

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СПУТНИКОВ

Клебанов Д. А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Калугина М. А. — канд. физ.-мат. наук, доцент

В докладе описывается суть задачи прогнозирования положения спутников, рассматривается алгоритм её решения и анализируются полученные результаты при различных наборах входных данных.

Прогнозирование положения спутников – одна из важнейших задач астрономии. Информация о точном положении спутников на орбите может быть использована для маневрирования, расчёта траектории полёта и избегания чрезвычайно опасных столкновений. Любое аварийное сближение может привести не только к разрушению спутников, но и к увеличению объема космического мусора. Например, столкновение Иридиум-Космос в 2009 году увеличило количество космического мусора примерно на 13%. Дальнейшие столкновения могут привести к возникновению синдрома Кесслера, при котором плотность объектов на низкой околоземной орбите резко возрастает и делает недоступным использование космического пространства для многих поколений. Кроме того, более точный прогноз положения спутника поможет рассчитать более эффективные маневры для экономии ракетного топлива и продления срока службы спутника на орбите.

Множество подходов к предсказанию орбиты основаны на физических моделях. На их точность влияют, например, следующие факторы: состояние космического объекта в начале расчета траектории, информация об окружающей среде, такой, как сила тяжести Земли, атмосферное сопротивление и солнечная радиация, а также информация о планируемых маневрах. Однако наши возможности наблюдения и фиксирования показателей окружающей среды сильно ограничены. Зачастую невозможно получить о ней достаточно точную информацию или получение такой информации потребует использования дорогостоящих технологий. Поэтому ошибки предсказаний, основанные только на физических моделях, могут быть слишком большими, чтобы их можно было использовать.

Методы машинного обучения предоставляют другие возможности моделирования и

прогнозирования по сравнению с физическим подходом. Прогноз может быть сделан без явного моделирования космических объектов, маневров космического корабля и космической среды. Вместо этого модели машинного обучения обучаются на основе большого количества наблюдаемых в прошлом данных для прогнозирования будущих событий.

В частности, был реализован алгоритм, прогнозирующий положение спутников в течение следующего месяца [1] на основе данных о положении в прошлом месяце и данных SGP4-симулятора (упрощенная модель возмущений). Положение каждого спутника, а также каждая из трех его координат, рассматривались независимо от других. Анализ исходных данных показал, что для некоторых координат определенных спутников реальное положение отличалось от полученного SGP4-симулятором лишь смещением, вызванным изменением периода вращения. Для таких координат высчитывался новый период, а затем математически рассчитывалось положение спутника в следующем месяце. Для координат, которые отличались от полученных симулятором не только изменением периода, была обучена модель линейной регрессии [2] на данных по этой координате реального положения спутника за прошлый месяц. Линейная регрессия качественно описывает зависимость координат, имеющих период и определенное смещение, от времени. Для предотвращения переобучения моделей была использована L2 регуляризация, которая штрафует модель за большие коэффициенты.

Для реализации данной модели был использован язык программирования Python с множеством библиотек для анализа и обработки данных, в том числе с библиотекой машинного обучения scikit-learn. Данный выбор обусловлен наличием необходимого набора инструментов для анализа и реализации алгоритмов машинного обучения.

В качестве метрики качества алгоритма была использована SMAPE (симметрическая средняя абсолютная процентная ошибка) по каждой из трех координат спутника, а затем взято среднее из значений. Полученная ошибка составляет 10%, что является хорошим показателем для столь длительного периода прогнозирования.

Таким образом, в результате проведенной работы, был реализован алгоритм прогнозирования положения спутников, имеющий высокую скорость работы и низкую ошибку.

Список использованных источников:

1. Improving Orbit Prediction Accuracy through Supervised Machine Learning / Hao Peng, Xiaoli Bai // arXiv:1801.04856 [astro-ph.EP], 2018.
2. Машинное обучение / Бринк Хенрик, Ричардс Джозеф, Феверолф Марк, 2017