

Е.У. СЕРДАЛИЕВ¹, А.С. БАЙМАХАНОВА²

¹Магистр оқытушы,

¹ Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: erlan.serdaliev@ayu.edu.kz

² Магистр оқытушы,

² Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті (Қазақстан, Түркістан қ.), e-mail: aygerim.baymakhanova@ayu.edu.kz

ҚАЗІРГІ ЕСЕПТЕУЛЕРДЕГІ КВАНТТЫҚ ЖӘНЕ КЛАССИКАЛЫҚ АЛГОРИТМДЕРДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Аңдатпа: Бұл мақала есептеу саласындағы кванттық және классикалық алгоритмдерге шолу және салыстырмалы талдау болып табылады. Қазіргі заманда бүкіл әлемде жоғары технологиялар даму кезеңі жүріп жатыр. Осы заманда адамзат өз алдына қойған мақсаттарды тек адам миын қолдана ғана қоймай оған қоса машинаның ойлау қасиеттерін қолдануды іске асыру аса тиімді болып тұр. Жасанды интеллект пен машиналық оқыту салалары аса қарқынды дамуда, ол оған дейін тек адам прерогативасы болып саналған тапсырмаларды шешуге мүмкіндік береді. Классикалық тәсіл үшін тізімді алдын-ала реттеу үшін жылдам сұрыптау қолданылады, содан кейін мақсатты элемент ізделеді. Кванттық тәсіл үшін реттелмеген тізімдегі элементті жылдам іздеу үшін кванттық есептеулердің артықшылықтарын пайдаланатын Гровер алгоритмі қолданылады. Салыстыру нәтижелері әр алгоритмнің орындалу уақытын және табылған элементтерді қамтиды. Бұл жұмыс іздеу есептерін шешуде кванттық алгоритмдердің әлеуетін көрсетеді және классикалық және кванттық әдістерді салыстырудың практикалық мысалын ұсынады. Машиналық оқыту – өндірістегі және басқа да салалардағы процестерді оптимизациялау мен автоматтандырудың басты жолы болып табылады. Кванттық компьютерлерде атқарылатын кванттық есептеулер мен оның жеке жағдайы «кванттық машиналық оқыту» нағыз болашақ технологиясы болып табылады. Алайда бүкіл артықшылықтарына қарамастан бұл технологиялар қазіргі таңда нашар зерттелген болып табылады. Әдеби шолу, гипотезаларды тұжырымдау, бағдарламалау әдістерін қолдану және эксперименттер жүргізу негізінде зерттеу алгоритмдердің әр түрінің көптеген есептерге қолданылуына жаңа түсініктер береді. Нәтижелер жоғары мамандандырылған есептердегі кванттық алгоритмдердің бірегей артықшылықтарын, технологиялық қоңырауларға байланысты оларды пайдаланудағы шектеулерді көрсетеді және есептеудің болашағы ретінде гибридті тәсілді ұсынады.

Кілттік сөздер: Машиналық оқыту, кванттық алгоритмдер, классикалық алгоритмдер, есептеу технологиялары, гибридті есептеу, факторизация, іздеу, оңтайландыру, технологиялық шектеулер, есептеудің болашағы.

Е.У. Сердалиев¹, А.С. Баймаханова²

¹Магистр преподаватель,

¹ Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави (Казахстан, г. Туркестан), e-mail: erlan.serdaliev@ayu.edu.kz

² Магистр преподаватель,

² Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави (Казахстан, г. Туркестан), e-mail: aygerim.baymakhanova@ayu.edu.kz

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КВАНТОВЫХ И КЛАССИЧЕСКИХ

АЛГОРИТМОВ В СОВРЕМЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ

Аннотация: Данная статья представляет собой обзор и сравнительный анализ квантовых и классических алгоритмов в области вычислений. В современном мире идет этап развития высоких технологий. В настоящее время наиболее эффективно реализовать поставленные человечеством цели не только с помощью человеческого мозга, но и с помощью свойств мышления машины. Особенно интенсивно развиваются области искусственного интеллекта и машинного обучения, которые позволяют решать задачи, которые до этого считались только прерогативой человека. Для классического подхода используется быстрая сортировка для предварительной упорядоченности списка, а затем осуществляется поиск целевого элемента. Для квантового подхода применяется алгоритм Гровера, который использует преимущества квантовых вычислений для быстрого поиска элемента в неупорядоченном списке. Результаты сравнения включают в себя время выполнения каждого алгоритма и найденные элементы. Эта работа демонстрирует потенциал квантовых алгоритмов в решении задач поиска и предоставляет практический пример сравнения классических и квантовых методов. Машинное обучение является основным способом оптимизации и автоматизации процессов в промышленности и других отраслях. Квантовые вычисления, выполняемые на квантовых компьютерах, и их собственный случай «обучение квантовым машинам» являются настоящей технологией будущего. Однако, несмотря на все преимущества, эти технологии в настоящее время плохо изучены. Исследование, основанное на обзоре литературы, формулировании гипотез, использовании методов программирования и проведении экспериментов, дает новое понимание применения различных типов алгоритмов к различным задачам. Результаты подчеркивают уникальные преимущества квантовых алгоритмов в узкоспециализированных задачах, ограничения на их использование из-за технологических вызовов и предлагают гибридный подход как будущее вычислений.

Ключевые слова: машинное обучение, квантовые алгоритмы, классические алгоритмы, вычислительные технологии, гибридные вычисления, факторизация, поиск, оптимизация, технологические ограничения, будущее вычислений.

Y.U. Serdaliyev¹, A.S. Baimakhanova²

¹*Master teacher,*

¹*Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Kazakhstan, Turkistan),*

e-mail: erlan.serdaliyev@ayu.edu.kz

²*Master teacher,*

²*Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University (Kazakhstan, Turkistan),*

e-mail: aygerim.baymakhanova@ayu.edu.kz

COMPARATIVE ANALYSIS OF QUANTUM AND CLASSICAL ALGORITHMS IN MODERN COMPUTING

Abstract: This article is an overview and comparative analysis of quantum and classical algorithms in the field of computing. In the modern world, there is a period of development of high technologies. In this age, it is very effective to realize the goals that humanity has set for itself, not only using the human brain, but also using the thinking properties of the machine. The areas of artificial intelligence and machine learning are developing very rapidly, which allows you to solve tasks that were previously considered exclusively human prerogative. For the classical approach, a quick sort is used to preorder the list, and then the target element is searched. The quantum approach uses Grover's algorithm, which takes advantage of quantum computing to quickly find an item in an unordered list. The comparison results include the execution time of each algorithm and the elements found. This work demonstrates the potential of quantum algorithms in solving search

problems and provides a practical example of comparing classical and quantum methods. Machine learning is the main way to optimize and automate processes in production and other industries. quantum computing performed on quantum computers and its own state «quantum machine learning» is the technology of the future. However, despite all the advantages, these technologies are currently poorly studied. Based on a literature review, the formulation of hypotheses, the use of programming methods and the conduct of experiments, the study provides new insights into the application of different types of algorithms to different problems. The results highlight the unique advantages of quantum algorithms in highly specialized problems, the limitations in their use due to technological calls, and suggest a hybrid approach as the future of computing.

