УДК 519.216
Н. Стадник, С. Лупенко, д-р. техн. наук, проф.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ФУНКЦІЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СКЛАДНОСТІ МЕТОДІВ СТАТИСТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ФУНКЦІЇ ДИСКРЕТНОГО ЦИКЛІЧНОГО ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ

N. Stadnyk, S. Lupenko, Dr. Prof.

FUNCTIONS OF COMPUTATIONAL COMPLEXITY OF STATISTICAL EVALUATION METHODS CORRELATION FUNCTION OF DISCRETE CYCLIC RANDOM PROCESS

Відомим методом статистичного оцінювання кореляційної функції $r_{2_{\xi_1}}\left(t_{m_1 l_1}, t_{m_2 l_2}\right)$ циклічного випадкового процесу $\xi_1(\omega, t_{ml})$ дискретного аргументу у задачах спектрально-кореляційного аналізу циклічних сигналів, є метод, який розроблено у роботах. Цей метод дає змогу отримати статистичну оцінку $\hat{r}_{2_{\xi_1}}\left(t_{m_1 l_1}, t_{m_2 l_2}\right)$ кореляційної функції $r_{2_{\xi_1}}\left(t_{m_1 l_1}, t_{m_2 l_2}\right)$ циклічного випадкового процесу дискретного аргументу за його M-цикловою ω-реалізацією $\xi_{1_\omega}(t_{ml})$, що формально подається у вигляді такого виразу:

$$\hat{r}_{2_{\xi_1}}\left(t_{m_1 l_1}, t_{m_2 l_2}\right) = \frac{1}{M - M_1 + 1} \cdot \sum_{n=0}^{M-M_1} \left[\xi_{1_\omega}\left(t_{m_1 l_1} + T\left(t_{m_1 l_1}, n\right)\right) - \hat{m}_{\xi_1}\left(t_{m_1 l_1}\right)\right] \cdot$$
$$\cdot \left[\xi_{1_\omega}\left(t_{m_2 l_2} + T\left(t_{m_2 l_2}, n\right)\right) - \hat{m}_{\xi_1}\left(t_{m_2 l_2}\right)\right],\ m_1, m_2 \in \left\{\overline{1, M_1}\right\},\ l_1, l_2 \in \left\{\overline{1, L}\right\}. \quad (1)$$

де M_1 ($M_1 << M$) – максимальне значення індексів m_1 та m_2, що вибирається у залежності від кількості усереднень в реалізації статистики, щоб забезпечити необхідний рівень точності та достовірності статистичного оцінювання.

Аналогічна формула для обчислення значення статистичної оцінки $\hat{r}_{2_{\xi_2}}(l_1, l_2)$ кореляційної функції $r_{2_{\xi_2}}(l_1, l_2)$ L-періодичної послідовності $\xi_2(\omega, i)$, що ізоморфна відносно порядку та значень циклічному випадковому процесу $\xi_1(\omega, t_{ml})$, грунтується на виразі:

$$\hat{r}_{2_{\xi_1}}(l_1, l_2) = \frac{1}{M - M_1 + 1} \cdot \sum_{n=0}^{M-M_1} \left[\xi_{2_\omega}(l_1 + L \cdot n) - \hat{m}_{\xi_2}(l_1)\right] \cdot \left[\xi_{2_\omega}(l_2 + L \cdot n) - \hat{m}_{\xi_2}(l_2)\right],\ \ l_1, l_2 = \overline{1, L \cdot M_1}. \quad (2)$$

Функція обчислювальної складності $F_2(L, M, M_1)$ задачі оцінювання кореляційної функції за формулою (2) має вигляд:

$$F_2(L, M, M_1) = 3 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 \cdot M - 3 \cdot L^2 \cdot (M_1)^3 + 6 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 +$$
$$+ 3 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 \cdot M - 3 \cdot L^2 \cdot (M_1)^3 + 3 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 = 6 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 \cdot M - 6 \cdot L^2 \cdot (M_1)^3 + 9 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 =$$
$$= 3 \cdot L^2 \cdot \left(2 \cdot (M_1)^2 \cdot M - 2 \cdot (M_1)^3 + 3 \cdot (M_1)^2\right). \quad (3)$$

Як видно із формули (3) при зростанні M обчислювальна складність буде лінійно зростати, при зростанні L, обчислювальна складність буде квадратично зростати, а при зростанні M_1 - обчислювальна складність буде змінюватися за кубічним законом.

