



فرادرس

فراتر از یک کلاس درس
www.faradars.org

آموزش طراحی کنترل پیش بین مبتنی بر مدل یا MPC در متلب

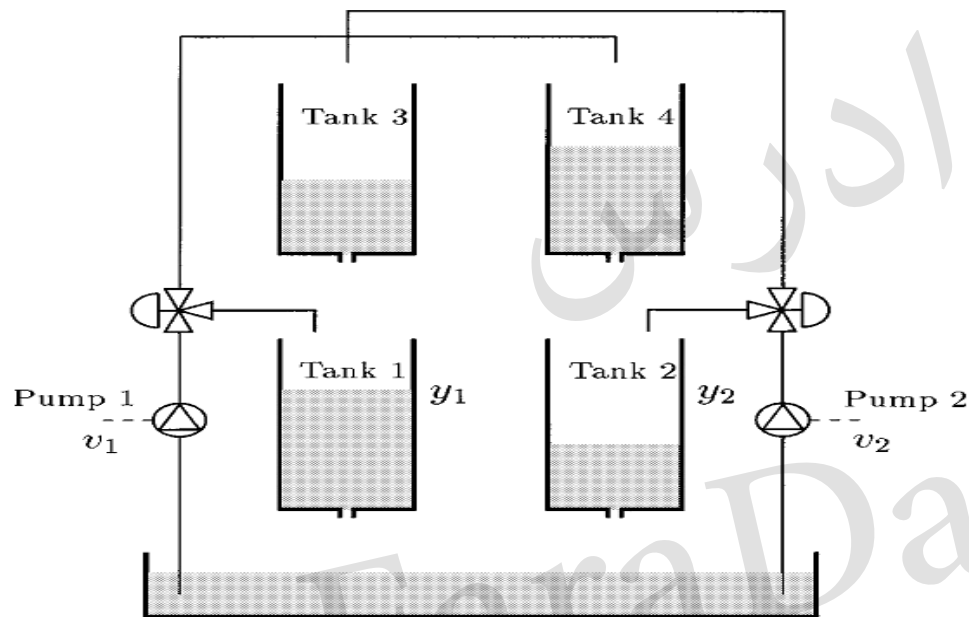
مدرس:

مهندس محسن زارع

عضو تیم مدرسین فرادرس

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی برق - کنترل

چهار مخزن



1. یکی از مشهورترین مبناهای علم کنترل
2. دارای دو ورودی و دو خروجی
3. معمولاً دارای دینامیک کند

دینامیک چهار مخزن

$$\bullet \quad \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \\ \dot{x}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_1} & 0 & \frac{1}{T_3} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{T_2} & 0 & \frac{1}{T_4} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{T_3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{T_4} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\gamma_1 k_p}{a} & 0 \\ 0 & \frac{\gamma_2 k_p}{a} \\ 0 & \frac{(1-\gamma_2)k_p}{a} \\ \frac{(1-\gamma_1)k_p}{a} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix}$$

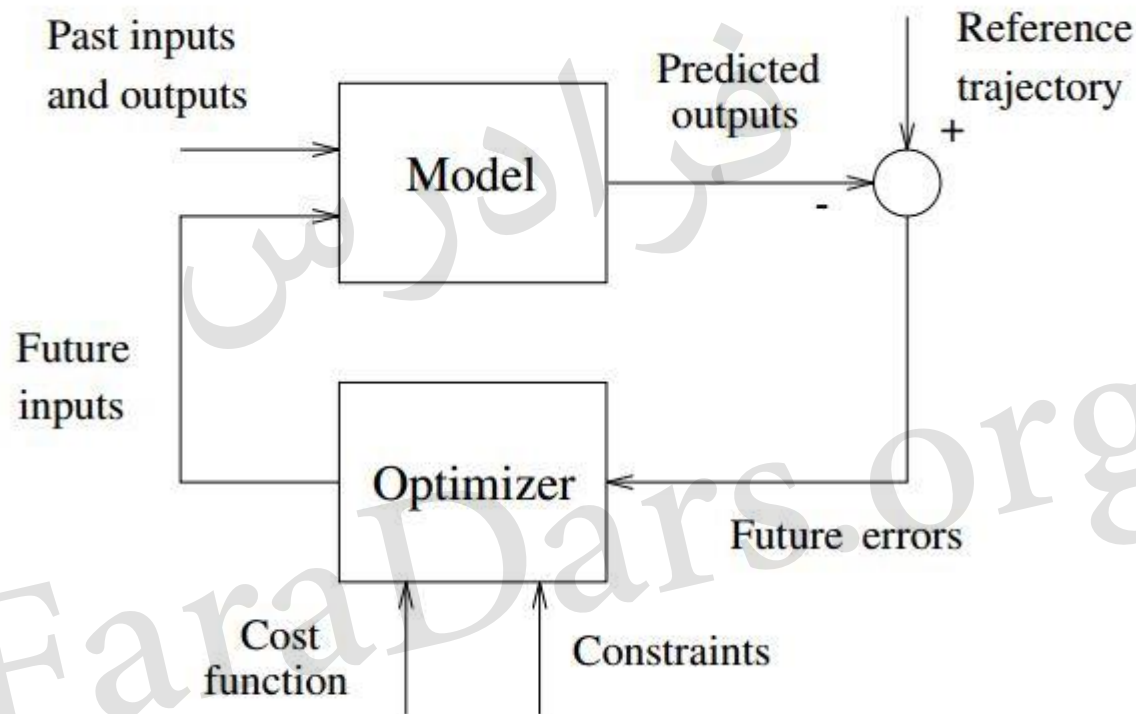
$$\bullet \quad \frac{1}{T_i} = \frac{o\sqrt{2g}}{a} \cdot \frac{1}{2\sqrt{h_i}}$$

