

Прогноз мощности солнечного протонного события методами машинного обучения

Научный руководитель – Власова Наталия Андреевна

Рославцев Станислав Васильевич

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Физический факультет, Кафедра физики космоса, Москва, Россия

E-mail: roslavtcev.sv22@physics.msu.ru

Солнечное протонное событие (СПС) – одно из основных проявлений солнечной активности, а также радиационно-опасный фактор космической погоды, что делает прогноз мощности СПС актуальной проблемой. Основными источниками потоков солнечных энергичных частиц считаются две составляющие взрывного процесса на Солнце: солнечные вспышки и корональные выбросы массы. В реальном времени пока доступны экспериментальные данные только по характеристикам вспышки, а именно, по мягкому рентгеновскому излучению Солнца (0,05-0,4 мн и 0,1-0,8 мн) во время вспышки: начало вспышки и максимальная плотность потока излучения (рентгеновский балл вспышки). Максимальный поток солнечных протонов обычно достигается через несколько часов (≥ 2 час) после начала регистрации в околоземном пространстве первых протонов, поэтому для прогноза в реальном времени мощности СПС может быть использовано время начала события. Экспериментальные данные с геостационарных спутников серии GOES доступны каждые 5 мин.

Цель работы заключается в создании системы прогноза в реальном времени двух характеристик СПС: максимального потока протонов с энергией >10 МэВ и времени его наступления (длительности фазы нарастания потока). Для решения поставленной задачи созданы три модели, использующие алгоритмы машинного обучения: линейной регрессии, случайного леса и градиентного бустинга. Обучение моделей производилось по данным каталогов СПС 23 и 24 циклов солнечной активности, представленных на сайте Центра космической погоды МГУ [https://swx.sinp.msu.ru/apps/sep_events_cat/]. Были отобраны СПС, в которых поток протонов с энергией >10 МэВ превышал $10 \text{ част./}(\text{см}^2 \times \text{с} \times \text{ср})$. В качестве входных параметров для моделей использовались рентгеновский балл солнечной вспышки и интервал времени между началом вспышки и началом возрастания потока солнечных протонов. Выполнена валидация моделей. Точность моделей оценивалась по данным каталога СПС 25 цикла. Приведены результаты прогнозирования, оценены вклады входных параметров на прогнозирование модели, обсуждается целесообразность использования алгоритмов машинного обучения для решения поставленной задачи. Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ им. М.В. Ломоносова.