

УДК 519.21

*Ольга Шевченко
Леонід Тимченко
Сергій Шевченко*

**ЗАВАДОСТІЙКЕ ПАРАЛЕЛЬНО-ІЄРАРХІЧНЕ КОДУВАННЯ
ІНФОРМАЦІЇ**

Розглянуто основні засади паралельно-ієрархічного кодування інформації на основі методу Q-перетворення, наведено спосіб підвищення завадостійкості методу шляхом введення порогу точності обчислення на кожному кроці Q-перетворення. Описано програмне моделювання завадостійкого методу паралельно-ієрархічного кодування та програмна реалізація процесу накладення шумів на закодований файл.

Постійно зростаючі вимоги до обробки сигналів у реальному часі і до підвищення швидкодії апаратури у різних галузях діяльності людини, а особливо у транспортній галузі, призводять до необхідності створення обчислювальних структур з новою архітектурою, спроможних із дуже великою швидкістю обробляти величезні масиви даних. Для ефективного використання при розв'язанні низки задач адаптивної обробки сигналу $G(r) = \{g_r\}$, $r \in \Omega_g$, зокрема зображень, становить інтерес використання паралельно-ієрархічної (ПІ) мережі на основі Q-ряду [1-4]. У цьому випадку доцільно подання локальної амплітуди сигналу g_r або первинної локальної характеристики сигналу через усереднені вторинні його локальні характеристики.

Первинною локальною характеристикою будемо вважати локальну амплітуду g_{Fr_0} сигналу $G_F(r) = \{g_{Fr}\}$, $r \in \Omega_{gF}$, $\Omega_{gF} \in \Omega_r$, яка одержана в результаті здійснення F-перетворення над множиною локальних амплітуд $\{g_r\}$, $r \in \Omega_{gFr_0}$, координати яких визначені щодо опорної координати r_0 в області Ω_{gFr_0} :

$$F: \{g_r\} \xrightarrow{F} g_{Fr_0}. \quad (1)$$

Під повторною локальною характеристикою сигналу розуміється локальна амплітуда $\Delta_{r_0}^{(j)}$, одержувана в j-му циклі рекурсії за допомогою перетворення Φ_{*j} :

© Шевченко О.В., Тимченко Л.І., Шевченко С.А., 2007

ІНФОРМАЦІЙНІ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

$$\Delta_{r_0}^{(j)} = \Phi_{*j} (\Delta_{r_0}^{(j-1)}, \{\Delta_r^{(j-1)}\}_r).$$

Утворимо CQ - і AQ -послідовності з вторинних локальних характеристик, сформованих узагальненою рекурсивною обробкою за пірамідальним методом [2] "відмінності від загального" і "загальне у відмінностях" відповідно та отримаємо первинну локальну характеристику.

CQ -послідовність можна представити в такому вигляді:

$$\begin{aligned} g_{Fr_0} &\leftarrow \Delta_{r_0}^{(1)}, \Delta_{r_0}^{(2)}, \dots, \Delta_{r_0}^{(i)}, \dots \\ \Delta_{r_0}^{(j)} &= \Phi_{*j} (\Delta_{r_0}^{(j-1)}, \{\Delta_r^{(j-1)}\}_r) = \bigoplus_{j=1}^i \Phi_{*j} (\Delta_{r_0}^{(0)}, \{\Delta_r^{(0)}\}_r) = \Phi_{*j}^i (\Delta_{r_0}^{(0)}, \{\Delta_r^{(0)}\}_r), \\ j &= 1, 2, \dots, i = \overline{1, i}, \\ \Delta_{r_0}^{(0)} &= g_{Fr_0}, \end{aligned}$$

де оператор Φ_{*j} являє собою композицію (узагальнену згортку) бінарного різницевого оператора Φ_{lj} , оператора усереднення Φ_{cj} , оператора k -порівняння [1–4] Φ_{kj} , оператора комутації Φ_c й оператора локального перетворення Φ_{lj} , що спрощено представляється в такому вигляді:

$$\Phi_{*j} = \Phi_{lj} \cdot \Phi_{Oj} \cdot \Phi_{kj} \cdot \Phi_c \cdot \Phi_{lj},$$

при цьому оператор Φ_{lj} включає оператор віднімання Φ_d , а оператор Φ_{Oj} – оператор підсумовування Φ_s .

