجاز برای نیروی نوسانی شعاعی در تایر مشخص می‌گردد. به طور معمول، تایر سازان تایرهای مشتریان خاص خود مانند خودروساز را که در دسته بهترین مقدار نیروی نوسانی شعاعی و دیگر عامل‌های یونیفرمیتی قرار می‌گیرد را به عنوان تایر OE دسته‌بندی می‌کنند. لاستیک OE یا لاستیک فابریک، به لاستیک‌هایی گفته می‌شود که به طور خاص برای یک مدل خودرو توسط خودروساز انتخاب و در زمان تولید خودرو بر روی آن نصب می‌شوند. این لاستیک‌ها با در نظر گرفتن نیازها و مشخصات فنی خودرو، توسط خودروساز و با همکاری تولیدکنندگان لاستیک انتخاب می‌شوند. برای یک تایر ساز مقدار درصد تایرهای OE اهمیت زیادی دارد چرا که می‌تواند حجم زیادی از تایرهای مشتری مهم خود را از این طریق تأمین کند. همچنین بالا بودن مقدار درصد OE در یک کارخانه تایر سازی، نشانه بالاتر بودن کیفیت تایرهای تولیدی آن شرکت و بهره‌مندی از یک فناوری بالاتر نسبت به سایر رقبا است.

دستیابی به مقدار نوسانات نیروی شعاعی صفر یا یک در تایر کاملاً یکنواخت، غیرممکن است؛ زیرا عامل‌های زیادی در فرایند تولید، این نوسانات نیروی شعاعی را ایجاد می‌کند (وظیفه‌شناس و همکاران، ۱۴۰۰). به همین دلیل کارخانه‌های تایر سازی سعی می‌کنند با کنترل‌ها و ایجاد روش‌های نوین، مقدار درصد OE خود را افزایش داده و در یک هدف ثابت نگه دارند. ایجاد هر گونه مشکل در فرایند تولید، باعث کاهش درصد یکنواختی تایر می‌گردد؛ بنابراین هر کارخانه تایر سازی با اقداماتی که انجام می‌دهد به دنبال بهبود فرایند است. اقدام صورت گرفته برای افزایش یکنواختی تایر و رفع مشکل باید در کمترین زمان ممکن صورت پذیرد تا خللی در تناژ تولید و بهره‌وری ایجاد نکند. برای این منظور هنگامی که یک سری اقدام اصلاحی انجام می‌گیرد، باید از صحت این اقدام اطمینان حاصل شود. برای این کار به طور معمول در هر کارخانه تایر سازی تعداد محدودی تایر (ده حلقه) بعد از انجام تغییرات یا تعمیرات تولید و آزمون می‌گردد، سپس نتایج بررسی و درصد یکنواختی این محموله محاسبه می‌گردد.

در کارخانه‌های تایر سازی درصد یکنواختی محموله آزمایشی باتوجه به مقدار حداکثر نیروی نوسانات شعاعی تعیین شده در اسپک محاسبه می‌شود. برای محاسبه درصد یکنواختی محموله آزمون شده، تعداد تایرهایی که در بازه قرار می‌گیرند مشخص می‌شود؛ سپس تعداد تایرهای آزمون شده در بازه کمتر از مقدار حداکثر اسپک تقسیم بر تعداد کل تایرها ضربدر صد درصد یکنواختی را مشخص می‌کند. در این روش باتوجه به اینکه محموله آزمایشی تولید شده شامل ده حلقه تایر است و تولید روزانه یک سایز معمول در یک کارخانه تایر سازی حداقل هزار حلقه است، مقدار نوسانات نیروی شعاعی محموله آزمایشی با درصد کل جامعه آزمون شده متفاوت خواهد بود. معمول در کارخانه‌های تایر سازی از این درصد به دست آمده و همچنین میانگین مقادیر محموله آزمایشی آزمون شده برای تصمیم‌گیری در خصوص اینکه تغییرات تأثیر مثبت یا منفی داشته است استفاده می‌شود. همچنین ایده‌ها و روش‌های جدید و اثرگذاری آن بر روی مقادیر یکنواختی نیز از همین طریق استفاده می‌شود.

