

Using metamodels to reduce complexity in security of electricity supply assessments (Master thesis)

Autor: Justus Peter Halbe
Erstprüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing Aaron Praktiknjo
Betreuung: Lars Nolting, M. Sc.; Jan Priesmann M. Sc.

Kurzfassung

Mit dem steigenden Anteil der installierten Leistung erneuerbarer Energien in Deutschland und dem Ausstieg aus der Kernenergie und der Braunkohleverstromung gewinnen probabilistische Simulationsmodelle für die Bewertung der Stromversorgungssicherheit an Bedeutung. Allerdings sind probabilistische Simulationsmodelle mit hoher zeitlicher Auflösung zeit- und rechenintensiv, was die Untersuchung eines breiten Spektrums möglicher Energiesystemszenarien behindert. Daher wird der Ansatz der Metamodellierung auf das Versorgungssicherheitsmodell JERICHO angewandt, um zu untersuchen, ob Metamodelle in der Lage sind, die Beziehung zwischen Modelleingabe- und Ausgabedaten direkt abzubilden. Im ersten Schritt wird das Versorgungssicherheitsmodell JERICHO durch Design of Experiments erweitert, um Unsicherheiten in den Inputdaten für das Zieljahr 2030 in Deutschland zu berücksichtigen und entsprechende Outputdaten mit Hilfe des Rechenzentrums der RWTH Aachen zu generieren. Im zweiten Schritt werden Metamodelle in der Open-Source-Analyseplattform KNIME eingesetzt, um die stochastischen Schlüsselindikatoren "Loss of Load Expectation" und "Expected Energy not Served" für die Bewertung der Stromversorgungssicherheit vorherzusagen. Meine Ergebnisse zeigen, dass eine Vielzahl von Metamodellen für die Bewertung der Stromversorgungssicherheit nützlich sind. Insbesondere Künstliche Neuronale Netze und Gradient Boosted Trees, aber auch Random Forests und einfache Regressionsbäume liefern vielversprechende Ergebnisse und erzielen hohe Vorhersagegenauigkeiten für LoLE und EEnS, die konventionelle Regressionsanalysen wie lineare und polynomiale Regression übertreffen. Insgesamt kann die Rechenzeit für die Auswertung eines weiteren Szenarios drastisch gesenkt werden, und zwar von ~4 Stunden bei Verwendung des Originalmodells auf dem Rechencluster auf <10 Minuten mit Metamodellen unter Verwendung der KNIME Analytics Platform auf einem Standard-PC. Für die zukünftige Forschung wird empfohlen, die Auswirkungen verschiedener Suchstrategien und -bereiche innerhalb der Hyperparameteroptimierung sowie die Kombination verschiedener Metamodelle zu untersuchen, um noch bessere Ergebnisse zu erzielen.

Abstract

With the increasing share of installed capacity of renewable energy in Germany and the phaseout of nuclear power and electricity generation from lignite, probabilistic simulation models are gaining importance for the assessment of security of electricity supply. However, probabilistic simulation models with high temporal resolution are time demanding and computationally intense, which provides a barrier to investigating a wide range of possible energy system scenarios. Therefore, the approach of metamodeling is applied on the JERICHO security of supply model, investigating whether metamodels are able to directly map the relationship between model input and output data. In the first step, JERICHO's security of supply model is extended by Design of Experiments to consider uncertainty in input-data regarding the target

year 2030 in Germany and generate relevant output-data using the computing cluster of RWTH Aachen University. In the second step, metamodels are applied in the open-source KNIME Analytics Platform to predict the stochastic key indicators 'Loss of Load Expectation' and 'Expected Energy not Served' for security of electricity supply assessments. My results indicate that a variety of metamodels are useful for the assessment of security of electricity supply. In particular, Artificial Neural Networks and Gradient Boosted Trees, but also Random Forests and Simple Regression Trees deliver promising results and obtain high prediction accuracies for LoLE and EEnS, outperforming conventional regression analysis such as linear and polynomial regression. Overall, computing time for the evaluation of one further scenario can be drastically lowered from ~4 h, using the original model on the computing cluster, to <10 min with metamodels using the KNIME Analytics Platform on a standard PC. For future research, the effects of different search strategies and ranges within hyperparameter optimization as well as the combination of different metamodels for gaining even better performances is recommended.