

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАЗЛИЧЕНИЯ СИГНАЛОВ НА ФОНЕ НЕГАУССОВЫХ ПОМЕХ

*Палагин В. В., д.т.н., доцент, Палагина Е. А., к.т.н., доцент
Черкасский государственный технологический университет,
г. Черкассы, Украина*

Традиционно построение систем обнаружения и различения сигналов базируется на классических методах теории проверки статистических гипотез, которые в общем случае не предусматривают ограничений на использование вида плотности распределения случайных величин [1]. На практике широкое распространение получило применение стандартного нормального распределения случайных величин, которое во многих случаях исключает отражение реальных процессов с необходимой адекватностью. Действия различных дестабилизирующих факторов на сигналы порождают сложную сигнально-помеховую ситуацию, которая описывается негауссовыми случайными процессами [2]. Эти обстоятельства существенно усложняют применение традиционных гауссовых моделей при разработке алгоритмов обработки информации в системах обнаружения и различения сигналов с обеспечением требуемой точности.

Использование традиционного подхода к исследованию и разработке систем обработки случайных негауссовых процессов характеризуется существенными ограничениями, связанными со сложностью их алгоритмической реализации, ростом вычислительных ресурсов. Поэтому возникает необходимость в построении, моделировании и исследовании методов и алгоритмов обработки сигналов, которые были бы оптимальными для негауссовых моделей помех [3 – 5].

В случае многоальтернативной проверки N статистических гипотез и использовании моментно-кумулянтного описания случайных величин предложено разложение отношения правдоподобия проверки статистических гипотез H_m и H_r в стохастический полином конечной степени s [5] обработки выборочных значений x_v , который в общем виде представляется как

$$\Lambda(\mathbf{X})_{sn}^{(mr)} = \sum_{i=1}^s k_i^{(mr)} \sum_{v=1}^n x_v^i + k_0^{(mr)} \begin{matrix} > 0 \\ < 0 \end{matrix} \begin{matrix} H_m \\ H_r \end{matrix}, \quad r, m = \overline{0, N-1}, \quad r \neq m, \quad (1)$$

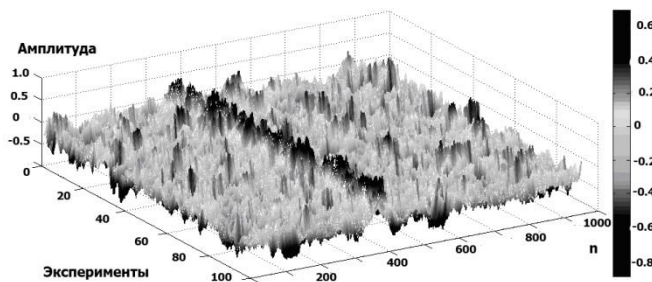
где неизвестные оптимальные коэффициенты $k_i^{(mr)}$ и $k_0^{(mr)}$ ($i = \overline{1, s}$) находятся из минимума моментных критериев качества

$$Ku(E, G)^{(mr)} = \frac{G_m^{(mr)} + G_r^{(mr)}}{[E_m^{(mr)} - E_r^{(mr)}]^2}, \quad Yu(E, G)^{(mr)} = \frac{[(G_m^{(mr)})^{0.5} + (G_r^{(mr)})^{0.5}]^2}{[E_m^{(mr)} - E_r^{(mr)}]^2}$$

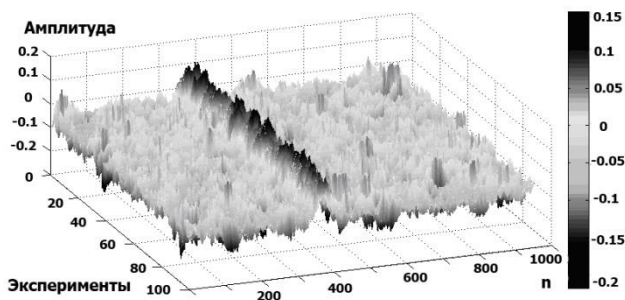
выражающие сумму вероятности ошибок первого и второго рода решающего правила (РП) (1), где $E_m^{(mr)}$, $E_r^{(mr)}$, $G_m^{(mr)}$, $G_r^{(mr)}$ — математические ожидания и дисперсии РП степени s при гипотезах H_m и H_r соответственно, $m, r = \overline{0, N-1}$, $m \neq r$.

