

ABSTRACT

The aviation industry has long overcome the pandemic, and many airports worldwide set new passenger records in 2024. At the same time, staffing levels in many places are still below the levels of 2019, which is why all process workflows need to be as efficient as possible. Data-driven optimization has become established in the industry and is also widely used in aviation. In addition to classic optimization problems such as route planning or crew scheduling, there are more and more use cases with a significant stochastic component, thanks to the utilization of big data.

This thesis describes the development of a continuously running short-term forecasting system for ground handling staff utilization at airports. A key requirement for the application is a short computation time, while the model should simultaneously be able to comprehensively represent the handling operations at an international major airport. In addition to the large number of personnel and tasks, other problem characteristics include qualification and collaboration conditions, high variance in process times, and a multitude of external influences. For this reason, the process is modeled in an abstract form using queueing theory.

Based on the existing process data at Frankfurt Airport, the theoretical modeling was implemented. A model runtime of under 15 minutes was achieved for a four-hour forecast. The queueing models showed high accuracy for the late shift period, while there were still significant outliers in quality during the early shift period. To account for further exogenous factors, a hybrid approach combining a queueing model with an xgboost model was employed. The ensemble model proved to be significantly more robust in experiments and showed high forecasting quality for both the early and late shift periods. Additionally, the important operational requirement of breaks was integrated. Although this did not lead to a significant improvement in forecasting, the resulting planning of the model shows potential for operational optimization.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Luftfahrtbranche hat längst die Pandemie überwunden und viele Flughäfen weltweit wiesen 2024 neue Passagierrekorde auf. Gleichzeitig ist die Personallage vielerorts noch unter dem Niveau von 2019, weswegen alle Prozessabläufe so effizient wie möglich zu gestalten sind. Datengetriebene Optimierung hat sich in der Industrie etabliert und findet auch in der Luftfahrt weitreichende Anwendung. Neben klassischen Optimierungsproblemen wie Routen- oder Schichtplanung gibt es nicht zuletzt durch Nutzung großer Datenmengen auch immer mehr Anwendungsfälle mit einem großen stochastischen Problemmanteil.

Diese Arbeit beschreibt die Entwicklung eines kontinuierlich laufenden, kurzfristigen Prognosesystems für den Personaleinsatz der Bodenabfertigung an Flughäfen. Zwingende Voraussetzung für den Anwendungsfall ist eine kurze Berechnungszeit, wobei das Modell gleichzeitig in der Lage sein sollte, den Abfertigungsbetrieb an einem internationalen Großflughafen gesamtheitlich abzubilden. Neben der großen Anzahl an Personal und Aufträgen sind weitere Problemeigenschaften Qualifikations- und Kollaborationsbedingungen, große Varianzen in den Prozesszeiten sowie eine Vielzahl externer Einflüsse. Aus diesem Grund wird der Prozess basierend auf den Grundlagen der Warteschlangentheorie in abstrahierter Form modelliert.

Die theoretische Modellierung wurde, angepasst auf die vorliegenden Prozesse am Frankfurter Flughafen, implementiert. Für eine vierstündige Prognose konnte dabei eine Modelllaufzeit von unter 15 Minuten erreicht werden. Die Warteschlangenmodelle wiesen für den Zeitraum der Spätschicht eine hohe Genauigkeit auf, während die Qualität im Zeitraum der Frühschicht bedingt durch Ausreißer durchmischt war. Um weitere exogene Faktoren mit zu berücksichtigen, wurde im Rahmen eines hybriden Ansatzes ein Warteschlangenmodell mit einem xgboost-Modell kombiniert. Das Ensemble-Modell zeigte sich in Experimenten wesentlich robuster und wies für sowohl Früh- als auch Spätschicht eine hohe Prognosequalität auf. Außerdem wurde die für den Betrieb wichtige Pausenbedingung integriert. Im Rahmen der Prognose führte dies zwar zu keiner signifikanten Verbesserung, die daraus resultierende Pausenplanung zeigt jedoch Potenzial für eine betriebliche Optimierung auf.