УДК 621.37:621.391

УСІЧЕНА ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ АДИТИВНОЇ СУМІШІ РАДІОСИНАЛУ ТА ЕКСЦЕСНОЇ НЕГАУСІВСЬКОЇ ЗАВАДИ[1]

Гончаров А. В., к.т.н., доцент; Уманець В. М., аспірант
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна,
vladimirumanets@gmail.com

TRUNCATED ESTIMATING PARAMETERS OF ADDITIVE MIXTURE OF RADIO SIGNAL AND KURTOSIS NON-GAUSSIAN NOISE

Honcharov A. V., PhD, Associate Professor; Umanets V. M., Postgraduate Student
Cherkasy state technological university, Cherkasy, Ukraine

Вступ

В даній роботі розглядається задача оцінки параметрів інформаційних сигналів, що спостерігаються на тлі завад. При проектуванні технічних пристроїв та систем, призначених для вимірювання параметрів сигналу в таких областях як гідроакустика, медицина, сейсмологія, радіолокація, радіонавігація, телекомунікації ставляться жорсткі вимоги щодо точності алгоритмів обробки сигналів. Вважається, що прості і досить ефективні алгоритми оцінки параметрів сигналів з використанням гаусівських моделей випадкових сигналів задовольняють цим вимогам [1, 2].

Проте класичні методи максимальної правдоподібності [3] та моментів [4], що базуються на таких моделях, мають певні обмеження. Ці обмеження пов’язані з деякою ідеалізацією реальних процесів, оскільки приймається, що випадкова величина має нормальний закон розподілу, що не дозволяє врахувати більш складну структуру реальних завад, закон розподілу яких може бути далеким від нормального, а точність алгоритмів обробки сигналів може бути недостатньою [5, 6].

В такому випадку говорити про адекватність отриманих результатів статистичної обробки неможливо. В останні роки інтенсивного розвитку набув напрямок, який базується на використанні класу негаусівських випадкових величин. Тому актуальною постає задача розробки нових алгоритмів обробки сигналів або адаптація існуючих. Серед існуючих на сьогодні слід відокремити теорію стохастичних поліномів Кунченко, ефективність якої підтверджується в роботах [7-9]. Зокрема, значний інтерес викликає метод усічених стохастичних поліномів, який дозволяє оперувати двома важливими характеристиками: точністю та швидкістю в залежності від поставлених задач.

[1] Електронний варіант статті: http://radap.kpi.ua/radiotechnique/article/view/1060

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є вирішення задачі знаходження спільної оцінки частоти ω_0 радіосигналу при усіченому оцінюванні дисперсії χ_2 ексцесної завади за допомогою методів максимізації полінома (ММП) та максимізації усіченого стохастичного полінома (ММУСП).

Для отримання конкретних результатів та ілюстрації ефективності поліноміальних методів спільного оцінювання параметрів сигналів та негаусівских завад пропонується розглянути суміш радіосигналу і ексцесної негаусівської завади. Однак запропоновані моделі та алгоритми можуть бути застосовані до різного класу сигналів і завад.

Досліджується вибірка обсягом n незалежних неоднаково розподілених вибіркових значень $\vec{x} = \{x_1, x_2, ... x_n\}$ з генеральної сукупності значень випадкової величини $\xi = S_v(a_0, \omega_0, \varphi_0) + \eta(\chi_2, \gamma_4)$, що являє собою адитивну суміш радіосигналу та ексцесної завади першого типу першого виду. Сигнал $S_v = a_0 e_v \cos(\omega_0 v\delta + \varphi_0)$ описується амплітудою a_0, огинаючою $e_v = \sin(\omega v\delta)$, ВЧ-заповненням $\cos(\omega_0 v\delta + \varphi_0)$ з початковою частотою ω_0 та фазою φ_0, де $v = \overline{1,n}$ – відліки (моменти часу спостереження), а δ – рівномірний крок дискретизації. На відміну від класичного підходу, де в розглянутій моделі завада має нормальний, тобто гаусівський закон розподілу, запропонована негаусівська ексцесна завада η має закон розподілу, більш близький до реальної завади та описується за допомогою послідовності кумулянтів та кумулянтних коефіцієнтів. При цьому дисперсія χ_2, коефіцієнт ексцесу γ_4 – відмінні від нуля, а математичне сподівання, коефіцієнт асиметрії γ_3 та кумулянтні коефіцієнти вищих порядків дорівнюють нулю. Параметри сигналу a_0, ω, φ_0 вважаються апріорно відомими.

