نشریه صنعت لاستیک ایران
سال۴۶/شماره ۱۰۶/ تابستان۱۴۰۱

علمی- فنی

# ردیابی و ردگیری تایر با استفاده از فناوری شناسایی با فرکانس رادیویی

# Tracing and tracking of a tire using radio frequency identification technology

## چکیده

**فناوری شناسایی فرکانس رادیویی تقریباً در تمام زمینه‌هایی که عملیات لجستیکی در آن‌ها انجام می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. از سوی دیگر، نیازمندی‌های امروزه صنعت تایر به‌ویژه در شرکت‌هایی که بازار فروش جهانی دارند، ردیابی، ثبت اطلاعات محصولات و شناسایی یکتای تایر را در زنجیره مصرف حیاتی نموده است. تایرها با یک کد چهاررقمی که نشان‌دهنده هفته و سال تولید آن‌ها است شناسایی می‌شوند، اما هر تایر تولیدی کد شناسایی یکتا ندارد. لذا محدودیت‌های موجود در درج اطلاعات روی تایر و معضلات ناشی از عدم شفافیت در شناخت و ردیابی تایرهای تولیدی در کل چرخه عمر، سبب شده است تا صنایع پیشگام به سمت استفاده از فناوری‌هایی نظیر فناوری بارکد و فناوری شناسایی با فرکانس رادیویی حرکت کنند. در این مقاله تلاش شده است تا ضمن مروری بر مهم‌ترین موارد مرتبط با فناوری RFID، نتایج مربوط به بررسی عملکرد دو نوع تگ در تایرهای TBR گروه صنعتی بارز شرح داده شود.**

کلمات کلیدی: ردیابی و ردگیری، شناسایی یکتا، فناوری شناسایی با فرکانس رادیویی، زنجیره تأمین هوشمند، مدیریت زنجیره ارزش

نوع مقاله: پژوهشی

امیرحسین شهدادی[1*]
۱-مرکز نوآوری گروه صنعتی بارز

ایمیل نویسندگان و عهده‌دار مکاتبات:
1-*shahdadi_a@barez.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰-۰۸-۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰-۱۰-۱۲

## مقدمه

در سال‌های اخیر فناوری شناسایی با فرکانس رادیویی[1] در صنایع مختلف و بسیاری از حوزه‌های کاربردی مانند تدارکات خریدوفروش، شرکت‌های تولیدی و سیستم‌های مربوط به جریان مواد کاربرد پیدا کرده است [۱]. در این تکنولوژی به‌جای روش‌های نوری نظیر بارکد[2]، از امواج رادیویی استفاده می‌شود. فناوری RFID مزایای زیادی نسبت به فناوری بارکد دارد؛ از آن جمله می‌توان به ضد آب بودن، مقاومت در برابر درجه حرارت بالا، عمر طولانی، محدوده مؤثر بزرگ و حجم ذخیره‌سازی زیاد اشاره کرد. همین موارد سبب شده است تا استفاده از فناوری شناسایی با فرکانس رادیویی موردتوجه صنایع مختلف قرار بگیرد. به‌کارگرفتن فناوری RFID درنهایت باعث شفافیت بیشتر و کاهش هزینه‌های عملیاتی می‌شود. این فناوری همچنین دارای توانایی بسیاری برای مدیریت کیفیت در سراسر زنجیره تأمین و اضافه‌کردن ارزش به آن است. پیاده‌سازی فناوری شناسایی با فرکانس رادیویی در گسترش روزافزون استفاده از مفهوم اینترنت اشیا[3] نیز تأثیر زیادی داشته است [۲].

