

Оптимизација управљања паралелним манипулатором употребом еволутивних алгоритама

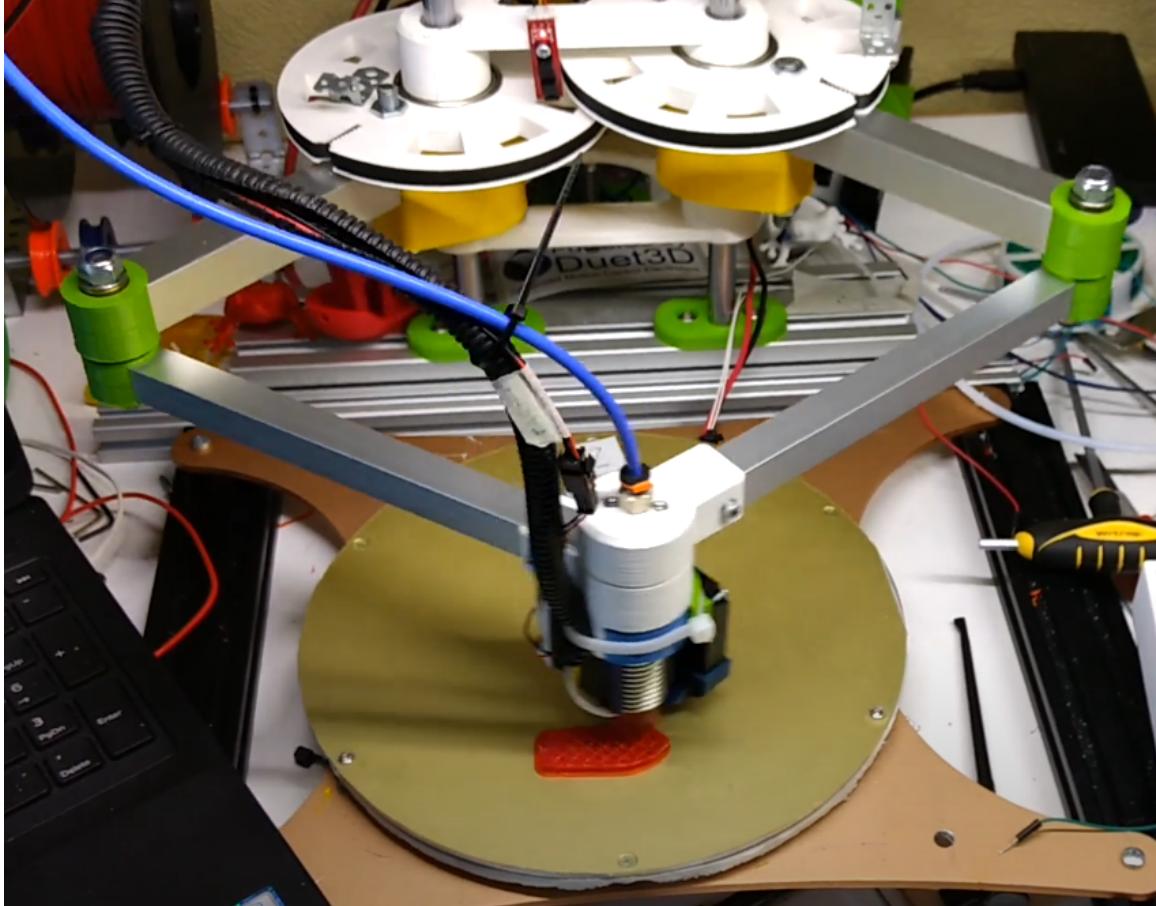
Лазар Попадић МХ4/2020

Инспирација



DexTAR

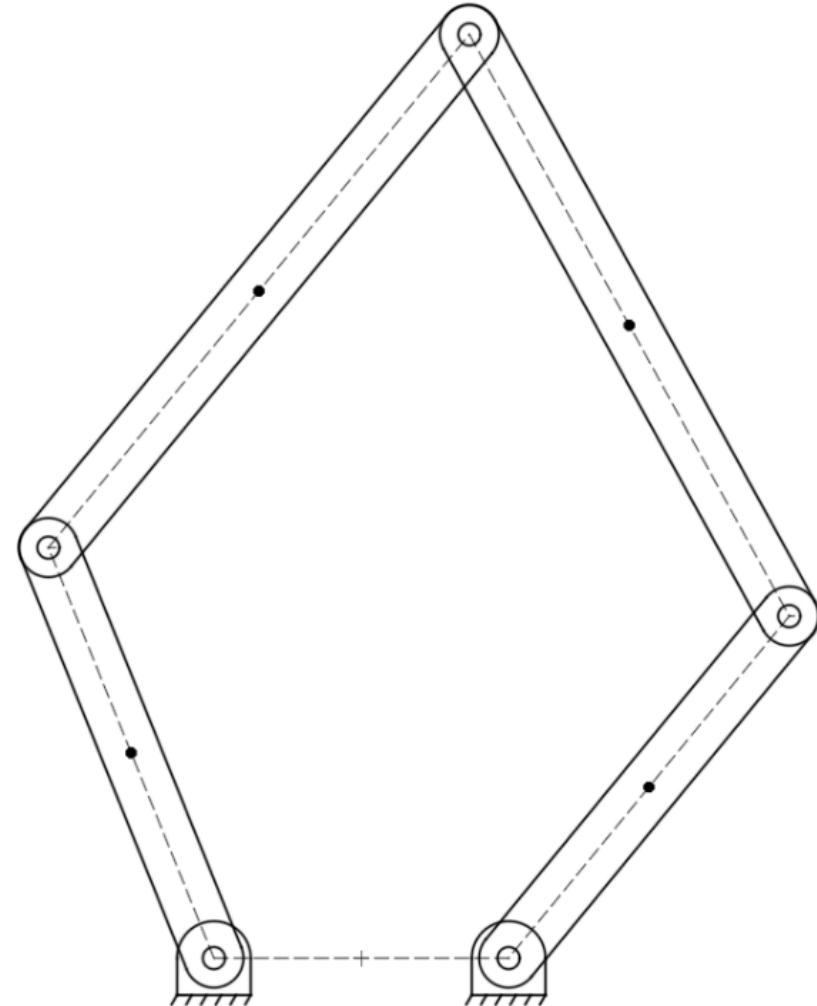
Инспирација



3D штампачи

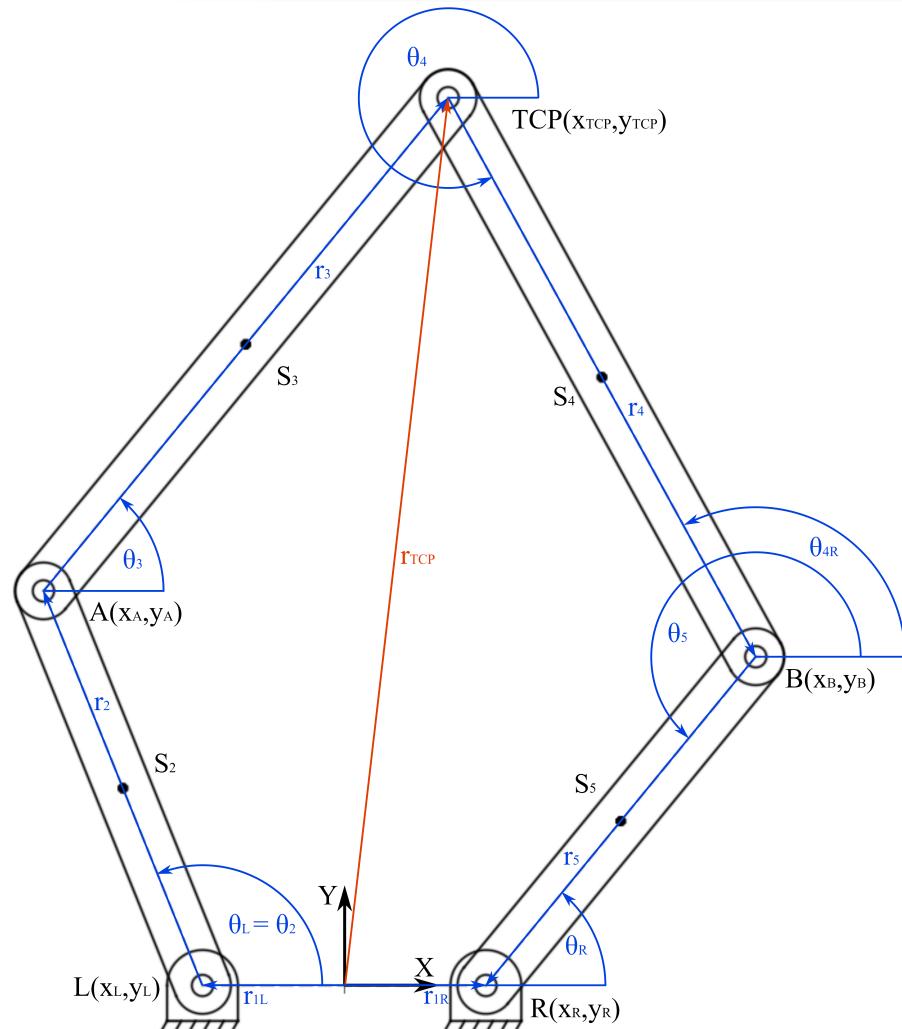
Петочлани паралелни манипулятор

- 2 погонска сегмента, повезани на MJC
- 2 пасивна сегмента
- 1 непокретан сегмент, база