Key words: machine learning, quantum algorithms, classical algorithms, computing technologies, hybrid computing, factorization, search, optimization, technological constraints, the future of computing.

Кіріспе

Соңғы онжылдықтарда кванттық және классикалық есептеулердің соқтығысуы Ақпараттық технологиялар саласындағы негізгі бағытқа айналды. Кванттық механика принциптеріне негізделген кванттық алгоритмдер деректерді өңдеу мен күрделі есептерді шешудегі революцияның әлеуетін білдіреді. Биттік модельге негізделген классикалық алгоритмдер ұзақ уақыт бойы есептеу жүйелеріне негіз болған кезде, осы тәсілдердің қайсысы тиімдірек және жан-жақты екендігі туралы мәселе өзекті болып отыр.

Бұл мақаланың мақсаты-әдебиеттерге шолу жасау, зерттеу гипотезаларын салыстыру, бағдарламалаудың әртүрлі әдістерін қолдану, сонымен қатар кванттық және классикалық алгоритмдердің қолданылуы мен шектеулерін толық түсіну үшін эксперименттік нәтижелерді талдау. Нильсен мен Чуанның «Quantum Computation and Quantum Information» және Cormen et al компаниясының «Introduction to Algorithms» сияқты жұмыстарға қатысу біз факторизация, іздеу, оңтайландыру және машиналық оқыту сияқты негізгі салаларға назар аударамыз.

Кванттық компьютерлер классикалық компьютерлер сәтсіздікке ұшыраған жерлерде өте жылдам есептеулер жүргізуге қабілетті. Бұл тәсілдерді салыстырмалы талдау жаңа түсініктер береді және кванттық және классикалық әдістерді біріктіру тиімдірек есептеу жүйелерін құрудың негізгі факторы болуы мүмкін есептеулердің болашағын талқылаудың бастапқы нүктесі болады [1].

Кванттық алгоритмдер мен классикалық алгоритмдер туралы әдебиеттерге қысқаша шолу. Кванттық машиналық оқытудың қазіргі әлемдегі рөлі мен оның мүмкіндіктерін зерттеу, кванттық тірек векторлар методын қолданып бинарлы классификация есептерін зерттеу және оның кванттық компьютерде атқарылатын реализациясын құру. Оның классикалық нұсқасынан айырмашылығын зерттеу. Кванттық алгоритмдер саласындағы заманауи әдебиеттер және оларды классиктермен салыстыру болашақ есептеу дамуының болашағына құнды түсініктер береді. Зерттеушілер күрделі есептерді шешудің жаңа әдістерін іздеуде белсенді, ал классикалық және кванттық алгоритмдер арасындағы қарама-қайшылық Ақпараттық технологиялар саласындағы негізгі бағытқа айналады [2].

Кванттық компьютерлер кванттық механика принциптерін қолдана отырып, қарқынды есептеу есептерін шығару үшін классикалық суперкомпьютерлерден асып түседі деп күтілуде. Кванттық механиканың ерекшеліктеріне негізделген кванттық алгоритмдер классикалық компьютерлер үшін бұрын есептеу мүмкін емес болып көрінген мәселелерді шешуге есік ашады. Кванттық суперпозиция мен шатасу принциптерін қолдану оларға бірқатар есептердегі классикалық алгоритмдерден озуға мүмкіндік береді [3].

Тәсілдерді салыстырмалы талдау кванттық есептеу теориясына егжей-тегжейлі кіріспе беретін Майкл Нильсен мен Исаак Чуанның «Quantum Computation and Quantum Information»

сияқты бірқатар іргелі зерттеулерден басталады. Бұл жұмыс кванттық технологияларды оқыту мен зерттеуде өзіндік стандартқа айналды [4]. Екінші жағынан, классикалық Алгоритмдер Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest және Clifford Stein сияқты авторлардың «Алгоритмдерге кіріспе» кітабында мұқият зерттелген. Бұл анықтамалық классикалық компьютерлердегі есептерді шешу әдістерін үйренудің классикалық көзі болып табылады [5].

Алайда, кванттық технологиялардың дамуымен кванттық алгоритмдер туралы әдебиеттер барған сайын белсенді және динамикалық бола бастады. Жылдам іздеу үшін Гровер алгоритмін жасаушы Lov Grover немесе үлкен сандарды факторизациялау алгоритмін жасаушы Peter Shor сияқты авторлардың жұмыстары осы салада негіз болған [6].

Әдебиеттерді салыстырмалы талдау тәсілдердегі айырмашылықтарды ғана емес, сонымен қатар кванттық және классикалық әдістерді біріктірудің маңыздылығын көрсетеді. Alexei Yu ұсынған «классикалық және кванттық есептеу» сияқты жұмыстар [7]. Kitaev және Cristopher Moore-дің «The nature of Computation» әртүрлі тапсырмаларды шешуде оңтайлы нәтижелерге қол жеткізу үшін осы екі тәсілді біріктіру перспективаларын көрсетеді [8].

Әдебиеттерге шолу есептеу ғылымдарына жаңа мүмкіндіктер мен қиындықтар әкелетін екі саланың да үздіксіз дамуына баса назар аударады. Кванттық алгоритмдердің барлық жетістіктеріне қарамастан, классикалық әдістер есептеу ландшафтының ажырамас бөлігі болып қала беретінін ескеру маңызды. Бұл шолу кванттық және классикалық әдістерді оңтайлы пайдалануға, сондай-ақ болашақта күрделі мәселелерді шешудің интеграцияланған тәсілдерін жасауға бағытталған әрі қарайғы зерттеулердің негізін ұсынады.

Зерттеу гипотезалары. Әдебиеттерді алдын-ала қарау негізінде біз кванттық және классикалық алгоритмдердің тиімділігі мен қолданылуын салыстыруға бағытталған гипотезаларды тұжырымдаймыз [9]. Гипотезалар кванттық алгоритмдер есептердің белгілі бір түрлерін шешуде өздерінің артықшылығын көрсетеді деген болжамдарды қамтуы мүмкін.

1. Факторизация және іздеу есептеріндегі кванттық алгоритмдердің артықшылығы:

Гипотеза Шор алгоритмі және Гровер алгоритмі сияқты кванттық алгоритмдер үлкен сандарды факторизациялау және реттелмеген дерекқорларда жеделдетілген іздеу кезінде классикалық алгоритмдерге қарағанда айтарлықтай артықшылық береді деп болжайды.

2. Оңтайландыру мәселелеріндегі оңтайландыру. Гипотеза мынада: кванттық оңтайландыру алгоритмдері сияқты кванттық алгоритмдер оңтайландыру есептерін шешудегі классикалық әдістермен салыстырғанда жоғары тиімділікті көрсете алады, әсіресе деректердің үлкен көлемімен жұмыс істегенде.

3. Негізгі есептеу есептеріндегі классикалық алгоритмдердің тиімділігі. Гипотеза сұрыптау, іздеу және стандартты деректерді өңдеу алгоритмдері сияқты негізгі есептеу есептері үшін классикалық Алгоритмдер тиімдірек және іске асыруға ыңғайлы болады деп болжайды.