در شرکت‌های تایرساز، جمع‌آوری و ذخیره داده‌های مواد یا محصول برای کنترل فرایند تولید و ردیابی کیفیت محصول مهم است. در حال حاضر در بسیاری از این شرکت‌ها فناوری بارکد برای جمع‌آوری داده‌های لجستیک در فرایند تولید تایر به کار گرفته شده و از آن به‌عنوان شناسه منحصربه‌فرد هر محصول، محصول نیمه‌ساخته یا جریان مواد استفاده می‌شود. درنتیجه اگر برخی از محصولات نهایی یا نیم‌سوخته از لحاظ کیفی دچار مشکل باشند، می‌توان ایراد آن‌ها را باتوجه‌به بارکد اختصاص‌یافته پیدا کرد. درعین‌حال باید توجه کرد که فناوری بارکد می‌تواند با مشکلات پیش‌بینی‌نشده‌ای همراه باشد. نخست آن که در طول فرایند تولید، همه اسناد مربوطه نیاز به اسکن بارکد دارند. در نتیجه انجام عملیات چاپ و اسکن زمان زیادی را به خود اختصاص داده و ممکن است مشکلاتی را در روند تولید ایجاد کند. نکته دیگر این است که به دلیل حجم بالای کار، رخ‌دادن اشتباه از سوی اپراتورها اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. باید توجه کرد که نمی‌توان اطلاعات اشتباه را بلافاصله یافت و این موارد به مرحله بعد منتقل می‌شوند. درواقع در هنگام بروز مشکل، هیچ‌کس نمی‌داند که این مورد چه زمانی و چگونه ایجاد شده است. همچنین باید توجه کرد که استفاده از بارکد با محدودیت‌هایی همراه است، زیرا بارکدهای چاپ‌شده در طول تولید و/یا عملکرد عادی تایرها ممکن است حذف یا خراب شوند، در نتیجه خوانش آن‌ها غیرممکن شده یا با مشکل روبه‌رو خواهد شد. توسعه سریع پردازش اطلاعات منجر به ظهور رویکردهای جدیدی برای بهبود مدیریت محصول با استفاده از روش‌های مبتنی بر RFID شده است. امروزه در کاربردهای صنعتی، استفاده از این فناوری برای اجرای فرایندهای ردیابی، به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد آن، به‌سرعت در حال گسترش است [۳]. صنعت تایر نیز از این قاعده مستثنی نبوده و شرکت‌های بسیاری از این تکنولوژی برای ردیابی تایرهای خود، نه فقط در فرایند تولید بلکه در تدارکات انبار و مدیریت موجودی استفاده می‌کنند. این کار باعث کاهش خطاهای اجرایی، هزینه‌های کارگری و غیره می‌شود. مزایای متعدد فناوری RFID، همچون توانایی بالا در تحمل تنش‌های مکانیکی و دمای بالا، به استفاده از آن در شرایط سخت صنعتی کمک می‌کند [۴].

شناسایی با استفاده از تگ‌های RFID در صنعت تایر، در عین مزایای فراوان با چالش‌هایی ازجمله ایجاد عیوب در تایر، عدم شناسایی پس از پخت، هزینه بالا و فاصله خوانش مواجه است [۵]. این تگ‌ها در حین فرایند ساخت در تایر قرار گرفته و برای مدیریت تولید و پایش فرایندهای بعدی و همین‌طور ذخیره‌سازی اطلاعات تولید تایر و مدیریت کیفیت

1 Radio Frequency Identification (RFID)
2. Barcode technology
3. Internet of Things (IoT)

محصول به کار می‌روند. بدین ترتیب شناسایی یکتای تایر در کل چرخه عمر آن امکان‌پذیر خواهد شد. درواقع بعد از اسکن تایرهای مجهز به تگ، اطلاعاتی شامل تاریخ تولید، شماره بچ، مدل و ماشین سازنده به‌سرعت در دسترس خواهد بود. درنتیجه انبارش اتوماتیک، انتقال داده‌های فهرست موجودی و بسیاری از مواد دیگر ممکن می‌شود. علاوه بر این با استفاده از داده‌های ذخیره‌شده، شرکت‌های عظیم حمل‌ونقل می‌توانند درباره میزان تخصیص تایر، نگه‌داری و تعمیر تایر و همین‌طور مدیریت موجودی تصمیم‌گیری کنند [۶]. در حال حاضر و باتوجه‌به استاندارد ISO TC31 WG10 RFID Tire tags، استفاده از فناوری RFID بیش‌ازپیش در صنعت تایر موردتوجه قرار گرفته است. استفاده روزافزون از این تکنولوژی در شرکت‌های تایرسازی منجر به شفافیت بیشتر، مدیریت تایرهای برگشتی و خرابی تولید و کنترل بهتر مواد اولیه خواهد شد. بر اساس اطلاعات موجود چهار استاندارد در زمینه استفاده از فناوری RFID در صنعت تایر به شرح زیر تدوین شده است:

- ISO/NP ۲۰۹۰۹ که به تگ‌های RFID مخصوص تایر اختصاص دارد.
- ISO/NP ۲۰۹۱۰ که به کدگذاری تگ‌های RFID مخصوص تایر اختصاص دارد.
- ISO/NP ۲۰۹۱۱ که به روش‌های جاسازی تگ‌های RFID در تایر و طبقه‌بندی فنی آن‌ها اختصاص دارد.
- ISO/NP ۲۰۹۱۲ که به روش‌های انطباق تست RFID اختصاص دارد.

