УДК 681.3+519.6

О.А. Пастух, к.т.н., доц.
Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕЧІТКОГО ЗАПИТУ ДО РЕЛЯЦІЙНОЇ БАЗИ ДАНИХ У НЕЧІТКИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ, КВАНТОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ ТА ЇХ ПОРІВНЯННЯ

Розглянуто чисельне моделювання нечіткого запиту до реляційної бази даних у нечітких інформаційних системах на основі лінгвістичних змінних із трьома термальними значеннями. Також розглянуто чисельне моделювання цього нечіткого запиту до реляційної бази даних у квантових інформаційних системах на основі лінгвістичних змінних із трьома термальними значеннями та квантового процесора, для якого написана мікропрограма в унітарно-операторній формі. Проведено порівняння результатів моделювання, що дало можливість встановити їх ідентичність.

Вступ. Загалом відомо [1], що обробку нечітких даних із врахуванням їх семантики краще здійснювати нечіткими інформаційними системами (*f*-системами), ніж інформаційними системами, оскільки *f*-системи враховують семантику нечітких даних, а інформаційні системи ні. Однак доволі часто при обробці великих обсягів нечітких даних, наприклад, нечітких запитів до великих реляційних баз даних (БД), *f*-системи використовують складні алгоритми, які вимагають великих витрат обчислювальних ресурсів. Вирішення таких труднощів можливе шляхом використання квантових інформаційних систем (*q*-систем), основним обчислювальним елементом яких є квантовий процесор, що володіє властивостями квантового паралелізму та квантової інтерференції. Але це можливо за умови наявності апріорних змодельованих відомостей щодо однаковості розв'язків, одержаних шляхом використання *f*-систем чи *q*-систем, зокрема, наприклад, однаковості відповідей на нечіткі запити до реляційних БД. Чисельне моделювання чого і розглядається у даній роботі.

Аналіз досліджень і публікацій. Моделюванню обробки нечітких даних *f*-системами присвячена велика кількість літературних джерел, серед яких слушно відмітити [1, 2]. Моделювання обробки нечітких даних *q*-системами висвітлено у невеликій кількості літературних джерел, наприклад [3].

Постановка завдання – здійснити чисельне моделювання нечітких запитів до реляційної БД на основі *f*-системи та *q*-системи і порівняти їх.

Основна частина.

1. Чисельне моделювання нечітких запитів до реляційної бази даних у нечітких інформаційних системах. Розгляньмо числовий експеримент, який імітує роботу *f*-систем, зокрема формування нечітких запитів до реляційної БД.

Нехай дано реляційну БД, що представлена у вигляді табл. 1, яка містить, наприклад, три поля: номер особи, вік, зріст та шість записів.

Таблиця 1

Таблична форма представлення реляційної БД

№	Вік	Зріст
1	30	170
2	40	185
3	30	200
4	30	185
5	50	155
6	60	200

Нехай, наприклад, з даної реляційної БД необхідно одержати такі дані: "Одержати список молодих осіб середнього зросту"'.

Нехай, наприклад, нечіткий атрибут поле "Вік" математично формалізується у вигляді лінгвістичної змінної fA інтервалу $[18, 60]$ із термами fA_1 ~ "Молодий", fA_2 ~ "Середній", fA_3 ~ "Старший", індикаторні функції яких наведено на рис. 1. А нечіткий атрибут поля "Зріст" математично формалізується у вигляді лінгвістичної змінної fB інтервалу [155, 200] (сантиметрів) із термами fB_1 ~ "Низький", fB_2 ~ "Середній", fB_3 ~ "Високий", індикаторні функції яких наведено на рис. 2.

Обчисливши для кожного запису агреговане значення індикаторної функції $I_{fA_1 \times fB_2}$ за допомогою операції нечіткого "і", яке наведено в табл. 2.