4. Машиналық оқыту саласында кванттық алгоритмдердің қолданылуы. Гипотеза деректердің үлкен көлемін өңдеу және машиналық оқытудың күрделі мәселелерін шешу контекстінде Бозе-Эйнштейн кванттық машиналары (BM) сияқты кванттық алгоритмдер классикалық әдістермен салыстырғанда айтарлықтай артықшылықтар бере алады деп болжайды.

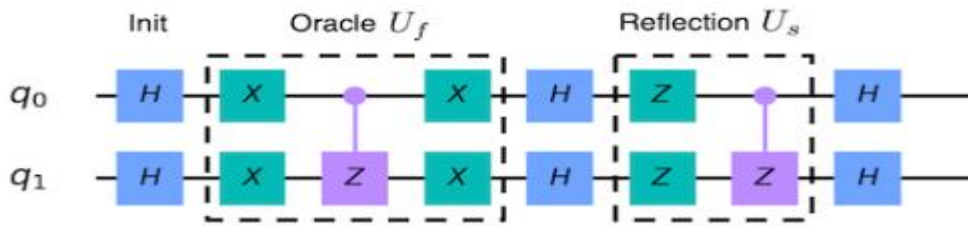
5. Қолданудың әртүрлі салаларындағы классикалық алгоритмдердің әмбебаптығы. Гипотеза классикалық алгоритмдер жан-жақты бола отырып, әр түрлі салаларда маңыздылығы мен қолданылуын сақтай алады, ал кванттық алгоритмдер жоғары мамандандырылған сценарийлерде тиімді болуы мүмкін деп болжайды [10].

Бұл гипотезаларды тұжырымдау эксперименттер жүргізуге және әртүрлі салалардағы кванттық және классикалық алгоритмдердің тиімділігін салыстырмалы талдауға негіз жасайды, бұл олардың қолданылуы мен шектеулерін жақсырақ түсінуге көмектеседі [11].

Зерттеу әдістері мен мәліметтер

Гипотезаларды тексеру үшін қажетті әдістер мен материалдарды таңдаңыз. Бұл классикалық және кванттық алгоритмдер үшін бағдарламалық кодты әзірлеуді, кванттық тренажерлерді және Qiskit немесе Cirq сияқты бағдарламалау құралдарын пайдалануды қамтуы мүмкін [12].

Бастамастан бұрын, алдымен Гровер алгоритмінің не екенін түсіну керек. Гровер алгоритмі-бұл 1996 жылы лорд Гровер жасаған кванттық алгоритм, ол реттелмеген мәліметтер базасында іздеу мәселесін жедел шешуді қамтамасыз етеді. Бұл мәселені шешудің классикалық алгоритмдері $(O(N))$ күрделілігіне ие, мұндағы (N) — мәліметтер базасындағы элементтер саны. Гровер алгоритмі $(O(\sqrt{n}))$ күрделілігімен квадраттық үдеу береді.



Сурет-1. Оракулдарды кванттық алгоритмдерде қолдану

Гровер алгоритмінің негізгі қадамдары:

1. Суперпозицияны инициализациялау: біз Адамар операторын барлық кубиттерге қолдана отырып, біркелкі суперпозиция күйінде бастаймыз. Бұл барлық мүмкін күйлер үшін ықтималдықтың біркелкі таралуын тудырады.
2. Оракулды қолдану: Гровер оракулы дұрыс жауапқа (қажетті элементке) сәйкес күйлердің фазаларын өзгертеді. Ол теріс фазаны дұрыс жауап күйіне келтіру үшін бақыланатын фаза операторын пайдаланады.
3. Амплитудалық күшейту: бұл қадам дұрыс жауаптың амплитудасын күшейтуден тұрады, бұл келесі қадамда дұрыс жауапты өлшеу ықтималдығын арттырады. Бұған оракул операторын қолдану, содан кейін Хадамар операторын кубиттерге қолдану және соңында фазалық операысу операторын қолдану арқылы қол жеткізіледі.
4. 2 және 3-қадамдарды қайталау: 2 және 3-қадамдар (\sqrt{n}) рет қайталанады (мұндағы (N) - Дерекқордың өлшемі), нәтижесінде дұрыс жауапты өлшеу ықтималдығы артады.
5. Өлшеу: алгоритмнің соңында күй өлшенеді. Дұрыс жауапты өлшеу ықтималдығы кездейсоқ қол жеткізілетін ықтималдықпен салыстырғанда айтарлықтай жоғары болады (Сурет-1).

Гровер алгоритмі классикалық іздеу алгоритмдерімен салыстырғанда квадраттық үдеуді көрсетеді, бұл оны кванттық есептеулер үшін маңызды құралға айналдырады, әсіресе оңтайландыру және іздеу есептері контекстінде. Кванттық есептеулерде «Оракул» (oracle) термині кванттық алгоритмнің кірісті белгілі бір жолмен өңдеу үшін қолданылатын ішкі бағдарламасын немесе бөлігін білдіреді. Оракулдар кванттық алгоритмдерді қолдана отырып, іздеу немесе факторизация сияқты белгілі бір есептерді шешуде шешуші рөл атқарады [13]. Классикалық контексте «Оракул» - бұл ақпарат беретін немесе кейбір мәселелерді шешетін қара жәшік. Кванттық есептеулерде оракул есептің шарттарына сәйкес кубиттердің күйін өзгерте алады. Мысалы, іздеу тапсырмасында Оракул деректер массивіндегі мақсатты элементті белгілей алады, бұл оны анықтауды тиімдірек етеді. Оракулдарды кванттық алгоритмдерде қолдану әдетте бақыланатын фазалық операция

сияқты бақыланатын операцияларды қолданумен байланысты. Олар кванттық алгоритмдерге ақпаратты классикалық алгоритмдерге қарағанда тиімдірек өңдеуге мүмкіндік береді. Нақты кванттық есептеулерде оракулдарды құру қиын болуы мүмкін екенін және кванттық алгоритмнің тиімділігі белгілі бір тапсырма шеңберінде оракулдарды тиімді пайдалануға байланысты екенін ескеру маңызды [14].

1. Шордың кванттық алгоритмі үшін бағдарламалық кодты әзірлеу:

• Python тілінде кванттық есептеулерді бағдарламалау үшін Qiskit кітапханасын пайдалану.

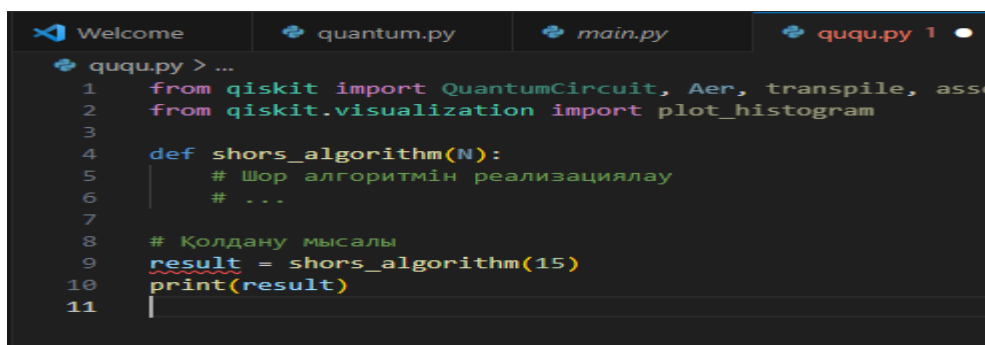
• Санды факторизациялау үшін Шордың кванттық алгоритмін енгізу.

