

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ ДВОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРАВИЛ ОБРОБКИ РАДІОСИГНАЛІВ НА ФОНІ НЕГАУСІВСЬКИХ ЗАВАД

Палагін В.В.¹, Гончаров А.В.², Уманець В.М.³

Кафедра радіотехніки, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна,
E-mail: ¹palahin@yahoo.com, ²artyom28@gmail.com, ³vladimirumanets@gmail.com

Анотація. – проведено комп'ютерне моделювання поліноміальних двофункціональних правил обробки радіосигналів на фоні асиметрично-ексцесної завади другого типу першого виду.

Ключові слова: поліноми Кунченка, двофункціональні правила, асиметрично-ексцесна негаусівська завада.

I. Вступ

Традиційно для побудови двофункціональних правил сумісного розрізнення сигналів та оцінювання їх параметрів використовують добре відомі класичні методи теорії статистичної обробки сигналів [1], які в загальному випадку не передбачають обмежень на використання виду щільності розподілу випадкових величин. На практиці значного поширення набуло застосування стандартного нормального розподілу випадкових величин, яке в багатьох випадках унеможливує відображення реальних процесів з необхідною адекватністю.

Використання традиційного підходу до дослідження і розробки систем обробки випадкових негаусівських процесів характеризується суттєвими обмеженнями, пов'язаними зі складністю їх алгоритмічної реалізації, зростанням обчислювальних ресурсів, що призводить до відповідних труднощів при створенні якісних програмно-алгоритмічних та апаратних засобів обробки сигналів.

В зв'язку з цим актуальною постає задача побудови ефективних методів обробки сигналів, що дозволяють підвищити точність обробки негаусівських сигналів порівняно з традиційним кореляційним підходом при заданих обмеженнях на їх алгоритмічну та обчислювальну складність.

Метою даної роботи є проведення комп'ютерного моделювання поліноміальних двофункціональних правил обробки радіосигналів на фоні асиметрично-ексцесної негаусівської завади.

II. Комп'ютерне моделювання поліноміальних двофункціональних правил

В роботі пропонується використати двофункціональне правило обробки входних вибірових значень \mathbf{X} :

$$\Delta[\mathbf{X}] = F\{\Delta_p[\mathbf{X}], \Delta_o[\mathbf{X}]\}, \quad (1)$$

де $\Delta_p[\mathbf{X}]$ – функція розрізнення гіпотез, в основу якої покладено застосування поліноміальних розв'язувальних правил (РП) розрізнення N сигналів, оптимальні коефіцієнти яких знаходяться згідно моментного критерію якості верхніх границь ймовірностей помилок [2], $\Delta_o[\mathbf{X}]$ – функція оцінювання параметрів сигналів, в основі якої лежать методи максимізації полінома (ММП) [3] та максимізації усіченого стохастичного полінома (ММУСП) [3].

Нехай на вході системи спостерігається випадковий сигнал, який представляє собою адитивну суміш радіосигналу $S_i(t)$ та завади $\eta(t)$: $\xi_i(t) = S_i(t) + \eta(t)$. Обробці підлягають вибірові значення $\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ обсягу n з послідовності незалежних і неоднаково розподілених випадкових

величин. За результатами обробки \mathbf{X} необхідно винести рішення про реалізацію однієї з гіпотез H_i , $i = \overline{0, N}$. Замінивши безперервний час спостереження t на дискретні відліки v обсягом n для досліджуваного сигналу $\xi_i(t)$ в припущенні стаціонарності негаусівських завад можемо записати:

$$H_i: \xi_{iv} = S_{iv}(\alpha_k) + \eta(\gamma_k), \quad i = \overline{1, N}, \quad v = \overline{1, n};$$

$$H_0: \xi_{0v} = \eta(\gamma_k),$$

де S_{iv} – значення i -го радіосигналу з відомими (оціночними) параметрами у вигляді моментно-кумулянтного опису α_k в v -й момент часу; $\eta(\gamma_k)$ – негаусівська випадкова величина з відомими (оціночними) параметрами у вигляді моментно-кумулянтного опису γ_k . За результатами обробки \mathbf{X} необхідно винести рішення про реалізацію однієї з гіпотез H_i , $i = \overline{0, N}$.

