SkillFactory

Технологический стек машинного обучения

Шпилевский Яромир
Ведущий разработчик First Line Software

Agenda

- Вычислительная модель нейрона.
- CPU и архитектура Фон Неймана.
- Классификация Флинна. SIMD подход. GPU и TPU.
- Нейропроцессоры.

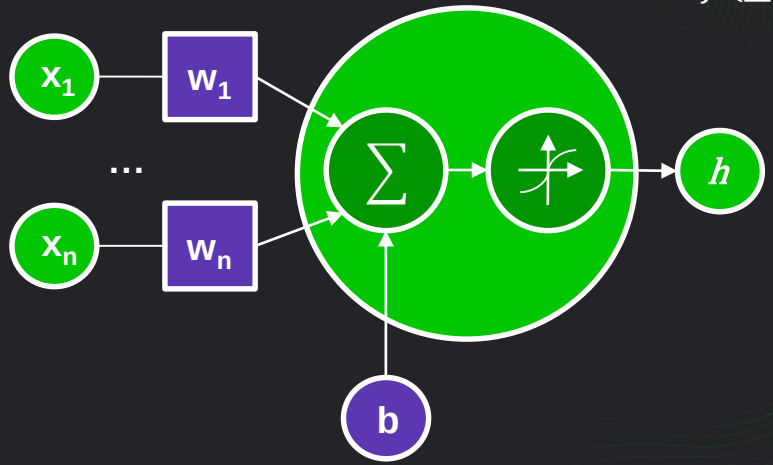
Зачем

- Всегда нужно понимать программно-аппаратный стек технологии, с которой работаете.
  - Для отладки.
  - **Для анализа производительности.**
    - С машинным обучением особенно актуально – ресурсоёмкие задачи, приходится думать об эффективности использования ресурсов.
  - …

Не совсем нейрон

- Следует помнить, что мы оперируем не совсем нейроном, а его вычислительной моделью.

$$h = f(\sum_i^n w_i x_i + b)$$

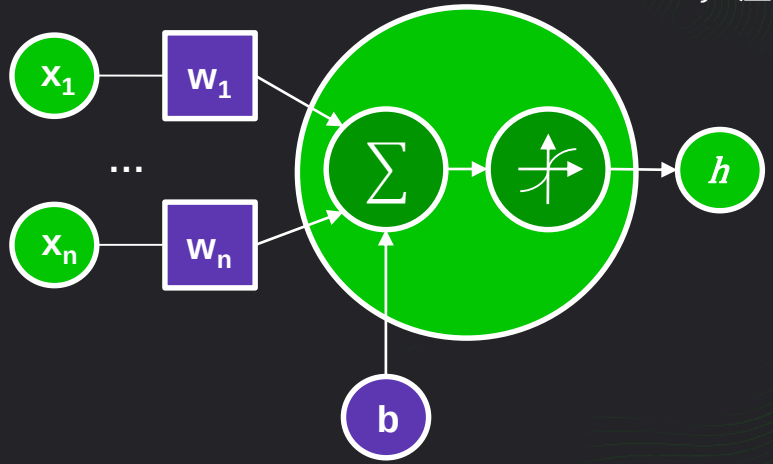


- По сути происходит моделирование работы одной вычислительной архитектуры (нейронных сетей) с помощью другой (компьютера).
  - Который, по большому счету, является всё той же архитектурой фон Неймана [1].

Почему важна параллельность

- В вычислительной модели нейрона многие операции можно производить параллельно.

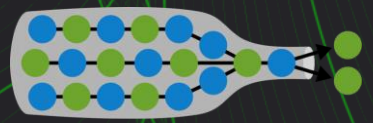
$$h = f(\sum_i^n w_i x_i + b)$$



- Благодаря этому можно получить большой прирост производительности.

