

# ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ВЫЯВЛЕНИИ ПАТОЛОГИЙ НА ТОМОГРАММАХ ГОЛОВНОГО МОЗГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРОВ

## THE APPLICATION OF DEEP LEARNING METHODS IN THE IDENTIFICATION OF ABNORMALITIES ON THE CT IMAGES OF THE BRAIN USING GPUS

*R. Burkhonov*

*Summary.* The aim of the study is to apply the methods of deep learning in the detection of pathology on the brain tomograms using graphic processors. The objectives of the study are the analysis of deep learning methods, approaches to the detection of pathology on the brain tomograms, the use of the CUDA library in the detection of pathologies. Hypothesis of the study: using graphics processors will increase the speed and quality of pathology detection on the brain tomograms. Research methods: analysis, synthesis, comparison and analogies. Achieved results: the obtained models are convolutional neural networks for definition of the norm and different pathologies on CT images of the brain.

*Keywords:* deep learning, neural networks, machine learning, brain tomograms, brain pathologies, recognition, CUDA libraries.

**Бурхонов Равшан Абдужабборович**

Аспирант, Московский физико-технический институт  
burhonov@phystech.edu

*Аннотация.* Целью исследования является применение методов глубокого обучения в выявлении патологии на томограммах головного мозга с использованием графических процессоров. Задачами исследования являются анализ методов глубокого обучения, подходы к выявлению патологии на томограммах головного мозга, использование библиотеки CUDA при выявлении патологий. Гипотеза исследования: с использованием графических процессоров повысится скорость и качество выявления патологии на томограммах головного мозга. Методы исследования: анализ, синтез, сравнение и аналогии. Достигнутые результаты: получены модели свёрточной нейронной сети для определения нормы и различных патологий на томограммах головного мозга.

*Ключевые слова:* глубокое обучение, нейронные сети, машинное обучение, томограммы головного мозга, патологии головного мозга, распознавание, библиотеки CUDA.

**Р**азвитие методов глубокого или глубинного обучения (англ. deep learning) в последнее время получило широкое распространение как множество методов машинного обучения с полным, частичным привлечением учителя или без него, с подкреплением, которые ориентированы на обучении представлениям (англ. feature/representation learning), что отличает их от традиционных вычислительных алгоритмов для решения прикладных задач [2].

Прорыв в данном направлении обусловлен разработкой, в первую очередь, графических процессоров Nvidia, что качественно позволило продвинуться в обучении искусственных нейронных сетей по сравнению с 80-гг. прошлого века, когда были обоснованы теоретические основы нейросетей. Появилась возможность создания сложных технологических архитектур нейронных сетей, которые обладают высокой производительностью при решении интеллектуальных задач в сфере биомедицины, которые раньше не имели эффективных решений [5].

К настоящему времени, в сфере биомедицины разработаны различные модели искусственных нейронных сетей и алгоритмы их обучения, в том числе, алгоритмы

обратного распространения ошибки. Распространены различные архитектуры нейронных сетей: неокогнитроны, автокодировщики, сверточные нейронные сети, ограниченные машины Больцмана, глубокая сеть доверия, сеть долго-краткосрочной памяти, управляемая рекуррентная нейронная сеть и сеть остаточного обучения [2, 5]. Основным препятствием при обучении глубоких нейронных сетей со значительным количеством скрытых слоёв является проблема исчезающего градиента, которая не позволяет при послойных преобразованиях изображения сохранить распознаваемый образ в структуре нейросети. Однако, эта проблема разрешима, если при послойных преобразованиях поддерживать необходимые значения признаков для удержания градиента в допустимых границах [5].

Методы глубокого обучения применимы в общем виде к задачам машинного зрения, которое может быть использовано при двойной классификации: нормы или патологии головного мозга человека на основании магнитно-резонансной томографии (МРТ) [3, 4]. МРТ проводится в коронарной, сагиттальной и аксиальной проекциях. Для контрастного усиления полученного снимка изображения (ангиограммы) в вены пациента

вводится контрастная жидкость. Норма МРТ снимка головного мозга характеризуется наличием ровных краёв и однородной структуры без каких-либо выделяющихся изменений. Нормальное состояние головного мозга человека в последнее время — это скорее исключение, чем правило. Заключение о нормальном состоянии головного мозга следует из правильного расположения и «консистенции» тканей; отсутствия аномальных образований, кровоотечений, гнойных скоплений, тромбов и артериовенозной мальформации. Заключение о патологии головного мозга связано с обнаружением опухолей, отёков, кровоизлияний в головной мозг (инсульт). Отклонения от нормы вызваны нездоровым образом жизни, неправильным питанием, экологическими проблемами окружающей среды для человека [3].

3D моделирование выявляет процессы быстрого размножения клеток головного мозга с ускорением развития сосудистой сети в месте их сосредоточения. Внутренняя циркуляция при доброкачественной опухоли не формируется, и сосуды вокруг неё не сосредотачиваются. С привлечением в процессы исследования головного мозга методов глубокого обучения нейронная сеть должна научиться распознавать патологические интенсивные тени или выраженные просветления, отличающиеся от нормы МРТ изображения; положение, количество, формы, смещение, границы новообразований; подстраивать чёткость, интенсивность, контрастность снимка; фильтровать дефекты изображения, и как результат: распознавать синдромы и стадии болезней [3].