Задачі дослідження: побудувати ефективні поліноміальні алгоритми знаходження спільної оцінки частоти радіосигналу при усіченому оцінюванні дисперсії ексцесної завади до шостого степеня полінома, які б дозволили підвищити точність результатів та швидкість обробки сигналів.

В даній роботі розглядається негаусівська модель адитивної суміші сигналу та завади, тому для синтезу алгоритмів оцінювання їх параметрів доцільно скористатись запропонованими методами ММП та ММУСП.

Побудова поліноміальних алгоритмів спільного оцінювання

Спільні оцінки частоти ω_0 радіосигналу при усіченому оцінюванні кумулянта другого порядку χ_2 ексцесної завади знаходяться починаючи з рівняння максимізації полінома другого степеня і закінчуючи шостим. В силу громіздкості виразів наведемо результати розрахунків до четвертого степеня.

Особливістю такого підходу є відсутність потреби знати всі оптимальні коефіцієнти. В нашому випадку для оцінювання параметра χ_2 беремо до уваги лише перших два оптимальних коефіцієнта. Всі інші коефіцієнти прирівнюються до нуля, що буде достатнім для отримання необхідної мінімальної інформації про параметри завади [7, 8].

Відповідно до ММП [5] та ММУСП [7] системи рівнянь для знаходження оцінки частоти ω_0 радіосигналу та усіченої оцінки кумулянта другого порядку χ_2 **при степені стохастичного полінома s=2** будуть мати вигляд:

$$\begin{cases} \left. z_{2(2)1v}(\omega_0) + z_{1(2)1v}(\omega_0) - z_{0(2)1v}(\omega_0) \right|_{\substack{\omega_0=\hat{\omega}_0 \\ \chi_2=\hat{\chi}_2}} = 0, \\ \left. n\chi_2 - \sum\limits_{v=1}^{n} (x_v - S_v)^2 \right|_{\substack{\chi_2=\hat{\chi}_2 \\ \omega_0=\hat{\omega}_0}} = 0, \end{cases}$$

де коефіцієнти $z_{i(2)1v}(\omega_0)$ дорівнюють:

$$z_{0(2)1}(\omega_0) = \sum_{v=1}^{n} \left[p_{(0,1)v} \chi_2^2 (2+\gamma_4) \right], \; z_{1(2)1}(\omega_0) = \sum_{v=1}^{n} \left[p_{(1,1)v} S_v \chi_2^2 (2+\gamma_4) \right],$$

$$z_{2(2)1}(\omega_0) = 0,$$

$$p_{(i,j)v} = a_0 v\delta x_v^i e_v^j \sin^j \left[\omega_0 v\delta + \varphi_0 \right].$$

При степені стохастичного полінома s=3

$$\begin{cases} \left. z_{3(3)1v}(\omega_0) - 3z_{2(3)1v}(\omega_0) + 3z_{1(3)1v}(\omega_0) + z_{0(3)1v}(\omega_0) \right|_{\substack{\omega_0=\hat{\omega}_0 \\ \chi_2=\hat{\chi}_2}} = 0, \\ \left. n\chi_2 - \sum\limits_{v=1}^{n} (x_v - S_v)^2 \right|_{\substack{\chi_2=\hat{\chi}_2 \\ \omega_0=\hat{\omega}_0}} = 0, \end{cases}$$