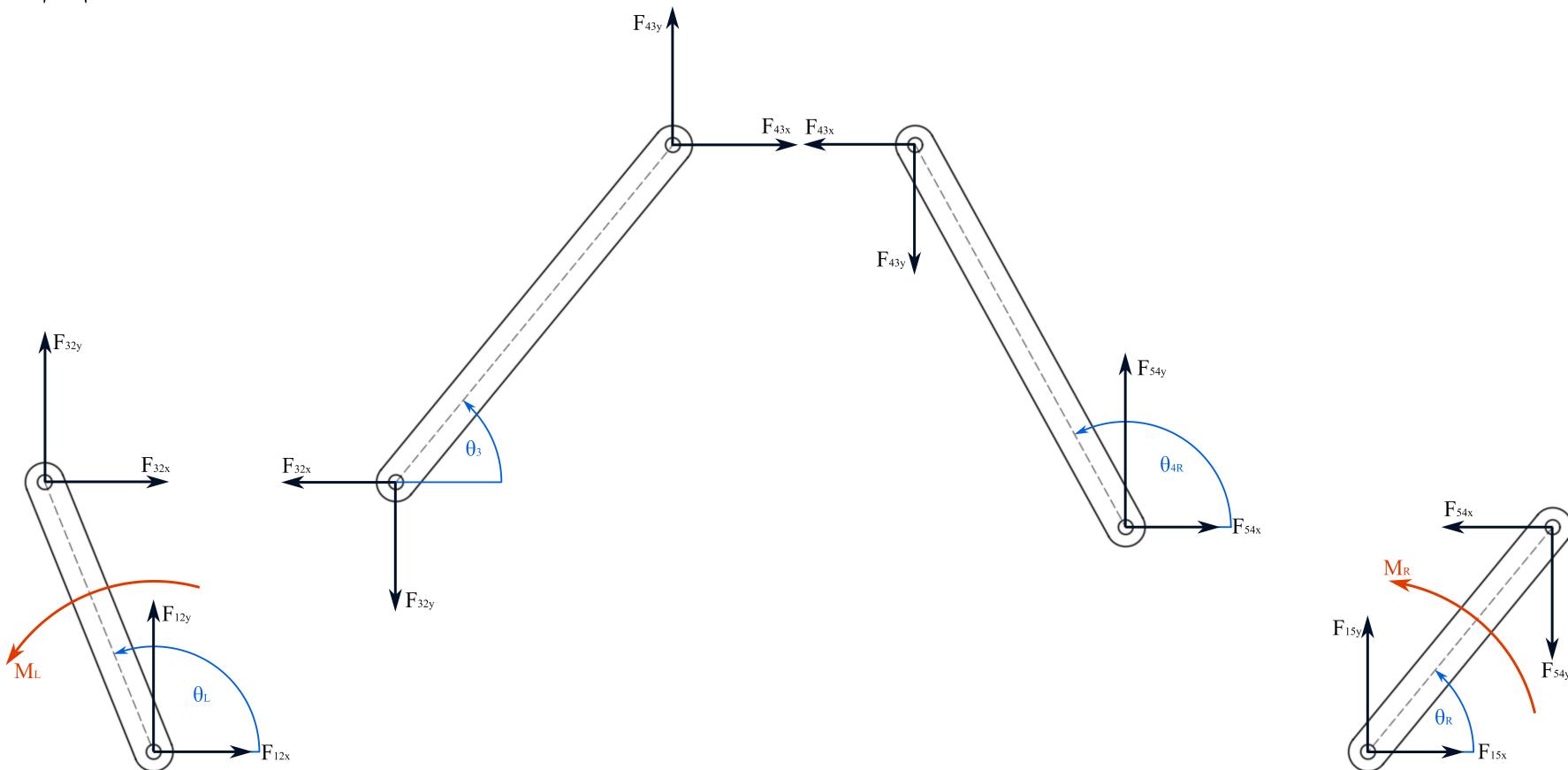


Кинематска анализа

- моделује кретање манипулатора
- директан и инверзан проблем



Динамичка анализа

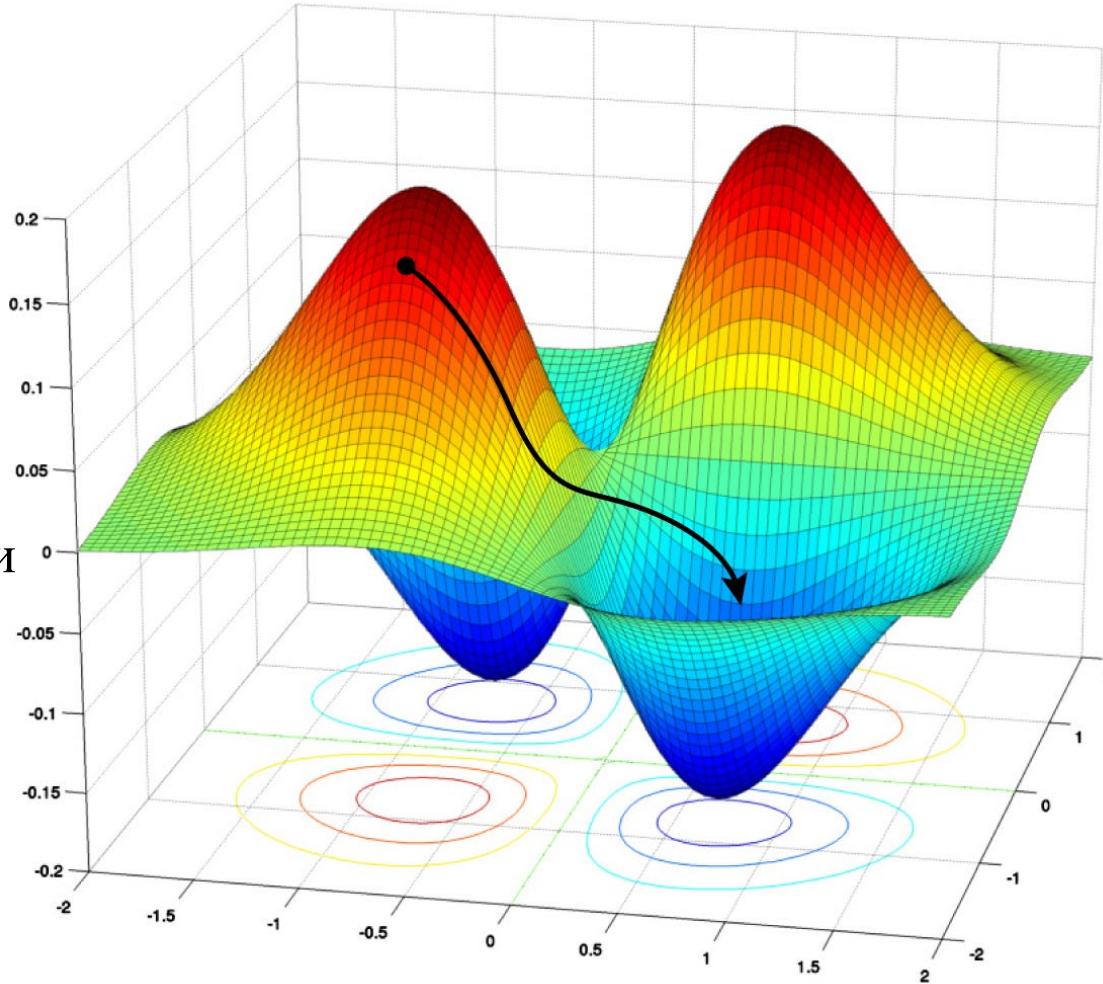


Динамичка анализа

$$\begin{bmatrix}
 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 \frac{P}{2}sin\theta_L & -\frac{P}{2}cos\theta_L & 1 & -\frac{P}{2}sin\theta_L & \frac{P}{2}cos\theta_L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -\frac{D}{2}sin\theta_3 & \frac{D}{2}cos\theta_3 & 1 & -\frac{D}{2}sin\theta_3 & \frac{D}{2}cos\theta_3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & \frac{D}{2}sin\theta_{4R} & -\frac{D}{2}cos\theta_{4R} & 1 & \frac{D}{2}sin\theta_{4R} & -\frac{D}{2}cos\theta_{4R} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{P}{2}sin\theta_R & \frac{P}{2}cos\theta_R & 1 & -\frac{P}{2}sin\theta_R & \frac{P}{2}cos\theta_R & 0
 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix}
 F_{12x} \\
 F_{12y} \\
 M_L \\
 F_{32x} \\
 F_{32y} \\
 F_{43x} \\
 F_{43y} \\
 F_{54x} \\
 F_{54y} \\
 F_{15x} \\
 F_{15y} \\
 M_R
 \end{bmatrix} \begin{bmatrix}
 m_{PA_{S2x}} \\
 m_{PA_{S2y}} \\
 J_{SP\alpha L} \\
 m_{DA_{S3x}} \\
 m_{DA_{S3y}} \\
 J_{SD\alpha 3} \\
 m_{DA_{S4x}} \\
 m_{DA_{S4y}} \\
 J_{SD\alpha 4} \\
 m_{PA_{S5x}} \\
 m_{PA_{S5y}} \\
 J_{SD\alpha R}
 \end{bmatrix}$$

