УДК 004.652: 519.765:519.767:004.93

Б.М. Павлишенко

Львівський національний університет імені Івана Франка,
Україна, pavlsh@yahoo.com

КВАНТОВИЙ АЛГОРИТМ ПОШУКУ КЛЮЧОВИХ СЛІВ У МАСИВАХ ТЕКСТОВИХ ДАНИХ

Запропонована модель квантового запису масиву текстових даних. Проаналізовано пошук ключових слів у квантовій базі даних текстових масивів, використовуючи елементи алгоритму Гровера. Показана ефективність квантового алгоритму у випадку великих розмірів текстових масивів, які суттєво перевищують розмір словника, та у випадку багатократної появи ключових слів в аналізованому текстовому масиві.

КВАНТОВІ ОБЧИСЛЕННЯ, АНАЛІЗ ТЕКСТІВ, КВАНТОВИЙ АЛГОРИТМ ГРОВЕРА

Вступ

Квантові комп'ютери та алгоритми є новим перспективним напрямком сучасних інформаційних технологій. Вони дають можливість суттєво пришвидшити розв'язок деяких класів задач внаслідок реалізації квантового паралелізму та заплутаності квантових станів. Одним із відомих квантових алгоритмів є алгоритм Гровера для пошуку даних у неструктурованій базі даних [1,2,3]. Цей алгоритм дає можливість знайти дані, які відповідають певним критеріям за час $O(\sqrt{N})$, використовуючи кількість елементів пам'яті, пропорційну $O(\log N)$, де N – кількість елементів бази даних. В порівнянні із класичним алгоритмом, в якому пошук здійснюється за час $O(N)$, алгоритм Гровера дає квадратичне прискорення розв'язку, що є актуальним при великих значеннях *N*. Особливістю квантового алгоритму Гровера є те, що він є імовірнісним алгоритмом, тобто дає правильний розв'язок із заданою ймовірністю, яка може бути збільшена шляхом повторного використання алгоритму. Алгоритм Гровера може бути складовою частиною інших квантових алгоритмів, зокрема, в роботі [4] він використовується для еволюційного аналізу кліткових автоматів. Інтелектуальний аналіз даних, зокрема, текстового типу є також одним із поширених напрямків інформаційних технологій. Зростаючий об'єм інформації зумовлює пошук нових комплексних рішень для інтелектуального аналізу даних. З цих позицій є перспективним розгляд можливих квантових алгоритмів аналізу слабо структурованих даних, таких як текстові масиви.

На даний час розвитку квантових комп'ютерів розроблені лише елементарні базові елементи та пристрої з квантовим регістром, який містить декілька кубітів. Тому паралельно із розвитком елементної бази є необхідність розробки систем чисельного моделювання квантових алгоритмів на класичних комп'ютерах. В даній роботі розглянемо чисельне моделювання алгоритму Гровера для реалізації квантового пошуку ключових слів у масиві текстів.

1. Постановка задачі

Розглянемо базові елементи квантових обчислень, які можуть бути використані в алгоритмах аналізу текстів. Створимо модель квантового запису масиву текстових даних. Розглянемо пошук заданих ключових слів у квантовій базі даних текстових масивів, використовуючи елементи алгоритму Гровера. Проаналізуємо ефективність квантового пошуку ключових слів у порівнянні із класичними алгоритмами.

2. Базові елементи квантових обчислень

Розглянемо базові квантові принципи реалізації квантових алгоритмів [5,6]. Основною відмінністю квантового біта - кубіта від класичного біта є те, що кубіт крім станів $|0\rangle$ і $|1\rangle$ може також знаходитись в суперпозиції цих станів

$$|\psi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle .$$

Стани $|0\rangle$ і $|1\rangle$ є базисними векторами, які можна представити у матричному вигляді

$$|0\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \; |1\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Регістр із *n* кубітів $|x_1, x_2, ... x_n\rangle$ утворює суперпозицію із $N = 2^n$ станів, яку можна записати так:

$$|\psi\rangle = \sum_{i=0}^{N-1} a_i |i\rangle .$$

Ортонормований базис $\{ \; |0\rangle, |1\rangle, ... |2^n - 1\rangle \; \}$ називають обчислювальним базисом.

