

сення необхідно записати рівняння балансу ентропії S . Враховуючи, що внутрішня енергія E є функцією об'єму V , ентропії S і маси m , тобто $E = E(S, V, m)$, а також співвідношення Гіббса, отримаємо рівняння балансу ентропії

$$\frac{ds}{d\tau} = \frac{1}{T\rho} \left(\sum_{k=1}^3 \bar{\sigma}_k \frac{\partial \bar{v}}{\partial x_k} + \text{div}(\lambda \text{grad}T) + \delta\rho\gamma \frac{dU}{d\tau} + \frac{P}{J} \frac{dJ}{d\tau} \right). \quad (17)$$

Отримане рівняння балансу ентропії (17) для деформованих капілярно-пористих матеріалів у процесі обезводнення має важливе теоретичне і практичне значення для вивчення розвитку граничного напружено-деформованого стану матеріалів. Зокрема, на основі (17) узагальнено ентропійний критерій міцності конструкційних матеріалів [9] на технологічну область його застосування. Початком руйнування елементарного об'єму матеріалу вважаємо момент часу τ^* , для якого величина питомої ентропії s досягне деякого граничного значення s^* . З (17) отримаємо

$$s^* = \frac{1}{J(\tau^*)\rho(\tau^*)} \int_0^{\tau^*} J \left(\sum_{k=1}^3 \bar{\sigma}_k \frac{\partial \bar{v}}{\partial x_k} + \text{div}(\lambda \text{grad}T) + \delta\rho\gamma \frac{dU}{d\tau} + \frac{P}{J} \frac{dJ}{d\tau} \right) d\tau + \frac{J_0\rho_0s_0}{J(\tau^*)\rho(\tau^*)}; \quad (18)$$

$$s^* - s_0 = \int_0^{\tau^*} \frac{1}{T\rho} \left(\sum_{k=1}^3 \bar{\sigma}_k \frac{\partial \bar{v}}{\partial x_k} + \text{div}(\lambda \text{grad}T) + \delta\rho\gamma \frac{dU}{d\tau} + \frac{P}{J} \frac{dJ}{d\tau} \right) d\tau, \quad (19)$$

де J_0 , ρ_0 та s_0 – значення відповідних величин на початку технологічного процесу обезводнення матеріалів.

Література

1. Подстригач Я.С. Диффузионные процессы в упруговязком деформируемом теле / Я.С. Подстригач, В.С. Павлина // Прикладная механика. – 1974. – № 5. – С. 47-53.
2. Дей У.А. Термодинамика простых сред с памятью / У.А. Дей. – М.: Изд-во "Мир", 1974. – 191 с.
3. Никитенко Н.И. Сопряжение и обратные задачи тепломассопереноса / Н.И. Никитенко. – К.: Вид-во "Наук. думка", 1988. – 240 с.
4. Акулич П.В. Моделирование неізотермического влагопереноса и напряжений в древесине при сушке / П.В. Акулич, К.Е. Милитцер // Инженерно-физический журнал. – 1998. – Т. 71, № 3. – С. 404-412.
5. Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Изд-во "Энергия", 1968. – 470 с.
6. Поберейко Б.П. Дослідження процесів вологоперенесення всередині та на межі неруйнівної області деформування деревини / Б.П. Поберейко, Я.І. Соколовський // Наукові праці Лісівничої академії наук України : зб. наук. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2007. – Вип. 5. – С. – 139-145.
7. Поберейко Б.П. Дослідження процесів теплоперенесення всередині та на межі неруйнівної області деформування деревини / Б.П. Поберейко // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2006. – Вип. 16.6. – С. 82-90.
8. Корн Г.К. Справочник по математике для научных работников / Г.Т. Корн, Т. К. Корн. – М.: Изд-во "Наука", 1977. – 831 с.
9. Победра Б.Е. Термодинамический критерий прочности композитов / Б.Е. Победра // Механика композитных материалов. – 1993. – Т. 29, № 3. – С. 302-310.

