АНАЛИЗ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ АЛГОРИТМА КАЛМАНОВСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ДИСКРЕТНЫХ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ С АВТОКОРРЕЛИРОВАННЫМ ШУМОМ В ИЗМЕРЕНИЯХ

Лукин Олег Валерьевич

Аспирант

Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия

E-mail: oleg.lukin.v@mail.ru

Научный руководитель *— Цыганова Юлия Владимировна*

Задача оценивания состояния линейных дискретных стохастических систем широко изучается в связи с ее важностью в различных областях, включая связь, промышленную электронику, распознавание речи, обработку измерительной информации и т. п. Фильтр Калмана [1] является наиболее известным методом оценивания состояния линейной дискретной стохастической системы, уравнения которого описывают рекуррентное решение оптимальной оценки состояния системы.

В работе [2] исследована проблема сходимости оптимального фильтра Калмана для систем с автокоррелированным шумом, устанавливаются условия сходимости фильтра на основе эквивалентного изучения сходимости ковариации ошибки оценки предсказания расширенного вектора состояния системы.

Рассмотрим дискретную линейную стохастическую систему с автокоррелированным шумом в измерениях

$$x_{k+1} = Ax_k + \omega_k, \tag{1}$$

$$y_k = Cx_k + v_k, \tag{2}$$

$$v_k = \sum_{i=0}^{l} H_i \varsigma_{k-i}, k = 0, 1, ... \tag{3}$$

где $x_k \in R^n$ — неизвестное состояние; $\omega_k \in R^n$ — шум в уравнении объекта; $y_k \in R^p$ — измерение; $v_k \in R^p$ — автокоррелированный шум; $\varsigma_k \in R^q$ — случайный вектор; $\varsigma_j = 0$ при $j < 0$; A, C и H_i — матрицы соответствующих размерностей; начальное состояние x_0 представляет собой случайный вектор со средним $\overline{x}_0$ и ковариационной матрицей $\overline{P}_0$.

Положим $\varphi_k = (x_k^T, \varsigma_k^T, \varsigma_{k-1}^T, ..., \varsigma_{k-l}^T)^T$. Перейдем от системы (1)–(3) к (4)–(5)

$$\varphi_{k+1} = A_\diamond \varphi_k + \varepsilon_k, \tag{4}$$

$$y_k = C_\diamond \varphi_k, \tag{5}$$

где $A_\diamond = \begin{pmatrix} A & 0_{n\times lq} & 0_{n\times q} \\ 0_{q\times n} & 0_{q\times lq} & 0_{q\times q} \\ 0_{lq\times n} & I_{lq} & 0_{lq\times q} \end{pmatrix}, \varepsilon_k = \begin{pmatrix} \omega_k \\ \varsigma_{k+1} \\ 0_{lq\times 1} \end{pmatrix}$,
$C_\diamond = (C, H_0, H_1, ..., H_l)$ и $Q_\diamond = diag(Q, J, 0_{lq\times lq})$.

Так как шум является автокоррелированным с конечным шагом l, то увеличение этого шага приводит к увеличению размеров системных матриц. Соответственно, целью работы является анализ вычислительной сложности алгоритма фильтрации для систем с автокоррелированным шумом в измерениях. Результаты анализа используются для эффективной программной реализации алгоритма. Под эффективностью понимаем время работы и объем используемой памяти.

Литература

1. R. E. Kalman, “A new approach to linear filtering and prediction problems”, Trans. ASME, J. Basic Engrg., Ser. D., vol. 82, pp. 35-45, Mar. 1960.
2. Wei Liu, Peng Shi and Huiyan Zhang. Kalman Filtering with Finite-Step Autocorrelated Measurement Noise // Journal of Computational and Applied Mathematics, vol. 408, 114138, Jul. 2022.