

Z U S A M M E N F A S S U N G

Diese Arbeit untersucht maschinelles Lernen in der Überlebenszeitanalyse von Nierentransplantationen, wobei der Schwerpunkt auf der Verfügbarkeit, Übertragbarkeit und Unsicherheitsquantifizierung bestehender Prognosemodelle liegt. Die Motivation ergibt sich aus der hohen klinischen Relevanz präziser Prognosen in der Transplantationsmedizin sowie der bisherigen Vernachlässigung der Unsicherheitsdarstellung in der Literatur. Zentrale Fragestellungen waren: (1) Inwieweit lassen sich existierende Prognosemodelle auf die Daten des Deutschen Transplantationsregisters (TxReg) übertragen? (2) Wie werden Unsicherheiten in Prognosemodellen kommuniziert? (3) Wie können Vorhersagen und Unsicherheiten für die klinische Praxis nutzbar gemacht werden?

Methodisch wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt, bei der 50 Studien zu maschinellem Lernen und Überlebensanalyse ausgewertet wurden. Ein Modell, das den festgelegten Kriterien entsprach (A1 Modell), wurde auf die TxReg-Daten angewendet und hinsichtlich Performance und Unsicherheitsdarstellung untersucht. Dazu wurden Methoden wie Monte Carlo Dropout und Bootstrapping implementiert. Zusätzlich wurde ein interaktives Dashboard zur Visualisierung der Vorhersagen und Unsicherheiten entwickelt.

Die Ergebnisse zeigen, dass nur wenige Modelle vollständig dokumentiert sind und eine Übertragung erschweren. Die Unsicherheitsquantifizierung wird bisher selten berücksichtigt, obwohl sie in der medizinischen Entscheidungsfindung essenziell wäre. Das auf TxReg angewendete A1-Modell zeigte akzeptable Performance, jedoch wurden Unterschiede zur Originalstudie deutlich. Das entwickelte Prototyp-Dashboard hat das Potenzial, die Interpretierbarkeit der Modelle für Anwender erheblich zu verbessern. Insgesamt unterstreicht die Arbeit die Notwendigkeit einer besseren Dokumentation der Methodik und Modelle sowie der Integration von Unsicherheitsquantifizierung in die Ergebnisse der Überlebensanalyse für die Transplantationsmedizin.

Schlüsselwörter: Überlebenszeitanalyse; Maschinelles Lernen; Unsicherheitsquantifizierung; Nierentransplantation; Prognosemodelle

A B S T R A C T

This thesis investigates the application of machine learning-based survival models in kidney transplantation, focusing on the availability, transferability, and uncertainty quantification of existing prognostic models. The motivation arises from the clinical importance of accurate predictions and the current lack of attention to uncertainty reporting in the literature. Key research questions addressed were: (1) To what extent can existing prognostic models be transferred to the German Transplant Registry (TxReg) data? (2) How is uncertainty communicated in prognostic models? (3) How can predictions and uncertainties be made accessible for clinical practice?

Methodologically, a systematic literature review of 50 studies in machine learning and survival analysis was conducted. A prognostic model meeting predefined criteria (A1 model) was applied to TxReg data and evaluated regarding performance and uncertainty quantification, using methods such as Monte Carlo Dropout and Bootstrapping. Furthermore, an interactive dashboard was developed to visualize predictions and uncertainties.

The findings reveal that only a few models are sufficiently documented to allow for transferability. Uncertainty quantification remains largely neglected, despite its critical role in clinical decision-making. The A1 model applied to TxReg demonstrated acceptable performance but also highlighted differences compared to the original study. The developed prototype dashboard has the potential to significantly improve the interpretability of the models for users. Overall, the study emphasizes the urgent need for better documentation of methodology and models as well as the integration of uncertainty quantification into the results of survival analysis for transplantation medicine.

Keywords: Survival Analysis; Machine Learning; Uncertainty Quantification; Kidney Transplantation; Prognostic Models