

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

**ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ДОСТИЖЕНИЯ, ПРОБЛЕМЫ, ИННОВАЦИИ
(ИКТ-2018)**

Электронный сборник статей

I Международной научно-практической конференции,
посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета

(Новополоцк, 14–15 июня 2018 г.)

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
2018

Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ-2018) [Электронный ресурс] : электронный сборник статей I международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 14–15 июня 2018 г. / Полоцкий государственный университет. – Новополоцк, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Представлены результаты новейших научных исследований, в области информационно-коммуникационных и интернет-технологий, а именно: методы и технологии математического и имитационного моделирования систем; автоматизация и управление производственными процессами; программная инженерия; тестирование и верификация программ; обработка сигналов, изображений и видео; защита информации и технологии информационной безопасности; электронный маркетинг; проблемы и инновационные технологии подготовки специалистов в данной области.

Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса. Регистрационное свидетельство № 3201815009 от 28.03.2018.

Компьютерный дизайн М. Э. Дистанова.

Технические редакторы: Т. А. Дарьянова, О. П. Михайлова.

Компьютерная верстка Д. М. Севастьяновой.

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь
тел. 8 (0214) 53-21-23, e-mail: irina.psu@gmail.com

**ОЦЕНКА ПАРАМЕТРА ПОСТОЯННОГО СИГНАЛА
ПРИ УСЕЧЕННОМ ОЦЕНИВАНИИ ПАРАМЕТРОВ
АДДИТИВНОЙ НЕГАУССОВСКОЙ ПОМЕХИ**

канд. техн. наук, доц. А.В. ГОНЧАРОВ

канд. техн. наук В.В. ФИЛИПОВ

(Черкасский государственный технологический университет, Украина)

Традиционно построение систем оценивания параметров базируется на классических методах, где на практике широкое распространение получило применение классического гауссовского распределения для описания случайных величин, что во многих случаях делает невозможным отображение реальных процессов с необходимой адекватностью [1–3]. Использование такого подхода при исследовании и разработке систем оценки параметров негауссовских величин характеризуется существенными ограничениями, связанными с низкой эффективностью конечных алгоритмов оценки, что приводит к соответствующим трудностям при создании качественных программно-алгоритмических и аппаратных средств обработки сигналов.

Профессором Ю.П. Кунченком предложен другой подход [4], основанный на моментно-кумулянтном описании случайных величин, что позволило применить метод максимизации стохастического полинома (метод Кунченка) и получить асимптотически-эффективные оценки параметров негауссовских случайных величин. В данном направлении проведен ряд исследований [5–6], где синтезированы алгоритмы оценки параметров сигналов на фоне негауссовских помех и показана их асимптотическая эффективность.

Вместе с тем точность оценки достигается за счет увеличения степени стохастического полинома, что приводит к усложнению алгоритмов нахождения оценок. Соответственно для случаев, когда в исследованиях наряду с высокой точностью оценивания, важную роль играет скорость вычисления оценки, которая непосредственно связана со сложностью вычислительных алгоритмов, необходимо применять метод максимизации усеченного стохастического полинома [7, 8]. Данный метод позволяет упростить алгоритмы нахождения оценок параметров и при этом находить оценки с минимальной дисперсией, используя упрощенный стохастический полином.

Также следует обратить внимание на то, что часто при нахождении оценок параметров сигнала рассматривается случай, когда параметры помехи известны заранее. Но на практике параметры помехи часто неизвестны. Поэтому актуальной является задача нахождения совместной оценки параметра сигнала и параметров, описывающих помеху. В качестве сигнала в работе рассматривается сигнал, который имеет постоянное значение на протяжении времени наблюдения.

Таким образом, в работе рассматривается актуальная научно-техническая задача, состоящая в разработке метода совместного оценивания параметров постоянного сигнала и негауссовских помех, что позволяет варьировать алгоритмической сложностью процедуры оценки исследуемых параметров и одновременно находить оценки с минимальной дисперсией.

Постановка задачи. Пусть имеется выборка объемом n независимых одинаково распределенных выборочных значений $\vec{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ из генеральной совокупности

значений случайной величины $\xi = S(\vartheta) + \eta$. В качестве постоянного сигнала $S(\vartheta) = S_0$ рассматривается некоторая функция от параметра ϑ , которая имеет постоянное значение на протяжении времени наблюдения. Негауссовская помеха η описывается кумулянтom второго порядка χ_2 и последовательностью кумулянтных коэффициентов γ_i $i = \overline{3, 2s}$. При синтезе алгоритмов совместного оценивания параметров ϑ , χ_2 и γ_3 рассмотрим случай, когда значения коэффициентов асимметрии и эксцесса отличные от нуля ($\gamma_3 \neq 0, \gamma_4 \neq 0$), а другие равны нулю. Описанная случайная величина называется асимметрично-эксцессной случайной величиной второго типа [4].

