



# SZCZEGÓŁOWY PLAN SZKLEŃ

## I ETAP SZKOLEŃ – wykłady online

### Elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej

wykładowca: dr hab. Hanna Wojewódka-Ściążko

- Modelowanie doświadczenia losowego za pomocą przestrzeni probabilistycznej.
- Zmienna losowa intuicje, przykłady, formalna definicja.
- Typowe rozkłady prawdopodobieństwa (w tym rozkład normalny).
- Zmienne losowe niezależne.
- Centralne twierdzenie graniczne.
- Rozkład t Studenta.
- Teoretyczne podstawy wnioskowania statystycznego.
- Weryfikacja hipotez statystycznych:
  - o parametryczne testy istotności (przykład test t);
  - testy różnicy średnich dla obserwacji powiązanych w pary (przykłady sparowany test t i test Wilcoxona);
  - o testy zgodności, testy normalności rozkładu (przykład **test normalności Shapiro-Wilka**).

### Podstawy uczenia maszynowego (ML)

wykładowca: dr hab. inż. Przemysław Głomb

- Podstawowe zagadnienia ML cele, pojęcia, zadania, wprowadzenie.
- Przykładowe dane (klasyfikacja hiperspektralna krwi).
- Sieci neuronowe zasada działania, proces uczenia, selekcja i weryfikacja modeli.
- Metody jadrowe wprowadzenie, klasyfikator SVM.
- Zaawansowane sieci neuronowe.
- "Skrzynka narzędziowa" uczenia maszynowego.

### Elementy algebry liniowej

wykładowca: dr hab. Hanna Wojewódka-Ściążko

- Liczby zespolone.
- Przestrzeń wektorowa, pojęcie iloczynu skalarnego.
- Notacia Diraca.
- Macierze i działania na macierzach.
- Wektory i wartości własne macierzy.

#### Algorytmy numeryczne znajdujące minimum lokalne zadanej funkcji celu

wykładowca: dr hab. inż. Piotr Gawron

- Pojecie gradientu.
- Metoda spadku wzdłuż gradientu.
- Metoda stochastycznego spadku wzdłuż gradientu.

44-100 Gliwice, ul. Bałtycka 5, NIP 631-011-22-45 tel. +48 32 2317319, fax 2317026, REGON 000564702



#### Wprowadzenie do obliczeń kwantowych

wykładowca: prof. dr hab. Zbigniew Puchała

- Zagadnienia wstępne, fizyka mikroświata, efekty kwantowe.
- Ewolucja układu w czasie. Równanie Schroedingera.
- Stany kwantowe i superpozycja stanów definicje i przykłady.
- **Pomiar kwantowy** czym jest i jakie są jego efekty?
- Hamiltonian, ewolucja unitarna.
- Bramki kwantowe.
- Układy złożone, iloczyn tensorowy, stany produktowe, stany splątane, stany Bella.
- Informacja klasyczna vs informacja kwantowa. Częściowa konwersja obu form informacji w siebie.
- No cloning theorem.
- Kwantowe geste kodowanie. Kwantowa teleportacja.
- Kwantowa kryptografia.

### Algorytmy kwantowe

wykładowca: prof. dr hab. Zbigniew Puchała

- Algorytm Shore'a: badanie okresowości funkcji (przykład algorytmu faktoryzacji)
- Algorytm kwantowy Deutsch-Jozsa.
- Algorytm Grovera: poszukiwanie elementu znaczonego.
- Twierdzenie Shannona kwantowa informacja, macierze gęstości.
- Kompresja Schumachera.
- Kwantowa korekcja błędów.





# II ETAP SZKOLEŃ – warsztaty w kameralnych grupach (prowadzone stacjonarnie)

### Uczenie maszynowe – część I (data mining)

tutor: dr hab. inż. Przemysław Głomb

- Analiza i przygotowanie zbiorów danych:
  - o podstawowe **narzędzia** *data mining* (statystyki opisowe, algorytmy grupowania, algorytmy rzutowania),
  - o zasady ich użycia,
  - o ćwiczenia praktyczne z przygotowywania zbiorów dla klasyfikacji i regresji.

