

Обработка наборов элементов орбиты для спутников Земли в формате TLE и применение машинного обучения в задачах классификации спутниковых группировок и предсказания эволюции их параметров

Научный руководитель – Савчук Артём Маркович

Беляков Никита Викторович

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет
космических исследований, Москва, Россия

E-mail: MSUBelyakovNV@yandex.ru

На сегодняшний день методы машинного обучения являются распространенным инструментом для анализа данных различной природы, поиска закономерностей в них, прогнозирования эволюции параметров этих данных во времени и т.д. Предметом исследования настоящей работы являются наборы орбитальных элементов (TLE, two-line elements set (описание формата см. [3])) околоземных космических объектов, предоставляемые для открытого использования ресурсом space-track.org [4]. Целью работы является попытка кластеризации наборов орбитальных элементов в соответствии с реальными данными о группировках космических аппаратов, также классификация объектов, соответствующих вновь полученным наборам данных и попытке предсказать поведение орбит и прочих параметров космических аппаратов с течением времени.

В работе сравниваются точности классификации с использованием моделей машинного обучения из библиотек `python scikit-learn` [1, 5] и `catboost` [7] для мультиклассификации. Исследуется возможность кластеризации спутников по их орбитальным параметрам в группировки и оценивается качество полученной кластеризации по имеющимся параметрам спутника. Исследуется вопрос о корреляции параметров TLE с принадлежностью спутника группировке.

Другой задачей является попытка предсказать параметры движения и орбиты космического аппарата: первую и вторую производные от среднего движения и частоту обращения. Схожая задача по уточнению значений орбитальных элементов рассматривается в работе [2]. Исследуются данные за весь 2021 год и строится прогноз на первые 2 недели или месяц 2022 года. Сравняются точности прогноза с реальными данными с помощью различных метрик (см. [5]), подбираются разные параметры сезонности и ширины окна предыдущих значений, по которым строится предсказание параметров орбиты КА. Сопоставляются результаты работы моделей SARIMA [6] и Boosting'a, а также исследуются их возможные комбинации с целью уменьшить ошибку предсказания. Осуществляется попытка предобработки исходных данных за год, их сглаживание и фильтрация от выбросов для более достоверного прогноза на ближайший месяц.

Источники и литература

- 1) Орельен Жерон. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow // Компьютерное издательство "Диалектика". Москва, Санкт-Петербург, Киев, 2018
- 2) Hao Peng, Xiaoli Bai. Machine Learning Approach to Improve Satellite Orbit Prediction Accuracy Using Publicly Available Data // The Journal of the Astronautical Sciences: <http://doi.org/10.1007/s40295-019-00158-3>

- 3) Felix R., Hoots Ronald L. Roehrich. SPACETRACK REPORT NO. 3. Models for Propagation of NORAD Element Sets //TS Kelso 31. December 1988
- 4) space-track.org :<https://www.space-track.org/auth/login>
- 5) scikit-learn.org :https://scikit-learn.org/stable/user_guide.html (документация scikit-learn python)
- 6) www.statsmodels.org :<https://www.statsmodels.org/dev/index.html> (документация statmodels python)
- 7) <https://catboost.ai/en/docs/> (документация catboost python)