Решение задачи. Особенностью предложенного метода оценки является то, что для оценки параметра постоянного сигнала используется метод максимизации полинома, предложенный профессором Ю.П. Кунченком [4], а для оценки параметров помехи применяется метод максимизации усеченного стохастического полинома [7], который основан на использовании усеченных обобщенных стохастических полиномов высших порядков.

Соответственно о параметре сигнала S_0 мы получим максимум информации (в соответствии с заданной степенью полинома s точностью), а о параметрах помехи (дисперсии χ_2 и коэффициенте асимметрии γ_3), которые являются мешающими параметрами, получим минимум необходимой информации, достаточной для оценки указанных параметров. Этот принцип позволяет обеспечить высокую точность оценивания и регулировать скорость получения совместной оценки.

В общем виде совместная оценка параметра сигнала ϑ , дисперсии χ_2 и коэффициента асимметрии γ_3 , находится из совместного решения системы уравнений при априорно известных значениях кумулянтных коэффициентов $\gamma_i, i = \overline{4, 2s}$

$$\left. \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq (c, e, \dots, l)}}^s h_{i(s)}[r] \sum_{v=1}^n [x_v^i - m_i] \right|_{\substack{\vartheta = \hat{\vartheta} \\ \chi_2 = \hat{\chi}_2 \\ \gamma_3 = \hat{\gamma}_3}} = 0, \quad r = \overline{1, 3}, \quad (1)$$

где x_v – одинаково распределенные выборочные значения из случайной величины ξ , n – объем выборки \bar{x} ; m_i – начальные моменты порядка i , случайной величины ξ , (c, e, \dots, l) – целые числа, определяющие степень усечения стохастического полинома, (s) – индекс, показывающий степень полинома, $h_{i(s)}[r], r = \overline{1, 3}$ – оптимальные коэффициенты, в общем виде находятся из решения системы линейных алгебраических уравнений:

$$\sum_{j=1}^s h_{i(s)}[1] K_{i,j} = \frac{\partial}{\partial \vartheta} m_i, \quad i = \overline{1, s}, \quad (2)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq (c, e, \dots, l)}}^s h_{i(s)}[2] K_{i,j} = \frac{\partial}{\partial \chi_2} m_i, \quad \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq (c, e, \dots, l)}}^s h_{i(s)}[3] K_{i,j} = \frac{\partial}{\partial \gamma_3} m_i, \quad i = \overline{1, s}, \quad i \neq (c, e, \dots, l), \quad (3)$$

где $K_{i,j} = m_{i+j} - m_i \cdot m_j$ – центрированные коррелянты случайной величины ξ . Значения коэффициентов $h_{i(s)[r]}$, $r = \overline{1,3}$, получаемые из решения систем (2), (3) имеют следующий вид:

$$h_{i(s)[r]} = \frac{\Lambda_{(s)[r]}(\vartheta, \chi_2, \gamma_3)}{\Delta_{(s)}(\vartheta, \chi_2, \gamma_3)}, \quad i = \overline{1,s}, \quad r = \overline{1,3}, \quad (4)$$

где $\Delta_{(s)}(\vartheta, \chi_2, \gamma_3) = \det \|K_{i,j}\|$, $i, j = \overline{1,s}$ – объем частичного тела стохастического полинома размером s [4], $\Lambda_{(s)[r]}(\vartheta, \chi_2, \gamma_3)$, $r = \overline{1,3}$ – определители, получаемые из $\Delta_{(s)}(\vartheta, \chi_2, \gamma_3)$ путем замены i -го столбца столбцом свободных членов систем (2), (3) соответственно.

Коэффициенты (4) обеспечивают минимум дисперсии совместных оценок $\hat{\vartheta}$, $\hat{\chi}_2$ и $\hat{\gamma}_3$, найденных с помощью предложенного метода совместного оценивания.

Поскольку кумулянтный коэффициент γ_3 возможно оценить начиная со степени полинома $s = 3$ [4], то соответственно и синтез алгоритмов совместного оценивания параметра постоянного сигнала, а также дисперсии и коэффициента асимметрии помехи, начинается со степени полинома $s = 3$.

