نشریه صنعت لاستیک ایران
سال۲۵/شماره۱۰۲/تابستان۱۴۰۰

علمی- فنی

تجزیه‌وتحلیل بلادرنگ خصوصیات موثر تایر با استفاده از تایرهای هوشمند

Real-time analysis of the effective tire characteristics by using smart tires

چکیده:

در چند سال گذشته، توسعه فناوری ایمنی خودرو به‌طور چشم‌گیری تکامل پیدا کرده است. تایرها یکی از اجزای اصلی خودرو در تعیین نحوه عملکرد آن بوده و نقش زیادی در امنیت آن دارند. این اجزا بار خودرو را تحمل کرده و تنها قسمت‌هایی از آن هستند که با زمین تماس دارند. در نتیجه، حاوی اطلاعات مفیدی درباره فشار و دمای تایر، بار چرخ، سایش تایر و تغییر وضعیت جاده هستند. تایرهای هوشمند با ارائه برآوردی از پارامترهای تاثیرگذار بر عملکرد و ایمنی تایر، این پتانسیل را دارند که به‌طور گسترده برای افزایش ایمنی سیستم‌های حمل‌ونقل جاده‌ای مورد استفاده قرار گیرند. از سوی دیگر پررنگ شدن جایگاه امنیت در سطح جهانی و ظهور مفاهیمی مانند اینترنت اشیا، موجب حرکت صنعت تایر به‌سوی تولید تایرهای هوشمند شده است. در این مقاله روند طراحی و ساخت تایر هوشمند در گروه صنعتی بارز تشریح شده است. این تایر سه پارامتر دما، فشار و میزان مسافت طی‌شده را به‌طور مداوم اندازه‌گیری می‌کند. تایر هوشمند بارز شامل سه قسمت اصلی است: مجموعه سنسور که داخل تایر نصب می‌شود، واحد کنترل که داخل کابین خودرو قرار می‌گیرد، و برنامه کاربردی تلفن همراه هوشمند که در واقع راه ارتباطی بین تایر و راننده است.

واژه‌های کلیدی: تایر هوشمند، اینترنت اشیاء، ایمنی فعال، حمل‌ونقل هوشمند

نوع مقاله: پژوهشی

امیرحسین شهدادی[۱*]، افشین آشفته[۲]، مهسا نعمت‌اللهی[۳]
۱- دکترای تخصصی، مهندسی مکانیک، مرکز نوآوری گروه صنعتی بارز، تهران، ایران
۲- دکترای تخصصی، مهندسی مکانیک، مرکز نوآوری گروه صنعتی بارز، تهران، ایران
۳- دکترای تخصصی، مهندسی پلیمر، مرکز نوآوری گروه صنعتی بارز، تهران، ایران
ایمیل نویسندگان و عهده‌دار مکاتبات:
1-*shahdadi_a@barez.com
2-ashofteh_a@barez.com
3-nematollahi_m@barez.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳
شناسه دیجیتال: DOI: 10.22034/irm.2021.136710

مقدمه

امروزه نیاز به فناوری‌های جدید در شاخه‌های مختلف مهندسی در حال گسترش است. تمرکز بر بهبود ایمنی فعال[1] در حوزه حمل‌ونقل و ظهور مفاهیمی همچون اینترنت اشیاء[2]، صنعت تایر را به سمت توسعه تایرهای هوشمند سوق داده است. اینترنت اشیاء به‌سرعت در حال پیشرفت در بیشتر محصولات مصرفی است. این مفهوم بدین معنی است که اشیاء مختلف مجهز به سنسورهایی هستند که می‌توانند تغییرات محیط را شناسایی و اندازه‌گیری کرده و نسبت به آن واکنش نشان دهند. تایرهای هوشمند شامل سنسورهای مختلفی بوده و پارامترهای گوناگون ازجمله دما و فشار را به‌طور مداوم اندازه می‌گیرند. باید توجه کرد که افزایش درجه حرارت یا فشار هوای داخل تایر می‌تواند اولین نشانه بروز آسیب در تایر باشد. پایش مرتب این پارامترها کمک می‌کند تا بتوان از وقوع آسیب جلوگیری کرد. سنسورهای قرار داده‌شده در تایر به‌طور دائم عملکرد آن را کنترل کرده و اطلاعات لازم را برای راننده ارسال می‌کنند. برای مثال وقتی این داده‌ها با داده‌های مربوط به وضعیت آب‌وهوا ترکیب شود، سیستم اطلاعاتی موجود در خودرو می‌تواند تصویری از شرایط رانندگی غالب را شکل دهد.

