



# کویر تایر

اولین وکیلند تیر در تیرین

## کاربرد پردازش زبان طبیعی در تحلیل گزارش های تعمیر و نگهداری ماشین آلات تایر سازی

### چارچوب داده محور برای نگهداری پیش بینانه

فاضل فایده

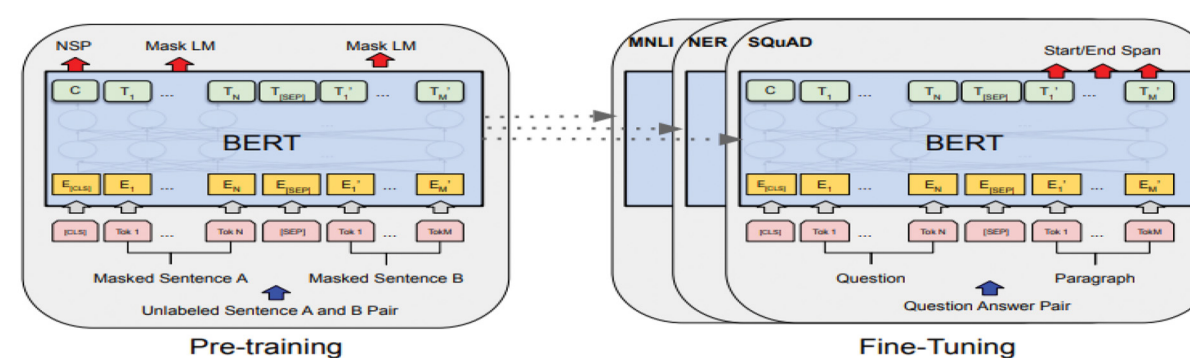
کارشناس اداره طراحی، ساخت، نصب و راه اندازی کارخانه کویر تایر

ایمیل: fazel.faide@gmail.com

#### 2. روش های تجربی

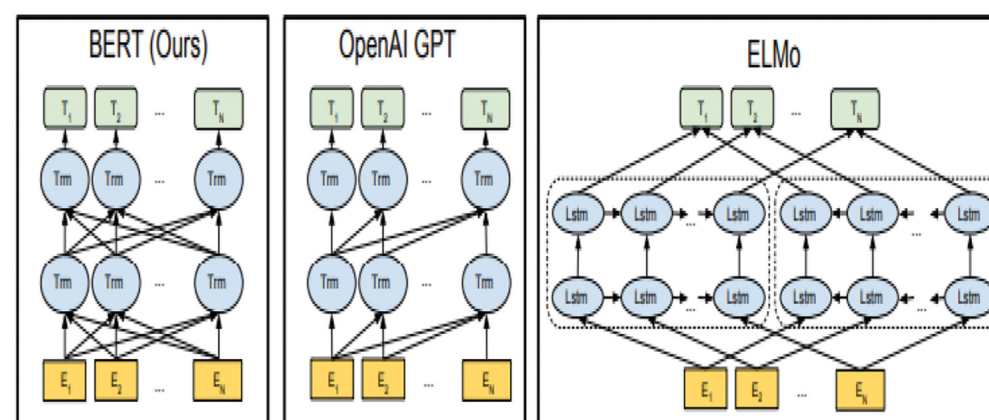
نتایج مطالعه موردی نشان داد که استفاده از چارچوب NLP نه تنها دقت پیش بینی خرابی ها را به شکل قابل توجهی افزایش داد، بلکه زمان تحلیل گزارش ها را از حدود ۴ ساعت دستی به کمتر از ۵ دقیقه کاهش داد. به علاوه، الگوهای پنهان در گزارش ها، مانند ثبت اصطلاح «لرزش شدید» در ۷۰٪ موارد قبل از خرابی، بیرینگ، با موفقیت شناسایی شد و به برنامه ریزی نگهداری پیش بینانه کمک کرد. مزیت اصلی این روش، استفاده بهینه از داده های موجود بدون نیاز به هزینه اضافی و کاهش وابستگی به تجربه فردی تکنسین هاست.

با این حال، چالش هایی مانند کیفیت پایین برخی گزارش ها، وجود اصطلاحات محلی و نیاز به مدل های چندزبانه برای ترکیب فارسی و انگلیسی وجود دارد که با تعریف استاندارد برای ثبت گزارش ها و آموزش تکنسین ها می توان آن ها را کاهش داد. و در شکل 1 رویه کلی آموزش داده ها و روند تنظیم آن ها پیش از آموزش در مدل های مختلف آورده شده است.



