

УДК 621.3

А.Я. КУЛИК, С.Г. КРИВОГУБЧЕНКО, Я.А. КУЛИК

Вінницький національний технічний університет, Україна

### ПОБУДОВА ПРИЙМАЧА З ВИКОРИСТАННЯМ ДИСКРИМІНАНТНОЇ ПРОЦЕДУРИ НА ЗАСАДАХ КРИТЕРІЮ ФІШЕРА

Розглянута реалізація дискримінантної процедури для побудови оптимального приймача з порівнянням характеристик випадкових процесів у сусідніх часових вікнах. Проведене моделювання в середовищі MathCad.

**оптимальний приймач, дискримінантна процедура, критерій Фішера**

**Проблема** приймання інформації у комп'ютерних системах і мережах полягає у невизначеності моменту часу, в який надходить інформативний сигнал з каналу зв'язку [1, 2]. Хоча принципи побудови оптимального приймача Котельникова відомі [3], але вказана проблема не має конкретного розв'язання. Дискримінантна процедура, розроблена для аналізу нестационарності випадкових процесів, використовується в сучасних умовах для вирішення зворотних задач хаотичної динаміки і відновлення параметрів динамічної системи за часовими реалізаціями та визначення нестационарностей в хаотичних системах.

Суть дискримінантної процедури полягає у порівнянні характеристик  $y(n)$  для двох сусідніх часових вікон [4].

При цьому порівнюються середні значення ( $m_{y,1}$  і  $m_{y,2}$ ), а також дисперсії ( $\sigma_{y,1}^2$  і  $\sigma_{y,2}^2$ ) вибірок сигналу  $y(n)$ , що приходять на вхід приймача, у двох сусідніх часових вікнах ( $n, n - N + 1$ ) та ( $n - N, n - 2N + 1$ ), де  $N$  – довжина кожного з вікон:

$$\begin{aligned} m_{y,1}(n) &= \frac{1}{N} \sum_{k=n-2N+1}^{n-N} y(k), \\ m_{y,2}(n) &= \frac{1}{N} \sum_{k=n-N+1}^n y(k), \\ \sigma_{y,1}^2 &= \frac{1}{N} \sum_{k=n-2N+1}^{n-N} (y(k) - m_{y,1})^2, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sigma_{y,2}^2 = \frac{1}{N} \sum_{k=n-N+1}^n (y(k) - m_{y,2})^2. \quad (2)$$

Нормований вигляд різниці середніх значень  $m_{y,1}(k)$  та  $m_{y,2}(k)$  являє собою критерій Фішера:

$$H_n = \frac{(m_{y,1} - m_{y,2})^2}{\sigma_{y,1}^2 + \sigma_{y,2}^2} \quad (3)$$

і дозволяє визначити відмінність між значеннями аналізованого сигналу у двох сусідніх вікнах.

Зміну сигналу на виході передавальної частини каналу зв'язку можна визначити як

$$x(n+1) = f(a(n), x(n)), \quad (4)$$

де  $n$  – поточні відрахунки часу;  $a(n)$  – вплив управління, який залежить від дискретного часу і несе інформаційне повідомлення  $s(n)$ :

$$a(n) = a_0 + D \cdot a \cdot s(n). \quad (5)$$

Під час проходження каналом зв'язку послідовність  $x(n)$ , формована за (4), піддається впливу шуму  $\zeta(n)$ , який можна вважати адитивним, і на вхід приймача надходить послідовність

$$y(n) = x(a(n), n). \quad (6)$$

Використання нелінійної авторегресійної моделі  $d(n) = y(n+1) - F(b_j, y(n))$ , яка характеризує наближення сигналу приймача  $y(n)$  до сигналу передавача  $x(n)$ , має ряд переваг [4]. Умовою знаходження коефіцієнтів  $b_j$  є мінімакський критерій Фішера – мінімум середнього квадрату дискримінантної функції  $d(n)$  у часовому вікні при

максимумі значення критерію Фішера  $H(n)$  (3).

