



INSTYTUT INFORMATYKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ POLSKIEJ
AKADEMII NAUK

WALIDACJA I TESTOWANIE
PORÓWNAWCZE TECHNOLOGII
KWANTOWEGO WYŻARZANIA

ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr Konrad JAŁOWIECKI

Promotor:

dr hab. Bartłomiej Gardas

Promotor pomocniczy:

dr hab. inż. Łukasz Paweł

Katowice, 24 listopada 2023

Streszczenie

W niniejszej pracy skupiamy się na problemie walidowania i benchmarkowania wyzaraczy kwantowych w praktycznym kontekście. W tym celu, przedstawiamy dwa algorytmy służące do rozwiązywania rzeczywistych problemów, oraz sprawdzamy, jak dobrze sprawdzają się na obecnej generacji wyzaraczy kwantowych. Pierwszy z algorytmów pozwala na rozwiązywanie dynamiki kwantowych układów (lub, w gruncie rzeczy, dowolnych układów dynamicznych). Drugi z przedstawianych algorytmów może z kolei zostać użyty do rozwiązywania pewnego podzbioru kolejowych problemów dyspozytorski: zarządzania opóźnieniami i konfliktami w sieciach kolejowych o jednej linii. Oceny działania obu w.w. algorytmów na bieżącej generacji wyzaraczy D-Wave dokonujemy z pomocą dwóch, nowatorskich, klasycznych strategii rozwiązywania szkieł spinowych Isinga, które również prezentujemy w niniejszej rozprawie. Pierwszym z nich jest opierający się na sieciach tensorowych heurystyczny algorytm stworzony specjalnie do rozwiązywania szkieł spinowych zdefiniowanych na grafach przypominających topologię Chimera, co sprawia, że idealnie nadaje się do wyznaczania referencyjnych rozwiązań, do których można porównać wyniki z fizycznych wyzaraczy. Drugim z prezentowanych podejść jest masywnie równoległa implementacja wyczerpującego przeszukiwania całej przestrzeni rozwiązań, tzw. brute-force. Mimo, że użycie algorytmu brute-force jest ograniczone do instancji o niewielkich rozmiarach, posiada on tę zaletę, że może wyznaczać niskoenergetyczne spektrum, oraz certyfikować rozwiązania. W związku z tym, algorytm przeszukiwania wyczerpującego może służyć do uzyskania dodatkowego wglądu w strukturę przestrzeni rozwiązań. Wyniki otrzymane w naszych eksperymentach sugerują, że już współczesne wyzaracze są w stanie uchwycić dynamikę prostych, dwupoziomowych układów

kwantowych w specyficznym reżimie parametrów, oraz mogą znaleźć dobrej jakości rozwiązania instancji kolejowych problemów dyspozytorskich. Wreszcie, nasze eksperymenty pokazują jasno, że obecna generacja wyzaraczy D-Wave nie jest idealna. Wymieniamy instancje problemów, dla których wyzarzanie nie potrafiły znaleźć wysokojakościowych, lub nawet dopuszczalnych rozwiązań. Tam gdzie to możliwe, omawiamy również możliwe wyjaśnienie dlaczego niektóre z prezentowanych instancji mogą być dla wyzaraczy wymagające.