



**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

**77-ї НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ПРОФЕСОРІВ,
ВИКЛАДАЧІВ, НАУКОВИХ ПРАЦІВНИКІВ,
АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ УНІВЕРСИТЕТУ**

16 травня – 22 травня 2025 р.

адаптивності до швидко змінюваних умов навантаження. Крім того, великий обсяг даних, що обробляється в хмарних системах, створює додаткові виклики для забезпечення високої продуктивності та ефективності використання ресурсів. Серед таких проблем варто виділити нерівномірний розподіл обчислювальних потужностей, високі витрати на переміщення ресурсів та недостатнє прогнозування попиту на ресурси, що може значно знижувати загальну ефективність хмарних систем.

Таким чином, подальший розвиток хмарних обчислень має бути спрямований на інтеграцію методів штучного інтелекту для підвищення ефективності розподілу ресурсів, розробку адаптивних алгоритмів, здатних оперативно реагувати на зміни навантаження, а також на зниження експлуатаційних витрат. Це дозволить створити більш гнучкі, масштабовані та продуктивні хмарні системи, що відповідають сучасним вимогам до цифрової інфраструктури.

Література:

1. Sanjalawe, Yousef & Al-Emari, Salam & Fraihat, Salam & Makhadmeh, Sharif Naser. *AI-driven job scheduling in cloud computing: a comprehensive review. Artificial Intelligence Review.* (2025). doi: 58. 10.1007/s10462-025-11208-8.

2. Кондратюк Д. С., Негоденко О. В., Довженко Т. П., Чичкар'юв Є. А. *Методи розподіленого програмування та оброблення даних для оптимізації обчислювальних завдань у хмарних середовищах. Зв'язок, № 6, 2023. С. 16–18. doi: 10.31673/2412-9070.2023.061618.*

3. *Моделі багаторівневого паралелізму високопродуктивних хмарних обчислень / О. А. Янковський, С. М. Саранча, В. В. Голець, Д. М. Волк // Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : тези доп. 13-ї міжнар. наук.-техн. конф., 26-27 квітня 2023 р., Баку–Харків–Жиліна : [у 2 т.]. Т. 2 : секція 2 / Нац. ун-т оборони Азербайджанської Республіки [та ін.]. – Харків : Impress, 2023. – С. 63.*

УДК 004.31

К.О. Харченко, аспірант групи 2A122

О.А. Двірна, к.ф.-м.н., доцент

Національний університет

«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ПЕРСПЕКТИВИ НЕЙРОМОРФНИХ СИСТЕМ

Нейроморфні обчислення – це нова парадигма в інформаційних технологіях, що імітує принципи роботи біологічних нейронних мереж. Такі системи поєднують апаратне та програмне забезпечення, здатне реалізовувати штучні нейронні мережі в режимі реального часу з подієво-орієнтованою (асинхронною) комунікацією. Це забезпечує високу

енергоефективність, оскільки обчислення виконуються лише за наявності нового вхідного сигналу, що мінімізує холості витрати енергії. Такі архітектури особливо ефективні для задач машинного навчання, обробки сенсорної інформації та штучного інтелекту.

Нейроморфні системи мають широкий спектр застосувань – від робототехніки та IoT до автономних систем і високопродуктивних обчислень. Проте для їх успішного розвитку необхідно подолати низку технічних викликів, таких як масштабування нейронних архітектур, розробка зручних мов програмування та усунення апаратних обмежень.

Переваги нейроморфних систем. Головною перевагою нейроморфних обчислень є надзвичайно висока енергоефективність у задачах машинного навчання та обробки сенсорної інформації. Завдяки подієвій схемі роботи, обчислення виконуються лише за наявності нового вхідного масиву даних, що мінімізує холості витрати енергії. Нейроморфні архітектури також відзначаються масштабним паралелізмом – тисячі нейронів працюють одночасно, що дає потенціал для високої продуктивності при відповідних задачах. Уже зараз показано, що нейроморфні процесори можуть перевершувати традиційні за щільністю обчислень: так, нейроморфні чипи здатні перевершити класичні комп'ютери за енергетичною та просторовою ефективністю, а також продуктивністю, відкриваючи значні переваги для різних сфер – від штучного інтелекту до робототехніки.