Визначення зміни сигналу на вході приймача полягає у порівнянні послідовностей вибірок сигналу  $y(n)$  з послідовністю, яка являє собою результат обчислення перетворення

$$y(n+1) = f(b, y(n)) \quad (8)$$

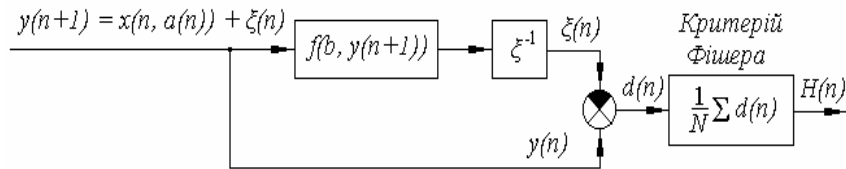


Рис. 1. Структура дискримінатора з використанням критерію Фішера

В [4] наведено застосування дискримінантної процедури для хаотичного кодування, але область її застосування можна поширити і на широкосмугову модуляцію з урахуванням того, що  $a(n)$  в даному випадку визначає зміну не частоти сигналу, а його амплітуди в каналі зв'язку. При цьому зберігаються всі переваги вказаної процедури оброблювання сигналу приймача:

⇒ вона залишається працездатною при значних відмінностях параметра управління  $b$  приймача від параметра  $a$  передавача;

⇒ за величиною критерію Фішера (3) величина розузгодження між параметрами  $b$  та  $a$  оцінюється з більшою точністю, ніж це допускає порогова процедура, яка використовується для більшості систем;

⇒ дискримінантна процедура придатна як для реєстрації сигналу під впливом управління  $a$ , так і для виявлення інших нестационарностей в системі передавання.

На рис. 2 подані результати оброблювання зашумленого сигналу за критерієм Фішера, що дозволяє чітко визначити зміну сигналу.

Рис. 3 ілюструє залежності середнього значення  $m_{y,2}(k)$  від розузгодження  $\delta$  при різних рівнях шуму в каналі зв'язку.

Дослідження показують, що складова  $m_{y,2}(n)$

сигналу передавача  $x(n)$  та адитивного шуму  $\xi(n)$ .

Дискримінантна функція являє собою різницю

$$d(n) = y(n) - \xi(n). \quad (9)$$

Процедуру визначення зміни сигналу за критерієм Фішера можна реалізувати за допомогою структури, наведеної на рис. 1.

практично лінійно залежить від розузгодження  $\delta = b - a$  параметрів управління передавальної і приймальної частин при різних рівнях шуму. Чисельні експерименти довели, що відновлення двійкового сигналу без додаткових заходів стійко здійснюється при  $U_c/U_\xi > 5$ .

Лінійність характеристики  $m_{y,2}(\delta)$  разом з локалізованим імпульсом, формованим за критерієм Фішера при зміні сигналу передавача, дозволяють реалізувати дискримінатор із ланцюгом регулювання параметра управління  $b$  приймача. Вона передбачає формування величини  $m_{y,2}(n)$ :

$$\begin{cases} \tilde{m}_{y,2}(n) = \frac{1}{L} \sum_{k=n-L+1}^n (\xi(k) - y(k)); \\ \tilde{m}_{y,2}(\delta) = g \cdot \delta = g \cdot (b - a), \end{cases} \quad (10)$$

де  $L$  – інтервал осереднення дискримінантної функції  $d(n) = \xi(n) - y(n)$ , відмінний від довжини вікна  $N$  у простій дискримінантній процедурі за критерієм Фішера (3);  $g$  – стрімкість характеристики  $\tilde{m}_{y,2}(\delta)$ .

В цьому випадку миттєве значення розузгодження  $d$ , як і миттєве значення параметра  $b$ , набувають залежності від дискретного часу  $n$ :

$$b(n) = b_0 + D \cdot b(n), \quad (11)$$

$$d(n) = d_0 + D \cdot d(n), \quad (12)$$

де  $b_0$  та  $d_0 = b_0 - a_0$  – значення параметрів за відсутності корегувального ланцюга.

