

Môn học

NHẬP MÔN ĐIỀU KHIỂN THÔNG MINH

Giảng viên: PGS. TS. Huỳnh Thái Hoàng

Bộ môn Điều Khiển Tự Động

Khoa Điện – Điện Tử

Đại học Bách Khoa TP.HCM

Email: hthoang@hcmut.edu.vn

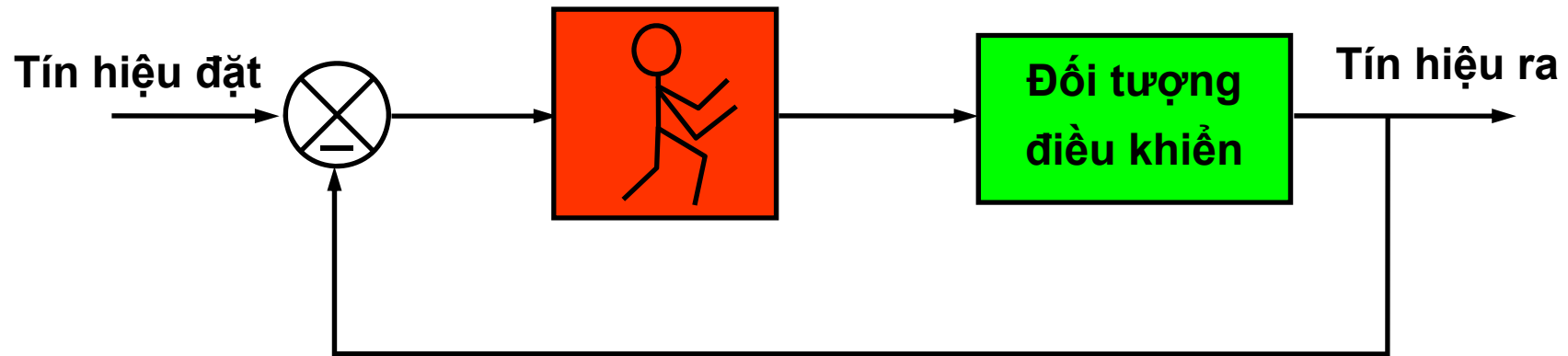
Chương 3

ĐIỀU KHIỂN MỜ

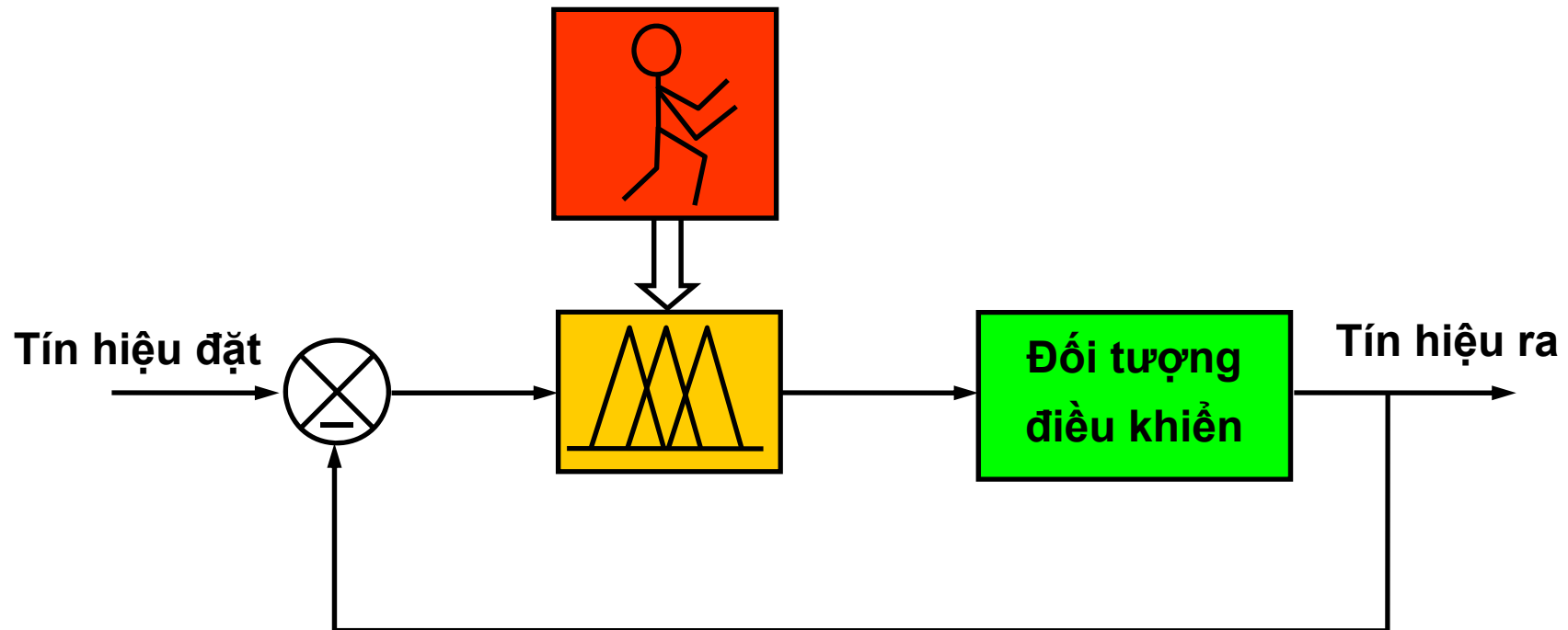
- ★ Giới thiệu điều khiển mờ
- ★ Thiết kế bộ điều khiển mờ dựa vào kinh nghiệm
- ★ Bộ điều khiển PID mờ
- ★ Thiết kế bộ điều khiển mờ dùng lý thuyết Lyapunov
- ★ Thiết kế và mô phỏng hệ thống điều khiển mờ dùng Matlab
- ★ Thực thi bộ điều khiển mờ dùng vi điều khiển
- ★ Thực thi bộ điều khiển mờ dùng PLC