Функція обчислювальної складності $F_1(L, M, M_1)$ задачі оцінювання кореляційної функції за формулою (1) має вигляд:

$$F_1(L,M,M_1) = 3 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 \cdot M - 3 \cdot L^2 \cdot (M_1)^3 + 6 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 + 10 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 \cdot M - \\ -10 \cdot L^2 \cdot (M_1)^3 + 12 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 = 13 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 \cdot M - 13 \cdot L^2 \cdot (M_1)^3 + 18 \cdot L^2 \cdot (M_1)^2 = \\ = L^2 \cdot (M_1)^2 \cdot (13 \cdot M - 13 \cdot M_1 + 18). \tag{4}$$

Графіки перерізів функцій обчислювальної складності $F_1(L,M,M_1)$ та $F_2(L,M,M_1)$ подано на рис. 1 - 2.

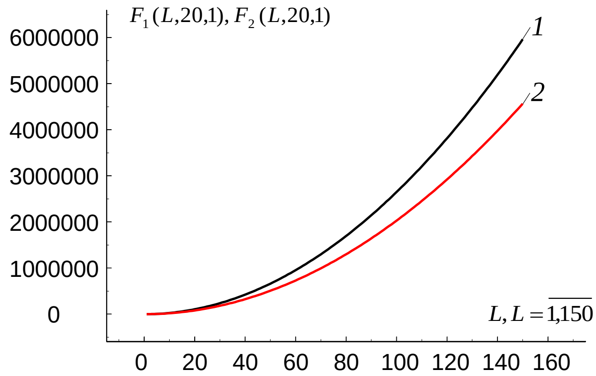

Рис. 1. Графіки перерізів функцій обчислювальної складності $F_1(L,M,M_1)$ та $F_2(L,M,M_1)$ від кількості L відліків циклічного сигналу на одному його циклі при фіксованих значеннях параметрів M та M_1 а саме, при $M = 20$ та $M_1 = 1$;

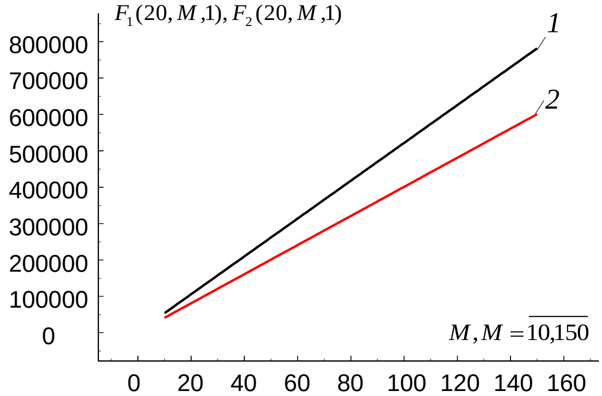

Рис. 2. Графіки перерізів функцій обчислювальної складності $F_1(L,M,M_1)$ та $F_2(L,M,M_1)$ від кількості M зареєстрованих циклів циклічного сигналу при фіксованих значеннях параметрів L та M_1, саме, при $L = 20$ та $M_1 = 1$

Як бачимо, функція обчислювальної складності, а саме, кількість операцій (арифметичних та операцій зчитування даних із масивів) для нового методу оцінювання кореляційної функції циклічного випадкового процесу дискретного аргументу є меншою у порівнянні із відомим.

Таким чином, у роботі отримано вирази для функцій обчислювальної складності відомого та нового методів статистичного оцінювання кореляційної функції циклічних випадкових процесів дискретного аргументу, що дало змогу досліджувати аналітичними методами вплив основних параметрів відповідних алгоритмів статистичного оцінювання на їх обчислювальну складність.