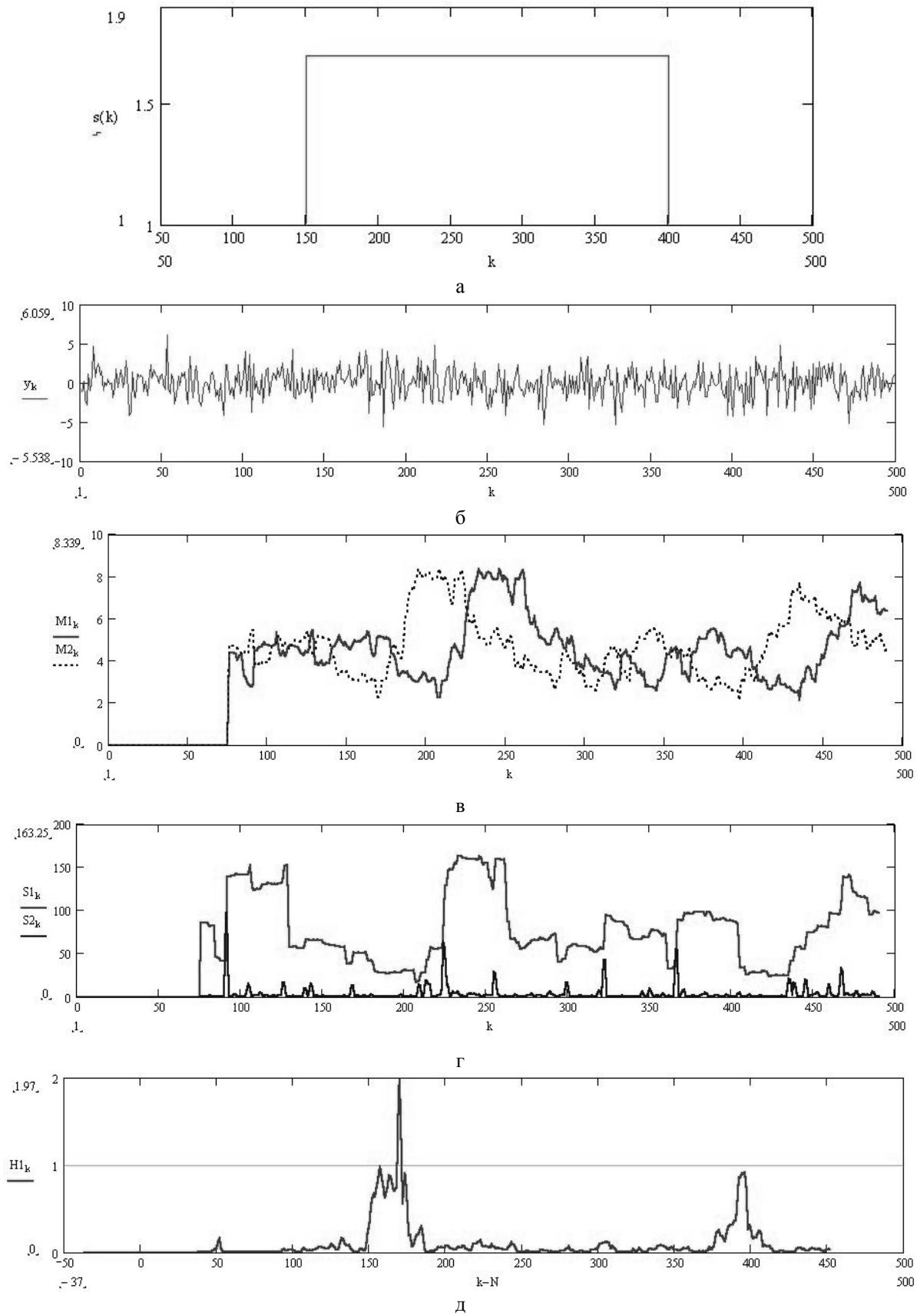


Рис. 2. Реалізація дискримінантної процедури з використанням критерію Фішера:  
 а – сигнал передавача  $s(n)$ ; б – зашумлений сигнал  $y(n)$ ; в – середні значення ( $m_{y,1}$  і  $m_{y,2}$ );  
 г – дисперсії ( $\sigma_{y,1}^2$  і  $\sigma_{y,2}^2$ ); д – значення критерію Фішера  $H(n)$