В глубоком обучении нейронной сети постановке точного диагноза должны участвовать множество специалистов, ввиду получения комплексной оценки окончательного результата относительно целостности коры мозга; нарушения функций цереброспинальной жидкости; нарушения кровообращения; обнаружения опухолевых образований и кисты; степени поражения мозга при травматическом воздействии; последствия инсульта; стадии болезни Альцгеймера; эпилепсии; врождённых патологий и др. [1, 3, 4].

МРТ головного мозга отображает симптомы рассеянного склероза; болезни Гентингтона; болезни Синдрома Альцгеймера; аневризмы мозговых сосудов. К примеру, *опухоли* на снимке МРТ выделены светлыми, асимметричными пятнами с нарушенными границами. При *инсульте* (ишемии головного мозга) образуется область кислородного голодания светлого цвета с выделением мозговых артерий. Борозды и извилины над очагом поражения выравниваются. При *рассеянном склерозе* накапливаются осветлённые области очагового характера, концентрация которых зависит от стадии заболевания. При *сосудистых заболеваниях*: аневризме — расширяются и истончаются стенки артерий; атеросклерозе — сужа-

ются просветы артерий из-за наличия закупоривающих бляшек. Исследования показали, что наличие патологий головного мозга обуславливают более быстрое его старение [1, 3, 4].

Алгоритм выявления патологии головного мозга человека состоит из последовательности этапов: 1. исследование мозговых структур на основе МРТ; 2. выявление патологических синдромов и границ их распространённости; 3. 3D-моделирование; 4. медицинский диагноз и заключение [4]. Процесс глубокого обучения сверточной нейронной сети на снимках МРТ мозга человека заключается в использовании изображений нормы и всей номенклатуры заболеваний головного мозга на всех стадиях их развития возрастов пациентов от 18 до 90 лет [1]. До 90% всех изображений предложено к использованию в обучении нейросети, а оставшиеся 10% изображений МРТ предложены для проверки правильности распознавания состояния головного мозга. Полученные результаты обрабатываются статистическими методами-регрессией на основе гауссовых процессов. Ошибки прогнозирования обуславливаются схожестью значений симптомов болезней и стадий их развития. Результат диагностирования патологии головного мозга с использованием свёрточной нейронной сети достигим за несколько секунд во время нахождения обследуемого пациента в сканере МРТ. Стандартное диагностирование МРТ патологии головного мозга несколькими специалистами производится в течение десятка минут и с двойной вероятностью ошибки по сравнению с глубинным обучением [1].

Реализацию свёрточной нейронной сети предложено осуществить на основе CUDA® (англ. Compute Unified Device Architecture). CUDA® — программно-аппаратная архитектура для осуществления параллельных вычислений, существенно позволяющую повысить скорость решения задач за счёт графических процессоров Nvidia. В рамках платформы CUDA® предоставлены наборы расширений для языков C и C++, которые позволяют выражать как параллелизм задач и исходных данных различного объёма, представимых на различных структурных уровнях. Для программирования задач на платформе CUDA® доступны языки высокого уровня: C, C++, Fortran, MATLAB®, а также открытые стандарты: директивы OpenACC. Возможна как централизованная обработка данных, так и совместная обработка информации на CPU и GPU. Для параллельных вычислений предложено использовать графические процессоры GeForce, ION, Quadro и Tesla. Инструментом Neural Network Toolbox предусмотрена возможность экспериментальной апробации свёрточной нейронной сети по анализу МРТ томографии головного мозга до её реализации в CUDA, с быстрой оценкой ядер по возможностям обработки информации, по анализу и визуализации рабо-

ты ядер, с отладкой тестовых программ для определения корректной работы интегрированных ядер CUDA в приложении MATLAB, с возможностью использования нескольких GPU в настольном ПК или вычислительном кластере [7].

Таким образом, были получены модели свёрточной нейронной сети для определения нормы и различных патологий на томограммах головного мозга с использованием библиотек CUDA®, позволяющих повысить скорость и качество медицинских диагнозов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Краснянская, А. Нейросеть научилась определять возраст мозга по МРТ. Режим доступа: <https://habr.com/post/372973/> (дата обращения 15.07.2018).
2. Макаренко, А. В. Методы глубокого обучения: сегодняшние возможности и ближайшие перспективы. Научно-исследовательская группа «Конструктивная Кибернетика», Учёный совет ИПУ РАН. М.: «Институт проблем управления РАН», [www.rdcn.ru](http://www.rdcn.ru), 25 мая 2017 г.
3. Расшифровка МРТ головного мозга: онлайн, норма, патология. Режим доступа: <https://secondopinions.ru/poleznye-materialy/mrt/mrt-golovnogo-mozga-2/rasshifrovka-mrt-golovnogo-mozga-online-norma-patologiya>. (дата обращения 15.07.2018).
4. Результаты МРТ головного мозга. Режим доступа: <http://umozg.ru/diagnostika/rezultati-mrt-golovnogo-mozga.html> (дата обращения 15.07.2018).
5. Созыкин, А. В. Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2017. Т. 6, № 3, С. 28–59.
6. Параллельные вычисления с CUDA. Режим доступа: <http://www.nvidia.ru/object/cuda-parallel-computing-ru.html> (дата обращения 15.07.2018).
7. Ускорение расчётов MATLAB при помощи графических процессоров NVIDIA, TESLA и QUADRO. Режим доступа: <http://www.nvidia.ru/object/tesla-matlab-accelerations-ru.html> (дата обращения 15.07.2018).

© Бурхонов Равшан Абдужабборович (burhonov@phystech.edu).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский физико-технический институт