

Topologia kwantowa i uczenie głębokie

Piotr Kucharski

1 Cel projektu

Głównym zamierzeniem projektu jest zastosowanie najnowszych osiągnięć informatyki do fizyki matematycznej. Mówiąc dokładniej, chciałbym użyć algorytmów które potrafią bardzo efektywnie uczyć się na podstawie dużych zbiorów danych (co jest esencją uczenia głębokiego) do zmierzenia się z nierozwiązanymi problemami topologii kwantowej. Ta młoda dziedzina bada stosuje modele fizyki kwantowej do opisu topologii – działu matematyki, który traktuje obiekty jakby były z gumy (pozwala na rozciąganie i ściskanie, ale nie sklejanie ani rozrywanie). Z perspektywy topologicznej stół i talerz są takie same, ale inne niż kubek, który jest jak pączek z dziurką.

Jedna z najważniejszych gałęzi topologii kwantowej skupia się na własnościach węzłów, które większość osób zna ze sznurówek, żeglarstwa i denerwujących splątanych kabli. W ostatnich latach, wraz z moimi współpracownikami zaproponowaliśmy całkowicie nowe podejście do węzłów. Użyliśmy kołczanów, które są grafami złożonymi z kropek i łączących je strzałek. Głównym celem projektu jest przekształcenie kołczanów w uniwersalny język opisu węzłów za pomocą uczenia głębokiego.

2 Opis badań

W pierwszej części projektu badania nad węzłami i kołczanami, jak i studiowanie zastosowań uczenia głębokiego w fizyce matematycznej będzie biegło równoległe. To pozwoli krok po kroku zbliżyć te dziedziny oraz ich języki. Po tych przygotowaniach obie ścieżki badań łączą się i uczenie głębokie zostanie zastosowane bezpośrednio do opisu węzłów za pomocą kołczanów.

Na każdym etapie projektu będę współpracował z naukowcami z zespołu utworzonego na jego potrzeby jak i badaczami z ośrodków na całym świecie. Wśród nich są Uniwersytet Warszawski, Uniwersytet Jagielloński, Uniwersytet Wrocławski, Uniwersytet Ludwika i Maksymiliana w Monachium, Uniwersytet Amsterdamski, Academia Sinica w Tajpej, Uniwersytet Tokijski, oraz Kalifornijski Instytut Technologiczny (Caltech).

3 Powody podjęcia tej tematyki i najważniejsze spodziewane efekty

Ponieważ komputery potrafią przetwarzać grafy bardzo efektywnie, a uczenie głębokie pozwoliło komputerom rozpoznawać obrazy i mowę, tłumaczyć języki i znakomicie grać w szachy, chciałbym użyć tych możliwości do odkrywania nowych relacji i struktur, wykonywania zaawansowanych obliczeń oraz znajdowania wskazówek do udowodniania matematycznych twierdzeń.

W przyszłości lepsze zrozumienie węzłów może być zastosowane do badań nad strukturą DNA i białek, które są potencjalnie użyteczne w produkcji antybiotyków i leków antyrakowych. Kolejnym istotnym zastosowaniem jest obszar obliczeń kwantowych, które mogą wnieść komputery na inny poziom i zrewolucjonizować naszą technologię.

Co więcej, jeśli uczenie głębokie okaże się efektywne w topologii kwantowej, zachęci to więcej matematyków i fizyków do częstszego stosowania tej metody. Przyniesie to jeszcze więcej ekscytujących odkryć, które zmienią nasze rozumienie świata i – w długim terminie – pozwolą na więcej zastosowań podnoszących jakość naszego życia.