GIỚI THIỆU ĐIỀU KHIỂN MỜ

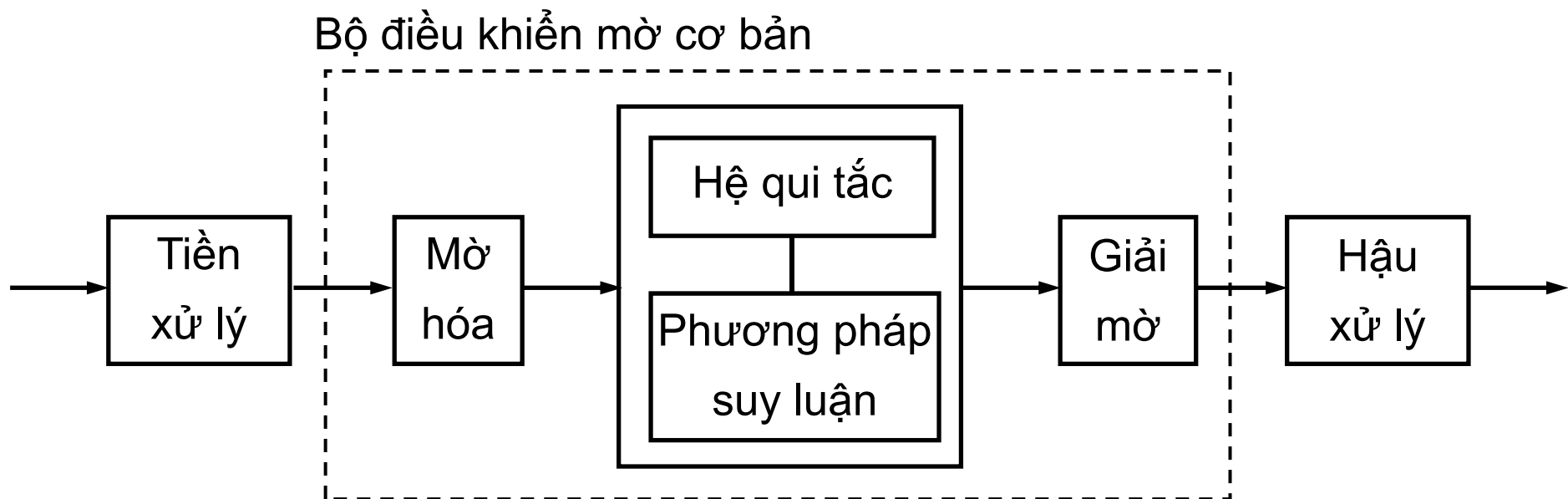
Hệ thống điều khiển bởi người vận hành



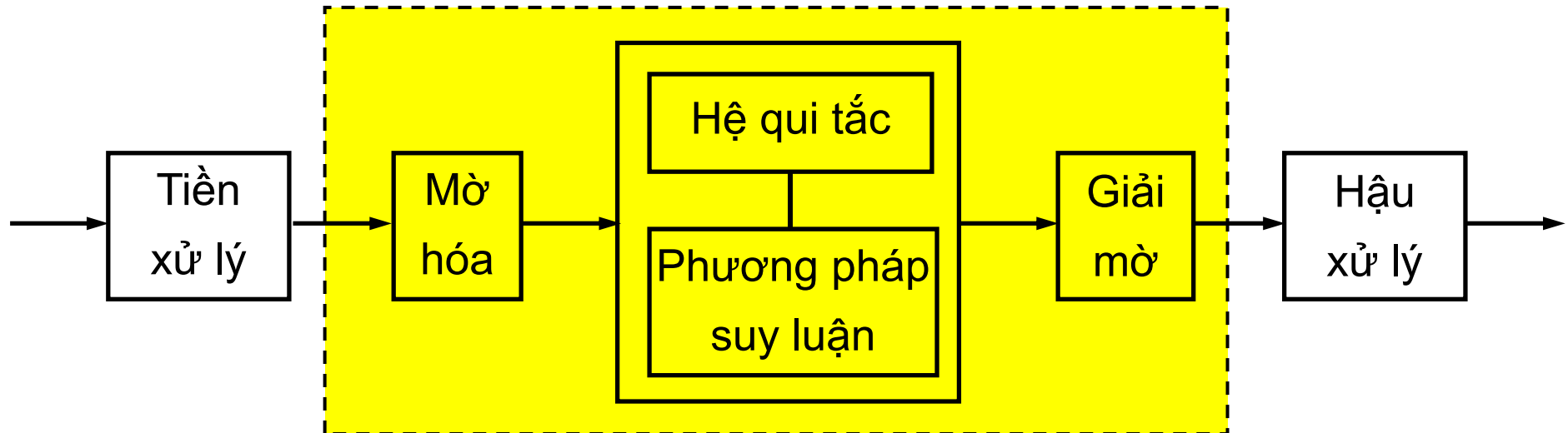
- ★ Thực tế có những đối tượng ĐK rất phức tạp, có tính phi tuyến cao khó ĐK bằng phương pháp thông thường do không thể xác định được mô hình toán của đối tượng.
- ★ Con người với khả năng xử lý tinh xảo của bộ não sau khi trải qua quá trình đào tạo và tích lũy kinh nghiệm lại có thể điều khiển được các đối tượng phức tạp mà không cần biết gì về mô tả toán học của đối tượng.