توجه به این نکته ضروری است که تایرها به‌عنوان تنها فصل مشترک بین خودرو و زمین، نقش مهمی را در ایمنی فعال خودرو بر عهده دارند. از این رو با توجه به این که عملکرد تایر با عملکرد خودرو و ایمنی راننده و سرنشین ارتباط مستقیمی دارد، برآورد پارامترهای قابل اعتماد آن بسیار مهم است. مطالعات متعددی [۳-۱] نشان می‌دهند که شرایط نامساعد جاده و نقص تایر نقش عمده‌ای در تصادفات جاده‌ای دارند. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت از نقطه‌نظر ایمنی در ترافیک، به یک تایر هوشمند با سیستم هشدار برای شرایط جاده، کنترل بهینه پارامترهای موثر، و سیستم تشخیص عیب در تایر که مقادیر مختلف را اندازه‌گیری می‌کند، نیاز است. مروری بر ادبیات موضوع نشان می‌دهد که مطالعات زیادی در مورد استفاده از تایرهای هوشمند متمرکز شده است؛ زیرا اعتقاد بر این است که این فناوری اطلاعات دقیق‌تری را درباره متغیرهای مربوط به تایر با استفاده از سنسورهایی که داخل آن نصب شده‌اند، ارائه می‌دهد. به‌عنوان یکی از اولین تحقیقات در این زمینه، اتحادیه اروپا پروژه‌ای را تحت عنوان آپولو[3] برای توسعه تایرهای هوشمند راه‌اندازی کرد که می‌تواند تغییر شکل آن‌ها را کنترل کند [۱ و ۴]. باید توجه کرد که پایش تغییر شکل یا کرنش تایر، این امکان را فراهم می‌کند تا با اطلاع از میزان اصطکاک بین تایرها و سطح جاده بتوان سیستم‌های کنترل تایر خودرو، مانند ABS، را بهینه کرد.

در سال‌های اخیر، اهمیت تحقیقات در مورد تایرهای هوشمند در سراسر دنیا درک شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که حجم زیادی از این فعالیت‌ها در کشورهای آمریکا، ژاپن و آلمان انجام گرفته است [۵ و ۶]. با در نظر داشتن موارد مختلف به‌دست‌آمده از تایر هوشمند، پارامترهای مختلفی مانند طول تماس، پدیده آب‌روندگی[4]، نیروهای طولی و جانبی، اصطکاک و زاویه لغزش را می‌توان با استفاده از سنسورهای مختلف تخمین زد. در این بین دما و فشار به دلیل اثر مستقیمی که بر ایمنی خودرو دارند، از جمله مهم‌ترین پارامترها هستند. طبق آمار در ۳۰ درصد تصادفاتی که در چین رخ می‌دهد، تایر مهم‌ترین عامل است. همچنین ۷۵ درصد تایرها از فشار مناسب برخوردار نبوده و یا در آن‌ها افت تدریجی فشار رخ می‌دهد. اگر هوای داخل تایر کافی نباشد، مقاومت غلتشی، مصرف سوخت و سایش تایر افزایش و در نتیجه عمر آن کاهش پیدا می‌کند. بررسی‌ها نشان می‌دهد افت فشار ۱۰ درصدی باعث کاهش ۱۵ درصدی عمر مفید تایر می‌شود. علاوه بر این، هر ۰/۲۱ بار کاهش از فشار مناسب، مصرف سوخت را ۱/۵ درصد افزایش می‌دهد. به همین دلیل برای افزایش امنیت و راحتی و نیز توجه به مولفه‌های اقتصادی، کنترل فشار و درجه حرارت تایر اهمیت بسیاری دارد. تایرهای هوشمند این پارامترها را به‌طور مرتب بررسی کرده و در صورت بروز شرایط غیرعادی به راننده هشدار می‌دهند. از میان پژوهش‌های انجام‌شده می‌توان به مقاله شیمتا[1] و

