

УДК 519.6:004

РОБАСТНІ ІНКРЕМЕНТНІ МОДЕЛІ В СИСТЕМАХ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

С.Г. Удовенко, д.т.н., професор

*Харківський національний економічний університет ім.
С. Кузнеця*

serhii.udovenko@nure.ua

Л.Е. Чала, к.т.н., доцент

Харківський національний університет радіоелектроніки

Larysa.chala@nure.ua

В доповіді розглядаються робастні модифікації стохастичних інкрементних моделей, що застосовуються в цифрових системах різного функціонального призначення.

Udovenko S.G., Chala L.E. Robust modifications of stochastic incremental models that are used in the digital systems of the different functional setting are examined

Ключові слова: СТОХАСТИЧНА МОДЕЛЬ, РОБАСТНА МОДИФІКАЦІЯ, ЦИФРОВА СИСТЕМА, ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ.

Keywords: STOCHASTIC MODEL, ROBUST MODIFICATION, DIGITAL SYSTEM, INFORMATION PROCESSING.

У стохастичних системах цифрової обробки інформації та керування широко розповсюдження отримали так звані інкрементні ARIMAX - моделі наступного вигляду [1]:

$$\Delta y(k) = \sum_{i=1}^n A_i \Delta y(k-i) + \sum_{i=0}^n B_i \Delta u(k-\rho-i) + \sum_{i=0}^n C_i \Delta v(k-\mu-i) + \sum_{i=0}^{h_j} h_i e(k-i),$$

де $u(k)$ – сигнал керування; $y(k)$ – керований вихід; $v(k)$ – зовнішнє вимірюване збурення; ρ , μ – кількість періодів транспортної затримки у каналах « $y(k)-u(k)$ », « $y(k)-v(k)$ »; $e(k)$ – дискретний білий шум; A_i , B_i , C_i та h_j – коефіцієнти моделі; n – порядок моделі.

Можна показати, що для малих періодів дискретизації безперервних сигналів системи, що ідентифікується, якість моделювання стає вельми чутливою до точності представлення коефіцієнтів поліномів ARIMAX-моделі (1), внаслідок чого обмежується можливість її застосування. В цьому разі більш пристосованими є їх модифіковані представлення, які ми назвемо робастними ARIMAX-моделями (RARIMAX-моделями).

Представимо розглянуту вище модель наступним чином:

$$A(q^{-1})\Delta y(k) = B(q^{-1})u(k - \rho) + C(q^{-1})\Delta v(k - \mu) + H(q^{-1})e(k), \quad (1)$$

де q^{-1} – оператор затримки на 1 такт;

$$A(q^{-1}) = \sum_{i=0}^n A_i q^{-i}, B(q^{-1}) = \sum_{i=0}^n B_i q^{-i}, C(q^{-1}) = \sum_{i=0}^n C_i q^{-i}, H(q^{-1}) = \sum_{i=0}^{l_n} h_i q^{-i}.$$

Задамо оператор випередження δ та різницевий оператор Δ :

$$\delta f(k) = f(k+1) - f(k); \Delta = 1 - q^{-1}.$$

Представимо будь-який з поліномів моделі (2) (наприклад, $A(q^{-1})$) наступним чином:

$$A(q^{-1}) = \sum_{i=0}^n A_i q^{-i} = \sum_{i=0}^n A_i^* q^{-i} \Delta^{n-i}.$$

З урахуванням властивостей операторів q^{-1} , δ , Δ можна отримати очевидну тотожність:

$$\sum_{i=0}^n A_i (\delta + 1)^{n-i} = \sum_{i=0}^n A_i^* \delta^{n-i},$$

яке дозволяє визначити коефіцієнти A_i^* за заданими коефіцієнтами A_i :

$$A_i^* = \sum_{j=0}^i D_n(i, j) A_j, \quad (2)$$

де $D_n(i, j)$ – біноміальні коефіцієнти.

Для багатовимірної системи D_n є матрицею, елементи якої обчислюються згідно з наступною рекурсією:

$$D_n(i, j) = D_n(i+1, j+1) + D_n(i, j+1), i > j.$$

Зворотне перетворення визначиться залежностями

$$A_i = \sum_{j=0}^i D_n^*(i, j) A_j^*, \quad (3)$$

$$D_n^*(i, j) = D_n^*(i+1, j+1) - D_n^*(i, j+1), i > j,$$

причому $D_n^*(\tau, \tau) = 1$, $D_n^*(n, \tau) = (-1)^{n-\tau}$ для $\delta = 0, \dots, n$.

Елементи матриць D_n та D_n^* з індексами $i < j$ дорівнюють нулю, тобто ці матриці є нижніми трикутними.

Очевидно, що за аналогією з (3) та (4) нескладно здійснити перетворення поліномів $B(q^{-1})$ та $C(q^{-1})$ на поліноми $B^*(\delta)$ і $C^*(\delta)$ та навпаки.

Відзначимо доцільність розширення полінома $H(q^{-1})$, що має порядок l_0 , до загального порядку n (для зручності алгоритмізації та програмування). Таке розширення легко здійснити додаванням до $H(q^{-1})$ відповідних нульових складових.

В цьому разі інкрементна RARIMAX-модель набуває вигляду:

$$A^*(\delta)\Delta y(k-n) = B^*(\delta)\Delta u(k-\rho-n) + C^*(\delta)\Delta v(k-\mu-n) + H^*(\delta)e(k-l_0).$$

В цій доповіді розглядаються також робастні модифікації ARMAX-моделей та ARIMAX-моделей у просторі стану.

Слід підкреслити, що переваги робастних модифікацій стохастичних моделей виразно проявляються для цифрових систем різного функціонального призначення (в тому числі і інтелектуальних систем), тривалість перехідних процесів яких значно перевищує період дискретизації аналогових сигналів.