

Technologie kwantowe w zadaniach optymalizacyjnych i uczeniu maszynowym.

dr Sebastian Zając

AI SPRING. SZTUCZNA INTELIGENCJA W NAUKACH EKONOMICZNYCH

08.05.2024

Sztuczna inteligencja

Rozwój związany z przetwarzaniem danych wspomagający rozpoznawanie wzorców (ML, DL), ale również generowanie i tworzenie nowych danych (GenAi, LLM).

klasyczny model AI

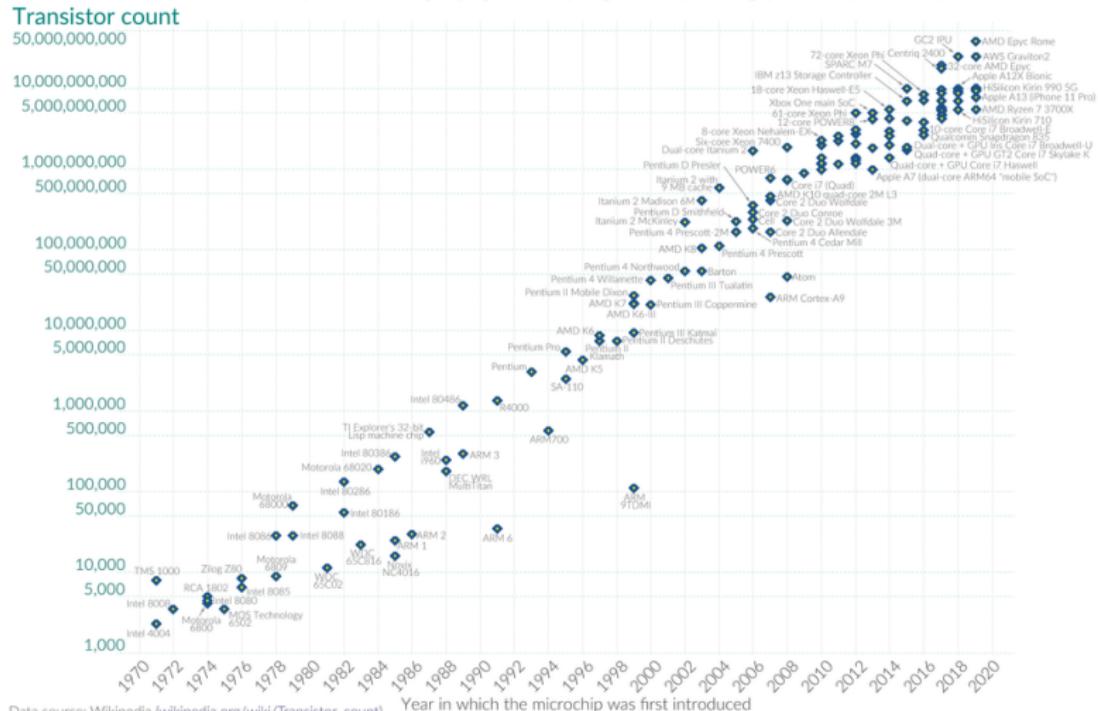
$$f(x; \theta)$$

Klasyczne komputery

Moore's Law: The number of transistors on microchips doubles every two years

Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.

Our World
in Data



Data source: Wikipedia ([wikipedia.org/wiki/Transistor_count](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Transistor_count&oldid=1000000000))

OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

Quantum Computing

Obliczenia kwantowe to nowy paradymat przetwarzania informacji wykorzystujący własności mechaniki kwantowej - *kubit, superpozycja, splątanie*.

Modele obliczeń kwantowych

- Quantum Circuits - bramkowy model obliczeń kwantowych
- adiabatyczne obliczenia kwantowe,
- topologiczne komputery kwantowe

jeszcze jedna zasada

Dekoherencja - oddziaływanie „niszczące” stan kwantowy
ERA Noisy Intermediate-Scale Quantum (NISQ)

(2021-2023)

Quantum Machines



Google
(Superconducting)



Baidu Qianshi
(Superconducting)

ATOS
(Simulator)



Rigetti
(Superconducting)



IBM (Superconducting)

Xanadu (Photonic)



What makes them all work?

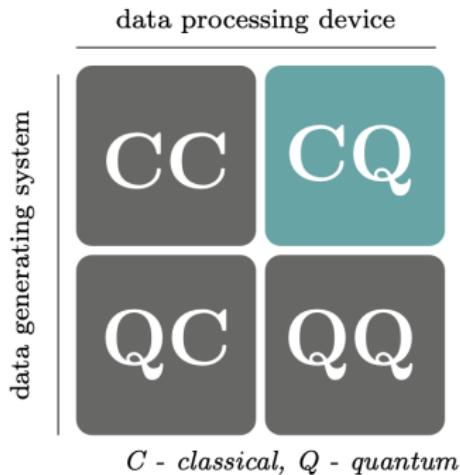
Qubit (or quantum bit) is the fundamental model of quantum information and its manipulation

Quantum circuit is a model of quantum computation, involving qubits and operations on them