- ★ Điều khiển mờ cung cấp phương pháp để biểu diễn, xử lý và thực thi tri thức trực giác của con người.
- ★ Kinh nghiệm chuyên gia được tích hợp vào bộ điều khiển mờ trong quá trình thiết kế hệ thống.



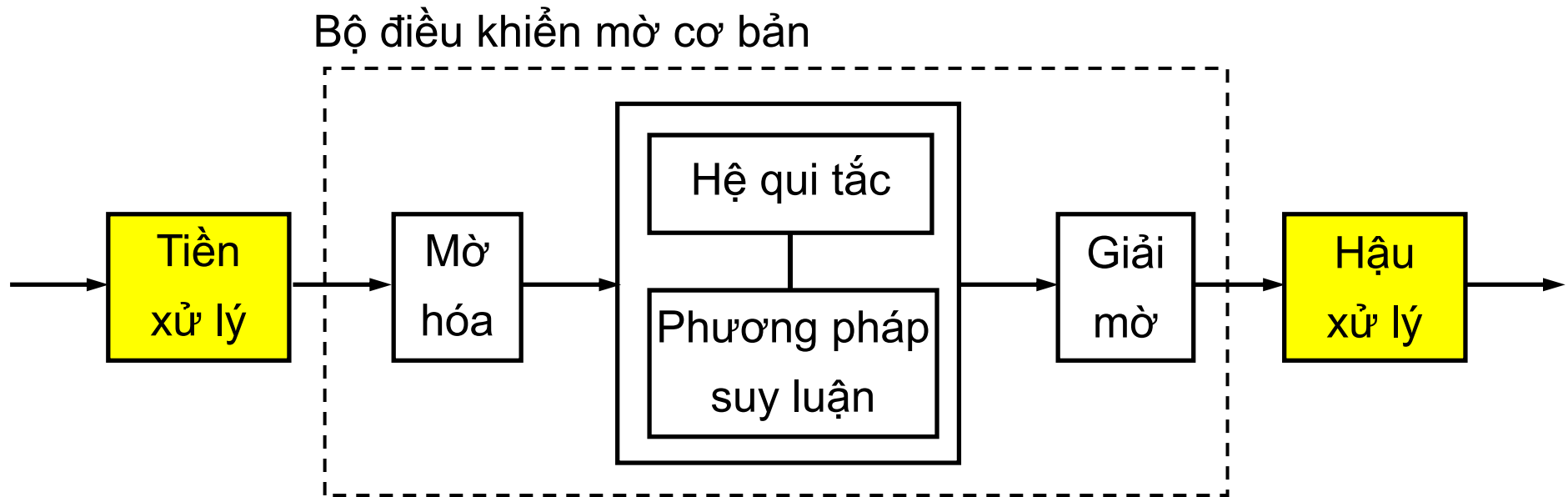
Bộ điều khiển mờ cơ bản



★ Bộ điều khiển mờ cơ bản:

- hệ qui tắc điều khiển rút ra từ kinh nghiệm chuyên gia trong việc điều khiển đối tượng.
- khâu mờ hóa chuyển giá trị rõ phản hồi từ ngõ ra của đối tượng thành giá trị mờ để hệ qui tắc có thể suy luận được
- khâu giải mờ chuyển giá trị mờ suy luận được ở ngõ ra của hệ qui tắc thành giá trị rõ để điều khiển đối tượng

Cấu trúc bộ điều khiển mờ



★ Tiền xử lý:

- vi phân, tích phân tín hiệu
- chuẩn hóa, lượng tử hóa
- lọc nhiễu

★ Hậu xử lý:

- khuếch đại tín hiệu giải mờ chuẩn hóa thành giá trị vật lý
- tích phân tín hiệu



Thiết kế bộ điều khiển mờ

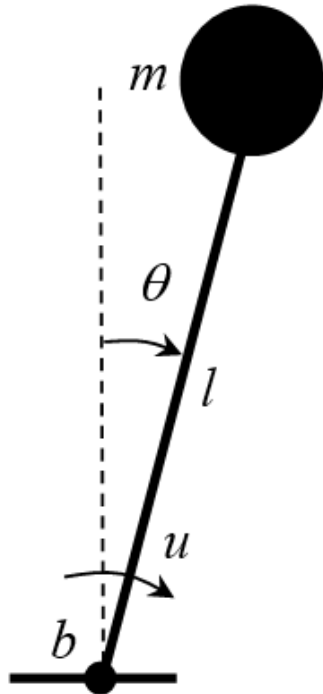
- ★ Thiết kế dựa vào kinh nghiệm chuyên gia
- ★ Thiết kế bộ điều khiển PID mờ
- ★ Thiết kế dựa trên lý thuyết Lyapunov

Thiết kế bộ điều khiển mờ dựa vào kinh nghiệm chuyên gia

Thiết kế dựa vào kinh nghiệm chuyên gia

- ★ **Bước 1:** Xác định biến vào, biến ra (và biến trạng thái, nếu cần) của đối tượng, từ đó suy ra biến vào, biến ra của bộ điều khiển mờ. Vẽ sơ đồ khối hệ thống điều khiển
- ★ **Bước 2:** Chuẩn hóa biến vào, biến ra của bộ điều khiển mờ về miền giá trị $[0,1]$ hay $[-1,1]$
- ★ **Bước 3:** Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ cho biến vào và biến ra; định lượng các giá trị ngôn ngữ bằng các tập mờ.
- ★ **Bước 4:** Xây dựng hệ qui tắc mờ bằng cách vẽ hình minh họa để có ý tưởng đưa ra một số qui tắc điển hình, sau đó áp dụng tính liên tục của hệ mờ và tính đối xứng để đưa ra các qui tắc còn lại.
- ★ **Bước 5:** Chọn PP suy luận (MAX–MIN hay MAX–PROD)
- ★ **Bước 6:** Chọn PP giải mờ (trọng tâm hay t/bình có trọng số)
- ★ **Bước 7:** Mô phỏng hoặc thực nghiệm đánh giá kết quả, tinh chỉnh các thông số của BDK để đạt chất lượng mong muốn.