Поберейко Б.П. Деформативность гигроскопических материалов с переменными потенциалами тепломассопереноса

На основании законов механики сплошных сред и термодинамики неравновесных процессов синтезирована физико-математическая модель для определения температурно-влажностных и релаксационно-деформированных полей в высушиваемых пиломатериалах, которая, в отличие от известных моделей, дает возможность количественно оценить влияние полей напряжений на закономерности протекания процессов тепло-массопереноса в исследуемом материале. Кроме того, с использованием составляющих предложенной модели впервые построен новый энтропийный критерий прочности для древесины с переменными потенциалами тепломассопереноса.

риалах, которая, в отличие от известных моделей, дает возможность количественно оценить влияние полей напряжений на закономерности протекания процессов тепло-массопереноса в исследуемом материале. Кроме того, с использованием составляющих предложенной модели впервые построен новый энтропийный критерий прочности для древесины с переменными потенциалами тепломассопереноса.

Ключовые слова: гигроскопичность, напряжения, деформативность, якобиан градиентов движения.

Pobereyko B.P. Hygroscopic Material Deformation with Variable Potentials of Heat and Mass Transfer

The physical-mathematical model for determining the temperature and humidity, and also relaxation-deformed fields of dried lumber is synthesized concerning the laws of continuum mechanics and thermodynamics of nonequilibrium processes. Unlike the known models it makes it possible to quantify the impact of stress fields on the regularities of heat and mass transfer processes in the material being tested. In addition, a new entropy criterion of strength for wood with variable heat and mass transfer potentials is designed using the components of the proposed model.

Key words: hygroscopic, heat and mass transfer, stress, deformation, Jacobians motion gradients.

УДК 681.3

Доц. О.А. Пастух, д-р техн. наук –
Тернопільський НТУ ім. Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КВАНТОВИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ПЕРЕТВОРЕННЯ НЕЧІТКОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Формально виконано математичне моделювання ефективності квантових радіотехнічних систем перетворення нечіткої інформації на основі теорії квантових нечітких множин. Зокрема, порівняно між собою ефективність додавання та множення нечітких числових даних у квантових радіотехнічних системах та моделі суперкомп'ютера "Jaguar". Встановлено, що квантові радіотехнічні системи за обчислювальними критеріями є більш ефективними, порівняно зі сучасними класичними суперкомп'ютерними системами. Показано, що перетворення нечіткої інформації у квантових радіотехнічних системах є більш адекватним, порівняно з чіткою інформацією.

Ключові слова: квантова радіотехнічна система, перетворення нечіткої інформації.

Вступ. Серед сучасних квантових радіотехнічних систем перетворення інформації інтерес представляють квантові нечіткі радіотехнічні системи, призначені для перетворення нечіткої інформації. Наприклад ті, котрі висвітлені в [1]. Квантові радіотехнічні системи, що призначені для оброблення нечіткої інформації, називатимемо далі *qfr*-системами. Доцільність проектування, розробки таких систем може бути обумовлена економією обчислювальних, або енергетичних затрат. У роботі розглядаємо аналіз затрат часових ресурсів *qfr*-системами порівняно з моделями найсучасніших суперкомп'ютерних систем під час перетворення нечіткої інформації, зокрема додавання та множення нечітких числових даних [2, 3].

Постановка завдання. Оцінити затрати часових ресурсів *qfr*-систем на додавання та множення нечітких числових даних.

Основна частина. Аналіз продуктивності *qfr*-систем виконуємо на основі теорії складності обчислень. Для аналізу розглядаємо додавання та множення нечітких числових даних на "ідеалізованій" моделі суперкомп'ютера

"Jaguar". В основі елементних баз 224162 процесорних ядер "ідеалізованої" моделі суперкомп'ютера "Jaguar" розглядаємо емітерно-зв'язану логіку (ЕЗЛ), емітерно-емітерно-зв'язану логіку (Е²ЗЛ), малосигнальну емітерно-зв'язану логіку (МЕЗЛ) та комплементарну метал-оксид напівпровідникову логіку (КМОН).

В *qfr*-системі розглядаємо 64-кубітний квантовий регістр.

