

ЧИСТОТА УДАРОВ

Автор: Андрей Коршунов

Чувствительность российского нейтринного телескопа улучшат нейросети

Российские учёные разработали нейросетевые алгоритмы, которые помогут специалистам улучшить разрешающую способность телескопа Baikal-GVD - обсерватории мирового уровня, предназначенной для изучения нейтрино - элементарных частиц, прилетающих из космоса. Внедрение разработки позволит получить новые сведения о космических объектах - источниках нейтрино. Нейросети опробованы на моделях, но, по мнению экспертов, главные сложности возникают при обучении искусственного интеллекта на реальных данных. В дальнейшем программы будут адаптированы и для других исследовательских установок.

Учёные из Института ядерных исследований (ИЯИ) РАН, Объединённого института ядерных исследований и Московского физико-технического института (МФТИ) разработали алгоритмы, которые позволят в разы улучшить чувствительность и разрешающую способность Байкальского нейтринного телескопа Baikal-GVD - исследовательского комплекса класса мега-сайенс, предназначенного для детектирования нейтрино.

Как объяснили специалисты, детектирование нейтрино - одно из важных направлений современной астрофизики. Они не несут электрического заряда и обладают чрезвычайно низкой - околонулевой - массой. Поэтому путешествуют по Вселенной со скоростью, близкой к скорости света, практически свободно проникая сквозь любую материю.

- Особый интерес представляют нейтрино сверхвысоких энергий. Они образуются в таких объектах, как активные ядра галактик (чёрные дыры в центрах галактик. - "Известия") или сливающиеся нейтронные звёзды. Изучая эти частицы, учёные получают значимую информацию и об их источниках, и о процессах, которые в них происходят, - пояснил "Известиям" один из создателей нового программного комплекса, научный сотрудник лаборатории обработки больших данных в физике частиц и астрофизике ИЯИ РАН, преподаватель МФТИ Иван Харук.

Он пояснил: в процессе исследования были разработаны алгоритмы машинного обучения, которые помогают анализировать события, регистрируемые детекторами нейтринного телескопа. Предложенные программы охватывают все этапы - от очистки данных от шумов до реконструкции энергии нейтрино. Также они позволяют изучать низкоэнергетические нейтрино, которые сейчас остаются за пределами чувствительности телескопа.

По словам учёного, принцип действия телескопа основан на том, что нейтрино могут повзаимодействовать с молекулами воды, образуя заряженные частицы. Часть из них получает скорость больше скорости света в воде, из-за чего возникает голубоватое свечение, которое называют черенковским излучением. Рождённые при этом фотоны регистрируются детекторами, размещёнными в оптических модулях. Эти сигналы помогают определить угол прилёта нейтрино и их энергию - данные, по которым учёные реконструируют местонахождение и свойства выпустивших их космологических объектов.

Как рассказал астрофизик, в своей работе специалисты сосредоточились на решении ряда задач. Во-первых, посредством нейросетевых программ они разделяют сигналы на те, которые обусловлены черенковским излучением, и те, которые спровоцированы естественной люминесценцией воды. Подобное свечение среды составляет до 90% собранных данных.

Во-вторых, благодаря нейросетям учёные отсеивают события, которые вызваны широкими атмосферными ливнями - явлениями, при

которых космические частицы сталкиваются с атомами воздуха и образуют каскад новых частиц. По статистике, на каждое нейтринное событие приходится от 1 до 10 млн сигналов, индуцированных такими ливнями.

- Следующая цель, которую ставят перед собой учёные, - оценить потоки энергетический спектр нейтрино, который видит Baikal-GVD. После чего специалисты предполагают изучить энергию и источники наиболее интересных событий. В перспективе эти исследования позволят построить наиболее точную и полную карту нейтринных источников южного небосвода, на который направлен "взгляд" телескопа, - отметил Иван Харук.

В дальнейшем разработанные решения можно будет адаптировать для других исследовательских установок, предположил учёный. К примеру, таких, как TAIGA. Это передовой комплекс для изучения космических лучей и гамма-астрономии, расположенный южнее Байкала.

Как отметил доцент **НИЯУ МИФИ** старший научный сотрудник экспериментального комплекса "НЕВОД" **Егор Задеба**, разработки учёных ИЯИ РАН - это первая попытка применения графовых нейронных сетей для Baikal-GVD.

На этапе моделирования результаты получены хорошие, но наибольшие трудности возникнут при переходе к исследованиям на реальных данных. Сложно точно подобрать исходные данные о параметрах нейтрино для обучения нейросети, а также добиться точного соответствия моделирования эксперименту, пояснил эксперт.