Розглянемо однокубітні квантові вентилі. Розрахунки в квантових алгоритмах здійснюють за допомогою унітарних перетворень, які можна розглядати як повороти комплексного векторного простору. Розглянемо базові операції над кубітами. Оператор тотожного перетворення не змінює значення кубітів і має вигляд

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Операцію заперечення використовують для реалізації інверсії значень кубітів і визначають так:

$$X = |0\rangle\langle 1| + |1\rangle\langle 0| .$$

У спінорному зображенні оператор заперечення має вигляд матриці

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Одним із важливих елементів є «контрольоване НЕ», яке здійснюється над двома кубітами і змінює значення другого кубіта на протилежне, якщо значення першого кубіта рівне 1. Цей логічний елемент може бути визначений як

$$U_{CNOT} = |0\rangle\langle 0| \otimes I + |1\rangle\langle 1| \otimes X ,$$

а матриця оператора унітарного перетворення «контрольоване НЕ» має вигляд

$$U_{CNOT} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Дію вентиля «контрольоване НЕ» можна зобразити так:

$$U_{CNOT} : |a,b\rangle \to |a, a \oplus b\rangle ,$$

де $\oplus$ означає сумування за модулем 2. Ще одним важливим логічним елементом є вентиль Тоффолі, який діє на три кубіти і змінює значення третього кубіта на протилежне, якщо значення першого та другого кубітів рівне 1. Від логічного елемента «контрольоване НЕ» вентиль Тоффолі відрізняється наявністю ще одного додаткового керуючого кубіта. Цей вентиль можна визначити так:

$$T = |0\rangle\langle 0| \otimes I \otimes I + |1\rangle\langle 1| \otimes U_{CNOT} .$$

Перетворення Тоффолі можна зообразити в такому вигляді:

$$T : |a,b,c\rangle \to |a,b,c \oplus ab\rangle .$$

Вентиль Тоффолі є універсальним квантовим логічним елементом на основі якого можна побудувати оборотну квантову машину Тюрінга. В подальших дослідженнях будемо використовувати вентиль Тоффолі із *n* керуючими кубітами. В такому вентилі відбувається інверсія керованого кубіта при умові, що *n* керуючих кубітів мають значення $|1\rangle$.

3. Представлення текстових масивів у квантовій пам'яті

Нехай існує деякий текстовий масив, який можна представити у вигляді впорядкованої множини

$$T = \{ t_i | i = 1,2,...N_t \} ,$$

де N_t – кількість слів у текстовому масиві. Індекс кожного елемента цієї множини відповідає його положенню в текстовому масиві. Словник слів цього масиву розглянемо у вигляді такої впорядкованої множини:

$$W = \{ w_i | i = 1,2,...N_w \} ,$$

де N_w – кількість слів у словнику. Кожне слово w_i цього словника можна закодувати його номером *i* за допомогою відображення

$$U_w : \; w_i \to i .$$

Для простоти розгляду будемо вважати, що розмір множини текстового масиву рівний $N_t = 2^{(nt)}$, а розмір словника рівний $N_w = 2^{(nw)}$. Тоді для кодування положення слова в масиві потрібно *nt* двійкових елементів, а для кодування положення номера слова у словнику потрібно *nw* двійкових елементів. Нехай квантовий регістр складається із двох частин $|qt\rangle$ і $|qw\rangle$:

$$|qt\rangle \otimes |qw\rangle,$$
$$|qt\rangle = |q_1^t, q_1^t, ..., q_{nt}^t\rangle,$$
$$|qw\rangle = |q_1^w, q_1^w, ..., q_{nw}^w\rangle.$$

Регістр $|qt\rangle$ описує положення слова у текстовому масиві, а регістр $|qw\rangle$ описує положення слова у словнику. Введемо додатковий кубіт $|f\rangle$, який буде відображати наявність слова із заданим номером в заданій позиції текстового масиву. Тобто, якщо дане слово присутнє в заданій позиції, то значення цього кубіта рівне $|1\rangle$, в іншому випадку рівне $|0\rangle$. Тоді весь текстовий масив можна буде записати у вигляді такої системи кубітів

$$|qr\rangle = |q_1^t, q_1^t, ..., q_{nt}^t\rangle \otimes |q_1^w, q_1^w, ..., q_{nw}^w\rangle \otimes |f\rangle . \qquad (1)$$