1. active safety 2. Internet of Things (IoT) 3. APOLLO 4. hydroplaning

همکاران[۷] اشاره کرد که در آن سخت‌افزاری شامل سنسورهای دما و فشار براساس ترکیب سنسورهای موج صوتی سطحی و فشار خازنی جهت توسعه تایرهای هوشمند پیشنهاد شد. در پژوهشی دیگر ژانگ[۲] و همکاران [۸] ساختار تایر هوشمندی که فشار و دمای تایر را با استفاده از سنسورهای موج صوتی سطحی[۳] غیرفعال بی‌سیم اندازه‌گیری می‌کند، بررسی کردند. براقین[۴] و همکاران [۹] به بررسی تجهیز تایر با سنسور به‌منظور برآورد پارامترهای تماسی حرکت پرداختند. مون[۵] و همکاران [۱۰] در مقاله خود استفاده از سنسور در ترد تایر را بررسی کردند. ماتسوزاکی[۶] و همکاران [۱۱] مطالعه خود را به فناوری‌های اصلی تایرهای هوشمند با تمرکز بر سنسورها و انتقال داده‌های بی‌سیم اختصاص دادند. نیسکانن[۷] و همکاران [۱۲] ناحیه تماس جاده و تایر را با استفاده از یک دوربین سرعت بالا و سه شتاب‌سنج متصل به تایر مطالعه کردند. طول تماس تایر روی جاده‌های خشک و خیس توسط مایتلاینن[۸] و همکاران [۱۳] بررسی شد. سینگ[۹] و طاهری [۱۴] در مقاله خود توسعه مدلی جهت تخمین نیروی اصطکاک بین تایر و جاده و کاربرد آن در سیستم کنترل شاسی را مطالعه کردند. در پژوهشی دیگر، کاربرد سنسورهای کرنشی پرینت‌شده در کنترل تایرهای هوشمند توسط هریری[۱۰] و همکاران [۱۵] بررسی شد. بهروزی‌نیا و همکاران [۱۶] با توسعه یک مدل المان محدود، به بررسی پارامترهای موثر بر رفتار تایر هوشمند پرداختند. به‌منظور شناسایی شرایط غیرعادی جاده، دوو[۱۱] و همکاران [۱۷] روشی را جهت تشخیص وضعیت سطح جاده براساس شتاب ارتعاش تولیدشده توسط گوشی هوشمند هنگام عبور از روی یک سطح غیرعادی پیشنهاد کردند. کیم[۱۲] و همکاران [۱۸] در مقاله خود الگوریتمی را جهت طبقه‌بندی وضعیت جاده با استفاده از داده‌های حاصل از تایر هوشمند و با به کار بردن شبکه هوش مصنوعی توسعه دادند.

در این مقاله، روند طراحی و ساخت تایر هوشمند در گروه صنعتی بارز شرح داده می‌شود. در نتیجه این فناوری جدید که می‌تواند فشار، دما و مسافت پیموده‌شده توسط تایر را اندازه‌گیری کند، یک ارتباط بین تایر، خودرو و راننده برقرار می‌شود. تایر هوشمند بارز دارای سه جزء اصلی شامل مجموعه سنسور داخل تایر، واحد کنترل داخل خودرو و برنامه کاربردی تلفن همراه است. بخش‌های مختلف این مقاله به شرح زیر است: در بخش دوم انواع سنسورها و مقادیر اندازه‌گیری مربوطه برای استفاده در تایر هوشمند ارائه می‌شود. بخش سوم به توضیح جزئیات مربوط به روند توسعه تایر هوشمند در بارز اختصاص دارد. سرانجام نتیجه‌گیری این مقاله در بخش چهارم بیان خواهد شد.

انواع سنسور در تایرهای هوشمند

به‌منظور شناسایی پارامترهای مختلف تایر، از انواع گوناگونی از سنسورها استفاده می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که به دلیل حرکات نسبی شدید اجزای تایر، نمی‌توان از این سنسورها در ساختار تایر استفاده کرد. به همین دلیل، سنسورها به‌طور کلی به لایه داخلی تایر متصل می‌شوند.

در میان انواع سنسورها، شتاب‌سنج‌های مبتنی بر سیستم‌های میکروالکترومکانیکی[۱۳] به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند. این سنسور از خطی بودن و پایداری سیگنال در طول زمان و عدم حساسیت به تغییر دما اطمینان می‌دهد [۹]. با توجه به این ویژگی‌ها، شتاب‌سنج‌ها برای نصب در تایر بسیار مناسب هستند. از سوی دیگر، انواع مختلفی از سنسورهای کرنشی براساس اصول مختلف اندازه‌گیری برای تخمین فشار در یک تایر در حال دوران توسعه داده شده‌اند. در این بین، مواد پیزوالکتریک برای اندازه‌گیری فشار به کار برده می‌شوند [۱۰]. این سنسورها انعطاف‌پذیری بالایی داشته و سازگاری مناسبی با لاستیک دارند. نوع دیگری از سنسورها از ابزار موج صوتی سطحی استفاده می‌کنند. این دستگاه از یک بستر پیزوالکتریک با ساختار فلزی، یعنی مبدل بین دیجیتالی[۱۴] به‌عنوان یک عنصر حسگر برای اندازه‌گیری مقادیر فیزیکی، و یک فرستنده و گیرنده رادار محلی تشکیل شده است. لازم به ذکر

