

ABSTRACT

In the manufacturing industry, plastics processing companies are exposed to increasing cost and quality pressure. In this context, the customers of injection moulding companies demand almost 100 % quality control, but this cannot be achieved with reasonable effort. In addition, the monitoring of complex injection moulding processes requires methods that can map the multivariate relationship between process parameters. Currently, optical systems and sensors are frequently used to detect anomalies in the process data. These systems are parameterized for specific injection moulding processes, which means that adaptability to other processes involves a great deal of effort. The objective of this work is to develop an adaptable Deep Learning (DL) method for quality control in injection moulding manufacturing.

In this work, a Variational Autoencoder (VAE) with Gated Recurrent Unit (GRU) cells was developed for anomaly detection, which also considers the temporal structures in the process data. A VAE is a generative model in which the latent layer is modelled using probability distributions. The developed method was compared with four other algorithms, revealing the advantages of the method. The dependence on external systems could be reduced by performing the modelling in a semi-supervised environment. Furthermore, the proposed method provides a way to transfer an injection moulding process to another injection moulding process by using the information from one injection moulding process in the other injection moulding process.

A final evaluation and discussion show that the proposed method has a recall of over 96 % and is real-time capable. The experiments also show that injection moulding processes are highly individual and transferability depends on the underlying process. Finally, the proposed method was integrated into a prototype, demonstrating its practical application.

Keywords: anomaly detection, multivariate time series, deep learning, variational autoencoder, gated recurrent unit, injection moulding

ZUSAMMENFASSUNG

In der Fertigungsindustrie sind kunststoffverarbeitende Unternehmen einem steigenden Kosten- und Qualitätsdruck ausgesetzt. In diesem Kontext fordern die Kunden der Spritzgussunternehmen eine nahezu 100 % Qualitätskontrolle, diese ist allerdings nicht mit vertretbarem Aufwand zu erreichen. Außerdem erfordert die Überwachung von komplexen Spritzgussprozessen den Einsatz von Methoden, die den multivariaten Zusammenhang zwischen Prozessparametern abbilden können. Aktuell werden häufig optische Systeme und Sensoren eingesetzt, um Anomalien in den Prozessdaten zu erkennen. Diese Systeme werden für spezifische Spritzgussprozesse parametrisiert, wodurch die Adaptierbarkeit auf weitere Prozesse mit einem großen Aufwand verbunden ist. Die Problemstellung der Arbeit ist es, eine anpassungsfähige Deep Learning (DL) Methode zur Qualitätskontrolle in der Spritzgussfertigung zu entwickeln.

In dieser Arbeit wurde ein Variational Autoencoder (VAE) mit Gated Recurrent Unit (GRU) Zellen zur Erkennung von Anomalien entwickelt, der auch die zeitlichen Strukturen in den Prozessdaten berücksichtigt. Ein VAE ist ein generatives Modell, bei welchem die latente Schicht über Wahrscheinlichkeitsverteilungen modelliert wird. Die entwickelte Methode wurde mit vier weiteren Algorithmen verglichen, wodurch die Vorteile der Methode offenlegt wurden. Die Abhängigkeit von externen Systemen konnte reduziert werden, indem die Modellierung im semi-supervised Umfeld durchgeführt wurde. Im Weiteren bietet die vorgeschlagene Methode eine Möglichkeit einen Spritzgussprozess auf einen anderen Spritzgussprozess zu übertragen, indem die Information von einem Spritzgussprozess im anderen Spritzgussprozess genutzt wird.

In einer abschließenden Evaluation und Diskussion wird dargelegt, dass die vorgeschlagene Methode einen Recall von über 96 % aufweist und echtzeitfähig ist. Die durchgeführten Experimente zeigen auch, dass Spritzgussprozesse hoch individuell sind und eine Übertragbarkeit vom zugrundeliegenden Prozess abhängt. Abschließend wurde die vorgeschlagene Methode in einen Prototyp integriert, wodurch die Methode in der Praxis einsetzbar ist.

Schlagwörter: Anomaliedetektion, Multivariate Zeitreihen, Deep Learning, Variational Autoencoder, Gated Recurrent Unit, Spritzgussfertigung