

Applications of Artificial Intelligence in Energy System Analysis (Master thesis)

Autor: Marcel Steimke
Erstprüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing Aaron Praktiknjo
Betreuung: Christina Kockel, M. Sc.; Elias Ridha, M. Sc.

Kurzfassung

In dieser Arbeit wird eine Methodik zur quantitativen Literaturrecherche entwickelt, um die Anwendungen von künstlicher Intelligenz (KI) in verschiedenen Anwendungsbereichen (FOAs, engl.: field of application) für die Energiesystemanalyse (ESA) zu analysieren. Es wird nach Publikationen aus den Jahren 2010 bis 2020 an der Schnittstelle zwischen verschiedenen FOAs und KI-basierten Methoden anhand einer umfangreichen Sammlung von Schlüsselwörtern gesucht. Die Datenabfragen sind in Python implementiert und nutzen Pybliometrics, um auf 96 der bestplatzierten Energiezeitschriften in der Scopus-Datenbank zuzugreifen. Die Anzahl der Veröffentlichungen (NOP, engl.: number of publications) und Metadaten werden zur Analyse des Forschungsbereichs verwendet: Die Gesamtzahl der NOP steigt schnell an und übertrifft die verwandten Forschungsbereiche. Geografische Analysen zeigen, dass technologisch fortgeschrittene Länder in diesem Forschungsbereich führend sind. Betrachtet man das Wachstum der NOPs für KI-Cluster, so haben "Neuronale Netze" im Jahr 2019 erstmals die "Evolutionären Algorithmen" überholt. Im Vergleich der KI-Anwendungen für FOAs weisen "Lastprognosen" und "Dispatching" die mit Abstand meisten Veröffentlichungen auf. "Speicherbetrieb" ist ein aktuelles Forschungsthema und wird daher für die Implementierung einer KI-Anwendung als Proof-of-Concept ausgewählt. Für diesen Anwendungsfall werden Daten aus dem iHomeLab RAPT-Datensatz entnommen und vorbereitet, um vier verschiedene ML-Modelle - k-Nächste Nachbarn (k-NN), Entscheidungsbaum (DT, engl.: Decision Tree) -Klassifikator, Naïve Bayes'scher Klassifikator (NBC) und Multi-Layer Perceptron (MLP) - für eine Klassifizierungsaufgabe mit Scikit-learn zu trainieren. Der Betrieb eines Batteriesystems in einem Haushalt mit Aufdach-Solaranlage wird durch die Metamodellierung des Reglers als Black Box mit verschiedenen Eingängen und einem von drei Speichermodi (Laden/Leerlauf/Entladen) als Ausgang approximiert. Die ML-Modelle werden durch Abstimmung der Hyperparameter mit Hilfe von Gitterkreuzvalidierung optimiert. Um ihre Leistung zu bewerten, werden die Genauigkeitswerte über mehrere Durchläufe gemittelt. DT, MLP und k-NN schneiden mit rund 90 % Genauigkeit am besten ab. Ihre Leistung wird im Hinblick auf das Zukunftspotenzial von KI-basierten Methoden und die Nützlichkeit der vorgestellten Methodik zur Entdeckung interessanter Forschungsanwendungen bewertet.

Abstract

In this thesis, a methodology for a quantitative literature review is developed to analyze the applications of artificial intelligence (AI) towards different fields of applications (FOAs) for energy system analysis (ESA). Publications from 2010 until 2020 at the intersection of different FOAs and AI-based methods are searched for through an extensive collection of keywords. The data requests are implemented in Python, using Pybliometrics to access 96 of the best-

ranked energy journals in the Scopus database. The number of publications (NOP) and meta-data are used to analyze the research field: The total NOP is rising rapidly, outgrowing related research areas. Geographical analyses show that technologically advanced countries lead this research field. Looking at the growth of NOPs for AI clusters, “neural networks” surpassed “evolutionary algorithms” for the first time in 2019. Comparing AI applications for FOAs, “load forecasting” and “dispatching” have the most publications by far. “Storage operation” is a hot research topic and is therefore selected to implement an AI application as a proof-of-concept. For this use case, data is sourced from the iHomeLab RAPT dataset and pre-processed to train four different ML models – k-Nearest Neighbors (k-NN), Decision Tree (DT) classifier, Naïve Bayesian Classifier (NBC), and Multi-Layer Perceptron (MLP) – for a classification task with Scikit-learn. The operation of a battery system in a household with rooftop solar is approximated by metamodeling the controller as a black box with various inputs and one of three storage modes (charging/idle/discharging) as output. The ML models are optimized by tuning the hyperparameters using grid cross-validation. To evaluate their performance, the accuracy scores are averaged over several runs. DT, MLP, and k-NN perform best with around 90 % accuracy. Their performance is evaluated with regard to the future potential of AI-based methods and the usefulness of the presented methodology for discovering interesting research applications.