1. Schimetta 2. Zhang 3. Surface Acoustic Wave (SAW) 4. Braghin 5. Moon 6. Matsuzaki 7. Niskanen 8. Matilainen 9. Singh 10. Hariri 11. Du 12. Kim 13. Microelectromechanical Systems (MEMS) 14. Interdigital Transducer (IDT)

است این نوع از سنسورها کاملاً غیرفعال بوده و از این رو به منبع تغذیه نیازی ندارند، به همین دلیل برای ارتباطات بی‌سیم مناسب هستند. هر چند باید توجه کرد که نصب چندین سنسور از این نوع به دلیل اصول عملیاتی آن‌ها، بسیار مشکل است. از این سنسورها می‌توان برای بررسی میزان تغییر شکل آج تایر و نیز اندازه‌گیری اصطکاک استفاده کرد [۱۹]. لازم به ذکر است که سنسورهای کرنشی به شتاب‌سنج‌ها ترجیح داده می‌شوند، زیرا می‌توانند به‌طور مستقیم با تغییر شکل تایر و شرایط عملکردی آن ارتباط داشته باشند. علاوه بر این به‌طور کلی میزان نویز سنسورهای کرنشی کم‌تر از انواع شتاب‌سنج‌ها بوده و مقدار اندازه‌گیری‌شده تحت تاثیر سرعت چرخش تایر نیست [۱]. برای پایش تغییر شکل کلی تایر از سنسورهای نوری نیز استفاده می‌شود [۱]. در این سیستم‌ها، یک دیود نوری به لایه داخلی تایر متصل شده و نور آن از طریق لنز بر روی ردیاب موقعیت قرار داده‌شده روی طوقه (رینگ) متمرکز می‌شود. طبق مطالعات می‌توان گفت که سنسورهای نوری بهترین انتخاب برای تخمین نیروی چرخ بوده و می‌توانند تمام نیروهای آن را با دقت خوبی اندازه‌گیری کنند [۲]. علاوه بر سنسور نوری، از سنسورهای فاصله‌ای فراصوت[1] نیز برای اندازه‌گیری تغییر شکل عمودی تایر تحت بار استفاده می‌شود. این سنسورها بر روی پایه چرخ سوار شده و فاصله سنسور تا دیواره داخلی مخالف تایر را اندازه‌گیری می‌کنند [۲۰]. علاوه بر این می‌توان دمای داخلی تایر را به‌طور معکوس اندازه‌گیری کرد، زیرا این فاصله بر اساس سرعت صوتی تعیین می‌شود که خود تابع دما است.

توجه به این نکته ضروری است که سنسورهایی که برای کنترل رفتار تایر به کار می‌روند شامل دو نوع فعال[2] و غیرفعال[3] هستند. اشکال سنسورهای غیرفعال در این است که این نوع از سنسورها به یک سیستم جمع‌آوری داده که به‌طور جداگانه پیاده‌سازی می‌شود نیاز دارند. در نقطه مقابل، سنسورهای فعال گران‌تر بوده و برای تایرهای هوشمند مناسب هستند. این سنسورها به یک منبع تغذیه جداگانه نیاز دارند، که معمولاً باتری است. در نتیجه پس از تخلیه باید تعویض شوند. همین موضوع سبب شده است که در سال‌های اخیر مفهوم برداشت انرژی[4] بسیار مورد توجه قرار گیرد. این فناوری روشی جالب برای جذب بخشی از انرژی است که به‌دلیل گرما و ارتعاشات هدر می‌رود [۲۱].

