

стану пацієнтів. Перераховані технології забезпечують медперсонал надійною та своєчасною інформацією. Головна ж перевага – висока інформативність вихідних даних.

Традиційна концепція взаємовідносин лікар-пацієнт також зазнають змін, оскільки інформаційні технології використовуються для зменшення потреб в особистих консультаціях.

У найближчий час, в сфері охорони здоров'я будуть активно проводитися дослідження і розробки в наступних напрямках:

-Штучний інтелект для збору індивідуальних і популяційних даних з метою діагностики хвороб;

-Персоналізована медицина, з індивідуалізованим процесом діагностики і лікування пацієнтів;

-Телемедицина, віддалені роботи-хірурги, онлайн-програми діагностування, телеоперації;

Отже, інформаційні технології можуть автоматизувати складну статистичну роботу медиків і допоможуть виявити, які характеристики свідчать про те, що пацієнт матиме певну реакцію на певне лікування. Тож алгоритм може передбачити ймовірну реакцію пацієнта на певне лікування.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. О. А. Шпинковський // Інформ. системи та технології в медицині (ISM-2018): І Міжнар. наук.-практ. конф., 28-30 лист. 2018 р.: зб. наук. пр. / ХНУРЕ. – Харків, 2018.

*Савчук А.О.,*

*Криворізький національний університет*

*Шаповалова Н. Н.,*

*ст. викладач, Криворізький національний університет*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ КВАНТОВИХ ОБЧИСЛЕНЬ ДЛЯ ЗАДАЧ МАШИННОГО НАВЧАННЯ**

*Розглянуто стан розвитку області квантових обчислень на поточний момент. Проведено дослідження можливостей квантового програмування для реалізації задач машинного навчання. Зроблено порівняння найпродуктивніших традиційних алгоритмів машинного навчання та їх квантових аналогів.*

На сьогоднішній день активно розвивається галузь наукових досліджень обчислювальних можливостей квантових комп'ютерів, а також шляхи подолання проблеми декогеренції для побудови надійних багатокубітних систем. З метою зайняти провідні позиції в «квантових перегонах» в розвиток технологій квантових обчислень інвестують уряди таких країн, як Китай, США, Німеччина, Швейцарія, Росія тощо. Не відстають і приватні компанії, серед яких Google, IBM, Microsoft, Intel, Amazon. Величезну роль в досягненні «квантової переваги» відіграє кількість кубіт, але не менш важливим, можна навіть сказати, вирішальним фактором є «квантовий обсяг» – метрика, яка визначає потужність квантового комп'ютера в сукупності з рівнем помилок, виникаючих при обчисленнях. На сьогоднішній день провідну позицію за цим показником займає компанія Honeywell, встановивши рекорд в 64 одиниці квантового об'єму [1].

Однак, квантові комп'ютери можуть виявитися марними без відповідних наукових знань про їх належне використання. У зв'язку з цим компанія IBM веде політику заохочення інтересу до досліджень в цій сфері, надаючи апаратні (IBM Q) та програмні (Qiskit) засоби на безоплатній основі для можливості проведення експериментів за бажанням будь-кого на реально існуючих квантових установках порядку від 1 до 16 кубіт, з квантовим об'ємом від 1 до 32 одиниць.

В якості однієї з найважливіших сфер використання квантових комп'ютерів можна виділити криптографію. Ще у 1994 П. Шор винайшов алгоритм факторизації великих чисел. За прогнозами вчених Національної академії наук США, в найближчі 25 років за допомогою алгоритму Шора можна буде зламати алгоритм шифрування RSA всього за 8 годин [2].

Іншими можливими сферами використання квантових комп'ютерів стануть молекулярне моделювання хімічних реакцій, які є квантовими за своєю природою, а також квантове машинне навчання, здатне експоненціально прискорити пошук потрібного рішення в величезному просторі варіантів.

