

11 - Астрофизика, физика космоса, современные и перспективные космические исследования и технологии

Фитагдинов Роберт Равильевич, 5 курс

Москва, Московский физико-технический институт (МФТИ), физтех-школа физики и исследований им. Ландау
Генерация показаний наземного детектора эксперимента Telescope array и поиск аномалий с помощью нейронных сетей

Харук Иван Вячеславович, к.ф.-м.н.

e-mail: robertfitagdinov@gmail.com

стр. 161

Генерация показаний наземного детектора эксперимента Telescope array и поиск аномалий с помощью нейронных сетей

Фитагдинов Роберт Равильевич

*Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)*

Институт ядерных исследований РАН

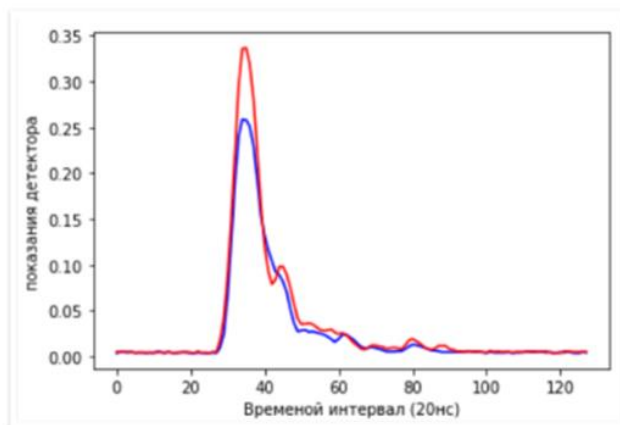
robertfitagdinov@gmail.com

Основной целью данной работы было разработать модели для генерации показаний поверхностного детектора с наибольшей амплитудой для эксперимента Telescope Array с помощью нейронных сетей. Данные, используемые для обучения модели, были получены с помощью метода Монте-Карло. Для достижения данной цели были написаны генеративно состязательные сети Васерштейна с градиентным штрафом.

Были получены визуально похожие данные. Была написана функция поиска аномалий, которая позволила не только искать расхождения реальных и смоделированных данных, но и воспроизводить данные близкие к заданным. Задачами дальнейших исследований могут стать написание генеративно состязательной сети для всех поверхностных детекторов, а не только для детектора с наибольшей амплитудой сигнала. Таким образом эта модель может быть хорошей альтернативой методу Монте-Карло, который сейчас применяется. Ее преимуществом перед ним может служить скорость, которая отличается на несколько порядков.

Обсерватория эксперимента Telescope Array включает в себя 507 сцинтилляционных поверхностных детекторов. Они занимают площадь около 700 квадратных километров. Каждый детектор содержит два слоя сцинтиллятора толщиной 1,2 сантиметра

Данные, используемые в работе, получены были методом Монте Карло. В данной работе мы построили генеративно-состязательную нейронную сеть для генерации показаний наиболее активного детектора. Данные имели размер (472351,128,2) где 2- отвечает за 2 слоя наземного детектора, 128 – количество бинов на которые разбит сигнал, продолжительностью 20 нс. Данные были отнормированы так, чтобы показания были в интервале от 0 до 1. Ниже представлен пример показаний детектора. Синим и красным показаны показания 1 и 2 слоя детектора соответственно.