Central Processing Unit (CPU)

- Есть несколько архитектурных принципов машины фон Неймана [1].
  - <…>
  - **Программное управление.** <…> Команды выполняются последовательно друг за другом. <…>
    - Single Instruction Single Data (SISD) по классификации Флинна. [2]
  - <…>
- Попытка распараллелить расчет модели на современных многоядерных процессорах даст относительно небольшой выигрыш (Multiple Instruction Multiple Data – MIMD).
  - x2?, x4?, x8? (в идеале, в случае отсутствия взаимного негативного влияния)
  - Реально – меньше, из-за конфликтов между ядрами.
  - Взаимное положительное влияние – тем более вряд ли. ☺
- Нужна ли нам полная независимость вычислительных ядер?

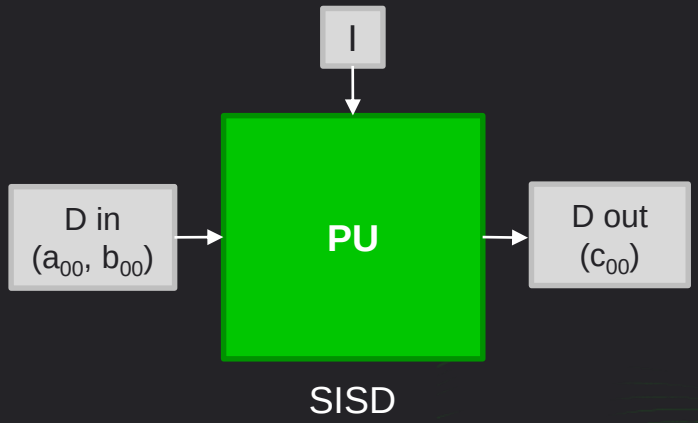


Graphics Processing Unit (GPU) в ML. Предпосылки

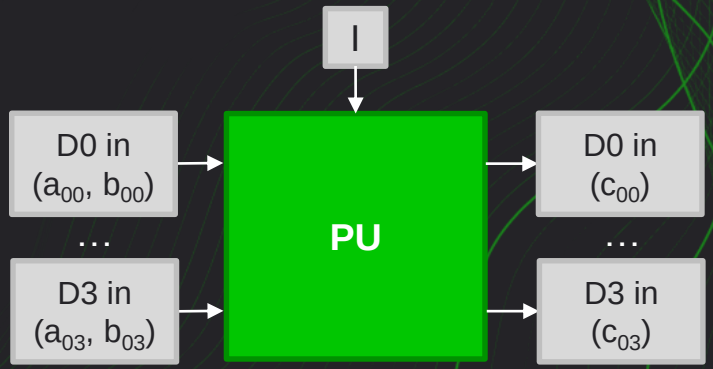
- В задачах компьютерной графики есть потребность в операциях над большими массивами данных.
- При этом это **одна** операция, которая оперирует большим массивом данных.
    - Например, сложить две матрицы.
- Почему бы не реализовать сопроцессор с SIMD архитектурой?
    - В дополнение к архитектуре фон Неймана.
- SIMD обработка очень выручает и в задачах машинного обучения.

GPU. SIMD обработка

- Одна инструкция, обрабатывающая множественные данные.
  - За **один** процессорный цикл.



SISD



SIMD

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 10 & 11 & 12 \\ 13 & 14 & 15 & 16 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 10 & 11 & 12 \\ 13 & 14 & 15 & 16 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 4 & 6 & 8 \\ 10 & 12 & 14 & 16 \\ 18 & 20 & 22 & 24 \\ 26 & 28 & 30 & 32 \end{bmatrix}$$

GPU. Технологии (1)

- NVIDIA CUDA (Compute Unified Device Architecture) [3]
  - Проприетарная технология NVIDIA.
  - Наиболее популярная технология.
- OpenCL (Open Computing Language) [4]
  - Открытый стандарт. Разрабатывается Khronos Group (организация, разрабатывающая стандарты OpenGL и Vulkan).
  - Получил меньшее распространение.
- AMD ROCm (Radeon Open Compute Module) [5]
  - Открытый стандарт. При этом вкладываются ресурсы коммерческой компании.
  - Пока небольшое распространение, но активно набирает большую долю рынка.
  - Интересный SDK. Компиляторы, как под CPU, так и под GPU, реализованы, как бекенд к LLVM.