Складемо почленно CQ - і AQ -послідовності:

$$\begin{aligned} CQ: & \quad +\Delta_{r_0}^{(1)}, \Delta_{r_0}^{(2)}, \dots, \Delta_{r_0}^{(j)}, \dots \\ AQ: & \quad \sigma_{r_0}^{(1)}, \sigma_{r_0}^{(2)}, \dots, \sigma_{r_0}^{(j)}, \dots \\ & \quad \hline & \quad \Delta_{r_0}^{(0)}, \Delta_{r_0}^{(1)}, \dots, \Delta_{r_0}^{(j-1)}, \dots, \end{aligned}$$

де $\Delta_{r_0}^{(0)} = g_{Fr_0}$.

Таким чином, CQ - і AQ -рядами називаються такі ряди:

$$\begin{aligned} AQ\text{-ряд} & \quad \sum_{j=1}^{\infty} \Delta_{r_0}^{(j)}; \\ CQ\text{-ряд} & \quad \sum_{j=1}^{\infty} \sigma_{r_0}^{(j)}. \end{aligned}$$

Для CQ -ряду, одержуваного Q -перетворенням із використанням оператора k -порівняння, виконання умови збіжності впливає з того, що

$$\left| \Delta_{r_0}^{(j)} \right| \leq \left(\max \{ \Delta_r^{(j)} \} + \left| \min \{ \Delta_r^{(j)} \} \right| \right) = h^{(j)},$$

і послідовність $\{h^{(j)}\}$ є строго спадною:

$$h^{(0)} > h^{(1)} > h^{(2)} > \dots \geq 0. \tag{2}$$

Позначивши оператор Q -перетворення через $Q(\Delta_{r_0}^{(j)})$, математичну модель Π перетворення на основі Q -розкладання можна подати у такому вигляді:

$$\Phi^{p-1}\left(T\left(Q\left(\Delta_{r_0}^{(j-1)}\right)\right)\right)=\bigcup_{i=2}^p\left(\Delta_{r_{0i}}^{(1,1)},\sigma_{r_{0i}}^{(1,1)}\right),$$

де $p=\overline{2,k}$, p – кількість ієрархічних рівнів, $\Delta_{r_{0i}}^{(1,1)}$ – хвостові елементи Π мережі, побудованої на основі Q -ряду.

Для зменшення часових затрат, що йдуть безпосередньо на Q -перетворення, введемо поріг точності P , що являє собою оптимальне середнє значення елементів мережі та обчислюється за формулою

$$P=\text{round}\left(\Delta_{r_{0i}}^{(1,1)},n\right), \quad (3)$$

де $\text{round}(x,n)$ – оператор математичного округлення виразу x до n знаків після коми.

У випадку застосування виразу (3) до всієї інформаційної послідовності, що обробляється, отримаємо значне покращення часових характеристик оброблення інформації, і як наслідок – меншу завантаженість апаратних засобів. З метою підвищення завадостійкості методу Q -перетворення введемо поняття динамічного порогу, який можна описати виразом

$$P_{\text{д}}=\begin{cases} \text{round}\left(\Delta_{r_{0i}}^{(1,1)},n_1\right) \\ \text{round}\left(\Delta_{r_{0i}}^{(1,1)},n_2\right) \\ \dots \\ \text{round}\left(\Delta_{r_{0i}}^{(1,1)},n_m\right) \end{cases}, \quad (4)$$

де n_1, n_2, \dots, n_m – параметр оператора математичного округлення, що змінюється динамічно;

m – кількість змін параметру n .