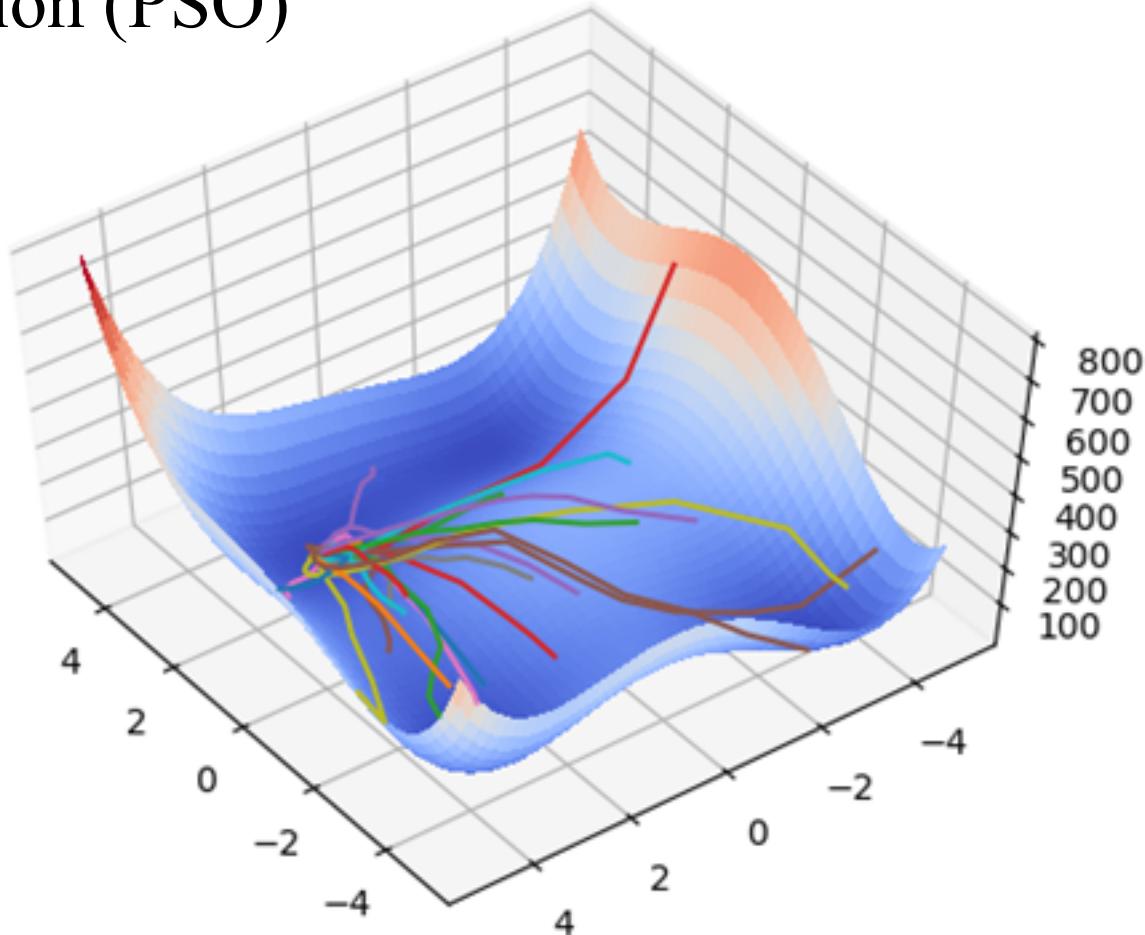
Оптимизација

- одређивање најбољег решења
- према критеријуму оптималности



Particle swarm optimization (PSO)

- еволутивна метода
- рој честица



Кретање честица

$$\vec{x}_{\textcolor{brown}{i}}(t+1) = \vec{x}_{\textcolor{brown}{i}}(t) + \vec{v}_{\textcolor{teal}{i}}(t+1)$$

$$\vec{v}_{\textcolor{brown}{i}}(t+1) = w\vec{v}_{\textcolor{brown}{i}}(t) + c_p(\vec{p}_i - \vec{x}_{\textcolor{brown}{i}}(t))R_1(t) + c_g(\vec{g} - \vec{x}_{\textcolor{brown}{i}}(t))R_2(t)$$

- w инерцијални коефицијент
- c_p когнитивни коефицијент
- c_g социјални коефицијент



Имплементација PSO

Коришћен за оптимизацију PID параметара.

Модификације:

- променљива инерција
- концепт околине



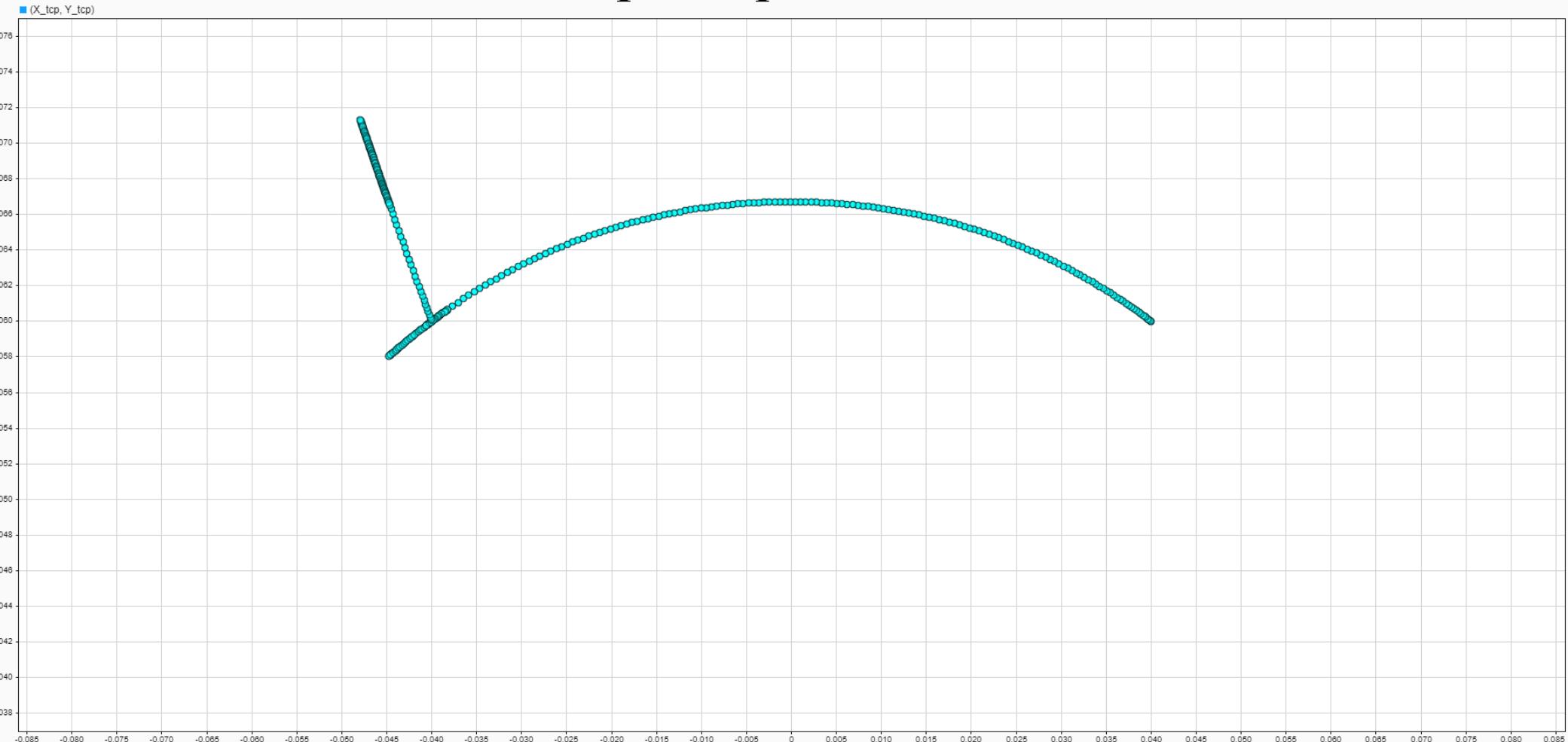
Симулација

- почетни положај врха алата $= (40\text{mm}, 60\text{mm})$
- жељени положај врха алата $= (-40\text{mm}, 60\text{mm})$
- укупно време симулације $= 4\text{s}$
- корак симулације $= 2\text{ms}$
- почетак спољашњег поремећаја $= 2\text{s}$