На основе разработанных моделей и методов обнаружения и различения сигналов на фоне негауссовых помех созданы компьютерные средства, позволяющие провести исследования полученных результатов. Программный комплекс реализован на платформе проблемно ориентированного пакета MATLAB и включает набор программ, предназначенных для решения задач: обнаружения постоянных сигналов и радиосигналов при аддитивно-мультипликативной модели взаимодействия с негауссовыми помехами, обнаружения постоянных сигналов при аддитивной модели взаимодействия с негауссовыми коррелированными помехами; различения постоянных сигналов, радиосигналов, шумовых сигналов при аддитивной модели взаимодействия с негауссовыми помехами; совместного различения сигналов и оценивания их параметров при воздействии негауссовых помех.

На рис. 1 показаны результаты моделирования серии экспериментов ($M = 100$) по обнаружению постоянного сигнала линейным ($s = 1$) и нелинейным ($s = 2$) РП при аддитивно-мультипликативном взаимодействии с негауссовой помехой.



а)



б)

Рисунок 1. Результаты серии экспериментов по обнаружению постоянного сигнала при аддитивно-мультипликативной модели взаимодействия с негауссовой помехой при отношении «сигнал-шум» $q = 0.1$, $\gamma_4 = 0.8$, $\beta_3 = 1.0$, $\beta_4 = 0.2$

Из графиков видно, что результаты обработки линейным РП (рис. 1, а) (оптимальным для гауссовых помех) выборочных значений сигнала при негауссовых помехах характеризуются более частыми хаотическими выбросами и превышениями нулевого порога по сравнению с результатами обработки нелинейным РП (рис. 1, б), учитывающим кумулянты третьего и выше порядков.

Нелинейная обработка выборочных значений и учет

характеристик негауссовых помех в виде коэффициентов асимметрии (γ_3 ,

β_3) и эксцесса (γ_4, β_4) аддитивной и мультипликативной составляющей позволяет уменьшать ошибочные решения РП по сравнению с известными результатами.

Таким образом, на основе создания и развития методов математического и компьютерного моделирования процессов обнаружения и различения сигналов на фоне негауссовых помех при разработке моментно-кумулянтных моделей случайных величин, формировании моментных критериев качества проверки статистических гипотез и полиномиальных методов обработки сигналов предложены алгоритмические основы и средства компьютерной реализации обработки сигналов, что позволяет повысить точность обнаружения и различения сигналов в таких компьютеризированных системах приема данных, как системы мониторинга, контроля, диагностики, управления при учете характеристик негауссовых помех.

Литература

1. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б. Р. Левин — [3-е изд., перераб. и доп.] — М. : Радио и связь, 1989. — 696 с.
2. Kunchenko Y. P. Polynomial Parameter Estimations of Close to Gaussian Random variables / Y.P. Kunchenko — Germany, Aachen: Shaker Verlag, 2002. — 396 p.
3. Палагін В. В. Нелінійні алгоритми виявлення радіосигналів на тлі адитивно-мультиплікативних негаусівських завад / В. В. Палагін // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2012. — №6/11(60). — С. 23—28.
4. Палагін В. В. Поліноміальний підхід до побудови методів і структур сумісних алгоритмів розрізнення сигналів і оцінювання їх параметрів / В. В. Палагін // Інформаційні технології та комп'ютерна техніка. Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2011. — №2. — С. 106—114.
5. Палагин В. В. Адаптация моментного критерия качества для многоальтернативной задачи проверки гипотез при использовании полиномиальных решающих правил / В. В. Палагин // Электронное моделирование. — 2010. — Т. 32. — №4. — С. 17—33.

Анотація

Розглянуті питання моделювання процесів виявлення і розрізнення сигналів на фоні негаусових завад при застосуванні моментно-кумулянтного опису випадкових величин і поліноміальних розв'язувальних правил.

Ключові слова: моментні критерії якості перевірки гіпотез, негаусові завади.

Аннотация

Рассмотрены вопросы моделирования процессов обнаружения и различения сигналов на фоне негауссовых помех при использовании моментно-кумулянтного описания случайных величин и полиномиальных решающих правил.

Ключевые слова: моментные критерии качества проверки гипотез, негауссовы помехи.

Abstract

Problems of modeling processes to detection and recognition of signals on the background the non-Gaussian noise when the moment-cumulant description of random variables and polynomial decision rules is show.

Keywords: the moment criterion hypothesis testing, non-Gaussian noise.