



استفاده از هوش مصنوعی و مدیریت دانش برای بهینه‌سازی فرآیند کنترل کیفیت تایر

نویسندگان: محمدسمیع سمیعی^۱، ماجده السادات طباطبایی^۲، حسام الدین رسولی کرمانی^۳
^{1, 3} گروه صنعتی بارز، اداره بهره برداری
^۲ سانا سیستم پارس، کارشناس کنترل پروژه

¹Mosasam524@gmail.com

چکیده

کنترل کیفیت تایر، مرحله ای حیاتی در صنعت لاستیک است که مستقیماً بر ایمنی، طول عمر و عملکرد محصول تأثیر می گذارد. پیاده سازی صحیح سیستم اثر بخش کنترل کیفیت جهت شناسایی، اقدام به موقع و اصلاح کار آمد در صنعت تایر از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. روش های سنتی کنترل کیفیت، با مشکلاتی نظیر وابستگی به تجربه و مهارت نیروی انسانی، پراکندگی داده ها و زمان بر بودن فرآیند اصلاح مواجه هستند. ترکیب مدیریت دانش (Knowledge Management) و هوش مصنوعی (Artificial Intelligence) به عنوان یک رویکرد نوین، امکان بهینه سازی فرآیند کنترل کیفیت را فراهم می کند. مهیا کردن زیر ساخت مناسب برای اجرای مدیریت دانش کارآمد و ترکیب آن با هوش مصنوعی برای بهبود فرایند کنترل کیفیت یکی از چالش های اساسی در این زمینه می باشد. در این مقاله، چارچوب تئوری یک سیستم QCهوشمند با ترکیب KM و AIارائه شده و روش های مختلف ترکیب هوش مصنوعی و مدیریت دانش در صنعت تایر تحلیل شده اند.

کلمات کلیدی: هوش مصنوعی، مدیریت دانش، کنترل کیفیت، تایر سازی

محور همایش: سرمایه انسانی

مقدمه

کنترل کیفیت (QC) در صنعت تایر شامل بازرسی‌های سطحی، آزمون‌های مکانیکی و شیمیایی و ارزیابی خواص فیزیکی است. کیفیت تایر نه تنها بر ایمنی راننده بلکه بر رضایت مشتری، هزینه‌های تولید و طول عمر محصول تأثیر دارد. روش‌های سنتی QC معمولاً مبتنی بر تجربه اپراتورها و بازرسی چشمی هستند که با محدودیت‌های زیر همراه‌اند: وابستگی شدید به مهارت فردی و تجربه کارکنان عدم یکپارچگی داده‌ها بین بخش‌های تولید، آزمایشگاه و R&D زمان‌بر بودن فرآیند بازخورد و اصلاح خطا با گسترش حجم تولید و پیچیدگی ترکیب مواد، این روش‌ها ناکارآمد می‌شوند. هوش مصنوعی و مدیریت دانش می‌توانند با ایجاد سیستم‌های خودآموز و هوشمند این محدودیت‌ها را کاهش دهند و فرآیند QC را بهینه کنند.

مدیریت دانش در کارخانه تایر

مدیریت دانش عبارت است از: جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، اشتراک و کاربرد دانش صریح و ضمنی کارکنان و داده‌های تولید.

دانش در فرآیند QCتایر شامل موارد زیر است:

- نتایج آزمون‌های مکانیکی و شیمیایی
- تجربه کارشناسان QCدر تشخیص عیوب سطحی مانند ترک، حباب، دوپوستگی
- اطلاعات فرآیند تولید و نگهداری تجهیزات

یک پایگاه دانش مرکزی (Knowledge Base) می‌تواند این داده‌ها و تجربیات را جمع‌آوری کرده و در اختیار سیستم‌های هوش مصنوعی قرار دهد.

چرخه مدیریت دانش شامل چهار مرحله اصلی است: ایجاد دانش، ذخیره‌سازی، به اشتراک‌گذاری و استفاده عملی.

انواع دانش در QCتایر

دانش صریح: داده‌های قابل اندازه‌گیری، گزارش‌های آزمون و دستورالعمل‌ها

دانش ضمنی: تجربه و مهارت اپراتورها در شناسایی عیوب

دانش ترکیبی: تحلیل داده‌های تولید برای پیش‌بینی مشکلات آینده

هوش مصنوعی در کنترل کیفیت تایر

هوش مصنوعی ابزار قدرتمندی برای شناسایی الگوها و پیش‌بینی عیوب در فرآیند تولید تایر است. در این مقاله، سه حوزه کاربرد AIبررسی شده است:

بینایی ماشین (Machine Vision)

بینایی ماشین برای بازرسی سطح تایر استفاده می‌شود و قادر است عیوبی مانند ترک، حباب و عدم یکنواختی آج را تشخیص دهد. الگوریتم‌های پردازش تصویر شامل Edge Detection, Thresholding, Convolutional Neural Networks (CNN) هستند. این سیستم‌ها می‌توانند در زمان کوتاه تعداد زیادی تایر را بررسی کنند و دقت بالای تشخیص عیوب را فراهم نمایند.