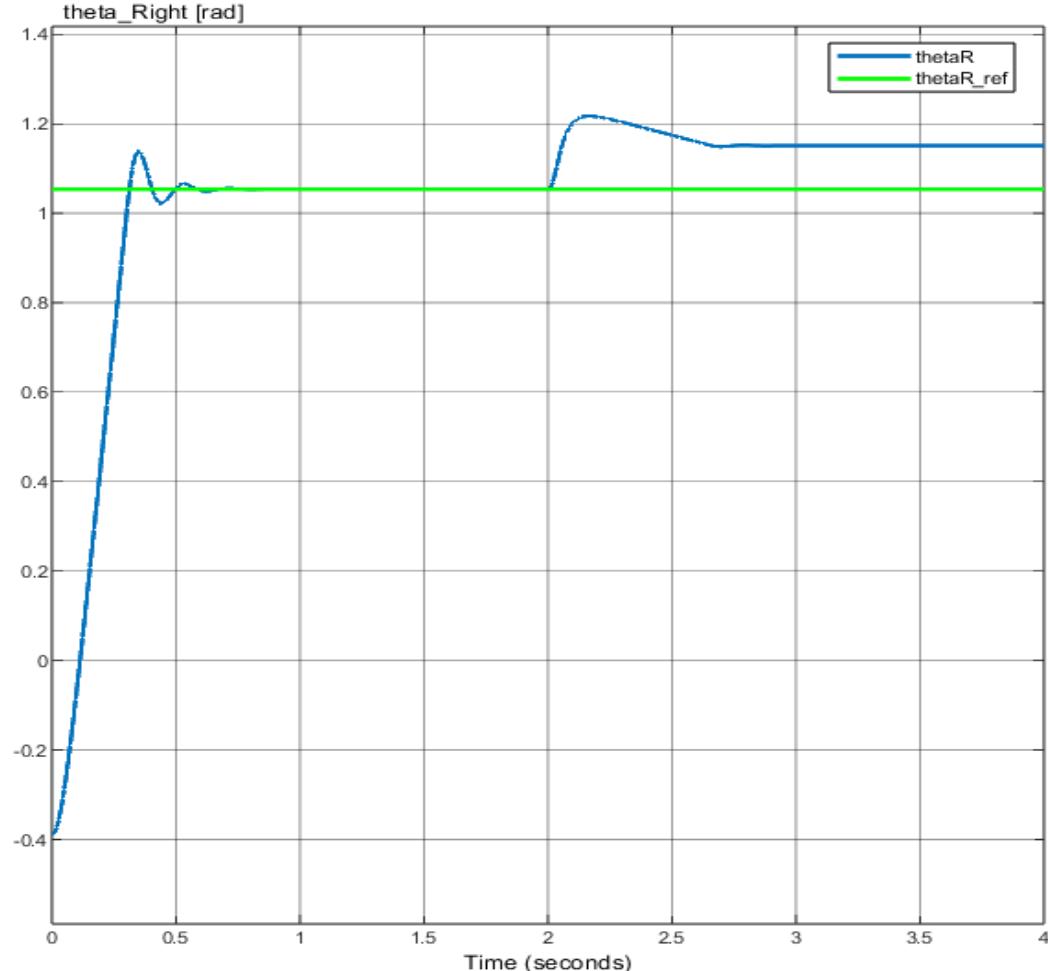
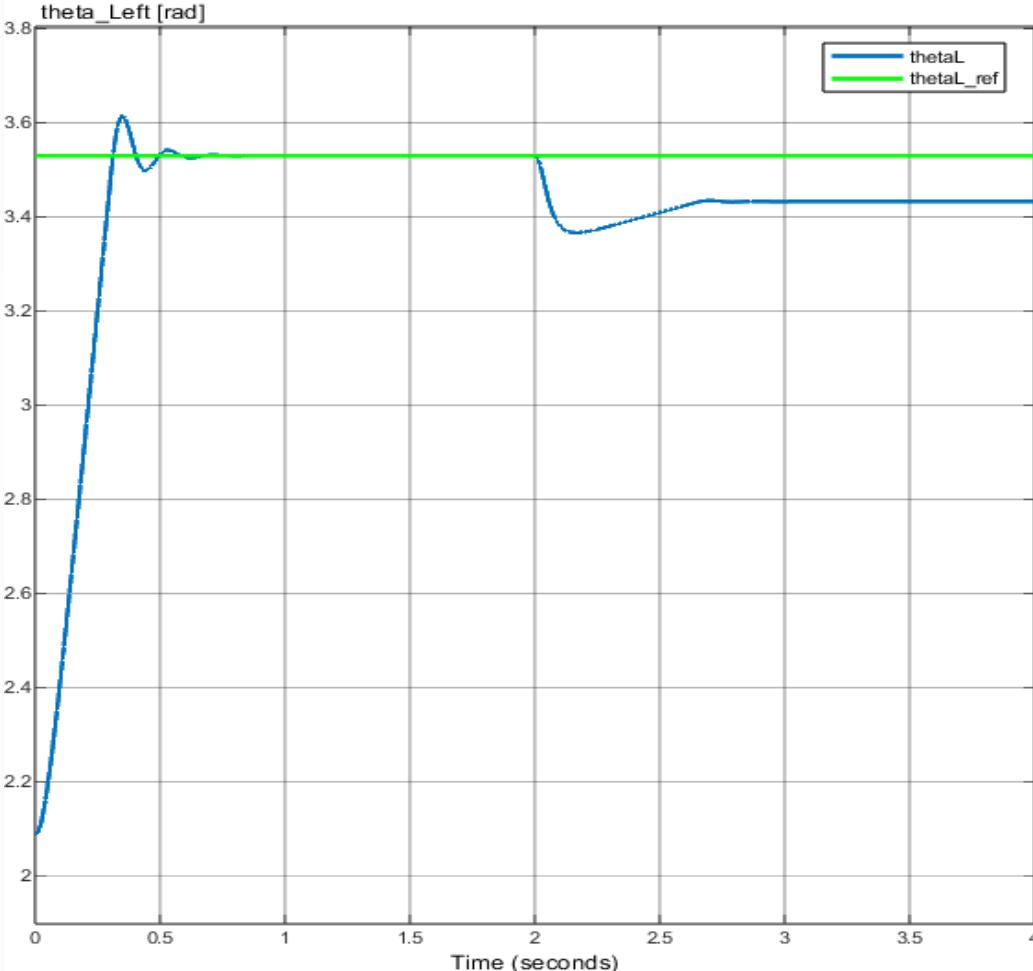
Резултати

Неоптимизовани параметри



Резултати

Неоптимизовани параметри



Резултати

Први критеријум оптималности

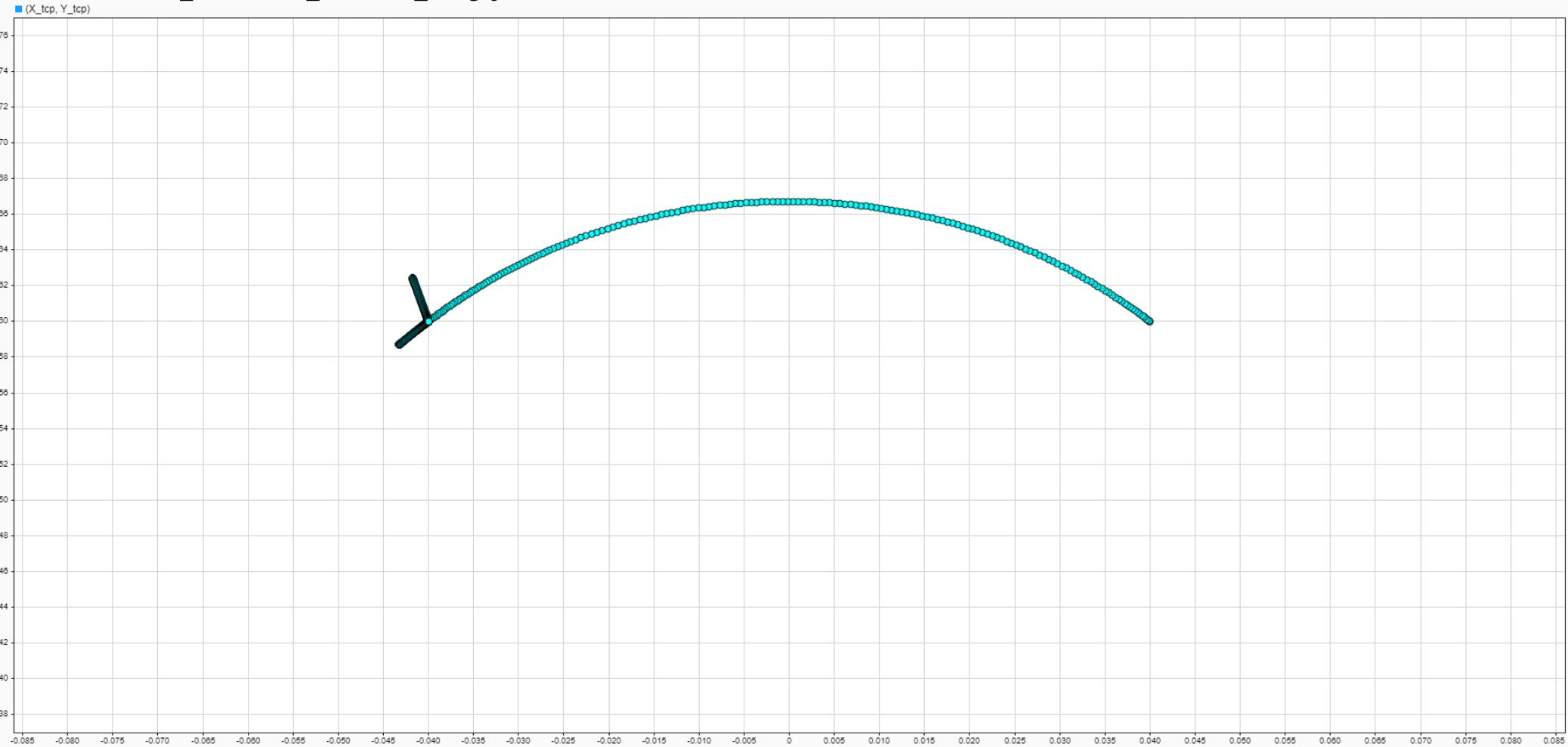
$$f_{(1)} = \int (|e_{\theta_L}| + |e_{\theta_R}|) t dt$$

