

METHODS OF RANDOM SIGNALS RECOGNITION IN INFOCOMMUNICATION

Bezruk V.M.

Kharkov National University of Radio Electronics

14, Lenin Ave., Kharkov, 61166, Ukraine

Fax: (057) 7029113, e-mail: bezruk@kture.kharkov.ua

Abstract — Some practical peculiarities of methods to recognize random signals are considered when there are both signals with unknown probabilistic characteristics and statistically defined signals are given for recognition. The novelty of the present work is that it considers the signal recognition problem solving with employing methods based on different probabilistic models like auto regression processes, mixtures of standard distributions and expansions of random signals with respect to orthogonal functions.

МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ В ИНФОКОММУНИКАЦИЯХ

Безрук В. М.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, Харьков, 61166, Украина

Факс: (057) 7029113, e-mail: bezruk@kture.kharkov.ua

Аннотация — Рассматриваются практические особенности решения прикладных задач распознавания сигналов в инфокоммуникациях, когда от на распознавание предъявляются кроме сигналов, заданных в вероятностном смысле, сигналы с неизвестными характеристиками. Отличительной особенностью настоящей работы состоит в том, что рассматриваются методы распознавания сигналов, основанные на разных вероятностных моделях - в виде авторегрессионных процессов, смесей распределений, ортогональных разложений сигналов.

I. Введение

В ряде прикладных задач обработки информации в инфокоммуникациях исходное описание объектов, явлений и их состояний представляется в виде случайных сигналов, поступающих с выхода соответствующих физических датчиков сигналов. При обработке информации требуется принимать решения об их принадлежности к одному из заданных классов по представляющим их случайным сигналам. Поэтому для создания наукоемких инфокоммуникационных технологий возникает необходимость разработки статистических методов распознавания сигналов. Для этого вначале следует выбрать адекватную математическую модель распознаваемых сигналов и оценить вероятностные характеристики сигналов.

Разные типы распознаваемых случайных сигналов в разных прикладных задачах определяют необходимость использовать для их описания разные вероятностные модели. Априорная неопределенность, то есть отсутствие априорных сведений о вероятностных характеристиках сигналов, обычно преодолевается с использованием обучающих выборок заданных распознаваемых сигналов [1]. Однако на практике на распознавание кроме сигналов, заданных в вероятностном смысле, могут поступать также неизвестные сигналы, для которых отсутствуют обучающие выборки. В этом случае классические методы распознавания не могут быть использованы. Это определяет актуальность разработки нетрадиционных методов распознавания сигналов, учитывающих наличие класса неизвестных сигналов.

В данной работе рассматриваются нетрадиционные методы распознавания заданных случайных сигналов при наличии класса неизвестных сигналов для случаев описания сигналов разными вероятностными моделями, в частности, в виде авторегрессионных процессов, смесей гауссовых распределений ортогональных разложений сигналов. Приводятся результаты применения этих методов при обработке инфор-

мации, поступающей в инфокоммуникационную сеть от датчиков сигналов, характерных для радиолокации, радиомониторинга, медицинской диагностики.

II. Решающие правила распознавания

Предполагается, что распознаваемые сигналы представлены конечномерными случайными векторами $\mathbf{\epsilon}$, по реализациям которых принимаются решения. Заданы $(M+1)$ гипотезы, которые могут быть сделаны в отношении наблюдаемых сигналов: H^i , $i = \overline{1, M}$ — для заданных в вероятностном

смысле сигналов, H^0 — для сигналов с неизвестными вероятностными характеристиками, которые объединены в $(M+1)$ -й класс. Плотности вероятности заданных сигналов $W(\mathbf{\epsilon} | \mathbf{\alpha}^i)$, $i = \overline{1, M}$ заданы с точностью до случайных векторных параметров $\mathbf{\alpha}^i$, $i = \overline{1, M}$, а для $(M+1)$ -го класса плотность вероятности неизвестна. Заданы также априорные вероятности гипотез P_i , причем $\sum_{i=0}^M P_i = 1$. Полагается,

что получены классифицированные обучающие выборки M заданных сигналов $\{\mathbf{\epsilon}_r^i, r = \overline{1, n_i}; i = \overline{1, M}\}$, а обучающая выборка для неизвестных сигналов ($i = 0$) отсутствует. Оговоренные условия и ограничения определяют необходимость нетрадиционной постановки задачи распознавания сигналов в условиях повышенной априорной неопределенности.

С содержательной точки зрения рассматриваемая задача распознавания заключается в принятии решения о действии одного из M заданных сигналов и отнесении неизвестных сигналов в $(M+1)$ -й класс.

В работе [2] приводятся особенности решающих правил распознавания, когда сигналы описываются вероятностной моделью в виде ортогональных разложений, дающей спектральное представление сигналов.

