

Секция «Математическое моделирование и информационные технологии»

**О дискретной стохастической модели системы управления
электрокардиостимулятором**

Рахимова Римма Ильгизаровна

Аспирант

Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова,

Ульяновская область, Россия

E-mail: rakhimova_r@mail.ru

В работе рассмотрена задача построения дискретной линейной стохастической модели второго порядка на основе передаточной функции замкнутой системы управления электрокардиостимулятором следующего вида [2]:

$$G(s) = \frac{12K}{s(s+12)}.$$

В работе [4] была построена соответствующая дискретная линейная модель второго порядка, представленная разностными уравнениями в пространстве состояний.

В данной работе предположим, что на систему действуют детерминированный входной сигнал $u(t_i)$, представляющий собой заданную частоту сердечных сокращений, а также случайное возмущение $w_d(t_i)$. Также предположим, что измерения выходного сигнала производят с погрешностью $v(t_i)$. Ошибки $w_d(t_i)$ и $v(t_i)$ будем моделировать как гауссовские случайные последовательности с нулевыми математическими ожиданиями и ковариационными матрицами Q_d и R , соответственно. С учетом сделанных предположений построим дискретную линейную стохастическую модель в пространстве состояний. Она будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} x(t_i) &= \Phi x(t_{i-1}) + B_d u(t_{i-1}) + w_d(t_i), & x(t_0) &= x_0, \\ z(t_i) &= [1 \ 0] x(t_i) + v(t_i), \end{aligned}$$

где элементы матриц Φ и B_d , а также элементы ковариационной матрицы Q_d зависят от параметров K и $\tau = t_{i-1} - t_i$. В силу нетривиальности вычислений в данной работе были использованы программные средства системы Maple [3].

Компьютерное моделирование выполнено на языке Python [1]. Оценка вектора состояния стохастической модели выполнена с помощью алгоритма дискретной фильтрации Калмана [5]. Результаты моделирования приведены на рисунках 1 и 2.

Проанализировав график, представленный на рисунке 1, можно сделать вывод о том, что при изменении входного сигнала происходит переход на желаемую частоту сердечных сокращений примерно в течение одной минуты, что с медицинской точки зрения является приемлемым результатом.

На рисунке 2 видно, что измеряемая частота сильно изменяется во времени за счет помехи, следовательно, необходимо применять алгоритм дискретной фильтрации, чтобы ее устранить.

Таким образом, полученные результаты вычислительных экспериментов подтверждают адекватность построенной стохастической модели.

Источники и литература

- 1) Букунов С. В. Разработка приложений с графическим пользовательским интерфейсом на языке Python : учебное пособие для СПО / С. В. Букунов, О. В. Букунова. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 88 с.

- 2) Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. Пер. с англ. Б.И. Копылова. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002.
- 3) Калугина, М.А. Математический анализ. Лабораторный практикум в системе Maple : учеб.-метод. пособие / М.А. Калугина : БГУИР, 2018. — 124 с.
- 4) Цыганов А.В., Цыганова Ю.В., Рахимова Р.И. Построение и анализ математических моделей в пространстве состояний для системы управления кардиостимулятором // Ученые записки УлГУ. Серия Математика и информационные технологии. — 2024. — № 2. — С. 99–110.
- 5) Grewal M.S. Kalman filtering : Theory and Practice Using MATLAB / M.S. Grewal, A.P. Andrews. — New Jersey : Prentice Hall, 2001.

Иллюстрации

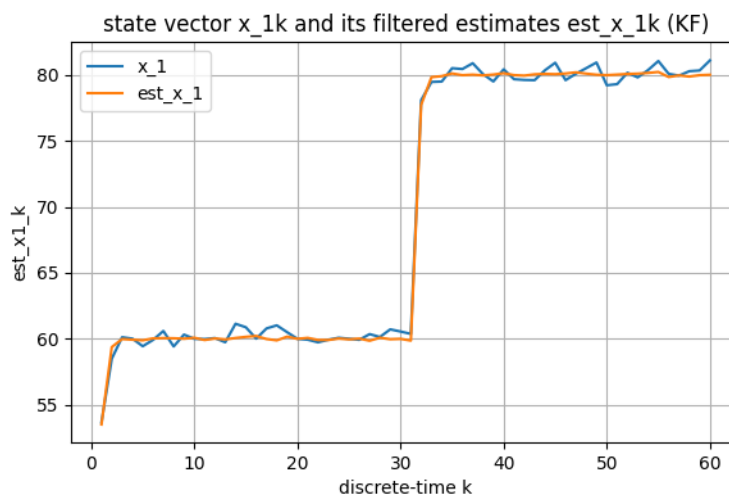


Рис. : 1. График выходного сигнала и его оценка

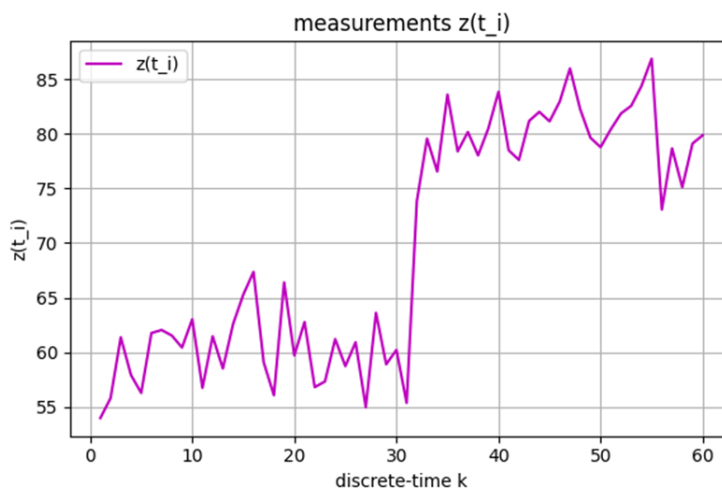


Рис. : 2. График измерений выходного сигнала