- t - време
- e_{θ_L} - грешка левог улазногугла
- e_{θ_R} - грешка десног улазногугла



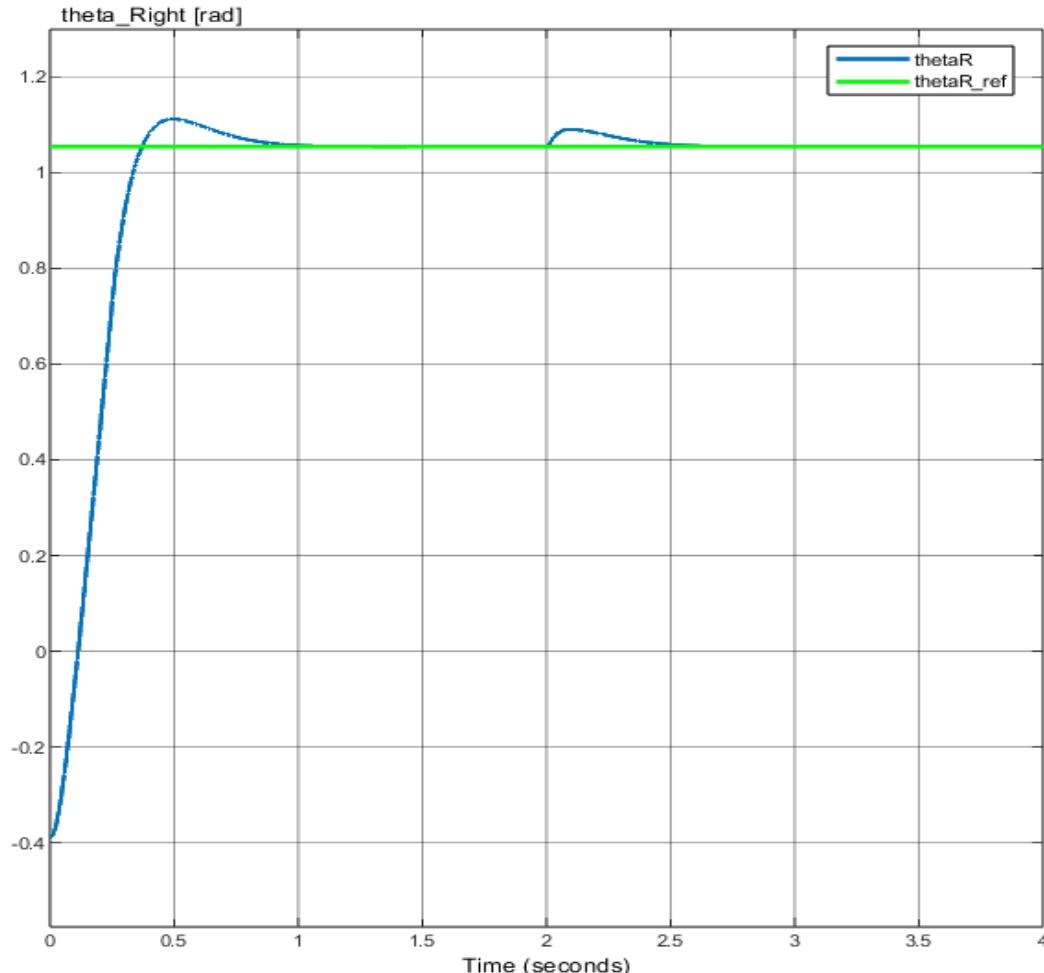
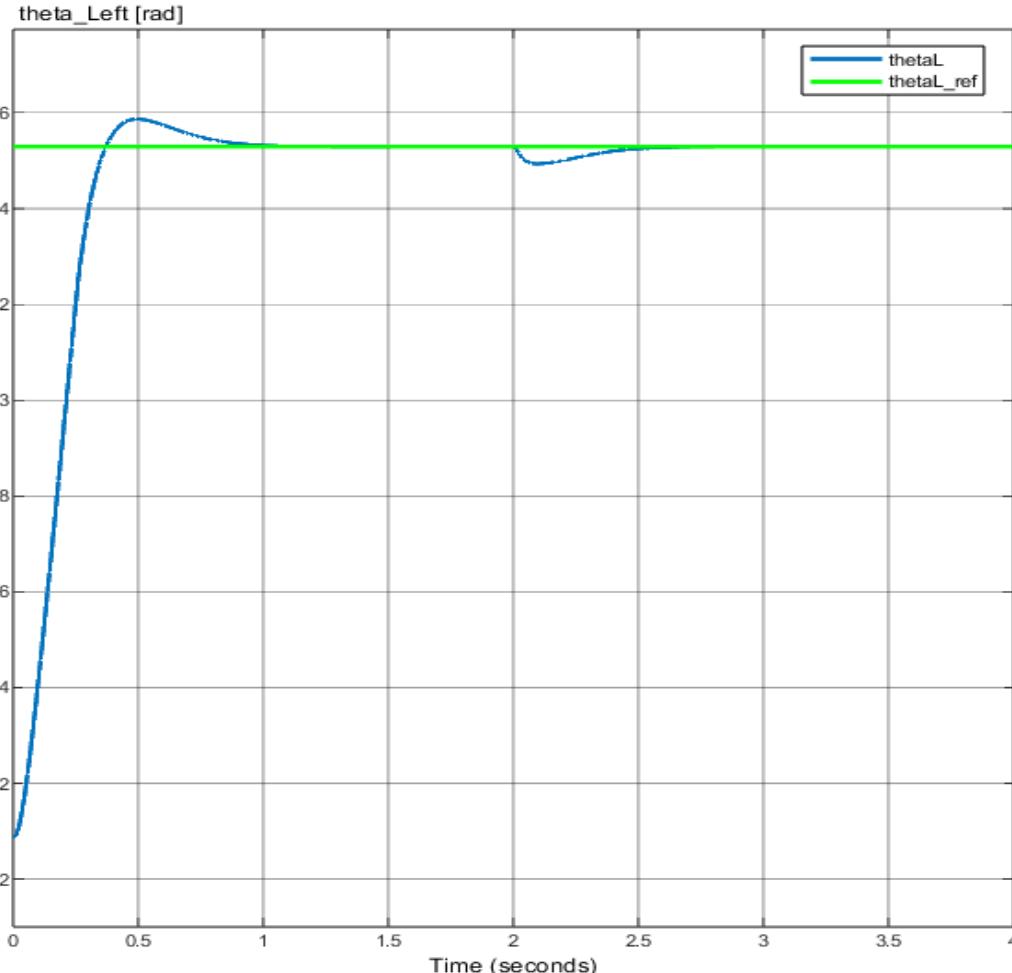
Резултати