الگوریتم کنترل:

طراحی کنترلگر پیش بین مبتنی بر مدل مقید گسسته

- طراحی مبتنی بر دینامیک فرایند چهارمخزن
- توانایی کنترلگر برای انجام محاسبات بین هر نمونه در زمان نمونه برداری
- استفاده از انتگرالگیر برای بهبود وضعیت خطای حالت ماندگار
- کاهش وضعیت عددی نامطلوب به کمک اصلاح ضرایب وزنی
- بکارگیری روش افق نامحدود جهت تضمین پایداری

کنترل پیش بین مدل



مدل با افزودن انتگرالگیر

$$\begin{bmatrix} \Delta x_m(k+1) \\ y(k+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_m & 0_m^T \\ C_m A_m & I_{q \times q} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x_m(k) \\ y(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_m \\ C_m B_m \end{bmatrix} \Delta u(k) + \begin{bmatrix} B_{dm} \\ C_m B_{dm} \end{bmatrix} \epsilon(k)$$

$$= Ax(k) + B\Delta u(k) + B_d \epsilon(k)$$

$$y(k) = [0_{m \times m} \quad I_{q \times q}] \begin{bmatrix} \Delta x_m(k) \\ y(k) \end{bmatrix}$$

تعداد q انتگرالگیر برای دفع اغتشاش و حذف خطای حالت ماندگار

$$\hat{Y} = \begin{bmatrix} \hat{y}(k+1|k) \\ \hat{y}(k+2|k) \\ \vdots \\ \hat{y}(k+N_P|k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} CAE[x(k)] + CB \Delta u(k) \\ CA^2E[x(k)] + \sum_{i=0}^1 CA^{1-i}B \Delta u(k+i) \\ \vdots \\ CA^{N_P}E[x(k)] + \sum_{i=0}^{N_P-1} CA^{N_P-1-i}B \Delta u(k+i) \end{bmatrix}$$

ضرایب وزنی برای حل مسئله مقدار عددی نامطلوب

$$\begin{aligned}
 U &= -\Omega^{-1}\Psi X \\
 \Omega &= H^T R H + Q, \quad \Psi = H^T R F = H^T R \begin{bmatrix} A \\ \vdots \\ A^{N_P} \end{bmatrix} \\
 J_\alpha &= \sum_{j=1}^{N_P} \alpha^{-2j} X(k+j|k)^T Q X(k+j|k) + \sum_{i=1}^{N_C} \alpha^{-2i} \Delta U(k+i|k)^T R \Delta U(k+i|k) \\
 \text{subject to: } &M \Delta U \leq \gamma
 \end{aligned}$$

$$\frac{A^T}{\alpha} \left[P_\infty - P_\infty \frac{B}{\alpha} \left(R + \frac{B^T}{\alpha} P_\infty \frac{B}{\alpha} \right)^{-1} \frac{B^T}{\alpha} P_\infty \right] + Q + P_\infty = 0 \rightarrow$$