#### Uczenie maszynowe – część II (klasyfikacja)

tutor: dr hab. inż. Przemysław Głomb

- Budowa eksperymentu klasyfikacji:
  - o miary wydajności,
  - podział zbiorów (walidacja krzyżowa, optymalizacja hiperparametrów, przetrenowanie, przekleństwo wymiarowości),
  - o porównanie klasyfikatorów testami statystycznymi,
  - o wybór metod przetwarzania wstępnego.
- Najważniejsze **klasyfikatory**. Konfigurowanie i wykorzystanie SVM. Konfiguracja i trenowanie sieci MLP (krzywa loss, optymalizacja, funkcje aktywacji, hiperparametry).

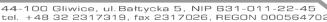
# Uczenie maszynowe – część III (sztuczne sieci neuronowe i sieci głębokiego uczenia) tutor: dr hab. inż. Przemysław Głomb

- **Diagnostyka procesu treningu sieci neuronowej**, weryfikacja skuteczności, ataki na sieć, wyjaśnianie działania sieci.
- Zaawansowane **architektury sieci neuronowych**, głębokie hierarchie cech, implementacja treningu (w tym *transfer learning*).

#### Uczenie architektur kwantowych – część I (wprowadzenie)

tutor: dr hab. inż. Łukasz Pawela

- **Bramkowe komputery kwantowe**: Szczegółowy opis budowy i zasad działania komputerów kwantowych opartych na bramkach.
- Kubity i stany kubitu: Omówienie podstawowych jednostek informacji kwantowej, ich reprezentacji i właściwości na architekturach IBMQ.
- Splątanie kwantowe: Wyjaśnienie fenomenu splątania oraz jego znaczenia w obliczeniach kwantowych na architekturach IBMQ.
- Bramkowy model obliczeń: Przedstawienie zasad działania komputerów kwantowych opartych na bramkach w odniesieniu do architektur IBMQ.
- Obwody kwantowe: Budowa i analiza podstawowych obwodów kwantowych.
- Perceptron: Przypomnienie klasycznego perceptronu oraz zasad jego działania i uczenia.
- Python: Krótkie przypomnienie podstawowej składni języka Python, niezbędnej do implementacji obwodów kwantowych.
- Ograniczenia komputerów kwantowych: Omówienie problemów i ograniczeń związanych z obecnym stanem technologii kwantowej.
- **Źródła błędów w komputerach bramkowych**: Analiza typowych źródeł błędów w obliczeniach kwantowych i ich wpływu na wyniki.





• **Kwantowy model perceptronu:** Budowa, elementy składowe oraz przykładowe obwody kwantowego perceptronu.

### Uczenie architektur kwantowych – część II (pierwsze implementacje)

tutor: dr hab. inż. Łukasz Pawela

- Uzyskanie dostępu do **IBMQ:** Proces rejestracji i uzyskania dostępu do platformy IBMQ.
- Podstawy biblioteki *Qiskit*: Wprowadzenie do biblioteki *Qiskit*, narzędzia do programowania komputerów kwantowych.
- Podstawowe operacje w portalu IBMQ: Nauka monitorowania i zarządzania obliczeniami kwantowymi za pomocą portalu IBMQ.
- Symulatory architektur komputerów bramkowych: Implementacja pierwszego programu na symulatorze kwantowym.
- Symulatory lokalne vs chmurowe: Porównanie lokalnych i chmurowych symulatorów kwantowych.
- Implementacja programu uruchamianego na komputerze bramkowym: Praktyczna realizacja przygotowania stanu splątanego.
- Implementacja składowych perceptronu: Tworzenie i testowanie podstawowych elementów kwantowego perceptronu.

### Uczenie architektur kwantowych – część III (programowanie)

tutor: dr hab. inż. Łukasz Pawela

- Obserwacje działania modelu dla losowo dobranych wag: Analiza wyników działania perceptronu z losowo wybranymi wagami.
- Implementacja algorytmu uczenia kwantowego perceptronu: Kodowanie i testowanie algorytmu uczącego perceptronu.
- Uczenie kwantowego modelu perceptronu, weryfikacja wyników: Proces uczenia modelu perceptronu i ocena jego skuteczności.
- Model bramkowy vs wyżarzanie kwantowe: Porównanie dwóch podejść do obliczeń kwantowych: modelu bramkowego i wyżarzania kwantowego.
- Algorytm QAOA: Przegląd algorytmu Quantum Approximate Optimization Algorithm (QAOA) i jego zastosowań.

### Zagadnienia dodatkowe:

- Model bramkowy vs wyżarzanie kwantowe.
- Algortym QAOA.