روش پژوهش

این پژوهش یک پژوهش تحلیلی کاربردی است که با استفاده از منابع کتابخانه‌ای و داده‌های آزمون یکنواختی توسط ماشین شرکت کوکوسایی (SL3D Ver 1.00) برای سایز 225/55R18 استفاده شده است. مسئله مورد بررسی در این پژوهش این است که باتوجه به اینکه مقادیر نوسانات شعاعی تایرها اعدادی تصادفی و از توزیع‌های احتمال پیروی می‌کنند، آیا روش دقیق‌تری برای تخمین مقدار درصد یکنواختی جامعه از نمونه آزمایشی ده حلقه تایر وجود دارد؟ فرض این پژوهش عبارت است از اینکه با استفاده از توابع توزیع احتمال و داده‌های ده حلقه تایر، می‌توان تخمین خوبی از درصد یکنواختی جامعه آماری به دست آورد.

در این پژوهش ۶۱۹ حلقه تایر سایز 225/55R18 انتخاب شده

یافته‌ها

باتوجه به مقادیر واقعی ۶۱۹ حلقه، تعداد ۱۱۷ حلقه مقادیر آن بزرگ‌تر مساوی ۱۲۰ نیوتن است. باتوجه به این اعداد OE برابر است با:

$$OE = \frac{619 - 117}{619} * 100 = 81\%$$

باتوجه به روش شمارش ساده، محاسبه برای نمونه ۱۰ تایی ۱ حلقه مقادیر بالای ۱۲۰ نیوتن دارد. توجه به این اعداد OE برابر است با:

$$OE = \frac{10 - 1}{10} * 100 = 90\%$$

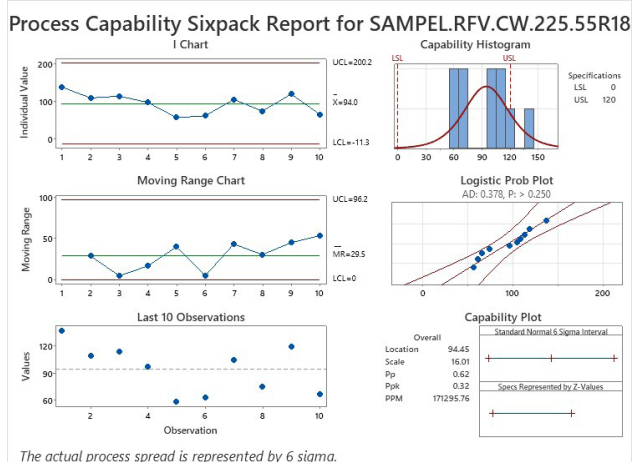
باتوجه به داده‌های ۱۰ تیر نمونه، نتایج برآزش بر اساس توزیع‌های آماری در شکل‌های زیر آمده است. شکل ۱ نتایج برآزش بر اساس توزیع نرمال، شکل ۲ نتایج برآزش بر اساس توزیع گاما، باتوجه به PPM Overall به‌دست‌آمده برای توزیع‌های بیان شده درصد OE از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

است که نمونه تصادفی برداشته شده شامل ده حلقه اول تولید و آزمون شده تأیر این محموله است. برای این تأیر مقادیر مرزهای در نظر گرفته شده برای RFV از ۰ تا ۱۲۰ نیوتن است. ابتدا OE واقعی این ۶۱۹ حلقه از نظر RFV باتوجه به داده‌های ثبت شده آن محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب و بررسی نمونه ده حلقه ابتدایی محموله، این ده حلقه تأیر را بر اساس توابع توزیع گاما، توزیع وایبول، توزیع نرمال، توزیع لجستیک، توزیع مقادیر افراطی بزرگ‌ترین^۱، توزیع مقادیر افراطی کمترین^۲ و توزیع نرمال لگاریتمی بررسی شده و سپس باتوجه به PPM به‌دست‌آمده برای توزیع‌های بیان شده در صد OE از فرمول زیر محاسبه می‌شود.