Први критеријум оптималности



Резултати

Први критеријум оптималности



Резултати

Други критеријум оптималности

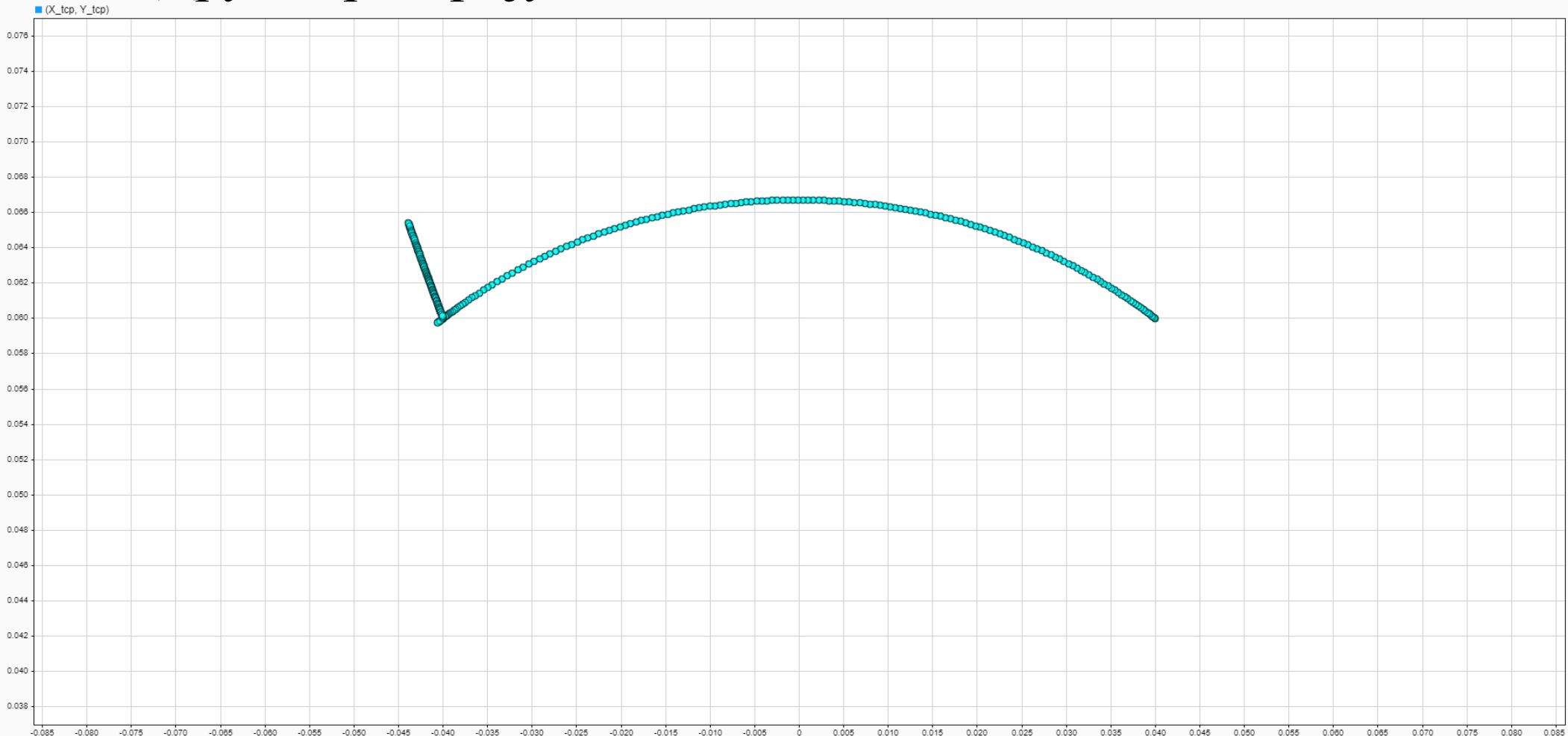
$$f_{(1)} = \int \left(w_{(1)} (|e_{\theta_L}| + |e_{\theta_R}|) t + w_{(2)} (|\alpha_L| + |\alpha_R|) \right) t dt$$

- w - тежински коефицијенти
- α_L - угаоно убрзање левог улазног сегмента
- α_R - угаоно убрзање десног улазног сегмента



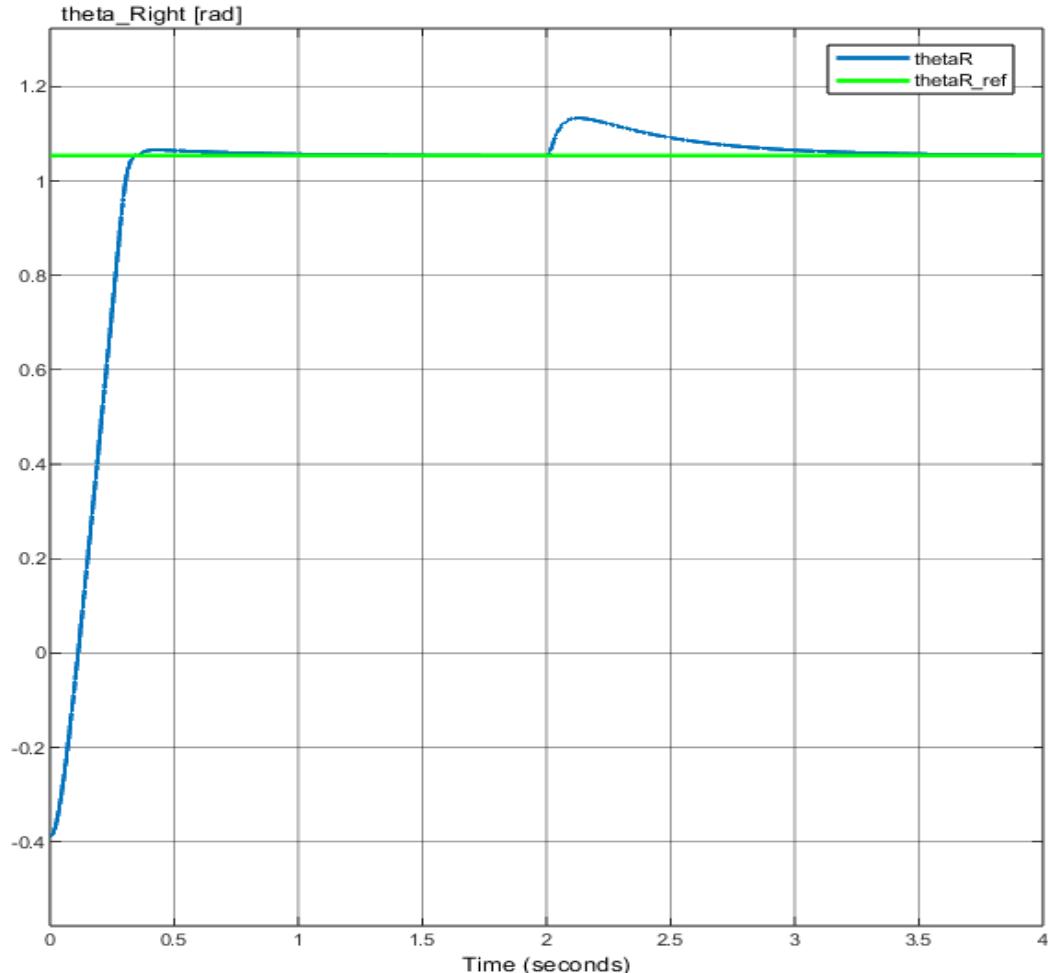
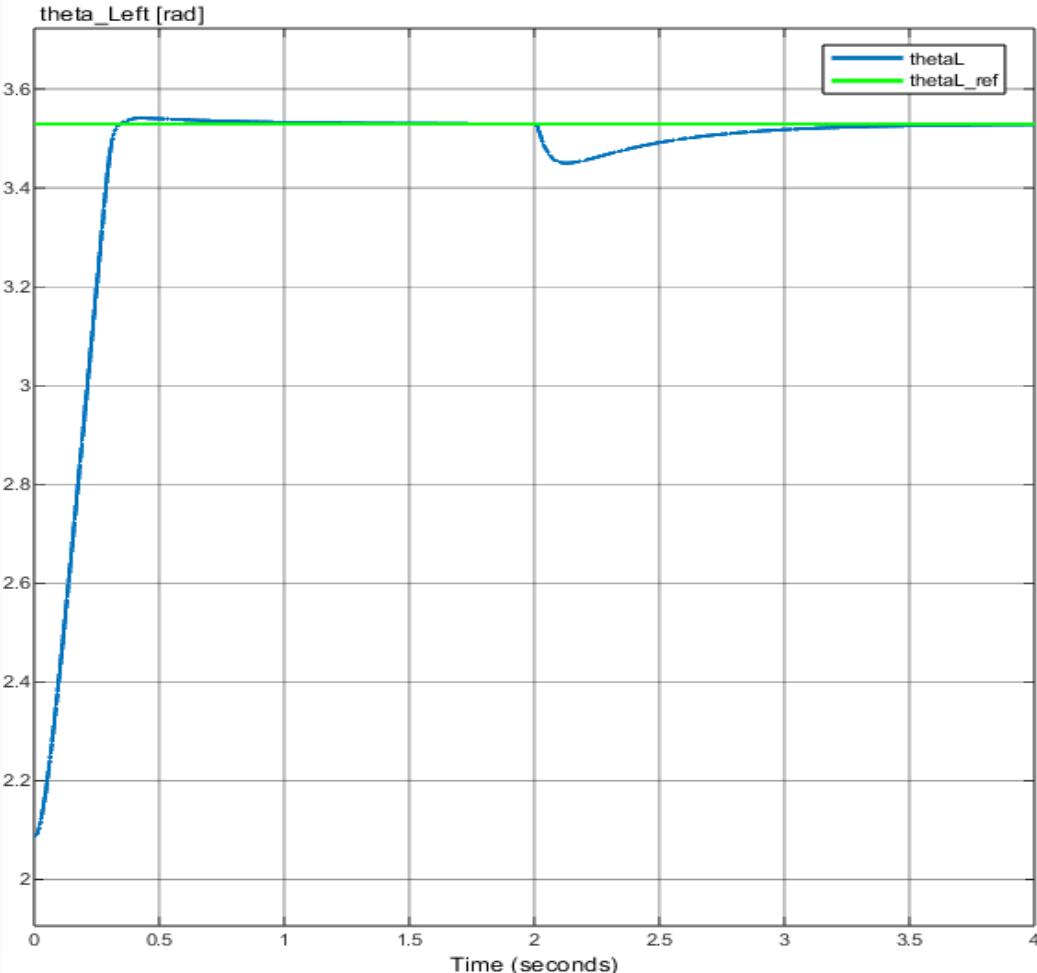
Резултати