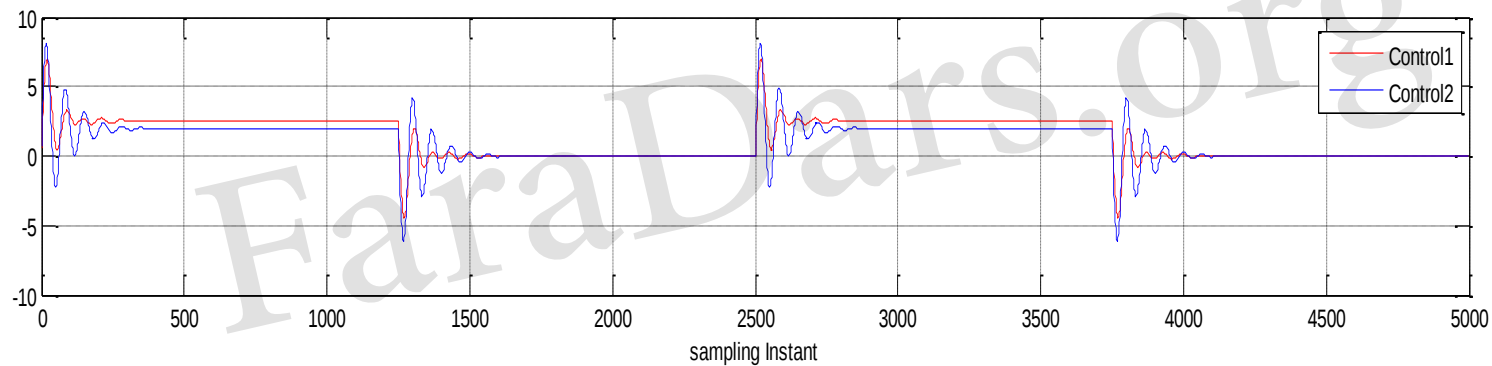
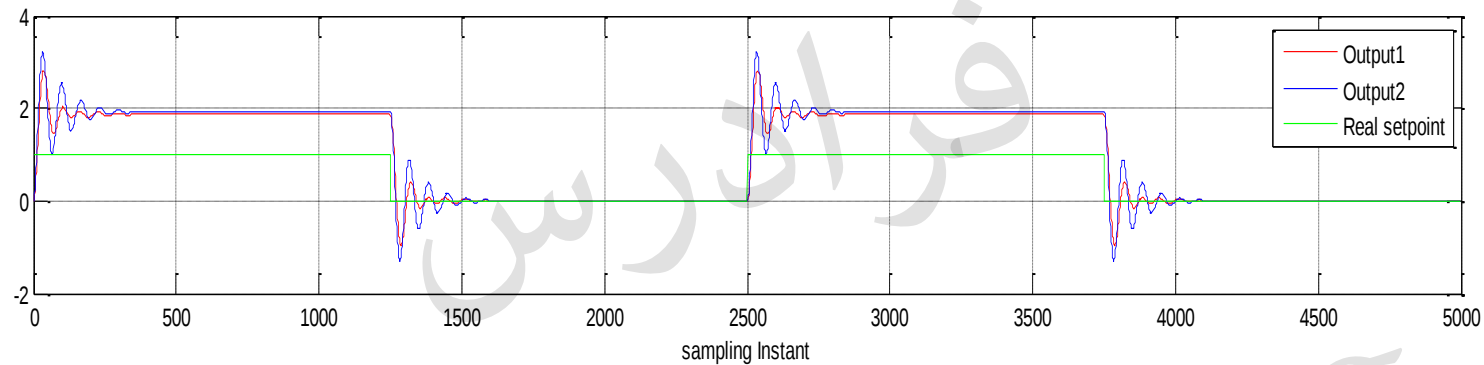
$$K = (R + \alpha^{-2} B^T P_\infty B)^{-1} \alpha^{-2} B^T P_\infty A$$

$$\gamma = \frac{\lambda}{\alpha}, \quad Q_\alpha = \gamma^2 Q + (1 - \gamma^2) P_\infty, \quad R_\alpha = \gamma^2 R$$