مروری بر ادبیات موضوع نشان می‌دهد که شناسایی تایر با استفاده از فناوری RFID موردتوجه محققان بوده است. لی[1] و جئونگ[2] [۷] روند توسعه روش‌های مختلف به‌منظور شناسایی تایر را موردمطالعه قرار دادند. وانگ[3] و همکاران [۸] در مقاله خود استفاده از فناوری RFID را به‌منظور بهبود کارایی ردیابی تایر و بهبود مدیریت انبار تایر مطالعه کردند. کوواویساراچ[4] و همکاران [۹] اثربخشی استقرار سیستم RFID را در کسب اطلاعات برای مدیریت تایرها با استفاده از این فناوری در یک شرکت تایرساز بررسی کردند. گائو[5] و همکاران [۱۰] یک چارچوب مبتنی بر فناوری RFID را برای جمع‌آوری داده‌های تولید و ردیابی مشکل کیفیت در شرکت‌های تولیدکننده تایر ارائه کردند. شائو[6] و همکاران [۱۱ و ۱۲] در مقالات خود روند طراحی و ساخت تگ‌های RFID مخصوص تایر را که از انعطاف‌پذیری مناسبی برخوردار بوده و پهنای باند کافی را فراهم می‌کنند، تشریح کردند. در مقاله‌ای دیگر، ساندارام[7] و همکاران [۱۳] روند طراحی و ساخت نوعی خودروی هوشمند را با استفاده از فناوری RFID توضیح دادند. روش‌های مختلف استفاده از تگ‌های RFID در تایر و اتخاذ رویکردهای مناسب جهت غلبه بر چالش‌های مکانیکی و الکتریکی موجود و نیز نتایج استفاده از یک تگ نمونه در تایر توسط ساینی[8] و همکاران [۱۴] ارائه شد. هان و همکاران [۱۵] در مقاله خود روند توسعه و استفاده از فناوری RFID را در شرکت تایرسازی کومهو تشریح کردند. ناپی[9] و همکاران [۴] از فناوری RFID برای نظارت بر زمان واقعی ولکانیزاسیون تایر استفاده کردند. در مقالاتی دیگر، سارسری[10] و همکاران [۱۶ و ۱۷] روند طراحی و ساخت تگ RFID مخصوص تایر را که از لحاظ شکل و ابعاد بهینه شده بود، ارائه کردند. دونی[11] و همکاران [۱۸] پژوهش خود را به استفاده از فناوری RFID به‌منظور بهینه‌سازی سیستم کنترل تایر خودروهای سنگین با به‌کاربستن روش‌های کمّی اختصاص دادند. در مطالعه‌ای دیگر، سیستمی جهت تجهیز تایر به تگ‌های RFID و خوانش آن‌ها روی نوار نقاله توسط کاکامی و همکاران [۱۹] پیشنهاد شد. باتوجه‌به این که داده زیادی با استفاده از فناوری RFID حاصل می‌شود، برندوی[12] و بورکهلدر[13] [۲۰] با استفاده از روش ماشین‌های برداری

1. Lee
2. Jeong
3. Wang
4. Kovavisaruch
5. Gao
6. Shao
7. Sundaram
8. Saini
9. Napi
10. Sarsri
11. Donny
12. Brandewie
13. Burkholder

پشتیبان[1] الگوریتمی را جهت طبقه‌بندی تایر پیشنهاد کردند. اینتراچوات[2] و چانسری[3] [۲۱] تأثیر فناوری RFID را بر مدیریت زنجیره تأمین در صنعت تایر مورد بررسی قرار دادند. بدریف و همکاران [۶] نیز با ارائه یک روش شناسایی دومرحله‌ای مبتنی بر فناوری RFID، روند انتقال تایر را از محل تولید تا محل توزیع و فروش ردیابی کردند.