Порівнюємо оцінки затрат часу на виконання додавання та множення нечітких числових даних у *qfr*-системі, квантові біти якої можуть бути створені на різних елементних базах у вигляді НВЧ-резонаторів, квантових точок, іонних пасток, оптичних резонаторів, електронів-Ау, твердотільної напівпровідникової елементної бази на ядерних спінах Б. Кейна з оцінками затрат часу на виконання їх аналогів у моделі "Jaguar", процесорні ядра якого можуть бути виконані на зазначених вище елементних базах.

Для додавання та множення нечітких числових даних fA з $I_{fA}(a_n)$ та fB з $I_{fB}(b_n)$, $n = \overline{1, N}$ у суперкомп'ютері та *qfr*-системі кожне із значень a_n , b_n , $I_{fA}(a_n)$, $I_{fB}(b_n)$ розглядаємо розрядністю в 64 біти. Під час зростання вхідних даних n від 1 до N , вони оптимально розпаралелюються по процесорних ядрах суперкомп'ютера, тобто додавання $a_1 \oplus b_1$ виконується у першому процесорному ядрі, додавання $a_1 \oplus b_2$ виконується у другому процесорному ядрі, ... Тоді в кожному наступному процесорному ядрі виконуються $a_2 \oplus b_1$, $a_2 \oplus b_2$, ..., $a_2 \oplus b_N$, $a_3 \oplus b_1$, $a_3 \oplus b_2$, ..., $a_3 \oplus b_N$, ..., $a_N \oplus b_1$, $a_N \oplus b_2$, ..., $a_N \oplus b_N$; а також відповідні: $I_{fA}(a_1) \otimes_2 I_{fB}(b_1)$, $I_{fA}(a_1) \otimes_2 I_{fB}(b_2)$, ..., $I_{fA}(a_1) \otimes_2 I_{fB}(b_N)$, $I_{fA}(a_2) \otimes_2 I_{fB}(b_1)$, $I_{fA}(a_2) \otimes_2 I_{fB}(b_2)$, ..., $I_{fA}(a_2) \otimes_2 I_{fB}(b_N)$, $I_{fA}(a_3) \otimes_2 I_{fB}(b_1)$, $I_{fA}(a_3) \otimes_2 I_{fB}(b_2)$, ..., $I_{fA}(a_3) \otimes_2 I_{fB}(b_N)$, ..., $I_{fA}(a_N) \otimes_2 I_{fB}(b_1)$, $I_{fA}(a_N) \otimes_2 I_{fB}(b_2)$, ..., $I_{fA}(a_N) \otimes_2 I_{fB}(b_N)$.

Подібне виникає під час множення нечітких числових даних, а саме по процесорним ядрам розпаралелюються відповідні операції множення. Множення $a_1 \otimes b_1$ виконується у першому процесорному ядрі, множення $a_1 \otimes b_2$ виконується у другому процесорному ядрі, ... Тоді в кожному наступному процесорному ядрі виконуються:

$$a_2 \otimes b_1, a_2 \otimes b_2, \dots, a_2 \otimes b_N, a_3 \otimes b_1, a_3 \otimes b_2, \dots, a_3 \otimes b_N, \dots, a_N \otimes b_1, a_N \otimes b_2, \dots, a_N \otimes b_N, I_{fA}(a_1) \otimes_2 I_{fB}(b_1), I_{fA}(a_1) \otimes_2 I_{fB}(b_2), \dots, I_{fA}(a_1) \otimes_2 I_{fB}(b_N), I_{fA}(a_2) \otimes_2 I_{fB}(b_1), I_{fA}(a_2) \otimes_2 I_{fB}(b_2), \dots, I_{fA}(a_2) \otimes_2 I_{fB}(b_N), I_{fA}(a_3) \otimes_2 I_{fB}(b_1), I_{fA}(a_3) \otimes_2 I_{fB}(b_2), \dots, I_{fA}(a_3) \otimes_2 I_{fB}(b_N), \dots, I_{fA}(a_N) \otimes_2 I_{fB}(b_1), I_{fA}(a_N) \otimes_2 I_{fB}(b_2), \dots, I_{fA}(a_N) \otimes_2 I_{fB}(b_N).$$

