

Studium Magisterskie

Kierunek: Analiza Danych – Big Data

Przemysław Michałowski

Nr albumu 81840

**Rozwiązywanie problemu marszrutyzacji z wykorzystaniem algorytmów kwantowych**

Praca magisterska

napisana w Katedrze/Instytucie

……………………………………………

pod kierunkiem naukowym

……………………...……………………

Warszawa 20…..

Spis treści

[Wstęp 6](#_Toc115384469)

[Rozdział I. Loriem dutus loriem du 8](#_Toc115384470)

[I.1 Podstawowe cechy obliczeń kwantowych 8](#_Toc115384471)

[I.1.1 Kubit jako podstawowa jednostka informacji 8](#_Toc115384472)

[I.1.2 Kluczowe zjawiska 11](#_Toc115384473)

[I.1.3 Wykonywanie działań 12](#_Toc115384474)

[I.2 Postać ogólna problemu marszrutyzacji 14](#_Toc115384475)

[I.2.1 Postać ogólna problemu VRP 14](#_Toc115384476)

[I.2.2 Postać matematyczna VRP 16](#_Toc115384477)

[I.3 Algorytmy kwantowe 18](#_Toc115384478)

[I.3.1 QAOA 18](#_Toc115384479)

[I.4 Klasyfikacja algorytmów 19](#_Toc115384480)

[I.4.1 Klasyfikacja ogólna 19](#_Toc115384481)

[I.4.2 Co to QML a czym algorytmy optymalizacyjne 20](#_Toc115384482)

[I.4.3 Obliczenia w środowisku hybrydowym 20](#_Toc115384483)

[I.5 Problem marszrutyzacji 21](#_Toc115384484)

[I.5.1 Definicja ogólna, zastosowanie 21](#_Toc115384485)

[I.5.2 Definicja matematyczna 21](#_Toc115384486)

[Rozdział II. Podejście 24](#_Toc115384487)

[II.1 Przegląd rozwiązań 25](#_Toc115384488)

[II.1.1 Klasyczne sposoby rozwiązywania problemu marszrutyzacji 25](#_Toc115384489)

[II.1.2 Przykład komercyjny 25](#_Toc115384490)

[II.1.3 QUBO – Paweł i inne podejścia kwantowe, bez formalizacji, tylko podejście i wynik 25](#_Toc115384491)

[II.2 Algorytmy kwantowe 27](#_Toc115384492)

[II.2.1 Przegląd algorytmów 27](#_Toc115384493)

[II.2.2 Wybór algorytmu 27](#_Toc115384494)

[II.2.2.1 Opis algorytmu przez analogię do klasyki 27](#_Toc115384495)

[II.2.2.2 Formalizacja algorytmu 27](#_Toc115384496)

[II.3 Przegląd rynku kwantowego 28](#_Toc115384497)

[II.3.1 Infrastruktura ogólnodostępna 28](#_Toc115384498)

[II.3.2 Software (qiskit) 28](#_Toc115384499)

[II.3.3 Środowiska naukowe i dydaktyczne 28](#_Toc115384500)

[II.3.4 Wyścig państw 28](#_Toc115384501)

[II.3.4.1 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur 28](#_Toc115384502)

[II.3.4.2 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit 29](#_Toc115384503)

[II.3.4.3 Onsectetur adipisicing eli 29](#_Toc115384504)

[II.3.4.4 Aliquip ex ea commod 30](#_Toc115384505)

[Rozdział III. Implementacja 32](#_Toc115384506)

[III.1 Dane 32](#_Toc115384507)

[III.2 Opis matematyczny 32](#_Toc115384508)

[III.2.1 Sformułowanie matematyczne a potem w QUBO 32](#_Toc115384509)

[III.2.2 Sformułowanie algorytmem kwantowym (obwód?) 33](#_Toc115384510)

[III.3 Analiza porównawcza 33](#_Toc115384511)

[III.3.1.1 33](#_Toc115384512)

[III.3.1.2 Abcc ccsscssc sdsdza 34](#_Toc115384513)

[III.3.1.3 Kdsjdjs adsdfs dfsdfh 35](#_Toc115384514)

[III.3.1.4 Loriem lori trinume trie 36](#_Toc115384515)

[III.4 Loriem loriem loriem loriem loriem loriem loriem loriem loriem 37](#_Toc115384516)

[III.4.1.1 Duis duis duis duis 37](#_Toc115384517)

[Zakończenie 38](#_Toc115384518)

[LITERATURA 40](#_Toc115384519)

[Spis tabel 43](#_Toc115384520)

[Spis rysunków 43](#_Toc115384521)

[Streszczenie 43](#_Toc115384522)

[Summary 44](#_Toc115384523)

Wstęp

Wraz ze wzrostem zapotrzebowania na moce obliczeniowe rośnie presja na udostępnianie coraz to silniejszych maszyn zdolnych te obliczenia realizować. Do takich maszyn zalicza się komputery i początkowo były one wykorzystywane między innymi w obliczeniach naukowych. Pomimo wzrostu liczby bitów w tempie wykładniczym, dokonywanie pewnych obliczeń przysparzało i nadal przysparza wielu trudności, jak choćby rozwiązywanie problemów NP-trudnych. Szczególną uwagę należy zwrócić na problemy chemików i fizyków kwantowych. Problemy z wykorzystaniem komputerów w obliczeniach dotyczących fizyki kwantowej zostały podniesione głośno przez Richarda Feynmana w 1981 na konferencji *The Physics of Computation*. W czasie swojego przemówienia podniósł on m.in. konieczność symulowania prędkości światła oraz fal czy reprezentację rozkładu gęstości dla zjawisk ciągłych, w tym rozkładów prawdopodobieństwa. Są to problemy z którymi ówczesne (klasyczne) komputery nie były sobie w stanie poradzić efektywnie i dokładnie mimo rosnących mocy obliczeniowych. Feynman zaproponował pomysł utworzenia komputera nowego typu – komputera kwantowego.[[1]](#footnote-1) Chociaż przed Feynmanem było już kilku naukowców, którzy postulowali i proponowali utworzenie takiej maszyny (jednym z pionierów przed Feynmanem był Paul Benioff, który poświęcił temu zagadnieniu cały artykuł w 1979 roku[[2]](#footnote-2)), to dopiero wykład Feynmana spowodował wzrost zainteresowania maszynami, których działanie ma opierać się na i korzystać z zjawisk na poziomie kwantowym.[[3]](#footnote-3)

Komputery wantowe przyciągają obecnie uwagę różnych specjalistów z całego świata – już nie tylko środowisko naukowe, lecz także polityków, organy publiczne, sektor bezpieczeństwa, sektor komercyjny i w końcu media. Zważywszy jednak na młodość tej technologii i związane z nią problemy, masowa implementacja komercyjna zdaje się być obecnie odległa, ale realna. Obecne lub niedalekie zastosowania komputerów kwantowych obejmują m.in. kryptografię, uczenie maszynowe i optymalizację, symulacje w obszarze fizyki i chemii

Celem poniższej pracy jest ukazanie komputerów kwantowych jako narzędzia służącemu rozwojowi uczenia maszynowego i mające istotny wpływ na dalszy rozwój tej dziedziny. Jako przykład zastosowania komputerów kwantowych zostanie podany przykład problemu marszrutyzacji, opisany w drugim rozdziale i rozwiązany w trzecim rozdziale z wykorzystaniem algorytmów wymagających komputerów kwantowych.