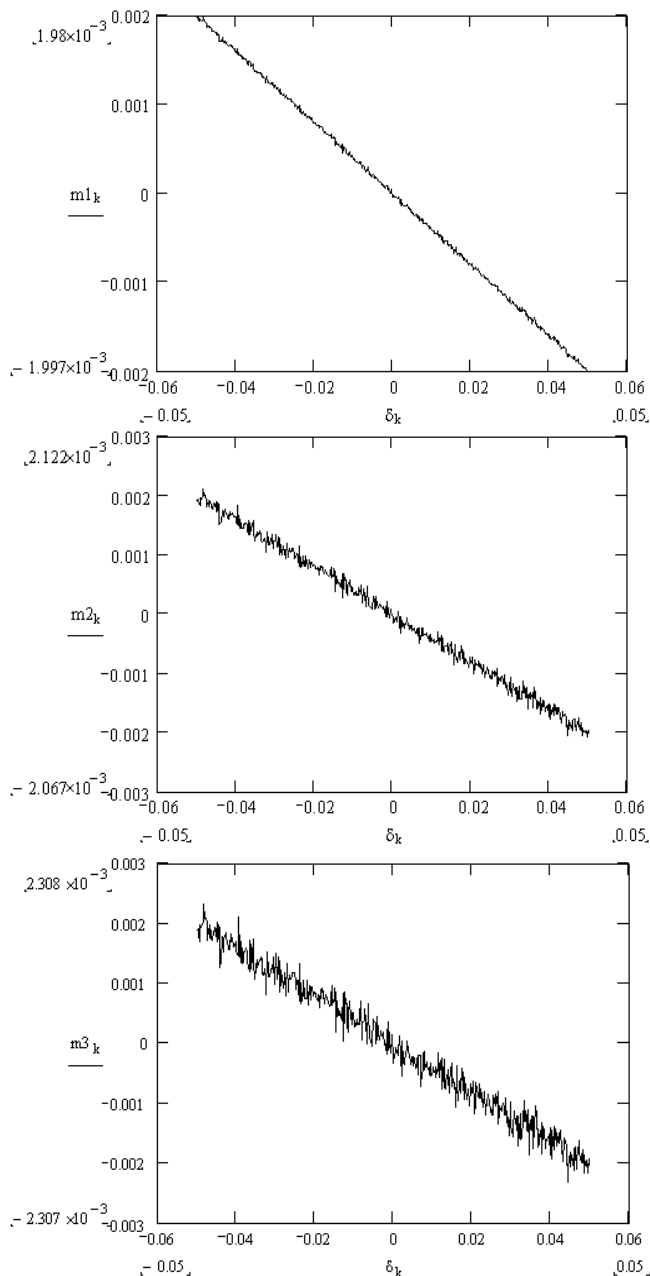


Рис. 3. Залежності середнього значення  $m_{y,2}(k)$  від розузгодження  $\delta$  при різних рівнях шуму в каналі зв'язку

Особливо ефективно слідкуючий дискримінатор працює при визначенні сигналів складної форми, але для прямокутних імпульсів доцільно використовувати більш простий дискримінатор, побудований на критерії Фішера.

## Література

1. Техніка передавання дискретної інформації / А.С. Васюра, С.Г.Кривогубченко, А.Я.Кулик, М.М. Компанець, О.І.Худолій – Вінниця: ВДТУ, 1998. – 101 с.
2. Кулик А.Я. Адаптивні алгоритми передавання інформації. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 213 с.
3. Кузьмін І.В., Кедрус В.А. Основы теории информации и кодирования. – К.: Вища школа, 1986. – 238 с.
4. Морозов А.Г., Капанов М.В., Бутковский О.Я., Кравцов Ю.А. Модифицированная система с хаотическим кодированием (CSK-система) с использованием дискриминантной процедуры обработки сигналов // Журнал радиоэлектроники. – 2000. – № 10 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://jre.cplire/koi/oct00/1/text.html>.

Надійшла до редакції 6.02.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. І.В. Кузьмін, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.