

ОНІЩЕНКО В. О., асп.; МИЛЕНЬКИЙ В. В., к.т.н., доц.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМУ ПЕЙДЖА Й КУМУЛЯТИВНИХ СУМ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ У КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ З ОБ'ЄКТОМ

За результатами досліджень послідовних алгоритмів виявлено зміни математичного очікування й дисперсії сформованого алгоритму, що дозволяє виявити тип дефекту. Визначено середню тривалість знаходження відхилень й відновлення дефектів. Установлено шляхи визначення ймовірності помилкового виявлення дефекту.

Ключові слова: дефект, відновлювання дефектів, алгоритм Пейдж.

© Оніщенко В. О., Миленький В. В., 2016.

Постановка проблеми. Множина задач, в яких виникає потреба виявити зміну властивостей випадкових процесів, є достатньо великою. Найважливішими з них є завдання контролю й діагностики в автоматизованих системах управління технологічними процесами. Окрім виявлення розладнання випадкового процесу, існує також завдання локалізації дефекту, вирішення якої має вказати місце (тип) дефекту [1].

Метою цієї статті є побудова алгоритму імітаційного моделювання для виявлення дефектів, визначення середньої тривалості виявлення відхилень, пошуку відновлювальних дефектів і тривалості відновлення, визначення ймовірності помилкового виявлення дефекту.

Викладення основного матеріалу. Алгоритм Пейджа має вигляд:

$$G(n) = \begin{cases} S_n - \min_{1 < k < n} S_k, \mu_1 < \mu_2, S_n = \sum_1^n (z(i) - \mu_1 - v/2) \\ \max_{1 < k < n} S_k - S_n, \mu_1 > \mu_2, S_n = \sum_1^n (z(i) - \mu_1 + v/2) \end{cases},$$

де $\mu_2 = \bar{z}$, μ_1 – математичні сподівання вихідного сигналу z до появи дефекту; $v > 0$ – поріг чутливості.

Рішення про наявність дефекту приймається з порівняння: $G < h$ – дефект відсутній; $G \geq h$ – дефект наявний, де $h > 0$ – поріг спрацьовування.

Коли $\mu_1 < \mu_2$, $G(n) = S_n - \hat{S}_n$, де $\hat{S}_n = \min(\hat{S}_{n-1}, \hat{S}_n)$; $S_n = S_{n-1} + z(n) - \mu_1 - v/2$; $S_1 = z(1) - \mu_1 - v/2$, $\hat{S}_1 = S_1$.

Коли $\mu_1 > \mu_2$, $G(n) = \hat{S}_n - S_n$, де $\hat{S}_n = \min(\hat{S}_{n-1}, S_n)$; $S_n = S_{n-1} + z(n) - \mu_1 + v/2$; $S_1 = z(1) - \mu_1 + v/2$, $\hat{S}_1 = S_1$.

Алгоритм кумулятивних сум із дзеркальним екраном:

$$G(n) = \begin{cases} \max\{0, G(n-1) + z(n) - \mu_1 - v/2\}, \mu_1 < \mu_2 \\ \max\{0, G(n-1) + z(n) - \mu_1 + v/2\}, \mu_1 > \mu_2 \end{cases}.$$

Оцінка ймовірності помилкового виявлення $P_{\text{ло}} = (\mu' - \mu)^2 \left(1 - \sum_{i=1}^p a_i\right)^2 (e^h - h - 1) / 2\beta$.

Оцінка середньої тривалості виявлення $\bar{\tau} = \frac{2\beta}{(\mu' - \mu)^2 \left(1 - \sum_{i=1}^p a_i\right)^2} (e^{-h} + h - 1)$,

де a_i і p – коефіцієнти й порядок авторегресії; μ і μ' – математичне сподівання авторегресії до й після розладнання; β – дисперсія авто регресії; h – поріг спрацьовування.

Якщо сигнал має складову рідкісних великих викидів, то алгоритми Пейджа можуть стати неприйнятними, оскільки викид збільшує вирішальну функцію і призводить до помилкового виявлення дефекту [4]. Тому вводять дві модифікації алгоритму:

$$G(n) = \begin{cases} \max\{0, G(n-1) + \text{sign}(z(n) - \mu_1 - v/2)\}, & \mu_1 < \mu_2 \\ \max\{0, G(n-1) + \text{sign}(z(n) - \mu_1 + v/2)\}, & \mu_1 > \mu_2 \end{cases};$$

$$G(n) = \begin{cases} \max\{0, (G(n-1) + 1) \cdot \text{sign}(z(n) - \mu_1 - v/2)\}, & \mu_1 < \mu_2 \\ \max\{0, (G(n-1) + 1) \cdot \text{sign}(z(n) - \mu_1 + v/2)\}, & \mu_1 > \mu_2 \end{cases},$$

де μ_1 – математичне сподівання вихідного сигналу об'єкта до появи дефекту.

Рішення про наявність дефекту приймається з порівняння: $h_1 < G < h_2$ – дефект відсутній; $G \geq h_2$, $G \leq h_1$ – дефект наявний, де h_1 і h_2 – нижній і верхній пороги спрацьовування ($-1 < h_1 < h_2 < 1$).

Моделювання алгоритму Пейджа й кумулятивних сум для виявлення дефектів у каналах зв'язку з об'єктом здійснюють у два етапи:

1. Налаштування параметрів на ймовірність помилкового виявлення. Вихідний процес авторегресії (без дефекту) подають у систему, на виході ведуть підрахунок хибних виявлень. Змінюючи поріг h і параметри, настроюють алгоритм на потрібний рівень ймовірності помилкового виявлення [2].