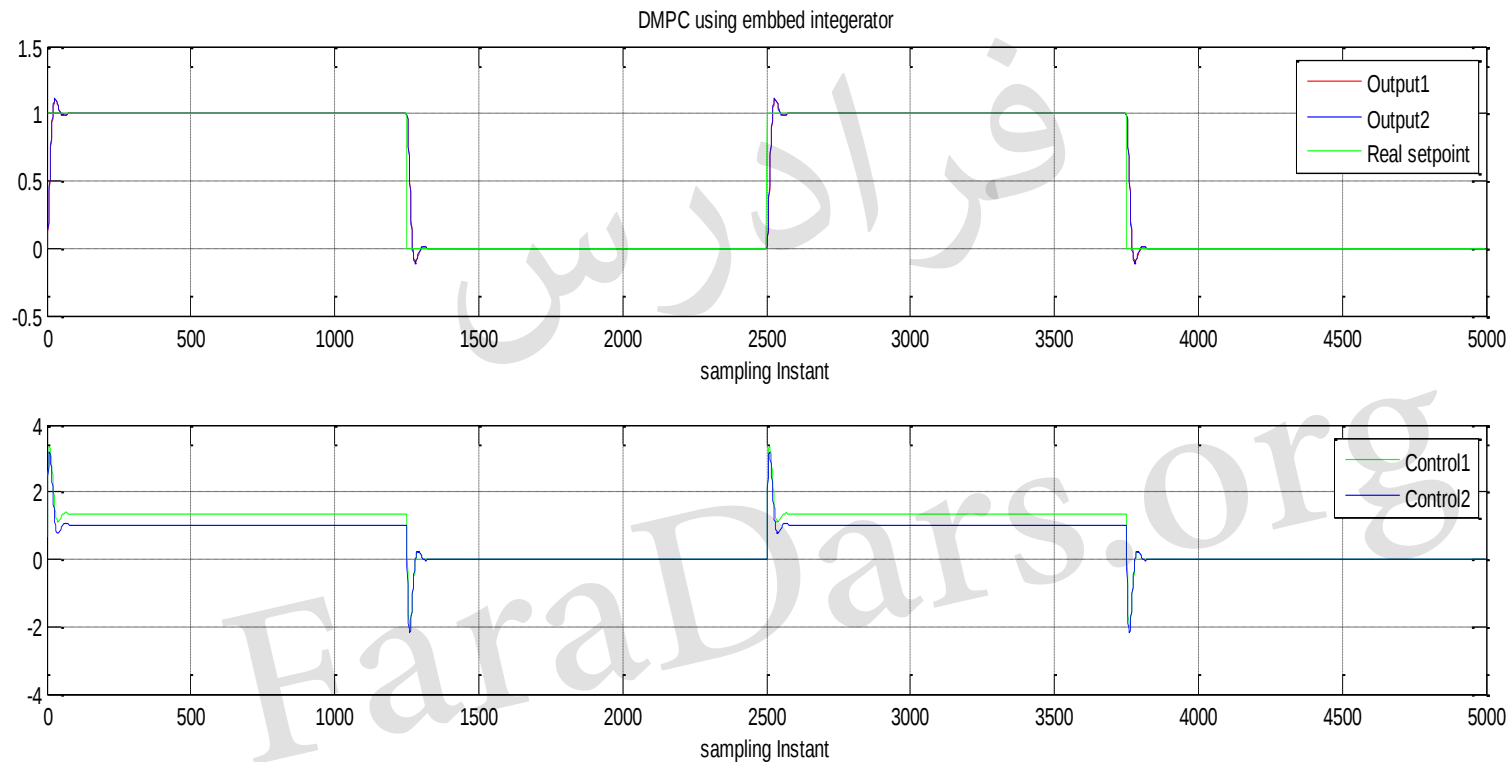
ضرایب وزنی نمایی برای حل مسئله مقدار عددی نامطلوب

$$J = \sum_{j=1}^{N_P} X(k+j|k)^T Q_{\alpha} X(k+j|k) + \sum_{i=1}^{N_C} \Delta U(k+i|k)^T R_{\alpha} \Delta U(k+i|k)$$

شبیه سازی (طراحی بدون انتگرال گیر)