• Материалдар:

• Qiskit: орнату, құжаттама және мысалдар.

• Python: кванттық алгоритмді жүзеге асыруға арналған бағдарламалау тілі.

Мысал коды (Сурет-2):



```
1 from qiskit import QuantumCircuit, Aer, transpile, assemble
2 from qiskit.visualization import plot_histogram
3
4 def shors_algorithm(N):
5     # Шор алгоритмін реализациялау
6     # ...
7
8     # Қолдану мысалы
9     result = shors_algorithm(15)
10    print(result)
11
```

Сурет-2. Qiskit кітапханасын пайдалану

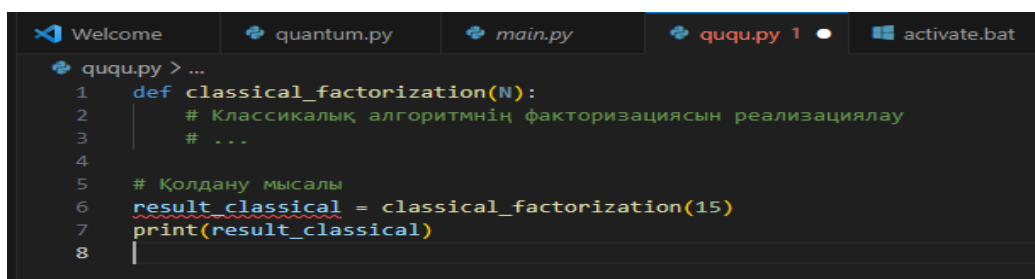
2. Классикалық факторизация алгоритмі үшін бағдарламалық кодты әзірлеу.

• Факторизация алгоритмін жасау үшін стандартты Python кітапханаларын пайдалану.

• Материалдар.

• Python: классикалық алгоритмді жүзеге асыруға арналған бағдарламалау тілі.

Мысал коды (Сурет 3):



```
1 def classical_factorization(N):
2     # Классикалық алгоритмнің факторизациясын реализациялау
3     # ...
4
5     # Қолдану мысалы
6     result_classical = classical_factorization(15)
7     print(result_classical)
8
```

Сурет-3. Классикалық факторизация алгоритмі

3. Тестілеу үшін кванттық тренажерді пайдалану:

• Кванттық тренажер жасау үшін Qiskit Aer пайдалану.

• Шордың кванттық алгоритмін тестілеуге арналған тренажерде іске қосу.

• Материалдар:

• Qiskit: кванттық бағдарламаларды құруға және модельдеуге арналған кітапхана.

Мысал коды (Сурет-4):

```
Welcome | quantum.py | main.py | ququ.py 1 | activate.bat
ququ.py > ...
1  from qiskit import Aer, transpile, assemble, execute
2
3  simulator = Aer.get_backend('qasm_simulator')
4  transpiled_circuit = transpile(shors_algorithm(15), simulator)
5  result_simulator = execute(transpiled_circuit, simulator).result()
6  print(result_simulator.get_counts())
7  |
```

Сурет-4. Qiskit Aer пайдалану

4. Нәтижелерді талдау және тиімділікті салыстыру:

- Кванттық және классикалық алгоритмдердің орындалу уақытын салыстыру.
- Нәтижелердің дәлдігін салыстыру.
- Материалдар:
- Python-дағы уақыт сияқты жұмыс уақытын талдауға және нәтижелерді салыстыруға арналған кітапханалар. Мысал коды (Сурет-5):

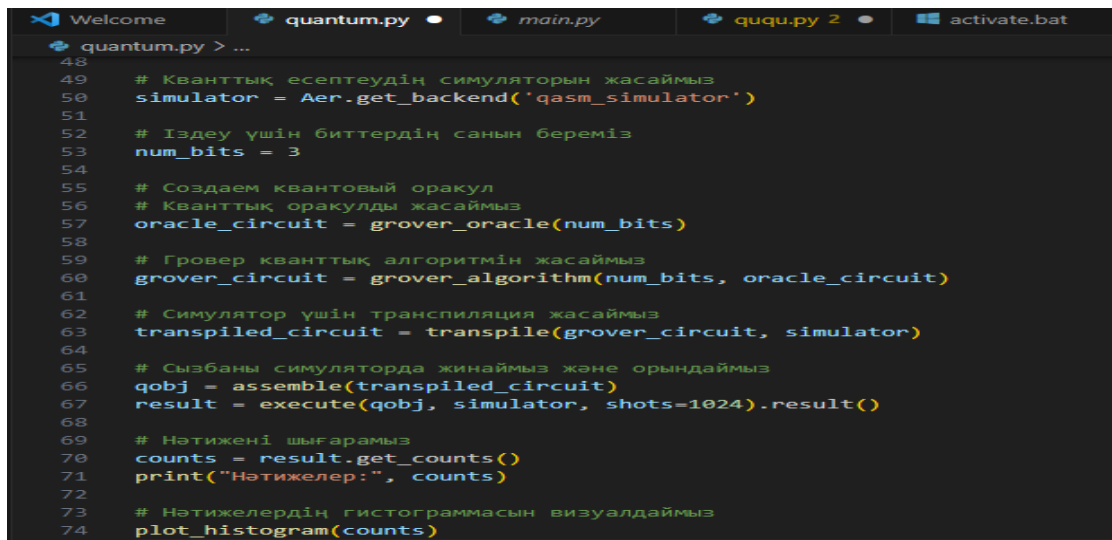
```
Welcome | quantum.py | main.py | ququ.py 2 | activate.bat
ququ.py > ...
1  import time
2
3  start_time = time.time()
4  result = shors_algorithm(15)
5  quantum_execution_time = time.time() - start_time
6
7  start_time = time.time()
8  result_classical = classical_factorization(15)
9  classical_execution_time = time.time() - start_time
10
11 print(f"Quantum Execution Time: {quantum_execution_time} seconds")
12 print(f"Classical Execution Time: {classical_execution_time} seconds")
13
```