де відповідні коефіцієнти $z_{i(3)1v}(\omega_0)$ дорівнюють:

$$z_{0(3)1}(\omega_0) = \sum_{v=1}^{n} \left[\chi_2^4 \gamma_4 (2+\gamma_4) p_{(3,1)v} - 3\chi_2^5 (2 + 5\gamma_4 + 2\gamma_4^2) p_{(1,1)v} \right],$$

$$z_{1(3)1}(\omega_0) = \sum_{v=1}^{n} \left[\chi_2^4 \gamma_4 (2+\gamma_4) p_{(2,1)v} S_v - \chi_2^5 (2 + 5\gamma_4 + 2\gamma_4^2) p_{(0,1)v} S_v \right],$$

$$z_{2(3)1}(\omega_0) = \sum_{v=1}^{n} \left[\chi_2^4 \gamma_4 (2+\gamma_4) p_{(1,1)v} S_v^2 \right],$$

$$z_{3(3)1}(\omega_0) = \sum_{v=1}^{n} \left[\chi_2^4 \gamma_4 (2+\gamma_4) p_{(0,1)v} S_v^3 \right].$$

При степені стохастичного полінома s=4

$$\begin{cases} z_{4(4)1v}\left(\omega_0\right)+z_{3(4)1v}\left(\omega_0\right)-3z_{2(4)1v}\left(\omega_0\right)+3z_{1(4)1v}\left(\omega_0\right)-z_{0(4)1v}\left(\omega_0\right)\Big|_{\substack{\omega_0=\hat{\omega}_0\\ \chi_2=\hat{\chi}_2}}=0, \\ n\chi_2-\sum\limits_{v=1}^{n}\left(x_v-S_v\right)^2\Big|_{\substack{\chi_2=\hat{\chi}_2\\ \omega_0=\hat{\omega}_0}}=0, \end{cases}$$

де відповідні коефіцієнти дорівнюють:

$$z_{0(4)1}\left(\omega_0\right)=\sum_{v=1}^{n}\left[p_{(3,1)v}B_{7(4)1}-6p_{(1,1)v}C_{7(4)1}\right],$$

$$z_{1(4)1}\left(\omega_0\right)=\sum_{v=1}^{n}\left[\gamma_4\chi_2^8\left(24+84\gamma_4+38\gamma_4^2+17\gamma_4^3\right)p_{(2,1)v}S_v-2\chi_2^9\left(24+132\gamma_4+\right.\right.$$
$$\left.\left.+206\gamma_4^2+93\gamma_4^3+34\gamma_4^4\right)p_{(0,1)v}S_vC_{7(4)1}\right],$$

$$z_{2(4)1}\left(\omega_0\right)=\sum_{v=1}^{n}\left[\gamma_4\chi_2^8\left(24+84\gamma_4+38\gamma_4^2+17\gamma_4^3\right)p_{(1,1)v}S_v^2\right],$$

$$z_{3(4)1}\left(\omega_0\right)=\sum_{v=1}^{n}\left[\gamma_4\chi_2^8\left(24+84\gamma_4+38\gamma_4^2+17\gamma_4^3\right)p_{(0,1)v}S_v^3\right],$$

$$z_{4(4)1v}\left(\omega_0\right)=0.$$

Статистичні властивості отриманих оцінок частоти радіосигналу

Для дослідження статистичних властивостей оцінок параметра радіосигналу при різних степенях полінома s розраховуються асимптотичні дисперсії оцінок, які знаходяться з матриці кількості добутої інформації [7]:

$$J_{sn}\left(\vec{\vartheta}\right)=\begin{pmatrix} J_{sn}^{(1,1)}\left(\vec{\vartheta}\right) & J_{sn}^{(1,2)}\left(\vec{\vartheta}\right) \\ J_{sn}^{(2,1)}\left(\vec{\vartheta}\right) & J_{sn}^{(2,2)}\left(\vec{\vartheta}\right) \end{pmatrix}.$$