Struktura tej pracy umożliwi czytelnikowi zapoznanie się z podstawowymi pojęciami i zjawiskami w pierwszym rozdziale, co umożliwi przeprowadzenie logicznego i spójnego wywodu w dalszych rozdziałach bez popadania w dygresję.

# Loriem dutus loriem du

Poniższy rozdział stanowi wprowadzenie do tematyki informatyki kwantowej. Zostanie w nim przedstawione nazewnictwo wykorzystywane w pracy, jak i techniczne uwarunkowania działania komputerów kwantowych oraz algorytmów na nich bazujących.

Na początku omówiono pojęcie kubitu wprowadzając równocześnie notację matematyczną używaną w dalszej części pracy. Kolejna część stanowi próbę ukazania czym jest komputer kwantowy, sprawdzając równocześnie adekwatność tej nazwy, po krótce przedstawiono również typy komputerów kwantowych. W następnym podrozdziale wyjaśniono kluczowe zjawiska mechaniki kwantowej, mające kluczowe znaczenie dla obliczeń kwantowych – zarówno jako źródła przewagi obliczeniowej nad klasycznymi maszynami obliczeniowymi jak i jako źródła ograniczeń i barier w obliczeniach kwantowych. Ostatnia część tego rozdziału pozwala na zapoznanie się z podstawowymi algorytmami kwantowymi wraz z przykładami ich zastosowania. Będzie to także stanowiło okazję, do przedstawienia tego, w jaki sposób kształtuje się szeroko pojęty rynek informatyki kwantowej oraz tego, w jaki sposób organy władzy na szczeblach krajowych zapatrują się na informatykę kwantową.

## Podstawowe cechy obliczeń kwantowych

### Kubit jako podstawowa jednostka informacji

W klasycznym komputerze podstawową i najmniejszą jednostką informacji jest bit. W danym momencie może on znajdować się w dokładnie jednym z dwóch stanów: 0 lub 1. Oznacza to, że przestrzeń możliwych stanów bitu jest zdefiniowana poprzez dwa różne punkty. Skutkuje to również tym, że liczba możliwych stanów systemu *n­*-bitowego wynosi .[[4]](#footnote-4) Warto zauważyć, że zbiór możliwych stanów systemu jest przeliczalnym zbiorem potęgowym zbioru możliwych stanów pojedynczego bitu i jest mocy .

W komputerze kwantowym podstawową jednostką informacji jest bit kwantowy zwany też kubitem.[[5]](#footnote-5) Przestrzeń możliwych stanów systemu kwantowego jest opisywana matematycznie przez złożoną (zespoloną) przestrzeń wektorową z zdefiniowanym na niej iloczynem skalarnym.[[6]](#footnote-6) Tak więc matematycznie kubit jest reprezentowany przez unormowany wektor w dwuwymiarowej przestrzeni Hilberta nad ciałem liczb zespolonych, a system *n­*-kubitowy – przez unormowany wektor w -wymiarowej przestrzeni Hilberta. Skutkuje to również tym, że liczba teoretycznie możliwych stanów pojedynczego kubitu jest nieskończona a moc zbioru stanów kubitu jest równa . Analogicznie jak w przypadku kubitu, zbiór możliwych stanów *n*-kubitowego stanu kwantowego jest zbiorem potęgowym możliwych stanów kubitu, jest więc on mocy .

Stan kubitu można zapisać jako kombinację liniową stanów bazowych (ket zero) oraz (ket jeden) korzystając z notacji Diraca zwanej też notacją bra-ket[[7]](#footnote-7):

, gdzie i są amplitudami takimi, że:

, co gwarantuje, że wektor będzie długości równej 1 (w normie drugiej).

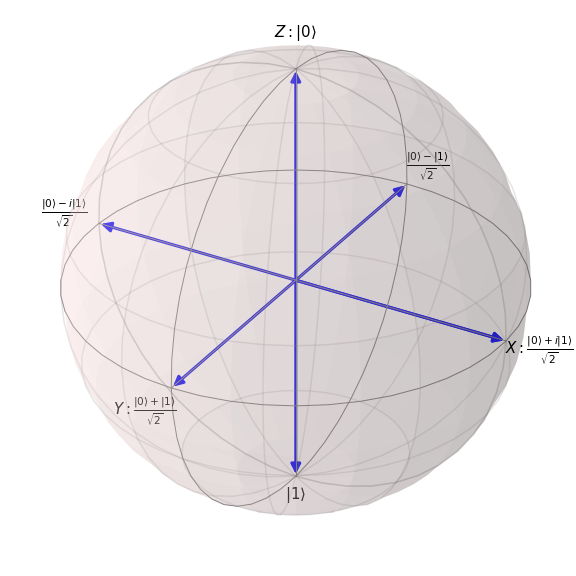
Stany bazowe są to dwa dowolne ortonormalne wektory.[[8]](#footnote-8) W dalszej części pracy za stany bazowe będą przyjmowane zawsze stany oraz reprezentowane odpowiednio przez pionowe wektory oraz .[[9]](#footnote-9) Korzystając z równania Eulera, można zapisać stan kubitu jako:[[10]](#footnote-10)

.

Element , zwany też fazą globalną, możemy pominąć, ponieważ nie powoduje obserwowalnych zmian, więc z perspektywy obliczeń kwantowych będzie on nieistotny i w rezultacie otrzymamy[[11]](#footnote-11):

.

