

Projekt ma na celu rozwinięcie teoretycznego zrozumienia skutków zjawisk kwantowych w optycznych sieciach neuronowych oraz zaprojektowanie ich optymalnych fizycznych implementacji. W ostatnich dekadach byliśmy świadkami niesamowitego postępu w komunikacji, przetwarzaniu informacji i technologiach mobilnych. Ilość łatwo dostępnych danych gwałtownie wzrosła, wprowadzając nas do ery "big data". Potrzebie przetwarzania coraz większej ilości informacji towarzyszył znaczny postęp obliczeń równoległych, aw szczególności sztucznej inteligencji i sieci neuronowych. W dzisiejszych czasach uczenie maszynowe i sztuczna inteligencja są ważną częścią gospodarki i są szeroko stosowane w przetwarzaniu języka naturalnego, rozpoznawaniu obrazu i dźwięku, pojazdach autonomicznych, finansach, marketingu i badaniach naukowych. Jednak te żądne danych i energii algorytmy obciążają systemy obliczeniowe, które muszą spełniać wymagania szybkiego i wydajnego przetwarzania danych. Całkowite zużycie energii przez systemy przetwarzania informacji i komunikacji gwałtownie wzrasta. Oczekuje się, że do 2030 r. osiągnie ponad 20% światowego zużycia energii elektrycznej, a być może nawet 50% w scenariuszu pesymistycznym. W związku z tym istnieje pilna potrzeba rozwoju nowych platform technologicznych, które pozwolą nam efektywniej przetwarzać dane. Wśród istniejących propozycji szczególnie obiecującymi kandydatami są optyczne sieci neuronowe i komputery kwantowe.

W pierwszym zadaniu projektu zamierzamy zbadać efekty kwantowe w optycznych sieciach neuronowych na poziomie pojedynczego fotonu i poniżej. Niedawno wykazano, że przetwarzanie informacji przy użyciu mniej niż jednego fotonu na operację jest możliwe w optycznych sieciach neuronowych. Wdrożenie tego pomysłu w praktycznych urządzeniach może doprowadzić do ogromnej poprawy efektywności energetycznej. Dotychczasowe propozycje opierały się na urządzeniach optoelektronicznych, które z natury są ograniczone przez element elektroniczny. Zbadamy możliwości implementacji optycznych sieci neuronowych w układach całkowicie optycznych oraz ich potencjalne zalety pod względem szybkości i zużycia energii.

W drugim zadaniu zbadamy implementacje fizycznych sieci neuronowych w układach polarytonów ekscytonowych. Niedawno wykazaliśmy, że spośród platform do całkowicie optycznego przetwarzania informacji polarytony ekscytonowe w mikrowędkach są szczególnie obiecujące pod względem fundamentalnych limitów prędkości i wydajności energetycznej. Naszym celem jest opracowanie fizycznych implementacji polarytonowych sieci neuronowych poprzez obszerną analizę teoretyczną i modelowanie numeryczne. Zadanie to będzie wykonywane w ścisłej współpracy z grupami eksperymentalnymi. Opracujemy możliwe projekty sieci o dużej skali i określimy skutki niedoskonałości próbek i sprzężenia pomiędzy węzłami sieci.

Trzecie zadanie dotyczy tzw. obliczeń w rezerwuarach kwantowych. Pomysł ten rozszerza sztuczne sieci neuronowe na reżim kwantowy. Układ taki zawiera sieć węzłów kwantowych połączonych statycznymi, nieuczącymi się połączeniami. Pomimo jego prostoty wykazano, że obliczenia przy użyciu rezerwuarów kwantowych mogą być wykorzystywane do realizacji szerokiego zakresu kwantowych i klasycznych zadań uczenia maszynowego z bardzo dużą dokładnością. W tym projekcie zamierzamy rozszerzyć te badania na wielkoskalowe układy wielu węzłów, wykorzystując metodę dodatniej przestrzeni fazowej P, którą niedawno opracowaliśmy. Wykorzystamy ją do modelowania rezerwuaru kwantowego realizującego trudne zadania kwantowe, takie jak tomografia stanu kwantowego, klasyfikacja stanu kwantowego, generowanie stanu kwantowego i symulacja wielkoskalowych obwodów kwantowych.

Chociaż projekt jest ukierunkowany na badania podstawowe, ma on duże potencjalne korzyści gospodarcze i społeczne. Przewyciężenie spowolnienia wydajności urządzeń obliczeniowych jest koniecznością, biorąc pod uwagę tempo rozwoju współczesnego świata. Oczywiście jest, że technologia fotoniczna i obliczenia kwantowe należą do najbardziej obiecujących kandydatów do takich zastosowań. Jeśli optyczne sieci neuronowe wejdą na rynek, mogą zwiększyć prędkość i zmniejszyć zużycie energii o rzędy wielkości w stosunku do urządzeń elektronicznych. Co więcej, szybkie i energooszczędne optyczne sieci neuronowe mogą znaleźć zastosowanie w "urządzeniach brzegowych", w których zasoby są ograniczone lub połączenie z chmurą nie zawsze jest dostępne, takich jak smartfony, autonomiczne samochody, sprzęt medyczny. Obliczenia kwantowe można wykorzystać do rozwiązywania problemów, których obecnie nie da się rozwiązać. Na przykład symulacje chemii kwantowej oraz opracowywanie nowych leków i zaawansowanych materiałów wymagają mocy obliczeniowej, która często przekracza możliwości tradycyjnych systemów obliczeniowych.