Системи лінійних рівнянь (СЛР) у машинному навчанні є основою багатьох алгоритмів. У загальному вигляді, система з  $n$  рівнянь записується так:

$$A\vec{x} = \vec{b} \quad (1)$$

Для того, щоб отримати рішення, необхідно знайти зворотну матрицю  $A^{-1}$ :

$$\vec{x} = A^{-1}\vec{b} \quad (2)$$

На швидкодію рішення СЛР впливають такі параметри:  $n$  – розмір СЛР,  $k$  – число обумовленості матриці  $A$ ,  $s$  – розрідженість матриці  $A$ ,  $\varepsilon$  – точність рішення.

Серед традиційних алгоритмів для знаходження вектора рішення  $\vec{x}$  в якості оптимального алгоритму можна виділити метод сполучених векторів. Матриця  $A$  в цьому випадку повинна бути дійсною і відповідати умові  $A = A^T > 0$ .

Для вирішення СЛР на квантовому комп'ютері використовується алгоритм ННЛ. Так як в квантових алгоритмах можна використовувати тільки унітарні оператори, матриця  $A$  має бути ермітовою.

Складність обчислень у методу сполучених векторів дорівнює  $O(nsk \log(1/\varepsilon))$ . Алгоритм ННЛ має обчислювальну складність  $O(k^2 s^2 \varepsilon^{-1} \log n)$ , що забезпечує експоненціальне прискорення в залежності від розміру СЛР.

Метод аналізу головних компонент (АГК) застосовується для відсіювання корелюючих ознак і зниження розмірності. Найбільш витратною дією цього алгоритму вважається, власне, розкладання коваріаційної матриці  $\sigma$ :

$$\sigma = \frac{1}{n-1} X^T X \quad (4)$$

де  $X$  – матриця даних розмірності  $m \times n$ ,  $m$  – точки даних,  $n$  – ознаки.

Традиційний алгоритм АГК має обчислювальну складність  $O(d)$ , де  $d$  – кількість ознак. Квантовий аналог даного методу виконується за час  $O(R \log d)$ , де  $R$  – найменший ранг наближення коваріаційної матриці. Експоненціальне прискорення квантовим алгоритмом при цьому досягається за умови  $R < d$ .

## ВИСНОВКИ

В ході досліджень можливостей квантових аналогів алгоритмів машинного навчання було встановлено, що такі алгоритми доцільно використовувати тільки в тих випадках, коли розмірність даних досягає таких обсягів, що традиційні алгоритми не викону-

ються за розумний час. Таким чином, можна підсумувати, що квантові обчислення можуть використовуватися тільки для специфічних, складних завдань, і ніколи повністю не замінять класичні.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Demonstration of the QCCD trapped-ion quantum computer architecture [Електронний ресурс] / J. M. Pino, J. M. Dreiling, C. Figgatt та ін.] // arXivLabs. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://arxiv.org/abs/2003.01293>.
2. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Quantum Computing: Progress and Prospects [Електронний ресурс] / National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine // Washington, DC: The National Academies Press. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.17226/25196>.

*Олійник К.О., Романюк О.С.  
Харківський національний університет  
радіоелектроніки  
Руденко О.Г.,  
д.т.н., професор, Харківський національний  
університет радіоелектроніки.*

#### **ФАКТОРИЗОВАНІ АЛГОРИТМИ НАВЧАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ПРЯМОГО ПОШИРЕННЯ**

*Розглянуто факторизовані алгоритми навчання штучних нейронних мереж прямого поширення, які з метою спрощення реалізації та підвищення обчислювальної стійкості використовують ортогональне розкладання коваріаційної матриці спостережень. Результати моделювання свідчать про ефективність підходу, що розглядається.*

В основі багатьох завдань обробки інформації (обробка і фільтрація складних сигналів, ідентифікація об'єктів і управління ними, прогнозування часових послідовностей і т.д.) лежить завдання побудови в загальному випадку нелінійної моделі виду:

$$y^*(k) = f(\theta_0, u(k)) + \xi(k), \quad (1)$$