ІНФОРМАЦІЙНІ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

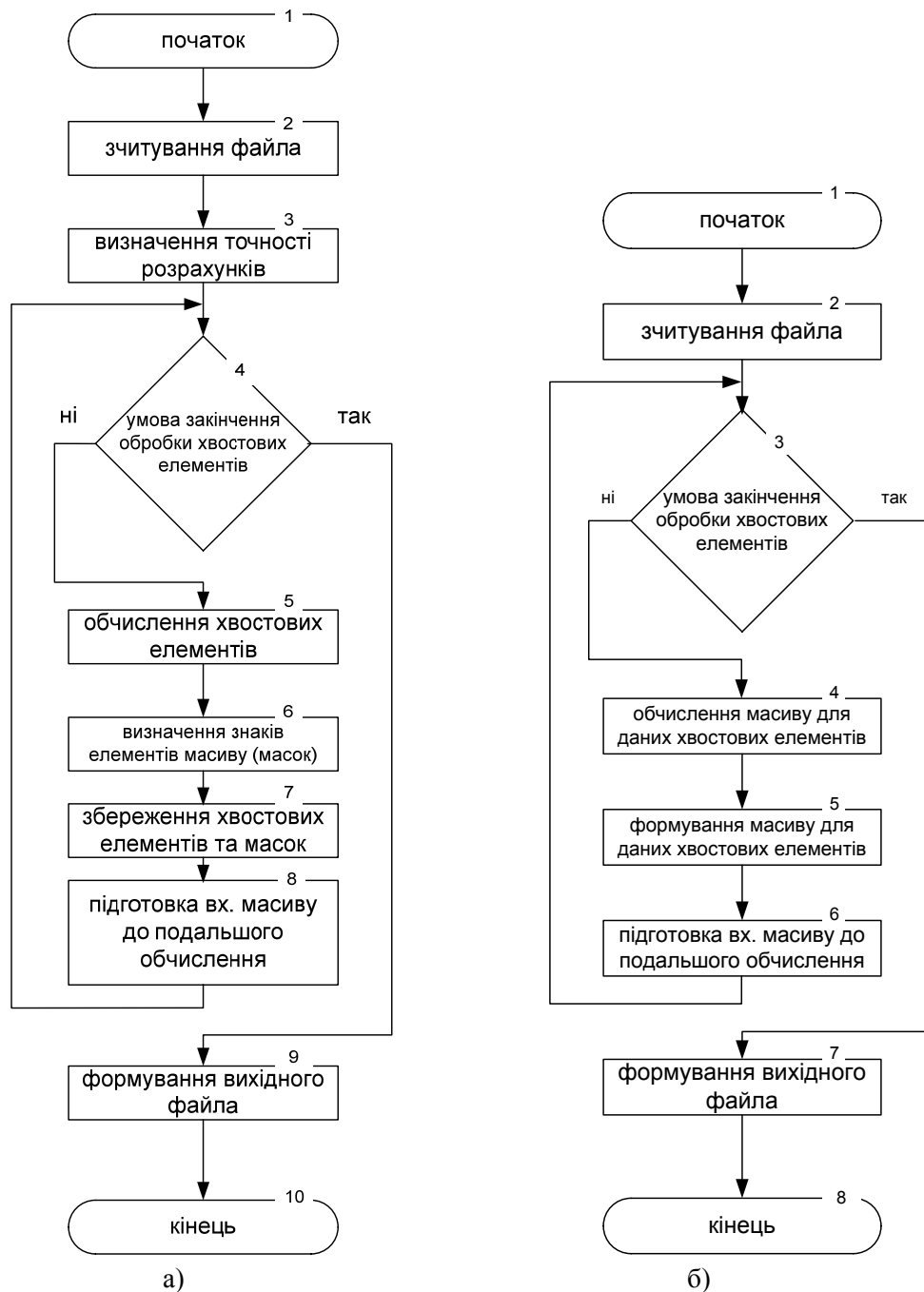


Рис. 1. Завадостійкий метод прямого та зворотного паралельно-ієрархічного Q -перетворення інформації для АГІЕС

У даному випадку при прямому Q -перетворенні на кожному етапі обробки даних визначаються такі значення порогів, при яких зворотне перетворення

ІНФОРМАЦІЙНІ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

відбуватиметься без спотворення. При цьому при обчисленні порогу беруться до уваги значення хвостових елементів суміжних Q -рядів.

При дослідженні паралельно-ієрархічного Q -перетворення інформації для АГПЕС із метою визначення та поліпшення завадостійких характеристик методу було розроблено алгоритми прямого та оберненого паралельно-ієрархічного Q -перетворення інформації (рис. 1).

Пряме паралельно-ієрархічне Q -перетворення починається із зчитування та визначення типу файлу. При реалізації прямого та зворотного перетворення в одній програмі визначення типу файлу набуває сенсу для вибору подальших дій. Перед початком перетворення необхідно задати точність розрахунків, тобто визначити поріг точності обчислення хвостових елементів (блок 3, див. рис. 1, *a*). Існує можливість вибору фіксованого значення для всієї послідовності розрахунків, а також вибір динамічного значення порогу, що запропоновано у виразі (4). Динамічний поріг дає змогу підвищувати завадостійкість методу, при цьому практично не втрачаючи на апаратно-часових затратах.

