

Бирюков Вадим Николаевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: biryukov@users.tsure.ru.

347922, г. Таганрог, пер. 1-й Крепостной, 34-162.

Тел.: 8(8634)360-204.

Кафедра теоретических основ радиотехники.

Biryukov Vadim Nikolaevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: biryukov@users.tsure.ru.

34-162, 1-st Krepostnoi street, Taganrog, 347922, Russia.

Phone: 8(8634)360-204.

Department of Radio Engineering.

УДК 681.518.54

**Г.Г. Галустов, Д.В. Мирвода**

### **ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ПРИ СТОХАСТИЧЕСКОМ КОДИРОВАНИИ СИГНАЛОВ**

*Приведена оценка погрешности представления случайной величины в результате реализации алгоритма одnorазрядного квантования, ориентированного на классификацию сложных сигналов с непараметрической априорной неопределенностью.*

*Случайная величина; математическое ожидание; дисперсия; стохастическое кодирование; погрешность; опорный процесс.*

**G.G. Galustov, D.V. Mirvoda**

### **ERROR ESTIMATION AT STOCHASTIC CODING OF SIGNALS**

*The estimation of an error of representation of a random variable as a result of realisation of algorithm of the one-digit quantization focused on classification of difficult signals with nonparametric aprioristic uncertainty is resulted.*

*A random variable; a population mean; a dispersion; stochastic coding; an error; basic process.*

При реализации алгоритма стохастического кодирования сигналов [1, 2], ориентированного на классификацию сложных сигналов с непараметрической априорной неопределенностью особый интерес представляет связь статистических характеристик классифицируемого процесса  $X(t)$  с процессом  $z(t)$ , полученного в результате сравнения с опорным процессом (сигналом)  $\eta(t)$ . При этом наибольший интерес представляет случай, когда процесс  $\eta(t)$  имеет

равномерную плотность распределения вероятности и интервал распределения, равный интервалу распределения классифицируемого процесса  $X(t)$ , так как в этом случае статистические характеристики процесса  $z(t)$  будут совпадать с начальными моментами его распределения [1].

Будем исходить из того, что анализируемый процесс  $X(t)$  является стационарным эргодическим и распределен в интервале  $[0,1]$ . Тогда, полагая, что опорный процесс  $\eta(t)$  распределен равномерно в интервале  $[0,1]$ , выражение

$$z(t) = \begin{cases} 1, & X(t) > \eta(t) \\ 0, & X(t) \leq \eta(t) \end{cases}, \quad (1)$$

перепишем в виде

$$z_i(t) = z_i = \begin{cases} 1, & \eta < X; \\ 0, & \eta \geq X. \end{cases}$$

Составим ряд для дискретной случайной величины  $z_i$ :

$z_i$	0	1
P	$(1-x_i)P_i$	$x_i P_i$

Переходя к непрерывной случайной величине  $X$ , можно сразу записать:

$$M[z] = \int_0^1 x p(x) dx = m_x; \quad (2)$$

$$D[z] = \int_0^1 x^2 p(x) dx - m_x^2 = m_x(1-m_x). \quad (3)$$

Для ошибки представления случайной величины  $z_i$  в результате ее одноразрядного квантования  $\delta_i = z_i - x_i$  также запишем ряд распределения, который будет иметь вид

$\delta_i$	$-x_i$	$1-x_i$
P	$(1-x_i)P_i$	$x_i P_i$

Откуда при переходе к непрерывным случайным величинам имеем

$$M[\delta] = \int_0^1 [(-x)(1-x) + (1-x)x] p(x) dx = 0. \quad (4)$$

Таким образом, математическое ожидание ошибки в результате одноразрядного квантования независимо от вида распределения анализируемого процесса  $p(x)$  равно нулю.