Stan kubitu można reprezentować przy pomocy wektora w 3-wymiarowej sferze (PATRZ RYSUNEK), zwaną sferą Blocha.[[12]](#footnote-12) Warto zwrócić uwagę, że zgodnie z ROWNANIE 1 i 2 reprezentacja graficzna powinna mieć charakter 4-wymiarowy, jednakże zgodnie z ROWNANIE możemy ograniczyć tę reprezentację do trzech wymiarów. Będzie to jednak skutkowało utratą ortogonalności stanów bazowych. Stąd też w RÓWNANIE kąty w funkcjach trygonometrycznych są dzielone przez dwa, ponieważ to kąt obrotu wokół osi X w sferze Blocha. Stany bazowe znajdują się na krańcach osi Z. Kąt określa obrót wokół osi X.



Rysunek 1: jak starczy czasu to dorobic kąty

### Kluczowe zjawiska

Jednym ze zjawisk charakterystycznych dla mechaniki kwantowej, które jest wykorzystywane na szeroką skalę w obliczeniach kwantowych jest superpozycja. Oznacza ono, że cząsteczka kwantowa znajduje się równocześnie w dwóch przeciwstawnych stanach albo innymi słowy, że znajduje się gdzieś pomiędzy nimi. Z perspektywy informatyki kwantowej sprowadza się to do sytuacji, gdy współczynniki i definiujące bieżący stan kubitu są takie, że .[[13]](#footnote-13)

Długotrwałe utrzymanie kubitu fizycznego w superpozycji jest obecnie zadaniem technologicznie trudnym. Interakcja kubitu z otoczeniem doprowadza do załamania (zapadnięcia) się stanu kubitu, tj. wytrącenia go ze stanu superpozycji do jednego ze stanów bazowych. Znajdując się w superpozycji, stan kubitu może się również zmieniać (tj. wektor reprezentujący stan kubitu będzie ulegał odchyleniom) bez doprowadzania do zapadnięcia. Niekontrolowane zmiany stanu kubitu stanowią jeden z kluczowych problemów stabilności urządzeń kwantowych. Oddziaływanie kubitu z otoczeniem nosi nazwę dekoherencji. Jeżeli jest ona niezamierzona, wówczas jej skutki nazywamy szumem kwantowym.[[14]](#footnote-14) [[15]](#footnote-15)

Załamanie się stanu kubitu może być również zamierzonym następstwem działań, tj. wykonania pomiaru. Pomiar stanowi często jeden z końcowych elementów algorytmów kwantowych bądź też ich istotnych części. W jego wyniku kubit ulega dekoherencji i załamuje swój stan do jednego ze stanów bazowych.[[16]](#footnote-16)

W wyniku dekoherencji kubit znajdzie się w stanie lub z prawdopodobieństwem równym odpowiednio lub , co jest zgodne z aksjomatyczną definicją prawdopodobieństwa dzięki (NUMER ROWNANIA).

Kolejnym istotnym zjawiskiem jest splątanie kwantowe. Zjawisko to polega na przyczynowo-skutkowym (a nie tylko numerycznym) powiązaniu dwóch lub więcej kubitów. Fizyczny aspekt tego zjawiska nadal jest przedmiotem dyskusji. Z perspektywy obliczeń kwantowych oznacza to m.in. możliwość wpływania na jeden kubit przy pomocy innego, splątanego z nim wcześniej kubitu. Konsekwencją tego jest możliwość wnioskowania na temat stanu jednego kubitu na podstawie stanu innego kubitu. Zjawisko splątania jest również podatne na skutki dekoherencji – jeżeli jeden kubit ulegnie dekoherencji, to pozostałe splątane z nim kubity mogą również jej ulec. Podobnie jak w przypadku pomiaru, doprowadzenie do takiego zjawiska jest często intencjonalne.[[17]](#footnote-17)

### Wykonywanie działań

Działania na komputerach klasycznych są wykonywane z pomocą bramek logicznych i algebry boolowskiej. Do przykładowych bramek można zaliczyć AND, OR, XOR oraz NOT.[[18]](#footnote-18) Z kolei operacje na kubitach są konstruowane z wykorzystaniem macierzy i algebry liniowej. Macierze te, zwane też bramkami lub operatorami kwantowymi, są macierzami unitarnymi, tak więc, w przeciwieństwie do komputerów klasycznych, wszystkie pojedyncze operacje (tak samo jak reprezentujące je macierze) są odwracalne. Ogólna postać kwantowej bramki unarnej (bramki działającej na jednym kubicie) ma postać[[19]](#footnote-19):

.

Niektóre bramki kwantowe mają swoje nazwy oraz dedykowane oznaczenia. Mogą one mieć postać stałą lub parametryzowaną, działać zarówno na jednym jak i na wielu kubitach. Przegląd najważniejszych bramek wraz z ich oznaczeniami używanymi w dalszej części zawiera TABELA

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nazwa bramki | Skrót | Macierz | Symbol graficzny |
| Identity | I |  |  |
| Pauli-X, NOT | X, NOT |  |  |
| Pauli-Y | Y |  |  |
| Pauli-Z | Z |  |  |
| Hadamard | H |  |  |
| T, | T |  |  |
| Phase | S, P |  |  |
| S-dagger, sprzężenie hermitowskie S |  |  |  |
| SWAP | SWAP |  | lub  lub |
| Controlled NOT | CX, CNOT, C1NOT, C1X |  | lub |
| Controlled Z | CZ |  | lub |
| Toffoli | CCNOT, CCX, TOFF, C1C1NOT, C1C1X |  | lub |
| Ry |  |  |  |
| Rz |  |  |  |
| Rx |  |  |  |