4 / 17

Kwantowe uczenie maszynowe

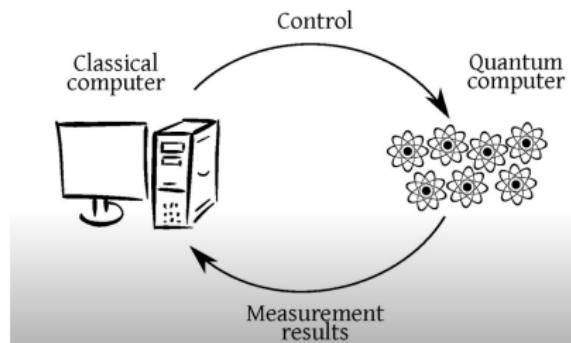


$$|f(x; \theta)\rangle$$

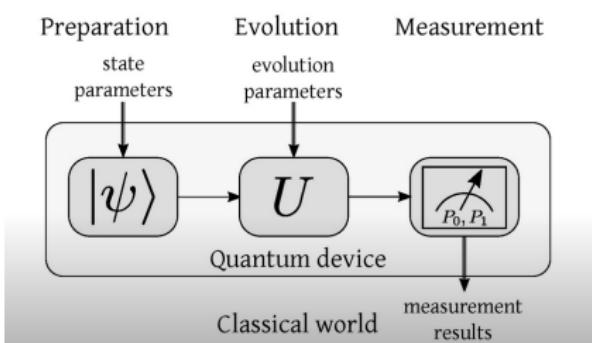
Czy możemy zamienić „model” wykorzystując obliczenia kwantowe?

Proces obliczeń kwantowych

Quantum computation control loop



Computation as experiment



Przykład (deterministyczny): Algorytm Deutsch-Jozsa

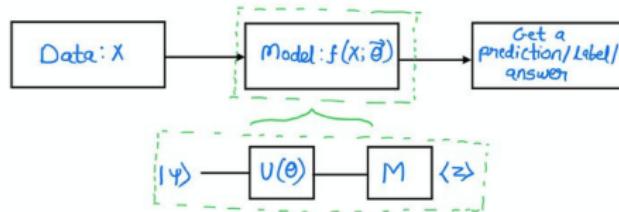
Wariacyjne modele kwantowe

Variational Quantum Circuits

Trenujmy nasze komputery kwantowe tak jak robimy to w sieciach neuronowych.



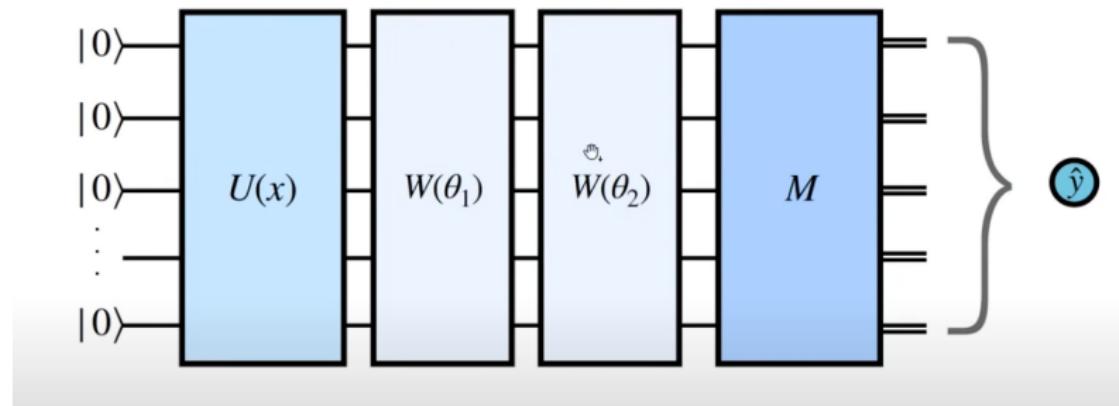
Variational Circuit as Classifier:



Variational quantum eigensolver, Variational quantum classifier, Quantum Support Vector Machine, ...

Quantum neural networks

Variational classifier



inne architektury:

Training deep quantum neural networks (Beer et al. 2020 Nature),
Variational quantum autoencoders (Romero et al. 2017 Science),
Denoising Quantum Time Series Autoencoder (J. Cybulski, S.Z 2024),
Quantum Convolutional NN (Cong et al. Nature 2019)

Kod - jeszcze nie w superpozycji

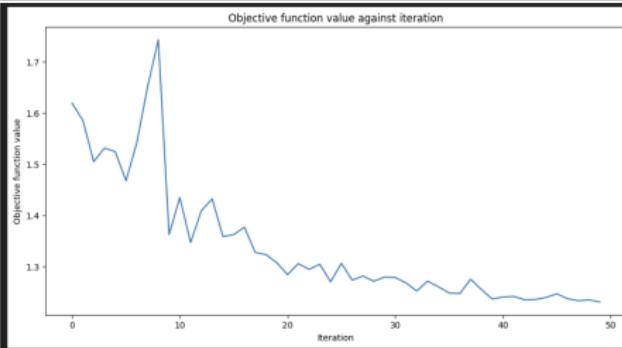
```
import time
from qiskit_machine_learning.algorithms.classifiers import VQC

vqc = VQC(
    sampler=sampler,
    feature_map=feature_map,
    ansatz=ansatz,
    optimizer=optimizer,
    callback=callback_graph,
)

# clear objective value history
objective_func_vals = []

start = time.time()
vqc.fit(X, y)
elapsed = time.time() - start

print(f"Czas uczenia: {round(elapsed)} sekund")
```



Gdzie zacząć?

Obliczenia kwantowe

- IBM Quantum Lab Jupyterlab
- D-Wave
- Xanadu
- AWS Braket
- Google Cirq

Programowanie

- Python: Qiskit, PennyLane, TensorFlow Quantum, Cirq
- Julia: Braket.jl, Yao.jl

QPoland, QuantumAI foundation, Wprowadzenie do kwantowego uczenia maszynowego- wykład SGH.