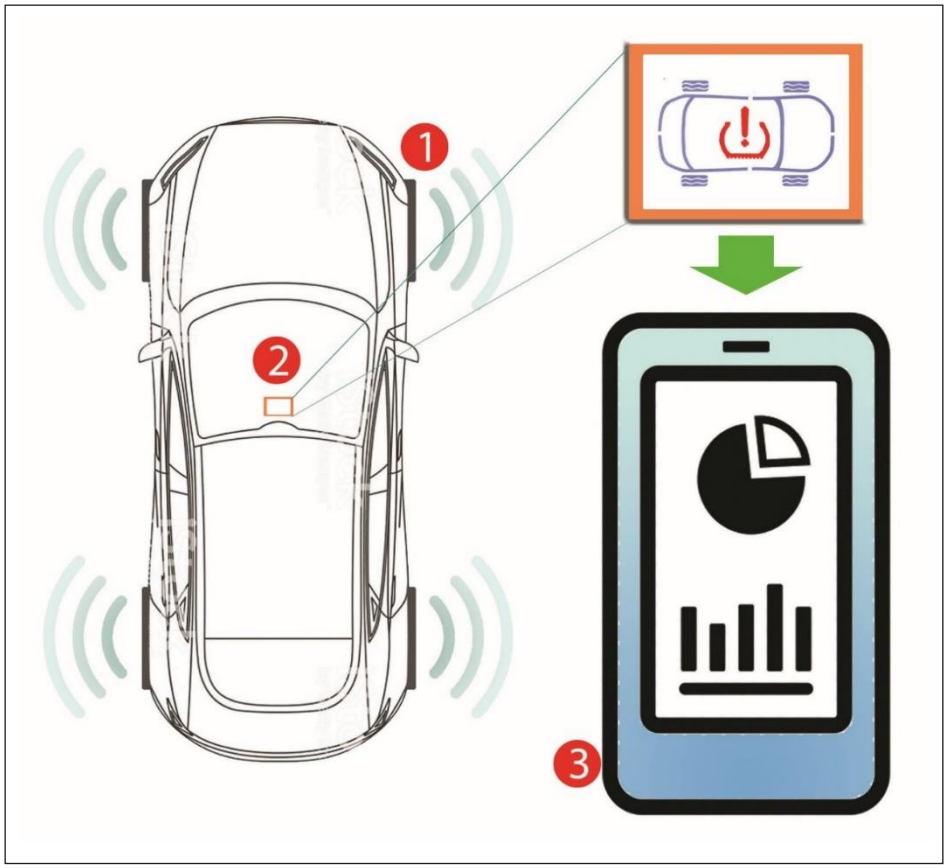
تایر هوشمند بارز

صنعت تایر در حال حاضر اولین قدم‌ها را به سمت تایر هوشمند برداشته است. به همین دلیل از انواع مختلف سنسور جهت پایش پارامترهای موثر بر عمر و عملکرد تایر استفاده می‌شود. گروه صنعتی بارز به‌عنوان بزرگ‌ترین و مطرح‌ترین تولیدکننده تایر در کشور، تایر هوشمندی را طراحی و ساخته است که دما، فشار و میزان مسافت طی‌شده را به‌طور مرتب اندازه‌گیری می‌کند. باید توجه کرد که در حال حاضر تایرها عناصری غیرفعال هستند. این موضوع بدین معنی است که تایرها اگرچه عملکردی را که برای آن طراحی شده‌اند انجام می‌دهند، ولی نه شرایط تماس یا کاری را اندازه می‌گیرند و نه عملکرد کنترل‌شده‌ای بر رفتار خودرو دارند. در واقع قرار گرفتن در موقعیتی فوق‌العاده به‌عنوان تنها رابط بین جاده و خودرو، این امکان را فراهم می‌کند تا با استفاده از تایر هوشمند بتوان ایمنی خودرو و سرنشینان آن را افزایش داد و به سمت ایمنی فعال حرکت کرد.

تایر هوشمند بارز دارای سه جزء اصلی شامل مجموعه سنسور داخل تایر، واحد کنترل داخل کابین خودرو و برنامه کاربردی تلفن همراه هوشمند است. طرح کلی این تایر در شکل ۱ نشان داده شده است.

مجموعه سنسوری که در داخل تایر قرار داده می‌شود مقادیر دقیق فشار، دما و مسافت پیموده‌شده تایر را اندازه‌گیری می‌کند. این اطلاعات به‌طور مستقیم به واحد کنترل داخل خودرو و از آن به تلفن همراه راننده ارسال می‌شود. لازم به ذکر است که هرگاه این واحد خطایی را در داده‌های تایر تشخیص دهد، اخطار لازم را به تلفن همراه راننده ارسال می‌کند. برنامه کاربری طراحی‌شده در

1. ultrasonic 2. active 3. passive 4. energy harvesting



شکل ۱- طرح کلی تایر هوشمند بارز

واقع یک رابط بین مجموعه سنسور و واحد کنترل بوده و اطلاعات لازم درباره شرایط کاری تایر را در اختیار راننده قرار می‌دهد. نمایش دقیق همراه با کانتور رنگی و کدگذاری‌شده به راننده این امکان را می‌دهد تا کار کردن تایرها را در محدوده مطلوب پایش کند.