Моделювання поліноміальних двофункціональних правил проведені при степенях стохастичного полінома $s = 1$ та $s = 2$, при заданому обсязі вибірки $n = 500$ та кількості експериментів $k = 200$. Результати моделювання представлено у вигляді графіків (рис. 1–3).

На рис. 1 зображено теоретичний та експериментальний графіки залежності ефективності нелінійного РП ($s = 2$) розрізнення сигналів по відношенню до лінійного РП ($s = 1$) та оцінюється відношенням кількості добутої інформації $I_{s=1}/I_{s=2}$ з вибірових значень про розрізнення гіпотез і характеризує ймовірності помилок першого і другого роду РП.

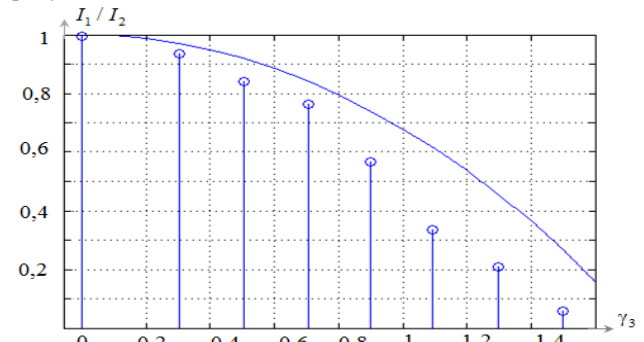


Рис. 1. Залежність ефективності поліноміальних РП при степені поліному $s = 1$ до $s = 2$ від коефіцієнта асиметрії γ_3 для коефіцієнта ексцесу $\gamma_4 = 0,8$

На рис. 2 представлено теоретичний та експериментальний графіки залежності коефіцієнта зменшення дисперсій оцінок частоти першого радіосигналу $g(\omega_{01})_{21}$, що знаходиться як відношення дисперсій отриманих оцінок при різних степенях стохастичного полінома [3].

Залежність коефіцієнтів зменшення дисперсій оцінок інших параметрів радіосигналів мають подібний характер зміни.

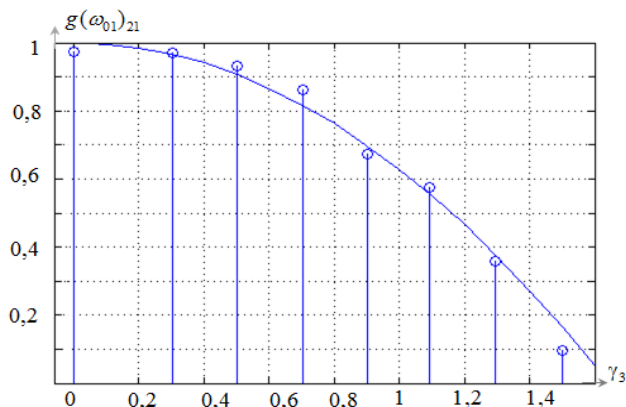


Рис. 2. Залежність коефіцієнта зменшення дисперсій оцінок частоти від γ_3 , $\gamma_4 = 0,8$

На рис. 3 представлено результати моделювання серії експериментів обробки сигналів на фоні адитивної асиметрично-ексцесної завади лінійним та нелінійним РП.

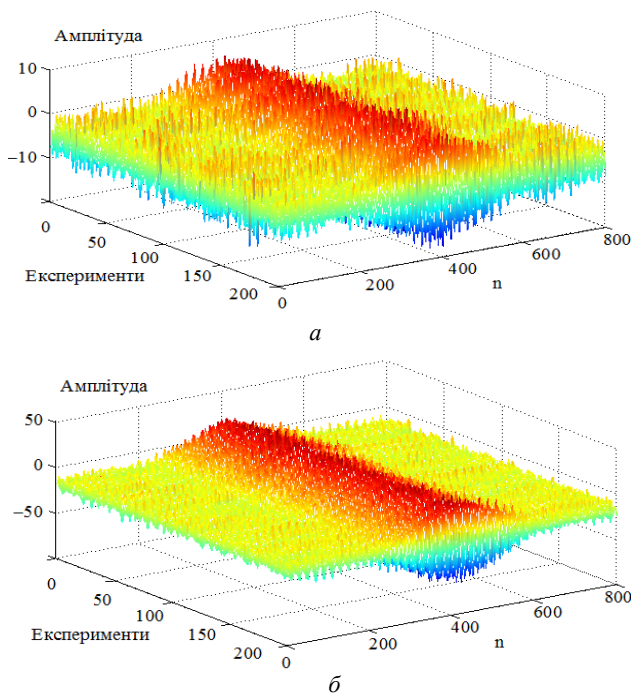


Рис. 3. Результат обробки вибірових значень: а – лінійним РП; б – нелінійним РП при $\gamma_3 = 1,5$ та $\gamma_4 = 0,8$

