

УДК 681.3+519.6

АРХІТЕКТУРА КВАНТОВИХ НЕЧІТКИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДРУГОГО РОДУ

О.А. ПАСТУХ

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

Уперше запропоновано архітектуру квантових нечітких інформаційних систем другого роду, представлену у вигляді блок-схеми. Детально описано основи функціонування всіх базових блоків блок-схеми квантових нечітких інформаційних систем другого роду. В основі архітектури введеного типу систем лежить використання сімейства квантових процесорів. Методика опису функціонування квантових нечітких інформаційних систем другого роду ґрунтується на теорії унітарних операторів у гільбертових просторах. Представлено опис основних етапів роботи, а саме, введення квантових нечітких даних другого роду, обробка та їх виведення

Серед широкого класу інформаційних систем чільне місце посідають нечіткі інформаційні системи [1,2]. Однак, доволі часто при розв'язуванні ними прикладних задач виникає експоненційна складність. Тому автор увів квантові нечіткі інформаційні системи (qf -системи), які часто дають можливість обходити експоненційну складність завдяки наявності у них квантового процесора. Безпосередньо квантовому процесору присвячено велику кількість літературних джерел, серед яких наприклад [3,4]. Маючи великі можливості, qf -системи не мають можливості обробляти квантові нечіткі дані другого роду (квантові нечіткі множини другого роду). Тому автор розглядає у цій роботі архітектуру нового типу квантових інформаційних систем – архітектура квантових нечітких інформаційних систем другого роду ($q_{II}f$ -систем).

Об'єкти та методи дослідження

Основними об'єктами при розробці архітектури $q_{II}f$ -систем є сімейство квантових процесорів, а основними методами, які використовуються при описі функціонування $q_{II}f$ -систем, є теорія операторів у гільбертовому просторі.

Постановка завдання

Запропонувати архітектуру квантових нечітких інформаційних систем другого роду та на її основі описати основний принцип їх функціонування.

Результати та їх обговорення

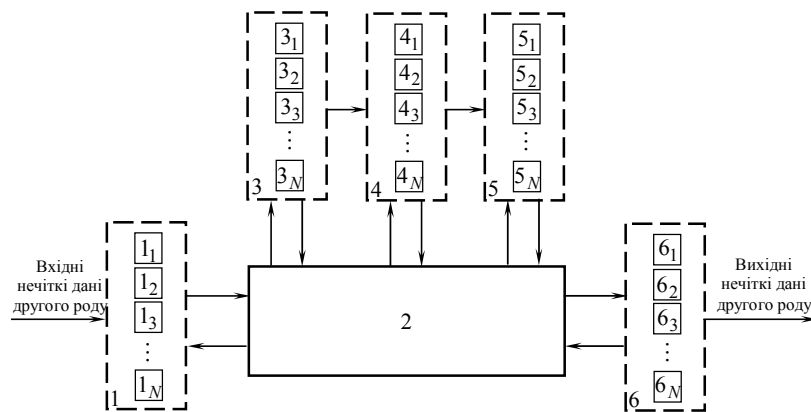
Для опрацювання квантових нечітких даних другого роду в роботі вперше вводиться поняття $q_{II}f$ -системи.

Квантові нечіткі інформаційні системи другого роду мають багато спільного з qf -системами, однак поряд з цим існують і відмінності. По-перше, у $q_{II}f$ -системах наявний не один квантовий регістр, як у qf -системах, а сукупність квантових регістрів; по-друге, математичне забезпечення $q_{II}f$ -систем базується на квантових нечітких множинах другого роду, а в qf -системах – на квантових нечітких множинах. Загальноархітектурний рівень $q_{II}f$ -систем наведено на рисунку.

