

УДК 004.056

Разработка модуля для автоматизации системы прогнозирования посадки летательного аппарата с учетом погодных условий

Белякова Светлана Алексеевна

belyakovasa@student.bmstu.ru

Базикалова Алевтина Алексеевна

bazikalovaaa@student.bmstu.ru

Князева Светлана Вадимовна

knyazevasv@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Статья посвящена разработке модуля комплексной системы прогнозирования посадки летательного аппарата, учитывающей погодные условия. В статье приводится результат исследований физических случаев посадки самолета на взлетно-посадочную полосу на основе информации, полученной из открытых источников. Оценивается влияние различных погодных факторов друг на друга, а также степень их воздействия на процесс посадки. В статье изложен новый подход к прогнозированию посадки самолета, который позволяет улучшить безопасность и эффективность посадки летательного аппарата.

Ключевые слова: моделирование процесса посадки ЛА, искусственный синтез данных, модель предсказания, летательный аппарат, прогнозирование посадки ЛА, погодные факторы

Введение. Точность прогнозирования влияния погодных условий на процесс посадки ЛА (летательный аппарат), в частности, самолета, может значительно повысить безопасность авиаперелетов, корректировать расписание полетов, сократить количество отложенных рейсов, а также снизить дополнительные расходы на топливо. В статье использованы знания из различных предметных областей, таких как метеорология, машинное обучение, авиационная механика.

Материалы и методы. Сбор данных, необходимых для разработки модуля автоматизированной системы прогнозирования посадки ЛА, произведен на ограниченном множестве видеоматериалов из открытых источников. Поэтому для увеличения объема данных была реализована методика искусственного синтеза данных. Она позволила породить новые данные, сохраняя реалистичность и характерные особенности исходных данных [1]. В отличие от простого добавления шума, были выбраны специальные методы, повышающие точность модели прогноза.

Основные этапы реализации практической части. В рамках выполнения данного проекта были использованы современные методы машинного обучения, такие как TabNet и генеративные состязательные сети (GAN). Использование данных методов позволило значительно повысить точность и надежность прогнозов.

Основной задачей данного проекта была разработка модуля автоматизированной системы прогнозирования посадки ЛА, способного предсказывать

оптимальные параметры посадки ЛА, учитывая различные метеорологические условия [2–4]. Решение этой задачи становится все более актуальным в связи с увеличением числа авиаперевозок и необходимости повышения безопасности полетов [5]. Традиционные методы, такие как прогнозирование на основе построения модели связанных правил, не всегда могут учитывать все нюансы из-за отсутствия моментальной обратной связи при построении жестко связанных правил в момент формирования модели прогнозирования. Поэтому в работе предлагается применить современные подходы, основанные на внедрении нейронных сетей и машинного обучения. Это позволило ускорить и автоматизировать процесс обучения и, при необходимости, процесс дообучения на новых данных, что гарантированно повышает точность прогнозов с течением сбора данных.

В работе использовалась архитектура нейронной сети TabNet, специально предназначенной для работы с табличными данными, что обусловлено начальной выборкой. Особенностью данной нейросети является эффективная обработка данных и получение их гарантированных признаков. При этом сохраняется структура и взаимосвязь между данными [6]. В проекте TabNet использовалась для анализа данных о посадках, включая информацию о погодных условиях и результатах посадок. Данные для обучения представлены в табл. 1.

Используя возможности TabNet по интерпретации данных, были определены ключевые факторы, влияющие на успех посадки ЛА, а именно, на успех посадки более всего влияет сильный боковой ветер и менее всего — переменная облачность. Время обучения модели (train time) составило 3 с. Сбалансированная точность (balanced accuracy), используемая для оценки эффективности классификационных моделей, особенно при несбалансированных классах признаков, составила 80,39 %. Точность модели свидетельствует о ее способности точно прогнозировать как успешные, так и неудачные посадки, что имеет решающее значение в задачах, связанных с безопасностью авиаперелетов и своевременного принятия решений о посадке ЛА.