شکل 1 رویه کلی پیش آموزش و تنظیم داده ها

این مقاله نشان می دهد که ادغام NLP با داده های حسگری می تواند یک تصویر جامع از وضعیت تجهیزات ارائه دهد و پایه ای برای نگهداری پیش بینانه هوشمند در صنعت تایر سازی ایجاد کند. پیشنهادات آینده شامل توسعه مدل های بومی BERT برای زبان فارسی تخصصی صنعت، اتصال به Digital Twin برای تحلیل پلاد رنگ داده ها و استفاده از Chatbot صنعتی برای ارائه راهکارهای فوری به اپراتورها است. این رویکرد نه تنها موجب بهبود کیفیت تصمیم گیری و کاهش زمان تعمیرات می شود، بلکه کشف دانش پنهان در گزارش های قدیمی را نیز ممکن می سازد و راهکاری نوآورانه برای صنعت تایر سازی فراهم می کند. در شکل 2 تفاوت در معماری مدل ها پیش از آموزش مشاهده میشود.



شکل 2 تفاوت در معماری های مدل پیش از آموزش

#### ۳. نتیجه گیری و کارهای آینده

این مقاله به وضوح نشان می دهد که ادغام هوشمندانه تکنیک های NLP با داده های سنتی حسگری، می تواند یک تصویر جامع و all-encompassing از وضعیت تجهیزات ارائه دهد و تحولی شگرف در عرصه نگهداری پیش بینانه صنایع سنگین مانند تایر سازی ایجاد کند. چارچوب پیشنهادی، پایه ای علمی و عملی برای تبدیل داده های متنی راکد به بینش های عملیاتی و actionable فراهم می سازد.

#### چکیده

در کارخانه های تایر سازی، حجم زیادی از داده های غیر ساختاریافته به صورت گزارش های متنی توسط تکنسین ها و اپراتورها ثبت می شود. این گزارش ها شامل شرح خرابی، اقدام های تعمیراتی و شرایط محیطی هستند، اما در اغلب موارد فقط به صورت آرشو کاغذی یا فایل های غیر قابل جستجو باقی می ماند. این مقاله چارچوبی مبتنی بر پردازش زبان طبیعی (NLP) برای استخراج دانش پنهان از گزارش های نگهداری و ادغام آن با داده های حسگری ارائه می دهد. در این چارچوب، الگوریتم های (Word2Vec, BERT) برای استخراج ویژگی های زبانی و مدل های طبقه بندی متنی (LSTM, Transformer) برای شناسایی الگوهای خرابی به کار گرفته می شوند. مطالعه موردی روی ۳۲ هزار گزارش تعمیراتی در یک کارخانه تایر سازی نشان داد که سیستم توانست با دقت ۹۱٪ خرابی های تکرار شونده را شناسایی کرده و پیش بینی زمان تعمیر را تا ۲۵٪ بهبود دهد.

**واژگان کلیدی:** پردازش زبان طبیعی، نگهداری پیش بینانه، تایر سازی، گزارش های تعمیراتی، هوش مصنوعی

**محور مقاله:** مدیریت بهره وری / بهره ای در راستای توسعه فناوری - فناوری های تولید - فناوری ماشین آلات و قطعات تولیدی

#### 1. مقدمه

در صنایع تایر سازی، نگهداری پیش بینانه تجهیزات به طور سنتی بر داده های حسگری مانند ارتعاش، دما و جریان موتور و بازرسی های دوره ای متکی بوده است، اما گزارش های متنی تکنسین ها و اپراتورها که شامل شرح خرابی، اقدامات تعمیراتی، شرایط محیطی و بازه های زمانی تعمیر هستند، اغلب به صورت آرشو کاغذی یا فایل های غیر قابل جستجو باقی می ماند و پتانسیل داده ای آن ها به طور کامل استفاده نمی شود. پردازش زبان طبیعی (NLP) این امکان را فراهم می کند که چنین داده های غیر ساختاریافته ای استخراج و به داده های حسگری متصل شوند و دانش پنهان موجود در آن ها برای پیش بینی خرابی ها و بهینه سازی برنامه های نگهداری به کار رود. (1)

در این راستا، الگوریتم های پیشرفته ای مانند Word2Vec و BERT<sup>۲</sup> قادرند ویژگی های زبانی متون را به شکل بردارهای عددی تبدیل کنند و با درک زمینه معنایی جملات، الگوهای پیچیده خرابی را شناسایی کنند، به گونه ای که مدل های طبقه بندی متنی مانند LSTM<sup>۳</sup> و Transformer بتوانند با دقت بالایی انواع خرابی ها را پیش بینی کنند. مطالعه موردی انجام شده روی بیش از ۳۲ هزار گزارش تعمیراتی یک کارخانه تایر سازی نشان داد که استفاده از این چارچوب توانست دقت شناسایی خرابی های تکرار شونده را تا ۹۱٪ افزایش دهد و زمان پیش بینی تعمیرات (MTTR) را حدود ۲۵٪ بهبود بخشد.

