

2. Швець Х. І., Потапова Н. А. Уточнення наближених розв'язків методом простої ітерації. *Прикладні інформаційні технології*: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів, аспірантів та молодих вчених (м. Вінниця, 22 квітня 2022 р.). Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2022. С. 44–46. URL: <https://jait.donnu.edu.ua/article/view/12252>

3. Павлов Д. Л., Потапова Н. А. Використання методу дихотомії для розв'язку прикладних задач. *Прикладні інформаційні технології*: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів, аспірантів та молодих вчених (м. Вінниця, 22 квітня 2022 р.). Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса, 2022. С. 26–28. URL: <https://jait.donnu.edu.ua/article/view/12244>

УДК 530.145(075.8)

*Діброва І. С., здобувач 2 курсу
спеціальності 122 Комп'ютерні науки,
науковий керівник:*

*Потапова Н. А., канд. екон. наук,
доцент, доцент кафедри
інформаційних технологій*

КВАНТОВІ ОБЧИСЛЕННЯ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Не відстаючи від швидкого розвитку технологій і науки, зростає попит на більш досконалі обчислювальні системи. Традиційні комп'ютери досягли своїх обмежень, коли справа доходить до вирішення складних завдань, що вимагає дослідження нових підходів до обчислень. Квантові обчислення пропонують багатобіццальне рішення, яке використовує принципи квантової механіки для вирішення цільових проблем з більшою швидкістю та ефективністю [1].

Одним з основних завдань квантових обчислень є розробка та реалізація алгоритмів і технологій, які використовують квантові властивості матеріалів для вирішення обчислювальних завдань, складних для вирішення традиційними комп'ютерами. Це включає пошук нових квантових алгоритмів, розробку квантового апаратного забезпечення та дослідження можливості застосування квантових обчислень у різних галузях науки й техніки, від криптографії до матеріалознавства [2].

Квантові комп'ютери відрізняються від традиційних транзисторних комп'ютерів тим, що тоді, коли класичні комп'ютери працюють з використанням даних, закодованих у двійкових числах (бітах), коли квантовий комп'ютер використовує кванти, кожне число завжди знаходиться в одному з двох станів (0 або 1). Біти (кубіти) можуть перебувати в суперпозиції станів.

Теоретично квантові комп'ютери здатні вирішувати певні проблеми швидше, ніж класичні комп'ютери, як-от факторизація цілих чисел або проблема ефективного моделювання квантових систем багатьох тіл. Існує багато квантових алгоритмів, як-от алгоритм Шора, алгоритм Саймона та інші, які виконуються за набагато менший час, ніж будь-який класичний імовірнісний алгоритм [3].

У класичних комп'ютерах для обробки інформації використовуються основні двійкові цифри (біти). Фізична реалізація цього біта базується на принципі, що електричний потенціал може бути вищим за певний рівень (який відповідав би значенню біта 1) або нижчим (0).

У квантових комп'ютерах інформація також зазвичай представлена за допомогою двійкових елементів. У якості такого елемента використовується фізична система з двома можливими станами, яка описується у квантовій механіці двовимірним комплексним простором.

Для геометричного представлення квантового простору прийнято використовувати сферу Блоха [4] (рис. 1).

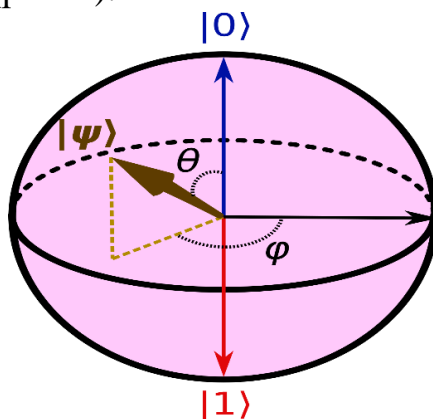


Рис. 1. Сфера Блоха для представлення квантового простору

Сфера Блоха є одиничною двовимірною сферою, кожна пара діаметрально протилежних точок якої відповідають взаємно ортогональним векторам стану. Зокрема, північний і південний полюси сфери Блоха вважаються такими, що відповідають базисним векторам $|0\rangle$ та $|1\rangle$, які можуть відповідати, наприклад, двом спіновим станам електрона («спін вгору» та «спін вниз»).