Після визначення порогу точності розрахунків починається циклічний процес обробки файлу (блоки 4-10, див. рис. 1, *a*). При цьому паралельно визначаються значення хвостових елементів, значення знаків елементів ряду та відбувається збереження цих значень до обробки наступної порції даних.

Наступним етапом є формування вихідного файлу (блок 9, див. рис. 1, *a*). При цьому до складу файлу входить закодовані дані, та інформація про тип файлу (що він кодований).

При використанні для точності розрахунків динамічного порогу при прямому Q -перетворенні блок 6 (див. рис. 1, *a*) можна представити таким чином (рис. 2):

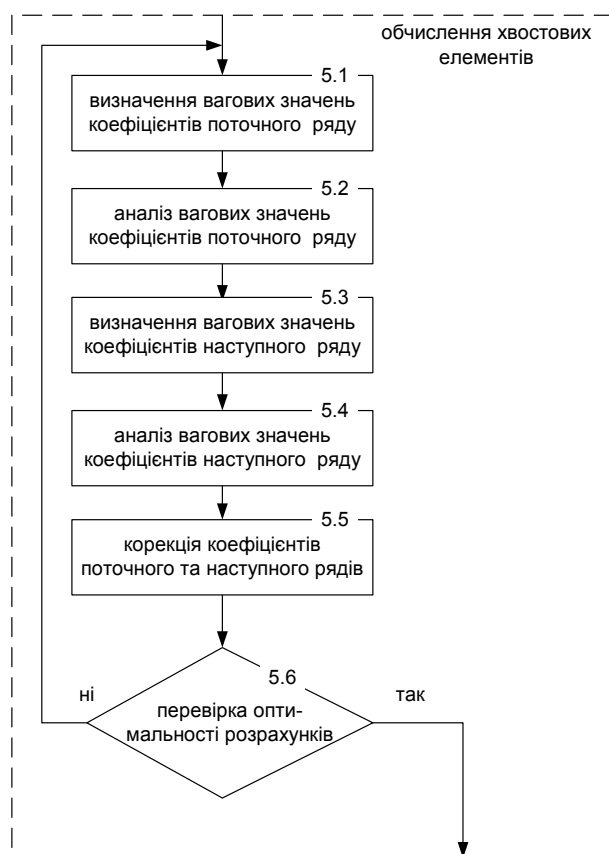


Рис. 2. Фрагмент блок-схеми завадостійкого методу прямого паралельно-ієрархічного Q -перетворення інформації з динамічним порогом

Як видно з наведеної блок-схеми, визначення порогу проводиться в декілька етапів: спочатку визначаємо вагові значення коефіцієнтів для поточного ряду, аналізуємо та порівнюємо зі значеннями коефіцієнтів суміжних рядів, після цього корегуємо значення. Якщо розрахунки проведено оптимальним чином, починається обробка наступної порції даних.

При зворотному перетворенні інформації на першому етапі визначається тип файлу (блок 3, див. рис. 1, б), тобто що файл є закодованим. Далі розпочинається безпосередньо зчитування інформації з файлу, що відбувається циклічно за допомогою блоків, що відповідають розміру та кількості паралельних процесорів (блоки 3-6, див. рис. 1, б). На даному етапі відбувається формування ряду за допомогою хвостових елементів, після чого проводиться підготовка масиву до наступного ряду. Цей процес є циклічним та відбувається до повного перетворення вхідного файлу.

Обернене Q -перетворення завершується формуванням вихідного файлу, у який, на відміну від кодованого файлу, записується лише декодована інформація (без надлишкової інформації для передачі та декодування), оскільки файл повинен загалом бути ідентичним файлу, що надходив для прямого Q -перетворення.