این نتایج با یافته های سایر صنایع نیز هم راستا است؛ برای مثال، Lee و همکاران (2020) نشان دادند که تحلیل گزارش های تعمیراتی هواپیما با NLP می تواند خرابی های تکراری را به صورت خودکار شناسایی کند و دقت برنامه های نگهداری را بهبود دهد، و Siemens (2021) با توسعه سامانه NLP برای توربین های گازی، توانستند گزارش های نگهداری را به داده های ساختاریافته تبدیل کنند و تصمیم گیری نگهداری را تسهیل کنند. (2) (3)

فرایند تحلیل در این چارچوب شامل چند مرحله کلیدی است: ابتدا داده های متنی جمع آوری شده از منابع مختلف مانند PDF, Word و اسکن های دیجیتال شده نرمال سازی و پیش پردازش می شوند؛ شامل یکسان سازی اصطلاحات فنی (مثلاً «بلبرینگ» و «بیرینگ»)، حذف توقف واژه ها، توکن سازی و ریشه یابی کلمات. سپس با استفاده از Word2Vec و BERT multilingual ویژگی های متون استخراج شده و اهمیت کلید واژه ها با TF-IDF سنجیده می شود.

مدل های یادگیری ماشین مانند LSTM برای تحلیل توالی واژه ها و شناسایی الگوهای زمانی خرابی و Transformer برای طبقه بندی متون به دسته های خرابی مکانیکی، الکتریکی و کنترلی به کار گرفته می شوند. همچنین، خوشه بندی K-means امکان کشف دسته های ناشناخته خرابی را فراهم می آورد. در مرحله بعد، داده های متنی با داده های حسگری مانند ارتعاش و دما هم تراز می شوند و پایگاه داده یکپارچه برای تحلیل چندمنبعی ایجاد می گردد، که امکان پیش بینی دقیق تر و تصمیم گیری سریع تر را فراهم می کند. (4)

17<sup>th</sup> Conference  
And 9<sup>th</sup> Exhibition  
Rubber  
And  
Related Industries

Iranmall  
January 6-7  
2026

۱۷<sup>th</sup> Conference  
And 9<sup>th</sup> Exhibition  
Rubber  
And  
Related Industries

ایران مال  
۱۸ تا ۲۱ دی ماه  
۱۴۰۴

جهت توسعه این پژوهش، کارهای آینده می تواند بر روی محورهای زیر متمرکز شود:

۱. توسعه یک مدل BERT بومی: آموزش یک مدل زبانی بزرگ (LLM<sup>۵</sup>) بر پایه زبان فارسی و بر روی corpus حجیمی از گزارش های فنی صنعت تایر سازی تا دقت درک معنایی را به حداکثر برساند.
  ۲. ادغام با دیجیتال توین (Digital Twin): اتصال خروجی این سامانه NLP به یک دیجیتال توین از تولید برای شبیه سازی پلاد رنگ سناریوهای مختلف خرابی و تست راهکارهای تعمیراتی.
  ۳. توسعه چت بات صنعتی: طراحی یک چت بات هوشمند (Chatbot) که بر پایه همین مدل ها بتواند به صورت تعاملی به تکنسین ها در تشخیص اولیه خرابی، پیشنهاد راه حل، و ثبت استاندارد گزارش ها کمک کند.
  ۴. توسعه به سمت Predictive Analytics پیشرفته: استفاده از خروجی های مدل برای پیش بینی نه تنها وقوع خرابی، بلکه تخمین دقیق (RUL<sup>۶</sup>) تجهیزات.
- این رویکرد نوآورانه نه تنها منجر به کاهش هزینه های عملیاتی، افزایش availability تجهیزات، و بهبود ایمنی می شود، بلکه با کشف دانش نهفته در گزارش های تاریخی، امکان بهینه سازی فرایندهای تولید را نیز فراهم می سازد.

<sup>1</sup> Natural Language Processing  
<sup>2</sup> Bidirectional Encoder Representations from Transformers  
<sup>3</sup> Long Short-Term Memory  
<sup>4</sup> Mean Time To Repair  
<sup>5</sup> Large Language Model  
<sup>6</sup> remaining useful life

#### منابع

1. Devlin J, Chang MW, Lee K, Toutanova K, editors. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. NAACL; 2019.
2. Lee J, Kim S. Applying NLP to maintenance reports in aviation industry. Reliability Engineering Journal.2020 .
3. Siemens AG. Natural language processing for maintenance reports in turbines. White Paper; 2021.
4. Vaswani A, Shazeer N, Parmar N, Uszkoreit J, Jones L, Gomez AN, et al., editors. Attention is all you need. NeurIPS; 2017.