Елементи матриці відповідно дорівнюють:

$$J_{sn}^{(1,1)}\left(\vec{\vartheta}\right)=\sum_{v=1}^{n}\sum_{i=1}^{s}\sum_{j=1}^{s}h_{i(s)1v}\left(\vec{\vartheta}\right)h_{j(s)1v}\left(\vec{\vartheta}\right)K_{(i,j)v}\left(\vec{\vartheta}\right),$$

$$J_{sn}^{(2,2)}\left(\vec{\vartheta}\right)=\sum_{v=1}^{n}\sum_{i=1}^{s}\sum_{j=1}^{s}h_{i(s)[2]v}\left(\vec{\vartheta}\right)h_{j(s)[2]v}\left(\vec{\vartheta}\right)K_{(i,j)v}\left(\vec{\vartheta}\right),$$

$$J_{sn}^{(1,2)}\left(\vec{\vartheta}\right)=\sum_{v=1}^{n}\sum_{i=1}^{s}\sum_{j=1}^{s}h_{i(s)1v}\left(\vec{\vartheta}\right)h_{j(s)[2]v}\left(\vec{\vartheta}\right)K_{(i,j)v}\left(\vec{\vartheta}\right), \quad (1)$$

$$J_{sn}^{(2,1)}\left(\vec{\vartheta}\right)=\sum_{v=1}^{n}\sum_{i=1}^{s}\sum_{j=1}^{s}h_{i(s)[2]v}\left(\vec{\vartheta}\right)h_{j(s)1v}\left(\vec{\vartheta}\right)K_{(i,j)v}\left(\vec{\vartheta}\right),$$

де $h_{i(s)1v}\left(\vec{\vartheta}\right)$ – оптимальні коефіцієнти, що забезпечують мінімальну дисперсію оцінки частоти корисного сигналу знайденої ММП, коефіцієнти $h_{i(s)[2]v}\left(\vec{\vartheta}\right)$ забезпечують мінімум дисперсій оцінок χ_2, знайдених ММУСП, $K_{(i,j)v}$ – центровані корелянти, $v=\overline{1,n}$ – порядковий номер вибіркового значення, n – обсяг вибірки, s – степінь стохастичного полінома, $\vec{\vartheta}=\left(\omega_0,\chi_2\right)$ – вектор оцінюваних параметрів.

Дисперсії оцінок частоти радіосигналу можуть бути розраховані за допомогою наступного виразу:

$$\sigma_{(\omega_0)s}^2=\frac{J_{sn}^{(2,2)}\left(\vec{\vartheta}\right)}{\det\left\|J_{sn}\left(\vec{\vartheta}\right)\right\|},\tag{2}$$

де $\det\left\|J_{sn}\left(\vec{\vartheta}\right)\right\|$ – визначник матриці кількості добутої інформації.

Отже, **при степені стохастичного полінома s=2** отримаємо наступні вирази елементів варіаційної матриці (1) та дисперсію оцінки частоти радіосигналу (2):

$$J_{2n}^{(1,1)}\left(\vec{\vartheta}\right)=\frac{\left(2+\gamma_4\right)}{\chi_2\left(2-\gamma_4\right)}\sum_{v=1}^{n}p_{(0,1)v}^{\;2},\; J_{2n}^{(2,2)}\left(\vec{\vartheta}\right)=\frac{n}{\chi_2\left(2-\gamma_4\right)},$$

$$J_{2n}^{(1,2)}\left(\vec{\vartheta}\right)=J_{3n}^{(2,1)}\left(\vec{\vartheta}\right)=0,$$

$$\sigma_{(\omega_0)2}^2=\frac{\chi_2\left(2-\gamma_4\right)}{\left(2+\gamma_4\right)\sum_{v=1}^{n}p_{(0,1)v}^{\;2}}.\tag{3}$$