Thí dụ 1: Điều khiển mờ giữ cân bằng hệ con lắc



- ★ $m = 0.5(kg)$: trọng lượng con lắc
- ★ $l = 0.6 (m)$: chiều dài con lắc
- ★ $b = 0.1$: hệ số ma sát
- ★ $g = 9.81(m.s^2)$: gia tốc trọng trường
- ★ u : moment tác động vào trục quay
- ★ θ : góc giữa con lắc và phương thẳng đứng [rad]

$$ml^2\ddot{\theta}(t) + b\dot{\theta}(t) - mgl \sin \theta(t) = u(t)$$

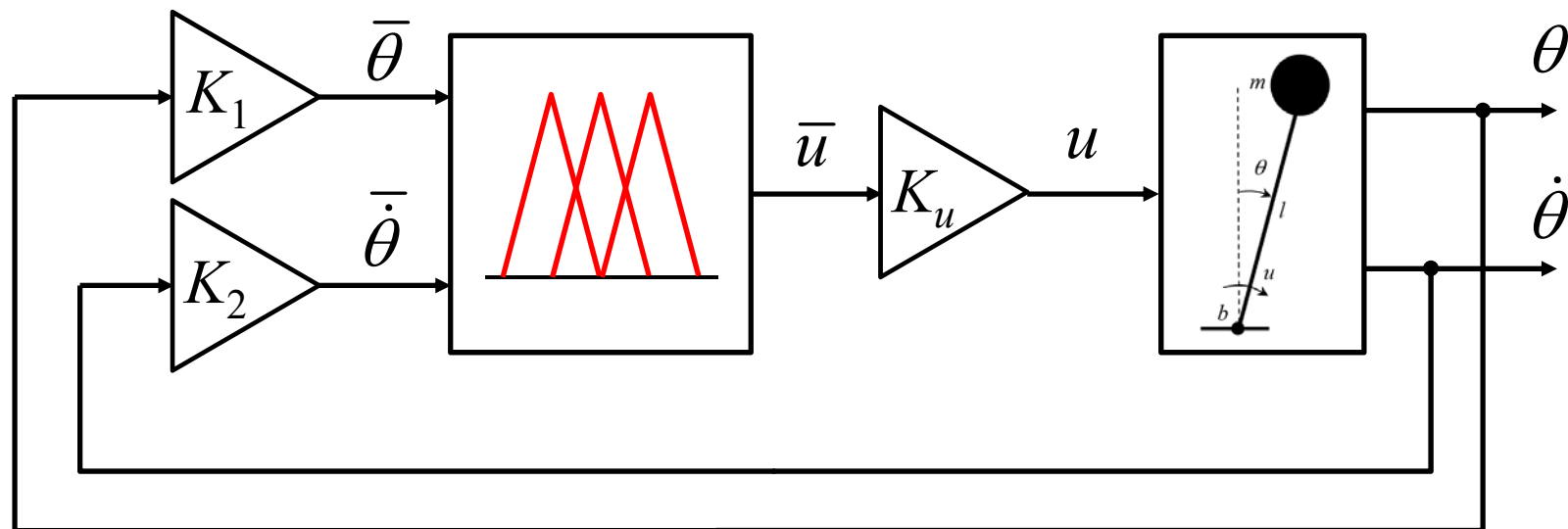
- ★ **Yêu cầu:** Thiết kế bộ điều khiển mờ điều khiển giữ con lắc cân bằng quanh vị trí thẳng đứng

Các biến vào và biến ra của bộ điều khiển

★ Chọn các biến vào/ra:

- ↗ 2 biến vào: góc lệch của con lắc, vận tốc góc của con lắc
- ↗ biến ra là moment tác động vào trục quay con lắc.

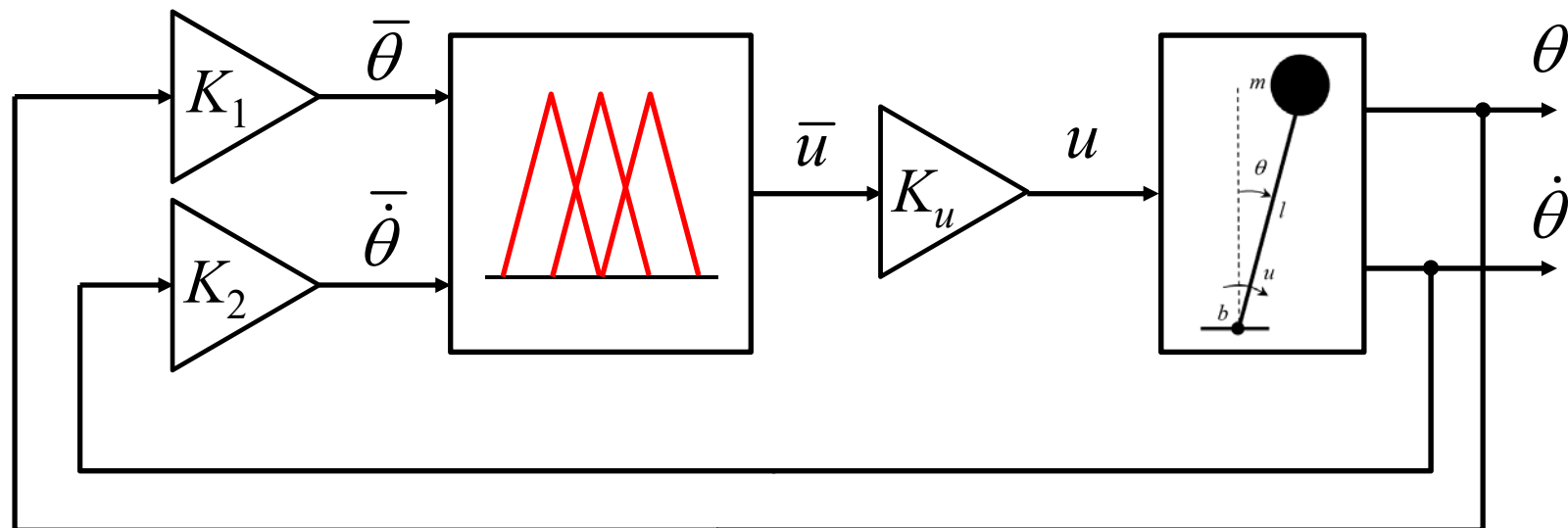
★ Sơ đồ khối hệ thống điều khiển:



