

Zusammenfassung

Intelligente Prognosen verändern das Qualitätsmanagement grundlegend: Anstatt Vergangenes zu beschreiben, erlaubt die Prädiktive Prozesskontrolle (PPK) Schlechteile und Prozesseingriffe anhand maschinellen Lernens vorherzusagen, bevor Ausschuss entsteht. In dieser Arbeit werden systematisch Anforderungen an die PPK erhoben und konkrete Anwendungsfälle in unterschiedlichen industriellen Fertigungsbereichen evaluiert. Anhand erklärbarer Algorithmen stellt diese Arbeit eine Erweiterung zur klassischen Statistischen Prozesskontrolle dar, welche von reaktiven Regelkarten hin zu belastbaren Vorhersagen für eine stabile und effiziente Serienfertigung sorgt. Innerhalb des Anforderungsprofils der PPK, werden User Stories abgeleitet und Methodenketten für zwei Kernaufgaben entwickelt: Maschinenfähigkeit interpretieren und anpassen sowie Prozessfähigkeit vorhersagen. In beiden Anwendungen werden interpretierbare Methoden evaluiert und gleichzeitig Algorithmen zu robusten Vorhersagen optimiert. Praxisnahe Validierungen zur in-situ-Qualitätsvorhersage und der gesteuerten Qualitätskontrolle, sowie eine Wirtschaftlichkeitsanalyse belegen Nutzen, Einsatzgrenzen und Akzeptanzkriterien der PPK.

Abstract

Intelligent prediction fundamentally transforms quality management: instead of describing past events, Predictive Process Control (PPC) enables the anticipation of defects and required process interventions - before scrap is produced - by leveraging machine learning. This work systematically derives requirements for PPC and evaluates concrete application scenarios across various industrial manufacturing domains. Using explainable algorithms, it extends classical Statistical Process Control, shifting from reactive control charts toward reliable predictions that support stable and efficient series production. Within the PPC requirements framework, user stories are formulated and methodological chains are developed for two core tasks: interpreting and adjusting machine capability, and predicting process capability. In both applications, interpretable methods are evaluated while algorithms are simultaneously optimized for robust prediction performance. Practice-oriented validations of in-situ quality prediction and guided quality control, as well as an economic analysis, demonstrate the benefits, operational boundaries, and acceptance criteria of PPC.