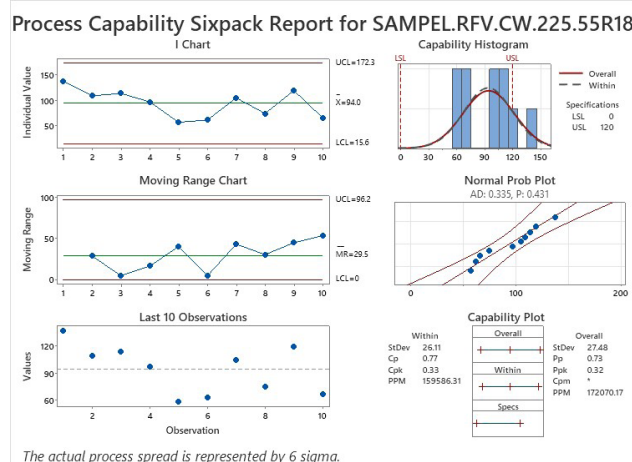
$$OE = \frac{1000000 - ppm}{1000000} * 100$$

در انتها مقدار واقعی را بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده از توزیع‌های احتمال بررسی و مقایسه می‌گردد.

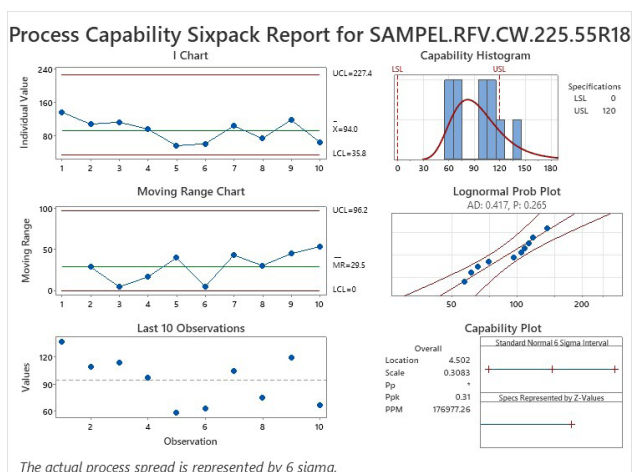
$OE = \frac{1000000 - 172070.17}{1000000} * 100 = 83\%$	درصد OE بر اساس توزیع نرمال
$OE = \frac{1000000 - 161905.43}{1000000} * 100 = 84\%$	درصد OE بر اساس توزیع گاما
$OE = \frac{1000000 - 162076.10}{1000000} * 100 = 84\%$	درصد OE بر اساس توزیع وایبول
$OE = \frac{1000000 - 171295.76}{1000000} * 100 = 83\%$	درصد OE بر اساس توزیع لجستیک
$OE = \frac{1000000 - 176977.26}{1000000} * 100 = 83\%$	درصد OE بر اساس توزیع نرمال لگاریتمی
$OE = \frac{1000000 - 169873.96}{1000000} * 100 = 83\%$	درصد OE بر اساس توزیع مقادیر افراطی بزرگ‌ترین
$OE = \frac{1000000 - 185170.07}{1000000} * 100 = 81\%$	درصد OE بر اساس توزیع مقادیر افراطی کوچک‌ترین