© О.А. Пастух, 2009

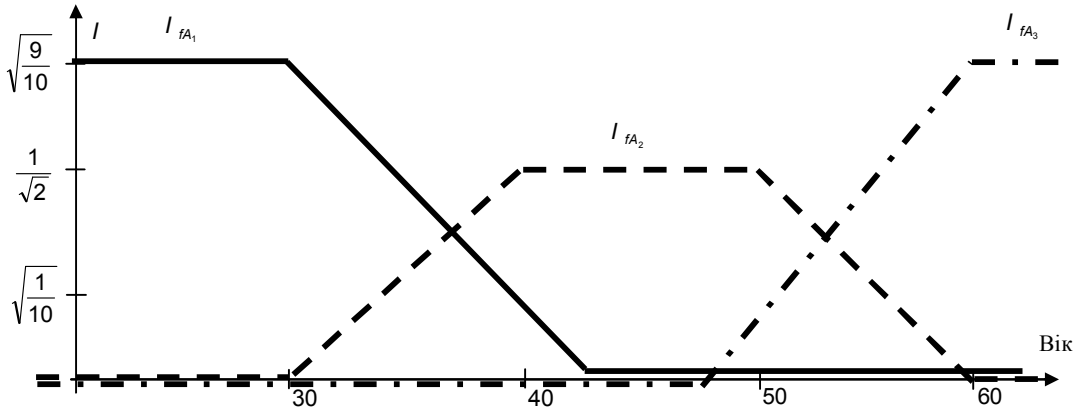

Рис. 1. Графічне представлення індикаторних функцій термів лінгвістичної змінної "Вік"

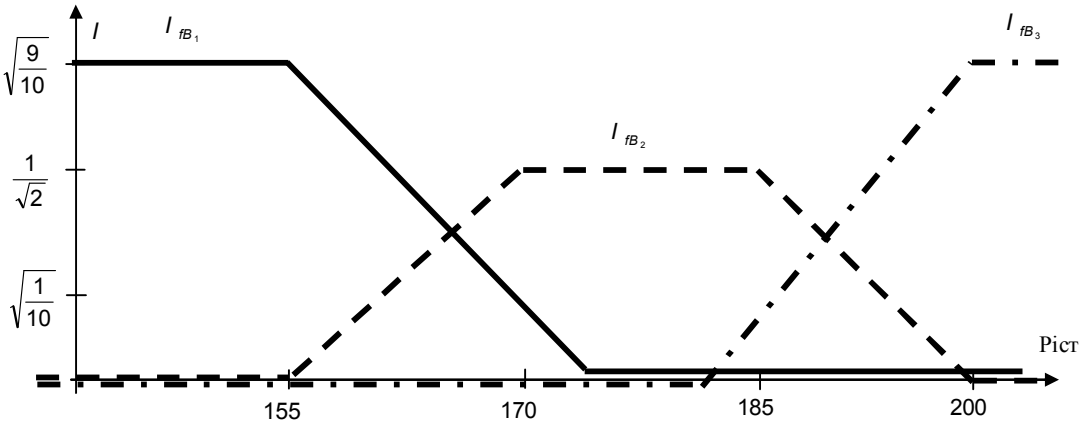

Рис. 2. Графічне представлення індикаторних функцій термів лінгвістичної змінної "Зріст"

Таблиця 2

Значення індикаторної функції для висловлювання, що будується шляхом нечіткої логічної зв'язки "і" термів "Молодий", "Середній"

№	Вік	Зріст	$I_{fA_1 \times fB_2}$
1	30	170	$\sqrt{9/10} \cdot 1/\sqrt{2}$
2	40	185	$\sqrt{1/10} \cdot 1/\sqrt{2}$
3	30	200	$\sqrt{9/10} \cdot 0$
4	30	185	$\sqrt{9/10} \cdot 1/\sqrt{2}$
5	50	155	$0 \cdot 0$
6	60	200	$0 \cdot 0$

Одержується результат нечіткого запиту, який наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Значення індикаторної функції для висловлювання, що будується шляхом нечіткої логічної зв'язки "і" термів "Молодий", "Середній"

№	Вік	Зріст	$I_{fA_1 \times fB_2}$
1	30	170	$\sqrt{9/20}$
2	40	185	$1/\sqrt{20}$
4	30	185	$\sqrt{9/20}$

2. Чисельне моделювання нечітких запитів до реляційної бази даних у квантових інформаційних системах.

