

#### Лабораторная работа №4

Объект движется на плоскости  $\mathbb{R}^2$  согласно следующему закону:

$$\mathbf{x}_{n+1} = \mathbf{A} \mathbf{x}_n + \mathbf{B} \mathbf{u}_n + \mathbf{C} \mathbf{w}_{n+1}, \quad (1)$$

где

- $\mathbf{x}_n = (x_n^1, \dot{x}_n^1, \ddot{x}_n^1, x_n^2, \dot{x}_n^2, \ddot{x}_n^2)$  – вектор состояния отслеживаемого объекта:  $(x_n^1, x_n^2)$  – координаты объекта;  $(\dot{x}_n^1, \dot{x}_n^2)$  – вектор скорости;  $(\ddot{x}_n^1, \ddot{x}_n^2)$  – вектор ускорения.
- $\{\mathbf{u}_n\}$  – управляющие команды, которые моделируются марковской цепью с множеством состояний

$$\{(0, 0)^T, (3.5, 0)^T, (0, 3.5)^T, (-3.5, 0)^T, (0, -3.5)^T\} \quad (2)$$

и матрицей переходных вероятностей

$$\mathbf{P} = \frac{1}{20} \begin{pmatrix} 16 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 16 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 16 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 16 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 16 \end{pmatrix}.$$

- $\{\mathbf{w}_n\}$  – последовательность независимых с. в., имеющих распределение  $\mathcal{N}(\mathbf{0}_{2 \times 1}, \sigma^2 \mathbf{I})$ ,  $\sigma = 0.5$ .

•

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \tilde{\mathbf{A}} & \mathbf{0}_{3 \times 3} \\ \mathbf{0}_{3 \times 3} & \tilde{\mathbf{A}} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} \tilde{\mathbf{B}} & \mathbf{0}_{3 \times 1} \\ \mathbf{0}_{3 \times 1} & \tilde{\mathbf{B}} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{C} = \begin{pmatrix} \tilde{\mathbf{C}} & \mathbf{0}_{3 \times 1} \\ \mathbf{0}_{3 \times 1} & \tilde{\mathbf{C}} \end{pmatrix},$$

где

$$\tilde{\mathbf{A}} = \begin{pmatrix} 1 & \Delta t & \Delta t^2/2 \\ 0 & 1 & \Delta t \\ 0 & 0 & \alpha \end{pmatrix}, \quad \tilde{\mathbf{B}} = \begin{pmatrix} \Delta t^2/2 \\ \Delta t \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \tilde{\mathbf{C}} = \begin{pmatrix} \Delta t^2/2 \\ \Delta t \\ 1 \end{pmatrix},$$

$\Delta t = 0.5$  – период дискретизации; параметр  $\alpha = 0.6$ .

Начальный вектор  $\mathbf{x}_0$  имеет распределение  $\mathcal{N}(\mathbf{0}_{6 \times 1}, \text{diag}(500, 5, 5, 200, 5, 5))$ ;  $\mathbf{u}_0$  имеет равномерное распределение на множестве (2).

Предполагается, что объект движется в зоне покрытия  $L$  базовых станций с известными координатами  $\mathbf{z}^{(\ell)} = (z_1^{(\ell)}, z_2^{(\ell)})$ ,  $\ell = 1, \dots, L$ . Координаты  $L = 6$  базовых станций записаны в файле stations.txt. На мобильном объекте установлено принимающее устройство, которое регистрирует сигналы от базовых станций. Положение мобильного объекта определяется на основе показателя уровня принимаемого сигнала (RSSI – Received Signal Strength Indicator). Предполагается следующая модель

наблюдения, согласно которой регистрируемая мощность сигнала (в децибелах) определяется соотношением:

$$y_n^\ell = P_0 - 10\beta \lg d_{\ell,n} + v_n^\ell, \quad \ell = 1, \dots, L, \quad (3)$$

где  $P_0 = 90$  (дБ) – мощность сигнала, передаваемого базовой станцией;  $\beta = 3$  – коэффициент, характеризующий среду распространения сигнала;  $d_{\ell,n}$  – расстояние от базовой станции  $\ell$  до мобильного объекта в момент времени  $n$ ;  $\{v_n^\ell\}_{\ell=1}^L$  – независимые нормально распределенные случайные величины с нулевым средним и стандартным отклонением  $\delta = 1.5$  (дБ).

В файле RSSI-measurements.txt записаны измерения RSSI от всех базовых станций:  $\mathbf{y}_{0:m}^\ell = (y_0^\ell, \dots, y_m^\ell)$ ,  $\ell = 1, \dots, L$ . Требуется с помощью фильтра частиц восстановить траекторию мобильного объекта.