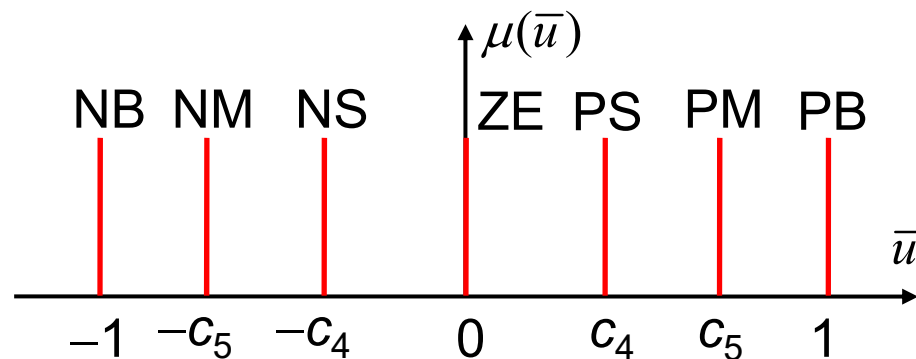
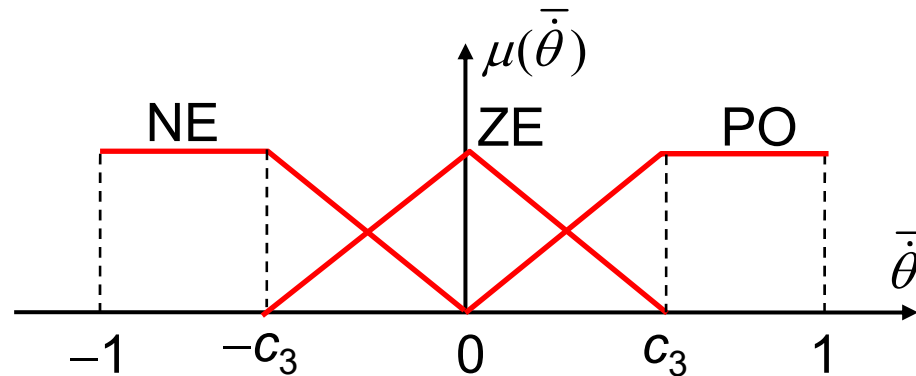
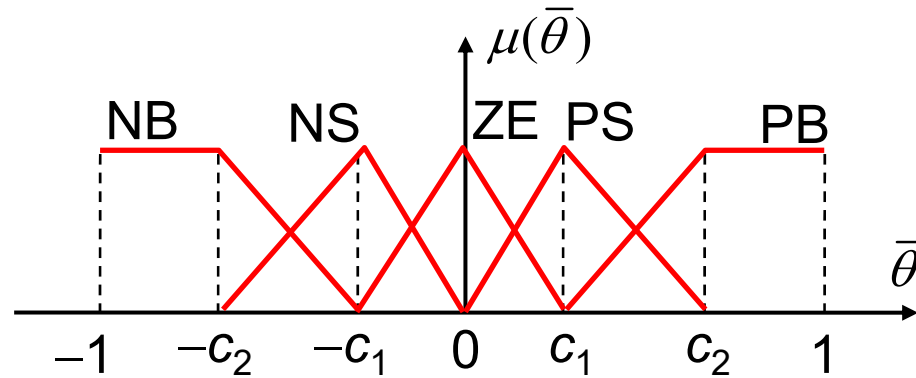
Các biến vào và biến ra của bộ điều khiển

★ Chuẩn hóa biến vào/ra của bộ điều khiển:

- Góc lệch: $-\frac{\pi}{3} \leq \theta \leq \frac{\pi}{3} \text{ (rad)} \Rightarrow K_1 = \frac{3}{\pi}$
- Vận tốc góc: $-\pi \leq \dot{\theta} \leq \pi \text{ (rad / s)} \Rightarrow K_2 = \frac{1}{\pi}$
- Momen điều khiển: $-20 \leq u \leq 20 \text{ (Nm)} \Rightarrow K_u = 20$

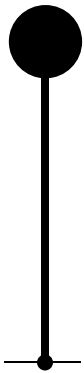


Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ cho các biến vào



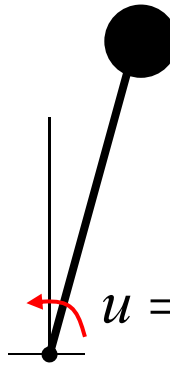
Quy tắc điều khiển mờ được đưa ra dựa vào kinh nghiệm