Загальний алгоритм роботи $q_{II}f$ -систем полягає в такому. Вхідні нечіткі дані другого роду, які потрапляють на вхід $q_{II}f$ -системи, тобто на вхід блока I (рисунок) розпаралелюються по сукупності блоків $I_1, I_2, I_3, \dots, I_N$ таким чином. Нехай вхідні дані другого роду представлені у вигляді нечіткої

множини другого роду $f_{II}A$ універсуму $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_N\}$, значеннями індикаторної функції $I_{f_{II}A}(u_i)$, $u_i \in U$, $i = \overline{1, N}$ якої є нечіткі множини $fA_1, fA_2, fA_3, \dots, fA_N$ універсуму $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_L\}$ з індикаторними функціями відповідно $I_{fA_1}(v_j), I_{fA_2}(v_j), I_{fA_3}(v_j), \dots, I_{fA_N}(v_j)$, $j = \overline{1, L}$, тобто $I_{f_{II}A}(u_1) = I_{fA_1}(v_j)$, $I_{f_{II}A}(u_2) = I_{fA_2}(v_j)$, $I_{f_{II}A}(u_3) = I_{fA_3}(v_j)$, \dots , $I_{f_{II}A}(u_N) = I_{fA_N}(v_j)$, $j = \overline{1, L}$.

Оскільки квантові регістри $q_{II}f$ -системи не можуть безпосередньо працювати з нечіткими даними другого роду (сукупністю нечітких даних), то слід розглянути їх квантове представлення у вигляді квантових нечітких даних другого роду $q_{II}fA$ універсуму $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_N\}$, значеннями індикаторної функції $I_{q_{II}fA}(u_i)$, $u_i \in U$, $i = \overline{1, N}$ яких є квантові нечіткі двійкові числа $qfA_1, qfA_2, qfA_3, \dots, qfA_N$ універсуму $\{|00\dots00\rangle, |00\dots01\rangle, |00\dots10\rangle, \dots, |11\dots11\rangle\}$, причому з врахуванням кодування $v_1 = |00\dots00\rangle$, $v_2 = |00\dots01\rangle$, $v_3 = |00\dots10\rangle$, \dots , $v_N = |11\dots11\rangle$ з індикаторними функціями відповідно $I_{qfA_1}, I_{qfA_2}, I_{qfA_3}, \dots, I_{qfA_N}$, тобто $I_{q_{II}fA}(u_1) = I_{qfA_1}$, $I_{q_{II}fA}(u_2) = I_{qfA_2}$, $I_{q_{II}fA}(u_3) = I_{qfA_3}$, \dots , $I_{q_{II}fA}(u_N) = I_{qfA_N}$, причому $I_{qfA_1} = I_{fA_1}$, $I_{qfA_2} = I_{fA_2}$, $I_{qfA_3} = I_{fA_3}$, \dots , $I_{qfA_N} = I_{fA_N}$.



Загальна блок-схема, яка відображає архітектурний рівень $q_{II}f$ -систем:

1 – сукупність блоків введення нечітких даних другого роду; **2** – класичний керуючий комп’ютер; **3** – сукупність блоків ініціалізації; **4** – сукупність блоків квантових обчислень (унітарних перетворень U); **5** – сукупність блоків читання квантових нечітких даних другого роду із множини квантових регістрів; **6** – сукупність блоків виведення, які на виході блока **6** формують вихідні нечіткі дані другого роду

Базуючись на тому, квантові нечіткі дані можна представити у квантовому регістрі за допомогою унітарного перетворення $U_{f \rightarrow qf}$. У перший квантовий регістр, який перебуває в ініціалізованому стані

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2^{\log_2 L}}} \cdot |00\dots00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2^{\log_2 L}}} \cdot |00\dots01\rangle + \frac{1}{\sqrt{2^{\log_2 L}}} \cdot |00\dots10\rangle + \dots + \frac{1}{\sqrt{2^{\log_2 L}}} \cdot |11\dots11\rangle,$$