Для создания синтетических данных, которые позволили расширить набор входных данных использовались генеративные состязательные сети (GAN). Расширение набора входных данных имеет решающее значение, так как в авиационной отрасли доступ к реальным данным ограничен из-за конфиденциальности и безопасности. GAN позволил сгенерировать различные сценарии посадки, учитывающие взаимное влияние различных погодных условий, что дало возможность обучить модель на более расширенном и разнообразном наборе данных. Это значительно повысило устойчивость и точность системы прогнозирования, объем обучающей выборки увеличился на 80 %. Полученное при моделировании низкое значение функции потерь для дискриминатора в GAN, равное 0,227, показывает, что данный компонент, хорошо справляется с задачей различия реальных и синтетических данных, что обеспечивает обратную связь генератору для создания последующих сценариев посадки ЛА. В свою очередь, значение функции потерь для гене-

ратора в GAN, равное 2,89, также является низким и говорит о том, что генератор справляется с задачей создания качественных данных, на основе оценки правдоподобия дискриминатора, которая представляет собой степень схожести входных синтетических данных с реальными данными из выборки [7, 8]. В этом случае время обучения модели (train time) составило 5,921 секунды. Данные для обучения представлены в табл. 2.

Таблица 1

Входные данные для обучения TabNet

Ветер, м/с	Ветер	Дождь	Гроза	Облачность	Видимость	Результат посадки
						Хотя бы один красный
Предел 5	1. Попутный	1. Без осадков	1. Да	1. Ясно	1. Хорошая или отличная видимость	Неудачная посадка
0–5	1.1 Слабый	2. Небольшой дождь	2. нет	2. Переменная облачность	2. дымка	Комбинация двух и более
6–14 м/с	1.2 Умеренный	3. Дождь		3. Облачно	3. туман	Неудачная посадка
15–24	1.3. Сильный	4. Сильный дождь				Любой набор зеленых
25–32	1.4. Очень сильный	5. Очень сильный дождь				Удачная посадка
>33	1.5. Ураганный					
15	2. Боковой					
0–5	2.1 Слабый					
6–14 м/с	2.2 Умеренный					
15–24	2.3. Сильный					
25–32	2.4. Очень сильный					
>33	2.5. Ураганный					
30	3. Встречный					
0–5	3.1 Слабый					
6–14 м/с	3.2 Умеренный					
15–24	3.3. Сильный					
25–32	3.4. Очень сильный					
>33	3.5. Ураганный					

Таблица 2

Входные данные для обучения GAN

Ветер, км/ч	Посадочная полоса	Дождь	Гроза	Облачность	Видимость	Результат посадки
Попутный слабый	Скользкая	Небольшой дождь	Нет	Переменная облачность	Хорошая или отличная видимость	Сел
Попутный умеренный	Без проблем	Без осадков	Нет	Переменная облачность	Хорошая или отличная видимость	Сел
Попутный сильный	Без проблем	Без осадков	Нет	Облачно	Дымка	Не сел
Попутный очень сильный	Без проблем	Без осадков	Нет	Ясно	Хорошая или отличная видимость	Сел
Попутный ураганный	Без проблем	Без осадков	Нет	Переменная облачность	Дымка	Не сел
Боковой слабый	Без проблем	Без осадков	Нет	Облачно	Хорошая или отличная видимость	Сел
Боковой умеренный	Без проблем	Без осадков	Нет	Облачно	Дымка	Сел
Боковой сильный	Скользкая	Дождь	Да	Переменная облачность	Хорошая или отличная видимость	Не сел
Боковой очень сильный	Без проблем	Без осадков	Нет	Ясно	Хорошая или отличная видимость	Сел
Боковой ураганный	Без проблем	Без осадков	Нет	Облачно	Туман	Не сел
Встречный слабый	Скользкая	Дождь	Нет	Переменная облачность	Дымка	Сел
Встречный умеренный	Без проблем	Без осадков	Нет	Ясно	Дымка	Сел
Встречный сильный	Без проблем	Без осадков	Нет	Ясно	Хорошая или отличная видимость	Сел
Встречный очень сильный	Без проблем	Без осадков	Нет	Ясно	Хорошая или отличная видимость	Сел
Встречный ураганный	Без проблем	Без осадков	Нет	Облачно	Хорошая или отличная видимость	Сел
Попутный очень сильный	Скользкая	Дождь	Да	Переменная облачность	Дымка	Не сел
Боковой очень сильный	Скользкая	Сильный дождь	Нет	Переменная облачность	Дымка	Не сел