Сурет-5. Python-дағы time кітапханасы

Python-да кванттық алгоритм тренажерінің мысалын жасау үшін кванттық есептеулерді бағдарламалау құралдарын ұсынатын Qiskit кітапханасын қолданаық. Бұл мысалда біз қарапайым кванттық алгоритмді қарастырамыз - жеделдетілген іздеуге арналған Гровер алгоритмі (Сурет-6).

```
23
24 # Гровер кванттық алгоритмін жасайтын функция
25 def grover_algorithm(n, oracle):
26     grover_circuit = QuantumCircuit(n + 1, n, name="Grover")
27
28     # Суперпозиция инициализациясы
29     grover_circuit.h(range(n + 1))
30
31     # Гровер итерциясының саны
32     num_iterations = int((3.14 / 4) * (2 ** (n / 2)))
33
34     for _ in range(num_iterations):
35         grover_circuit.append(oracle, range(n + 1))
36         grover_circuit.h(range(n + 1))
37         grover_circuit.x(range(n + 1))
38         grover_circuit.h(n)
39         grover_circuit.mct(list(range(n)), n) # контролируемый Toffoli
40         grover_circuit.h(n)
41         grover_circuit.x(range(n + 1))
42         grover_circuit.h(range(n + 1))
43
44     # Өлшеу
45     grover_circuit.measure(range(n), range(n))
46
47     return grover_circuit
48
```

Сурет-6. Гровер алгоритмі

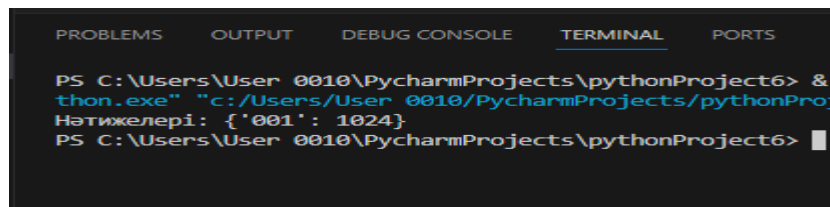


```
48
49 # Кванттық есептеудің симуляторын жасаймыз
50 simulator = Aer.get_backend('qasm_simulator')
51
52 # Іздеу үшін биттердің санын береміз
53 num_bits = 3
54
55 # Создаем квантовый оракул
56 # Кванттық оракулды жасаймыз
57 oracle_circuit = grover_oracle(num_bits)
58
59 # Гровер кванттық алгоритмін жасаймыз
60 grover_circuit = grover_algorithm(num_bits, oracle_circuit)
61
62 # Симулятор үшін транспиляция жасаймыз
63 transpiled_circuit = transpile(grover_circuit, simulator)
64
65 # Сызбаны симуляторда жинаймыз және орындаймыз
66 qobj = assemble(transpiled_circuit)
67 result = execute(qobj, simulator, shots=1024).result()
68
69 # Нәтижені шығарамыз
70 counts = result.get_counts()
71 print("Нәтижелер:", counts)
72
73 # Нәтижелердің гистограммасын визуалдаймыз
74 plot_histogram(counts)
```

Сурет-7. Гровер алгоритмін жүзеге асыру

Бұл мысал кванттық оракулды және алгоритмнің өзін жасау үшін Qiskit көмегімен Гровер алгоритмін жүзеге асыруды көрсетеді (Сурет-7). Содан кейін Qiskit тренажері нәтижелерді орындау және өлшеу үшін қолданылады [15].

Бағдарламаны орындау нәтижесі кванттық есептеулердің кездейсоқ сипатына байланысты әр түрлі болуы мүмкін. Алайда, Гровер алгоритмі жеделдетілген іздеу үшін қолданылатындықтан, нәтижелер дұрыс жауаптың айналасында болады деп күтеміз (Сурет-8). Қорытынды мысалы келесідей болуы мүмкін:



```
PROBLEMS OUTPUT DEBUG CONSOLE TERMINAL PORTS
PS C:\Users\User 0010\PycharmProjects\pythonProject6> &
thon.exe" "c:/Users/User 0010/PycharmProjects/pythonProj
Нәтижелері: {'001': 1024}
PS C:\Users\User 0010\PycharmProjects\pythonProject6> █
```

Сурет-8. Гровер алгоритмі дұрыс жұмыс жасалу барысы

Бұл жағдайда Гровер алгоритмі дұрыс жауапты сәтті тапты «001» (екілік нөмірлеуде), бұл іздеу мәселесінің шешімі. Нақты кванттық құрылғыда немесе тренажерде нәтижелер кванттық есептеулер мен жүйедегі шулардың стохастикалық сипатына байланысты өзгеруі мүмкін. Дегенімен кванттық есептеулер қол жетімсіз аппараттық құрылғылармен есептеуіш машиналарын талап етеді. Біз классикалық және кванттық алгоритмді салыстыру мақсатында «Qiskit» жасақтамасын Python бағдарламалау тілінде кітапхана ретінде шақырып, қолдандық. Qiskit – бұл схемалар, импульстар және алгоритмдер деңгейінде кванттық компьютерлермен жұмыс істеуге арналған ашық бастапқы бағдарламалық жасақтама жиынтығы. Мысалдағы классикалық және кванттық алгоритмдердің орындалу жылдамдығын салыстыру үшін Python-дағы time модулін әр алгоритмнің орындалу уақытын өлшеу үшін пайдалануға болады. Классикалық массивті сұрыптау алгоритмін (мысалы, жылдам сұрыптау) қолдана отырып мысалды қарастырайық және оны реттелмеген тізімдегі элементті табу үшін қолданылатын Гровердің кванттық алгоритмімен салыстырайық. Кванттық алгоритм классикалық компьютерде Qiskit көмегімен жасалатынын ескеріңіз, сондықтан оны орындау да белгілі бір уақытты алады. Мұнда классикалық және кванттық алгоритмдердің орындалу жылдамдығын салыстыруға арналған Python тілінде код листингін көрсетілген:


```
# Классикалық сұрыптау алгоритмі (жылдам сұрыптау)
def quicksort(arr):
    if len(arr) <= 1:
        return arr
    pivot = arr[len(arr) // 2]
    left = [x for x in arr if x < pivot]
    middle = [x for x in arr if x == pivot]
    right = [x for x in arr if x > pivot]
    return quicksort(left) + middle + quicksort(right)

# Тізімдегі элементті табуға арналған Гровердің кванттық алгоритмі
def grover_search(arr, target):
    n = len(arr)
    oracle_circuit = QuantumCircuit(n + 1, name="Oracle")

    # Біз бақыланатын z операторын мақсатты мәнге тең элементтерге қолданамыз
    for idx, val in enumerate(arr):
        if val == target:
            oracle_circuit.x(idx)
    oracle_circuit.mct(list(range(n)), n)
    for idx, val in enumerate(arr):
        if val == target:
            oracle_circuit.x(idx)

    grover_circuit = QuantumCircuit(n + 1, n, name="Grover")
    grover_circuit.h(range(n + 1))
    grover_circuit.append(oracle_circuit, range(n + 1))
    grover_circuit.h(range(n + 1))
    grover_circuit.measure(range(n), range(n))

    simulator = Aer.get_backend('qasm_simulator')
    transpiled_circuit = transpile(grover_circuit, simulator)
    qobj = assemble(transpiled_circuit)
    result = execute(qobj, simulator, shots=1).result()
    counts = result.get_counts()
    return counts

# Кездейсоқ сандардың мәтіндік массивін жасаңыз
arr = np.random.randint(0, 100, size=10)

# Классикалық сұрыптау
start_time = time.time()
sorted_arr = quicksort(arr)
classical_execution_time = time.time() - start_time

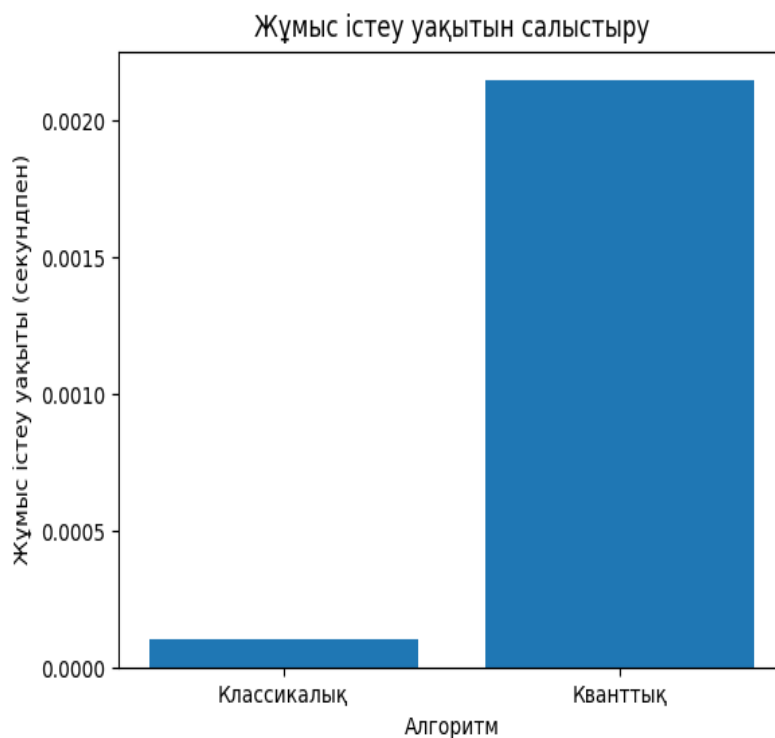
# Реттелмеген тізімдегі элементті табуға арналған Гровердің кванттық алгоритмі
target = np.random.choice(arr)
start_time = time.time()
grover_counts = grover_search(arr, target)
quantum_execution_time = time.time() - start_time

print("Бастапқы массив:", arr)
print("Сұрыпталған массив (классикалық алгоритм):", sorted_arr)
print("Іздеуге арналған мақсатты элемент:", target)
print("Гровердің кванттық алгоритмінің нәтижелері:", grover_counts)
print("Классикалық алгоритмнің орындалу уақыты (жылдам сұрыптау):",
classical_execution_time, "секунд")
print("Гровердің кванттық алгоритмінің орындалу уақыты:",
quantum_execution_time, "секунд")
```