Для запису в квантову пам'ять тексту довжиною N_t, який містить словник розміром N_w, достатньо $nt + nw + 1 = \log_2(2 \cdot N_t \cdot N_w)$ кубітів. Така експоненційна економія квантової пам'яті у порівнянні із класичною пам'яттю можлива внаслідок реалізації квантового паралелізму. Наприклад, якщо словник містить 2^{15} слів, а текстовий масив 10^{40} слів, що приблизно відповідає обсягу світової класичної літератури, то для запису такої інформації необхідно лише 15+40+1=56 кубітів. Для запису всієї відомої текстової інформації потрібно буде лише декілька сотень кубітів.

Запис тексту в квантову пам'ять розглянемо феноменологічно за допомогою квантового оракула. В теорії квантових обчислень показано, що на основі однокубітних та двокубітних квантових унітарних вентилів можна побудувати еквівалентні алгоритми класичної машини Тюрінга. Під оракулом будемо розуміти деяке формалізоване унітарне перетворення, за допомогою якого реалізуються наперед задані обчислення. Елементи текстового масиву визначаються квантовими станами складеного регістру кубітів (1). Суперпозиція цих станів утворює вектор в комплексному Гільбертовому просторі. Цей вектор є квантовим еквівалентим відображенням текстових даних. Розглянемо послідовність квантового запису тексту. Кубіт $|f\rangle$ візьмемо в початковому стані $|0\rangle$, а регістри $|qt\rangle$, $|qw\rangle$ в початкових станах $|0\rangle^{\otimes(nt)}$ та $|0\rangle^{\otimes(nw)}$ відповідно. Застосуємо однокубітні унітарні перетворення Адамара до регістрів $|qt\rangle\otimes|qw\rangle\otimes|f\rangle$:

$$|\psi\rangle = H^{\otimes(nt)} \otimes H^{\otimes(nw)} \otimes I\left(|qt\rangle\otimes|qw\rangle\otimes|f\rangle\right).$$

В результаті отримаємо

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2^{nt+nw}}}\sum_{i=0,\,j=0}^{N_t,N_w}|i\rangle\otimes|j\rangle\otimes|0\rangle. \quad (2)$$

Суперпозиція $|\psi\rangle$ містить базисні ортогональні стани, кожен з яких відповідає одному положенню визначеного слова у тексті. В процесі вимірювання відбувається редукція суперпозиції до одного базового стану, який відповідає одному слову в деякому положенні. Отже, та кількість памяті, яка в класичному випадку необхідна для запису одного слова, у квантовому випадку є достатньою для запису цілого текстового масиву. Нехай наявність заданого слова у певному місці тексту описується функцією $f_q(qt,qw)$, де індекс qt описує положення слова у тексті, а індекс qw описує положення цього слова у словнику. У випадку наявності заданого слова у заданому місці тексту функція набуває значення 1, інакше 0. Процес запису текста у квантову пам'ять опишемо унітарним перетворенням U_F, яке визначається квантовим оракулом

$$U_F : |qt\rangle\otimes|qw\rangle\otimes|f\rangle \to$$
$$\to |qt\rangle\otimes|qw\rangle\otimes\left|f\oplus f_q(qt,qw)\right\rangle,$$

де $\oplus$ означає сумування за модулем 2. Враховуючи, що кубіт $|f\rangle$ є в початковому стані $|0\rangle$, отримаємо

$$U_F : |qt\rangle\otimes|qw\rangle\otimes|0\rangle \to |qt\rangle\otimes|qw\rangle\otimes\left|f_q(qt,qw)\right\rangle. \quad (3)$$

4. Пошук заданого ключового слова у квантовій базі даних

Завдання полягає в пошуку деякого ключового слова w_k, яке може бути закодоване у вигляді квантового стану

$$|qk\rangle = \left|q_1^k, q_1^k, \ldots, q_{nw}^k\right\rangle.$$

Використаємо вентиль Тоффолі для знаходження квантових станів, в яких закодовані ключові теги. Введемо в систему кубітів (1) додатковий кубіт – анцилу $|z\rangle$, отримаємо

$$|qr\rangle = |qt\rangle\otimes|qw\rangle\otimes\left|f_q(qt,qw)\right\rangle\otimes|z\rangle. \quad (4)$$