1



$$\left. \begin{array}{l} \theta = ZE \\ \dot{\theta} = ZE \end{array} \right\} \Rightarrow u = ZE$$

2



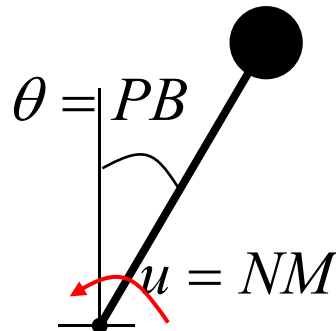
$$\left. \begin{array}{l} \theta = PS \\ \dot{\theta} = ZE \end{array} \right\} \Rightarrow u = NS$$

3



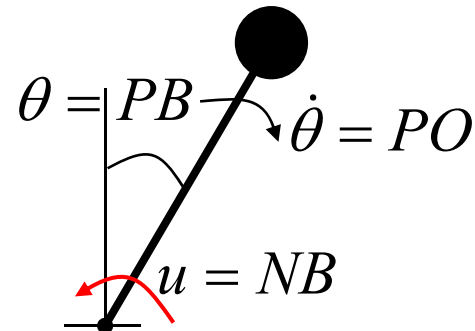
$$\left. \begin{array}{l} \theta = PS \\ \dot{\theta} = PO \end{array} \right\} \Rightarrow u = NM$$

4



$$\left. \begin{array}{l} \theta = PB \\ \dot{\theta} = ZE \end{array} \right\} \Rightarrow u = NM$$

5

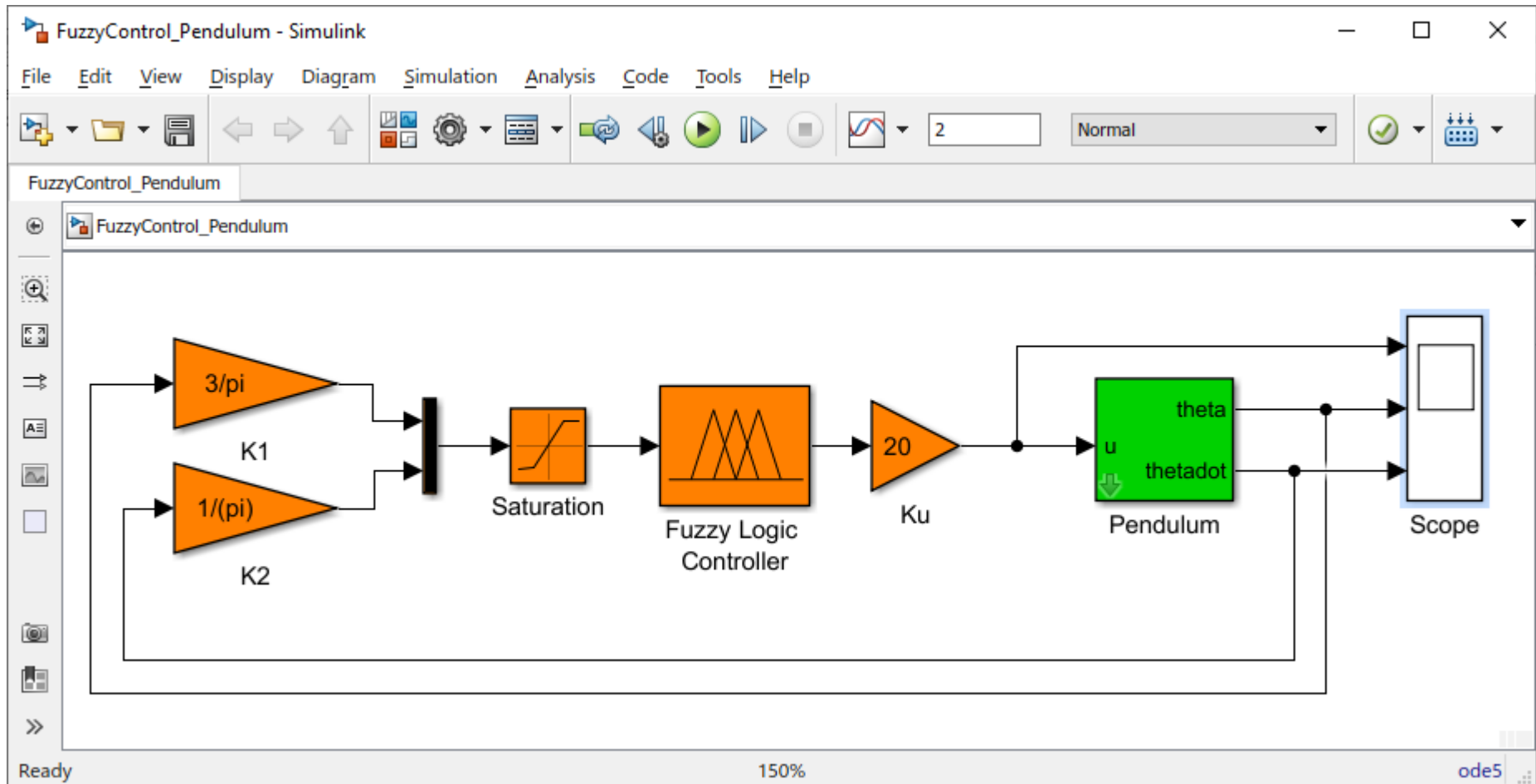


$$\left. \begin{array}{l} \theta = PB \\ \dot{\theta} = PO \end{array} \right\} \Rightarrow u = NB$$