Использование TabNet и GAN позволило достичь значительного улучшения качества предсказаний при прогнозировании. На основе полученных результатов возможна дальнейшая разработка автоматизированной системы

прогнозирования посадки летательного аппарата с учетом погодных условий, в который включен реализованный в данном проекте модуль прогнозирования. Его внедрение является важным шагом к созданию более безопасных и эффективных систем управления полетами.

Результаты. В результате выполнения проекта была реализована модель предсказаний, которая основана на выбранной специфической модели машинного обучения, на основе TabNet и GAN. Эта модель способна прогнозировать успешность посадки ЛА, учитывая погодные условия.

Так же была реализована графическая часть модуля системы, которая моделирует процесс посадки самолета на основе полученного прогноза. Графический интерфейс позволяет визуализировать критические ситуации при посадке ЛА, учитывая погодные условия, и помогает оценить эффективность полученного прогноза.

Заключение. В рамках работы была разработана модель прогнозирования успешности посадки ЛА с учетом погодных условий с использованием методов машинного обучения. Для получения расширенной обучающей выборки были применены методы искусственного синтеза, что обеспечило доступное качество сгенерированных данных.

Список источников

- [1] Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. *Глубокое обучение*. Москва, ДМК Пресс, 2018, 652 с.
- [2] *Терминология, применяемая в краткосрочных прогнозах погоды общего назначения и штормовых предупреждениях*. URL: <https://meteoinfo.ru/forcabout/3891-nast-kpp> (дата обращения 01.06.2024).
- [3] *Как происходит взлет и посадка самолета*. URL: <https://737.territoriapoleta.ru/blog/kak-proishodit-vzlet-i-posadka-samoleta> (дата обращения 01.06.2024).
- [4] *Чем опасен сильный ветер при посадке самолета*. URL: <https://www.biletik.aero/handbook/pomoshch/perelet/chem-opasen-silnyy-veter-pri-posadke-samolyeta> (дата обращения 01.07.2024).
- [5] *Полетная видимость. Посадочная видимость. Влияние на полеты ВС*. URL: https://studopedia.net/15_56587_poletnaya-vidimost-posadochnaya-vidimost-vliyanie-na-poleti-vs.html (дата обращения 12.07.2024).
- [6] Arik S.O., Pfister T. Tabnet: Attentive interpretable tabular learning. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 2021, vol. 35 (8), pp. 6679–6687. <https://doi.org/10.1609/aaai.v35i8.16826>
- [7] Du L., Gao F., Chen X., Jia R., Wang J., Zhang J., Han S., Zhang D. Tabularnet: A neural network architecture for understanding semantic structures of tabular data. Proceedings of the 27th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery & Data Mining (KDD'21), ACM, New York, NY, USA, 2021, 10 p. <https://doi.org/10.1145/3447548.3467228>
- [8] Lei T., Barzilay R., Jaakkola T. Rationalizing neural predictions. Proceedings of the 2016 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, Austin, Texas, Association for Computational Linguistics, 2016, pp. 107–117. URL: <https://arxiv.org/pdf/1606.04155> (accessed June 12, 2024).

Development of a module for automating an aircraft landing prediction system based on weather conditions

Belyakova Svetlana A.

belyakovasa@student.bmstu.ru

Bazikalova Alevtina A.

bazikalovaaa@student.bmstu.ru

Knyazeva Svetlana V.

knyazevasv@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

The article focuses on the development of an aircraft landing complex system simulation, taking into account weather conditions. The article presents the result of the physical plane landing research on the runway, based on the information taken from open sources. Also, the article evaluates various weather conditions influence on each other, and the level of their impact on the landing process. The article presents a new approach to the aircraft landing simulation which helps to increase safety and effectiveness of an aircraft landing.

Keywords: aircraft landing simulation, data artificial synthesis, simulation model, aircraft, aircraft landing simulation, weather conditions