## انواع تگ‌های RFID

تگ‌های فرستنده در فناوری RFID را می‌توان در دودسته اصلی طبقه‌بندی کرد: فعال[4] و غیرفعال[5][۲۲]. تگ‌های فعال به یک منبع تغذیه نیاز دارند، درحالی‌که تگ‌های غیرفعال از انرژی فرکانس رادیویی تابش شده توسط فرستنده/گیرنده استفاده می‌کنند. به‌طورکلی، برای توسعه یک سیستم RFID قوی برای تایرهای خودرو، دو چالش اساسی وجود دارد. اولین مورد قابلیت اطمینان و کارایی ارتباط فرکانس رادیویی بین تگ و ریدر[6] و دومین مورد مربوط به مقاومت ساختاری و دوام تگ است. بررسی‌ها نشان می‌دهد ساده‌ترین راه ردیابی و ردگیری تایر، تجهیز آن به تگ RFID غیرفعال[7] است [۴]. تگ به‌کاررفته در تایر نباید بر پارامترهای کیفیت و ایمنی تایر اثر بگذارد. همچنین باید توانایی تحمل شرایط بسیار شدید ازجمله دمای بالا، فشار بالا و تغییر شکل‌های خمشی در حین تولید و مصرف را داشته باشد. این تگ باید در طول عمر تایر دوام داشته و استفاده از تایر نباید بر قابلیت اطمینان آن اثرگذار باشد. چیپ فرکانس رادیویی به‌کاررفته در تگ به مواد رسانا بسیار حساس است. ازاین‌رو برای اطمینان از عملکرد کدگذاری روی تگ و خواندن اطلاعات آن، باید مسئله مسدود شدن سیگنال‌های UHF به‌وسیله کربن سیاه، فلز و سایر رساناها در نظر گرفته شود [۶]. نکته دیگری که باید به آن توجه کرد بررسی روش‌های مناسب جهت متصل کردن کامل تگ به تایر است تا بتوان از امنیت و کیفیت تایر اطمینان حاصل نمود.

مطابق با استاندارد ISO ۲۰۹۰۹ سه نوع تگ قابل جاسازی[8]، قابل اتصال[9] و برچسبی[10] در انواع مختلف تایر قابل‌استفاده است. این نوع تگ‌ها در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

شکل ۱: انواع تگ‌های RFID مطابق با استاندارد ISO ۲۰۹۰۹

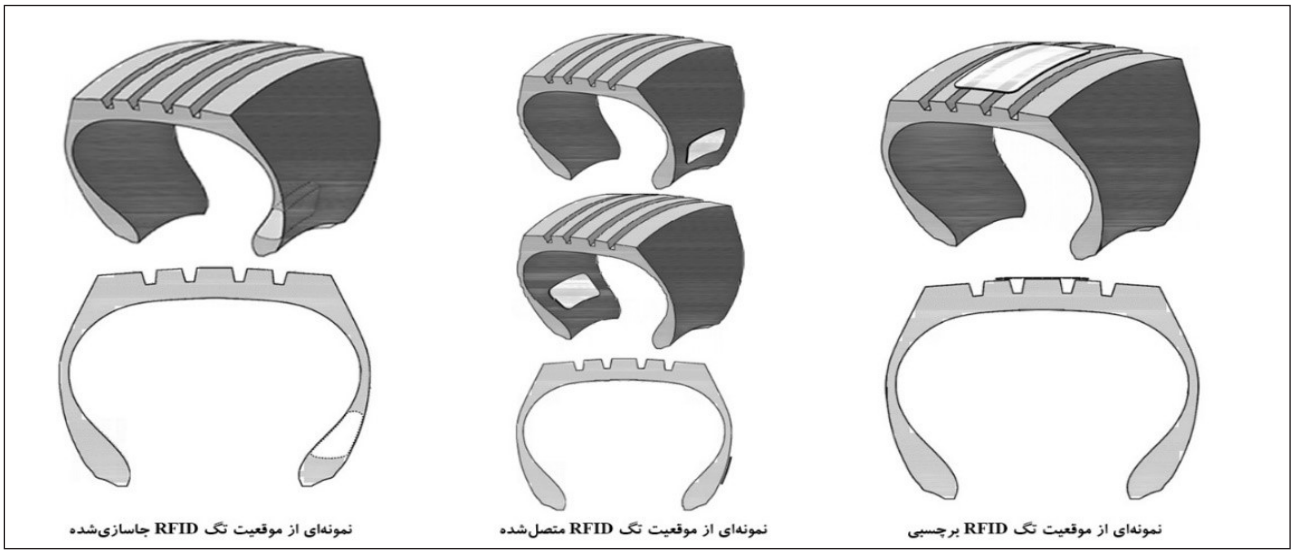
1. Support Vector Machines (SVMs)
2. Intarachoat
3. Chansri
4. active
5. passive
6. reader
7. passive
8. embedded
9. patch
10. sticker

تگ RFID که در صنعت تایر از آن استفاده می‌شود، معمولاً شامل ماژول RFID و آنتن است. این تگ همچنین ممکن است شامل صفحه مدارچاپی نیز باشد. در شکل ۲ نمونه‌ای از تگ RFID نشان‌داده‌شده است.