روند طراحی و ساخت تایر هوشمند بارز به‌ترتیبی بوده است که این تایر بتواند قبل از رانندگی، در حین رانندگی و بعد از رانندگی به راننده خودرو کمک کند:

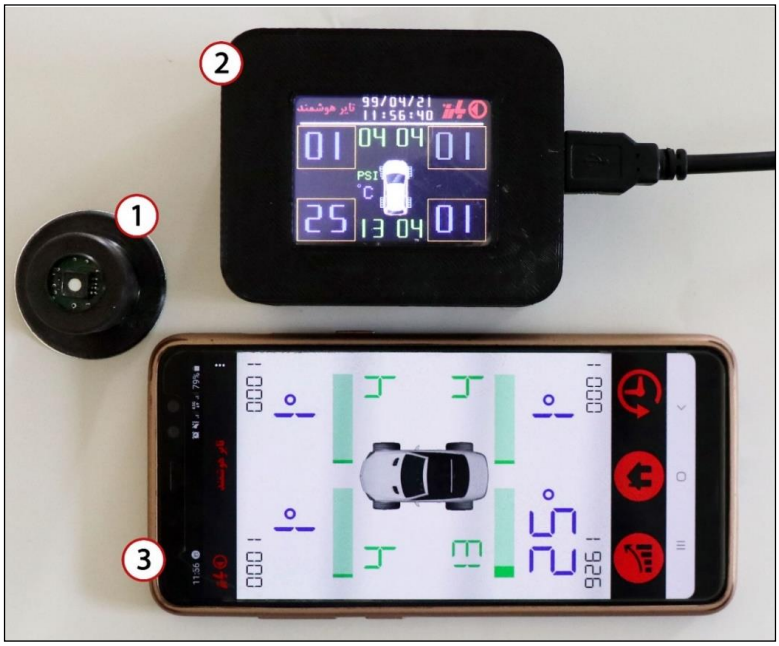
- قبل از رانندگی: برنامه کاربردی تلفن همراه مناسب‌ترین فشار را برای وسیله نقلیه توصیه می‌کند.
- حین رانندگی: مجموعه سنسور اطلاعات مربوط به فشار و دمای هر چهار تایر خودرو را درلحظه[1] اندازه‌گیری و کنترل می‌کند. همچنین مسافت پیموده‌شده توسط تایر اندازه‌گیری و ثبت می‌شود.
- بعد از رانندگی: این اطلاعات ذخیره شده و بعد از پایان سفر در دسترس است. از این داده‌ها می‌توان برای پایش وضعیت عملکرد تایر و نقش پارامترهای مختلف بر عمر آن استفاده کرد. همچنین امکان به کار بردن آن‌ها جهت بازطراحی تایر فراهم خواهد شد.

اجزای اصلی تایر هوشمند بارز در شکل ۲ نشان داده شده است: برای نصب سنسورهای طراحی‌شده به تایر، پارامترهای مختلفی باید در نظر گرفته شوند. نکته اول این است که به دلیل پایین بودن سختی لاستیک، امکان استفاده از سنجه‌های تراشه‌ای وجود

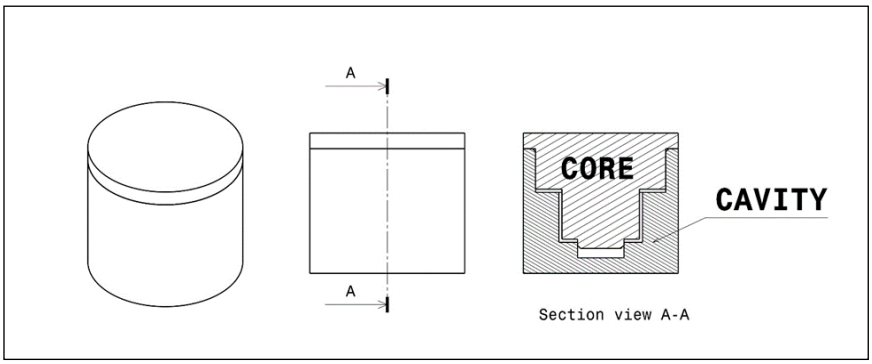
1. real-time

ندارد. تفاوت زیاد در سختی ممکن است باعث جدایش سنسور از لاستیک تایر یا تاثیر منفی بر عملکرد تایر شود، زیرا این سنسورها خود مانع تغییر شکل تایر می‌شوند. دومین نکته این است که از لحاظ مکانی امکان‌پذیر نیست که بتوان سنسورهای بزرگ را در فضای خاص، مانند داخل تایر، نصب کرد. علاوه بر این، استفاده از سنسورهای گران‌قیمت از لحاظ اقتصادی مقرون‌به‌صرفه نخواهد بود، زیرا تایرها اغلب محصولاتی ارزان‌قیمت هستند.

