

14 – дәріс. Кванттық компьютерлерге кіріспе. Кванттық компьютер механизмі. IBM Quantum Computer кванттық компьютерінде есептеулер.

Жоспар:

1. Кванттық компьютер дегеніміз не?
2. Кванттық компьютерлердің негізгі түсініктері
3. Кванттық алгоритмдер
4. Кванттық есептеулер

Кванттық компьютер дегеніміз не?

Кванттық компьютер – суперпозиция, түйісу және декогеренттілік арқылы жаппай параллельді есептеулерді орындау үшін кванттық механика заңдарын қолданатын компьютер.

5 – кесте. Кванттық компьютерлердің қысқаша тарихы

Жыл	Оқиға
1981	Ричард Фейнман кванттық жүйелерді модельдеу үшін кванттық есептеулерді қолдануды ұсынды. Ол сонымен қатар кванттық компьютердің теориялық моделін сипаттады.
1985	Дэвид Дойч бірінші әмбебап кванттық компьютерді сипаттады
1994	Питер Шор бірінші кванттық компьютерлік алгоритмді жасады (жай сандар факторизациясы)
1995	Шумахер физикалық ресурс ретінде «кванттық бит» немесе «кубитті» ұсынды
1996	Лав Гровер сұрыпталмаған дерекқорды іздеу алгоритмін жасады
1998	NMR негізіндегі алғашқы екі кубитті кванттық компьютерлер пайда болды (Оксфорд; IBM, MIT, Стэнфорд)
2000	NMR негізіндегі 7-кубит кванттық компьютер (Лос Аламос)
2001	IBM 7-кубит кванттық компьютерінде $15 = 3 \times 5$
2005-2006	Фотондармен эксперименттер; кванттық нүктелер; фуллерендер мен нанотүтіктер «бөлшектердің тұзақтары» ретінде
2007	D-Wave 16-кубит кванттық компьютердің жасалғанын жариялады
2012	D-Wave 84 кубитті қолданатын кванттық есептеулерді жариялады
2017	D-Wave Systems Inc. 2000 кубитті D-Wave 2000Q кванттық күйдіргішін жариялады
	Microsoft 32 кубитті Q Sharp ұсынады
2018	Google 72-кубит кванттық чиптің жасалғанын жариялады
	Google кванттық басымдылық туралы мәлім етті: 54 кубит 200 секундта операцияларды орындай алады, бұл суперкомпьютерді аяқтау үшін шамамен 10 000 жыл қажет.
	IBM 53 кубит құлпын ашты
2020	Қытай зерттеушілері классикалық суперкомпьютерлерден 100 триллион есе жылдамырақ 76-кубиттік фотонды жүйе арқылы кванттық үстемдікке қол жеткіздік дейді.
	IBM 1121 квант кванттық компьютерді және 2030 жылы 1 миллион кванттық компьютерді жасайтынын айтты.

Кванттық компьютерлердің негізгі түсініктері

Кванттық механика

Кванттық механика - фотондар, электрондар, атомдар, молекулалар және т.б. сияқты микроскопиялық жүйелердің әрекетін сипаттайтын теория.

6 – кесте. Классикалық және кванттық механикалардың айырмашылықтары

Классикалық механика	Кванттық механика
Макроскопиялық бөлшектер туралы	Біз микроскопиялық бөлшектер туралы айтып отырмыз
Ол Ньютонның қозғалыс заңдарына және Максвеллдің электромагниттік толқындар теориясына негізделген.	Ол Шредингер теңдеуіне негізделген
Кез келген энергия мөлшері үздіксіз шығарылуы немесе жұтылуы мүмкін.	Планк постулатында энергияның тек дискретті мәндері шығарылады немесе жұтылады - «кванттың» бастауы.
Жүйенің күйі олардың орналасуы мен жылдамдығын көрсету арқылы дәл анықталады.	Гейзенбергің белгісіздік принципі мен де Бройльдің материяның қос табиғаты (бөлшек пен толқын) туралы гипотезасына байланысты жүйенің күйін дәл анықтау мүмкін емес.
Болашақ жағдайды сенімді түрде болжауға болады	Ол кеңістіктегі әртүрлі жерлерде бөлшектерді анықтау ықтималдығын береді



29 - сурет. IBM Q кванттық жүйесі



30 – сурет. 76 кубитті фотонға негізделген қытайлық кванттық компьютер

Кванттық бит (Qubit) - кванттық компьютердегі ақпараттың ең кіші бірлігі. Ол Шредингер тендеуіндегі толқындық функцияның күйін көрсетеді. Кубит қосулы (1) немесе өшірулі күйде (0) болуы мүмкін.

