

Task 3: Literature Review on Neuromorphic Computation

Compose a concise literature review (maximum of 2 pages) on the topic of neuromorphic computation. The review should specifically concentrate on the application of commercially available neuromorphic chips.

Нейроморфні обчислення – це підхід до створення комп'ютерних систем, натхненний нейронними зв'язками людського мозку.

Основна ідея полягає в тому, щоб створити апаратні або програмні засоби, які здатні працювати подібно до нейронів у мозку, здійснюючи паралельні обчислення та обробку інформації в реальному часі. Ця технологія спрямована на високоефективну обробку інформації шляхом принципів нейронауки для створення обчислювальних систем, які можуть навчатися, адаптуватися та виконувати когнітивні завдання.

Термін “Нейроморфна інженерія” або “Нейроморфні обчислення” був придуманий професором Каліфорнії Карвер Мідом наприкінці 1980-х. Проекти Міда та інших протягом наступних десятиліть були особливо зосереджені на перевагах використання аналогових обчислень.

(Нейронаука – комплекс наукових дисциплін, що вивчають людську нервову систему. Спочатку з'явилася як галузь біології, проте, згодом стала інтердисциплінарною наукою, на перетині біології, медицини, психології, хімії, біоінженерії, інформатики, кібернетики, математики і мовознавства.

Нейроморфологія – вивчення форми і структури нервової системи, що включає в собі дослідження на молекулярному та клітинному рівнях певної частини нервової системи. Підкреслює особливості будови нервової системи, її фізіологію та анатомію).

Зі стрімким розвитком штучного інтелекту та все глибшим вивченням людських нейронних мереж для їхнього впровадження в залізо, дослідники все частіше почали стикатися з проблемою того, що звичайні ЕОМ (Електронні обчислювальні машини) не здатні відтворювати повну аналогію роботи людського мозку.

Основні мінуси ЕОМ для роботи з неймережами:

- 1) Послідовні обчислення
- 2) Проблема навчання і адаптації
- 3) Високе споживання енергії
- 4) Обмеженість обчислювальних потужностей

Для вирішення цих питань приходять **нейроморфні чіпи**. Нейроморфні чіпи є спеціальними інтегральними мікросхемами, розробленими для емуляції роботи нейронів та синапсів у людському мозку.

Якщо в ЕОМ CPU (Central Processing Unit), GPU (Graphic Processing Unit) та пам'ять працюють послідовно, знаходяться в окремих блоках і передають дані шиною, то нейроморфні чіпи, як за аналогією людського мозку, об'єднують обчислення та пам'ять в одному блоці, обчислення відбуваються в пам'яті, і розбивають їх на нейрони.

Відмінності між інтегральними мікросхемами та нейроморфними чіпами:

- 1) **Моделювання нейронної мережі.**
Нейроморфні чіпи містять в собі велику кількість нейронів і синапсів, які працюють і обробляють інформацію як біологічна нейронна система.
- 2) **Аналогові та паралельні обчислення.**
Нейроморфні чіпи працюють в аналоговому режимі та працюють паралельно. Це дозволяє ефективно обробляти великі обсяги даних з високою швидкістю та низьким енергоспоживанням (Є схожості з роботою АОМ (Аналогових обчислювальних машин), проте, будуть і схожі мінуси).
- 3) **Гнучкість, динамічність.**
Одна з найголовніших ознак. Здатність адаптуватися до різних вхідних даних та навколишньому середовищі. Вони можуть змінювати свої параметри, дії (навчатися), відповідно до отриманих сигналів. Обчислення і адаптація працюють в режимі реального часу.
- 4) **Спеціальні (вбудовані) функції.**
Специфічні задачі для роботи конкретної машини: розпізнавання образів, навчання інших моделей, обробка великих обсягів інформації, відтворення аудіо звуків, тощо.

Значним кроком у нейроморфній технології є чіп NeuRRAM. Він працює на основі резистивних елементів для зберігання і обробки інформації, плавно адаптуючись до різних моделей нейронної мережі. NeuRRAM наближає людство до того моменту, коли користувачі запускати системи зі штучним інтелектом на різних периферійних пристроях, незалежно від підключення до хмари або сервера.

Нейроморфні чіпи, які вже впроваджені в комерційне використання або знаходяться на етапі розробки та подальшого впровадження:

- 1) **Intel Loihi.** Нейроморфний чіп компанії Intel, який базується на архітектурі TrueNorth. Є одним з найперших нейроморфних чіпів, який здатний самонавчатися, використовувати дані для формування висновків і ставати розумнішим з часом, не потребуючи тренування традиційним шляхом.
- 2) **IBM TrueNorth.** Чіп компанії IBM, дослідний проєкт нейроморфного процесора, розроблений ще в 2014 році. Не базується на архітектурі фон Неймана та, звісно, натхненний деякими моделями роботи неокортексу.
- 3) **BrainChip Akida.** Нейроморфний чіп, розроблений компанією BrainChip, що використовує векторну обробку даних і подієву архітектуру на основі технології TENN (Temporal Event-Based Neural Network) та додаткових апаратних забезпечень трансформації зору. Такі оновлення зменшують обчислювальні навантаження на процесор, забезпечуючи швидкість обчислень та низьке енергоспоживання. Платформа широко використовується в навчанні розпізнавання образів, комп'ютерному зору та автономних системах

Отже, нейроморфні чіпи справді вирішують багато недоліків ЕОМ у використанні штучного інтелекту. В міру того, як нейронні мережі будуть ставати ще більш схожими на повноцінну форму та роботу справжнього мозку, нейроморфні чіпи стануть обов'язковими складовими таких систем і будуть тільки вдосконалюватися.