якщо $\log_2 L$ не ціле число, то воно округлюється до більшого цілого числа завжди, $q_{II}f$ -системи за допомогою блока 4_1 по команді блока **2** вводиться квантове нечітке двійкове число qfA_1 шляхом дії на його кубіти унітарного оператора

$$U_{f_{A_1} \rightarrow qf_{A_1}} = \begin{pmatrix} I_{f_{A_1}}(v_1)\sqrt{2^{\log_2 L}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_{f_{A_1}}(v_2)\sqrt{2^{\log_2 L}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & I_{f_{A_1}}(v_L)\sqrt{2^{\log_2 L}} \end{pmatrix},$$

тобто

$$U_{f_{A_1} \rightarrow qf_{A_1}}|\psi\rangle = \begin{pmatrix} I_{f_{A_1}}(v_1)\sqrt{2^{\log_2 L}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_{f_{A_1}}(v_2)\sqrt{2^{\log_2 L}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & I_{f_{A_1}}(v_L)\sqrt{2^{\log_2 L}} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2^{\log_2 L}} \\ 1/\sqrt{2^{\log_2 L}} \\ \vdots \\ 1/\sqrt{2^{\log_2 L}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{f_{A_1}}(v_1) \\ I_{f_{A_1}}(v_2) \\ \vdots \\ I_{f_{A_1}}(v_L) \end{pmatrix},$$

після чого перший квантовий регістр $q_{II}f$ -системи перебуватиме у квантовому стані

$$I_{qf_{A_1}} = I_{f_{A_1}}(v_1) \cdot |00\dots 00\rangle + I_{f_{A_1}}(v_2) \cdot |00\dots 01\rangle + I_{f_{A_1}}(v_3) \cdot |00\dots 10\rangle + \dots + I_{f_{A_1}}(v_L) \cdot |11\dots 11\rangle,$$

тобто міститиме квантове нечітке двійкове число qf_{A_1} .

Аналогічно до наведеного вище у другий квантовий регістр, який перебуває в ініціалізованому стані $|\psi\rangle$, $q_{II}f$ -системи за допомогою блока 4_2 по команді блока 2 вводиться квантове нечітке двійкове число qf_{A_2} шляхом дії на його кубіти унітарного оператора

$$U_{f_{A_2} \rightarrow qf_{A_2}} = \begin{pmatrix} I_{f_{A_2}}(v_1)\sqrt{2^{\log_2 L}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_{f_{A_2}}(v_2)\sqrt{2^{\log_2 L}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & I_{f_{A_2}}(v_L)\sqrt{2^{\log_2 L}} \end{pmatrix},$$

тобто

$$U_{f_{A_2} \rightarrow qf_{A_2}}|\psi\rangle = \begin{pmatrix} I_{f_{A_2}}(v_1)\sqrt{2^{\log_2 L}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_{f_{A_2}}(v_2)\sqrt{2^{\log_2 L}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & I_{f_{A_2}}(v_L)\sqrt{2^{\log_2 L}} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2^{\log_2 L}} \\ 1/\sqrt{2^{\log_2 L}} \\ \vdots \\ 1/\sqrt{2^{\log_2 L}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{f_{A_2}}(v_1) \\ I_{f_{A_2}}(v_2) \\ \vdots \\ I_{f_{A_2}}(v_L) \end{pmatrix},$$

після чого другий квантовий регістр $q_{II}f$ -системи перебуває у квантовому стані

$$I_{qf_{A_2}} = I_{f_{A_2}}(v_1) \cdot |00\dots 00\rangle + I_{f_{A_2}}(v_2) \cdot |00\dots 01\rangle + I_{f_{A_2}}(v_3) \cdot |00\dots 10\rangle + \dots + I_{f_{A_2}}(v_L) \cdot |11\dots 11\rangle,$$

тобто міститиме квантове нечітке двійкове число qf_{A_2} .