# III ETAP SZKOLEŃ – warsztaty w kameralnych grupach (prowadzone stacjonarnie)

**około 24-26h** 

# Kwantowe sieci neuronowe i kwantowe metody jądrowe – część I (bramki i obwody parametryzowalne)

tutor: dr hab. inż. Piotr Gawron

- Kwantowe bramki parametryzowalne.
- Kwantowe obwody parametryzowalne.
- Kwantowe algorytmy wariacyjne.
- Różniczkowanie funkcji opartych o obwody parametryzowalne.
- Kwantowa metoda przesuwania parametrów.
- Optymalizacja parametrów obwodów kwantowych.

#### Kwantowe sieci neuronowe i kwantowe metody jądrowe – część II (klasyfikacja)

tutor: dr hab. inż. Piotr Gawron

- Kwantowe sieci neuronowe.
- Ładowanie danych do sieci.
- Architektury sieci kwantowych.
- Kwantowe metody jądrowe.
- Klasyfikacja za pomocą kwantowych sieci neuronowych i kwantowych metod jądrowych.

#### Zagadnienia dodatkowe:

- Łaczenie sieci kwantowych i klasycznych sieci neuronowych.
- Trudności związane z uczeniem i wykorzystywanie kwantowych metod uczenia maszynowego.

#### Kwantowe sieci neuronowe i kwantowe metody jądrowe – część III (programowanie)

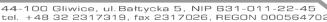
tutor: dr hab. inż. Piotr Gawron

- Biblioteka Pennylane.
- Implementacja prostego klasyfikatora jedno-kubitowego.
- Implementacja klasyfikatora z ponownym ładowaniem danych.
- Implementacja klasyfikatora wykorzystującego splątanie.
- Dobór architektury sieci.
- Implementacja klasyfikatora SVM wykorzystującego kwantową metodę jądrową.

# Kwantowe wyżarzanie kombinatorycznych problemów optymalizacyjnych – część I (klasyczne modele QUBO i Isinga)

tutor: dr hab. Bartłomiej Gardas

- Klasyczny **model Isinga** znaczenie, kodowanie, stany nisko-energetyczne.
- Interpretacja fizyczna modelu *Isinga* znaczenie oddziaływań i pól magnetycznych.
- Model QUBO znaczenie, przykłady, równoważność z modelem Isinga.
- Kodowanie dyskretnych problemów optymalizacyjnych za pomocą QUBO/ Isinga.
- Algorytm wyczerpującego przeszukiwania (*Brute-Force*) dla modelu QUBO/ Isinga certyfikacja, ograniczenia.





• Analiza złożoności problemu poszukiwania stanu podstawowego – trudności i wyzwania.

# Kwantowe wyżarzanie kombinatorycznych problemów optymalizacyjnych – część I (twierdzenie adiabatyczne)

tutor: dr hab. Bartłomiej Gardas

- Podejście heurystycznie przegląd klasycznych algorytmów inspirowanych fizycznie.
- Kwantowanie modelu Isinga **kwantowy model Isinga** z poprzecznym polem.
- Związek pomiędzy klasycznym a kwantowym modelem Isinga problem własny (macierzowe zagadnienie własne) a sortowanie.
- Twierdzenie adiabatyczne w mechanice kwantowej oraz kwantowe wyżarzanie.
- Kwantowy procesor wyżarzający D-Wave opis, dostępne topologie, osadzanie problemów.

# Kwantowe wyżarzanie kombinatorycznych problemów optymalizacyjnych – część III (programowanie)

tutor: dr hab. Bartłomiej Gardas

- Rozwiązywanie modelu Isinga z wykorzystaniem kwantowego wyżarzania.
- Praktyczne wykorzystanie biblioteki *D-Wave Ocean*.
- Implementacja algorytmu wyczerpującego (Brute-Force).
- Implementacja algorytmu równoległego wyżarzania.
- Implementacja algorytmu typu Branch & Bound.
- Implementacja algorytmu symulowanej bifurkacji.
- Implementacja algorytmu symulowanego wyżarzania.
- Wykorzystanie procesorów graficznych (GPU) w algorytmach heurystycznych.
- Analiza porównawcza algorytmów dla wybranych instancji problemów Isinga.

#### Zagadnienia dodatkowe:

- Sieci tensorowe rodzaje, konstrukcja, zwężanie.
- Sieć tensorowa typu MPS (1D) oraz PEPS (2D).
- Emulacja procesorów wyżarzających za pomocą sieci tensorowych.
- Różnorodność stanów nisko-energetycznych, droplety oraz ich znaczenie.