При степені стохастичного полінома s=3

$$J_{3n}^{(1,1)}=3\frac{\left(4+8\gamma_4+3\gamma_4^2\right)}{\chi_2\left(12+\gamma_4\left(24+7\gamma_4+\gamma_4^2\right)\right)}\sum_{v=1}^{n}p_{(0,1)v}^{\;2},$$

$$J_{3n}^{(2,2)}=\frac{n}{\left(12+\gamma_4\left(24+7\gamma_4+\gamma_4^2\right)\right)\left(6+9\gamma_4-\gamma_4^2\right)\chi_2^8},$$

$$J_{3n}^{(1,2)}=J_{3n}^{(2,1)}=0,$$

$$\sigma^2_{(\omega_0)3} = \frac{\chi_2\left(12+\gamma_4\left(24+7\gamma_4+\gamma_4^2\right)\right)}{3\left(4+8\gamma_4+3\gamma_4^2\right)\sum_{v=1}^{n} p_{(0,1)v}^{\;2}}. \qquad (4)$$

При степені стохастичного полінома s=4

$$J_{4n}^{(1,1)} = \frac{3\left(2+3\gamma_4\right)\left(24+84\gamma_4+38\gamma_4^2+17\gamma_4^3\right)}{\chi_2\left(144+\gamma_4\left(720+960\gamma_4+360\gamma_4^2+115\gamma_4^3-17\gamma_4^4\right)\right)\sum_{v=1}^{n} p_{(0,1)v}^{\;2}},$$

$$J_{4n}^{(2,2)} = \frac{\left(2+\gamma_4\right)n}{2\left(\left(6+\left(9-\gamma_4\right)\gamma_4\right)\left(24+\gamma_4\left(84+\gamma_4\left(38+17\gamma_4\right)\right)\right)\right)\chi_2^6},$$

$$J_{4n}^{(1,2)} = J_{4n}^{(2,1)} = 0,$$

$$\sigma^2_{(\omega_0)4} = \frac{\chi_2\left(144+\gamma_4\left(720+960\gamma_4+360\gamma_4^2+115\gamma_4^3-17\gamma_4^4\right)\right)}{3\left(2+3\gamma_4\right)\left(24+84\gamma_4+38\gamma_4^2+17\gamma_4^3\right)\sum_{v=1}^{n} p_{(0,1)v}^{\;2}}. \qquad (5)$$

Порівняння асимптотичних дисперсій оцінок частоти радіосигналу та графічне представлення отриманих результатів

Ефективність запропонованих методів досліджується за допомогою коефіцієнтів зменшення дисперсій отриманих оцінок, які знаходяться з виразу:

$$g_{(\omega_0)sk} = \frac{\sigma^2_{(\omega_0)s}}{\sigma^2_{(\omega_0)k}},$$

де $\sigma^2_{(\omega_0)s}$ та $\sigma^2_{(\omega_0)k}$ – дисперсії оцінок частоти радіосигналу при усіченій оцінці параметра завади, розраховані при різних степенях полінома.

Враховуючи отримані значення дисперсій (3-5), коефіцієнти зменшення будуть дорівнювати:

$$g_{(\omega_0)32} = \frac{\sigma^2_{(\omega_0)3}}{\sigma^2_{(\omega_0)2}} = 1-\frac{\gamma_4^2}{3\left(2+3\gamma_4\right)},$$

$$g_{(\omega_0)52} = \frac{\sigma^2_{(\omega_0)5}}{\sigma^2_{(\omega_0)2}} = \frac{\gamma_4^2\left(12+60\gamma_4+85\gamma_4^2\right)}{3\left(24+156\gamma_4+230\gamma_4^2+135\gamma_4^3+30\gamma_4^4\right)},$$