شکل ۲: پیکربندی تگ RFID، ۱) ماژول RFID، ۲) آنتن، ۳) صفحه مدارچاپی

## طبقه‌بندی فناوری RFID در صنعت تایر

ازجمله کاربردهای مختلف فناوری RFID در صنعت تایر می‌توان به استفاده از آن در مواردی همچون لجستیک تولید، مدیریت موجودی و زنجیره تأمین تایر، مدیریت تایر ناوگان حمل‌ونقل، و شرکت‌های روکش کننده تایر اشاره کرد. در استاندارد ISO ۲۰۹۱۱ موارد مربوط به استفاده از تکنولوژی شناسایی با فرکانس رادیویی در صنعت تایر در جهت شناسایی یکتای تایر و الزامات مربوط به روش‌های اتصال تگ‌های RFID مخصوص آن تشریح شده است. باید توجه کرد که از آن جایی که تایر به‌صورت کامپوزیتی بوده و از لایه‌ها و آمیزه‌های متعددی تشکیل شده است، تگ RFID قابل جاسازی را می‌توان داخل و یا بین هر لایه در تایر و در حین هر نقطه از فرایند ساخت آن به کار برد. از تگ‌های قابل اتصال می‌توان از زمان اتصال تگ به تایر تا پایان عمر آن استفاده کرد. ازآنجایی‌که این نوع تگ روی تایر استفاده می‌شود، محل نصب آن به سطح کامپوزیتی خارجی داخل یا بیرون تایر محدود خواهد بود. از تگ‌های برچسبی نیز بعد از تولید یا روکش کردن دوباره تایر تا زمان نصب آن روی خودرو استفاده می‌شود. ازآنجایی‌که این نوع تگ روی تایر استفاده می‌شود، محل نصب آن به لایه‌های کامپوزیتی خارجی محدود خواهد بود. باید توجه کرد که طراحی، مکان‌یابی و جهت‌گیری انواع مختلف تگ در تایر باید توسط سازنده به طور مناسب انتخاب شود تا عملکرد تایر تجهیزشدن در انطباق با استاندارد ISO ۲۰۹۱۲ باشد. محل اتصال سه نوع تگ RFID مخصوص تایر در شکل ۳ نشان داده است.