ІНФОРМАЦІЙНІ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

На базі розроблених паралельних методів Q -перетворення інформації проведено апаратно-програмне моделювання. На основі вищевикладеного матеріалу було розроблено програмний комплекс, що дав змогу провести імітацію передачі даних у каналі зв'язку із завадами різних видових форм (Гаусівський та рівномірний шуми), а також провести ряд експериментів для визначення рівня завадозахищеності використання Q -перетворення інформації у автоматизованих геоінформаційних системах. Основним розробленим програмним засобом у цій задачі є безпосередньо програмна реалізація методу Q -перетворення інформації (рис. 3). Допоміжними програмними засобами є:

- спеціально розроблена програмна реалізація процесу накладення шумів на закодований файл, дає змогу проводити накладення шумів на закодований (передаваний) пакет даних різних інтенсивностей та різних розподілів (гаусівський та рівномірний шуми) (рис. 3);

- використання стандартних ресурсів, таких, як Photoshop, MSExcel та ін.

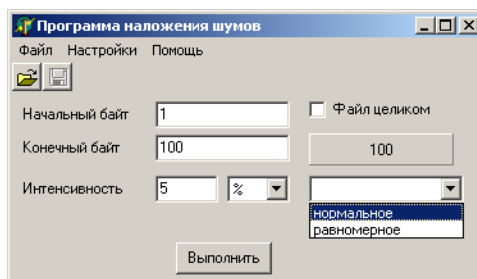
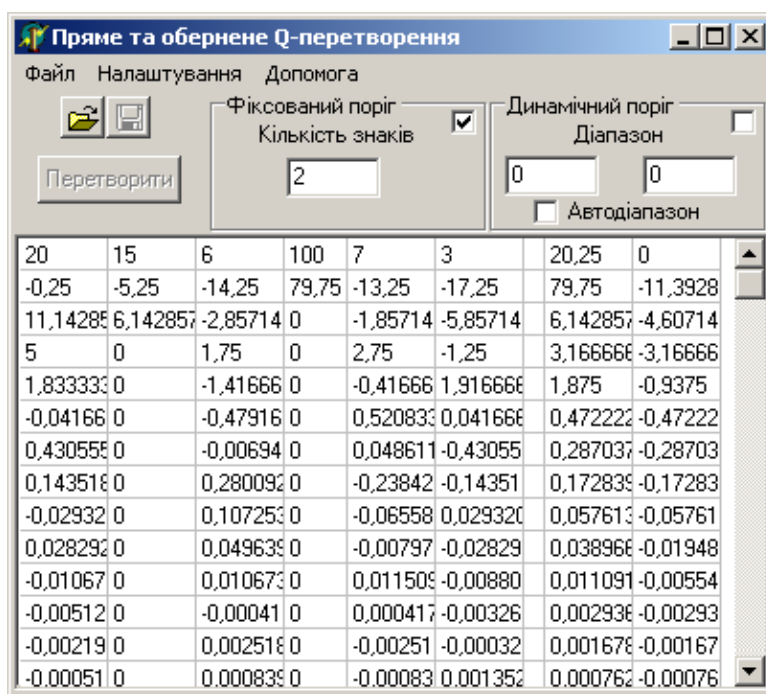


Рис. 3. Програмна реалізація методу Q -перетворення інформації та програмна реалізація процесу накладення шумів на закодований файл

ІНФОРМАЦІЙНІ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ЛІТЕРАТУРА

1. *L.I. Tymchenko, O.V. Malinochka (Shevchenko)* Parallel hierarchical networks in communications // Next-Generation Communication and Sensor Networks "Communication Networks I". – Boston (USA), 2006. – Vol. 6387. – 17 p.
2. *Тимченко Л.І., Шевченко О.В., Кокряцька Н.І., Шевченко С.А., Поплавський О.А.* Моделювання модифікаційних алгоритмів визначення координат зображень лазерних пучків // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2005. – №2(10). – С. 23-30.
3. *Вступ в алгоритмічну теорію ієрархії і паралелізму нейроподібних обчислювальних середовищ та її застосування до перетворення зображень. Частина 2. Основи теорії пірамідально-сітьового перетворення зображень / В.П. Кожем'яко, Л.І. Тимченко, Ю.Ф. Кутаєв, І.Д. Івасюк.* – Київ, 1994. – 272 с.
4. *Паралельно-ієрархічне перетворення і Q-обробка інформації для систем реального часу: Монографія / М.О. Ковзель, Л.І. Тимченко, Ю.Ф. Кутаєв та ін.* – Київ: КУЕТТ, 2006. – 492 с.

Надійшла 16 вересня 2007 р.