$$g_{(\omega_0)53} = \frac{\sigma^2_{(\omega_0)5}}{\sigma^2_{(\omega_0)3}} = \frac{30\gamma_4^4\left(2+\gamma_4\right)^2}{3\left(6+9\gamma_4-\gamma_4^2\right)\left(24+156\gamma_4+230\gamma_4^2+135\gamma_4^3+30\gamma_4^4\right)},$$

$$g_{(\omega_0)42}=g_{(\omega_0)32},\ g_{(\omega_0)43}=\frac{\sigma^2_{(\omega_0)4}}{\sigma^2_{(\omega_0)3}}=1,\ g_{(\omega_0)54}=g_{(\omega_0)53},\ g_{(\omega_0)65}=1.$$

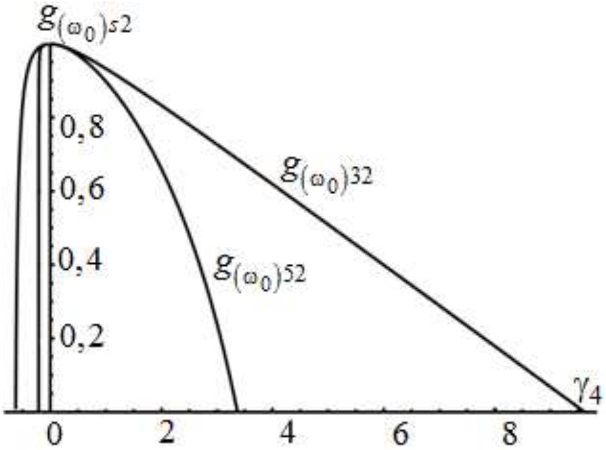

Рис. 1. Залежність коефіцієнта зменшення дисперсій оцінок частоти $g_{(\omega_0)_{s2}}$ від коефіцієнта ексцесу γ_4

Для відображення ефективності ММП та ММУСП побудуємо графіки залежності коефіцієнтів зменшення дисперсій від коефіцієнта ексцесу γ_4 (рис. 1).

З побудованих графіків функцій коефіцієнтів зменшення дисперсій отриманих оцінок видно, що зі зростанням степеня стохастичного полінома та по мірі наближення коефіцієнта ексцесу до границі області допустимих значень, ефективність поліноміальних методів оцінювання параметрів, які базуються на використанні негаусівських моделей завад, збільшується.

Дослідження показали, що при $(n\to\infty)$ буде справедлива рівність:

$$g_{(\omega_0)sk\ \textit{без усічення}}\approx g_{(\omega_0)sk\ \textit{з усіченням}}=\frac{\sigma^2_{(\omega_0)s}}{\sigma^2_{(\omega_0)k}}.$$

Використання методу ММУСП дозволяє зберегти точність близьку до ММП, але при цьому підвищити швидкість обчислень.

Висновки

В роботі побудовано ефективні поліноміальні алгоритми спільного оцінювання параметрів радіосигналу та негаусівської ексцесної завади з використанням усічених стохастичних поліномів.

Показано, що при нелінійній обробці ($s\ge 2$) враховуються коефіцієнти вищих порядків, в даному випадку у вигляді коефіцієнта ексцесу. Врахування такого параметру дозволяє суттєво покращити результати спільного оцінювання параметрів радіосигналу та ексцесної завади.

Ефективність використання поліноміальної обробки підтверджується розрахунками та графічними залежностями. Вирішальним фактором використання даного підходу є можливість оперувати швидкістю та точністю обчислення. Навіть при максимальному усіченні параметрів завади, точність обробки прийнятої випадкової величини буде наближатись до ММП, за умови, що обсяг вибірки $(n\to\infty)$.

В будь-якому випадку, запропоновані методи дозволять підвищити точність обробки сигналів в порівнянні з відомими результатами.