شکل ۳: محل اتصال سه نوع تگ RFID مخصوص تایر مطابق با استاندارد ISO ۲۰۹۱۱

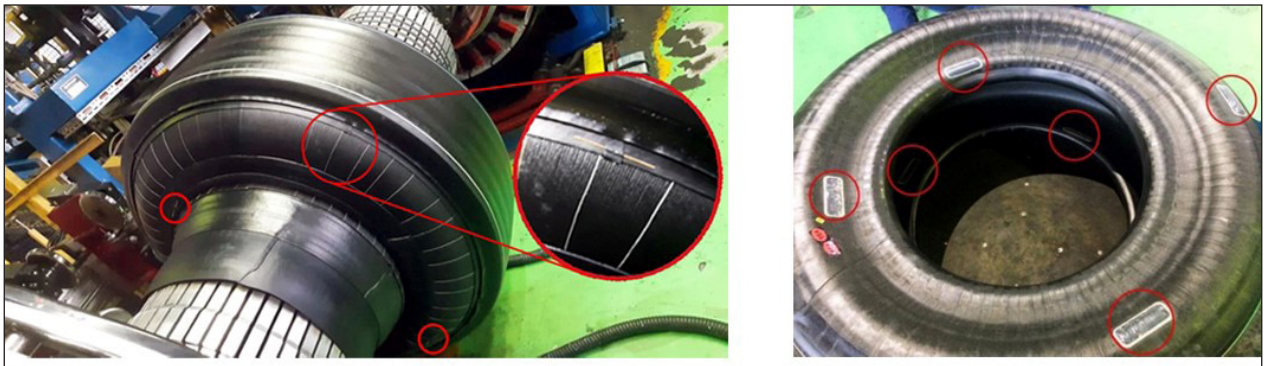
## اقدامات انجام‌شده در گروه صنعتی بارز

مرکز نوآوری گروه صنعتی بارز پس از بررسی روندهای موجود و ادبیات موضوع، انجام اقدامات مقدماتی به‌منظور شناسایی یکتای تایر با استفاده از تگ‌های RFID را در دستور کار قرارداد. بدین منظور دو نوع تگ قابل جاسازی و قابل اتصال تهیه شد تا امکان استفاده از آن‌ها بررسی شود. همان‌طور که پیش‌ازاین توضیح داده شد نوع قابل اتصال به دیواره (داخلی یا خارجی) گرین تایر متصل شده و سپس تایر پخت می‌شود، اما نوع قابل جاسازی در زمان ساخت تایر بین لایه‌های دیواره کار گذاشته می‌شود. بدین منظور این دو نوع تگ تهیه‌شده روی دو تایر TBR ۳۸۵/۶۵ R ۲۲,۵ H ۸۰۴ گروه صنعتی بارز به کار گرفته و پارامترهای مختلف شامل تاریخ تولید، شیفت، گروه، دستگاه تایرسازی، اپراتور، پرس و شماره تگ با استفاده از رایتر RFID مطابق با استاندارد ISO ۲۰۹۱۰ روی آن‌ها تعریف شد. همان‌طور که در شکل ۴ نشان‌داده‌شده است، ۴ عدد تگ قابل جاسازی روی دیواره تایر A، در زاویه ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر و با فواصل مختلف از ترد؛ و ۸ عدد تگ قابل اتصال روی دیواره تایر B، هرکدام با اختلاف زاویه ۹۰ درجه از یکدیگر و فواصل مختلف از ترد (۴ عدد روی بخش خارجی دیواره و ۴ عدد روی بخش داخلی دیواره مقابل)، با درنظرداشتن استاندارد ISO ۲۰۹۱۱ نصب شدند.

## نتایج

پارامترهای مهم در مرحله بررسی نتایج فاصله خوانش تگ، بازرسی چشمی و تست X-Ray تایر تجهیزشده و درنهایت تست درام آن بود که مورد پایش قرار گرفت. همچنین به‌منظور مشخص‌شدن سالم ماندن تگ پس از پخت و همچنین بررسی فاصله خوانش آن، از ریدر جهت تست نهایی استفاده شد. لازم به ذکر است پس از پخت تایر هیچ‌کدام از تگ‌ها دچار عیب نشده و همه آن‌ها با موفقیت خوانده شدند. فاصله خوانش و حداکثر مقدار آن برای هر دو نوع تگ در جدول ۱ نشان‌داده‌شده است.

با توجه به نتایج جدول (۱)، مشخص است که تگ‌های قابل اتصال که در داخل دیواره تایر نصب شده بودند از نقطه‌نظر فاصله خوانش عملکرد بهتری دارند. در شکل ۵ تگ‌های قابل اتصال که به بخش داخلی دیواره پایینی و بخش خارجی دیواره بالایی تایر متصل شده‌اند، بعد از پخت آن نشان داده شده است.



محل نصب تگ‌های قابل جاسازی روی تایر A

محل نصب تگ‌های قابل اتصال روی تایر B

شکل ۴: محل اتصال دو نوع تگ RFID قابل جاسازی و قابل اتصال روی تایرهای A و B

جدول ۱: فاصله خوانش دو نوع تگ RFID قابل جاسازی و قابل اتصال

| نوع تگ | محل نصب | شماره | فاصله خوانش (سانتی‌متر) | تصویر شماتیک |
|---|---|---|---|---|
| قابل جاسازی | بین لایه‌ها | ۰۱ | ۱۰ | |
| | | ۰۲ | ۵ | |
| | | ۰۳ | ۵ | |
| | | ۰۴ | **۲۰** | |
| قابل اتصال | بخش داخلی دیواره پایینی | ۰۵ | ۱۰ | |
| | | ۰۶ | ۲۰ | |
| | | ۰۷ | **۶۰** | |
| | | ۰۸ | **۶۰** | |
| قابل اتصال | بخش خارجی دیواره پایینی | ۰۹ | ۵ | |
| | | ۱۰ | ۳۵ | |
| | | ۱۱ | **۵۰** | |
| | | ۱۲ | ۲۵ | |

با توجه به نتایج جدول فوق، مشخص است که تگ‌های قابل اتصال که در داخل دیواره تایر نصب شده بودند از نقطه‌نظر فاصله خوانش عملکرد بهتری دارند. در شکل ۵ تگ‌های قابل اتصال که به بخش داخلی دیواره پایینی و بخش خارجی دیواره بالایی تایر متصل شده‌اند، بعد از پخت آن نشان داده شده است.