Подставляя аналитические выражения коэффициентов (4) в систему уравнений (1), получим систему степенных уравнений, относительно параметра сигнала S_ϑ и параметров помехи χ_2 и γ_3 :

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^s z_{i(s)[1]} \cdot S_\vartheta^i & \left| \begin{array}{l} \vartheta = \hat{\vartheta} \\ \chi_2 = \hat{\chi}_2 \\ \gamma_3 = \hat{\gamma}_3 \end{array} \right. = 0, \\ \sum_{i=0}^2 z_{i(s)[2]}^{i/2} \cdot \chi_2^i & \left| \begin{array}{l} \vartheta = \hat{\vartheta} \\ \chi_2 = \hat{\chi}_2 \\ \gamma_3 = \hat{\gamma}_3 \end{array} \right. = 0, \\ \sum_{i=0}^s z_{i(s)[3]} \cdot \gamma_3^i & \left| \begin{array}{l} \vartheta = \hat{\vartheta} \\ \chi_2 = \hat{\chi}_2 \\ \gamma_3 = \hat{\gamma}_3 \end{array} \right. = 0, \end{cases} \quad (5)$$

где коэффициенты $z_{i(s)[r]}$, $r = \overline{1,3}$, $i = \overline{0,s}$, в общем случае зависят от выборочных статистик: $\frac{1}{n} \sum_{v=1}^n x_v^i$, $i = \overline{0,s}$ и априорно известных параметров негауссовской помехи (кумулянтных коэффициентов $\gamma_3 - \gamma_{2s}$).

Из общего решения уравнений системы (5) получается оценка сигнала S_ϑ , при усеченном оценивании дисперсии χ_2 и коэффициента асимметрии γ_3 негауссовской помехи. В общем случае зависимость сигнала S_ϑ от параметра может быть линейной, квадратичной или любого другого вида, поэтому выражение совместной оценки $\hat{\vartheta}$, $\hat{\chi}_2$ и $\hat{\gamma}_3$, находится с учетом обратного функционального преобразования оценки от \hat{S}_ϑ : $\hat{\vartheta} = f^{-1}(\hat{S}_\vartheta)$.

Выводы. Главный научный результат данной работы заключается в том, что используя метод максимизации усеченного стохастического полинома при совместной оценке параметра постоянного сигнала и параметров негауссовской помехи, мы получаем упрощенные алгоритмы для нахождения оценок по сравнению с использованием метода максимизации полинома. Соответственно при увеличении степени стохастического полинома, синтезируются алгоритмы, которые сравнительно просто реализовать с помощью современной цифровой техники.

Авторы данной работы выражают искреннюю благодарность профессору, который сформулировал постановку научной задачи, рассмотренной в этой работе и в целом основателю научного направления, в рамках которого проводятся исследования, Кунченку Юрию Петровичу.

Литература

1. Сосулин, Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации / Ю.Г. Сосулин. – М. : Сов. радио, 1992. – 304 с.
2. Stergiopoulos, S. Advanced Signal Processing Handbook: Theory and Implementation for Radar, Sonar, and Medical Medical Imaging Real Time Systems. CRC Press, 2001. –725 p.
3. Миллиметровая радиолокация: методы обнаружения негауссовских сигналов / Н.С. Акиншин [и др.] ; под ред. Р.П. Быстрова. – М. : Радиотехника, 2010. – 528 с.
4. Кунченко, Ю.П. Полиномиальные оценки параметров близких к гауссовским случайных величин. Ч. 1. Стохастические полиномы, их свойства и применение для нахождения оценок параметров / Ю.П. Кунченко. – Черкассы : ЧИТИ, 2001. – 133 с.
5. Gavrish, O.S. Polynomial parameter estimations of a constant signal received at the first-type skewness interferences / O.S. Gavrish, A.V. Honcharov, Y.P. Kunchenko // Proceedings of the IV-th International Hutsulian Workshop on Mathematical Theories and their Applications in Physics & Technology. – Kyiv : TIMPANI, 2004. – P. 287–298.
6. Кунченко, Ю.П. Асимптотичні властивості оцінок параметра постійного сигналу при адитивному впливі асиметрично-ексцесної завади / Ю.П. Кунченко, А.В. Гончаров // Вісник Інженерної академії України. – 2005. – № 2. – С. 103–109.
7. Кунченко, Ю.П. Метод максимизации усеченного стохастического полинома / Ю.П. Кунченко // Системы и средства передачи и обработки информации : тр. 8-й Междунар. науч.-практ. конф. – Одесса : ОНАС им. А. С. Попова, 2004. – С. 153–155.
8. Гавриш, О.С. Аналіз оцінок параметра постійного сигналу при адитивній взаємодії з асиметричною завадою методом максимізації полінома та методом моментів / О.С. Гавриш, А.В. Гончаров, В.В. Філіпов // Радиоэлектроника и информатика. – 2008. – № 3. – С. 3–9.