

УДК 004.8

Нікулін В.В.¹, Леощенко С.Д.²

¹ студ. гр. БК-512сп НУ «Запорізька політехніка»

² д-р філософ., доц. НУ «Запорізька політехніка»

ПРОБЛЕМИ ПАРАЛЕЛІЗАЦІЇ МЕТОДІВ НЕЙРОСИНТЕЗУ

Методи нейросинтезу – це клас обчислювальних методів, заснованих на структурі та функціонуванні мозку. Ці методи часто включають біологічно обґрунтовані моделі, такі як штучні нейронні мережі (ШНМ), імпульсні нейронні мережі (ІНМ) та нейроморфні системи. З огляду на високу складність і ресурсомісткість таких моделей, розпаралелювання – розподіл обчислень по декількох ядрах або пристроїв — має важливе значення для забезпечення практичної реалізації.

Однак розпаралелювання нейросинтезу пов'язане зі значними труднощами. Вони обумовлені тісним взаємозв'язком нейронних

компонентів, залежностями даних і необхідністю збалансувати біологічну точність з ефективністю обчислень.

Нейронні моделі, особливо біологічно правдоподібні, передбачають тісні взаємозв'язки, при яких стан одного нейрона може впливати на багато інших. Це ускладнює розпаралелювання, оскільки затримки синхронізації та взаємозалежності між процесами можуть призвести до неефективності та виникнення вузьких місць.

Різні частини нейронної моделі часто вимагають абсолютно різних обсягів обчислень. Системи нейросинтезу часто використовують правила навчання, такі як зворотне поширення помилки. Вони включають оновлення, засновані на моделях активності з часом, що вимагає постійного уявлення про стан мережі. Поширення цих оновлень по паралельних системах може поставити під загрозу точність моделі або вимагати додаткових витрат на синхронізацію, що зводить нанівець переваги паралелізму.

Нейронні моделі вимагають частого доступу до параметрів мережі. У паралельних системах доступ до спільної пам'яті або обмін даними між вузлами може стати вузьким місцем, особливо при моделюванні великих моделей.

Взаємодія між нейронами відбувається часто і часто на високому рівні. У розподілених обчислювальних системах це призводить до високих витрат на зв'язок порівняно з обчисленнями, особливо у великомасштабних моделюваннях або додатках реального часу. Затримки та обмеження пропускну здатності можуть значно знизити продуктивність.

Нейроморфні платформи, такі як IBM TrueNorth або Intel Loihi, розроблені для забезпечення паралельності, але все ще стикаються з обмеженнями. У міру масштабування систем маршрутизація та підтримка синхронізації між багатьма ядрами стають все складнішими. Апаратні з'єднання насилу справляються з вимогами до зв'язку в масових паралельних мережах.

Більшість платформ паралельних обчислень (таких як CUDA або MPI) не оптимізовані для моделей нейросинтезу. Інструменти, розроблені для нейронного моделювання, такі як Brian, NEST або SpiNNaker, забезпечують обмежену масштабованість або простоту використання при розгортанні у великомасштабних паралельних середовищах. Це перешкоджає широкому експериментуванню та впровадженню.

Моделі паралельного нейросинтезу часто демонструють недетерміновану поведінку через асинхронні сплески або стохастичне навчання. Це надзвичайно ускладнює налагодження. Невеликі відмінності в часі або порядку виконання операцій можуть призвести до різних результатів, що ускладнює відтворення та перевірку продуктивності.

Такі програми, як інтерфейси мозок-комп'ютер, робототехніка та автономні транспортні засоби, вимагають логічного висновку та навчання в режимі реального часу. У паралельних системах затримки синхронізації та залежності даних можуть призвести до затримок, що знижують продуктивність у режимі реального часу. Розробка паралельних моделей, здатних миттєво реагувати та адаптуватися в режимі реального часу, залишається складним завданням.

Розпаралелювання має життєво важливе значення для успіху нейросинтезних обчислень, але пов'язане зі складними завданнями на декількох фронтах. Від алгоритмічних взаємозалежностей і накладних витрат на зв'язок до апаратних і програмних обмежень - кожен рівень системи повинен бути ретельно продуманий. Подолання розриву між біологічним натхненням та інженерною практичністю вимагає міждисциплінарних зусиль та інноваційних рішень в архітектурі, алгоритмах та інструментах. У міру продовження досліджень подолання цих бар'єрів стане ключем до розкриття всього потенціалу нейросинтезних обчислень як в науковій, так і в прикладній областях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Menon V. 20 years of the default mode network: A review and synthesis [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627323003082>
2. Parallel transmission in a synthetic nerve [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.nature.com/articles/s41557-022-00916-1>