Сучасні досягнення та застосування. Останнє десятиріччя ознаменувалося швидким прогресом нейроморфних технологій як у галузі апаратного забезпечення, так і алгоритмів. На рівні апаратури з'явилися нейроморфні платформи з дедалі більшою масштабністю. Якщо перші прототипи (наприклад, SpiNNaker1 у Манчестері) мали близько мільйона нейронів, то станом на 2023–2024 рр. продемонстровано системи з порядком 10^9 нейронів. Так, нейроморфна система Intel "Hala Point" містить 1152 чипи Loihi 2 і реалізує приблизно 1,15 млрд штучних нейронів та 128 млрд синапсів, споживаючи всього ~2,6 кВт. Ця система за розмірами не перевищує середню мікрохвильову піч, а за кількістю нейронів наближається до мозку дрібної тварини. Градієнтне навчання спайкових мереж стало доступним «з коробки», підтримується відкритими інструментами і бібліотеками, що значно спростило розробку нейроморфних застосувань.

Виклики та обмеження. Попри значний прогрес, на шляху до широкого впровадження нейроморфних обчислень залишається ряд викликів. По-перше, потрібне вирішення проблеми масштабування: хоча вже створено системи з мільярдом нейронів, для вирішення реально складних задач рівня людського інтелекту може знадобитися ще на порядок більше нейронних елементів. По-друге, гостро стоїть питання програмування нейроморфних процесорів. Історично нейроморфні системи були малодоступні для розробників через відсутність зручних мов

і інструментів програмування – необхідні були вузькоспеціалізовані знання з нейробіології та електроніки. Нині ситуація поступово поліпшується (з'являються API на основі Python, фреймворки типу Lava, спеціалізовані бібліотеки для спайкових мереж тощо), проте все ще бракує єдиного стандарту або екосистеми, подібної до тієї, що існує для GPU в глибокому навчанні. По-третє, існують апаратні обмеження: наприклад, варіабельність параметрів в аналогових компонентах (мемристорах) ускладнює їх використання в промислових масштабах; складність виготовлення великих чипів із сотнями тисяч ядер при збереженні низького енергоспоживання також є технічним викликом.

Висновки. Нейроморфні обчислення сьогодні постають як перспективна парадигма, що може доповнити та розширити можливості традиційних обчислювальних систем. Нейроморфні процесори здатні забезпечити безпрецедентну енергоефективність і швидкодію для задач штучного інтелекту, особливо в умовах обмежених ресурсів. Хоча ще залишаються невирішені проблеми (масштабування, стандартизація, прикладне програмування), драйвери розвитку – зростаючий попит на енергоощадний ШІ, підтримка великих компаній і наукової спільноти – вказують на неминучість подальшого прогресу. Отже, у перспективі нейроморфні обчислення можуть зайняти важливе місце в обчислювальній техніці, забезпечуючи новий рівень ефективності та автономності систем штучного інтелекту.

Література:

1. Muir, D. R., & Sheik, S. (2025). *The road to commercial success for neuromorphic technologies*. *Nature communications*, 16(1), 3586. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57352-1>
2. Kudithipudi, D., Schuman, C., Vineyard, C. M., Pandit, T., Merkel, C., Kubendran, R., Aimone, J. B., Orchard, ... Furber, S. (2025). *Neuromorphic computing at scale*. *Nature*, 637(8047), 801-812. Article 4910. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08253-8>
3. Schuman, C.D., Kulkarni, S.R., Parsa, M. et al. *Opportunities for neuromorphic computing algorithms and applications*. *Nat Comput Sci* 2, 10–19 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43588-021-00184-y>.