Рассмотрим решающие правила при описании сигналов другими вероятностными моделями. В частности, при выборе для описания сигналов вероятностной модели в виде гауссовских авторегрессионных процессов решающее правило распознавания имеет следующий вид [3,4]

$$H^l : K_l(\bar{x}) < \Lambda_l, \quad l = \overline{1, M} \quad (1a)$$

$$K_l(\bar{x}) - K_l(\bar{x}) + \ln \frac{(2\pi\sigma_l)^{p_l-L}}{(2\pi\sigma_k)^{p_k-L}} \geq \ln \frac{P_l}{P_i}, \quad (1b)$$

$$H^{M+1} : K_l(\bar{x}) > \Lambda_l, \quad l = \overline{1, M}. \quad (1b)$$

Здесь

$$K_l(\bar{x}) = \frac{1}{2\sigma_l^2} \sum_{k=p+1}^L \left[x_k - \mu_l - \sum_{j=1}^{p_l} a_j^l (x_{k-j} - \mu_l) \right]^2 - \text{со-}$$

отношение, определяющее нормированную ошибку предсказания в авторегрессионной модели; Λ_l — некоторые пороговые значения, определяемые из условия обеспечения заданных вероятностей правильного распознавания заданных M сигналов; p_l, a_j^l — порядок и параметры авторегрессионной модели для l -го сигнала.

При использовании вероятностной модели сигналов в виде смеси распределений решающее правило распознавания имеет следующий вид [3]

$$H^0 : \max_{l=1, M} \left\{ P_l \sum_{q=1}^Q g_m W_m(\epsilon/\alpha^l) \right\} < \lambda \quad (2a)$$

— принимается гипотеза о действии неизвестных сигналов из $(M+1)$ -го класса;

$$H^i : \max_{l=1, M} \left\{ P_l \sum_{q=1}^Q g_m W_m(\epsilon/\alpha^l) \right\} \geq \lambda, \quad (2b)$$

$$P_l \sum_{q=1}^Q g_m W_m(\epsilon/\alpha^l) \geq P_i \sum_{q=1}^Q g_m W_m(\epsilon/\alpha^l), \quad (2b)$$

$$l = \overline{1, M}, l \neq i$$

III. Результаты исследований методов

Рассмотренные методы распознавания заданных сигналов при наличии неизвестных сигналов исследованы на выборках сигналов, характерным для ряда прикладных задач в области радиолокации, автоматизированного радиоконтроля, медицинской диагностики [3—7].

При решении задачи распознавания заданных типов радиопередач в автоматизированном радиомониторинге использовано решающее правило (1) [3]. Получена оценка вероятности правильного распознавания 10-и типов радиопередач 0,95. При решении задачи распознавания видов модуляции радиосигналов использовано решающее правило (2). Получена оценка средней вероятности правильного распознавания 5-ти видов модуляции — 0,9.

При решении задачи радиолокационного распознавания объектов по выборкам дальностных портретов использовано решающее правило, основанное на вероятностной модели в виде ортогональных разложений случайных сигналов [4]. Исследования были проведены на выборках дальностных портретов 3-х объектов. Получена оценка средней вероятности правильного распознавания объектов 0,92.

Исследования радиолокационного распознавания метеорологических объектов по флуктуациям интенсивности сигналов импульсного некогерентного радиолокатора проведено на основе решающего правила распознавания (1) [5]. Получена оценка вероятности правильного распознавания 4-х типов облаков 0,9.

При исследованиях задачи распознаваний стадий сна по электроэнцефаллограммам использовано решающее правило (1). Исследования проведены на выборках реализаций ЭЭГ для 6-ти стадий сна [6]. Получена оценка средней вероятности правильного распознавания стадий сна — 0,85.

IV. Выводы

1. Предложены методы распознавания заданных сигналов при наличии класса неизвестных сигналов для случаев описания сигналов разными вероятностными моделями — в виде авторегрессионных процессов и смеси распределений.

2. Полученные результаты исследований подтверждают работоспособность и практическую значимость предложенных методов распознавания для решения задач обработки информации в областях радиолокации, автоматизированного радиомониторинга, медицинской диагностики.

V. References

- [1] Fukunaga K. *Introduction to the Statistical Pattern Recognition*. New York, Academic Press, 1972. 411 p.
- [2] Omelchenko V.A. *Foundations of Signals Recognition Spectral Theory*. Kharkov, Vysha Shkola, 1983. 256 p.
- [3] Bezruk V.M., Pevtsov G.V. *Theoretical Bases of Signal Recognition Systems Design for Automated Radio Monitoring*. Kharkov, Collegium, 2007. 437 p.
- [4] Bezruk V.M., Omelchenko V.A.. Recognition of Radar Objects by Range Portraits in the Framework of Orthogonal Series Expansions. *The First International Workshop "NOISE RADAR TECHNOLOGY"*, Yalta, 2002. pp. 245-250.
- [5] Bezruk V.M., Belov Ye.N., Voitovych O.A., Netrebenko K.A., Tikhonov V.A., Rudnev G.A., Khlopov G.I., Khomenko S.I. Application of Autoregressive Model for Recognition of Meteorological Objects, *11-th International Radar Symposium (Vilnius)*, 2010, pp. 588-591.