

Rozprawa doktorska, Kwantowe metody obliczeniowe w hybrydowych klasyczno-kwantowych systemach rekomendacyjnych, Marek Wróblewski.

Promotor: dr hab. inż. Marek Sawerwain, prof. UZ.

Streszczenie

Dysertacja składa się z sześciu rozdziałów abstraktu i sześciu dodatków: matematycznego, opisu parametrów kalibracyjnych, prezentacji kwantowej chmury obliczeniowej IBM, kodów źródłowych skryptów, symboli, a także wskazania repozytorium. Teza rozprawy wraz z celami ogólnymi i szczegółowymi została sformułowana w rozdziale pierwszym, który to zamyka przegląd literatury związany z głównym tematem rozprawy.

Rozdział drugi zawiera wprowadzenie w zagadnienia teoretyczne informatyki kwantowej. Przedstawiono wstęp do obliczeń kwantowych oraz zaprezentowano tło matematyczne, stanowiącą podstawę dla dalszych badań opisanych w późniejszych rozdziałach. Wskazano definicję rejestru kwantowego, operacji pomiaru oraz zdefiniowano strukturę obwodu w tym bramek kwantowych. Zaprezentowano algorytmy Grovera, k-najbliższych sąsiadów oraz opisano podejście drzew decyzyjnych.

Rozdział trzeci stanowi opis mechanizmów implementacji hybrydowych klasyczno-kwantowych systemów rekomendacyjnych. Przedstawiono architekturę systemu wraz ze wskazaniem przeznaczenia i źródła danych stosowanego w procesie rekomendacyjnym. Ukazano mechanizmy pozyskiwania danych oraz ich oceny jakościowej. Wskazano mechanizmy kodowania identyfikatorów oraz przedstawiono budowę rejestru kwantowego odpowiedzialnego za rekomendację. Omówiono przebieg procesu rekomendacyjnego prezentując obwód z wyszczególnieniem podziału na podobwoły i podrejstry wraz ze zdefiniowaniem funkcjonalności dla każdego z wymienionych. Dokonano implementacji obwodu rekomendacji za pomocą symulatora IBM Qiskit oraz przeprowadzono rzeczywiste testy polegające na uruchomieniu wskazanych obwodów na rzeczywistych komputerach kwantowych IBM po wcześniejszym sprawdzeniu warunków kalibracyjnych środowiska kwantowego. Porównano uzyskane wyniki oraz dokonano ich analizy.

W rozdziale czwartym zaprezentowano hybrydowy mechanizm profilowania w systemie rekomendacyjnym. Należy podkreślić, że mechanizmem zastosowanym w procesie profilowania były hybrydowe klasyczno-kwantowe drzewa profilujące. Przedstawiono architekturę hybrydowego mechanizmu profilującego oraz wskazano sposób wyznaczania profilu użytkowników. Dokonano

implementacji kodu, który został wykonany w środowisku symulacyjnym IBM Qiskit oraz w środowisku rzeczywistym komputerów kwantowych IBM. Dokonano analizy pozyskanych wyników oraz wskazano powody występujących szumów związanych z realizacją obliczeń w rzeczywistym środowisku kwantowym. Przedstawiono definicję wraz z prezentacją architektury realizacji lasów hybrydowych. Warto wspomnieć, że obiektem niezbędnym w koncepcji budowy lasów hybrydowych są hybrydowe drzewa profilujące, których zastosowanie wskazano w rozdziale pt. „Hybrydowy mechanizm profilowania w systemie rekomendacyjnym”. Zaprezentowano implementację kodu oraz wskazano proces budowy lasu hybrydowego.

Rozdział piąty przedstawia praktyczne zastosowanie pakietu symulacji obliczeń kwantowych EntDetector do oceny splątania kwantowego dla procesu rekomendacji. Wskazano przebieg procesu tworzenia wektora wejściowego zawierającego amplitudy występujących prawdopodobieństw przypisanych indeksom. Za pomocą rozkładu SVD wyznaczono tablice SaSD. Wyznaczono współczynniki Schmidta dla wskazanych wektorów oraz porównano z otrzymanym wynikiem entropii dla amplitud o zadanym czasie. Dokonano analizy uzyskanych wyników do oszacowania wystąpienia splątania pomiędzy poszczególnymi indeksami w wektorze.

Podsumowanie wraz z definicją zaobserwowanych wniosków podczas realizacji badań niezbędnych w przygotowaniu rozprawy doktorskiej zawarto w rozdziale szóstym. Wskazano kolejne wyzwania stawiane kwantowym metodom obliczeniowym obecnym w procesie realizacji hybrydowych klasyczno-kwantowych systemów rekomendacyjnych oraz metodach profilowania. Wyznaczono także kierunki dalszych badań nad przedmiotem jakim są systemy rekomendacyjne, kwantowe metody obliczeniowe oraz mechanizmy implementacyjne obwodów kwantowych.

W dodatkach przedstawiono wybrane zagadnienia informatyki kwantowej, bezpośrednio odnoszące się do tematyki poruszanej w pracy. Zaprezentowano proces oceny jakościowej oraz przydatności zebranych danych wraz z przedstawieniem procesu oczyszczania danych. Opisano kwantową chmurę obliczeniową IBM. Wskazano implementację kodów źródłowych napisanych w języku Python. Streszczenie pracy, zastosowane skróty oraz symbole, podstawowe jednostki danych oraz wskazanie do repozytorium GitHub wraz z prezentacją parametrów kalibracyjnych urządzeń kwantowych wskazane zostały kolejno w końcowych częściach dodatku.

Ostatnią część pracy stanowi spis literatury.