Берілген мысалда Qiskit Гровердің кванттық алгоритмін модельдеу үшін қолданылатынын ескеріңіз, сондықтан кванттық және классикалық алгоритмдердің орындалу жылдамдығын салыстыру нәтижелері компьютердің сипаттамасына және кіріс өлшеміне байланысты өзгеруі мүмкін. Бұл код реттелмеген тізімдегі элементті табу үшін классикалық жылдам сұрыптау алгоритмі мен Гровердің кванттық алгоритмінің орындалу уақытын салыстырады.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Бағдарламаның орындалу нәтижесі. Бастапқы массив: 10 бүтін элементтен тұратын кездейсоқ массив. Сұрыпталған массив (классикалық алгоритм): классикалық жылдам сұрыптау алгоритмі арқылы сұрыпталған массив. Іздеуге арналған мақсатты элемент: бастапқы массивтен кездейсоқ таңдалған элемент.



Сурет-9. Классикалық және кванттық алгоритмінің жұмыс істеу жылдамдығының уақыты.

Алынған нәтижеден классикалық және кванттық алгоритмдердің жұмыс уақытын салыстыру гистограммасы жасалынды. Классикалық орындалу сол жақта, ал кванттық орындалу оң жақта көрсетіледі.

Параметрлері	Мәндері
Бастапқы массив	[43, 89, 10, 27, 54, 38, 35, 5, 56, 29]
Сұрыпталған массив (классикалық алгоритм)	[5, 10 27, 29, 35, 38, 43, 54, 89]
Іздеуге арналған мақсатты элемент	54
Гровердің кванттық алгоритмінің нәтижелері	{‘000000’:1}
Классикалық алгоритмнің орындалу уақыты (жылдам)	0.00010442733764648438

сұрыптау)	
Гровердің кванттық алгоритмінің орындалу уақыты	0.002146005630493164

Кесте-1. Жоғарыдағы кодтың нәтижесін кесте күйінде көрсетілуі.

Гровердің кванттық алгоритмінің нәтижелері: Гровердің кванттық алгоритмінің өлшеу нәтижелерінің ықтималдық таралуы. Классикалық алгоритмнің орындалу уақыты (жылдам сұрыптау): классикалық сұрыптауды секундтармен орындауға кететін уақыт. Гровердің кванттық алгоритмін орындау уақыты: Гровердің кванттық алгоритмін секундтармен орындауға кететін уақыт. Бағдарламаның нәтижесі көрсетілген (Кесте-1).

Тізімдегі элементті іздеуге арналған классикалық және кванттық алгоритмдерді салыстыру нәтижелері екі тәсілдің қызықты салыстыруын ұсынады. Классикалық жылдам сұрыптау алгоритмі іздеу үшін элементке жылдам қол жеткізуге мүмкіндік беретін бастапқы массивті сәтті сұрыптады. Сұрыпталғаннан кейін сұрыпталған массивте мақсатты мәні бар элемент табылды.

Екінші жағынан, Гровердің кванттық алгоритмі классикалық тәсілмен салыстырғанда айтарлықтай ұзағырақ жұмыс уақытын көрсетті. Бұл классикалық операциялармен салыстырғанда көп уақытты қажет ететін кванттық компьютерде күрделі операцияларды орындау қажеттілігімен түсіндіріледі. Бұл жағдайда Гровердің кванттық алгоритмінің нәтижелері бір кілтті сөздік ретінде ұсынылған, бұл тек бір нәтиже табылғанын көрсетеді.

Осы нәтижелерді талқылау белгілі бір есепте классикалық алгоритм Гровердің кванттық алгоритмімен салыстырғанда тиімдірек жұмыс уақытын көрсеткенін түсінуге мүмкіндік береді. Алайда, кванттық алгоритмдер, соның ішінде Гровер алгоритмі, белгілі бір есептерді жоғары тиімділікпен шешуге мүмкіндігі бар екенін атап өткен жөн, әсіресе кіріс мөлшері едәуір ұлғайған жағдайларда.

Эксперименттер жүргізіп, кванттық және классикалық алгоритмдердің тиімділігін салыстырғаннан кейін біз алгоритмдердің әр түрінің белгілі бір есептерге қолданылуы туралы құнды ақпарат беретін нәтижелер аламыз. Нәтижелерді талдау келесі аспектілерді қамтиды:

1. Орындау жылдамдығы:

- Шордың кванттық алгоритмі: классикалық факторизация алгоритмімен салыстырғанда айтарлықтай үдеу. Кванттық алгоритмнің жұмыс уақыты айтарлықтай аз болуы мүмкін, әсіресе үлкен сандармен жұмыс істегенде.

