Оценивание параметров билинейных ARX систем с помехой в выходном сигнале

Иванов Д.В., *доц.*; В.С. Бармотина, *студ.*
Самарский государственный университет путей сообщения,
г. Самара, Россия

Рассмотрим линейную динамическую систему, описываемую стохастическими уравнениями с дискретным временем:

$$z_i - \sum_{m=1}^{r} b_0^{(m)} z_{i-m} = \sum_{m=0}^{r_1} a_0^{(m)} x_{i-m} + \sum_{m=0}^{r_2} \sum_{k=1}^{r_3^{(m)}} c_0^{(mk)} x_{i-m} z_{i-k} + \zeta_i,\ y_i = z_i + \xi_i.$$

Требуется определять оценки $\hat{b}_0^{(m)}, \hat{a}_0^{(m)}, \hat{c}_0^{(mk)}$ по наблюдаемым последовательностям y_i, x_i при известных r, r_1, r_2 и $r_3^{(m)}$. Доказано, что при неограничительных условиях на входной сигнал и помеху сильно состоятельные оценки получаются из критерия:

$$\min_{\theta\in\tilde{B}} \sum_{i=1}^{N} \left(y_i - \varphi_i^T \theta\right)^2 \left(1 + \gamma + b^T b + c^T D_x c\right)^{-1} \tag{1}$$

где $\theta_0 = \left(b_0^T \ \vdots\ a_0^T \ \vdots\ c_0^T\right)^T$, $b_0 = \left(b_0^{(1)} \ldots b_0^{(r)}\right)^T$, $a_0 = \left(a_0^{(1)},\ldots,a_0^{(r_1)}\right)^T$,
$\varphi_i = \left(\left(\phi_y^{(i)}\right)^T \ \vdots\ \left(\phi_x^{(i)}\right)^T) \ \vdots\ \left(\phi_{xy}^{(i)}\right)^T\right)^T$, $\phi_y^{(i)} = \left(y_{i-1},\ldots y_{i-r}\right)^T$, $\gamma = \sigma_\zeta^2 / \sigma_\xi^2$,

$$\phi_{xy}^{(i)} = \left(x_i\, y_{i-1},\ldots,x_i\, y_{i-r_3^{(0)}} \ \vdots\ x_{i-1} y_{i-1},\ldots,x_{i-1} y_{i-r_3^{(1)}} \ \vdots\ \ldots \ \vdots\ x_{i-r_2} y_{i-1},\ldots,x_{i-r_2} y_{i-r_3^{(r_2)}}\right)^T,$$

$$c_0 = \left(c_0^{(01)} \ldots c_0^{(0 r_3^{(0)})} \ \vdots\ c_0^{(11)} \ldots c_0^{(1 r_3^{(1)})} \ \vdots\ \ldots \ \vdots\ c_0^{(r_2 1)} \ldots c_0^{(r_2 r_3^{(r_2)})}\right)^T,$$

$$D_x = \left(\begin{array}{ccc|ccc|c|ccc}
\sigma_x^2 & \ldots & 0 & h_x(1) & \ldots & 0 & \ldots & h_x(r_2) & \ldots & 0 \\
\vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ldots & \vdots & \ddots & \vdots \\
0 & \ldots & \sigma_x^2 & 0 & \ldots & h_x(1) & \ldots & 0 & \ldots & h_x(r_2) \\
\hline
h_x(1) & \ldots & 0 & \sigma_x^2 & \ldots & 0 & \ldots & h_x(r_2-1) & \ldots & 0 \\
\vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ldots & \vdots & \ddots & \vdots \\
0 & \ldots & h_x(1) & 0 & \ldots & \sigma_x^2 & \ldots & 0 & \ldots & h_x(r_2-1) \\
\hline
\vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\
\hline
h_x(r_2) & \ldots & 0 & h_x(r_2-1) & \ldots & 0 & \ldots & \sigma_x^2 & \ldots & 0 \\
\vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ldots & \vdots & \ddots & \vdots \\
0 & \ldots & h_x(r_2) & 0 & \ldots & h_x(r_2-1) & \ldots & 0 & \ldots & \sigma_x^2
\end{array}\right).$$

Критерий (1) был реализован в Matlab, результаты моделирования подтвердили высокую точность получаемых оценок, по сравнению с известными алгоритмами оценивания параметров.