Други критеријум оптималности



Резултати

Други критеријум оптималности



Провера добијених параметара

Дужа путања

- почетни положај врха алата = (80mm, 40mm)
- жељени положај врха алата = (-80mm, 40mm)

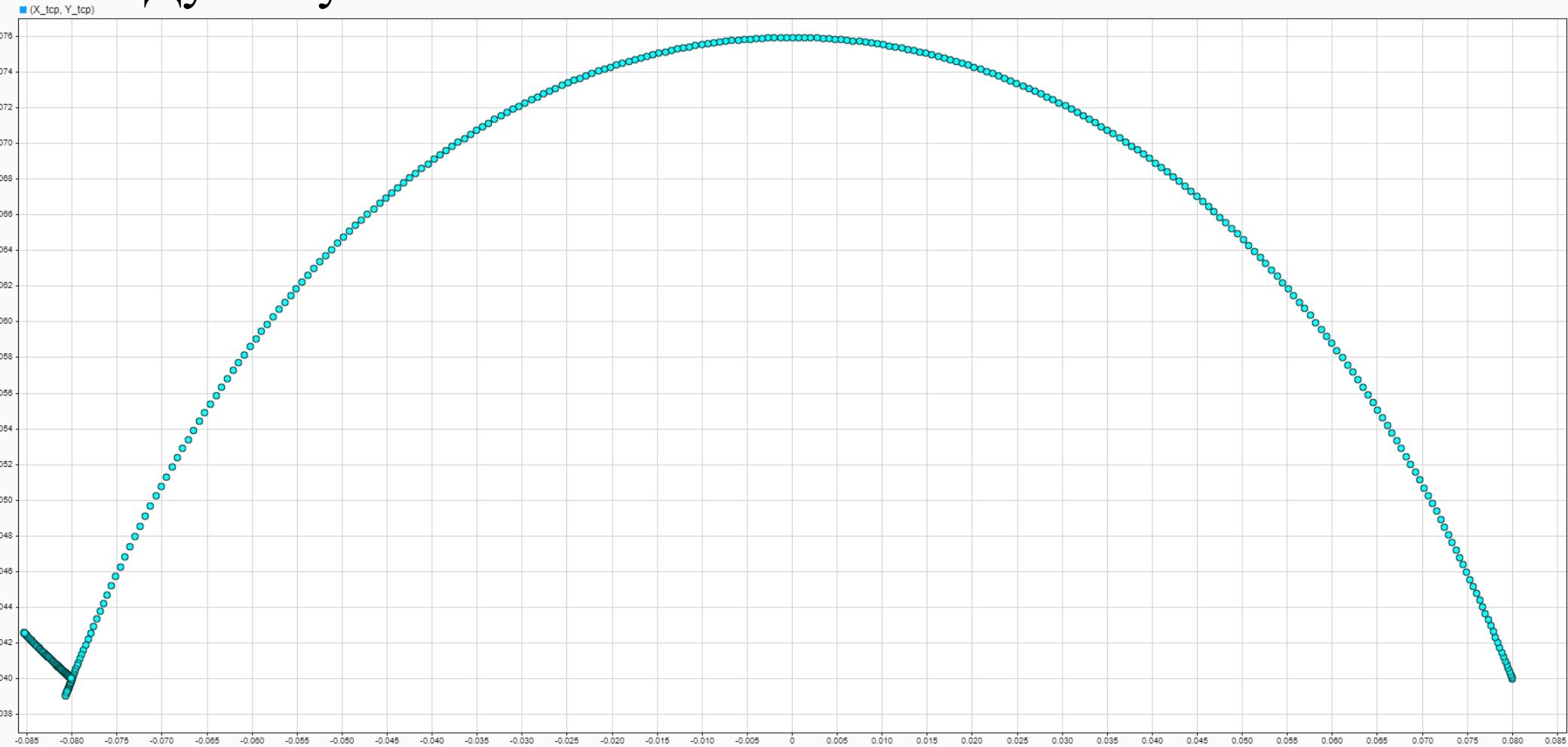
Краћа путања

- почетни положај врха алата = (10mm, 60mm)
- жељени положај врха алата = (-10mm, 60mm)



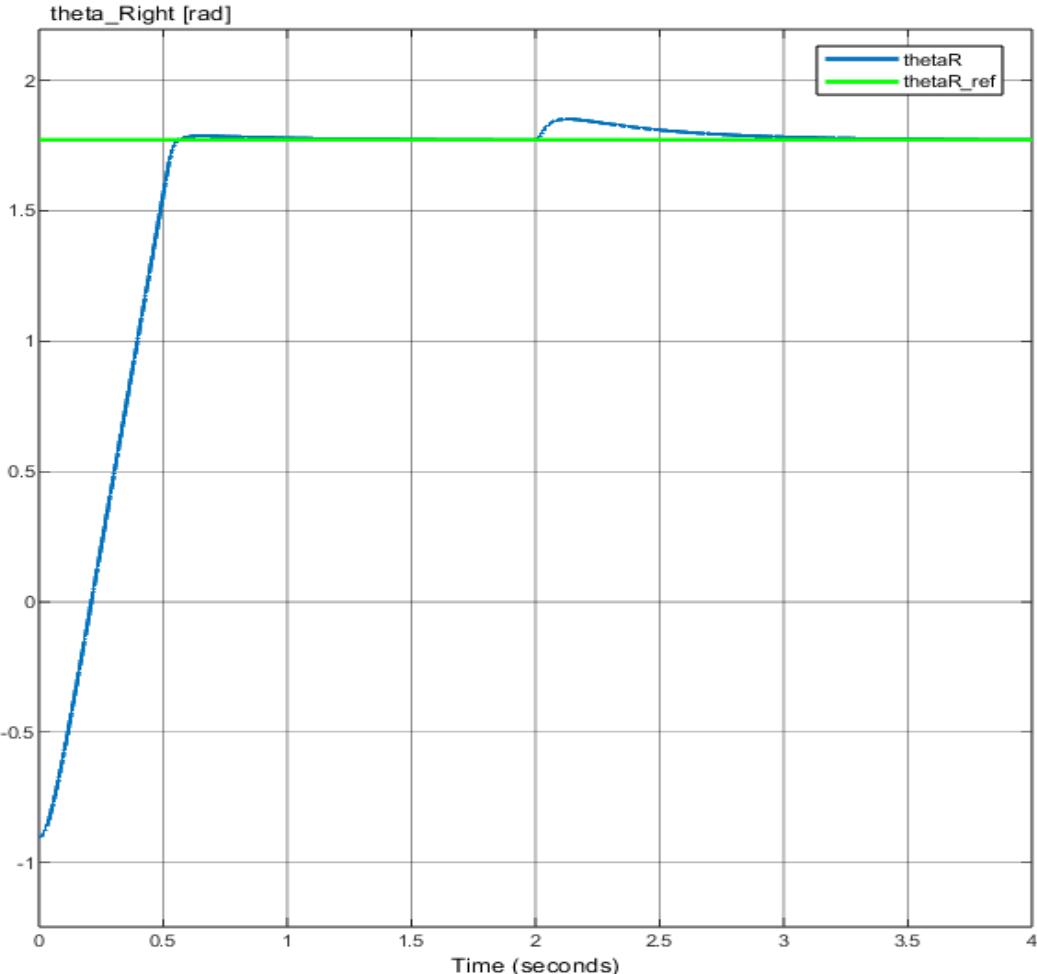
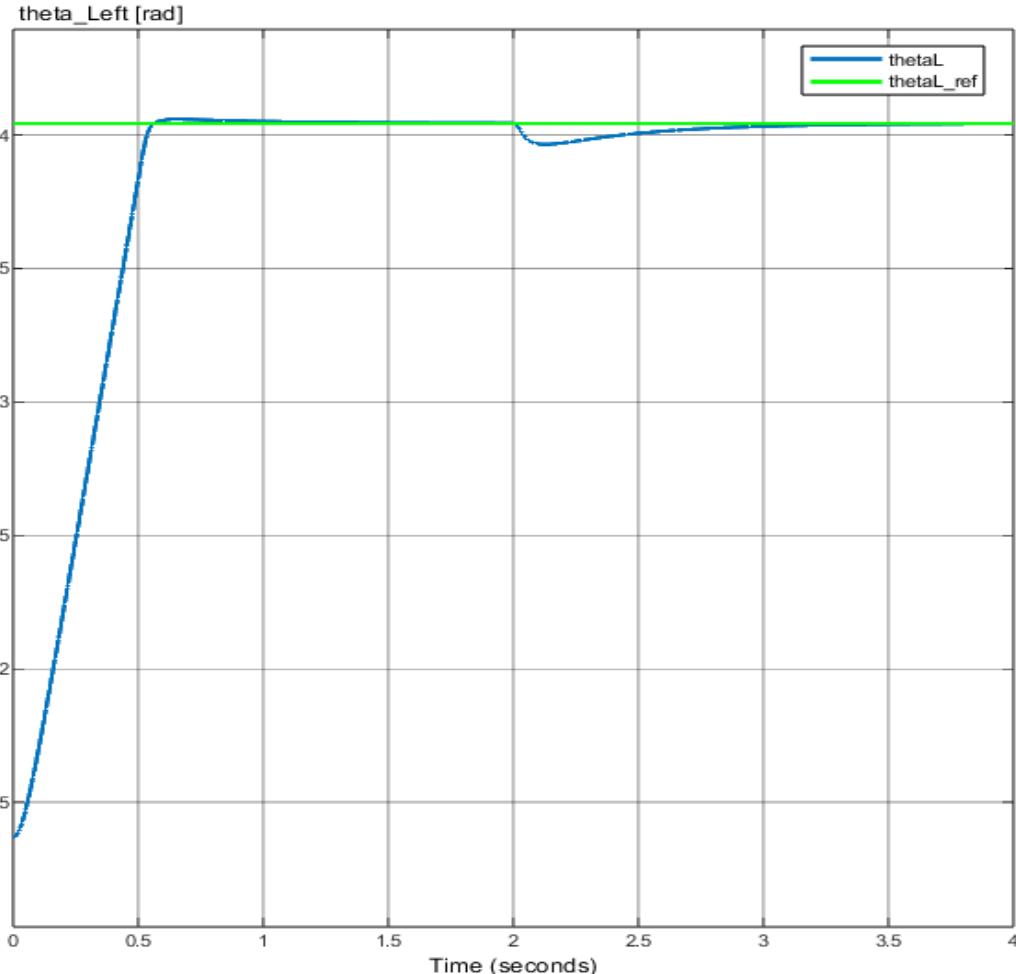
Провера добијених параметара