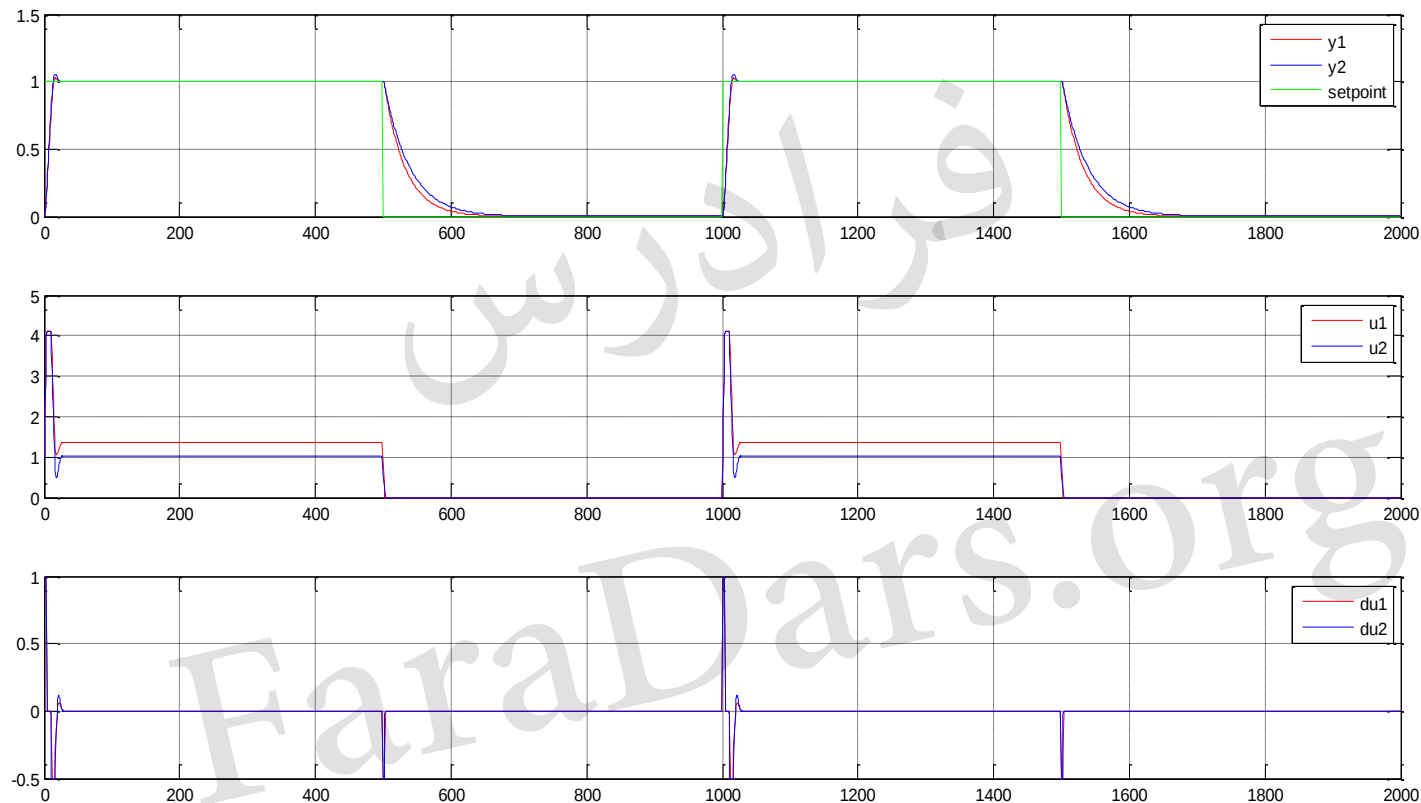


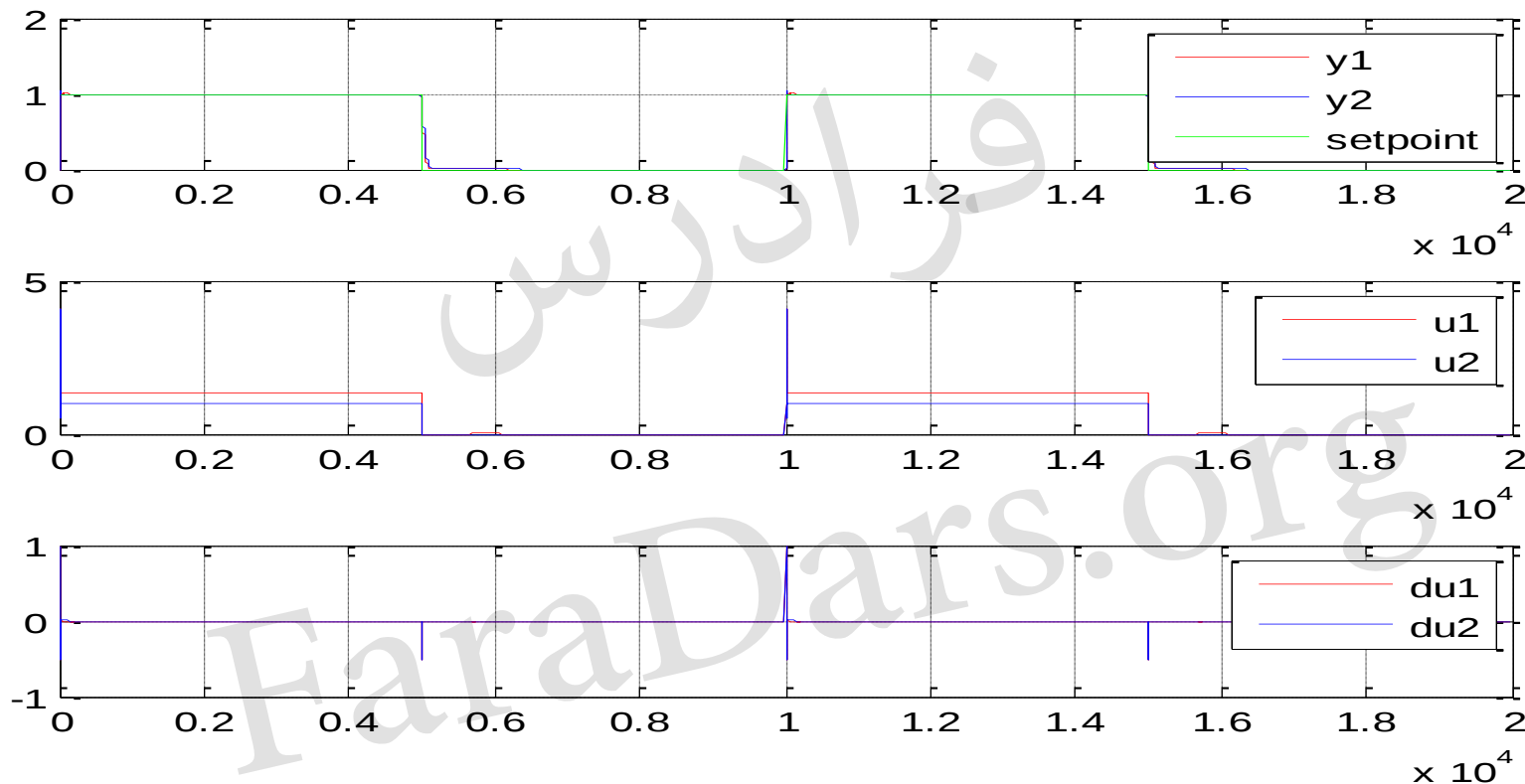
شبیه سازی (طراحی همراه انتگرال گیر)