Подіємо на кубіт $|z\rangle$ в стані $|1\rangle$ оператором Адамара

$$|z\rangle = H|1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(|0\rangle - |1\rangle\right). \quad (5)$$

Допоміжний кубіт $|z\rangle$ буде керуватись за допомогою $nw+1$-мірного елемента Тоффолі T_{nw+1}, в якому керуючими кубітами виступають nw кубітів регістру $|qw\rangle$ та кубіт $|f(qt,qw)\rangle$. Значення кубіта $|z\rangle$ в квантовому стані може змінитись під впливом вентиля Тоффолі у випадку, коли всі кубіти регістру $|qw\rangle$ та кубіт $|f(qt,qw)\rangle$ будуть рівні одиниці. Щоб перевести значення кубітів у значення $|1\rangle$ для квантових станів, які описують ключове слово w_i, розглянемо унітарний оператор, який є тензорним добутком однокубітних операторів

$$S_T = I^{\otimes(nt)} \otimes \left(\bigotimes_{i=1}^{nw} S_i\right) \otimes I \otimes I, \quad (6)$$

де $S_i = \begin{cases} I, q_i^k = 1; \\ X, q_i^k = 0; \end{cases}$

Оператор S_T переводить квантові базисні стани регістру $|qr\rangle$ у стани, в яких значення регістру $|qw\rangle$ рівні 1, якщо співпадають кодування слова в тексті та ключового слова $|qw\rangle = |qk\rangle$, тобто

$$S_T|qr\rangle = |qt\rangle\otimes|1,1,\ldots1\rangle_{nw}\otimes|f(qt,qw)\rangle\otimes|z\rangle,$$

якщо $|qw\rangle = |qk\rangle$.

Розглянемо оператор

$$U_T = (S_T)\cdot(I^{\otimes(nt)}\otimes T_{nw+1})\cdot(S_T). \quad (7)$$

Подіємо цим оператором на систему регістрів кубітів $|qr\rangle$. Перша справа група операторів виділених дужками переводить регістр $|qw\rangle$ у значення $|1,1,\ldots1\rangle_{nw}$ для станів, які відповідають шуканим ключовим словам, друга група операторів реалізує інверсію керованого кубіта $|z\rangle$ для шуканих станів, третя група повертає змінені першою групою стани у стан перед застосуванням оператора U_T. В результаті дії оператора U_T отримаємо

$$|\psi\rangle_T = U_T\left(\frac{1}{\sqrt{2^{nt+nw}}}\sum_{x=1}^{x=2^{nt+nw}}|x\rangle\otimes|f(x)\rangle\otimes|z\rangle\right) =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2^{nt+nw}}}\times\left(\sum_{x\notin X_k}|x\rangle\otimes|f(x)\rangle - \sum_{x\in X_k}|x\rangle\otimes|f(x)\rangle\right)\otimes|z\rangle, \quad (8)$$

$$|x\rangle = |qt\rangle\otimes|qw\rangle,$$

де X_k – множина станів суперпозиції, які відповідають кодуванню шуканих ключових слів. Допоміжний керований кубіт $|z\rangle$ не змінив свого значення під дією оператора U_T і знаходиться у стані (5), в якому він знаходився перед дією оператора U_T, тому його можна винести за дужки та вилучити із подальшого розгляду. Це зумовлено тим, що кубіт $|z\rangle$ був переведений в новий базисний стан (5) за допомогою оператора Адамара. Інверсія стану в цьому базисі є рівнозначна інверсії знаку амплітуди підсистеми квантових станів, в яких закодовані ключові слова. Роль цього кубіта полягала у тому, щоб під дією вентиля Тофолі він змінював свій знак на протилежний у квантових станах, які відповідають умові пошуку.

Умова рівності регістрів ключового тега та регістру кодування слова враховується в операторі S_T.

