AI4Lab2Plant

Artificial Intelligence driven Knowledge Transfer from Lab to Industrial Plant

Programm / Ausschreibung	Bundesländerkooperationen TP, AI-Region Upper Austria	**Status**	laufend
Projektstart	01.01.2025	**Projektende**	31.12.2027
Zeitraum	2025 - 2027	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	Machine Learning; Transfer Learning; Open Source Software; Coating Technology; Pilot Plant Scale-up		

Projektbeschreibung

Das Forschungsvorhaben AI4Lab2Plant der FH OÖ Forschungsgruppe HEAL (FHOOE-HEAL), K1-MET GmbH (K1-MET) und voestalpine Stahl GmbH (VAS) zielt darauf ab, die Praxistauglichkeit von Machine Learning -Algorithmen und -Modellen zu verbessern. Mit der Entwicklung neuartiger Algorithmen und unter Einbindung von Domänenwissen, sollen Vorhersagemodelle erzeugt werden, die nicht nur unter Laborbedingungen, sondern z.B. auch im Kontext einer großtechnischen Produktionsanlage funktionieren. Dies soll zur Effizienzsteigerung, Qualitätsverbesserung und Ressourcenschonung im industriellen Umfeld beitragen. Wichtige Aspekte beim Einsatz von Machine Learning (-Modellen) sind hierbei:

- Vertrauenswürdigkeit und Interpretierbarkeit: Modelle, die von Domänenexperten verstanden und interpretiert werden können, genießen mehr Vertrauen als sogenannte Black-Box Modelle.
- Wissensintegrationsfähigkeit: Insbesondere bei schwieriger Datenlage, sind Modelle, die bestehendes Domänenwissen integrieren können, im Vorteil.
- Übertragbarkeit: Eine weitere Herausforderung ist der Transfer von Modellen von der Trainingsumgebung auf die (industrielle) Einsatzumgebung.

Aktuelle Machine Learning Methoden können bislang nur einzelne Aspekte adressieren, aber nicht alle zusammenhängend betrachten. Der daraus entstehende Forschungsbedarf zeigt sich besonders deutlich im Anwendungsfall der voestalpine Stahl GmbH (VAS): Neben begleitenden Funktionstests auf synthetischen Daten fokussiert sich das Projekt im Rahmen einer Machbarkeitsstudie auf den Beschichtungsprozess von Stranggussformen in der Stahlindustrie. Ziel ist es, anhand aufgezeichneter Daten spezifische Beschichtungseigenschaften zu modellieren, um diese zukünftig in Echtzeit vorhersagen und gegebenenfalls optimieren zu können. Ein zentraler Aspekt des Vorhabens ist die Einbindung von Domänenwissen in den Modellierungsprozess durch den Einsatz symbolischer Regression, um eine hohe Interpretierbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

Eine besondere Herausforderung stellt die Tatsache dar, dass manche Eigenschaften nur unter Laborbedingungen erfasst

werden können und ihr Verhalten in großtechnischen Anlagen unbekannt bleibt. Daher sollen die Modelle mit Transfer Learning Methoden kombiniert werden, um die Übertragbarkeit der auf Labordaten basierenden und durch Domänenwissen erweiterten Vorhersagemodelle auf industrielle Maßstäbe zu ermöglichen. Eine erfolgreiche Umsetzung dieses Vorhabens würde den Prozess der Beschichtung verbessern, und dadurch die Beschichtungsqualität erhöhen, den Schutz der Stranggussanlage verbessern und somit im Endeffekt ressourcenschonend wirken. Zudem verringert der verbesserte Beschichtungsprozess die Ausfallswahrscheinlichkeit von industriellen Komponenten und führt zu einer allgemeinen Effizienzsteigerung.

Die geplante Kombination aus interpretierbaren, wissensintegrierenden und übertragbaren Machine Learning Methoden und -Modellen ist neuartig und bietet das Potenzial, ähnliche Probleme in anderen industriellen Bereichen zu lösen, in denen Daten knapp, aber Domänenwissen ausreichend vorhanden ist. Die entwickelten Methoden dieses Projekts sollen als Open Source Software veröffentlicht werden, um einen niederschwelligen Zugang für zukünftige Anwender und andere naturwissenschaftlich-technisch motivierte Anwendungsfälle zu gewährleisten.

Abstract

The AI4Lab2Plant research project, by the FH OÖ Research Group HEAL (FHOOE-HEAL) in collaboration with K1-MET GmbH (K1-MET) and voestalpine Stahl GmbH (VAS), seeks to advance the practical applicability of Machine Learning in industrial settings. By developing innovative algorithms and integrating domain-specific knowledge, the project aims to create predictive models that are not only effective in controlled laboratory environments but also scalable to large-scale production facilities. This initiative is designed to enhance efficiency, improve product quality, and promote resource conservation across the industrial landscape. Key focus areas of the project include:

- Trustworthiness and Interpretability: The project emphasizes the development of ML models that are transparent and interpretable by domain experts, as such models are generally more trusted than opaque, “black-box” alternatives.
- Knowledge Integration: In data-scarce scenarios, models that can incorporate existing domain knowledge are particularly advantageous.
- Transferability: A significant challenge is ensuring that models developed in a training environment can be effectively transferred to operational industrial settings.

While current ML methods often address these aspects individually, they rarely do so in an integrated manner. The need for a holistic approach is especially evident in the case of voestalpine Stahl GmbH. The project includes functional tests on synthetic data and focuses on the coating process of continuous casting molds in the steel industry. The goal is to model specific coating properties based on collected data, enabling real-time prediction and optimization in the future. A key feature of the project is the use of symbolic regression to incorporate domain knowledge into the modeling process, thereby ensuring high interpretability of the results.

One of the major challenges is that certain properties can only be observed under laboratory conditions, and their behavior in large-scale industrial settings is often uncertain. To address this, the project plans to combine the models with transfer learning techniques. This will allow for the transferability of prediction models – initially based on lab data and enhanced by domain knowledge – to industrial scales. Successful implementation will improve the coating process, leading to better coating quality, enhanced protection of continuous casting molds, and ultimately, greater resource conservation.

Additionally, the optimized coating process is expected to reduce the failure rate of industrial components, thereby boosting overall efficiency.

The innovative combination of interpretable, knowledge-integrating, and transferable ML methods proposed in this project has the potential to address similar challenges in other industrial sectors where data may be limited, but domain knowledge is abundant. The project also plans to release the developed methods as open-source software, providing easy access for future users and enabling broader application in other technically driven fields.

Projektkoordinator

- FH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH

Projektpartner

- K1-MET GmbH
- voestalpine Stahl GmbH