



KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Wstęp do informatyki kwantowej i kwantowego uczenia maszynowego

Przedmiot

Kierunek studiów

sztuczna inteligencja

Studia w zakresie (specjalność)

Poziom studiów

drugiego stopnia

Forma studiów

stacjonarne

Rok/semestr

1/2

Profil studiów

ogólnoakademicki

Język oferowanego przedmiotu

angielski

Wymagalność

obligatoryjny

Liczba godzin

Wykład

30

Ćwiczenia

Laboratoria

15

Projekty/seminaria

10

Inne (np. online)

Liczba punktów

4

Wykładowcy

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

dr Gustaw Szawiola, doc.

gustaw.szawiola@put.poznan.pl

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki

Technicznej, Instytut Badań Materiałowych i

Inżynierii Kwantowej

Odpowiedzialny za przedmiot/wykładowca:

Wymagania wstępne

Wiedza z zakresu informatyki i uczenia maszynowego, kompetencje programistyczne i matematyczne określone w kierunkowych efektach kształcenia dla studiów I stopnia oraz II stopnia (sem. 1.) w zakresie sztucznej inteligencji.

Cel przedmiotu

Moduł przedstawi podstawy informatyki kwantowej i programowania komputerów kwantowych oraz wybrane zagadnienia algorytmiki kwantowej w kontekście zastosowania w uczeniu maszynowym.

Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza

Student



[K2st_W2] ma uporządkowaną teoretyczną wiedzę ogólną obejmującą podstawowe zagadnienia informatyki kwantowej;

[K2st_W3] ma szczegółową wiedzę dotyczącą wybranych algorytmów kwantowych w tym z zakresu kwantowego uczenia maszynowego;

[K2st_W4] ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych osiągnięciach informatyki kwantowej i kwantowego uczenia maszynowego;

[K2st_W6] zna wybrane eksperymentalne, dostępne w chmurze, platformy kwantowe oraz eksperymentalne kwantowe biblioteki programistyczne stosowane w pracach badawczych nad zastosowaniem komputerów kwantowych, w szczególności w uczeniu maszynowym.

Umiejętności

Student

[K2st_U3] potrafi planować i przeprowadzać proste eksperymenty badawcze z zakresu informatyki kwantowej i kwantowego uczenia maszynowego, obejmujące kwantowe pomiary, symulacje oraz interpretację uzyskanych wyników;

[K2st_U4] potrafi wykorzystać do formułowania i rozwiązywania praktycznych zadań i prostych problemów badawczych z zakresu informatyki kwantowej i kwantowego uczenia maszynowego metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne;

[K2st_U5] potrafi przedstawić propozycję rozwiązania problemu informatycznego poprzez integrację wiedzy o algorytmach klasycznych i kwantowych;

[K2st_U6] potrafi ocenić użytkową wartość komputerów, platform i programistycznych bibliotek kwantowych, w szczególności w zakresie uczenia maszynowego;

[K2st_U10] potrafi stosować wybrane, otwarte i dostępne w chmurze platformy i biblioteki kwantowe do rozwiązywania wybranych zadań z prostym komponentem eksperymentalnym z zakresu informatyki kwantowej i kwantowego uczenia maszynowego.

Kompetencje społeczne

Student

[K2st_K1] rozumie powiązania między rozwojem w obszarze informatyki, w szczególności uczeniem maszynowym a dynamiką kwantowych technologii i metod informatycznych;

[K2st_K2] rozumie potencjał wykorzystania najnowszej wiedzy z zakresu kwantowej informatyki i kwantowej sztucznej inteligencji w rozwiązywaniu problemów badawczych i praktycznych.

Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Ocena formująca:

- w zakresie wykładów dokonywana jest na podstawie krótkich quizów lub zadań domowych obejmujących zagadnienia przedstawione na poprzednich wykładach;
- w zakresie zajęć laboratoryjnych odbywa się poprzez weryfikację postępów realizacji poszczególnych zadań laboratoryjnych w trakcie bieżących zajęć laboratoryjnych lub konsultacji.



Ocena podsumowująca:

w zakresie wykładu dokonywana jest w formie egzaminu pisemnego złożonego z dwóch części:

testu wyboru obejmującego od 10 do 15 pytań ocenianych binarnie za każde pytanie (0 albo 1 punkt za pytanie); części problemowej obejmującej 2 lub 3 problemowe zadania otwarte oceniane punktowo w skali 0-5 za każde zadanie problemowe; próg zaliczeniowy wynosi 50% maksymalnej liczby punktów możliwych do uzyskania łącznie z obu części egzaminu

(szczegółowe kryteria: nie mniej niż 90% - 5.0; 85% - 89,9% -4.5; 75% - 84,9%-4.0; 65% - 74,9% -3.5; 50%-64,5%-3.0; mniej niż 50% - 2)

w zakresie laboratorium dokonywana jest na podstawie bieżącej realizacji poszczególnych ćwiczeń, podsumowywanej sprawozdaniami, ocenianej punktowo w skali 0-5 za każde ćwiczenie; próg zaliczeniowy wynosi 50% maksymalnej liczby punktów możliwych do uzyskania (szczegółowe kryteria:

nie mniej niż 90% - 5.0; 85% - 89,9% -4.5; 75% - 84,9%-4.0; 65% - 74,9% -3.5; 50%-64,5%-3.0; mniej niż 50% - 2), przy obliczaniu finalnej liczby punktów pomijane jest ćwiczenie ocenionej najniżej

Treści programowe

Wykłady

Część I Narzędzia matematyczne i zasoby kwantowe

I.1. Preliminaria matematyczne w kontekście komputerów kwantowych (liczby zespolone, algebra liniowa, elementy rachunku prawdopodobieństwa).

