

## 0.1 Целевое положение схвата

В данном разделе мы приведем примеры работы алгоритма для классических задач биологического движения.

*Замечание 1.* В каждом из примеров, для избежания проворачивания сочленений, в интегральную часть функционала качества дополнительно добавлена поправка

$$10^{-5} \cdot \langle x^k, \hat{Q}x^k \rangle.$$

Пусть целью нашего движения является достижение схватом заранее определенного положения  $e^{\text{final}} \in \mathcal{B}_0 \left( \sum_{i=1}^3 l_i \right)$  с заданной скоростью  $e^{\text{final}}$ . Таким образом получаем следующие компоненты функционала качества:

$$q^{\text{final}}(x) = \|e^3(x) - e^{\text{final}}\|^2 \quad (0.1)$$

Аналитически найдем  $x^{\text{final}}$ , требующийся для построения начального референсного управления из следующих соотношений:

$$\text{tg } \theta_3 = \begin{cases} \frac{e_2^{\text{final}}}{e_1^{\text{final}}}, & \text{при } e_1^{\text{final}} \neq 0, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

$$\begin{cases} l_1 \cos \theta_1 + l_2 \cos \theta_2 = e_1^{\text{final}} - l_3 \cos \theta_3, \\ l_1 \sin \theta_1 + l_2 \sin \theta_2 = e_2^{\text{final}} - l_3 \sin \theta_3. \end{cases}$$

Данная система имеет два решения на рассматриваемом интервале  $\theta_1, \theta_2 \in [-\pi, \pi]$ , которые соответствуют возможному положению руки. В работе строились начальные траектории для обоих вариантов, затем для итеративного алгоритма выбиралась траектория с наименьшим значением функционала качества.

Для скорости минимизации по скорости фиксируем  $\dot{\theta}_1 = 0$ , а оставшиеся компоненты так же получаем из соотношений:

$$\begin{cases} -l_2 \sin \theta_2 \dot{\theta}_2 - l_3 \sin \theta_3 \dot{\theta}_3 = \dot{e}_1^{\text{final}}, \\ l_2 \cos \theta_2 \dot{\theta}_2 + l_3 \cos \theta_3 \dot{\theta}_3 = \dot{e}_2^{\text{final}}, \end{cases}$$

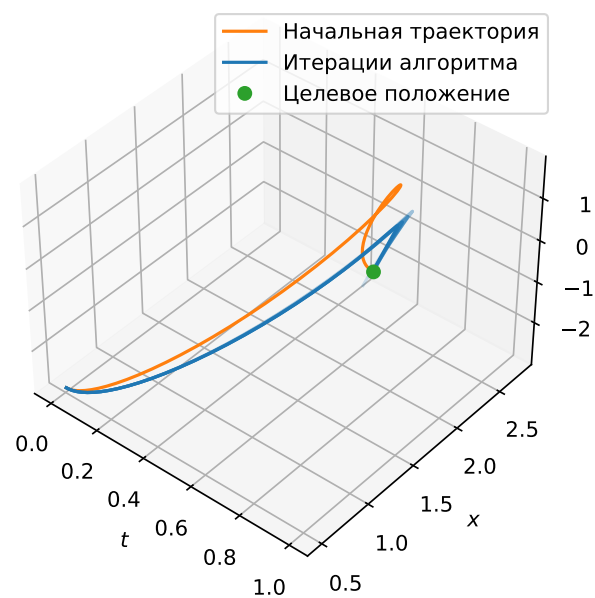
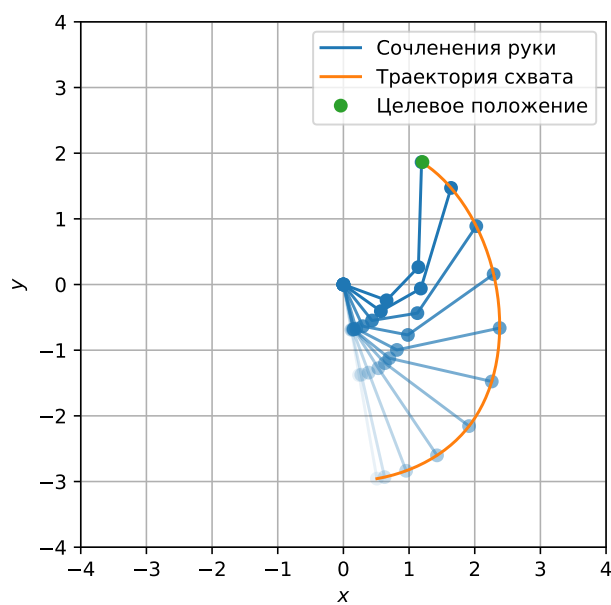


Рис. 1: Reaching Task

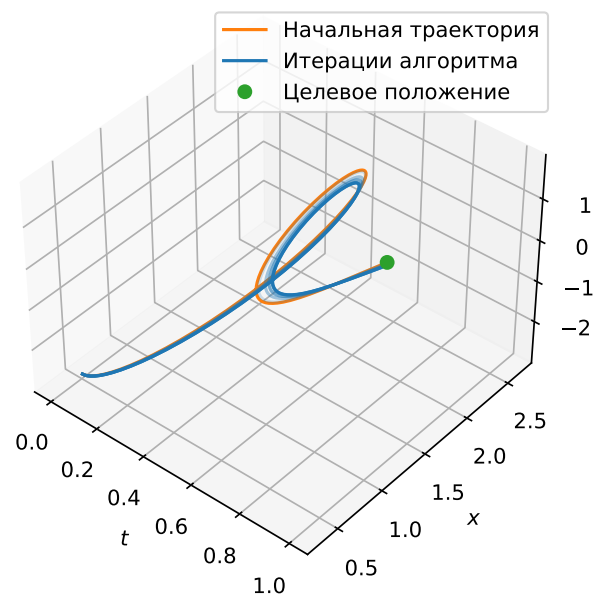
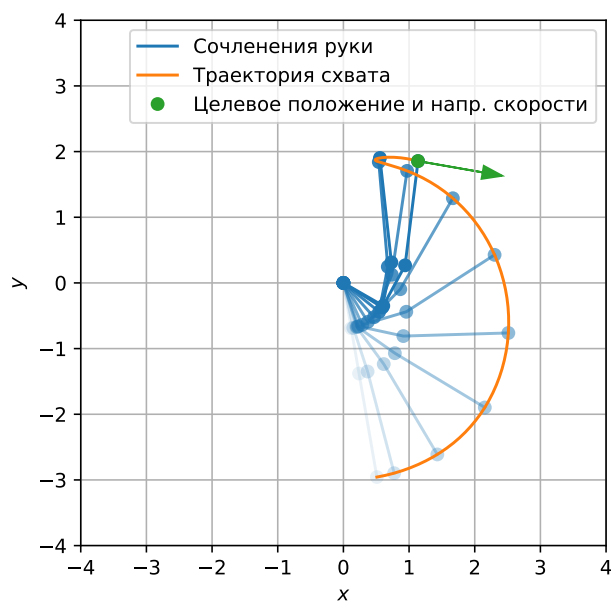


Рис. 2: Reaching Speed Task