Розгляньмо числовий експеримент, який імітує роботу *q*-систем, зокрема формує відповідь на нечіткий запит “Одержати список молодих осіб середнього зросту” до реляційної БД, що наведена у табл. 1.

Нехай квантовий регістр квантового процесора *q*-системи містить чотири квантових біти q_1, q_2, q_3, q_4. Закодуємо числа 30, 40, 50, 60 з інтервалу $[18; 60]$ лінгвістичної змінної fA (“Вік”) у базисні стани кубітів q_1 та q_2 відповідно $|0_2 0_1\rangle$, $|0_2 1_1\rangle$, $|1_2 0_1\rangle$, $|1_2 1_1\rangle$, а числа 155, 170, 185, 200 з інтервалу $[155; 200]$ лінгвістичної змінної fB (“Зріст”) у базисні стани кубітів q_3 та q_4 відповідно $|0_4 0_3\rangle$, $|0_4 1_3\rangle$, $|1_4 0_3\rangle$, $|1_4 1_3\rangle$. Розгляньмо квантову мікропрограму для даного чотирикубітного квантового процесора *q*-системи в унітарно-операторній формі, яка діє на початковий квантовий стан $|\psi_{вх.}\rangle = |0_4 0_3 0_2 0_1\rangle$ квантового процесора *q*-системи:

$$
\begin{aligned}
&\mathrm{ABS}\left(\left(\mathrm{U}_{fA_1 \to qfA_1}\left(\mathbf{H}|0_1\rangle \otimes \mathbf{H}|0_2\rangle\right)\right) \otimes \left(\mathrm{U}_{fB_2 \to qfB_2}\left(\mathbf{H}|0_3\rangle \otimes \mathbf{H}|0_4\rangle\right)\right)\right) = \\
&= I_{fB_2}(155)\cdot I_{fA_1}(30)|0_4 0_3 0_2 0_1\rangle + I_{fB_2}(155)\cdot I_{fA_1}(40)|0_4 0_3 0_2 1_1\rangle + \\
&+ I_{fB_2}(155)\cdot I_{fA_1}(50)|0_4 0_3 1_2 0_1\rangle + I_{fB_2}(155)\cdot I_{fA_1}(60)|0_4 0_3 1_2 1_1\rangle + \\
&+ I_{fB_2}(170)\cdot I_{fA_1}(30)|0_4 1_3 0_2 0_1\rangle + I_{fB_2}(170)\cdot I_{fA_1}(40)|0_4 1_3 0_2 1_1\rangle + \\
&+ I_{fB_2}(170)\cdot I_{fA_1}(50)|0_4 1_3 1_2 0_1\rangle + I_{fB_2}(170)\cdot I_{fA_1}(60)|0_4 1_3 1_2 1_1\rangle + \\
&+ I_{fB_2}(185)\cdot I_{fA_1}(30)|1_4 0_3 0_2 0_1\rangle + I_{fB_2}(185)\cdot I_{fA_1}(40)|1_4 0_3 0_2 1_1\rangle + \\
&+ I_{fB_2}(185)\cdot I_{fA_1}(50)|1_4 0_3 1_2 0_1\rangle + I_{fB_2}(185)\cdot I_{fA_1}(60)|1_4 0_3 1_2 1_1\rangle + \\
&+ I_{fB_2}(200)\cdot I_{fA_1}(30)|1_4 1_3 0_2 0_1\rangle + I_{fB_2}(200)\cdot I_{fA_1}(40)|1_4 1_3 0_2 1_1\rangle + \\
&+ I_{fB_2}(200)\cdot I_{fA_1}(50)|1_4 1_3 1_2 0_1\rangle + I_{fB_2}(200)\cdot I_{fA_1}(60)|1_4 1_3 1_2 1_1\rangle = \\
&= 0\cdot\sqrt{\frac{9}{10}}|0_4 0_3 0_2 0_1\rangle + 0\cdot\sqrt{\frac{1}{10}}|0_4 0_3 0_2 1_1\rangle + 0\cdot 0|0_4 0_3 1_2 0_1\rangle + 0\cdot 0|0_4 0_3 1_2 1_1\rangle + \\
&+ \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\sqrt{\frac{9}{10}}|0_4 1_3 0_2 0_1\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\sqrt{\frac{1}{10}}|0_4 1_3 0_2 1_1\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot 0|0_4 1_3 1_2 0_1\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot 0|0_4 1_3 1_2 1_1\rangle + \\
&+ \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\sqrt{\frac{9}{10}}|1_4 0_3 0_2 0_1\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot\sqrt{\frac{1}{10}}|1_4 0_3 0_2 1_1\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot 0|1_4 0_3 1_2 0_1\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}\cdot 0|1_4 0_3 1_2 1_1\rangle + \\
&+ 0\cdot\sqrt{\frac{9}{10}}|1_4 1_3 0_2 0_1\rangle + 0\cdot\sqrt{\frac{1}{10}}|1_4 1_3 0_2 1_1\rangle + 0\cdot 0|1_4 1_3 1_2 0_1\rangle + 0\cdot 0|1_4 1_3 1_2 1_1\rangle = \\
&= \sqrt{\frac{9}{20}}|0_4 1_3 0_2 0_1\rangle + \sqrt{\frac{1}{20}}|0_4 1_3 0_2 1_1\rangle + \sqrt{\frac{9}{20}}|1_4 0_3 0_2 0_1\rangle + \sqrt{\frac{1}{20}}|1_4 0_3 0_2 1_1\rangle = |\psi_{вих.}\rangle,
\end{aligned}
$$