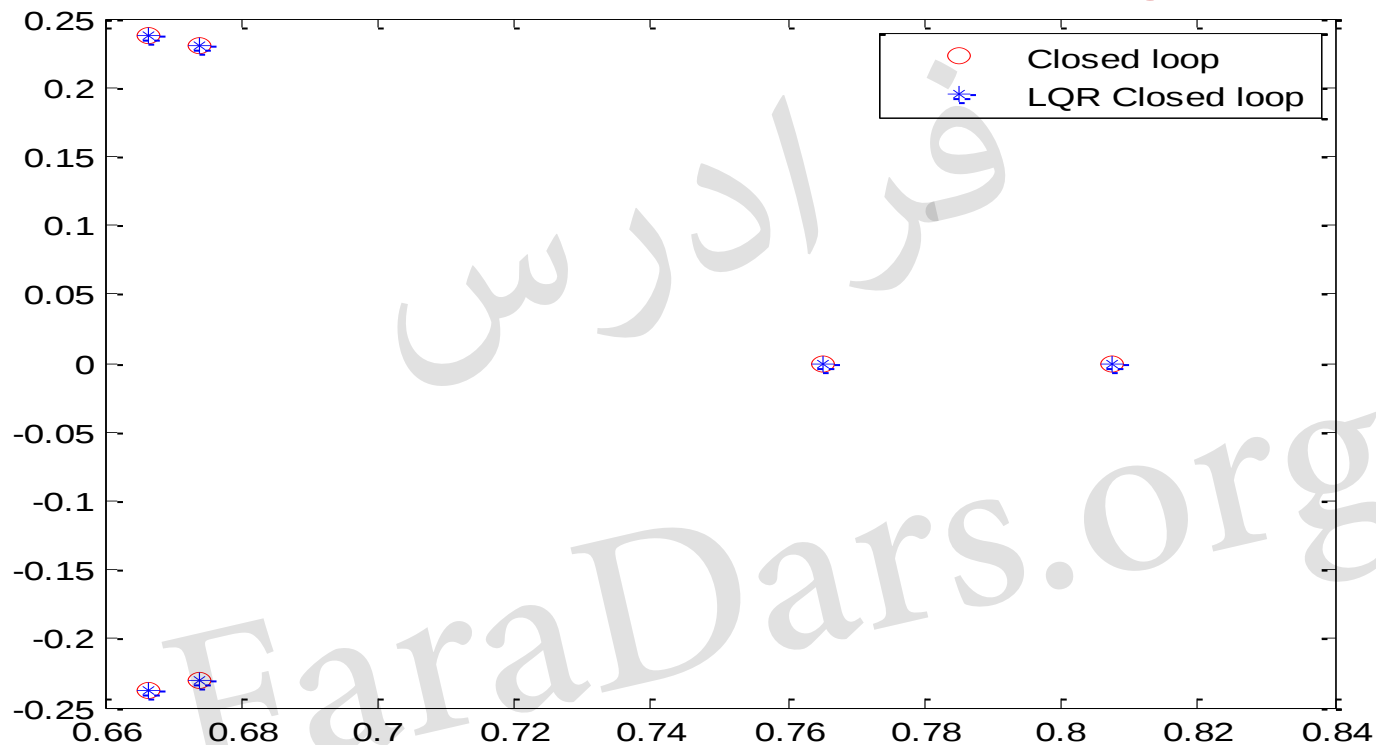
مقایسه و تاثیر انتگرال گیر در خروجی

نوع سامانه	N_p	N_c	κ
ساده بدون انتگرال گیر	300	40	1.3597
ساده بدون انتگرال گیر	300	5	1.0524
ساده بدون انتگرال گیر	300	1	1.0043
ساده بدون انتگرال گیر	50	1	1.0038
با انتگرال گیر در هر خروجی	300	40	7150
با انتگرال گیر در هر خروجی	300	5	935.24
با انتگرال گیر در هر خروجی	300	1	1.86
با انتگرال گیر در هر خروجی	50	1	1.505

افزودن ضرایب نمایشی در وزن ها $N_p=300$ 

افزودن ضرایب نمایی در وزن ها $N_p=3000$ 

همگرایی قطب ها به قطب های LQR نامحدود و تضمین پایداری



مقایسه