تایرها پس از پخت و بررسی‌های مقدماتی، در مرکز آزمون محصول کارخانه بارز کرمان تحت تست‌های درام قرار گرفتند. بر این اساس، هر دو تایر مطابق با استاندارد FMVSS ۱۱۹ NEW و در آزمون سرعت مورد سنجش قرار گرفتند. مدت‌زمان کارکرد ۴ ساعت، مراحل کارکرد ۵ مرحله، مسافت طی‌شده ۳۷۰ کیلومتر و زاویه تماس تایرها صفر درجه در نظر گرفته شد. نتایج آزمون برای تایر مجهز به تگ قابل جاسازی و تگ قابل اتصال به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ نشان‌داده‌شده است.

شکل ۵: تگ RFID قابل اتصال روی دیواره تایر B بعد از پخت آن

جدول ۲: نتایج تست درام تایر مجهز به تگ قابل جاسازی (تایر A)

| حداکثر بار: ۴۵۰۰ kgf؛ دمای محیط در شروع و پایان آزمون به ترتیب ۲۶/۶ و ۲۵/۴ درجه سانتی‌گراد | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| دمای تایر در پایان آزمون (°C) | مرکز | یک‌چهارم هامپ | هامپ | ساید | |
| | ۷۱ | ۷۲ | ۷۴ | ۷۰ | |
| مراحل تست | | | | | |
| مرحله | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ |
| زمان (hr:min) | ۲:۰۰ | ۰۰:۳۰ | ۰۰:۳۰ | ۰۰:۳۰ | ۰۰:۳۰ |
| سرعت (km/h) ±2% | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ |
| بار (kg/f) ±1% | ۳۸۲۵ | ۳۸۲۵ | ۳۸۲۵ | ۳۸۲۵ | ۳۸۲۵ |

جدول ۳: نتایج تست درام تایر مجهز به تگ قابل اتصال (تایر B)

| حداکثر بار: ۴۵۰۰ kgf؛ دمای محیط در شروع و پایان آزمون به ترتیب ۲۲/۴ و ۱۸/۸ درجه سانتی‌گراد | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| دمای تایر در پایان آزمون (°C) | مرکز | یک‌چهارم هامپ | هامپ | ساید | |
| | ۶۴ | ۶۸ | ۶۶ | ۶۸ | |
| مراحل تست | | | | | |
| مرحله | ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ |
| زمان (hr:min) | ۲:۰۰ | ۰۰:۳۰ | ۰۰:۳۰ | ۰۰:۳۰ | ۰۰:۳۰ |
| سرعت (km/h) ±2% | ۸۰ | ۹۰ | ۱۰۰ | ۱۱۰ | ۱۲۰ |
| بار (kg/f) ±1% | ۳۸۲۵ | ۳۸۲۵ | ۳۸۲۵ | ۳۸۲۵ | ۳۸۲۵ |

## نتیجه‌گیری

فناوری شناسایی با فرکانس رادیویی بر مبنای انتقال داده‌ها از طریق سیگنال‌های الکترومغناطیسی فرکانس رادیویی است. مزایای متعدد این فناوری سبب شده است که در سال‌های اخیر استفاده ازآن‌جهت ردیابی محصول در صنایع مختلف و ازجمله در صنعت تایر افزایش پیدا کند. در مقاله حاضر تلاش شد تا با مروری بر کاربردهای فناوری RFID، چگونگی استفاده از پتانسیل آن جهت شناسایی یکتای تایر توضیح داده شود. با جمع‌بندی نتایج به‌دست‌آمده و باتوجه‌به روند اجباری شدن استانداردهای مرتبط با استفاده از فناوری RFID در اتحادیه اروپا و همین‌طور استاندارد GOLF در حوزه خلیج‌فارس، به نظر می‌رسد شرکت‌های تایرساز داخلی باید به‌کاربستن این فناوری را در دستور کار خود قرار دهند. هرچند مواردی مانند تأمین تگ مناسب و سایر تجهیزات مرتبط و قیمت آن‌ها این مهم را تحت‌تأثیر قرار خواهد داد.

**سپاسگزاری** IRM

## مراجع

[1] Finkenzeller, K. (2010). RFID Handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication. John Wiley & sons.

[2] Jia, X., Feng, Q., Fan, T., and Lei, Q. (2012). RFID technology and its applications in internet of things (IoT). In:

Proceedings of the 2012 second international conference on consumer electronics, communications and networks (CECNet), IEEE. pp. 1282–1285.