Теперь определим дисперсию ошибки  $\delta$ :

$$\begin{aligned}
 D[\delta] &= \int_0^1 (1-x)^2 x p(x) dx + \int_0^1 (1-x)^2 x^2 p(x) dx = \\
 &= \int_0^1 x p(x) dx - \int_0^1 x^2 p(x) dx = \\
 &= m_x - [\sigma_x^2 + m_x^2] = m_x(1 - m_x) - \sigma_x^2 = D[z] - D[X]
 \end{aligned} \tag{5}$$

Среднеквадратическое отклонение ошибки  $\delta$  запишется как

$$\sigma(\delta) = \sqrt{m_x(1 - m_x) - \sigma_x^2} . \tag{6}$$

Математическое ожидание

$$\begin{aligned}
 M[z] &\approx m_{x,1}^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z(iT_0); \\
 D[z] &= D[X] + D[\delta] \approx m_x^*(1 - m_x^*) = \\
 &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z(iT_0) \left[ 1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z(iT_0) \right].
 \end{aligned} \tag{7}$$

Таким образом, дисперсия случайной величины  $z$  может быть определена на основе выражения (7). Дисперсия оценки может быть определена следующим образом:

$$\begin{aligned}
 D[M[z]] &= \frac{1}{N} D[z] \approx D[m^*] = \frac{m_x^*(1 - m_x^*)}{N} = \\
 &= \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N z(iT_0) \left[ 1 - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z(iT_0) \right].
 \end{aligned} \tag{8}$$

Оценим теперь погрешности, вносимые стохастическим кодированием, для случая равномерного распределения опорного сигнала  $\eta(t)$ .

Оценка  $m_x$  по стохастическому отображению  $z(iT_0)$  представляет собой оценку вероятности  $P$  события  $z(iT_0)=1$ , ( $i=1,2,\dots,N$ ) по его частоте

$$P^* = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z(iT_0) \text{ в } N \text{ независимых опытах.}$$

Дисперсия оценки  $P^*$  равна

$$\sigma^2(P^*) = m_x(1 - m_x) / N - \sigma_x^2 / N .$$

Тогда с вероятностью  $\beta$  можно утверждать, что величина погрешности  $\delta_m = |P^* - P|$  определения  $m_x$  по стохастическому отображению  $z(iT_0)$  определяется выражением

$$\bar{\Delta} \leq t_{\beta} \sqrt{\frac{m_x(1-m_x) - \sigma_x^2}{N}}$$

Суммарная погрешность вычисления математического ожидания случайной функции по его стохастическому отображению равна [4]

$$\bar{\Delta}_{\Sigma} = \frac{t_{\beta}}{\sqrt{N}} \left[ \sqrt{m_x(1-m_x) - \sigma_x^2} + \sqrt{\sigma_x^2} \right] = \bar{\Delta} + \Delta_{cm}, \quad (9)$$

где  $N$  – количество некоррелированных выборок из функции  $z(iT_0)$ ;

$t_{\beta} = \Phi^{-1}\left(\frac{1+\beta}{2}\right)$  – функция, обратная нормальной функции распределения.

В табл. 1 и на рисунке 1 приведены значения, графики  $\bar{\Delta}_{\Sigma}$  для  $\beta = 0,95$  при различных  $N$  и  $m_x$  [3].

Таким образом, можно заключить, что при использовании метода стохастического кодирования возрастает дисперсия оценок измеряемых моментов, однако к положительным моментам можно отнести сокращение избыточности описания исходного процесса  $X(t)$  в  $\alpha = k/S$  раз [4], где  $k$  – разрядность представления  $X(t)$  двоичным кодом;  $S$  – порядок определяемой моментной функции процесса  $z(t)$ .

Например, если  $k = 12-16$ ,  $S = 2$ , то  $\alpha = 6-8$ .

Кроме того, при математической обработке процессов  $z(t)$ , полученных в результате применения метода стохастического кодирования, операции сложения и умножения сводятся к простейшим операциям – конъюнкции и счету импульсов. Это позволяет строить относительно простые вероятностные процессоры для статистической обработки данных с целью выделения эффективных признаков.