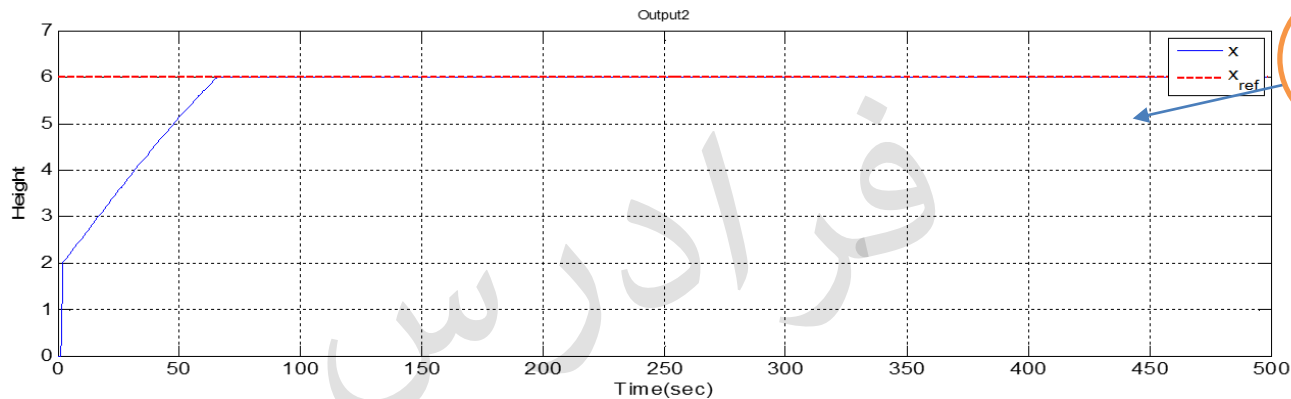
نوع سامانه	N_p	N_c	α	κ
مقید با انتگرال گیر در خروجی و پارامتر α	300	40	12	1.28
مقید با انتگرال گیر در خروجی و پارامتر α	300	5	12	1.2
مقید با انتگرال گیر در خروجی و پارامتر α	3000	40	12	1.28
مقید با انتگرال گیر در خروجی و بدون پارامتر α	300	40		750000
مقید با انتگرال گیر در خروجی و بدون پارامتر α	300	5		10^{+5}
مقید با انتگرال گیر در خروجی و بدون پارامتر α	3000	40		9800000

فعالیت های پیش رو

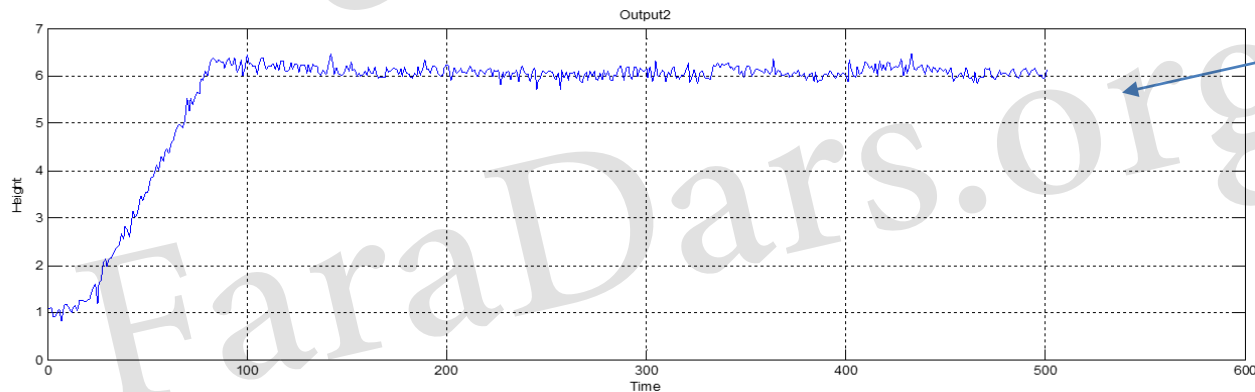
- اعمال کنترلگر طراحی شده به فرایند واقعی
- طراحی کنترلگری پیش بین مقید صریح