GPU. Технологии (2)

- Intel Habana
  - Проприетарная технология Intel.
  - Пока небольшое распространение, но активно набирает большую долю рынка.
  - SynapseAI Software – собственный стек системного ПО. [6]
- НТЦ «Модуль»
  - Проприетарная технология НТЦ «Модуль».
  - Пока небольшое распространение, но активно набирает большую долю рынка.
  - Система-на-кристалле (System-on-Chip): ARM процессоры + ядра тензорных сопроцессоров.
  - Neuromatrix Deep Learning SDK. [7]

GPU. Технологии (3)

- Tenstorrent. [8]
  - Проприетарная технология.
  - Пока небольшое распространение.
  - Система-на-кристалле (System-on-Chip): RISC-V процессоры + ядра тензорных сопроцессоров.
  - RISC-V: архитектура набора инструкций (Instruction Set Architecture (ISA)) со свободной спецификацией (в отличие от ARM).

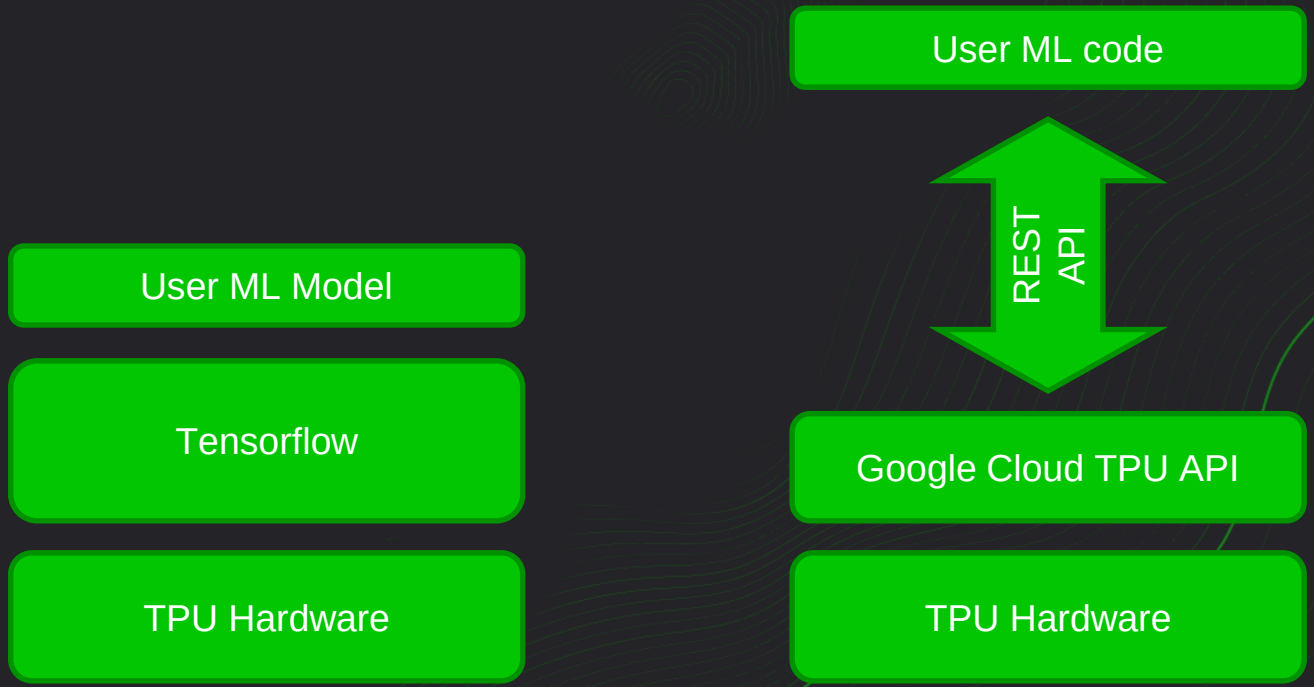
GPU. Технологии. О рынке

- Большой рост применений AI. Рынок растёт.
- Рынок молодой и ещё формирующийся:
  - Возможно возникновение новых игроков.
  - Лидерство существующих игроков – не догма.
  - Возможно, кто-нибудь найдёт технологическую особенность, которая изменит всё.