де квантові унітарні оператори $\mathbf{H}$, $\mathrm{U}_{fA_1 \to qfA_1}$, $\mathrm{U}_{fB_2 \to qfB_2}$ задаються своїми матрицями відповідно:

$$
\mathbf{H} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix},
$$

$$
\mathrm{U}_{fA_1 \to qfA_1} = \begin{pmatrix} I_{fA_1}(30)\cdot\sqrt{2^2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I_{fA_1}(40)\cdot\sqrt{2^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{fA_1}(50)\cdot\sqrt{2^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{fA_1}(60)\cdot\sqrt{2^2} \end{pmatrix},
$$

$$
\mathrm{U}_{fB_2 \to qfB_2} = \begin{pmatrix} I_{fB_2}(155)\cdot\sqrt{2^2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I_{fB_2}(170)\cdot\sqrt{2^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{fB_2}(185)\cdot\sqrt{2^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{fB_2}(200)\cdot\sqrt{2^2} \end{pmatrix},
$$

а оператор **ABS** – це оператор абсолютного значення.

Дану мікропрограму графічно можна представити у вигляді квантової мережі, яка наведена на рис. 3.

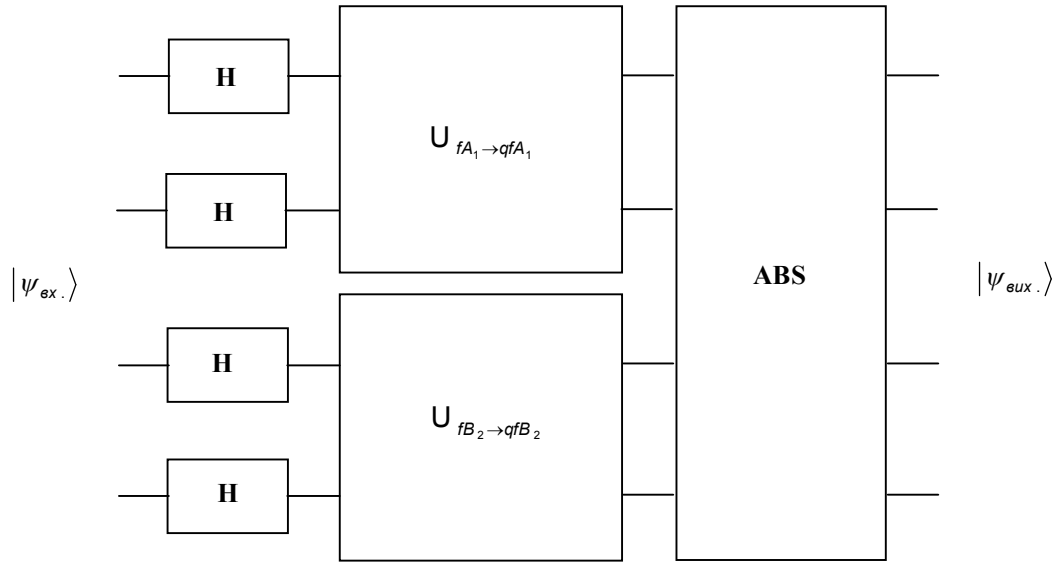

Рис. 3. Квантова мережа мікропрограми, яка відображає нечіткий запит до реляційної БД на основі роботи квантового процесора q-системи