Дужа путања



Провера добијених параметара

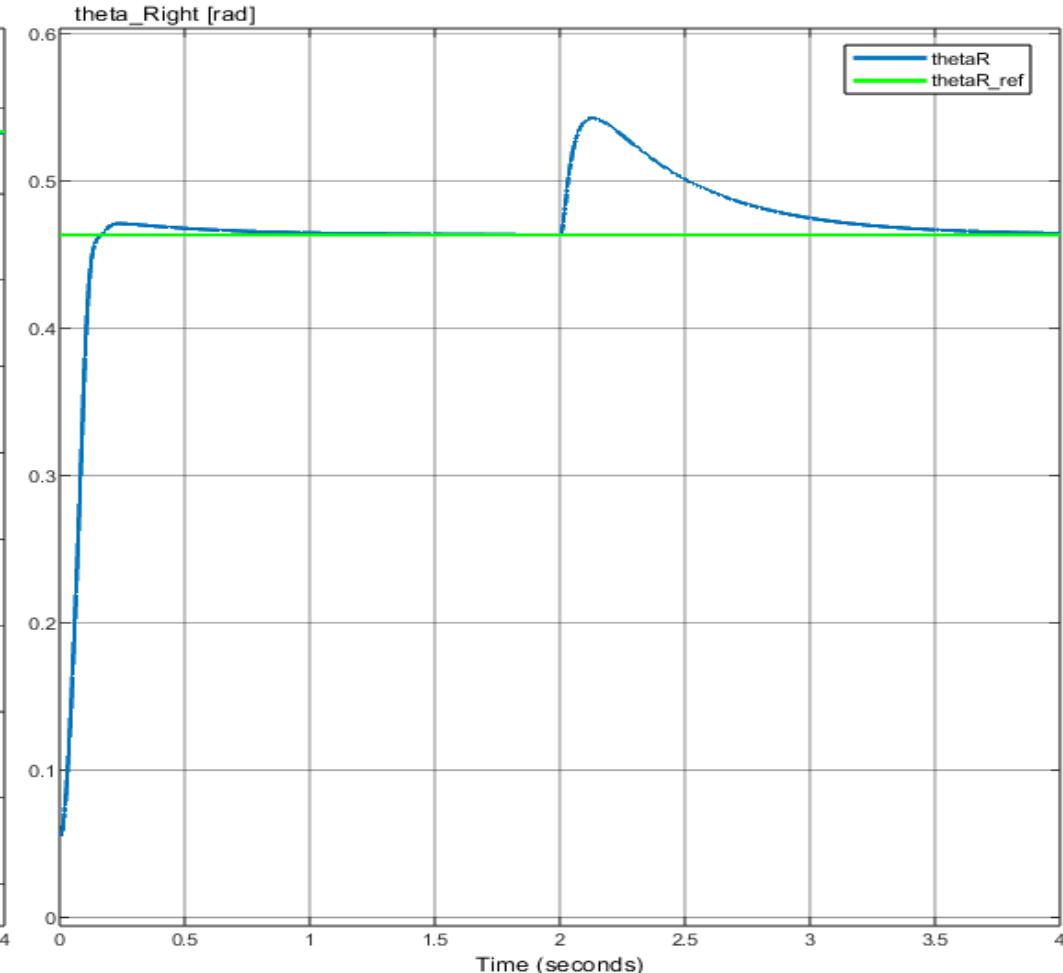
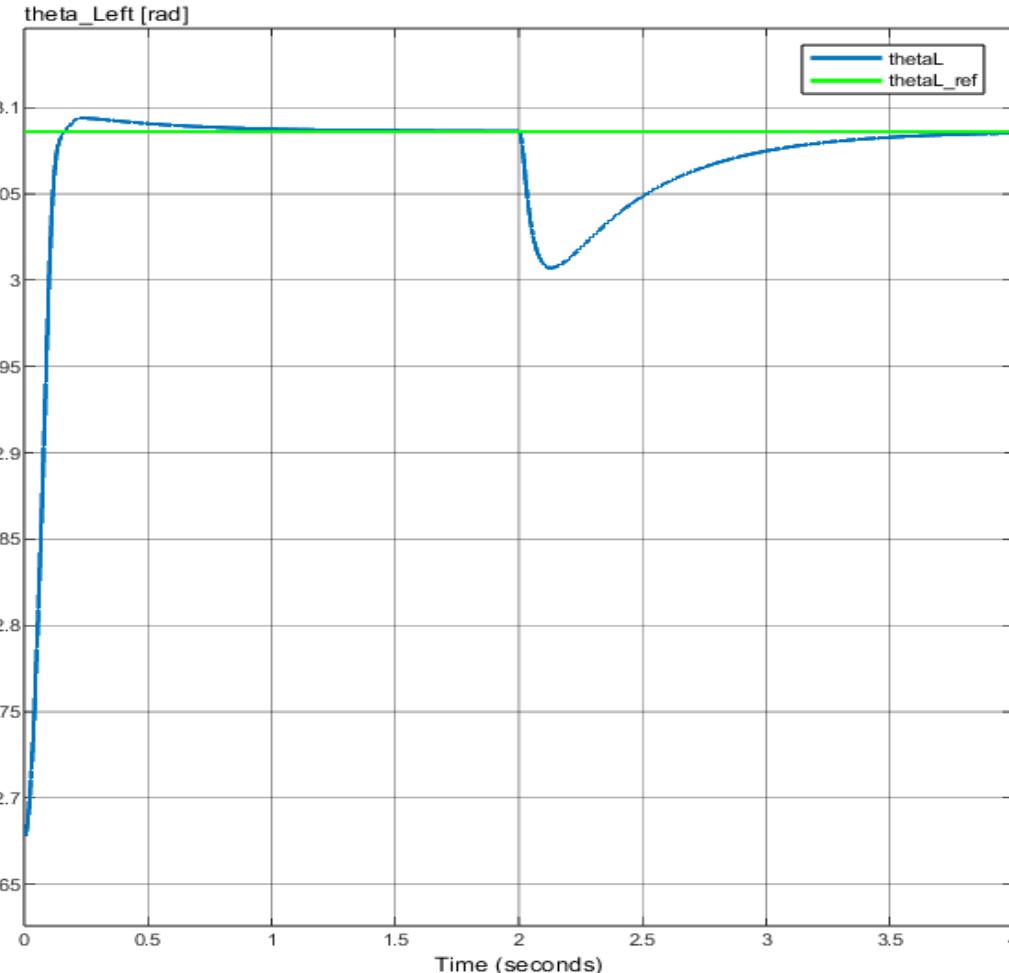
Дужа путања



Провера добијених параметара Краћа путања



Провера добијених параметара Краћа путања



Закључак

Могућа унапређења:

- каскадна регулација
- додатни критеријуми оптималности
- структурна оптимизација
- генерисање путање



Хвала на пажњи!