## Postać ogólna problemu marszrutyzacji

### Postać ogólna problemu VRP

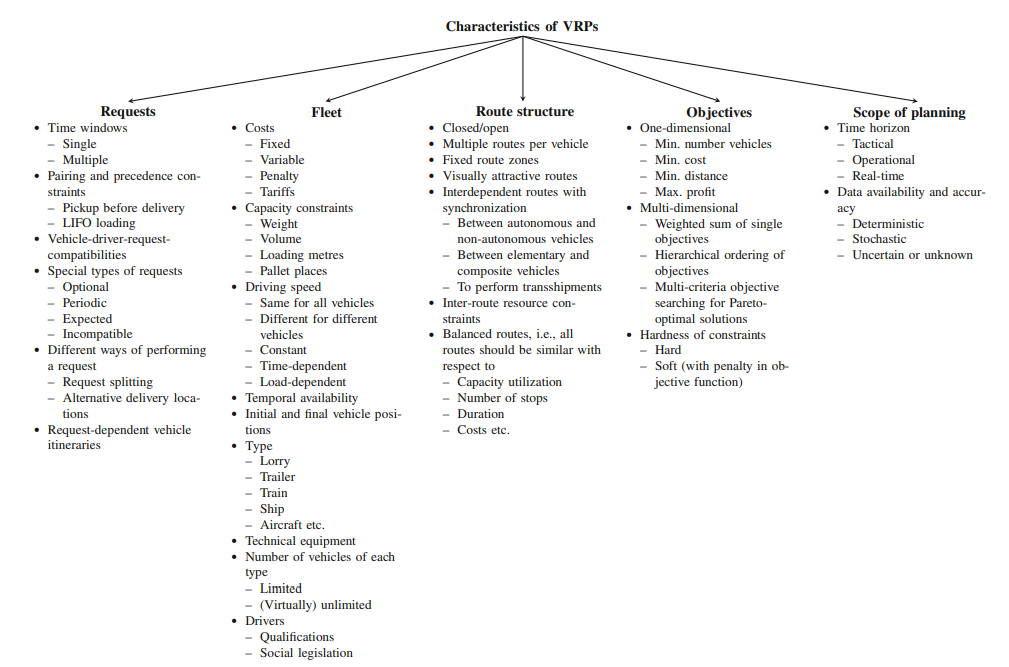
Problem komiwojażera (ang.: Travelling Salesman Problem – TSP) jest jednym z najbardziej znanych problemów optymalizacyjnych. Polega on na znalezieniu jak najkrótszej trasy pozwalającej na odwiedzenie wszystkich określonych miejsc (reprezentowanych przez wierzchołki grafu), pomiędzy którymi odległości są znane. Wprowadzony został on w 1934 przez Hasslera Whitneya,[[20]](#footnote-20) ujęty matematycznie przez Merilla Flooda w 1955 roku[[21]](#footnote-21) [[22]](#footnote-22), a następnie uogólniony pod nazwą Truck Dispatching Problem przez Georga Dantziga i Johna Ramsera poprzez dodanie wymogu powrotu do pozycji startowej po odwiedzeniu określonej liczby lokacji.[[23]](#footnote-23) Udowodniono, że problem TSP jest NP-trudny,[[24]](#footnote-24) przy czym wykazano także, że jego decyzyjna wersja jest także NP-zupełna przez sprowadzenie do problemu grafu hamiltonowskiego, który jest problemem NP-zupełnym.[[25]](#footnote-25)

Już Dantzig i Ramser we wspomnianym wcześniej artykule zauważyli, że problem opisany przez Flooda można rozszerzyć.[[26]](#footnote-26) Z czasem rzeczywiście pojawiało się coraz więcej rozszerzeń, rozmyło się również nazewnictwo.[[27]](#footnote-27) Uogólnienie problemu TSP zaczęło nosić nazwę problemu marszrutyzacji (Vehicle Routing Problem – VRP[[28]](#footnote-28) lub General Routing Problem - GRP[[29]](#footnote-29)). Ich cechą wspólną jest również to, że podobnie jak problem TSP, są problemami NP-trudnymi z wersjami decyzyjnymi NP-zupełnymi.[[30]](#footnote-30) [[31]](#footnote-31) Niezależnie od nazwy, ogólna idea pozostaje ta sama: pojazd (agent) musi odwiedzić wszystkie miejsca (wierzchołki grafu lub krawędzie grafu) w jak najkrótszym czasie (minimalizując funkcję kosztu).

Definicja problemu VRP jest często rozwijana lub modyfikowana w zależności od postawionego zadania, tworząc kolejne odmiany problemu VRP. Do przykładowych odmian można zaliczyć:

* problem VRP z *m* pojazdami,
* problem VRP z *k* różnymi typami pojazdów, każdy w liczebności *mi*, ;
* problem VRP z ograniczoną pojemnością pojazdów;
* problem VRP o różnej wartości kosztu przejścia pomiędzy tymi samymi miejscami, tzn. – wówczas graf reprezentujący problem będzie grafem skierowanym;
* problem VRP z oknami czasowymi;
* problem VRP z wieloma punktami zaopatrzenia.

Powyższa lista nie wyczerpuje listy możliwych modyfikacji problemu VRP. Możliwe jest również łączenie tychże modyfikacji. Jak zauważył M. Drexl, mnogość publikacji na temat problemu VRP wynika z kilka powodów: pierwszy to jego znaczenie dla logistyki (chociaż warto zauważyć, że problemy logistyczne nie dotyczą wyłącznie transportu o CZYM W INNYM ROZDZIALE), drugi to wyzwanie intelektualne, jakie stanowi ten problem.[[32]](#footnote-32) Na RYSUNKU 2 przedstawiono przykładowy podział problemów VRP zaproponowany przez Drexla, ukazując tym samym mnogość możliwych modyfikacji.



Rysunek 2. Odmiany problemu VRP. Źródło: M. Drexl, Rich Vehicle Routing in theory and practice. POPRAWIC TEN podpis

### Postać matematyczna VRP

Będąc świadomym różnych ujęć i rozwinięć problemu VRP Raff zaproponował ogólne ujęcie matematyczne problemu[[33]](#footnote-33), jak poniżej (zastosowano zmiany w oznaczeniach):

Niech graf składa się z V wierzchołków (vertices), A krawędzi oraz macierzy kosztów C, która przyjmujemy, że jest symetryczna, tzn. .

Celem jest minimalizacja funkcji kosztu:

,

pod warunkiem:

gdzie:

– koszt przejazdu z *i­-*tego do *j­*-tego wierzchołka,

– informacja binarna czy przejazd odbywa się przez krawędź łączącą *i*-ty wierzchołek z *j­*-tym (0 – nie odbywa się, 1 – odbywa się),

– liczba przyjazdów do *j*-tego wierzchołka,

– liczba wyjazdów z *i*-tego wierzchołka,

*n* – liczba wierzchołków,

– zbiór możliwych rozwiązań,

– zbiór rozwiązań niedopuszczających do powstania zamkniętych cykli.

Warunek narzucony na zbiór S dotyczy powstawania zamkniętych cykli niepołączonych z punktem startowym. Można go również interpretować jako nakaz wykonania kolejnego kroku startując z miejsca, w którym zakończono poprzedni krok. W zależności od konkretnego problemu VRP może on ulegać istotnym modyfikacjom. Zauważył to m.in. Bektas i zaproponował następującą formułę ogólną[[34]](#footnote-34):

,

która jest równoważna:

gdzie oznacza wszystkie wierzchołki z wyjątkiem tego oznaczającego punkt startowy (tzn. ), a oznacza liczbę dopuszczalnych tras. Powyższe sformułowanie powoduje, że liczba warunków ograniczających rośnie w tempie wykładniczym wraz ze wzrostem liczby wierzchołków.[[35]](#footnote-35) Miller, Tucker i Zemlin zaproponowali sformułowanie tych ograniczeń dla problemu CVRP (Capacited VRP – problem VRP z ograniczoną pojemnością pojazdu – po odwiedzeniu określonej liczby miejsc, agent musi wrócić do punktu startowego uzupełnić zapas), dla którego liczba ograniczeń związanych z zamkniętymi cyklami rośnie w tempie wielomianowym O(, Kulkarni i in. je rozszerzył,[[36]](#footnote-37) a Kara i in. poprawił i przeformułował do postaci dwóch zestawów następujących nierówności[[37]](#footnote-38):

(

()

gdzie:

– numer odwiedzonego wierzchołka – numer nadawany jest przy pierwszym przyjechaniu do wierzchołka, za każdym razem coraz większy. Punkt startowy nigdy nie ma nadawanego numeru.