Декодуючи базиси $|0_4 1_3 0_2 0_1\rangle$, $|0_4 1_3 0_2 1_1\rangle$, $|1_4 0_3 0_2 0_1\rangle$, $|1_4 0_3 0_2 1_1\rangle$ вихідного стану $|\psi_{вих.}\rangle$ у числові значення атрибутів "Вік" та "Зріст" відповідно $(30; 170)$, $(40; 170)$, $(30; 185)$, $(40; 185)$ із значеннями індикаторної функції відповідно $\sqrt{9/20}$, $\sqrt{1/20}$, $\sqrt{9/20}$, $\sqrt{1/20}$, одержується відповідь на нечіткий запит у вигляді тих же записів 1, 2, 4, що наведені у табл. 3. Оскільки в табл. 1 не існує запису із числовими значеннями атрибутів $(40; 170)$, то ці дані не включаються у відповідь.

Очевидною є аналогія у випадку, коли в реляційній БД більша кількість полів із більшою кількістю термальних значень лінгвістичних змінних цих полів.

Висновки. Однаковість результатів числових експериментів стосовно формування відповіді на нечіткий запит до реляційної БД у *f*-системах та *q*-системах дає підстави для успішного проведення фізичного експериментування.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Тэрано Т., Асаи К., Сугено М.* Прикладные нечеткие системы. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
2. *Bergmann M.* An introduction many-valued and fuzzy logic: semantics, algebras, and derivation systems. – New York: Cambridge university, 2008. – 329 p.
3. *Гровер Л.К.* Квантовая механика помогает найти иголку в стоге сена // Квантовые компьютеры и квантовые вычисления. – М.: МГУ, 1999. – № 1. – 8 с.

ПАСТУХ Олег Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя.

Наукові інтереси:

– математичне забезпечення інформаційних систем та квантових інформаційних систем.

Тел. (дом.): 8-(0352)-28-31-04;

Тел. (моб.): 8-068-105-75-52.

E-mail: informatika@.eu.edu.ua

Подано 20.04.2009

Пастух О.А. Числене моделювання нечіткого запиту до реляційної бази даних у нечітких інформаційних системах та їх порівняння
Пастух О.А. Численное моделирование нечеткого запроса к реляционной базе данных в нечетких информационных системах и их сравнение
Pastukh O.A. Numerical modeling of fuzzy query to relational database at fuzzy information systems and quantum information systems and comparison them.

УДК 681.3+519.6

Численное моделирование нечеткого запроса к реляционной базе данных в нечетких информационных системах и их сравнение / О.А. Пастух

Рассмотрено численное моделирование нечеткого запроса к реляционной базе данных в нечетких информационных системах на основании лингвистической переменной с тремя термальными значениями. Также рассмотрено численное моделирование этого нечеткого запроса к реляционной базе данных в квантовых информационных системах на основании лингвистической переменной с тремя термальными значениями и квантового процессора для которого написана микропрограмма в унитарно-операторной форме. Проведено сравнение результатов моделирования, что дало возможность установить их идентичность.

УДК 681.3+519.6

Numerical modeling of fuzzy query to relational database at fuzzy information systems and quantum information systems and comparison them / O.A. Pastukh

Numerical modeling of fuzzy query to relational database at fuzzy information systems on the base of linguistic variable with three terms values has been analyzed. Numerical modeling of fuzzy query to relational database at quantum information systems on the base of linguistic variable with three terms values and quantum processor has been analyzed. Unitary-operator microcode has been wrote for quantum processor. Results of modeling has been compared. Results of modeling are identical.