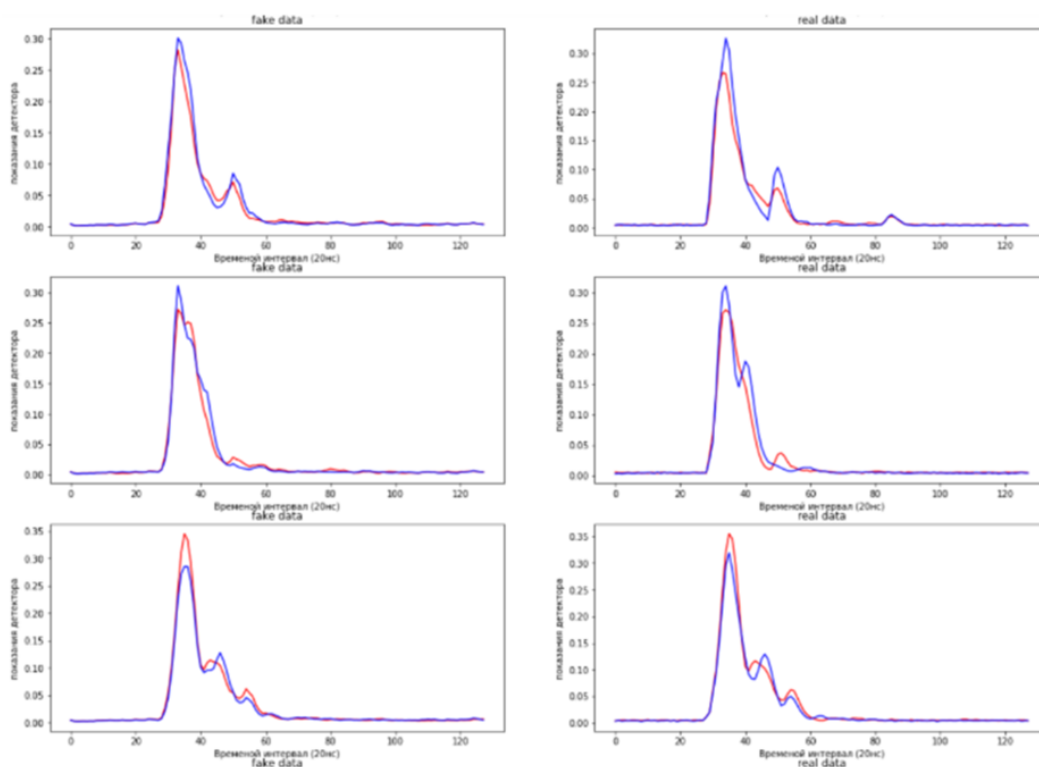
Для генерации данных использовались генеративно состязательные сети Васерштейна с градиентным штрафом. Сеть состоит из 2х нейронных сетей, называемыми генератором и критиком. Генератор принимает на

вход шум и производит из них реалистичные данные, а критик пытается сказать, насколько они похожи на реальные. Таким образом их обучение происходит посредством соперничества друг с другом. В качестве ошибки используется второе расстояние Васерштейна.

Критик состоит из 5 слоев сверточных 2х-мерных сетей с ядром (5,2). После каждого сверточного слоя идет слой MaxPooling обеспечивающий понижение размерности. Критик имеет 150 000 обучаемых параметров.

Генератор принимает на вход шум размером 200 из нормального распределения. Генератор состоит из 4 сверточных транспонированных сетей с ядром (5,2). Он имеет около 200 000 обучаемых параметров.

Пример сгенерированных и реальных данных можно видеть ниже. Слева представлены сгенерированные данные, справа – реальные



Для поиска аномалий был написан алгоритм, получающий на вход изображение и подбирающий шум для генератора посредством градиентного спуска для функции ошибки. Ошибка состояла из 2х частей:

- 1 Сначала рассчитывалась разница показаний реальных и сгенерированных данных. Позже подсчитывалась сумма всех элементов полученной матрицы.
- 2 Разница показаний дискриминатора для реальных и сгенерированных данных. Эта ошибка имела вес 0,001.

В связи с улучшением качества генерации данных, визуально стало тяжело различать качество моделей. В связи с этим была взята в качестве меры ошибка, описанная выше. Таким образом наиболее лучшая модель имела наименьшую меру т.е. выдавала наиболее реалистичные данные. Благодаря этому способу появилась возможность не только визуально, но и качественно оценивать модели.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда 22-22-20063.

Список публикаций:

1. Sofia Vallecorsa, Federico Carminati, and Gulrukh Khattak - "3D convolutional GAN for fast simulation"
2. Martin Arjovsky, Soumith Chintala, L'eon Bottou - "Wasserstein GAN"
3. Ishaan Gulrajani, Faruk Ahmed, Martin Arjovsky, Vincent Dumoulin, Aaron Courville - "Improved Training of Wasserstein GANs"
4. O. Kalashev, I. Kharuk, M. Kuznetsov, G. Rubtsov, T. Sako, Y. Tsunesada, Ya. Zhezher - "Identifying mass composition of ultra high energy cosmic rays using deep learning"
5. R. U. Abbasi, M. Abe, T. Abu-Zayyad, M. Allen ... - "Mass composition of ultrahigh-energy cosmic rays with the Telescope Array Surface Detector data"
6. R. U. Abbasi, M. Abe, T. Abu-Zayyad, M. Allen ... - "Constraints on the diffuse photon flux with energies above 1018 eV using the surface detector of the Telescope Array experiment"
7. Ian J. Goodfellow, Jean Pouget-Abadie, Mehdi Mirza, Bing Xu, David WardeFarley, Sherjil Ozair, Aaron Courville, Yoshua Bengio - "Generative Adversarial Networks"