III. Висновки

Експериментально отримані результати комп'ютерного моделювання поліноміальних двофункціональних правил відповідають теоретичним. Показано, що результати обробки лінійним РП (рис. 3, а) (який є оптимальним для гаусівських завад) вибірових значень сигналу при негаусівських завадах характеризуються більш частими хаотичними викидами і перевищеннями нульового порогу в порівнянні з результатами обробки нелінійним РП (рис. 3, б), який враховує коефіцієнти третього та четвертого порядків.

Встановлено, що врахування статистик третього і вище порядків у вигляді коефіцієнтів асиметрії та ексцесу дозво-

ляє суттєво покращити результати оцінювання параметрів у вигляді зменшення дисперсії оціночних значень та зменшити ймовірності помилок поліноміальних РП в порівнянні з відомими результатами.

Співпадання експериментальних результатів з теоретичними відбуватиметься при збільшенні обсягу вибірки n та кількості проведених експериментів k .

Отримані результати можуть бути використані для зменшення ймовірності помилок розрізнення радіосигналів та підвищення точності оцінок їх параметрів в радіолокації, радіонавігації та інших сферах, де точність алгоритмів обробки сигналів відіграє важливу роль.

IV. Список літератури

- [1] Трифонов, А. П. Совместное различение сигналов и оценка их параметров на фоне помех / А. П. Трифонов, Ю. С. Шинаков. – М.: Радио и связь, 1986. – 264 с.
- [2] Палагін, В. В. Нелінійні алгоритми виявлення радіосигналів на тлі адитивно-мультиплікативних негаусівських завад / В. В. Палагін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 6, № 11(60) – С. 23–28.
- [3] Гончаров, А. В. Оцінка амплітуди радіосигналу при асиметрично-ексцесній адитивній заваді із застосуванням усечених поліномів Кунченка / А. В. Гончаров, В. М. Уманець // Вісник ЧДТУ – 2013. – № 2. – С. 111–118.

COMPUTER MODELING OF POLYNOMIAL TWO FUNCTIONAL RULES TO PROCESS RADIO SIGNALS AT NON-GAUSSIAN INTERFERENCES

Palahin V.V., Honcharov A.V., Umanets V.M.

Department of the Radio Engineering, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine

In this paper using two functional rules for processing of incoming sample values (1) is proposed. The first function is the function of hypothesis distinction, based on polynomial decisive rules. The optimal coefficients of such decisive rules are obtained by moments criterion of the upper limit of probability of errors. The second function is the function of estimation of signals parameters, based on the method of polynomial maximization and method of truncated polynomial maximization. The two functional rules for signal processing use the moment and cumulant description of random variables.

Using the traditional approach to research and develop systems of processing of Non-Gaussian random processes is characterized by significant limitations associated with the complexity of algorithmic implementation and increasing computational resources that leads to appropriate difficulties in establishing quality software-algorithm and hardware means of signal processing.

In this regard, there is an urgent task to develop effective methods of signal processing to enhance the accuracy of Non-Gaussian signals processing compared with the traditional correlation approach.

Computer modeling of polynomial two functional rules to process radio signals at skewness-kurtosis non-gaussian interference is conducted. The skewness-kurtosis interference is characterized by cumulant coefficients of the third and fourth order.

Experimental results of computer modeling of distinction and estimation algorithms in general conform to theoretical.

It is shown (Fig. 1-3) that the account of a thin structure of Non-Gaussian interferences can increase efficiency of signal processing algorithms. The greatest efficiency is reached for boundary conditions of the coefficients of skewness and kurtosis of the interference and for higher degrees of the polynomial.

The obtained results may be used to reduce the probabilities of errors of distinction of radio signals and improve the accuracy of the estimations of their parameters in radiolocation, radio navigation and other areas.