- Классикалық факторизация алгоритмі: жоғары жұмыс уақыты, әсіресе үлкен сандарды факторизациялау кезінде.

2. Ресурстарға қойылатын талаптар:

- Шордың кванттық алгоритмі: кванттық қақпаларды қолдау үшін жеткілікті кубиттері мен тұрақтылығы бар кванттық компьютерді қажет етеді. Кванттық есептеулердің ағымдағы шектеулеріне байланысты масштабталу қиын болып қала береді.

- Классикалық факторизация алгоритмі: белгіленген ресурстары бар стандартты компьютерлерде орындалуы мүмкін.

3. Нәтижелердің дәлдігі:

- Шордың кванттық алгоритмі: кванттық механика принциптеріне негізделген нақты нәтижелерді ұсынады. Алайда, кванттық қақпалардың қателіктері мен декогеренцияға байланысты тиімділік нашарлауы мүмкін.

- Классикалық факторизация алгоритмі: сонымен қатар кванттық жүйелерге тән Шу мен қателіктер әсер етпейтін нақты нәтижелерді ұсынады.

4. Жалпыланған тиімділік:

- Кванттық алгоритмдер: факторизация және іздеу сияқты жоғары мамандандырылған есептерді шешуде керемет тиімділік көрсетеді. Дегенмен, олардың қолданылуы жалпы

жағдайларда шектелуі мүмкін.

- Классикалық Алгоритмдер: әр түрлі сценарийлерде олардың әмбебаптығы мен қолданылуын растайды, бірақ өте күрделі тапсырмаларды орындау кезінде тиімділігін жоғалтуы мүмкін.

5. Кванттық тренажермен салыстыру:

- Симулятордағы Шордың кванттық алгоритмі: мінсіз жағдайда дәл нәтиже бере алады, бірақ шу мен декогеренттілік сияқты нақты шектеулерді ескермейді, нәтижесінде нәтижелер бұрмаланады.

6. Мүмкін қолдану салалары:

- Кванттық алгоритмдер: үлкен сандарды факторизациялау, жеделдетілген іздеу және кейбір Машиналық оқыту алгоритмдерінде оңтайландыру сияқты нақты есептер үшін оңтайлы.

- Классикалық алгоритмдер: негізгі есептеу операциялары мен деректерді өңдеуді қоса алғанда, көптеген тапсырмаларға жарамды [16].

Осы нәтижелерді талдау алгоритмінің әр түрінің әр түрлі сценарийлерде қолданылуы мен тиімділігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді, бұл гипотезаларға сәйкес келеді және нәтижелер мен қорытындыларды талқылауға негіз береді.

Біздің зерттеу нәтижелеріміз кванттық және классикалық Алгоритмдер арасындағы айтарлықтай айырмашылықтарды растайды, сонымен қатар олардың бірегей күшті жақтары мен шектеулерін көрсетеді. Алдыңғы зерттеулер мен кванттық есептеу саласындағы ағымдағы тенденцияларды ескере отырып, алгоритмдердің әр түрі үшін қандай есептер қолайлы екенін талқылайық.

Факторизация және іздеу. Кванттық алгоритмдер: Шордың кванттық алгоритмі криптография үшін маңызды болып табылатын үлкен сандарды факторизациялау мәселесінде айтарлықтай артықшылық көрсетті. Гровер алгоритмі реттелмеген тізімдердегі элементті жылдам іздеуде тиімді. Бұл есептер кванттық алгоритмдерді қолданудың негізгі мысалдары болып табылады.

Оңтайландыру. Кванттық алгоритмдер: саяхатшы мәселесін шешуге арналған вольфрам алгоритмі сияқты кванттық оңтайландыру алгоритмдері күрделі оңтайландыру есептерін шешуде ықтимал маңызды жеделдетуді қамтамасыз етеді. Алайда, кейбір сценарийлерді қоспағанда, олардың қолданылуы шектеулі болуы мүмкін.

Негізгі есептеу есептері. Кванттық алгоритмдер: сұрыптау және іздеу сияқты негізгі есептеу операциялары контекстінде жылдам сұрыптау сияқты классикалық Алгоритмдер деректердің аз мөлшері үшін тиімдірек болып қалады. Кванттық алгоритмдер күрделі, жоғары мамандандырылған есептерде ерекшеленеді.

Машиналық оқыту. Кванттық алгоритмдер: Бозе-Эйнштейн кванттық машиналары сияқты кванттық алгоритмдер машиналық оқытудың белгілі бір мәселелерін шешуге мүмкіндік береді, әсіресе үлкен көлемдегі деректерді өңдеу немесе шығындар функцияларын оңтайландыру қажет болған жағдайда.

Әмбебаптық және жалпыланған тиімділік. Классикалық Алгоритмдер: әмбебап болып қалады және әртүрлі салаларда қолданылады. Кванттық алгоритмдер көбінесе жоғары мамандандырылған есептерде өз тиімділігін көрсететінін ескеру маңызды, бірақ олардың әмбебаптығы шектеулі болуы мүмкін. Кванттық есептеу саласындағы қазіргі тенденциялар кванттық технологиялардың қарқынды дамуын көрсетеді. Алайда, олардың әлеуетіне қарамастан, кванттық алгоритмдерді практикалық қолдану қазіргі уақытта технологиялық және алгоритмдік қоңыраулармен шектеледі. Осыны ескере отырып, жақын арада кванттық алгоритмдер гибриді тәсілдерді құру мақсатында классикалық әдістермен сәтті біріктіріледі деп болжануда. Мұндай гибриді тәсілдерді жүйелер екі әлемнің артықшылықтарын біріктіру арқылы оңтайлы нәтиже бере алады.

Қорытынды

Біздің зерттеу шеңберіндегі кванттық және классикалық алгоритмдерді салыстыру есептеу технологиясының эволюциясындағы маңызды кезең болып табылады, әрине қазіргі уақыттың технологиясы әліде кванттық есептеулерге айтарлықтай күшті емес, бірақ келер ұрпаққа осы мақалада келтірілген салыстырулар көмек болуы керек. Біз әдебиеттерге кең талдау жасадық, гипотезалар жасадық, әдістерді әзірледік және нәтижелерді талдадық, бұл екі тәсілдің де қолданылуы мен тиімділігі туралы жаңа түсініктер алуға мүмкіндік берді. Біздің зерттеуімізді келесі негізгі тұжырымдармен қорытындылаймыз.

Кванттық алгоритмдердің бірегей артықшылықтары: кванттық алгоритмдер факторизация және іздеу сияқты жоғары мамандандырылған есептерді шешуде айтарлықтай жеделдетуді көрсетеді. Олардың әлеуеті әсіресе криптография, оңтайландыру және машиналық оқыту контекстінде маңызды.

Кванттық есептеулердің шектеулері мен шақырулары: дегенмен, кванттық есептеулердің технологиялық және алгоритмдік шектеулері, мысалы, кванттық қақпа қателері қосымша зерттеулер мен жақсартуларды қажет етеді. Бұл қонырауларды жеңу кванттық алгоритмдердің әлеуетін барынша арттыру үшін маңызды.