– maksymalna pojemność pojazdu.

– zapotrzebowanie zgłaszane w i-tym wierzchołku.

Warto zauważyć, że warunki NUMERY TYCH DWOCH NIEROWNOSCI nie obowiązują, gdy pojazd jedzie do punktu startowego, ze względu na *j* dla których obowiązuje ograniczenie. Dla problemu VRP bez ograniczeń związanych z pojemnością pojazdu można przyjąć, że  , oraz .

CZY PISAĆ COŚ o innych sposobach

## Kwantowe i hybrydowe algorytmy optymalizacyjne

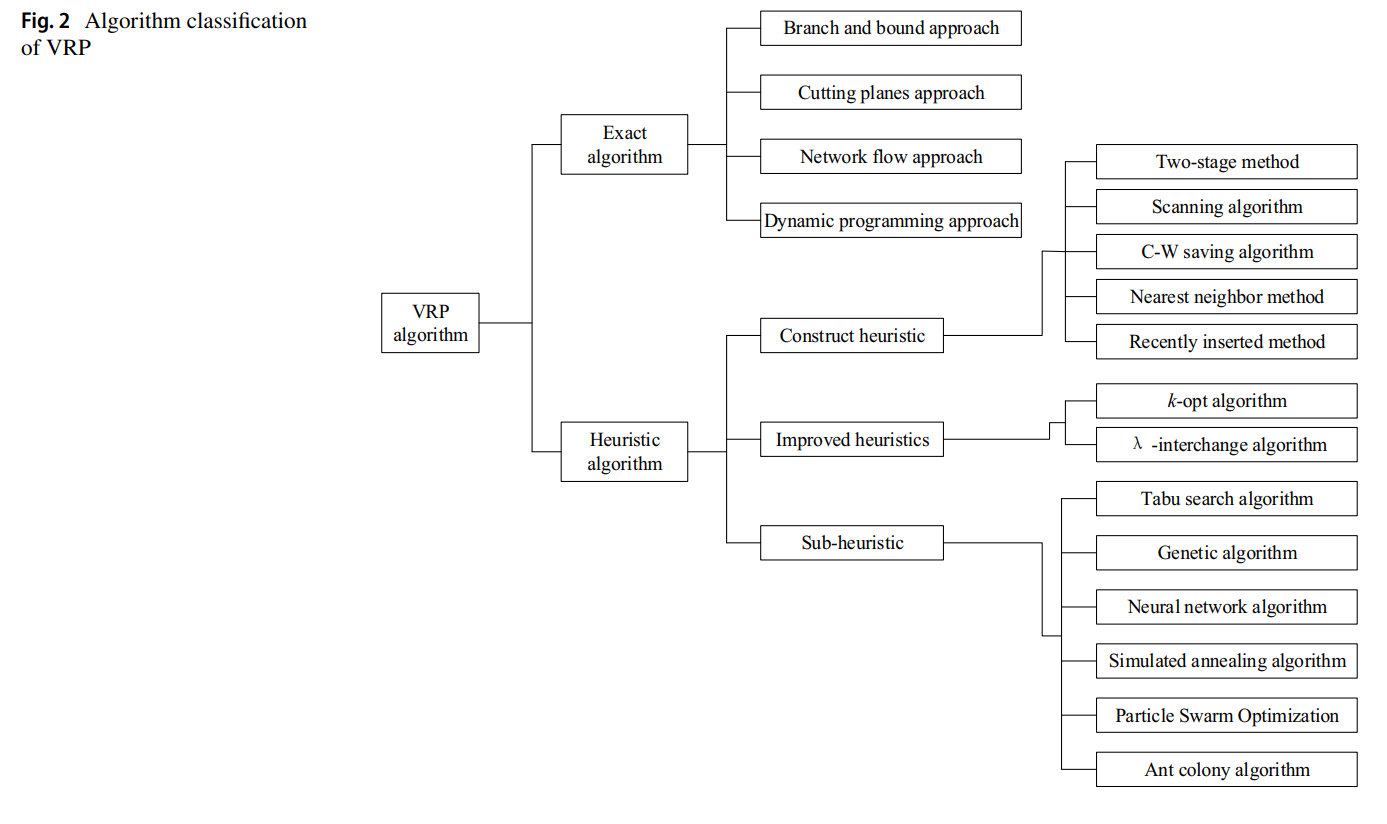
### QAOA

Jednym z algorytmów kwantowych dedykowanych optymalizacji kombinatorycznej jest kwantowy algorytm przybliżonej optymalizacji (Quantum Approximate Optimization Algorithm – QAOA), zaproponowany w 2014 do rozwiązywania problemu max-cut,[[38]](#footnote-39) który podobnie jak problem VRP, jest problemem kombinatorycznym (tzn. dyskretnym, o relatywnie dużej przestrzeni rozwiązań).

## Klasyfikacja algorytmów

### Klasyfikacja ogólna

Do rozwiązywania problemów VRP proponowano jak dotąd różne algorytmy. Grupy algorytmów klasycznych, którymi próbowano rozwiązać ten problem optymalizacyjny zaprezentował H. Zhang i in. w postaci rysunku zaprezentowanego na RYSUNKU NUMER RYSUNKU:



Rysunek 3 H Zhang Review of Vehicle Routing Problems: Models, Classifcation

Analiza matematyczna

Heurystyki

Metaheurystyki

VQE

QA

QAOA

### Co to QML a czym algorytmy optymalizacyjne

### Obliczenia w środowisku hybrydowym

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.[[39]](#footnote-40) Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum: [[40]](#footnote-41)

* lorem ipsum dolor sit amet,
* lorem ipsum dolor sit amet,
* lorem ipsum dolor sit amet,
* lorem ipsum dolor sit amet,
* lorem ipsum dolor sit amet lorem ipsum dolor sit amet lorem ipsum dolor sit amet lorem ipsum dolor sit amet,
* lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

**Podsumowanie**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

# Podejście

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

## Przegląd rozwiązań

### Klasyczne sposoby rozwiązywania problemu marszrutyzacji

### Przykład komercyjny

### QUBO – Paweł i inne podejścia kwantowe, bez formalizacji, tylko podejście i wynik

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum loriem loriem.

