

Entwicklung einer Methodik zur Qualitätsvorhersage im Spritzgießprozess mittels maschinellen Lernens am Beispiel des Formteilgewichtes

Tim Garbe

Bachelorarbeit • Studiengang Informatik • Fachbereich Informatik und Medien • 28.10.2021

Aufgabenstellung

Ziel der Arbeit ist es, anhand gesammelter Messdaten einer Spritzgießmaschine aus dem Kunststoffzentrum Leipzig Zusammenhänge der Prozessparameter zu erkennen, notwendige Vorverarbeitungen zu identifizieren und durchzuführen sowie anschließend auf Basis des Datensatzes das Formteilgewicht zu prognostizieren.

Datensatz

Das im Kunststoffzentrum Leipzig verwendete System zur Erfassung der Daten umfasst eine speziell ausgerüstete Versuchsanlage, die für wissenschaftliche Untersuchungen und zur Erfassung von Prozessdaten einer Spritzgießmaschine (s. Abbildung) eingesetzt wird.



Abbildung: Spritzgießmaschine [1]

Der sich aus der Maschine ergebene Datensatz wird transformiert und bereinigt, um Zusammenhänge auf die Zielgröße des Formteilgewichtes abbilden zu können. Dabei lassen sich die Prozessparameter in vier Typen unterteilen, die unterschiedlich mit Hilfe des Stückzählers zusammengefasst werden.

Explorative Analyse

Eine einfache Ausgabe des Datensatzes zeigt, dass der Datensatz nach der zyklischen Zusammenfassung weiterhin leere Zellen enthält. Diese leeren Zellen lassen sich teilweise durch Expertenwissen sinnvoll auffüllen. Mithilfe einer Korrelationsanalyse sind Gruppierungen von Prozessparameter zu erkennen, die jeweils eine absolute lineare Abhängigkeit aufweisen. Anhand von Streudiagrammen lassen sich u.a. Ausreißer bei den Formteilgewichten erkennen, welche einen Einfluss auf die Datenvorverarbeitung haben.

Vorverarbeitung

Aus den Erkenntnissen der Explorativen Analyse lässt sich eine Methode zur Datenvorverarbeitung ableiten. Der Datensatz wird für jeden Prozessparameter individuell zusammengefasst und bereinigt. Die Datenmenge reduziert sich dabei von 1.971.868 Zeilen auf 19.091 Zeilen. Eine Zeile repräsentiert den Zyklus eines Formteiles mit dessen repräsentativen Daten für jeden Prozessparameter. Durch die mehrfache (60-Fache) Durchführung eines Versuches lassen sich die Zeilen weiter zusammenfassen. Der weiter zusammengefasste Datensatz hat je Zeile die durchschnittlichen Werte aller Prozessparameter eines Versuches anhand von 60 Zyklen.

Es ergibt sich ein finaler Datensatz für die Prognosemodelle von 237 Zeilen.

Prognosemodelle

Um die Modelle untereinander vergleichen zu können, werden deren Performances auf unbekannte Daten ermittelt. Die Basis der Evaluation ist das Bestimmtheitsmaß (R^2). Der Datensatz wird in 85% Trainingsdaten und 15% Testdaten aufgeteilt. Mit den Trainingsdaten wird für jedes Modell eine zehnfache Kreuzvalidierung durchgeführt. Das erhöhte Vorkommen von bestimmten Funktionen bei den besten Modellen lässt Vermutungen auf das beste Modell schließen. Bei einigen der besten Modellen wird zusätzlich eine Dimensionsreduktion verwendet, was auf eine weitere Notwendigkeit einer Merkmalsextraktion schließen lässt.

cv r2	r2 neu	rmse	estimator	reduce dim	scalar
0.773	0.907	0.046	RandomForestRegressor		StandardScaler()
0.76	0.928	0.04	Ridge	PCA(18)	
0.74	0.888	0.05	MLPRegressor	PCA(18)	MinMaxScaler()

Tabelle: Beste Modelle

Zur besseren Beurteilung der Ergebnisse im Bezug zum Formteilgewicht wurde für die finalen Modelle zusätzlich die Wurzel der quadratischen Abweichung ausgegeben. Die Abweichung beträgt durchschnittlich somit 46mg für das beste gefundene Modell.

Ergebnisse

Das Ergebnis der Arbeit ist die Methode der Vorverarbeitung und der damit verbundene Datensatz, sowie Zusammenhänge der Prozessparameter durch eine explorative Analyse und Konzept des Evaluationsprozesses der KI-Modelle. Des Weiteren werden Hinweise für besser geeignete Funktionen und Schätzer der KI-Modelle geliefert.

Fazit

Auch wenn die Daten mit einer speziell ausgerüsteten Versuchsanlage für wissenschaftliche Untersuchungen erfasst werden, ist für eine Prognose des Formteilgewichtes ein beträchtlicher Teil die Datenvorverarbeitung. Dabei sind Eigenschaften der Prozessparameter zu erkennen und zu berücksichtigen. Die finalen Modelle können beispielsweise an einer produzierenden Maschine integriert werden und Aussagen über das Formteilgewicht mit einer Abweichung von 46mg treffen. Die in dieser Arbeit entwickelte Methodik soll im Kunststoffzentrum Leipzig zur allgemeinen Prognose von Formteilfehlern verwendet und weiterentwickelt werden.

Quellen

[1] S. Koll. Deutliche Umsatzsteigerung für Sumitomo (SHI) Demag. url: <https://www.k-zeitung.de/deutliche-umsatzsteigerung-fuer-sumitomo-shi-demag/> zuletzt besucht: 22.10.2021.