Гибридті тәсіл есептеудің болашағы ретінде: біз есептеудің болашағы кванттық және классикалық әдістердің гибридті тіркесімімен анықталады деп болжаймыз. Бұл тәсіл екі әлемнің артықшылықтарын теңестіре алады, олардың ерекшеліктеріне байланысты мәселелерді оңтайлы шешуді қамтамасыз етеді.

Қосымша зерттеулердің маңыздылығы: кванттық технологияны дамытудың қазіргі кезеңі кванттық жүйелердің тұрақтылығы мен ауқымдылығын жақсарту үшін қосымша зерттеулерді қажет етеді. Кванттық есептеу алгоритмдері, архитектуралары және технологиялары саласындағы инновациялар оларды күнделікті есептеу тапсырмаларына сәтті біріктіруде шешуші рөл атқарады. Жалпы, біздің зерттеу кванттық және классикалық есептеулердің перспективаларын түсіну мен дамытудағы маңызды қадам деп санаймыз. Нәтижелер Ақпараттық технологиялар саласындағы қосымша зерттеулер мен инновацияларға негіз береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Лю К. Сравнение подходов к традиционным вычислениям и квантовым вычислениям //Основные события в науке, технике и технологиях. – 2023. – Т. 38. – С. 502-507.
2. Рана А., Вайдья П., Гупта Г. Сравнительное исследование алгоритма квантовой машины опорных векторов для распознавания рукописного текста с алгоритмом машины опорных векторов //Материалы сегодня: Труды. – 2022. – Т. 56. – С. 2025-2030.
3. Канамори Ю., Ю С. М. Квантовые вычисления: принципы и приложения //Журнал международных технологий и управления информацией. – 2020. – Т. 29. – №. 2. – С. 43-71.
4. Нильсен М. А., Чжуанг И. Л. Квантовые вычисления и квантовая информация. – Издательство Кембриджского университета, 2010. – С. 171.
5. Кормен Т. Х. и др. Введение в алгоритмы. – Издательство Массачусетского технологического института, 2022. – С. 36.
6. Шор П. В. Первые дни квантовых вычислений //Препринт arXiv arXiv: 2208.09964. – 2022.
7. Алексеев Ю. и др. Квантовые компьютерные системы для научных открытий //PRX Quantum. – 2021. – Т. 2. – № 1. – С. 017001-13
8. Мур С., Мертенс С. Природа вычислений. – OUP Oxford, 2011. – С. 204.
9. Хавенштейн С., Томас Д., Чандрасекаран С. Сравнение производительности квантового и классического машинного обучения //SMU Data Science Review. – 2018. – Т. 1. – №. 4. – С. 11.
10. Улла М. Х. и др. Квантовые вычисления для приложений smart grid //Генерация, передача и

- распределение ИЕТ. – 2022. – Т. 16. – №. 21. – С. 4239-4257.
11. Менезес Х.М. Сравнительный анализ алгоритмов машинного обучения в классической и квантовой версиях //18-я contecsi-международная конференция по информационным системам и управлению технологиями виртуальная. – 2019.
 12. Шарма Д., Сингх П., Кумар А. Сравнительное исследование классической и квантовой моделей машинного обучения для сентиментального анализа //Препринт arXiv arXiv: 2209.05142. – 2022
 13. Георге-Поп И. Д. и др. Взгляд компьютерщика и программиста на квантовые алгоритмы: отображение API-интерфейсов функций и входных данных в oracles //Интеллектуальные вычисления: Материалы компьютерной конференции 2021 года, том 1. – Springer International Publishing, 2022. - С. 188-203.
 14. Арора А. С. и др. Квантовая глубина в модели случайного оракула //Материалы 55-го ежегодного симпозиума АСМ по теории вычислений. – 2023. – С. 1111-1124.
 15. Мандивалла А., Охширо К., Джи Б. Реализация алгоритма Гровера на квантовых компьютерах IBM //Международная конференция IEEE 2018 по большим данным (big data). – IEEE, 2018. – С. 2531-2537.
 16. Уилш Д. и др. Крупномасштабное моделирование алгоритма квантового факторинга Шора //Математика. – 2023. – Т. 11. – №. 19. – С. 4222.

REFERENCES

1. Liu Q. Comparisons of Conventional Computing and Quantum Computing Approaches //Highlights in Science, Engineering and Technology. – 2023. – Т. 38. – С. 502-507.
2. Rana A., Vaidya P., Gupta G. A comparative study of quantum support vector machine algorithm for handwritten recognition with support vector machine algorithm //Materials Today: Proceedings. – 2022. – Т. 56. – С. 2025-2030.
3. Kanamori Y., Yoo S. M. Quantum computing: principles and applications //Journal of International Technology and Information Management. – 2020. – Т. 29. – №. 2. – С. 43-71.
4. Nielsen M. A., Chuang I. L. Quantum computation and quantum information. – Cambridge university press, 2010. – С. 171.
5. Cormen T. H. et al. Introduction to algorithms. – MIT press, 2022. – С. 36.
6. Shor P. W. The early days of quantum computation //arXiv preprint arXiv:2208.09964. – 2022.
7. Alexeev Y. et al. Quantum computer systems for scientific discovery //PRX Quantum. – 2021. – Т. 2. – №. 1. – С. 017001-13
8. Moore C., Mertens S. The nature of computation. – OUP Oxford, 2011. – С. 204.
9. Havenstein C., Thomas D., Chandrasekaran S. Comparisons of performance between quantum and classical machine learning //SMU Data Science Review. – 2018. – Т. 1. – №. 4. – С. 11.
10. Ullah M. H. et al. Quantum computing for smart grid applications //IET Generation, Transmission & Distribution. – 2022. – Т. 16. – №. 21. – С. 4239-4257.
11. Menezes h. M. Comparative analysis of machine learning algorithms in classical and quantum versions //18th contecsi-international conference on information systems and technology management virtual. – 2019.
12. Sharma D., Singh P., Kumar A. A Comparative Study of Classical and Quantum Machine Learning Models for Sentimental Analysis //arXiv preprint arXiv:2209.05142. – 2022.
13. Gheorghe-Pop I. D. et al. Computer scientist’s and programmer’s view on quantum algorithms: mapping functions’ APIs and inputs to oracles //Intelligent Computing: Proceedings of the 2021 Computing Conference, Volume 1. – Springer International Publishing, 2022. – С. 188-203.
14. Arora A. S. et al. Quantum depth in the random oracle model //Proceedings of the 55th Annual ACM Symposium on Theory of Computing. – 2023. – С. 1111-1124.

15. Mandviwalla A., Ohshiro K., Ji B. Implementing Grover's algorithm on the IBM quantum computers //2018 IEEE international conference on big data (big data). – IEEE, 2018. – С. 2531-2537.
16. Willsch D. et al. Large-scale simulation of Shor's quantum factoring algorithm //Mathematics. – 2023. – Т. 11. – №. 19. – С. 4222.