Очевидно, що таким чином аналогічна дія застосовується до решти квантових регістрів $q_{II}f$ -системи, у тому числі до N -го квантового регістра, який перебуває також в ініціалізованому стані $|\psi\rangle$ і за допомогою блока 4_N по команді блока 2 вводиться квантове нечітке двійкове число qf_{A_N} шляхом дії на його кубіти унітарного оператора

$$U_{f_{A_N} \rightarrow qf_{A_N}} = \begin{pmatrix} I_{f_{A_N}}(v_1)\sqrt{2^{\log_2 L}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_{f_{A_N}}(v_2)\sqrt{2^{\log_2 L}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & I_{f_{A_N}}(v_L)\sqrt{2^{\log_2 L}} \end{pmatrix},$$

тобто

$$U_{f_{A_N} \rightarrow qf_{A_N}}|\psi\rangle = \begin{pmatrix} I_{f_{A_N}}(v_1)\sqrt{2^{\log_2 L}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_{f_{A_N}}(v_2)\sqrt{2^{\log_2 L}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & I_{f_{A_N}}(v_L)\sqrt{2^{\log_2 L}} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1/\sqrt{2^{\log_2 L}} \\ 1/\sqrt{2^{\log_2 L}} \\ \vdots \\ 1/\sqrt{2^{\log_2 L}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_{f_{A_N}}(v_1) \\ I_{f_{A_N}}(v_2) \\ \vdots \\ I_{f_{A_N}}(v_L) \end{pmatrix},$$

після чого N -й квантовий регістр $q_{II}f$ -системи перебуватиме у квантовому стані

$$I_{qf_{A_N}} = I_{f_{A_N}}(v_1) \cdot |00\dots00\rangle + I_{f_{A_N}}(v_2) \cdot |00\dots01\rangle + I_{f_{A_N}}(v_3) \cdot |00\dots10\rangle + \dots + I_{f_{A_N}}(v_L) \cdot |11\dots11\rangle,$$

тобто міститиме квантове нечітке двійкове число qf_{A_N} .

Загалом, як резюме, коли розглядати детальніше процес введення у черговий i -й квантовий регістр $q_{II}f$ -системи квантових нечітких даних qf_{A_i} , $i = \overline{1, N}$, слід подіяти унітарним оператором

$$U_{I_{f_{A_i}}} = U_{f_{A_i} \rightarrow qf_{A_i}} \cdot W$$

на $|00\dots00\rangle$ квантовий стан i -го квантового регістра, що представляється

$$U_{I_{f_{A_i}}} |00\dots00\rangle = U_{f_{A_i} \rightarrow qf_{A_i}} \cdot W |00\dots00\rangle = I_{f_{A_i}}(v_1) \cdot |00\dots00\rangle + I_{f_{A_i}}(v_2) \cdot |00\dots01\rangle + \\ + I_{f_{A_i}}(v_3) \cdot |00\dots10\rangle + \dots + I_{f_{A_i}}(v_L) \cdot |11\dots11\rangle.$$

Таким чином вводяться квантові нечіткі дані другого роду $q_{II}fA$ у $q_{II}f$ -систему, і після чого вони підлягають опрацюванню нею, тобто виконуються операції над квантовими нечіткими даними другого роду (квантовими нечіткими множинами другого роду).

У розрізі висвітленого вище слушно розглянути виведення опрацьованих даних з $q_{II}f$ -системи. Виведення опрацьованих даних qfB_i , $i = \overline{1, N}$ здійснюється шляхом послідовної дії на його квантовий стан $|I_{qfB_i}\rangle$, $i = \overline{1, N}$ операторів

$$\mathbf{SQRT} \cdot \mathbf{SQR} \cdot \mathbf{ABS},$$

де **ABS** – оператор визначення абсолютного значення, **SQR** – оператор піднесення до другого ступеню, **SQRT** – оператор добування квадратного кореня, зокрема

$$I_{fB_i} = \mathbf{SQRT} \cdot \mathbf{SQR} \cdot \mathbf{ABS} |I_{qfB_i}\rangle, \quad i = \overline{1, N},$$