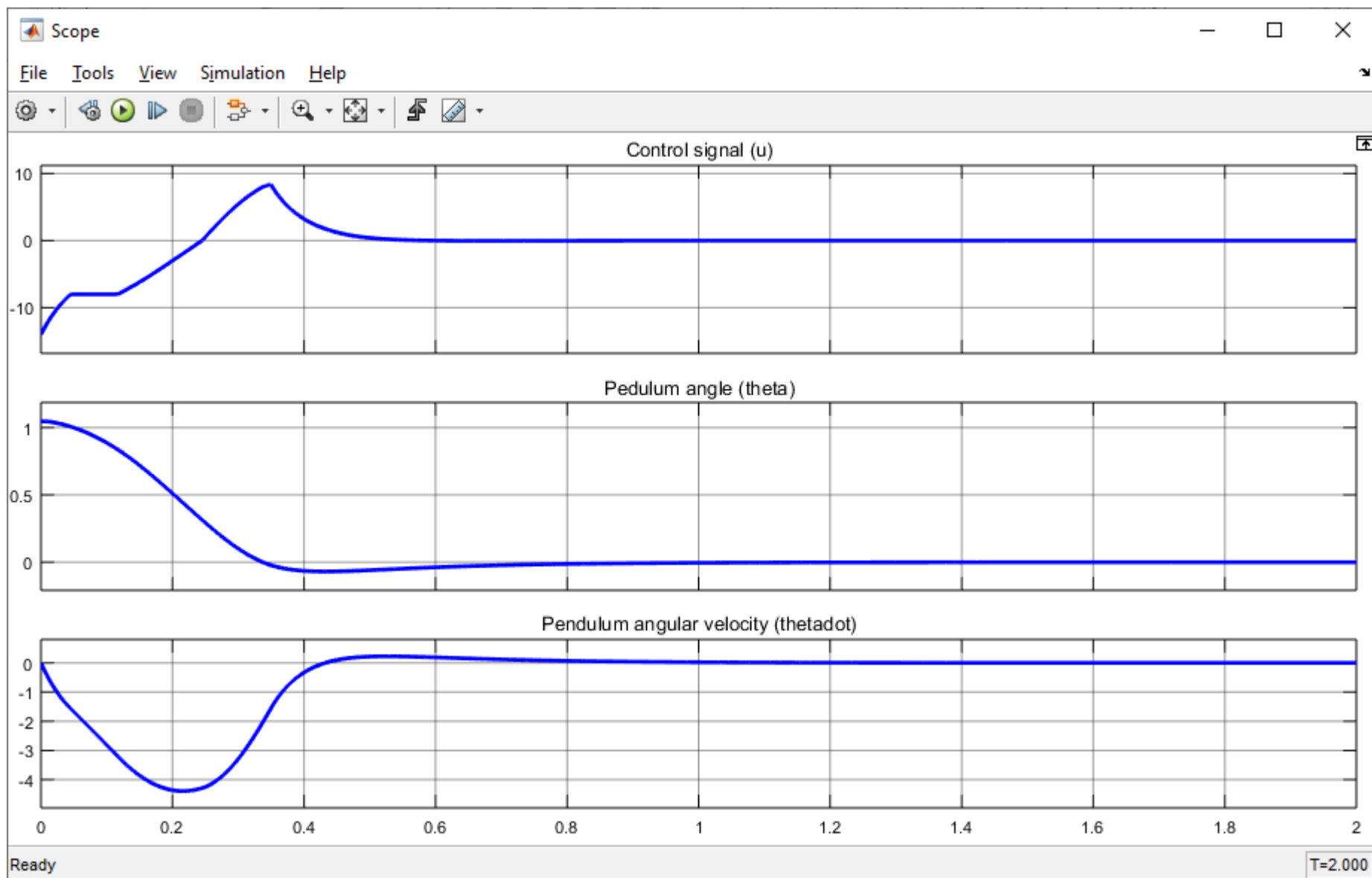
★ Bảng qui tắc điều khiển:

u		θ				
		NB	NS	ZE	PS	PB
$\dot{\theta}$	NE	PB	PM	PS	ZE	NS
	ZE	PM	PS	ZE	NS	NM
	PO	PS	ZE	NS	NM	NB

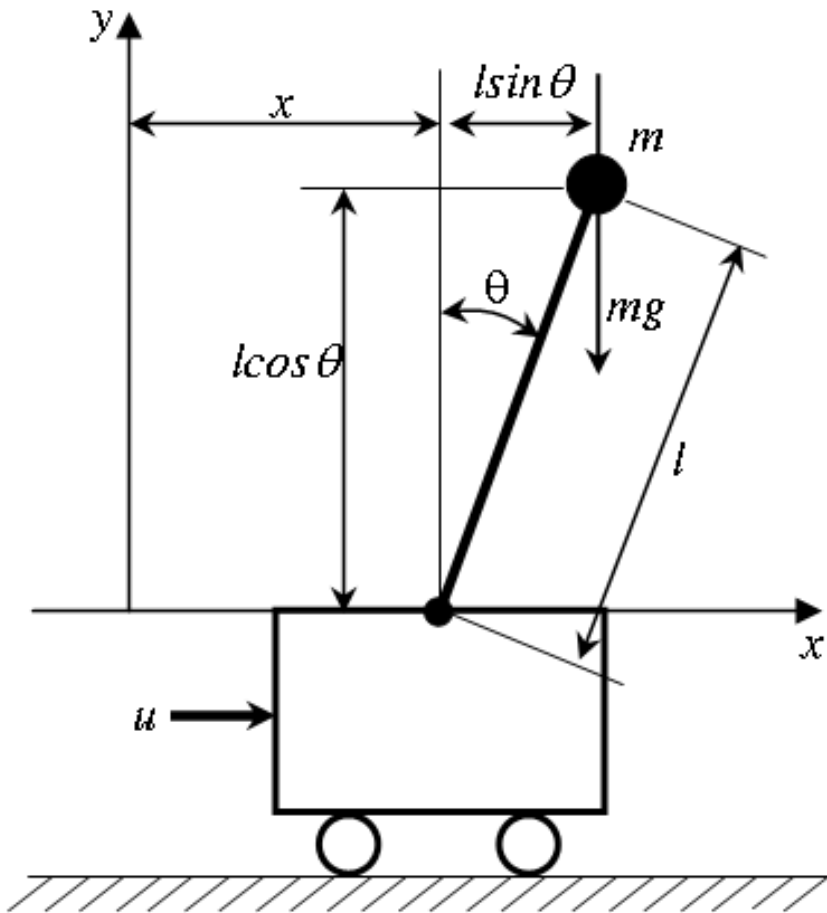
- ★ Chọn phương pháp suy luận MAX-MIN, phương pháp giải mờ trung bình có trọng số
- ★ Mô phỏng hoặc thực nghiệm đánh giá kết quả điều khiển, tinh chỉnh giá trị $K_1, K_2, K_u, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5$ để được kết quả điều khiển tốt nhất.