Tensor Processing Unit (TPU)

- Специализированный сопроцессор для обработки тензоров.
- В большинстве случаев быстрее GPU.
- TPU – сам по себе общий термин, но чаще всего подразумевается конкретная реализация от Google.
- TPU специально проектировались, как аппаратные ускорители для платформы Tensorflow.
- Проприетарная технология Google.
    - TPU доступен, как аппаратный ускоритель для Tensorflow при работе в Colab.
    - TPU доступен в виде Compute as a Service с REST API [9] в облаке Google.
    - Нет открытого TPU API, аналога CUDA или OpenCL.

Tensor Processing Unit (TPU). Use Cases



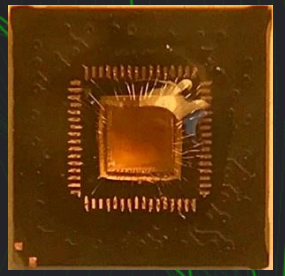
Нейропроцессоры, они же нейроморфные процессоры

- Даже TPU – это всё ещё аппаратный ускоритель для расчета модели нейрона, но не нейросетевая структура, реализованная непосредственно «в железе».
- Противоречие:
  - Обычно аппаратно реализуют «строительные кубики» той или иной степени абстракции.
  - Насколько оправдано аппаратно реализовывать всю нейронную сеть, решающую специфичную задачу?
    - Цикл разработки микросхемы от логического дизайна до фотолитографии может достигать 5 лет.
- Довольно давно предпринимаются попытки реализовать именно нейропроцессор / нейроморфный (в форме нейронов) процессор.
- Работы всё ещё на ранних исследовательских стадиях, готовых продуктов нет.

Нейропроцессоры. Ключевые слова

- Ключевые слова:
  - Neural Processor Unit (NPU)
  - Neural Network Processor (NNP)
  - Intelligence Processing Unit (IPU)
  - Vision Processing Unit (VPU)
  - Graph Processing Unit (GPU) (не тот же самый GPU ☺)

Нейроморфный процессор Алтай (AltAI)



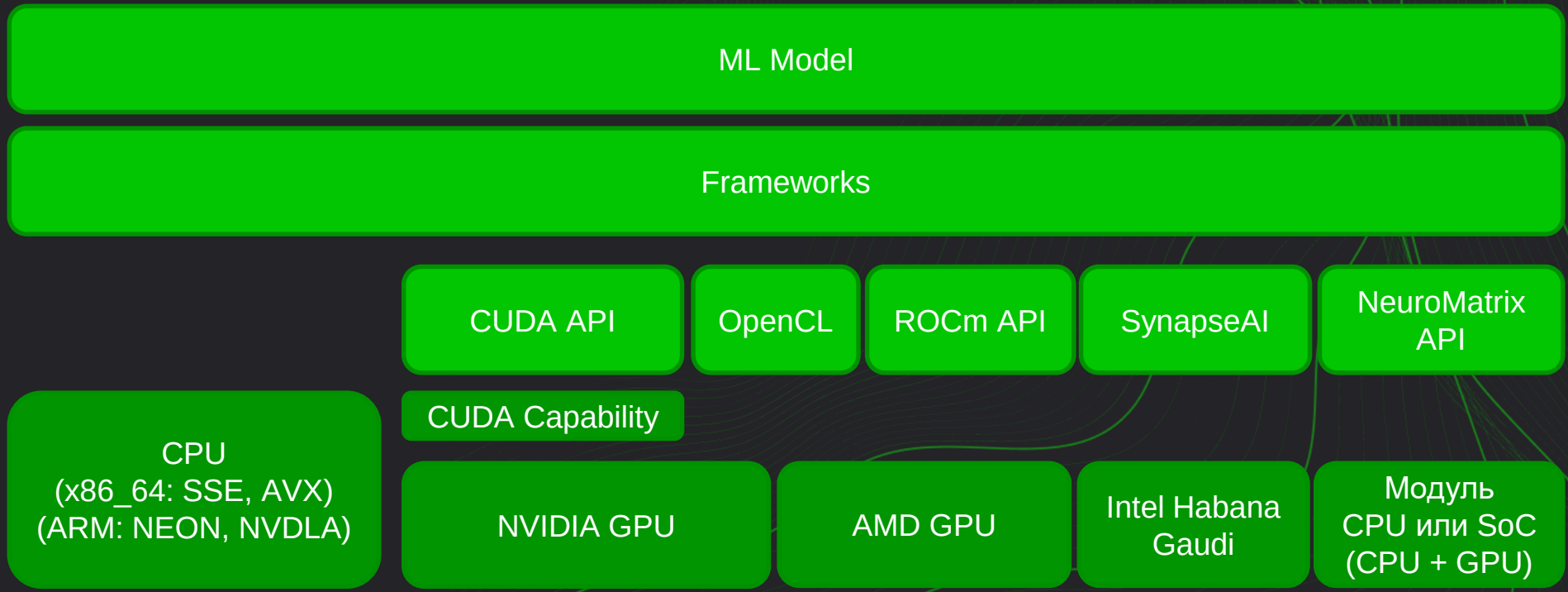
- Разработчик – Мотив Нейроморфные Технологии. [10] [11]
- Физически воссозданы нейроны и синапсы.