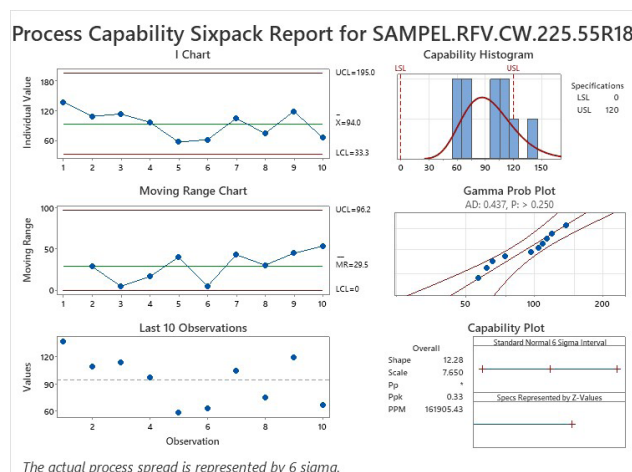
شکل ۴. نتایج توزیع لجستیک



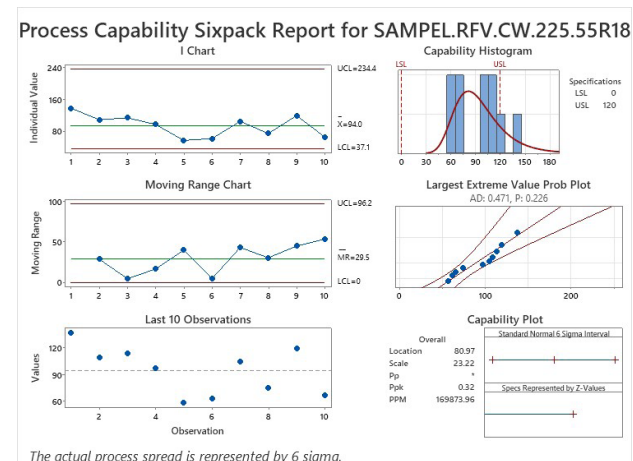
شکل ۱. نتایج توزیع نرمال



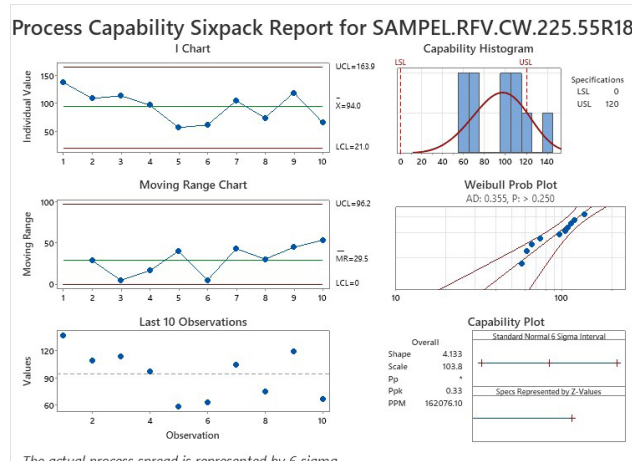
شکل ۵. نتایج توزیع نرمال لگاریتمی



شکل ۲. نتایج توزیع گاما



شکل ۶. نتایج توزیع مقادیر افراطی بزرگترین

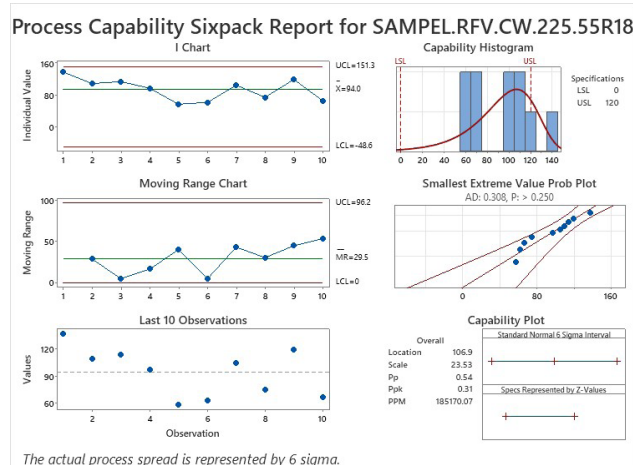


شکل ۳. نتایج توزیع وایبول

می‌گردد؛ بنابراین تعداد نمونه‌های تستی ۱۰ و کمتر از ده عدد همیشه در نظر گرفته می‌شود تا هزینه شکست آزمایش کاهش یابد. اما آن‌چنان که ملاحظه می‌شود، ده نمونه نیز اطلاعات خوبی از جامعه آماری در اختیار پژوهشگر می‌گذارد. برای روش شمارش، اختلاف یکنواختی نمونه و جامعه ۹٪ است که این روش یک روش مرسوم در شرکت‌های تایرسازی است و تمام روش‌های توزیع دیگر از این روش بهتر عمل نموده و بین صفر تا ۴٪ اختلاف با مقدار واقعی دارند که بهترین تخمین مربوط به مقدار افراطی کوچک‌ترین به ۸۱٪ و بیشترین مربوط به توزیع وایبول و گاما با ۸۴٪ است. مقدار شمارش جامعه نیز که ۸۱٪ است، همان مقدار واقعی یکنواختی این محموله ۶۱۹ حلقه تایر است.