Tabela 1. Lorem ipsum dolor sit amet.

|  |  |
| --- | --- |
| **Lorem ipsum** | **Lorem ipsum dolor** |
| Lorem ipsum dolor sit amet | Lorem ipsum dolor sit amet |
| Lorem ipsum dolor sit amet | Lorem ipsum dolor sit amet |
| Lorem ipsum dolor sit amet | Lorem ipsum dolor sit amet |
| Lorem ipsum dolor sit amet | Lorem ipsum dolor sit amet |
| Lorem ipsum dolor sit amet | Lorem ipsum dolor sit amet |
| Lorem ipsum dolor sit amet | Lorem ipsum dolor sit amet |

**Źródło:** M. Trocki, *Metodyki zarządzania projektami*, Biblioteka Project Managera, Warszawa 2011, str. 34.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat.

Tabela 2. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit.

|  |  |
| --- | --- |
| **Lorem ipsum dolor** | **Lorem ipsum dolor** |
| Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit | Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit |
| Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit | Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit |
| Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit | Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit |
| Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit | Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit |

**Źródło:** M. Trocki, *Metodyki zarządzania projektami*, Biblioteka Project Managera, Warszawa 2011, str. 35.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit.

## Algorytmy kwantowe

### Przegląd algorytmów

### Wybór algorytmu

#### Opis algorytmu przez analogię do klasyki

#### Formalizacja algorytmu

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.[[41]](#footnote-42) Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

## Przegląd rynku kwantowego

### Infrastruktura ogólnodostępna

### Software (qiskit)

### Środowiska naukowe i dydaktyczne

### Wyścig państw

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

#### Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore. Duis aute non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id Est dsds sadsdsdsd sdsd sdsdsd sdsdsd sdsdf laborum:[[42]](#footnote-43)

Tabela 3. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit.

|  |  |
| --- | --- |
| Lorem ipsum dolor sit amet | Lorem ipsum dolor sit amet |
| Lorem ipsum dolor sit amet | Lorem ipsum dolor sit amet |
| Lorem ipsum dolor sit amet | Lorem ipsum dolor sit amet |
| Lorem ipsum dolor sit amet | Lorem ipsum dolor sit amet |
| Lorem ipsum dolor sit amet | Lorem ipsum dolor sit amet |

**Źródło:** A. Koszlajda, *Zarządzanie projektami IT*, Gliwice 2010, s.14-17.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

#### Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit

Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet przedstawia poniższy Rysunek 1.

Rysunek 4. Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet.



**Źródła:** J. Trąbka, *Zarządzanie projektem wdrożeniowym systemu klasy ERP – autorska metodyka*, materiał dostępny w wersji elektronicznej pod adresem internetowym: http://kkio2012.agh.edu.pl/presentations/KKIO2012-C1\_3.pdf.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat.

#### Onsectetur adipisicing eli

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum:[[43]](#footnote-44)

1. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit oorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit.
2. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit torem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit rorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit.
3. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit orem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit oorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit orem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt.

#### Aliquip ex ea commod

Lorem ipsum dolor sit amet, c consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua magna aliqua onsectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Utxcepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt.[[44]](#footnote-45) [[45]](#footnote-46)

**Podsumowanie**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

# Implementacja

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia.

## Dane

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt.

## Opis matematyczny

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim.

### Sformułowanie matematyczne a potem w QUBO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

### Sformułowanie algorytmem kwantowym (obwód?)

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

## Analiza porównawcza

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id.

#### 

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Rysunek 5. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur.

**Źródło:** Opracowanie własne.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est.

#### Abcc ccsscssc sdsdza

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

#### Kdsjdjs adsdfs dfsdfh

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia.[[46]](#footnote-47) [[47]](#footnote-48)

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

#### Loriem lori trinume trie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariaturLorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariaturLorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

## Loriem loriem loriem loriem loriem loriem loriem loriem loriem

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

#### Duis duis duis duis

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.[[48]](#footnote-49) Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. [[49]](#footnote-50)

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariaturLorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

Zakończenie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

LITERATURA

**Książki**

1. Bradley K., *Podstawy metodyki PRINCE 2*, Warszawa 2002.
2. Bukowski M., *Korzyści z wdrożenia metodyki PRINCE2 w wybranej jednostce administracji publicznej*, op. naukowy dr inż. W. Dąbrowski, Warszawa, czerwiec 20.
3. Flasiński M., *Zarządzanie projektami informatycznymi,* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.
4. Frączkowski K., *Zarządzanie projektem informatycznym. Projekty w środowisku wirtualnym. Czynniki sukcesu i niepowodzeń projektów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003, s.125-126.
5. Gunia G., *Implementacja zintegrowanych systemów informatycznych w małych i średnich przedsiębiorstwach*, „Zarządzanie Przedsiębiorstwem”, 2009.
6. Gunia G., *Wdrażanie zintegrowanych systemów informatycznych,* Wydawnictwo Fundacji Centrum Nowych Technologii, Bielsko Biała 2009.
7. Januszewski A., *Funkcjonalność informatycznych systemów zarządzania. Tom 1*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.
8. Kisielnicki J., *Zintegrowane systemy informatyczne, dobre praktyki wdrożeń systemów klasy ERP*, Wydawnictwo Naukowe PWN
9. Kisielnicki J., *Systemy informacyjne biznesu,* Placet, Warszawa 1999.
10. Koszlajda A.*, Zarządzanie projektami IT*, Gliwice 2010.
11. Lech P., Zintegrowane Systemy Zarządzania ERP/ERP2. *Wykorzystanie w biznesie wdrażanie,* Difin, Warszawa 2003.
12. Miłosz M. (red.), *Wdrażanie i eksploatacja systemów informatycznych. Wybrane problemy,* Polskie Towarzystwo Informatyczne, Lublin 2002.
13. Office of Government Commerce, *Skuteczne zarządzanie projektami PRINCE2*, London: TSO, wydanie 2005.
14. Rokicka-Broniatowska A., *Wstęp do informatyki gospodarczej*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2006.
15. Stefanowicz B., *Informacyjne systemy zarządzania. Przewodnik,* Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 2007.
16. Szyjewski Z., *Metodyki zarządzania projektami informatycznymi,* PLACET, Warszawa 2004.
17. Trocki M., *Metodyki zarządzania projektami*, Biblioteka Project Managera, Warszawa 2011.
18. Waćkowski K., Chmielewski J., *Wspomaganie zarządzania projektami informatycznymi. Poradnik dla menadżera*, Helion, Gliwice 2007.