Сравнение

- CPU
  - + Можно подключить большое количество RAM. Может быть хорошим вариантом для моделей с большим количеством данных и относительно небольшой сложностью обучения.
  - - Низкая параллельность.
- GPU
  - + Высокая SIMD параллельность.
  - - Часто требуется, чтобы модель умещалась в GRAM, а её меньше, чем RAM.
- TPU
  - + Ещё большая SIMD параллельность, «GPU на стероидах». ☺
  - - Подробности аппаратной архитектуры часто скрыты. Не понятно, с какими характеристиками модели имеет смысл поэкспериментировать.

Программно-аппаратный стек

- На протяжении курса будем периодически возвращаться к этой картине.



Ссылки (1)

1) Архитектура фон Неймана
   - https://inf1.info/machineneumann
2) Классификация Флинна
   - https://sites.google.com/site/exemsenko/4-klassifikacia-vycislitelnyh-setej-parallelnoj-obrabotki-sisd-simd-mimd-misd-konvejery-kes-pamat
3) NVIDIA CUDA
   - https://developer.nvidia.com/cuda-toolkit
4) OpenCL
   - https://www.khronos.org/opencl/
5) AMD ROCm
   - https://rocmdocs.amd.com/en/latest/

Ссылки (2)

6) SynapseAI Software
   - https://docs.habana.ai/en/latest/Gaudi_Overview/SynapseAI_Software_Suite.html
7) Neuromatrix Deep Learning SDK
   - https://www.module.ru/directions/iskusstvennyj-intellekt/neuromatrix-deep-learning
8) Tenstorrent
   - https://tenstorrent.com/grayskull/
9) Google Cloud TPU API
   - https://cloud.google.com/tpu/docs/reference/rest
10) Нейроморфный процессор «AltAI»
    - https://motivnt.ru/neurochip-altai/
11) Нейроморфный процессор «AltAI». Выступление Валерия Канглера
    - https://www.youtube.com/watch?v=GpdAzK3rRvw

Резюме

- Рассмотрели вычислительную модель нейрона.
- Рассмотрели её вычисление на CPU.
- Рассмотрели, как SIMD подход позволяет добавить производительности. Рассмотрели GPU и TPU.
- Рассмотрели нейропроцессоры, их перспективность и проблемы.

Вопросы для самоконтроля

- В чём сложность выполнения вычислительной модели нейрона?
- За счёт чего достигается прирост производительности при SIMD подходе?
- В чём принципиальное отличие нейропроцессоров?
- Какое противоречие есть у этого подхода?

Спасибо!