Отримані результати буде доцільно використовувати при проектуванні технічних пристроїв, призначених для вимірювання частоти радіосигналу в таких областях як геологія, гідроакустика, медицина, сейсмологія, радіоастрономія, радіолокація, радіонавігація, телекомунікації та інших сферах, де точність алгоритмів обробки сигналів відіграє важливу роль.

Перелік посилань

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. Van Trees, H. L. Detection Estimation and Modulation Theory / H. L. Van Trees, K. L. Bell, Z. Tiany; 2nd ed. – John Wiley & Sons, 2013. – 1176 p.

3. Sobolev V. S. Maximum-likelihood estimates of the frequency of signals of laser Doppler anemometers / V. S. Sobolev, F. A. Zhuravel' // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2014. – Vol. 59, Issue 4. – P. 294–301. doi: 10.1134/S1064226914030103

4. Krupiński R. Modified Moment Method Estimator for the Shape Parameter of Generalized Gaussian Distribution for a Small Sample Size / R. Krupiński // Computer Information Systems and Industrial Management. – 2013. – Vol. 8104. – P. 420–429. doi: 10.1007/978-3-642-40925-7_39

5. Kunchenko Y. P. Polynomial Parameter Estimations of Close to Gaussian Random Variables / Y. P. Kunchenko. – Aachen: Shaker Verlag, 2002. – 396 p.

6. Малахов А. Н. Кумулянтный анализ негауссовских процессов и их преобразований / А. Н. Малахов – М.: Сов. радио, 1979. – 376 с.

7. Гончаров А.В. Оцінка амплітуди радіосигналу спільно з усіченим оцінюванням параметрів адитивної асиметричної завади / Гон-чаров А.В., Уманець В. М., Бондаренко А.В. // Вісник ЧДТУ – Черкаси: ЧДТУ, 2013. – № 4. – С. 83–88.

8. Палагін В.В. Комп'ютерне моделювання поліноміальних двофункціональних правил обробки радіосигналів на фоні негаусівських завад / Палагін В.В., Гончаров А.В., Уманець В.М. // PREDT-2013: праці IV міжнародної науково-практичної конференції, 23-25 жовтня 2014 р.: тези доп. – Чернівці: ЧНУ імені Юрія Федьковича, 2014. – С. 114–115.

9. Палагін В. В. Комп'ютерне моделювання поліноміальних алгоритмів розрізнення радіосигналів та оцінювання їх параметрів / Палагін В. В., Гончаров А. В., Уманець В. М. // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 5. – С. 31–39. doi: 10.15587/1729-4061.2014.28006.

References

1. Trifonov A. P., Shinakov, Y .S. Joint discrimination of signals and estimation of their parameters at background noise. Moscow, USSR: Radio and Communications, 1986, 264 p.

2. Van Trees H. L., Bell K. L., Tiany Z. Detection Estimation and Modulation Theory. John Wiley & Sons, 2013, 1176 p.

3. Sobolev V. S. Maximum-likelihood estimates of the frequency of signals of laser Doppler anemometers, Journal of Communications Technology and Electronics, 2014, – 59(4), pp. 294–301. doi: 10.1134/S1064226914030103

4. Krupiński R. Modified Moment Method Estimator for the Shape Parameter of Generalized Gaussian Distribution for a Small Sample Size. Computer Information Systems and Industrial Management, 2013, pp. 420–429. doi: 10.1007/978-3-642-40925-7_39

5. Kunchenko Yu. P. Polynomial Parameter Estimations of Close to Gaussian Random

Variables. Aachen: Shaker Verlag, 2002, 396 p.

6. Malakhov A. N. Cumulant analysis of non-Gaussian processes and their transformations. Moscow, USSR: Radio and Communications, 1979, 376 p.

7. Honcharov A. V., Umanets V. M. Joint estimation of radio signal amplitude and additive skewness noise parameter. Visnyk CHDTU, 2013, – (2), pp. 111–118.