2. Уведення дефекту й визначення середньої тривалості його виявлення. Змінюють параметри (математичне сподівання чи дисперсію) шумів на вході в систему (канали збурення чи вимірювання) [3]. На виході виявляють зсув виявлення дефекту відносно моменту реального дефекту. Кожен експеримент повторюють 10 разів, отримані значення усереднюють [5].

Моменти відновлюваного дефекту – 300 (дефект), 400 (відновлення), 500 (дефект), 600 (відновлення), 700 (дефект), 800 (відновлення) (табл. 1). Для дефекту 1 досліджували зміну математичного сподівання в каналі збурення на 0,5; 1; 2; 4 (табл. 2). Для дефекту 2 – зміну математичного сподівання в каналі вимірювання на 1; 2; 4. Для дефекту 3 – зміну дисперсії в каналі збурення в 2, 3, 4, 8 разів. Вирішальну статистику допускового алгоритму за відновлюваного дефекту 1 наведено на рис. 1.

Перевіримо можливість виявлення відновлюваних дефектів. Вихідний процес – процес авто регресії другого порядку з коефіцієнтами 0,8 і 0,3. Для перевірки відновлювальних дефектів налаштуємо: математичне сподівання шуму в каналі збурення – 0, дисперсія – 1; математичне сподівання шуму в каналі вимірювання – 0, дисперсія – 4; ймовірність помилкового виявлення – 0,02. Для дефекту 1 досліджували зміну математичного сподівання в каналі збурення; для дефекту 2 – зміну математичного сподівання в каналі вимірювання; для дефекту 3 – зміну дисперсії в каналі збурення.

Алгоритми Пейджа налаштовано на ймовірність помилки $P_n = 0,02$; допустимий поріг чутливості $v = 1,3$; поріг спрацьовування $h = 5$. Вид вирішальної статистики алгоритму Пейджа при відновлювальному дефекті 1 наведено на рис. 2.

Таблиця 1 – Визначення відновлюваних дефектів

Відрізок	Дефект 1		Дефект 3	
	тривалість			
	знаходження	відновлення	знаходження	відновлення
0...300	7		38	
300...400		1		0
400...500	6		5	
500...600		0		0
600...700	9		33	
700...800		0		0

Таблиця 2 – Середня тривалість знаходження

Дефект 1				Дефект 2			Дефект 3			Дефект 4		
0,5	1	2	4	2	4	6	2	4	8	2	4	8
51	17	10	2	19	1			33	11	31	4	3

Таким чином, для дефекту 1 відновлюється на інтервалі 300...400 дефект, для дефекту 2 відновлення не спостерігалися.

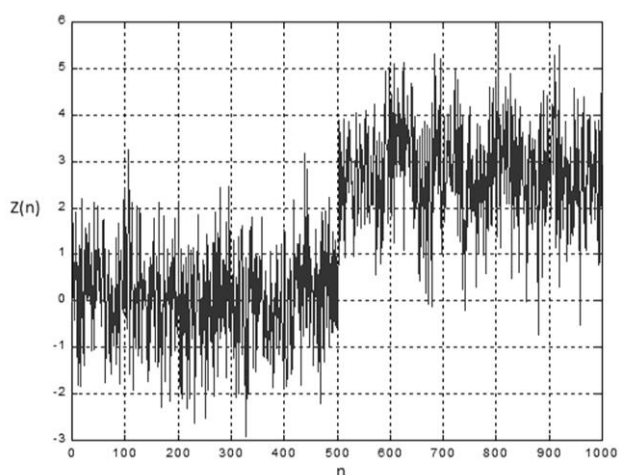


Рис. 1 – Вирішальна статистика допускового алгоритму (дефект 1)



Рис. 1 – Вирішальна статистика алгоритму Пейджа (дефект 1)

Висновки. Досліджено алгоритм Пейджа й кумулятивних сум для виявлення дефектів у каналах зв'язку з об'єктом. Виявлено зміни математичного очікування й дисперсії сформованого алгоритму, що дозволяє виявити тип дефекту. Визначено середню тривалість знаходження відхилень й відновлення дефектів. Установлено шляхи визначення ймовірності помилкового виявлення дефекту.

Список використаної літератури

1. *Бродський Б. Е.* Про завдання якнайшвидшого виявлення моменту зміни імовірнісних характеристик випадкової послідовності / Б. Е. Бродський, Б. С. Дарховський // Автоматика і телемеханіка. – 1983. – № 10. – С. 125–131.
2. *Бродський Б. Е.* Непараметрический метод виявлення моментів перемикання двох випадкових послідовностей / Б. Е. Бродський, Б. С. Дарховський // Автоматика і телемеханіка. – 1989. – № 10. – С. 66–74.
3. *Кербер М. Л.* Термопластичные полимерные композиционные материалы для автомобилестроения / М. Л. Кербер, Т. П. Кравченко // Пластические массы. – 2000. – № 9. – С. 34–40.
4. *Коритін А. М.* Автоматизація типових технологічних процесів і установок : навч. посіб. / А. М. Коритін, Н. К.Петров, С. Н. Радімов. – К. : ІЗМН, 1988. – 432 с.
5. *Строганов Р. П.* Комп'ютерне управління технічними системами / Р. П. Строганов, Л. В. Бабко, В. С. Корольов. – К. : ІЗМН, 1999. – 110 с.

Надійшла до редакції 05.10.2015