- Проблема Baikal-GVD в том, что много срабатываний детекторов не связано с прилётом нейтрино. Сами искомые частицы регистрируют очень редко. В результате процесс напоминает поиск иголки в тысяче стогов сена. При этом для обучения нейросети требуется много примеров, которые взять просто неоткуда, - прокомментировал ведущий научный сотрудник отдела радиоастрофизики Института солнечно-земной физики СО РАН Сергей Анфиногентов.

В свою очередь, старший преподаватель кафедры инженерной кибернетики НИТУ "МИСиС" Эмин Тагиев выразил мнение, что нейросети умеют учитывать нелинейные зависимости. Поэтому хорошо подходят для более гибкой настройки параметров. Это позволит улучшить качество распознавания целевых сигналов, а значит, может повысить статистику детектирования нейтрино.

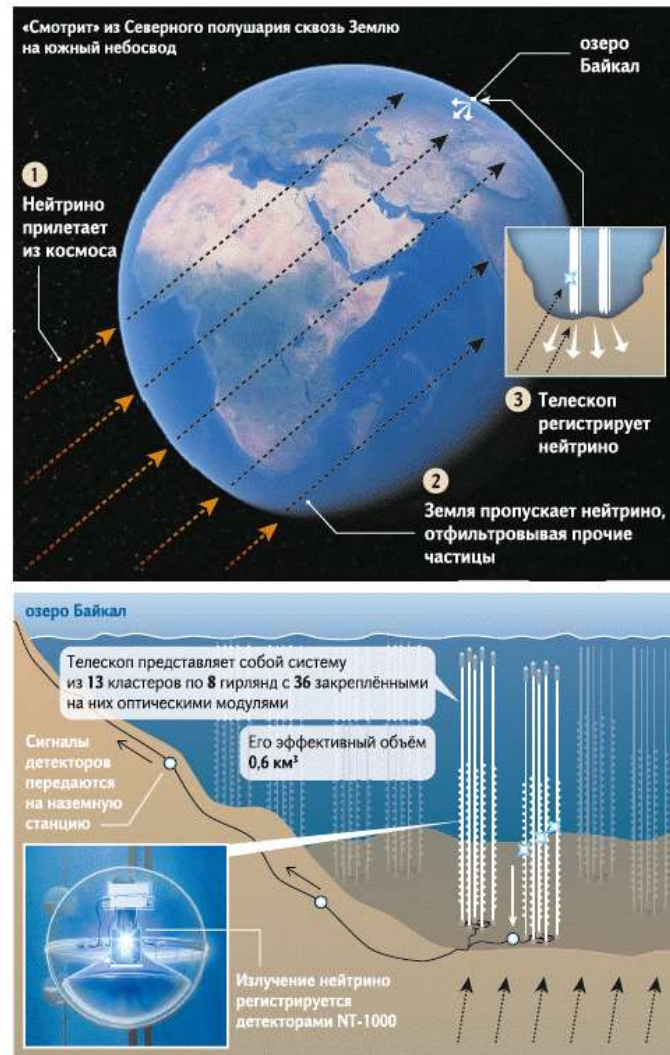
- Специалисты в области физики элементарных частиц - одни из первых, кто начал применять методы статистики и методы машинного обучения в обработке больших массивов. Причём ещё до того, как это стало мейнстримом, - отметил начальник управления перспективных технологий А1 Сбербанка и научный консультант Института искусственного интеллекта AIRI Семён Будённый.

Вместе с тем он отметил: один из главных трендов в науке сегодня - это развитие физико-информированных нейронных сетей. Они подразумевают применение законов физики в процессе машинного обучения.

Справка "Известий"

Байкальский нейтринный телескоп Baikal-GVD строится силами международной коллаборации с ведущей ролью Института ядерных исследований РАН (Москва) и Объединённого института ядерных исследований (Дубна). ИЯИ РАН - основоположник эксперимента и в целом направления "нейтринная астрономия высоких энергий" в мире. Телескоп размещён в озере Байкал и в настоящее время представляет собой систему из 13 кластеров по восемь гирлянд с 36 закреплёнными на них оптическими модулями. Его эффективный объём - 0,6 км³. Модули помещены в толщу воды. Она помогает регистрировать нейтрино, а земной шар выступает в роли фильтра, который из всего потока частиц, прилетающих из космоса, пропускает только объекты этого типа. Baikal-GVD - один из трёх действующих нейтринных телескопов в мире. Вместе с комплексами IceCube на Южном полюсе и KM3Net в Средиземном море он входит в Глобальную нейтринную сеть.

Как работает Байкальский нейтринный телескоп



Источник: газета Известия, № 154, 20 августа 2024, стр. 5

<https://iz.ru/1745201/andrei-korshunov/chistota-udarov-chuvstvitelnost-neitrinnogo-teleskopa-uluchshat-neiroseti>