در گام دیگر، کل جامعه نیز با این توابع توزیع برازش شدند که نتایج در جدول یک آورده شده است. نتایج کل جامعه ۶۱۹ حلقه نیز نشان می‌دهد توزیع وایبول و مقادیر افراطی کوچک‌ترین، تخمین خوبی از درصد یکنواختی ندارند و به ترتیب اختلاف ۴ و ۱۴ درصدی تا مقدار واقعی دارند. علت این امر به نظر می‌رسد مربوط به ذات RFV است که بیان شد امکان تولید تائیری با RFV صفر وجود ندارد و به همین ترتیب احتمال تائیرهای در محدوده صفر بسیار پایین است و این امر به ذات توزیع احتمال RFV یک چولگی به راست و اعداد بزرگ‌تر دارد که این دو تابع توزیع احتمال بیشتر برای چولگی به سمت مقادیر کمتر کاربرد دارند.

باتوجه به موضوع بیان شده انتظار می‌رود که تابع توزیع نرمال نسبت به باقی توزیع‌ها تخمین نادقیق‌تری باید داشته باشد که اختلاف ۲ درصدی بیانگر همین موضوع است و باقی تخمین‌ها تنها یک واحد اختلاف دارند. در مجموع به نظر می‌رسد توابع نرمال لگاریتمی، لجستیک، مقادیر افراطی بیشترین و گاما شرایط خوب و یکسانی برای استفاده در تخمین درصد یکنواختی نمونه و جامعه آماری دارد.



شکل ۷. نتایج توزیع مقادیر افراطی کوچک‌ترین باتوجه به تحلیل‌های انجام شده، خلاصه نتایج بر اساس توابع توزیع احتمال در جدول (۱) بیان شده است.

جدول ۱. نتایج برازش نمونه و جامعه بر اساس توابع توزیع احتمال مختلف

ردیف	روش تحلیل	درصد OE نمونه ۱۰ تایی	درصد OE نمونه جامعه ۶۱۹ تایی
۱	روش شمارش	۹۰	۸۱
۲	نرمال	۸۳	۷۹
۳	وایبول	۸۴	۷۷
۴	لجستیک	۸۳	۸۲
۵	نرمال لگاریتمی	۸۳	۸۰
۶	مقدار افراطی بزرگ‌ترین	۸۳	۸۰
۷	مقدار افراطی کوچک‌ترین	۸۱	۶۷
۸	گاما	۸۴	۸۰

باتوجه به اینکه تعداد نمونه در نظر گرفته شده ده عدد است، در ابتدا به نظر می‌رسد که به نتایج دقیقی حاصل نشود و بهتر است از حداقل سی نمونه استفاده گردد. اما باید به این نکته توجه داشت که ساخت هر تایر هزینه بالایی دارد و اگر در هر بار تغییرات، این تغییرات نتیجه عکس بدهد تایر زیادی ضایعات

نتیجه گیری

در این پژوهش یک نمونه تصادفی ۱۰ تایی از جامعه ۶۱۹ تایی تایر سایز 225/55R18 انتخاب شد. درصد یکنواختی این نمونه و جامعه به صورت جداگانه با روش شمارش، توزیع گاما، توزیع وایبول، توزیع نرمال، توزیع لجستیک، توزیع مقادیر افراطی بزرگترین، توزیع مقادیر افراطی کمترین و نرمال لگاریتمی محاسبه گردید. باتوجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید تابع های توزیع علاوه بر اینکه قادر به تخمین درصد یکنواختی جامعه با استفاده از نمونه هستند، حتی قادر هستند نسبت به روش شمارش تخمین دقیقتری را ارائه دهند. باتوجه به داده های پژوهش به نظر میرسد بهترین روشها برای تخمین یکنواختی جامعه از روی نمونه و استدلال این موضوع که تغییرات ایجاد شده در فرایند تولید تأثیر مثبت یا منفی داشته است، استفاده از توابع توزیع نرمال لگاریتمی، لجستیک، مقادیر افراطی بیشترین و گاما هستند. علت این موضوع بیشتر به ذات RFV بستگی دارد. همانطور که اشاره شده است، امکان تولید تایی با RFV صفر وجود ندارد و به همین ترتیب احتمال تایرهای در محدوده نزدیک به صفر، بسیار

