

Секция «17.3 Искусственный интеллект и анализ данных в космических исследованиях»

**Классификация солнечных вспышек с использованием ResNet-50 и
многоканальных изображений SDO/AIA**

Научный руководитель – Конкин Никита Александрович

Короткова Надежда Александровна

Студент (бакалавр)

Поволжский государственный технологический университет, Радиотехнический
факультет, Йошкар-Ола, Россия
E-mail: korotkovanaday.06@mail.ru

Солнечные вспышки классов M и X оказывают влияние на технологическую инфраструктуру, вызывая нарушения радиосвязи и сбои в работе спутниковых навигационных систем (GPS/ГЛОНАСС). При этом сильные вспышки класса M и экстремальные вспышки класса X встречаются значительно реже событий среднего класса C, что создает существенный дисбаланс классов и затрудняет их выявление на фоне преобладающих событий. Оперативное прогнозирование вспышечной активности остаётся актуальной научной задачей, поскольку традиционные методы анализа активных областей Солнца характеризуются ограниченной воспроизводимостью результатов. Развитие космической обсерватории Solar Dynamics Observatory (SDO) обеспечило получение непрерывных многоканальных изображений солнечной атмосферы с высоким пространственным и временным разрешением [3]. В этих условиях свёрточные нейронные сети применяются для извлечения пространственных признаков из изображений активных областей и решения задач прогнозирования вспышечной активности [2].

Цель работы — разработка алгоритма автоматической классификации солнечных вспышек на основе глубокой свёрточной нейронной сети с предобученным энкодером ResNet-50, обученной на многоканальных изображениях активных областей Солнца телескопа SDO/AIA, с выделением вспышек класса M при оценке качества по метрике TSS.

В качестве входных данных использованы изображения активных областей Солнца в трёх длинах волн: 1600 Å, 304 Å и 171 Å, объединённые в RGB-изображения размером 224×224×3. Датасет включает 989 образцов, разбитых по активным областям на три выборки без утечки данных: обучающая - 702 образца, валидационная - 152, тестовая - 135. Базовой архитектурой выбрана свёрточная нейронная сеть ResNet-50, предобученная на наборе данных ImageNet [2]. К энкодеру добавлен блок пространственного внимания (Spatial Attention), обеспечивающий выделение областей, соответствующих линиям инверсии магнитной полярности и вспышечным лентам.

Обучение модели проводилось в два этапа: сначала выполнялось замораживание весов энкодера с обучением классификационной части сети, затем — полное дообучение модели с использованием взвешенной функции потерь для компенсации дисбаланса классов. Разметка датасета сформирована на основе каталога вспышечных событий спутниковой серии GOES с разделением данных по активным областям для предотвращения утечки информации между обучающей и тестовой выборками [1].

Оценка результатов классификации на данном этапе исследования проводилась с прицелом на метрику TSS, устойчивую к дисбалансу классов. В процессе обучения наилучшее значение TSS для классов M+X составило 0,5193. На тестовой выборке для класса M получены значения: TSS = 0,5084, F1 = 0,574, Recall - 0,8065. Согласно шкале метрики TSS, результат классификации вспышек класса M соответствует среднему уровню (отличным считается значения от 0,7). Достоверность результатов проверена тестом со случайной перестановкой меток: точность координат случайного угадывания (~0,20 для пяти классов), что исключает утечку данных.

Разработан алгоритм автоматической классификации солнечных вспышек на основе архитектуры ResNet-50 с блоком пространственного внимания, обученный на трёхканальных изображениях SDO/AIA. Полученные результаты являются умеренными и указывают на необходимость дальнейшей доработки алгоритма обучения нейронной сети ResNet-50 для повышения качества классификации редких событий классов M и X.

Источники и литература

- 1) GOES X-ray Flare Catalog [Электронный ресурс] / NOAA Space Weather Prediction Center. URL: <https://www.swpc.noaa.gov/products/goes-x-ray-flux> (дата обращения: 21.02.2026)
- 2) He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016. С. 770–778
- 3) Lemen J.R., Title A.M., Akin D.J. и др. The Atmospheric Imaging Assembly (AIA) on the Solar Dynamics Observatory // Solar Physics. 2012. Т. 275. С. 17–40