що одержуються у блоці b_i , $i = \overline{1, N}$ (рисунок) із подальшим декодуванням $|00\dots00\rangle = v_1$, $|00\dots01\rangle = v_2$, $|00\dots10\rangle = v_3$, ..., $|11\dots11\rangle = v_N$ області визначення індикаторної функції I_{fB_i} , тобто одержання $I_{fB_i}(v_j)$, $j = \overline{1, L}$. Інтеграція у блоці b (рисунок) нечітких вихідних даних fB_i , $i = \overline{1, N}$ з індикаторними функціями $I_{fB_i}(v_j)$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, L}$ відповідно з блоків b_i , $i = \overline{1, N}$ за принципом $I_{fB_1}(v_j) = I_{fB}(u_1)$, $I_{fB_2}(v_j) = I_{fB}(u_2)$, $I_{fB_3}(v_j) = I_{fB}(u_3)$, ..., $I_{fB_N}(v_j) = I_{fB}(u_N)$, $j = \overline{1, L}$ дає на виході $q_{II}f$ -системи (блоку b)

нечіткі дані другого роду $f_{II}B$ з індикаторною функцією $I_{f_{II}B}(u_i)$, $u_i \in U$, $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_N\}$.

Висновки

Запропоновано архітектуру квантових нечітких інформаційних систем другого роду, що дає перспективні можливості для технічної обробки квантових нечітких даних другого роду.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тэрано Т., Асаи К., Сугено М. Прикладные нечеткие системы. – М.: Мир, 1993.– 368с.
2. Bergmann M. An introduction many-valued and fuzzy logic: semantics, algebras, and derivation systems.– New York: Cambridge university, 2008. – 329p.
3. Кокин А.А. Твердотельные ядерные магнито-резонансные (ЯМР) ансамблевые квантовые компьютеры (исследование физических основ и проблем реализации): Автореф. докт. дис. – М., 2003.– 148с.
4. Квантовый компьютер и квантовые вычисления / Под ред. В.А.Садовниченко. – И.: Ижевская республиканская типография, 1999.– 288с.

Надійшла 02.07.2009

УДК 677.055

ВПЛИВ ЖОРСТКОСТІ ПАРИ ГОЛКА – КЛИН В'ЯЗАЛЬНОЇ МАШИНИ НА ДИНАМІКУ НАПРУЖЕНЬ У ГОЛЦІ ПРИ УДАРІ ЇЇ ОБ КЛИН

Б.Ф. ПППА

Київський національний університет технологій та дизайну

Представлено метод оцінки впливу жорсткості пари голка-клин в'язальної машини на динаміку напружень, що виникають у стержні голки під час ударної взаємодії її з клинами в'язальних систем. Встановлено, що підвищення довговічності голки можна досягти шляхом зниження жорсткості пари голка-клин

Ефективність роботи в'язальних машин, зокрема якість полотна, яке вони виробляють, великою мірою залежить від довговічності роботи голок [1, 2], яка, в свою чергу, залежить від динамічних навантажень, що виникають в зоні ударної взаємодії п'яток голок з клинами в'язальних систем. Як показують дослідження [3], ефективним шляхом зниження динамічних навантажень, що діють на голку під час роботи машини, є зниження жорсткості пари голка-клин. Проте питання впливу жорсткості пари голка-клин на динаміку напружень, які виникають при цьому в стержні голки, практично не досліджені, що створює відповідні проблеми при проектуванні круглов'язальних машин.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом досліджень взято голку в'язальної машини та процес її взаємодії з клинами в'язальної машини. При вирішенні завдань, поставлених у цій роботі, було використано сучасні методи теоретичних досліджень, що базуються на теорії поширення хвиль напружень у плоских стержневих елементах при їх торцевому ударі.