**Artykuły i studia**

1. Dębowski L.,*ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICE’ 2006*, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej Nr 22
2. IE. 1991. Competition in manufacturing leads to MRP II. 23 (July) 10-13
3. WJ Hopp, ML Spearman Commissioned Paper To Pull or Not to Pull: What Is the Question, Manufacturing & Service Operations Management, 2004

**Strony internetowe**

1. Poksiński P., *PRINCE2*, materiał dostępny w wersji elektronicznej pod adresem internetowym: http://www.poksinski.com/pdf\_files/PRINCE2.pdf [18-09-2012]
2. *Słownik APICS*, http://www.apics.org/dictionary/dictionary-information?ID=2399 [4-01-2013]
3. Schmidt P., *PRINCE2 i techniki planowania*, materiał dostępny w wersji elektronicznej pod adresem internetowym: http://ww.4pm.pl/artykul/prince2\_i\_techniki\_planowania-56-1247.html [17-10-2012]
4. *Cloud Computing*, materiał zaczerpnięty ze strony internetowej: http://www.it.integro.pl/pl/aplikacje-w-chmurze-cloud-computing [4-01-2013]
5. Trąbka J., *Zarządzanie projektem wdrożeniowym systemu klasy ERP – autorska metodyka*, materiał dostępny w wersji elektronicznej pod adresem internetowym: http://kkio2012.agh.edu.pl/presentations/KKIO2012-C1\_3.pdf [10-11-2012]
6. *Skuteczne wdrożenia systemu ERP dzięki metodyce Microsoft Sure Step;* http://www.it.integro.pl/pl/metodyka-wdrozeniowa. [28-09-2012]
7. *Nasza metodyka na wdrożenie ERP w twojej firmie;* http://www.profidata.com.pl/erp/metodyka-pit-stop.html. [28-09-2012]
8. *Manifesto for Agile Software Development*; Cytat ze strony http://www.agilemanifesto.org/ [10-10-2012]
9. *Metodyka wdrożenia QlikView- Business Intelligence;* , http://www.businessintelligence.pl/pl/metodyka-wdrozenia. [28-09-2012]
10. *QlikView przełamuje bariery rynku – Business Intelligence;* http://www.businessintelligence.pl/pl/a/QlikView-przelamuje-bariery-rynku [11-10-2012]
11. *ERP- centrum wiedzy o systemach ERP na decyzje-IT.pl;* http://decyzje-it.pl/centrum-wiedzy/erp.html [10-10-2012]
12. *The history of Prince2- Project Smart*; http://www.projectsmart.co.uk/history-of-prince2.html [18-09-2012]
13. *Oracle- Hardware and Software, Enginnered to work together*; http://www.oracle.com/index.html [23-09-2012]
14. CRP for Oracle R12- Welcom to Oracle ERP http://www.oracleerp4u.com/2010/06/crp-for-oracle-r12.html [189-10-2012]
15. *Przykłady zastosowań technologii RFID w magazynach* http://rfid-lab.pl/przyklady-zastosowan-technologii-rfid-w-magazynach [07-01-2013]

Spis tabel

[Tabela 1. Lorem ipsum dolor sit amet 25](#_Toc355852181)

[Tabela 2. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit 26](#_Toc355852182)

Spis rysunków

[Rysunek 1. Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet 29](#_Toc355852186)

[Rysunek 2. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur 34](#_Toc355852187)