7 – кесте. Классикалық және кванттық биттің айырмашылықтары

Классикалық бит	Кванттық бит
Екі түрлі күйде болуы мүмкін: 0 және 1.	$ 0\rangle$ күйінде немесе $ 1\rangle$ күйінде немесе екі күйдің сызықтық комбинациясы болып табылатын кез келген басқа күйде болуы мүмкін.
Толық өлшеуге болады	Берілген ықтималдықпен ішінара өлшеуге болады
Өлшегенде өзгермейді	Өлшеу нәтижесіндегі өзгеріс
Көшіруге болады	Көшіру мүмкін емес
Өшіруге болады	Өшіру мүмкін емес

Кубиттердің және орасан зор кванттық қуаттың артықшылықтары:

- Кубиттерді қосу сақтау сыйымдылығын экспоненциалды түрде арттырады.
 - Кванттық компьютер қосылған әрбір кубитпен қуатты екі есе арттырады
 - Сандық компьютердің қуатын екі есе арттырыңыз: 32 бит -> 64 бит.
 - Кванттық компьютердің қуатын екі есе арттырыңыз: 32 кубит -> 33 кубит.
- Барлық суперпозициялар бойынша операцияларды орындай алады... мысалы, жаппай параллельді есептеулер.
 - n биттері бар классикалық компьютерлерде кодталған 2^n санымен бір математикалық операция 2^n қадамды немесе параллель процессорларды қажет етеді, бірақ n кубитпен кодталған 2^n санмен бірдей операция 1 қадамды алады.
 - 64 биттік компьютер 64 биттік екілік сандарды бір уақытта басқара алады.
 - 64-кубит кванттық компьютер 264 өлшемді немесе кванттық жүйенің күйін анықтайтын шамамен 16 000 000 000 000 000 000 ($16 \cdot 10^{18}$) саннан тұратын кеңістікте жұмыс істейді.

- Бұл кванттық компьютердің көмегімен күрделі есептерді шешуді айтарлықтай жеңілдетеді.

Кванттық алгоритмдер

Кванттық жүйедегі мәселені классикалық компьютерге қарағанда тезірек шешу мүмкін болуы мүмкін (яғни, аз қадамдарды қолдану).

- Факторизация және іздеу кванттық алгоритмдер белгілі және кез келген классикалық алгоритмдерге қарағанда жылдамырақ жұмыс істейтін есептердің мысалдары болып табылады.
- Криптография және ақпарат қауіпсіздігі үшін.
- Неліктен кванттық алгоритм кез келген классикалық алгоритмге қарағанда жылдамырақ болады?
 - Кванттық параллелизм: кванттық күйлердің суперпозицияларын пайдалана отырып, компьютер бір уақытта барлық ықтимал кірістерде алгоритмді орындайды.
 - Кванттық Гильберт кеңістігінің өлшемі: Кванттық жүйенің күй кеңістігінің «өлшемі» сәйкес классикалық жүйенің өлшемінен экспоненциалды түрде үлкен.
 - Штатсу сыйымдылығы: Кванттық компьютердегі әртүрлі ішкі жүйелер (кубиттер) классикалық емес корреляцияларды көрсете отырып, шиеленісіп қалады.

8 – кесте. Атақты кванттық алгоритмдер

Алгоритм	Классикалық қадамдар	Кванттық логика қадамдары
Фурье түрлендіруі, мысалы: - Шордың қарапайым факторизациясы - Дискретті Логарифмнің міндеті - Алгоритм Deutsch Jozsa	$N \log(N) = n2^n$ $N = 2^n$ - n кубит - N сан	$\log^2(N) = n^2$ - Толқындық функцияның құлдырауы ақпаратқа тікелей қол жеткізуге мүмкіндік бермейді.
- Іздеу алгоритмі	N	$\sqrt{N}$
Кванттық моделдеу	C^N бит	kn кубит

Кванттық есептеу

Кванттық есептеу - бұл ақпараттық технологиядағы салыстырмалы түрде жаңа сала және қазіргі уақытта кванттық есептеулермен жұмыс істеу үшін қолданылатын бірнеше бағдарламалау тілдері мен бағдарламалық құралдар бар. Міне, олардың бірнешеуі:

Кванттық есептеулерге арналған бағдарламалау тілдері:

- Q# (Q Sharp): кванттық есептеулерге мамандандырылған Microsoft әзірлеген бағдарламалау тілі.
- Qirrer: кванттық алгоритмдерді сипаттауға арналған функционалды бағдарламалау тілі.

- Silq: кванттық алгоритмдерді құрудың ыңғайлы және интуитивті әдісін уәде ететін бағдарламалау тілі.

Кванттық есептеулерге арналған бағдарламалық құралдар:

- Qiskit: кванттық компьютерлермен жұмыс істеуге арналған IBM ашық платформасы, qiskit құралдарын, кітапханаларын және бағдарламалау тілін қамтиды.
- Cirq: кванттық тізбектермен жұмыс істеуге арналған құралдарды ұсынатын Google кванттық алгоритмдерді әзірлеуге арналған негіз.
- Forest SDK: rigetti Computing ұсынған кванттық есептеу бағдарламалау құралдарының жиынтығы.

Тапсырмалар:

1. Кванттық компьютерлердің жұмыс принциптерін зерттеп, негізгі ұғымдармен танысыңыз: кубит, суперпозиция, шатасу және кванттық гейттер.

Қосымша материалдар:

<https://www.coursera.org/learn/introduction-to-quantum-information>

<https://www.ibm.com/topics/quantum-computing>

2. Қарапайым кванттық есептеулерді жүзеге асыру үшін Python және қажетті кітапхана – numpy-ді компьютеріңізге орнатыңыз.

Бақылау сұрақтары:

1. Кванттық компьютер дегеніміз не және ол қандай мақсатта қолданылады?
2. Кванттық бит (Qubit) дегеніміз не және оның қандай күйлері бар?
3. Классикалық және кванттық биттің айырмашылықтарын атаңыз.
4. Неліктен кванттық алгоритм кез келген классикалық алгоритмге қарағанда жылдамырақ болады?
5. Кванттық есептеулерге арналған бағдарламалау тілдері мен бағдарламалық құралдарды атаңыз.