یادگیری ماشین (Machine Learning)

مدل‌های یادگیری ماشین، داده‌های تولید شامل دما، فشار و سرعت خطوط اکستروژن و پرس پخت را تحلیل می‌کنند. الگوریتم‌های رایج شامل Random Forest, Support Vector Machine (SVM) و K-Nearest Neighbors (KNN) هستند. این مدل‌ها قادرند ارتباط بین پارامترهای تولید و بروز عیوب احتمالی را شناسایی کرده و به پیش‌بینی مشکلات قبل از وقوع کمک کنند.

شبکه‌های عصبی (Neural Networks)

شبکه‌های عصبی چندلایه (MLP) برای مدل‌سازی روابط غیرخطی بین پارامترهای فرآیند و خواص مکانیکی تایر استفاده می‌شوند. این مدل‌ها می‌توانند اثر تغییر دما، فشار و سرعت تولید را بر سختی، مقاومت سایشی و دوام تایر پیش‌بینی کنند. شبکه‌های عصبی عمیق (Deep Learning) نیز امکان شناسایی الگوهای پیچیده و بهینه‌سازی فرآیند QCرا فراهم می‌کنند.

یکپارچه‌سازی هوش مصنوعی و مدیریت دانش

یک سیستم یکپارچه هوشمند QCشامل موارد زیر است:

پایگاه دانش (Knowledge Base): ذخیره و دسته‌بندی داده‌ها و تجربه کارکنان

الگوریتم یادگیری مستمر (Continuous Learning): به‌روزرسانی مدل‌ها با داده‌های جدید

سیستم‌های MES و ERP: اتصال داده‌های خطوط تولید، آزمایشگاه و مدیریت منابع

داشبورد هوشمند: نمایش شاخص‌های کیفیت و پیش‌بینی عیوب

جریان داده‌ها و تعامل AI و KMشامل جمع‌آوری داده، تحلیل، پیش‌بینی و ارائه بازخورد به خط تولید می‌شود.

مزایا و چالش‌ها

مزایا

- کاهش وابستگی به تجربه فردی اپراتورها
- یکپارچه‌سازی داده‌های پراکنده و تحلیل سریع
- بهبود یکنواختی کیفیت تایر و کاهش ضایعات
- تسهیل انتقال دانش کارکنان ماهر به نسل‌های جدید
- امکان یادگیری مستمر سیستم و بهبود فرآیند QC

چالش‌ها

- نیاز به داده‌های با کیفیت و حجم زیاد
- هزینه پیاده‌سازی و نگهداری سخت‌افزار و نرم‌افزار
- نیاز به آموزش پرسنل و تغییر فرهنگ سازمانی

راهکارها شامل استفاده از سنسورهای با دقت بالا، بهینه‌سازی پایگاه دانش و طراحی الگوریتم‌های ساده‌تر برای محیط‌های کوچک و متوسط است.

چشم‌انداز و کاربردهای آینده

توسعه QCپیش‌بینی‌گر (Predictive QC) برای پیش‌گیری از عیوب قبل از تولید

استفاده از هوش مصنوعی برای طراحی و بهینه‌سازی تایر و پارامترهای تولید

گسترش سیستم‌های هوشمند QCدر کارخانه‌های کوچک و متوسط

ترکیب اینترنت اشیا (IoT) و هوش مصنوعی برای ایجاد خط تولید خودکار و هوشمند

نتیجه‌گیری

مدیریت دانش و هوش مصنوعی می‌توانند فرآیند کنترل کیفیت تایر را بهینه کنند و منجر به کاهش خطا و ضایعات شوند. بینایی ماشین، یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی ابزارهای قدرتمندی برای تشخیص عیوب و پیش‌بینی مشکلات هستند. ایجاد پایگاه دانش و الگوریتم‌های یادگیری مستمر امکان بهبود فرآیند QCو انتقال تجربه کارکنان را فراهم می‌کند. چارچوب ارائه شده می‌تواند مبنای طراحی خطوط تولید هوشمند و سیستم‌های QCپیشرفته در آینده صنعت تایر باشد.

منابع

- J. L. White, *Rubber Processing: Technology, Materials, and Principles*, Hanser, 2010.
- A. Kusiak, *Smart Manufacturing and Artificial Intelligence*, Elsevier, 2018.
- H. Li et al., “Knowledge Management in Tire Manufacturing Industry,” *Journal of Manufacturing Systems*, 2020.
- S. T. Chen, “Application of Machine Learning for Quality Control in Tire Production,” *Tire Science & Technology*, 2021.
- M. Morton, *Rubber Technology*, Springer, 2013.
- F. Zhang et al., “Deep Learning Applications in Industrial Quality Control,” *Journal of Manufacturing Processes*, 2019.