



KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Wstęp do informatyki kwantowej i kwantowego uczenia maszynowego [S2SI1E>KWA]

Przedmiot

Kierunek studiów

Sztuczna inteligencja/Artificial Intelligence

Rok/Semestr

1/2

Studia w zakresie (specjalność)

–

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

drugiego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

angielski

Forma studiów

stacjonarne

Wymagalność

obligatoryjny

Liczba godzin

Wykład

30

Laboratorium

15

Inne

0

Ćwiczenia

0

Projekty/seminaria

10

Liczba punktów ECTS

4,00

Koordynatorzy

dr Gustaw Szawiola

gustaw.szawiola@put.poznan.pl

Wykładowcy

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 przedstawia 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 użyteczną 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 ocenianianych 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:

- <50-60)% - 3,0,
- <60-70)% - 3,5,
- <70-80)% - 4,0,
- <80-90) %-4,5,
- <90-100>%- 5,0)

w zakresie laboratorium dokonywana jest na podstawie bieżącej realizacji poszczególnych ćwiczeń, podsumowywanej sprawozdaniem, ocenianej punktowo w skali 0-5 za każde ćwiczenie; próg zaliczeniowy wynosi 50% maksymalnej liczby punktów możliwych do uzyskania (szczegółowe kryteria: <50-60)% - 3,0,

- <60-70)% - 3,5,
- <70-80)% - 4,0,
- <80-90) %-4,5,
- <90-100>%- 5,0),

przy obliczaniu finalnej liczby punktów pomijane jest ćwiczenie ocenionej najniżej

Treści programowe

I Podstawowy formalizm matematyczny i funkcjonalne zasoby kwantowe wykorzystywane w informatyce kwantowej.

II Kanon algorytmów kwantowych.

III Wybrane zagadnienia kwantowego uczenia maszynowego.

Tematyka zajęć

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)
 - I.4 Hamiltonian i dynamika stanów kubitów.
- Część II. Kanon algorytmów kwantowych
- II.1 Algorytm Grovera.
 - II.2. Kwantowa transformata Fouriera.
 - II.3 Kwantowa estymacji fazy.
 - II.4 Algorytm Shora.
 - II.5 Algorytm Harrowa-Hassidima-Lloyda rozwiązywania układu równań liniowych.
- Część III Wybrane zagadnienia kwantowego uczenia maszynowego
- III.1. Parametryzacja obwodów kwantowych w uczeniu maszynowym. 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. Kwantowa wersja maszyn wektorów nośnych (SVM).
 - III.4 Wybrane kwantowe metody wariacyjne w uczeniu maszynowym
 - III.5 Rozpoznawanie wzorców kwantowych.
 - III.6 Wprowadzenie do kwantowych sieci neuronowych.

Laboratorium

1. Analiza działania bramek kwantowych i prostych obwodów kwantowych.
2. Implementacja i analiza kwantowego algorytmu kwantowej transformaty Fouriera.
3. Implementacja i testowanie kwantowego algorytmu kwantowej estymacji fazy.
- 4 Implementacja i testowanie kwantowego algorytmu rozwiązywania układu równań liniowych.
5. Implementacja kwantowego algorytmu rozpoznawanie wzorców.
6. Implementacja i testowanie wybranego algorytmu kwantowego SVM
7. Implementacja wybranego kwantowego algorytmu wariacyjnego.

Projekt

1. Tomografia stanów kwantowych, analiza splątania kwantowego w oparciu o nierówność CHSH.
2. Implementacja algorytmu wybranego z kanonu algorytmów kwantowych (algorytmu Grovera albo algorytmu Shora).
3. Implementacja wybranego algorytmu kwantowego uczenia maszynowego.
4. Implementacja wybranego algorytmu hybrydowego.

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:

1. R. S. Sutor, Dancing with Qubits, Second Edition, Packt Publishing, Birmingham—Mumbai, 2024
2. E. F. Combarro S. González-Castillo, A Practical Guide to Quantum Machine Learning and Quantum Optimization. Hands-on Approach to Modern Quantum Algorithms, Packt Publishing, Birmingham—Mumbai, 2023
3. Zasoby: <https://learning.quantum.ibm.com/> oraz <https://docs.quantum.ibm.com/>
4. Zasoby: <https://pennylane.ai/>

Uzupełniająca:

1. B. Zygelman, A First Introduction to Quantum Computing and Information, Springer Cham 2018

2. S. Pattanayak, Quantum Machine Learning with Python, Apress Berkeley, CA, 2021
3. E. R. Johnston, N. Harrigan, M. Gimeno-Segovia, Programming Quantum Computers: Essential Algorithms and Code Samples, O'Reilly Media, Inc., 2019
4. M. Schuld, F. Petruccione, Machine Learning with Quantum Computers (Quantum Science and Technology) 2nd ed., Springer Cham, 2021
5. M. Schuld, F. Petruccione, Supervised Learning with Quantum Computers, Springer Cham, 2018
6. W. Scherer, Mathematics of Quantum Computing, Springer Cham, 2019
7. M. A. Nielsen (Autor), I. L. Chuang, Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition, Cambridge University Press, 2010
8. 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	4,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	55	2,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	45	2,00