

Streszczenie

W pracy skoncentrowano się na opracowaniu modelu przewidującego w czasie rzeczywistym wyniki stożkowatości opon na określonym poziomie, którego wdrożenie obniży liczbę defektów opon w firmie Bridgestone Poznań. Omówiono budowę, stosowane konstrukcje oraz komponenty składowe opon radialnych dedykowanych do samochodów osobowych. Scharakteryzowano przebieg procesu produkcji opon, wyszczególniając jego główne etapy, czyli: przygotowanie materiałów, konfekcję, wulkanizację i inspekcję końcową. Szczególną uwagę zwrócono na etap konfekcji, gdzie dodatkowo przybliżono budowę maszyny VMI MAXX. Dokonano podziału defektów opon na wizualne i związane z przekroczeniem limitów własności opisujących jednorodność opon, a także podano przykłady kierunków ich eliminacji. Przybliżono wielkości opisujące jednorodność opon z wyróżnieniem zjawisk promieniowych (tj. zmienność siły promieniowej, balans statyczny i dynamiczny, bicie promieniowe) i zjawisk bocznych (tj. zmienność siły bocznej, bicie boczne, ply steer) zwracając szczególną uwagę na stożkowatość. Wspomniano o pomiarze jednorodności opon przy wysokich prędkościach. Omówiono przebieg testów opon (tj. analiza przekroju, odcisk rzeźby bieżnika, testy bieżne wysokich i niskich prędkości, wyznaczanie oporów toczenia, pomiar siły i ciśnienia osadzenia stopki) pod kątem wymagań klienta i przepisów homologacyjnych. Sporządzono przegląd współczesnych kierunków rozwoju przemysłu oponiarskiego, na podstawie którego zauważono coraz częstsze wykorzystywanie metod uczenia maszynowego do poprawy procesu wytwarzania opon. Przedstawiono modele uczenia maszynowego najczęściej wykorzystywane w przemyśle. W toku badań porównano model regresji liniowej wielu zmiennych, modele sztucznych sieci neuronowych (perceptron wielowarstwowy) i modele oparte na drzewach decyzyjnych (XGBoost, FastTreeRegression i LightGbmRegression). Algorytmy trenowano na rzeczywistych danych z historycznego rejestru masowej produkcji opon. Możliwie najlepszą metodę do rozwiązania problemu wybrano na podstawie mierników RMSE i R^2 oraz realiów panujących w firmie. Wybrany model walidowano na szerszej grupie rozmiarów opon, które reprezentowały spektrum możliwości produkcyjnych maszyn VMI MAXX. Zaprezentowano obecny postęp wdrożenia rezultatów badań w systemie informatycznym przedsiębiorstwa oraz na maszynie VMI MAXX jako narzędzia do wspomagania masowej produkcji opon. Wskazano kierunek dalszych działań oraz opisano możliwe efekty kontynuacji prac wdrożeniowych.

Summary

The dissertation focused on developing a real-time predictive model for tire conicity at a specified level, aimed to reduce the number of tire defects in Bridgestone Poznań factory. The work discusses the structure, constructions and components of radial tires for passenger cars. The tire manufacturing process is outlined, with emphasis on its main stages: material preparation, tire building, vulcanization, and final inspection. Particular attention is given to the tire building stage, including a detailed description of the VMI MAXX machine. Tire defects are classified into visual issues and those exceeding tire uniformity limits, along with examples of elimination strategies. The study introduces parameters describing tire uniformity, distinguishing between radial phenomena (radial force variation, static and dynamic balance, radial runout) and lateral phenomena (lateral force variation, lateral runout, ply steer) with special focus on conicity. High-speed uniformity measurements are also mentioned. The course of tire testing is presented, including cross-section analysis, footprint evaluation, high- and low-speed durability tests, rolling resistance measurement, and bead seating force and pressure assessment, all in relation to customer requirements and homologation standards. Conducted literature review of current researches in the tire industry highlights the growing use of machine learning methods to improve tire manufacturing. The most commonly applied machine learning models in the industry are presented. The research compares multiple linear regression, artificial neural networks (multilayer perceptron) and decision tree-based models (XGBoost, FastTreeRegression, LightGbmRegression). Algorithms were trained on real data from the historical records of tire mass production. The most suitable method was selected using RMSE and R^2 metrics, as well as the operational capabilities of the company. The chosen model was validated across a wider group of tire sizes, representing the production capabilities of the VMI MAXX machines. The study was concluded by presenting the progress of implementation research results within the company's IT system and on the VMI MAXX machine as a tool to support large-scale tire production. Directions for further work and potential effects of implementation continuation are outlined.