FaraDars.org

مقایسه شبیه سازی و اعمال به فرایند

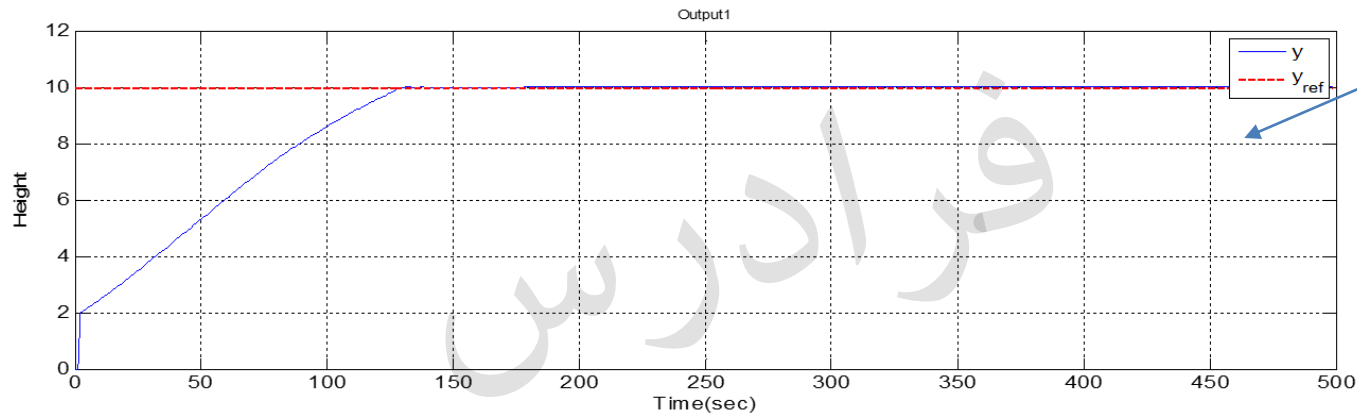


شبیه سازی

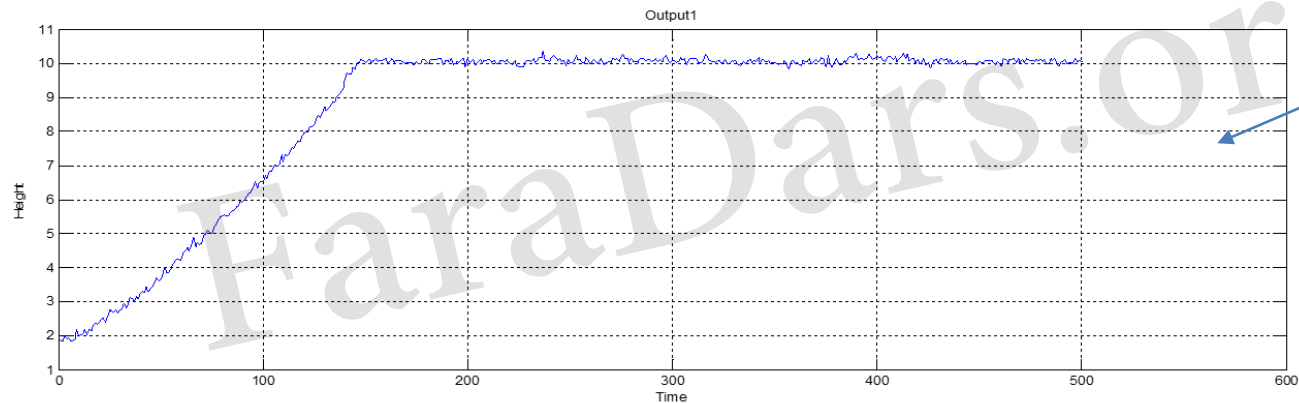


اعمال

اعمال کنترلگر پیش بین به فرایند واقعی



شبیه سازی



اعمال

این اسلایدها بر مبنای نکات مطرح شده در فرادرس
«آموزش طراحی کنترل پیش بین مبتنی بر مدل یا MPC در متلب»
تهیه شده است.

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد این آموزش به لینک زیر مراجعه نمایید.

faradars.org/fvctr9403