I.2. Opis stanów kwantowych kubitów (amplituda prawdopodobieństwa, superpozycja i splątanie kwantowe); pomiary kwantowe i tomografia stanu kwantowego.

I.3. Operatory i bramki kwantowe, proste obwody kwantowe (kwantowy generator liczb losowych, obwód teleportacji kwantowej). Hamiltonian i dynamika stanów kubitów, trotteryzacja, problem dekoherencji.

Część II. Kanon algorytmów kwantowych

II.1 Algorytm Deutsch-Jozsa. Algorytm Simona.

II.1 Algorytm Grovera.

II.2. Kwantowa transformata Fouriera.

II.3 Kwantowa estymacja fazy.

II.4 Algorytm Shora.

II.5 Algorytm Harrowa-Hassidima-Lloyda rozwiązywania układu równań liniowych.

Część III Wybrane zagadnienia kwantowego uczenia maszynowego

III.1. Parametryczne obwody kwantowe do uczenia maszynowego. Metody kodowania i osadzania kwantowego.

III.2 Kwantowa regresja liniowa (kwantowa funkcja kosztu, gradient kwantowy). Uczenie sparametryzowanych obwodów kwantowych.

III.3 Implementacja kwantowa map cech i metody jądra kwantowego. Kwantowa wersja maszyn wektorów nośnych (SVM) i najmniejszych kwadratów kwantowych SVM.

III.4 Kwantowa klasyfikacja wariacyjna



III.5 Wprowadzenie do kwantowych sieci neuronowych. Rozpoznawanie wzorców kwantowych

III.6 Kwantowe generatywne sieci przeciwstawne

Laboratorium

1. Tomografia stanów kwantowych, badanie splątania kwantowego w oparciu o nierówność CHSH.
2. Analiza działania bramek kwantowych i prostych obwodów kwantowych.
3. Implementacja i badanie kwantowego algorytmu kwantowej transformaty Fouriera i kwantowej estymacji fazy.
4. Implementacja i testowanie kwantowego algorytmu rozwiązywania układu równań liniowych.
5. Implementacja i testowanie wybranego algorytmu kwantowego SVM
6. Implementacja kwantowego algorytmu wariacyjnej klasyfikacji
7. Implementacja kwantowego rozpoznawania wzorców.

Projekt

1. Architektury komputerów i symulatorów kwantowych- porównanie narzędzi do programowania komputerów kwantowych.
2. Implementacja algorytmu Grovera.
3. Implementacja algorytmu Shora.
4. Wybrane algorytmy kwantowe w zakresie uczenia maszynowego.
5. Wybrane algorytmy kwantowe i hybrydowe do rozwiązywania wybranych problemów kombinatorycznych.

Metody dydaktyczne

Wykłady: prezentacje multimedialne (teoria, przykłady, quizy), przykłady przedstawione na tablicy.

Ćwiczenia laboratoryjne: analiza problemu opisanego w konspekcie ćwiczenia i jego dyskusja oraz rozwiązywanie w grupach, po realizacji każdego ćwiczenia samodzielne przygotowanie w domu końcowego raportu. .

Literatura

Podstawowa

- B. Zygelman, A First Introduction to Quantum Computing and Information, Springer Cham 2018
S. Pattanayak, Quantum Machine Learning with Python, Apress Berkeley, CA, 2021

Uzupełniająca

- R. S. Sutor, Dancing with Qubits: How quantum computing works and how it can change the world, Packt Publishing, 2019
E. R. Johnston, N. Harrigan, M. Gimeno-Segovia, Programming Quantum Computers: Essential Algorithms and Code Samples, O'Reilly Media, Inc., 2019
B. Zygelman, A First Introduction to Quantum Computing and Information, Springer Cham 2018



- M. Schuld, F. Petruccione, Machine Learning with Quantum Computers (Quantum Science and Technology) 2nd ed., Springer Cham, 2021
- M. Schuld, F. Petruccione, Supervised Learning with Quantum Computers, Springer Cham, 2018
- W. Scherer, Mathematics of Quantum Computing, Springer Cham, 2019
- M. A. Nielsen (Autor), I. L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition, Cambridge University Press, 2010
- N. S. Yanofsky (Autor), M. A. Mannucci, Quantum Computing for Computer Scientists, Cambridge University Press, 2008

Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	100	4,0
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	55	2,0
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwίων/egzaminu, wykonanie projektu) ¹	45	2,0

¹ niepotrzebne skreślić lub dopisać inne czynności