

Obliczenia neuromorficzne przy użyciu kwantowych płynów światła

Streszczenie popularnonaukowe:



Jednym z najistotniejszych problemów globalnych jest poszukiwanie rozwiązań technologicznych pozwalających na uniknięcie impasu związanego z ograniczeniami możliwości rozwoju współczesnej elektroniki objawiającymi się końcem stosowalności prawa Moore'a. Nowoczesne metody obliczeniowe inspirowane układami biologicznymi, wychodzące poza schematy stosowanej dotychczas architektury obliczeniowej, mogą okazać się drogą pozwalającą na dalszy rozwój technologii. Jak wykazały najnowsze badania jedną z najbardziej obiecujących ścieżek do dalszego rozwoju technologii jest zastosowanie układów inspirowanych budową ludzkiego mózgu tzw. układów neuromorficznych. Ciągłe poszukiwana jest jednak platforma fizyczna do realizacji, urządzeń neuromorficznych umożliwiającą ich ultraszybkie, energooszczędne a zarazem efektywne działanie. W niniejszym projekcie wychodzimy naprzeciw wyzwaniom współczesnej technologii i przedstawiamy realną platformę fizyczną zapewniającą idealne warunki do obliczeń neuromorficznych.

Celem tego projektu jest zbadanie nowego rodzaju sieci neuronowych, które można zrealizować za pomocą kwantowych stanów materii, takich jak kondensaty polarytonów ekscytonowych. Polarytony ekscytonowe są to cząstki kwantowe o wyjątkowych właściwościach powstające w wyniku interakcji światła z materią. Proces tworzenia polarytonów można zaobserwować w specjalnie projektowanych mikrowędkach półprzewodnikowych w których kwanty światła - fotony silnie oddziałują z wzbudzeniem elementarnym kryształu półprzewodnikowego -ekscytonem. Polarytony ekscytonowe zachowują się jak słynne „koty Schrödingera” będąc jednocześnie kwantem światła jak i wzbudzeniem materii. Dzięki hybrydowej naturze uzyskują unikalne właściwości niedostępne dla innych cząstek kwantowych w kryształach półprzewodnikowych – są wyjątkowo lekkie a jednocześnie mogą silnie ze sobą oddziaływać.

Dodatkowo polarytony ekscytonowe są bozonami wykazują więc tendencję do obsadzania tych samych stanów kwantowych z prawdopodobieństwem obsadzenia zwiększającym się wraz z ich liczbą. W warunkach niskiej gęstości nie odczuwają nawzajem swojej obecności i możemy je traktować jak cząstki gazu doskonałego. Gdy jednak gęstość bozonów w układzie staje się duża, a temperatura układu odpowiednio niska cząstki zaczynają odczuwać swoją obecność. Dominującą rolę odgrywają wtedy efekty kwantowo-mechaniczne związane z dualizmem korpuskularno-falowym. Taki układ przestajemy traktować jako zbiór indywidualnych cząstek, lecz jako pojedynczy kolektywny stan kwantowy o charakterze falowym. Stan kolektywny układu wielu bozonów możemy porównać do stanu ciekłego lub gazowego, w którym powstawać mogą dostępne jedynie dla świata kwantowego efekty, takie jak np. spontanicznie pojawiające się wiry kwantowe. Kwantowe ciecze polarytonów, nazywane również przez swoją dwojaką naturę kwantowymi cieczami światła możemy „rozlewać” do różnie ukształtowanych struktur. Kształt wspomnianych struktur może przypominać sieć wgłębień. Dynamika kwantowej cieczy jest wtedy silnie ograniczona przestrzennie, można ją jednak wykorzystać w nowatorski sposób, jakim jest konstrukcja inspirowanych budową ludzkiego mózgu sztucznych sieci neuronowych.

Sztuczna sieć neuronowa, tak jak układy biologiczne, składa się z neuronów. Takie neurony połączone są ze sobą wzajemnie, a ich układy mogą również tworzyć warstwy. Dobierając odpowiednie wagi pomiędzy połączeniami poszczególnych warstw możemy „nauczyć” taką sieć różnych czynności. Sieć neuronową możemy wykorzystać np. do rozpoznawania obrazów, przewidywania i odtwarzania sygnałów, analizowania i szukania podobieństw w dużych zbiorach danych. Celem projektu jest wykorzystanie stanów cieczy kwantowych np. w sieci optycznej do generacji nowego typu sieci neuronowych i zbadanie ich podstawowych własności. **Badane w projekcie układy stanowią zupełnie nową klasę sieci neuronowych, które w przyszłości mogą przewyższać swoją efektywnością wykorzystywane dziś układy elektroniczne.**