

0.1 Целевое положение схвата

В данном разделе мы приведем примеры работы алгоритма для классических задач биологического движения. При построении траекторий получившееся управление $u = \{u^k\}_{k=1}^N$ подставлялось в исходную непрерывную систему (??) как кусочно-постоянное программное управление

$$u(t) = u^k, \text{ при } t_k \leq t \leq t_{k+1}, \quad k = \overline{1, N}.$$

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

$$e^{\text{final}} \in \mathcal{B}_0 \left(\sum_{i=1}^3 l_i \right).$$

Таким образом получаем следующее терминальное условие функционала качества:

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

Теперь аналитически найдем минимизатор терминального условия, требующийся для построения начального референсного управления. Угол третьего сочленения возьмем из следующего соотношения:

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

Данная форма θ_3 гарантирует, что $e^2(x) \in \mathcal{B}_0(l_1 + l_2)$.

Оставшиеся углы найдем, как решение следующей системы:

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

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.

Остальные граничные параметры, не участвующие в терминальном условии фиксируем в нуле:

$$\dot{\theta}^{\text{final}} = 0.$$

Рис. 1 демонстрирует траекторию руки при построенном управлении, а также траектории схвата при управлениях, полученных на различных итерациях алгоритма.

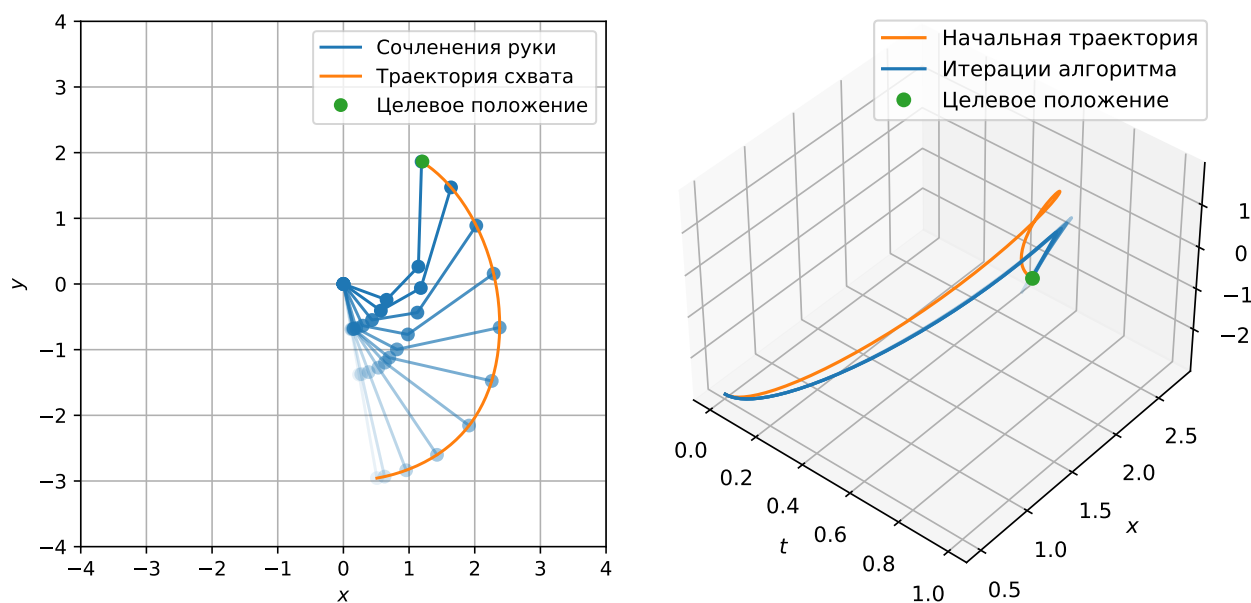


Рис. 1: Траектория системы при оптимальном управлении и итеративные траектории схвата для задачи целевого положения схвата. Алгоритм сошёлся на 5 итерации.