در آخرین مرحله از مراحل مربوط به ساخت تایر هوشمند، مجموعه سنسور باید به لایه داخلی تایر متصل شود. مشخص است که برای محافظت از این سنسورها به یک غلاف نگه‌دارنده نیاز است. تجزیه‌وتحلیل انجام‌شده توسط محققان گروه صنعتی بارز نشان می‌دهد که اگر جنس این غلاف و لایه داخلی تایر یکسان باشد، پیوند بین آن‌ها در مطمئن‌ترین سطح خواهد بود. با در نظر داشتن این مهم، غلاف محافظ با استفاده از پرس هیدرولیکی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵ دقیقه قالب‌گیری فشاری شد. نقشه به کار گرفته‌شده برای ساخت این غلاف در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲- اجزای اصلی تایر هوشمند بارز: ۱) مجموعه سنسور، ۲) واحد کنترل، ۳) برنامه کاربردی تلفن همراه (توجه شود که در شکل بالا تنها یک سنسور به واحد کنترل متصل شده است.)



شکل ۳- نقشه غلاف محافظ

به‌منظور اتصال غلاف به لایه داخلی تایر، مقایسه‌ای بین چسب‌های مختلف با در نظر داشتن مقاومت پیوند انجام شد. بررسی‌ها نشان داد که چسب با پایه پولی‌یورتان از توانایی لازم برای ایجاد پیوند مناسب برخوردار است. در نتیجه استفاده از این چسب، پیوند ایجادشده بین غلاف و لایه داخلی تایر به اندازه کافی قوی خواهد بود. به‌منظور اطمینان از صحت عملکرد تایر هوشمند و عدم جدایش مجموعه سنسور، تست‌های لازم مطابق با استانداردهای موجود در مرکز آزمون محصول انجام شد. در طی تست سرعت با مدت زمان کارکرد ۴ ساعت، مراحل کارکرد ۵ مرحله، مسافت طی شده ۳۷۰ کیلومتر و زاویه تماس تایرها صفر درجه؛ غلاف محافظ مجموعه سنسور از تایر جدا نشده، و ضمن ارسال داده از سنسور، تایر عملکرد همیشگی خود را نشان داد. ذکر این که نکته ضروری است که پس از انجام تست‌های داخلی لازم، تایر هوشمند بارز جهت بررسی عملکرد و جمع‌آوری داده در حال تست زیر خودرو بوده و نتایج مربوط به تحلیل داده‌های آن در مقالات بعدی ارائه خواهد شد.

نتیجه‌گیری

به‌منظور برآورده کردن الزامات مربوط به ایمنی تایر، به‌ویژه برای خودروهای خودران، صنعت خودرو به دنبال یک سیستم جامع مقرون‌به‌صرفه برای ردیابی بهتر شرایط تایر است. تایر هوشمند نوع جدیدی از تایر است که پارامترهای موثر بر عملکرد و عمر آن را به‌طور مرتب پایش می‌کند. تایر هوشمند ساخته‌شده توسط گروه صنعتی بارز فشار، دما و میزان مسافت پیموده‌شده را به‌طور دائم اندازه‌گیری کرده و به واحد کنترل داخل خودرو ارسال می‌کند. در صورت بروز هرگونه شرایط غیرعادی، با استفاده از برنامه کاربردی تلفن همراه به راننده هشدار داده خواهد شد. همچنین، داده‌های ثبت‌شده در طول سفرهای مختلف می‌توانند در این برنامه مشاهده، مقایسه و به اشتراک گذاشته شوند. بدین ترتیب می‌توان خصوصیات مختلف تایر را کنترل کرد و اقدامات لازم را جهت افزایش ایمنی خودرو و سرنشینان انجام داد.

سپاسگزاری

IRM ...