Таким чином, після додавання fA з $I_{fA}(a_n)$ та fB з $I_{fB}(b_n)$, $n = \overline{1, N}$ виконується N^2 операцій. На рис. 1 а, б наведено оцінки затрат часу $t(n)$: $t_{EЗЛ}(n)$ – оцінка затрат часу, якщо процесорні ядра суперкомп'ютера використовують ЕЗЛ тип логіки, $t_{E^2ЗЛ}(n)$ – Е²ЗЛ тип логіки, $t_{МЕЗЛ}(n)$ – МЕЗЛ тип логіки, $t_{1qf}(n)$ – оцінка затрат часу *qfr*-системи, коли квантові біти реалізовані на напівпровідниковій елементній базі, $t_{2qf}(n)$ – НВЧ-резонаторах.

На рис. 2 а, б наведено оцінки затрат часу: $t_{EЗЛ}(n)$ – ЕЗЛ тип логіки, $t_{E^2ЗЛ}(n)$ – Е²ЗЛ тип логіки, $t_{МЕЗЛ}(n)$ – МЕЗЛ тип логіки, $t_{3qf}(n)$ – оцінка витрат часу *qfr*-системи, квантові біти якої реалізовані на квантових точках, $t_{4qf}(n)$ – іонних пастках, оптичних резонаторах або електронах-Ау. На рис. 3 а, б наведено оцінки затрат часу: $t_{КМОН}(n)$ – КМОН тип логіки, $t_{1qf}(n)$ – оцінка затрат часу *qfr*-системи, квантові біти якої реалізовані на напівпровідниковій елементній базі, $t_{2qf}(n)$ – НВЧ-резонаторах.

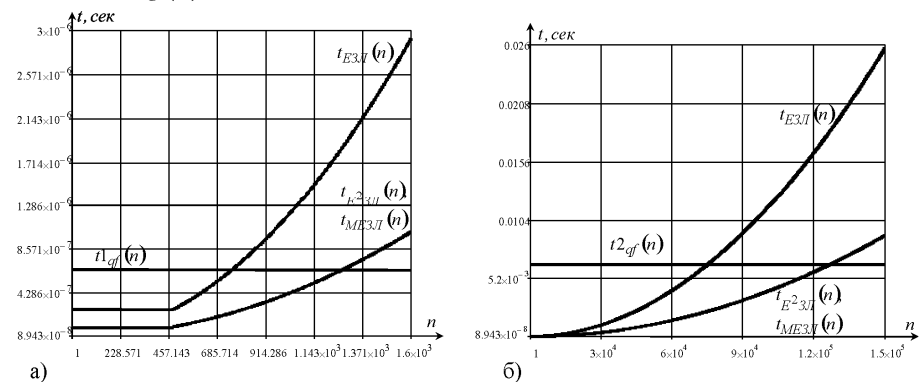


Рис. 1. Порівняння оцінок затрат часу суперкомп'ютера відповідно до ЕЗЛ, Е²ЗЛ, МЕЗЛ типами логік процесорних ядер із *qfr*-системою, квантові біти якої реалізовані на: 1 – напівпровідниковій елементній базі, 2 – НВЧ-резонаторах