[3] Raza, S.A. (2021). A systematic literature review of RFID in supply chain management. Journal of Enterprise Information Management.

[4] Nappi, S., D'Uva, N., Amendola, S., Occhiuzzi, C., and Marrocco, G. (2017). A near-field RFID sensor network for the real-time monitoring of tire vulcanization. IEEE International Conference on RFID Technology & Application (RFID-TA), Warsaw. pp. 69-73.

[5] Shao, S., Kiourti, A., Burkholder, R., and Volakis, J.L. (2014). Broadband and flexible textile RFID tags for tires. IEEE Trans Antenna and Propagation, p. 1507.

[6] Badriev, A., Makarova, I., and Buyvol, P. (2020). The RFID system for accounting and control of truck tires with two-step identification: a case study. In 13th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE), IEEE. pp. 100-104.

[7] Lee, L.S. and Jeong, T.W. (2005). A Study on Development of Tire Identification System (ICCAS 2005). KINTEX, Gyeonggi-Do, Korea, pp. 1917-1921.

[8] Wang, Y., Wu, Y., Liu, Y., and Tang, A. (2007). The application of radio frequency identification technology on tires tracking. In 2007 IEEE International Conference on Automation and Logistics, pp. 2927-2930.

[9] Kovavisaruch, L.O., Lertudomtana, P., and Horungruang, S. (2008). Management truck tire information in logistic industry using RFID technology. In PICMET'08-2008 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology pp. 1656-1665.

[10] Gao, Y., Yang, D., and Ning, W. (2010). RFID application in tire manufacturing logistics. In 2010 IEEE International Conference on Advanced Management Science (ICAMS 2010), 3, pp. 109-112.

[11] Shao, S., Lee, L.Z., Burkholder, R.J., and Volakis, J.L. (2013). Embedded UHF RFID tag antennas for automotive tire sensing. In 2013 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI), pp. 1494-1495.

[12] Shao, S., Kiourti, A., Burkholder, R., and Volakis, J. (2014). April. Flexible and stretchable UHF RFID tag antennas for automotive tire sensing. In The 8th European Conference on antennas and propagation (EuCAP 2014), pp. 2908-2910.

[13] Sundaram, B.R., Vasudevan, S.K., Aravind, E., Karthick, G., and Harithaa, S. (2015). Smart car design using RFID. Indian Journal of Science and Technology, 8(11), pp.1-5.

[14] Saini, N.S., Shao, S., Kiourti, A., Burkholder, R.J., and Volakis, J.L. (2016). RFID tags for in-situ tire monitoring. In 2016 URSI International Symposium on Electromagnetic Theory (EMTS), pp. 575-578.

[15] Han, J. and Ko, Y. (2017). Knowledge exploitation and entrepreneurial activity in a regional innovation system: first adaption of RFID at Kumho Tire in Gwangju, Korea. European Planning Studies, 25(5), pp.867-885.

[16] Sarsri, N., Myllymäki, S., Sonkki, M., and Srifi, M.N. (2018). Design of UHF RFID tag antenna for automotive tire. In 2018 International Symposium on Advanced Electrical and Communication Technologies (ISAECT), pp. 1-4).

[17] Sarsri, N., Myllymäki, S., Sonkki, M. and Srifi, M.N., 2020. Matching approach for UHF RFID tag antenna immersed in dielectric materials. Computers & Electrical Engineering, 84, p.106611.

[18] Donny, A., Fitri, A.M., Triyasa, D.H., and Pangaribuan, T.H. (2019). RFID Usage for Optimization Tire Control System. Advances in Transportation and Logistics Research, 2, pp.374-382.

[19] Caccami, M.C., Amendola, S., and Occhiuzzi, C. (2019). Method and system for reading RFID tags embedded into tires on conveyors. In 2019 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications (RFID-TA), pp. 141-144.

[20] Brandewie, A. and Burkholder, R. (2020). RFID Based Tire Classification Algorithm Using Support Vector Machines. In 2020 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and North American Radio Science Meeting, pp. 1359-1360.

[21] Intarachoat, P. and Chansri, N. (2020). The Impact of RFID on Supply Chain Performance in Automotive Tire Industry. Doctoral dissertation, Kasetsart University.

[22] Preradovic, S., Karmakar, N.C. and Balbin, I. )2008(. RFID transponders. IEEE microwave magazine, 9(5), pp.90-103.

IRM