До того ж з квантової механіки відомо, що повна ймовірність має дорівнювати одиниці, тому на компоненти накладається умова нормування.

Актуальним напрямом для відкриття нових можливостей розв'язання складних завдань є застосування квантових обчислень у програмуванні. Одним із ключових аспектів програмування квантових обчислень є використання квантових алгоритмів. Ці алгоритми відрізняються від класичних тим, що вони використовують квантові біти (або кубіти) замість класичних бітів.

Квантові обчислення в програмуванні можуть бути використані для розв'язання різних завдань, від криптографічних до оптимізаційних. Наприклад, алгоритм Шора використовується для факторизації великих чисел, що є важливим завданням у криптографії. Алгоритм Гровера може бути використаний для швидкого пошуку в базах даних.

Щоб використовувати квантові обчислення, програмісти зазвичай використовують спеціалізовані мови програмування, як-от Q# (розроблена Microsoft для роботи з квантовими обчисленнями) або Qirreg. Ці мови мають спеціальні конструкції для роботи з квантовими об'єктами та алгоритмами.

Ще однією важливою характеристикою квантових обчислень є принцип суперпозиції. У класичних обчисленнях біт може знаходитися у стані 0 або 1, але у

квантових обчисленнях кубіт може перебувати у суперпозиції обох станів одночасно, з деякою ймовірністю кожного стану. Це дає можливість використовувати квантові обчислення для паралельної обробки даних.

Одним із ключових принципів, на яких базуються квантові обчислення, є принцип квантової переплетеності. Квантова переплетеність означає, що стани двох або більше кубітів можуть бути сполучені так, що стан кожного кубіта залежить від станів інших кубітів. Це дає змогу кубітам утворювати взаємозалежні стани, що використовується для створення складних обчислювальних структур. Принцип квантової переплетеності можна виразити математично за допомогою тензорного добутку. Якщо ми маємо два кубіти $|\psi_1\rangle$ та $|\psi_2\rangle$, які перебувають у станах $|\psi_1\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$ та $|\psi_2\rangle = \gamma|0\rangle + \delta|1\rangle$ відповідно, то їх квантовий стан, що переплетений, можна записати так:

$$|\Psi\rangle = \alpha\gamma|00\rangle + \alpha\delta|01\rangle + \beta\gamma|10\rangle + \beta\delta|11\rangle \quad (1)$$

Фундаментальним математичним інструментом для аналізу квантових обчислень є квантова механіка. Квантова механіка надає математичні засоби для опису станів квантових систем, їх еволюції у часі та вимірювання. Основною структурою для опису квантових систем є квантовий стан, який може бути представлений у вигляді вектора у гільбертовому просторі.

Для опису еволюції квантових систем використовуються унітарні оператори, які забезпечують лінійне та обернене перетворення квантових станів. Унітарні оператори відіграють ключову роль у реалізації квантових вентилів, які є основними будівельними блоками квантових алгоритмів.

За допомогою цих математичних концепцій та квантових вентилів можна будувати складні квантові обчислювальні схеми для розв'язання різноманітних завдань. У подальших дослідженнях буде важливо дослідити ефективні методи синтезу та оптимізації квантових алгоритмів для різних застосувань у програмуванні.

Список використаних джерел

1. Вакарчук І. О. Квантова механіка. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. 872 с.
2. Ткачук В. М. Фундаментальні проблеми квантової механіки. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2021. 144 с.
3. Simon D. R. On the power of quantum computation. Foundations of Computer Science, 2004 Proceedings., 35th Annual Symposium. P. 116–123.