پایین است و این امر به ذات توزیع احتمال RFV وابسته است که یک چولگی به راست و اعداد بزرگتر دارد و این تمایل آن را از یک حالت زنگوله کامل خارج میکند و استفاده از توزیع نرمال را نادقیقتر می کند. همچنین برای توابعی که چولگی به سمت مقادیر کمتر را نیز بررسی می کنند، تخمین نادقیقتری را ارائه میدهد. تخمین روش شمارش ۹ درصد اختلاف و توزیع گاما ۳ درصد اختلاف، توزیع وایبول ۳ درصد اختلاف، توزیع نرمال ۲ درصد اختلاف، توزیع لجستیک ۲ درصد اختلاف، توزیع مقادیر افراطی بزرگترین ۲ درصد اختلاف، توزیع مقادیر افراطی کمترین صفر درصد اختلاف و توزیع نرمال لگاریتمی ۲ درصد اختلاف در تخمین با مقدار واقعی دارد. برای صحت گذاری، جامعه آماری نیز با این توابع برازش شدند که توزیع مقادیر افراطی کوچکترین ۱۴ درصد، توزیع وایبول ۴ درصد و توزیع نرمال ۲ درصد اختلاف داشتند و باقی تنها یک درصد با مقدار واقعی اختلاف داشتند؛ بنابراین به نظر می رسد استفاده از توابع نرمال لگاریتمی، لجستیک، مقادیر افراطی بیشترین و گاما به جای روش شمارش امکانپذیر است و تخمین های دقیقتری را ارائه میدهد.

مراجع

۱. خودکار، فاطمه و روشنایی، حسین. (۱۳۹۷). بررسی عاملهای مؤثر بر یکنواختی تایر. نشریه صنعت لاستیک ایران، ۲۲(۸۹)، ۳۸-۲۳.
۲. وظیفه‌شناس درمیان، محمد؛ ضیائی، محمد و حمیدزاده، سید همایون. (۱۴۰۰). افزایش یکنواختی تایرهای تولیدی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره، پانزدهمین همایش ملی لاستیک و صنایع وابسته، تهران.
3. Bhadauria, G., & Bangar, A. (2013). Analysis of "Variation in Non-Uniformity with Runout Temperature of Tyre" Using Taguchi Parametric Optimization Technique. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3(4), 2104-2108.
4. Gent, A. N., & Walter, J. D. (2006). Pneumatic tire. U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration.
5. Nakajima, Y. (2019). *Advanced tire mechanics*. Springer.
6. Purwanto, C., & Jaqin, C. (2021). Improving curing process productivity in the tire industry using OEE, TPM and FMEA methods. In 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management at Singapore, March (pp. 7-11).
7. Ridha, R. A., & Theves, M. (1994). *Advances in tyre mechanics* (Vol. 77). iSmithers Rapra Publishing.
8. Rodgers, B. (2020). *Tire engineering: an introduction*. CRC press.
9. Suffeleers, J. (2010). *Tyre non-uniformities and their effect on chassis vibrations*. Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.

IRM

C Comparison of estimating the percentage of OE tires in mass production in terms of tire radial force fluctuation parameter with gamma function, normal function and simple counting methods

Seyyed Alireza Mohammadzadeh¹, Mohammad Vazifeshenas darmian², Seyyed Ali Bani Hashemi^{*3}

1- Instructor, Department of Industrial Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

2- Department of Industrial Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

3- Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran*

Corresponding author Email: banihashemi@pnu.ac.ir

Abstract

Radial ply tires are commonly used for passenger cars and have many advantages over bias tires. The advantages of radial tires include reduced fuel consumption, longer life, greater comfort, better control, and reduced heat generation during service. The radial oscillation force in the tire depends on the tire structure. This force is measured by a device called a uniformity device. According to the ISO standard and the values specified by the customer or automaker, the allowable values for the radial oscillation force in the tire are determined. Typically, tire manufacturers classify the tires of their specific customers, such as automakers, which fall in the best radial oscillation force and other uniformity parameters, as factory tires. This research is an applied analytical research that uses library resources and uniformity test data from the Kokosai Company's machine for size 225/55R18. The problem examined in this study is that, given that the values of tire radial fluctuations are random numbers and follow probability distributions, can a more accurate method be obtained to estimate the percentage uniformity of the population from a test sample? The assumption of this study is that by using probability distribution functions and test sample data, a good estimate of the percentage uniformity of the statistical population can be obtained. The results of the tests and data analysis showed that using logarithmic normal, logistic, maximum extreme values, and gamma functions instead of the counting method provides more accurate estimates than the counting method.

.Keywords: Radial tire, radial force fluctuations, uniformity, counting method, probability distribution functions