8. Palahin V. V., Honcharov A. V., Umanets V. M. Computer modeling of joint algorithms of distinction of radio signals and estimation of their parameters at non-gaussian interferences, 2013, pp. 109–110.

9. Palahin V. V., Honcharov A. V., Umanets V. M. Computer simulation of polynomial algorithms of radio signals distinction and estimating their parameters. East Europe Journal, 2014, – № 5, pp. 31–39. doi: 10.15587/1729-4061.2014.28006.

Гончаров А. В., Уманець В. М. ***Усічена оцінка параметрів адитивної суміші радіосиналу та ексцесної негаусівської завади.*** *Побудовано ефективні методи статистичної обробки даних відповідного класу, які б дозволили підвищити точність результатів та швидкість обробки сигналів Синтезовано алгоритми знаходження спільної оцінки частоти радіосигналу при усіченому оцінюванні дисперсії негаусівської ексцесної завади. Запропоновані моделі та алгоритми можуть бути застосовані до різного класу сигналів і завад, а отримані результати – використані для підвищення точності оцінок параметрів сигналів в радіолокації, радіонавігації, телекомунікації та інших сферах, де точність алгоритмів обробки сигналів відіграє важливу роль.*

Ключові слова*: усічені стохастичні поліноми, метод максимізації полінома, негаусівські завади.*

Гончаров А. В., Уманец В. М. ***Усеченная оценка параметров аддитивной смеси радиосигнала и эксцессной негауссовской помехи****. Построено методы статистической обработки данных соответствующего класса, которые бы позволили повысить точность результатов и скорость обработки сигналов. Синтезированы алгоритмы нахождения совместной оценки частоты радиосигнала при усеченном оценивании дисперсии эксцессной помехи. Предложенные модели и алгоритмы могут быть применены к разного класса сигналам и помехам, а полученные результаты - использованы для повышения точности оценок параметров сигналов в радиолокации, радионавигации, телекоммуникации и других сферах, где точность алгоритмов обработки сигналов играет важную роль.*

Ключевые слова: *усеченные стохастические полиномы, метод максимизации полинома, негауссовские помехи.*

Honcharov A. V., Umanets V. M. ***Truncated estimating parameters of additive mixture of radio signal and kurtosis non-Gaussian noise.***

Introduction. Classical method based on the use of Gaussian random signal model has its advantages and disadvantages. Therefore, Maximum Likelihood Method has not found wide implementation due to the high computational complexity. Method of Moments does not have the properties of asymptotic optimality, although it leads to a relatively simple calculations.

In general, the methods do not consider more complex structure of real noise. Therefore the accuracy of signal processing algorithms may be insufficient.

The aims and objectives of research. The aim of the paper is to adapt Methods of Polynomial Maximization (MPM) and Truncated Stochastic Polynomial Maximization (MTSPM) for joint estimation of radiosignal and kurtosis non-Gaussian noise parameters.

The Objective of research is to develop effective methods of statistical data processing,

which would allow increasing the accuracy and speed of signal processing.

Construction of the Polynomial algorithms for joint estimating. The systems of equations are constructed to find joint estimates. MPM is used to estimate the radiosignal frequency and the noise variance – MTSPM.

Statistical properties of the radiosignal frequency estimates. The asymptotic dispersions of estimates are calculated to study the statistical properties of radiosignal parameter estimates. Comparison of the asymptotic dispersion of radiosignal frequency estimates and a graphical representation of the results. The efficiency of polynomial estimation algorithms increases with the stochastic polynomial degree and as the values of coefficients of kurtosis approach the tolerance range limit.

Conclusion. The effective methods of signal processing to enhance the accuracy and speed of non-Gaussian signals processing are developed. The results can be used to improve the estimation accuracy of radiosignal parameters in radiolocation, radio navigation and other areas, where the accuracy of signal processing algorithms plays an important role.

Keywords: *truncated stochastic polynomials; Polynomial Maximization Method; non-Gaussian noise.*