شکل ۴- مجموعه سنسور و غلاف محافظ آن

مراجع

1. APOLLO Consortium: Intelligent tyre systems-State of the art and potential technologies (2003). Technical Research Centre of Finland (VTT), APOLLO Deliverable D7 for Project IST-2001–34372.
2. APOLLO Consortium: Final report including technical implementation plan (annex) (2005). Technical Research Centre of Finland (VTT), APOLLO Deliverable 22/23 for Project IST-2001-34372. 2005.
3. European Transport Safety Council Road accident data in the enlarged European Union (2006), pp. 1-30.
4. Makinen, T. and Wunderlich, H. (2002). Intelligent tyre promoting accident-free traffic. In Proceedings. The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems.
5. Lee, H. and Taheri S (2017). Intelligent tires? A review of tire characterization literature. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 9(2), pp. 114-135.
6. Wang, F.Y., Shan, G.L., Li, L., Wang, Z.Y., and Wang C.Z. (2002). The research of smart tire and correlative core techniques. Tire Industry Sinica, 22(12), pp. 713-719.
7. Schimetta, G., Dollinger, F., Scholl, G., and Weigel, R. (2000). Wireless pressure and temperature measurement using a SAW hybrid sensor. In 2000 IEEE Ultrasonics Symposium. Proceedings. An International Symposium, 1, pp. 445-448.
8. Zhang, X., Wang, F., Wang, Z., Li, W., and He, D. (2004). Intelligent tires based on wireless passive surface acoustic wave sensors. In Proceedings. The 7th International IEEE Conference on Intelligent Transportation System, pp. 960-964.
9. Braghin F., Brusarosco M., Cheli F.E., Cigada A., Manzoni S., and Mancosu F. (2006). Measurement of contact forces and patch features by means of accelerometers fixed inside the tire to improve future car active control. Vehicle System Dynamics. 44 (1), pp. 3-13.
10. Moon, K.S., Liang, H., Yi, J. and Mika, B. (2007). Tire tread deformation sensor and energy harvester development for smart-tire applications. In Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems. 6529, p. 65290K.
11. Matsuzaki, R. and Todoroki, A. (2008). Wireless monitoring of automobile tires for intelligent tires. Sensors, 8(12), pp.8123-8138.
12. Niskanen, A.J. and Tuononen, A.J. (2014). Three 3-axis accelerometers fixed inside the tyre for studying contact patch deformations in wet conditions. Vehicle System Dynamics, 52 (1), pp.287-298.
13. Matilainen, M. and Tuononen, A. (2015). Tyre contact length on dry and wet road surfaces measured by three-axial accelerometer. Mechanical Systems and Signal Processing, 52, pp.548-558.
14. Singh, K.B. and Taheri, S. (2015). Estimation of tire–road friction coefficient and its application in chassis control systems. Systems Science & Control Engineering, 3 (1), pp.39-61.
15. Hariri, H., Kim, J., Kim, W.S., Frechette, L.G. and Masson, P.)2017(. Performance validation of printed strain sensors for active control of intelligent tires. Applied Acoustics, 123, pp.73-84.
16. Behroozinia, P., Khaleghian, S., Taheri, S., and Mirzaeifar, R. (2020). An investigation towards intelligent tyres using finite element analysis. International Journal of Pavement Engineering, 21(3), pp.311-321.
17. Du, R., Qiu, G., Gao, K., Hu, L., and Liu, L. (2020). Abnormal road surface recognition based on smartphone

acceleration sensor. Sensors, 20 (2), p.451.

18. Kim, H.J., Han, J.Y., Lee, S., Kwag, J.R., Kuk, M.G., Han, I.H., and Kim, M.H. (2020). A Road Condition Classification Algorithm for a Tire Acceleration Sensor using an Artificial Neural Network. Electronics, 9 (3), p.404.
19. Pohl, A., R. Steindl, and L. Reindl, (1999). The intelligent tire utilizing passive SAW sensors measurement of tire friction. IEEE transactions on instrumentation and measurement, 48 (6), Dec, pp. 1041-1046.
20. Magori, V., Magori, V.R., and Seitz, N. (1998). On-line determination of tyre deformation, a novel sensor principle. in 1998 IEEE Ultrasonics Symposium. Proceedings.
21. Esmaeeli, R., Aliniagerdroudbari, H., Hashemi, S.R., Nazari, A., Alhadri, M., Zakri, W., Mohammed, A.H., Batur, C. and Farhad, S. (2019). A rainbow piezoelectric energy harvesting system for intelligent tire monitoring applications. Journal of Energy Resources Technology, 141(6).

Real-time analysis of the effective tire characteristics by using smart tires

A.H. Shahdadi[1,*], A. Ashofteh[2], M. Nematollahi[3]

1. PhD, Mechanical Engineering, Barez Industrial Group Innovation Center, Tehran, Iran
2. PhD, Mechanical Engineering, Innovation Center of Barez Industrial Group, Tehran, Iran
3. PhD, Polymer Engineering, Innovation Center of Barez Industrial Group, Tehran, Iran

*Corresponding author Email: shahdadi_a@barez.com

Abstract: Over the past few years, vehicle safety technology has evolved drastically. Tires are one of the core components of the vehicle that determine performance and play a major role in its safety. They carry the vehicle load and are the only contact with the road surface. As a result, tires contain useful information about tire temperature and pressure, wheel load, tire wear, and changing road conditions. Smart tires have the potential to be widely used to enhance the safety of road transportation systems by providing effective parameters on the performance and safety of tires. On the other hand, the rise of global security and the emergence of concepts such as the Internet of Things (IoT) have driven tire industries to produce smart tires. In this paper, the design and manufacturing processes of the smart tire in Barez Industrial Group is explained. This new tire measures pressure, temperature, and mileage of the tire constantly. The Barez smart tire has three main components including the sensor package installed inside the tire, the control unit placed inside the vehicle cabin, and a smartphone application, which is the communication route between the tire and the driver.

Keywords: Smart tire, IoT, active safety, intelligent transportation

DOI: 10.22034/irm.2021.136710