Наступним кроком алгоритму є переведення додаткового кубіта $|f\rangle$ у початковий базисний стан $|0\rangle$ та вилучення його із подальшого розгляду. Це можна зробити за допомогою унітарного оператора U_F^{-1}, який є оберненим до оператора U_F (3). В результаті отримаємо

$$|\psi\rangle_{F^{-1}} = U_F^{-1}|\psi\rangle_T = \frac{1}{\sqrt{2^{nt+nw}}}\left(\sum_{x\notin X_k}|x\rangle - \sum_{x\in X_k}|x\rangle\right),$$

$$|x\rangle = |qt\rangle \otimes |qw\rangle.$$

Отже, в результаті дії складеного оператора $U_F^{-1}U_T U_F$ отримаємо суперпозицію базисних рівноймовірнісних станів (2), в якій стани, що кодують наявні ключові слова, мають від'ємну амплітуду.

5. Підсилення амплітуд заданих квантових станів

Для того щоб при вимірюванні виявити квантові стани, в яких закодовані ключові слова, необхідно підсилити амплітуди шуканих станів. Таке підсилення амплітуд станів, які мають задані властивості, можна здійснити за допомогою оператора інверсії відносно середнього, який використовується в алгоритмі Гровера для пошуку в неструктурованій квантовій базі даних [1,2,3]. Оператор інверсії розглянемо у вигляді

$$U_G = 2|\psi_c\rangle\langle\psi_c| - I\ , \tag{9}$$

де $|\psi_c\rangle = H^{\otimes n}|0\rangle^{\otimes n} = \frac{1}{\sqrt{2^n}}\sum_{i=0}^{i=2^n-1}|i\rangle$.

В геометричній інтерпретації оператор U_G здійснює в Гільбертовому просторі дзеркальне відображення деякого вектора відносно осі, яка визначається вектором $|\psi_c\rangle$. Оператор інверсії можна представити сукупністю однокубітних операторів Адамара та операторів інверсії стану кубіта відносно базисного вектора $|0\rangle$

$$U_G = H^{\otimes n}(2|0\rangle\langle 0| - I)^{\otimes n} H^{\otimes n}.$$

Оператор U_G також називають оператором інверсії відносно середнього [1, 2, 3, 6], оскільки перетворення U_G можна зообразити

$$U_G : \sum_i a_i|i\rangle \to \sum_i (2A - a_i)|i\rangle\ ,$$

де A – середнє значення амплітуд a_i. Оператор U_G можна зообразити унітарною матрицею, елементи якої визначаються правилом

$$S_{ij} = \begin{cases} \frac{2}{N}, i \neq j \\ \frac{2}{N} - 1, i = j. \end{cases}$$

Підсилення амплітуд станів із інверсними знаками амплітуд відбувається внаслідок дії оператора інверсії U_G аналогічно до механізму, описаного в алгоритмі Гровера [1, 2, 3]. Враховуючи визначення операторів (3), (6), (7), (9), розглянемо ітерацію алгоритму Гровера у загальному вигляді складеного оператора

$$U_I = U_G U_F^{-1} U_T U_F\ . \tag{10}$$

Можна показати, що внаслідок реалізації ітерації U_I можна підсилити амплітуди заданих станів в 3 рази. Якщо шукане ключове слово зустрічається в текстовому масиві лише один раз, то аналогічно до алгоритму Гровера [1,2,3] оптимальна кількість ітерацій U_I буде

$$k_U \approx \frac{\pi}{4}\sqrt{N}, N = 2^{nt+nw},$$

де N – кількість квантових станів рівна $N = N_t N_w$. Отже, складість алгоритму в даному випадку буде $O(\sqrt{N})$. Якщо кількість шуканих ключових тегів рівна l, тоді згідно із [1,2,3,6] кількість необхідних ітерацій буде рівна

$$k_U \approx \frac{\pi}{4}\sqrt{\frac{N}{l}}\ .$$

Однак наперед невідомо, яка кількість входжень ключового слова в текстовому масиві. В такому випадку можна провести серію реалізацій алгоритму Гровера із кількостями ітерацій U_I, які утворюють прогресію