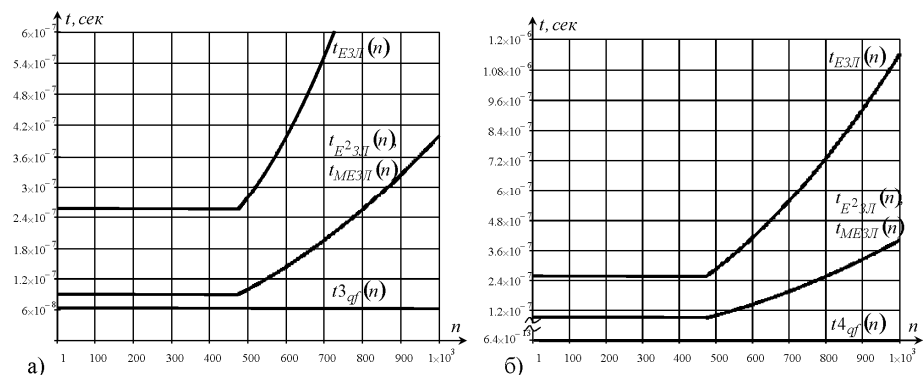


Рис. 2. Порівняння оцінок затрат часу суперкомп'ютера відповідно до ЕЗЛ, Е²ЗЛ, МЕЗЛ типами логік процесорних ядер з *qfr*-системою, квантові біти якої реалізовані на: 1 – квантових точках; 2 – іонних пастках, оптичних резонаторах або електронах-Ау

На рис. 4 а, б наведено оцінки затрат часу: $t_{КМОН}(n)$ – КМОН тип логіки; $t_{3qf}(n)$ – оцінка затрат часу *qfr*-системи, квантові біти якої реалізовані на квантових точках; $t_{4qf}(n)$ – іонних пастках, оптичних резонаторах або електронах-Ау. Змінюючи масштаб по вертикальній координатній вісі в околі значень оці-

нок функцій $t_{1qf}(n)$, $t_{2qf}(n)$, $t_{3qf}(n)$, $t_{4qf}(n)$, які зображені на рис. 1-4, вони виглядатимуть як неспадні кусково-постійні функції з приростами Δt : $\approx 6,5 \cdot 10^{-7} \text{сек}$, $\approx 6,5 \cdot 10^{-3} \text{сек}$, $\approx 7,4 \cdot 10^{-8} \text{сек}$, $\approx 6,4 \cdot 10^{-13} \text{сек}$. Загалом їхній вигляд зображено на рис. 5.

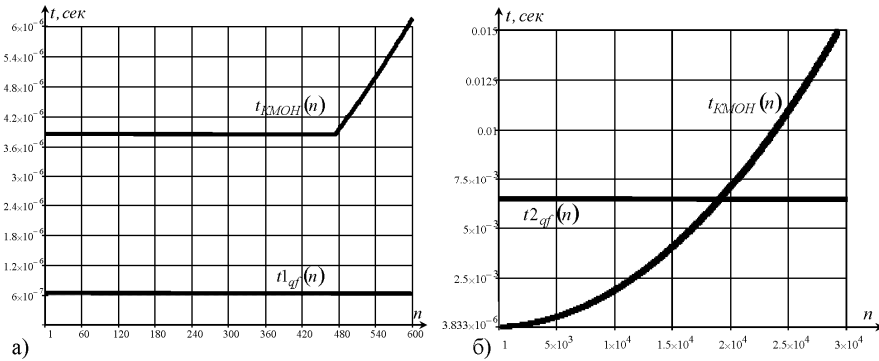


Рис. 3. Порівняння оцінок затрат часу суперкомп'ютера відповідно до КМОН типом логіки процесорних ядер з qfr-системою, квантові біти якої реалізовані на: 1 – напівпровідниковій елементній базі, 2 – НВЧ-резонаторах

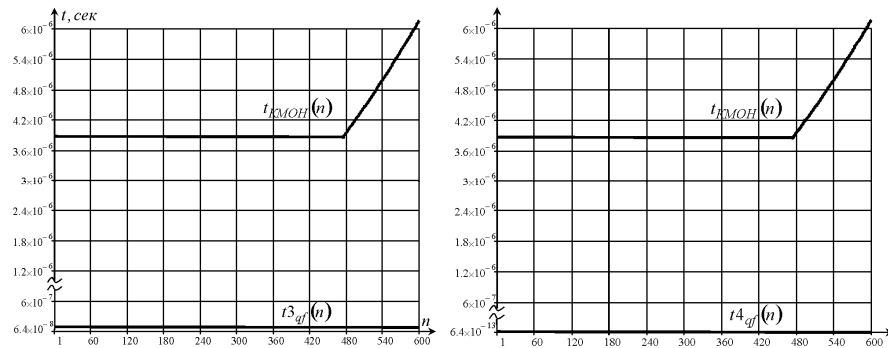


Рис. 4. Порівняння оцінок затрат часу суперкомп'ютера відповідно до КМОН типом логіки процесорних ядер з qfr-системою, квантові біти якої реалізовані на: 1 – квантових точках; 2 – іонних пастках, оптичних резонаторах або електронах-Ау