Streszczenie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Summary

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

1. Richard P. Feynman, „Simulating Physics with Computers”, *International Journal of Theoretical Physics* 21, nr 6 (1 czerwiec 1982): 467–69, 476–77, https://doi.org/10.1007/BF02650179. [↑](#footnote-ref-1)
2. Paul Benioff, „The Computer as a Physical System: A Microscopic Quantum Mechanical Hamiltonian Model of Computers as Represented by Turing Machines”, *Journal of Statistical Physics* 22, nr 5 (maj 1980): 563–91, https://doi.org/10.1007/BF01011339. [↑](#footnote-ref-2)
3. Jack D. Hidary, „A Brief History of Quantum Computing”, *Quantum Computing: An Applied Approach*, 2019, 11–12, https://doi.org/10.1007/978-3-030-23922-0\_2. [↑](#footnote-ref-3)
4. Thomas G Wong, *Introduction to Classical and Quantum Computing*, 2022, 6–7. [↑](#footnote-ref-4)
5. Michael A. Nielsen i Isaac L. Chuang, „Quantum Computation and Quantum Information: 10th Anniversary Edition”, Higher Education from Cambridge University Press (Cambridge University Press, 9 grudzień 2010), 13, https://doi.org/10.1017/CBO9780511976667. [↑](#footnote-ref-5)
6. Marius Nagy, „Quantum computation and quantum information”, *IJPEDS* 21 (1 luty 2006): 5, https://doi.org/10.1080/17445760500355678. [↑](#footnote-ref-6)
7. P. A. M. Dirac, „A New Notation for Quantum Mechanics”, *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 35, nr 3 (lipiec 1939): 416–18, https://doi.org/10.1017/S0305004100021162. [↑](#footnote-ref-7)
8. Nielsen i Chuang, „Quantum Computation and Quantum Information”, 13. [↑](#footnote-ref-8)
9. Wong, *Introduction to Classical and Quantum Computing*, 115. [↑](#footnote-ref-9)
10. Nielsen i Chuang, „Quantum Computation and Quantum Information”, 13. [↑](#footnote-ref-10)
11. Wong, *Introduction to Classical and Quantum Computing*, 91-3. [↑](#footnote-ref-11)
12. Wong, 76. [↑](#footnote-ref-12)
13. Nielsen i Chuang, „Quantum Computation and Quantum Information”, 13–14. [↑](#footnote-ref-13)
14. Wong, *Introduction to Classical and Quantum Computing*, 190. [↑](#footnote-ref-14)
15. Nielsen i Chuang, „Quantum Computation and Quantum Information”, 278, 353–94. [↑](#footnote-ref-15)
16. Nielsen i Chuang, 13–14. [↑](#footnote-ref-16)
17. Wong, *Introduction to Classical and Quantum Computing*, 237–51. [↑](#footnote-ref-17)
18. Wong, 11–15. [↑](#footnote-ref-18)
19. Nielsen i Chuang, „Quantum Computation and Quantum Information”, 98–110. [↑](#footnote-ref-19)
20. Merrill M. Flood, „The Traveling-Salesman Problem”, *Operations Research* 4, nr 1 (1956): 61. [↑](#footnote-ref-20)
21. Flood, „The Traveling-Salesman Problem”. [↑](#footnote-ref-21)
22. G. B. Dantzig i J. H. Ramser, „The Truck Dispatching Problem”, *Management Science* 6, nr 1 (październik 1959): 80–81, https://doi.org/10.1287/mnsc.6.1.80. [↑](#footnote-ref-22)
23. Dantzig i Ramser, „The Truck Dispatching Problem”. [↑](#footnote-ref-23)
24. Vaughan R. Pratt, „An n Log n Algorithm to Distribute n Records Optimally in a Sequential Access File”, w *Complexity of Computer Computations: Proceedings of a Symposium on the Complexity of Computer Computations, Held March 20–22, 1972, at the IBM Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, New York, and Sponsored by the Office of Naval Research, Mathematics Program, IBM World Trade Corporation, and the IBM Research Mathematical Sciences Department*, red. Raymond E. Miller, James W. Thatcher, i Jean D. Bohlinger, The IBM Research Symposia Series (Boston, MA: Springer US, 1972), 112–18, https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2001-2\_11. [↑](#footnote-ref-24)
25. Richard M. Karp, „Reducibility among Combinatorial Problems”, w *Complexity of Computer Computations: Proceedings of a Symposium on the Complexity of Computer Computations, Held March 20–22, 1972, at the IBM Thomas J. Watson Research Center, Yorktown Heights, New York, and Sponsored by the Office of Naval Research, Mathematics Program, IBM World Trade Corporation, and the IBM Research Mathematical Sciences Department*, red. Raymond E. Miller, James W. Thatcher, i Jean D. Bohlinger, The IBM Research Symposia Series (Boston, MA: Springer US, 1972), 94, https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2001-2\_9. [↑](#footnote-ref-25)
26. Dantzig i Ramser, „The Truck Dispatching Problem”, 81. [↑](#footnote-ref-26)
27. C. S. Orloff, „A Fundamental Problem in Vehicle Routing”, *Networks* 4, nr 1 (1974): 35–36, https://doi.org/10.1002/net.3230040105. [↑](#footnote-ref-27)
28. J. K. Lenstra i A. H. G. Rinnooy Kan, „Complexity of Vehicle Routing and Scheduling Problems”, *Networks* 11, nr 2 (1981): 221–27, https://doi.org/10.1002/net.3230110211. [↑](#footnote-ref-28)
29. Orloff, „A Fundamental Problem in Vehicle Routing”. [↑](#footnote-ref-29)
30. Karp, „Reducibility among Combinatorial Problems”. [↑](#footnote-ref-30)
31. Lenstra i Kan, „Complexity of Vehicle Routing and Scheduling Problems”, 223. [↑](#footnote-ref-31)
32. Michael Drexl, „Rich Vehicle Routing in Theory and Practice”, *Logistics Research* 5, nr 1 (1 sierpień 2012): 47, https://doi.org/10.1007/s12159-012-0080-2. [↑](#footnote-ref-32)
33. Samuel Raff, „Routing and Scheduling of Vehicles and Crews: The State of the Art”, *Computers & Operations Research*, Routing and Scheduling of Vehicles and Crews. The State of the Art, 10, nr 2 (1 styczeń 1983): 83–86, https://doi.org/10.1016/0305-0548(83)90030-8. [↑](#footnote-ref-33)
34. Tolga Bektas, „The Multiple Traveling Salesman Problem: An Overview of Formulations and Solution Procedures”, *Omega* 34, nr 3 (1 czerwiec 2006): 212–13, https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.10.004. [↑](#footnote-ref-34)
35. Bektas, 212–13. [↑](#footnote-ref-35)
36. R. V. Kulkarni i P. R. Bhave, „Integer Programming Formulations of Vehicle Routing Problems”, *European Journal of Operational Research* 20, nr 1 (1 kwiecień 1985): 58–67, https://doi.org/10.1016/0377-2217(85)90284-X. [↑](#footnote-ref-37)
37. Imdat Kara, Gilbert Laporte, i Tolga Bektas, „A Note on the Lifted Miller–Tucker–Zemlin Subtour Elimination Constraints for the Capacitated Vehicle Routing Problem”, *European Journal of Operational Research* 158, nr 3 (1 listopad 2004): 793–95, https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00377-1. [↑](#footnote-ref-38)
38. Edward Farhi, Jeffrey Goldstone, i Sam Gutmann, „A Quantum Approximate Optimization Algorithm” (arXiv, 14 listopad 2014), http://arxiv.org/abs/1411.4028. [↑](#footnote-ref-39)
39. P. Lech *, Zintegrowane Systemy Zarządzania ERP/ERP2.* *Wykorzystanie w biznesie wdrażanie,* Difin, Warszawa 2003, str. 12. [↑](#footnote-ref-40)
40. A. Januszewski, *Funkcjonalność informatycznych systemów zarządzania. Tom 1*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, str. 180. [↑](#footnote-ref-41)
41. Zob. K. Frączkowski, *Zarządzanie projektem informatycznym. Projekty w środowisku wirtualnym. Czynniki sukcesu i niepowodzeń projektów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2003, s.125-126. [↑](#footnote-ref-42)
42. M. Trocki, *Metodyki zarządzania projektami*, Biblioteka Project Managera, Warszawa 2011, str. 54-60 [↑](#footnote-ref-43)
43. *Skuteczne wdrożenia systemu ERP Sure Step;* http://www.it.integro.pl/. [28-09-2012]. [↑](#footnote-ref-44)
44. M. Trocki, *Metodyki zarządzania projektam, op. cit.*str. 189-196. [↑](#footnote-ref-45)
45. *QlikView przełamuje bariery rynku,* strona internetowa:http://www.businessintelligence.pl/pl/a/QlikView-przelamuje-bariery-rynku [11-10-2012]. [↑](#footnote-ref-46)
46. CRP for Oracle R12- Welcom to Oracle ERP http://www.oracleerp4u.com/2010/06/crp-for-oracle-r12.html [189-10-2012]. [↑](#footnote-ref-47)
47. Dokumenty Oracle dostarczone przez firmę wdrożeniową. [↑](#footnote-ref-48)
48. L. Dębowski,*ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICE’ 2006*, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej Nr 22. [↑](#footnote-ref-49)
49. *Przykłady zastosowań technologii RFID w magazynach* http://rfid-lab.pl/przyklady-zastosowan-technologii-rfid-w-magazynach [07-01-2013]. [↑](#footnote-ref-50)