IDEA: Identifiera nyckelvariabler vid övervakning av produktionsprocesser

Publik rapport

Författare: Ning Xiong
Datum: 2022-02-28
Projekt inom Hållbar produktion - FFI

FFI Fordonsstrategisk Forskning och Innovation

Innehållsförteckning

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Processövervakning är en viktig uppgift i tillverkningssystem för att säkerställa produktionskvaliteten. Det hjälper till att tidigt upptäcka anomalier och farliga situationer så att säkerheten förstärks vid processkontroll med hjälp av proaktiva motåtgärder för att förhindra allvarliga olyckor och katastrofer.

Men många sensorer som används för att övervaka industriella processer samlar in mycket data och signaler. Detta ger upphov till problemet med stora datamängder av höga dimensioner, vilket är svårt att hantera i praktiken.

IDEA-projektet har hanterat detta högdimensionella dataproblem vid processövervakning genom att lära sig ett mindre antal nya variabler. Tre metoder för djupinlärning har undersökts här för att skapa nya variabler för dimensionsreduktion, inklusive principal component analysis (PCA), autoencoder (AE) och deep autoencoder (DAE). Vidare användes de inlärda nya variablerna för att bygga modeller för att upptäcka anomalier vid processövervakning. Utvärderingsresultaten har visat att tillämpning av de inlärda nya variablerna för att upptäcka anomalier kan ge liknande eller ännu bättre klassificeringsnoggrannhet i jämförelse med att använda alla ursprungliga variabler.

IDEA är ett förstudieprojekt som har genomförts i nära samarbete mellan Mälardalens Universitet och Volvo Lastvagnar. Från denna förstudie fick vi värdefulla erfarenheter av huruvida dimensionsreduktion är möjlig vid processövervakning och hur man uppnår detta när man hanterar högdimensionell data från mätningar. Denna erfarenhet kommer att vara värdefull för att bygga stora system för processövervakning i framtida projekt.

2 Executive summary in English

The IDEA project has tackled the high dimensional data problem in process monitoring by learning a lower number of new features. Three deep learning methods have been investigated to create new features from the original ones for dimension reduction, including principal component analysis (PCA), autoencoder (AE), and deep autoencoder (DAE). Further the learned new features were used as inputs to build anomaly detection models for process monitoring. The evaluation results have shown that adopting the learned new features for anomaly detection can produce similar or even better classification accuracy in comparison to using all original features.

IDEA is a pre-study project that has been conducted with close collaboration between Mälardalen University and Volvo Trucks. From this pre-study, we gained valuable experiences of whether dimension reduction is possible in process monitoring and how to achieve this when dealing with high dimensional data from measurements. This experience will be valuable for building large process monitoring systems in future projects.

3 Bakgrund

In automotive industry, the scale and complexity of production processes are increasing. Especially, mass customization requires reconfiguration of production lines to produce a wide range of different products, which leads to high safety and production quality demands. Online process monitoring is crucial to ensure proper process operations and fast detection of anomaly and hazardous events. As lots of variables of the process are being collected and stored, it gives rise to the problem of large volumes of data in high dimensions. Unfortunately, traditional methods of monitoring such as statistical process control are ineffective to handle this issue of “curse of dimensionality”.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

The purpose of the IDEA project is to find ways to reduce dimensionality of data in process monitoring. This will not only reduce the computational complexity in learning but also improve model accuracy for classification.

IDEA has addressed the problem of how to acquire a lower number of new features from original measurements for process monitoring. Three learning methods, including principal component analysis, autoencoder, deep autoencoder have been studied for this purpose.

5 Mål

The IDEA project aims to extract key features from original signals for anomaly detection in process monitoring.

Different learning methods have been investigated in this project to create a low number of features from the original data while still capturing the significant information. This work has led to substantial reduction of input dimensionality of anomaly detection models in process monitoring.

6 Resultat och måluppfyllelse

This pre-study project gained valuable experience of applying deep learning methods to reduce input dimensionality for anomaly detection models in process monitoring. Different detection models combined with low dimensional feature learning have been constructed and evaluated. The acquired lower dimensionality and model complexity brings the following benefits:

- More precise and reliable detection of anomaly
- Faster detection in real-time monitoring
- Lower energy consumption in deployment

The result of the project has potential to contribute new knowledge for improving the quality control in production lines. This would result in less energy and material wastes in production processes, thus benefiting the environment and sustainable development of the society.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt		There is high potential to do this. Further discussions are being made between Volvo and MDU on the possibility of utilizing the results in new project
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt		
Introduceras på marknaden		
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut		

Finns kopplingar till andra interna/externa projekt som kan påskynda introduktion eller ge större genomslag?

7.2 Publikationer

A joint paper is planned by extending the technical report.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Input dimension reduction is always advantageous in process monitoring since it helps mitigating complexity of the classification models. This will on one hand significantly enhance the computational efficiency in training the detection/classification models. On the other hand, the reduced model complexity will result in faster inference and shorter reaction time when the models are deployed in real-time applications.

From this pre-study, we gained experiences of whether dimension reduction is possible and how to achieve this when dealing with high dimensional data from measurements. This experience will be valuable for building large process monitoring systems in future. Further discussions are being made between MDU and Volvo for utilizing the results of this project for a new future project

9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Mälardalen University
Contact person: Ning Xiong (ning.xiong@mdh.se)

Volvo Group Trucks Operation
Contact person: Zhiping Wang (zhiping.wang@volvo.com)