

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 ℓ 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.