$$k_U = 1, 2, 4, 8, \ldots l_U\ ,$$

де l_U – деяке максимальне значення кількості ітерацій U_I. Тобто спочатку реалізується алгоритм з однією ітерацією, потім із двома і т.д. Якщо в цій серії реалізацій алгоритму при вимірюванні виявлено шукані квантові стани, тоді можна прийняти рішення про наявність шуканого ключового слова в аналізованому текстовому масиві, а також оцінити кількість появи цього слова в текстовому масиві. Можна показати, що складність алгоритму в такому випадку є також $O(\sqrt{N})$. В класичному алгоритмі складність пошуку в неструктурованому текстовому масиві буде $O(N_t)$. Враховуючи те, що $N = N_t N_w$, можна побачити, що не для всіх випадків квантовий алгоритм дасть поліноміальне прискорення обчислень. Наприклад, коли $N_t \approx N_w$, складність пошуку класичного та квантового алгоритму буде співмірною. Поліноміальне прискорення алгоритму буде спостерігатись для випадку, коли розмір текстового масиву суттєво перевищує розмір словника, тобто $N_t >> N_w$.

Висновки

В роботі розглянута модель запису текстових масивів у квантову пам'ять. Запропонований квантовий алгоритм пошуку ключових слів у текстових масивах. Реалізація цього алгоритму здійснюється на основі квантових логічних елементів, зокрема, з використанням вентиля Тоффолі. Ітерація Гровера використовується для підсилення амплітуд квантових станів із заданими властивостями. Показано, що реалізація квантового алгоритму пошуку ключових слів у текстових масивах за деяких умов дає можливість експоненційно скоротити об'єм необхідної пам'яті та поліноміально зменшити час виконання алгоритму у порівнянні із класичними алгоритмами внаслідок реалізації квантового паралелізму. Ефективність квантового алгоритму зростає у випадку великих розмірів текстових масивів, які суттєво перевищують розмір словника, та у випадках багатократної появи ключових слів в аналізованому текстовому масиві.

Список літератури. 1. *Grover, L.K.* Quantum Mechanics helps in searching for a needle in haystack/ L.K.Grover // Phys.Rev. Lett. 79(2):325–328, 1997. **2.** *Zalka, C.* Grover's quantum searching algorithm is optimal./ C. Zalka. // *Phys. Rev. A.*, 60(4):2746–2751, 1999. **3.** *Lavor, C., Manssur, L.R.U., Portugal, R.* Grover's Algorithm: Quantum Database Search [Електронний ресурс] // C.Lavor, L.R.U. Manssur, R. Portugal // arXiv:quant-ph/0301079v1 (2003). **4.** *Pavlyshenko, B.* Quantum Algorithm of Evolutionary Analysis of 1D Cellular Automata [Електронний ресурс] // B. Pavlyshenko // arXiv:1001.4870v1 (2010). **5.** *Крохмальський, Т.* Квантові комп'ютери: основи й алгоритми (короткий огляд) [Текст]/ Т.Крохмальський // Журнал фізичних досліджень. – 2004. – Т. 8. – № 4. – С. 1-15. **6.** *Китаев, А.* Классические и квантовые вычисления [Текст] / А. Китаев, А. Шень, М. Вялий – М.: МЦНМО, ЧеРо, 1999. – 192 с.

Надійшла до редколегії 26.09.2011

УДК 004.652: 519.765:519.767:004.93

Квантовый алгоритм поиска ключевых слов в текстовых массивах данных / Б.М. Павлышенко // // Бионика интеллекта: науч.-техн. журнал. – 2011. – № 3 (77). – С. 157-161.

Предложена модель квантовой записи массива текстовых данных. Проанализирован поиск ключевых слов в квантовой базе данных текстовых массивов используя елементы алгоритма Гровера. Показана эффективность квантового алгоритма в случаэ больших размеров текстовых массивов, которые существенно превышают размер словаря и в случае многократного появления ключевых слов в анализированном массиве.

Библиогр.: 6 назв.

УДК 004.652: 519.765:519.767:004.93

The Quantum Algorithm of Key Words Search in Text Arrays / B.M. Pavlyshenko // // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. – 2011. – № 3 (77). –P. 157-161.

The model of text array quantum writing has been suggested. The search of key words in quantum database of text arrays with the use of Grover's algorithm elements has been analyzed. The effectiveness of quantum algorithm in case of large text arrays when their size exceeds essentially the dictionary size and in cases when key words appear repeateadly in the analyzed text array is shown.

Ref.: 6 items.