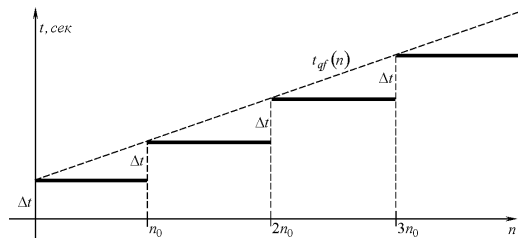


Рис. 5. Загальний вигляд оцінок витрат часу для квантового комп'ютера з різними типами елементних баз квантових біт

Висновки. З одержаних результатів випливає, що за умови малих об'ємів вхідних даних ефективними є суперкомп'ютери, а за умови великих об'ємів вхідних даних ефективними є qfr-системи.

Література

1. Пастух О.А. Науково-технічні основи побудови квантових нечітких обчислювальних засобів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.13.05 – Комп'ютерні системи та компоненти / Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України. – Київ, 2013. – 38 с.
2. Пастух О.А. Чисельне моделювання процесу сумування нечітких чисел на основі квантового процесора / О.А. Пастух // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.3. – С. 260-265.
3. Пастух О.А. Числове моделювання множення нечітких чисел у квантовому процесорі / О.А. Пастух // Наукові праці Національного авіаційного університету. – Сер.: Електроніка та системи управління. – К. : Вид-во НАУ. – 2009. – № 2 (20). – С. 154-158.

Пастух О.А. Математическое моделирование эффективности квантовых радиотехнических систем преобразования нечеткой информации

Формально выполнено математическое моделирование эффективности квантовых радиотехнических систем превращения нечеткой информации на основе теории квантовых нечетких множественных чисел. В частности, сравнены между собой эффективность добавления и умножения нечетких числовых данных в квантовых радиотехнических системах и модели суперкомпьютера "Jaguar". Установлено, что квантовые радиотехнические системы по вычислительным критериям являются эффективнее в сравнении с самыми современными классическими суперкомпьютерными системами. Показано, что превращение нечеткой информации в квантовых радиотехнических системах является адекватнее, в сравнении с четкой информацией.

Ключевые слова: квантовая радиотехническая система, преобразование нечеткой информации.

Pastukh O.A. The Mathematical Simulation of Quantum Radio Engineering System Efficiency at Transformation of Fuzzy Information

The mathematical simulation of quantum radio engineering system efficiency while transforming fuzzy information is investigated. The efficiency of addition and multiplication of fuzzy digital data in quantum radio-engineering systems and "Jaguar" supercomputer model are compared in particular. Quantum radio engineering systems according to their computational criteria are proved to be more effective ones in comparison to the most modern classical supercomputer systems. The conversion of inaccurate data in quantum radio engineering systems is shown to be more adequate in comparison to accurate data.

Key words: quantum radio engineering system, transformation of fuzzy information, efficiency, data, simulation.

УДК 004.056:55(043.3)

Проф. О.М. Нечай, канд. техн. наук –

Академія сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного, м. Львів

ПРОЕКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ РОЗШИФРУВАННЯ КРИПТОГРАМ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ДОШКИ

Розроблено програмне забезпечення інтелектуальної криптографічної системи, використовуючи CASE-засоби. Для побудови діаграм використано середовище моделювання Rational Software, створено інтерфейс інтелектуальної криптографічної системи з використанням CASE-засобів. Встановлено взаємодію модуля управління з окремими джерелами знань. Розроблений інтерфейс користувача, який має інтуїтивно зрозумілий дизайн, що забезпечує зручне користування програмним додатком.