Таблица 1

$N$	$\bar{\Delta}_{\Sigma} 10^{-2}$			$\beta = 0,98$			$t_{\beta} = 2,325$		
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
100	8,6	13,1	15	15,9	16,2	15,9	15	13,1	8,6
400	4,3	6,6	7,5	7,95	8,1	7,95	7,5	6,6	4,3
900	2,87	4,38	4,99	5,3	5,4	5,3	4,99	4,38	2,87
4900	1,23	1,88	2,14	2,27	2,31	2,27	2,14	1,88	1,23
10000	0,86	1,3	1,5	1,59	1,62	1,59	1,5	1,3	0,86

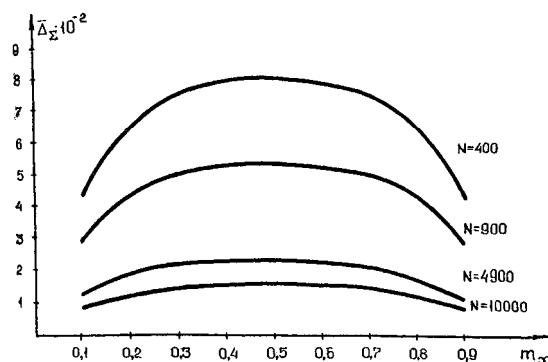


Рис. 1. Зависимость погрешности  $\bar{\Delta}_{\Sigma}$  от значений  $m_x$  и  $N$

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галустов Г.Г. Классификатор случайных сигналов // Известия СКНЦ ВШ. – Новочеркасск, 1984. – Серия «Технические науки». – № 3. – С. 54-57.
2. А.с. 423148 (СССР). Устройство для распознавания изображений / Авт. изобр.: Галустов Г.Г., Поздняков Г.М., МКИ G 06 к 9/00, бюл. 1974. – № 13.
3. Галустов Г.Г., Цымбал В.Г., Михалев М.В. Принятие решений в условиях неопределенности. М.: Радио и связь, 2001. – 196 с.
4. Гладкий В.С. Вероятностные вычислительные модели. М.: Наука, 1973. – 298 с.

Галустов Геннадий Григорьевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: rpru@tsure.ru

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44

Тел.: 8(8634)371-626.

Кафедра радиоприемных устройств и телевидения.

Заведующий кафедрой.

Мирвода Денис Васильевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: rpru@tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8634)371-626.

Кафедра радиоприемных устройств и телевидения.

Ассистент.

Galustov Gennadiy Grigorievich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: rpru@tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8(8634)371-626.

Department of Radio Receivers and Television.  
Head of department.

Mirvoda Denis Vasilievich  
Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.  
E-mail: rpru@tsure.ru.  
44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.  
Phone: 8(8634)371-626.  
Department of Radio Receivers and Television  
Assistant.

УДК 681.3.06

**М.А. Цурканов, Н.Н. Кисель, С.Г. Грищенко**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА CST MICROWAVE STUDIO™ ДЛЯ  
АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ АНТЕННА-ОБТЕКАТЕЛЬ**

*Выполнено 3D-моделирование антенной системы, укрытой обтекателем, в пакете CST Microwave Studio. Приведены результаты расчетов диаграммы направленности антенны и распределения напряженности электрического поля в ближней зоне.*

*Антенна; обтекатель.*

**M.A. Tsurkanov, N.N.Kisel, S.G. Grishchenko**

**3D ELECTROMAGNETIC SIMULATION OF SYSTEM:  
ANTENNA-RADOME USING CST MICROWAVE STUDIO™**

*This article demonstrates the simulation of an electrically large antenna with radome. The design and numerical results are presented using the CST MICROWAVE STUDIO.*

*Antenna; radome.*

Разработки антенных устройств в настоящее время невозможны без использования современных технологий проектирования, учитывающих разнообразную топологию структуры, включая возможности оптимизации и выбора наилучшего решения. Одним из примеров такого моделирования является пакет CST MICROWAVE STUDIO™. Это один из лучших инструментов 3D-моделирования антенн и устройств СВЧ.

В настоящей работе рассмотрено решение задачи моделирования системы обтекатель-антенна на основе пакета CST MICROWAVE STUDIO™.

В рамках пакета CST MICROWAVE STUDIO возможно представление структуры в виде 3D-модели, а также схематическое представление в виде терминалов с изображением соответствующих портов. Такой способ дает возможность быстро и просто включать EM структуру в анализируемую СВЧ-