

Pro²Future :: Cognitive and Sustainable Products and Production Systems of the Future

Programm: COMET – Competence Centres for Excellent Technologies

Förderlinie: COMET-Centre K1

Projekttyp: VIVARIUM II, multi-firm



Fig. 1.: Multimodale Explorationsoberfläche für Zeitreihen- und Bilddaten

VISUELLE ANALYSE MULTIMODALER SCHWEIßDATEN EIN FRAMEWORK ZUR EFFIZIENTEN UND TRANSPARENTEN ANOMALIEERKENNUNG IN SCHWEIßPROZESSEN

Die Modellierung und Analyse moderner Schweißprozesse ist aufgrund der großen Menge hochfrequenter, mehrdimensionaler Daten sowie der komplexen zeitlichen Dynamik des zugrunde liegenden Prozesses äußerst anspruchsvoll. Neben Zeitreihendaten liefern Bilddaten von Schweißnähten wertvolle Informationen über die Prozessqualität, lassen sich jedoch nur schwer in konventionelle Analyseansätze integrieren.

Aufgrund dieser Herausforderungen sind relevante Muster und Anomalien häufig nicht direkt erkennbar, und die manuelle Inspektion sowie Annotation der Daten bleibt zeitaufwendig und ineffizient. Bestehende Ansätze analysieren die verschiedenen Datenmodalitäten meist isoliert voneinander oder stützen sich auf aggregierte Features, wodurch ihre Fähigkeit eingeschränkt wird, die volle Komplexität des Prozesses abzubilden.

Dies führte zur Entwicklung eines datengetriebenen und auf visueller Analytik basierenden Frameworks für die Analyse multimodaler Schweißdaten mit dem Ziel,

die Anomalieerkennung zu verbessern und den manuellen Aufwand für die Datenannotation zu reduzieren. Im Rahmen dieses Projekts wurden Methoden zur Kombination von Zeitreihen- und Bilddaten entwickelt. Die Bilddaten wurden mithilfe von Objekterkennungsverfahren wie **YOLO** verarbeitet, um relevante Bereiche zu identifizieren. Anschließend erfolgte die Merkmalsextraktion mit vortrainierten Modellen, darunter **ResNet** und **EfficientNet**. Parallel dazu wurden die Zeitreihendaten mithilfe von **Temporal Convolutional Networks** modelliert, um komplexe zeitliche Abhängigkeiten zu erfassen. Zur Zusammenführung beider Datenmodalitäten wurde eine Late-Fusion-Strategie eingesetzt.

Darüber hinaus wurde ein Visual-Analytics-Framework entwickelt, um eine effiziente Datenexploration und Annotation zu unterstützen. Dieses umfasst eine kalenderbasierte Übersicht zur Identifikation zeitlicher Muster, und Guidance Ansätzen zur Priorisierung relevanter Anomalien sowie interaktive

SUCCESS STORY

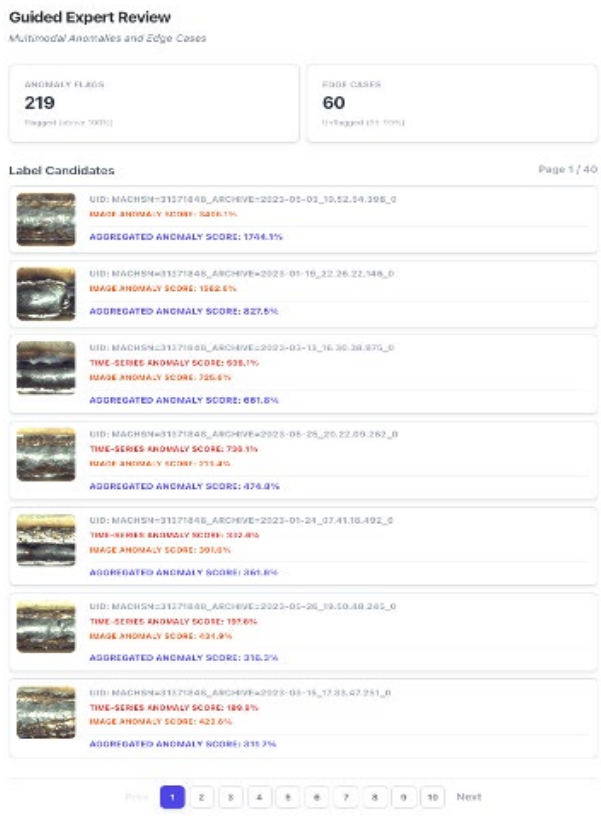


Fig. 2. Die Guidance Ansicht unterstützt die Auswahl auffälliger Schweißnähte für eine vertiefte Analyse.

Detailansichten für eine tiefgehende multimodale Analyse. Die Integration von Annotationsfunktionen direkt in den Analyseprozess ermöglicht ein effizientes Labeling von Ground-Truth-Daten.

Impact

Das Projekt zeigt, dass die Kombination von visueller Analytik und multimodalen datengetriebenen Methoden die Analyse von Schweißprozessen erheblich verbessert. Die Integration von Zeitreihen- und Bilddaten ermöglicht ein umfassenderes Verständnis des Prozessverhaltens, da beide Datenmodalitäten komplementäre Einblicke in die zeitliche Dynamik sowie in visuelle Qualitätsmerkmale liefern. Gleichzeitig unterstützt Guidance BenutzerInnen dabei, relevante Anomalien zu identifizieren und sich in großen sowie komplexen Datensätzen effizient zurechtzufinden. Ein zentrales Ergebnis des Projekts war der Nachweis, dass leistungsfähige Machine-Learning-Modelle auch mit nur teilweise annotierten Daten trainiert werden können. Dadurch wird der manuelle Annotationsaufwand deutlich reduziert und die Praxistauglichkeit erhöht. Die Kombination aus interaktiver Visualisierung und maschinellem Lernen verbessert zudem die Interpretierbarkeit der Ergebnisse und unterstützt BenutzerInnen aktiv im Analyseprozess. Insgesamt erhöhen die entwickelten Methoden die Effizienz und Transparenz der Schweißdatenanalyse und bilden eine Grundlage für den industriellen Einsatz.

Pro2Future GmbH

Altenberger Straße 69
4040 Linz, Austria

T +43 (0) 732 2468 – 4783
office@pro2future.at
www.pro2future.at

Scientific Director

Univ.-Prof. Dr. Alois Ferscha
alois.ferscha@pro2future.at

Project partner

- Fronius International GmbH

Success Story by

DI Dr. Josef Suschnigg
josef.suschnigg@pro2future.at

DI Dr. Belgin Mutlu
Area Manager
belgin.mutlu@pro2future.at

Center Communications Manager

DI Dr. Markus Jäger, MLBT
markus.jaeger@pro2future.at



This report was released for publication at the FFG website by the centre management and its project partners. Pro²Future is a COMET Centre within the COMET – Competence Centres for Excellent Technologies Programme and funded by BMIMI, BMWET, Upper Austria and Styria. The COMET Programme is managed by FFG. Further information on COMET: www.ffg.at/comet

Federal Ministry
Innovation, Mobility
and Infrastructure
Republic of Austria

Federal Ministry
Economy, Energy
and Tourism
Republic of Austria

Austrian Research Promotion Agency
Sensengasse 1, A-1090 Vienna
P +43 (0) 5 77 55 - 0
office@ffg.at
www.ffg.at