★ Mô phỏng hệ thống điều khiển với $K_1=3/\pi$, $K_2=1/\pi$, $K_u=20$, $c_1=0.3$, $c_2=0.8$, $c_3=0.5$, $c_4=0.4$, $c_5=0.7$



Thí dụ 2: Điều khiển mờ giữ cân bằng hệ con lắc ngược



- ★ $M = 1(\text{kg})$: trọng lượng xe
- ★ $m = 0.1(\text{kg})$: trọng lượng con lắc
- ★ $l = 0.5 (\text{m})$: chiều dài con lắc
- ★ $g = 9.81(\text{m.s}^2)$: gia tốc trọng trường
- ★ u : lực tác động vào xe [N]
- ★ x : vị trí xe [m]
- ★ θ : góc giữa con lắc và phương thẳng đứng [rad]

$$(M + m)\ddot{x} - ml(\sin \theta)\dot{\theta}^2 + ml(\cos \theta)\ddot{\theta} = u$$

$$m\ddot{x} \cos \theta + ml\ddot{\theta} = mg \sin \theta$$

★ Các phương trình vi phân dùng để mô phỏng:

$$\ddot{x} = \frac{u + ml\dot{\theta}^2 \sin \theta - mg \sin \theta \cos \theta}{(M + m) - m(\cos \theta)^2}$$

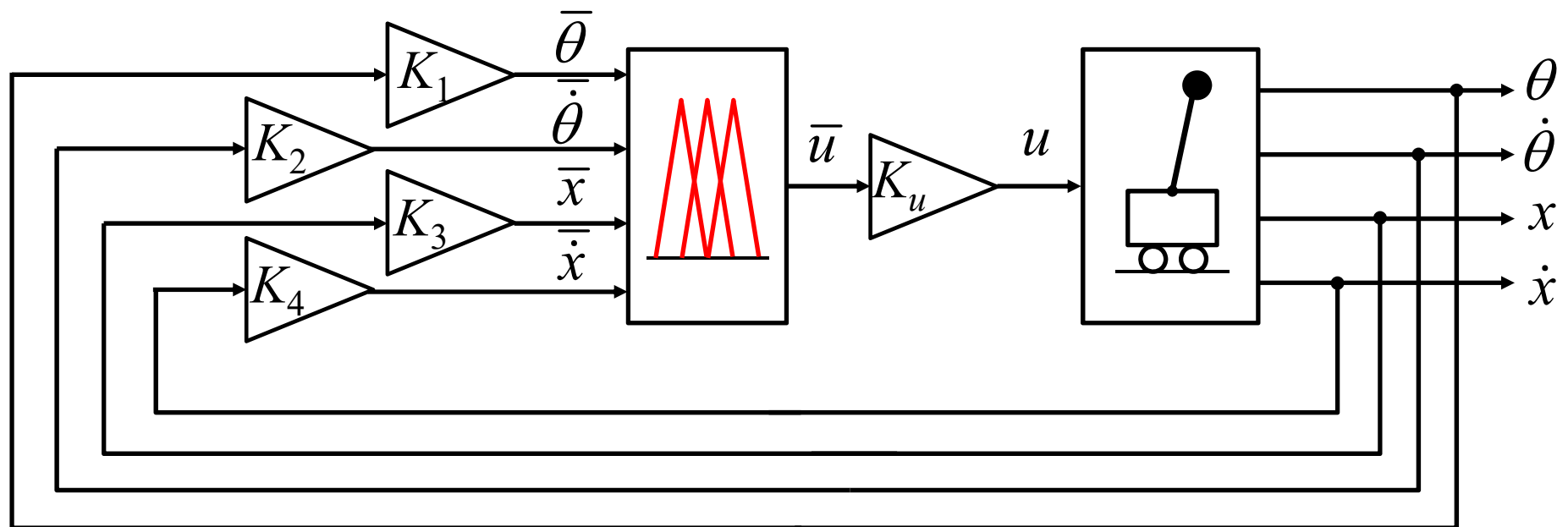
$$\ddot{\theta} = \frac{\cos \theta (u + ml\dot{\theta}^2 \sin \theta) - (M + m)(g \sin \theta)}{(ml(\cos \theta)^2 - (M + m)l)}$$

Các biến vào và biến ra của bộ điều khiển

★ Chọn các biến vào/ra:

- ↗ 4 biến vào: góc lệch của con lắc, vận tốc góc của con lắc, vị trí xe và tốc độ xe
- ↗ biến ra là lực tác dụng vào xe.

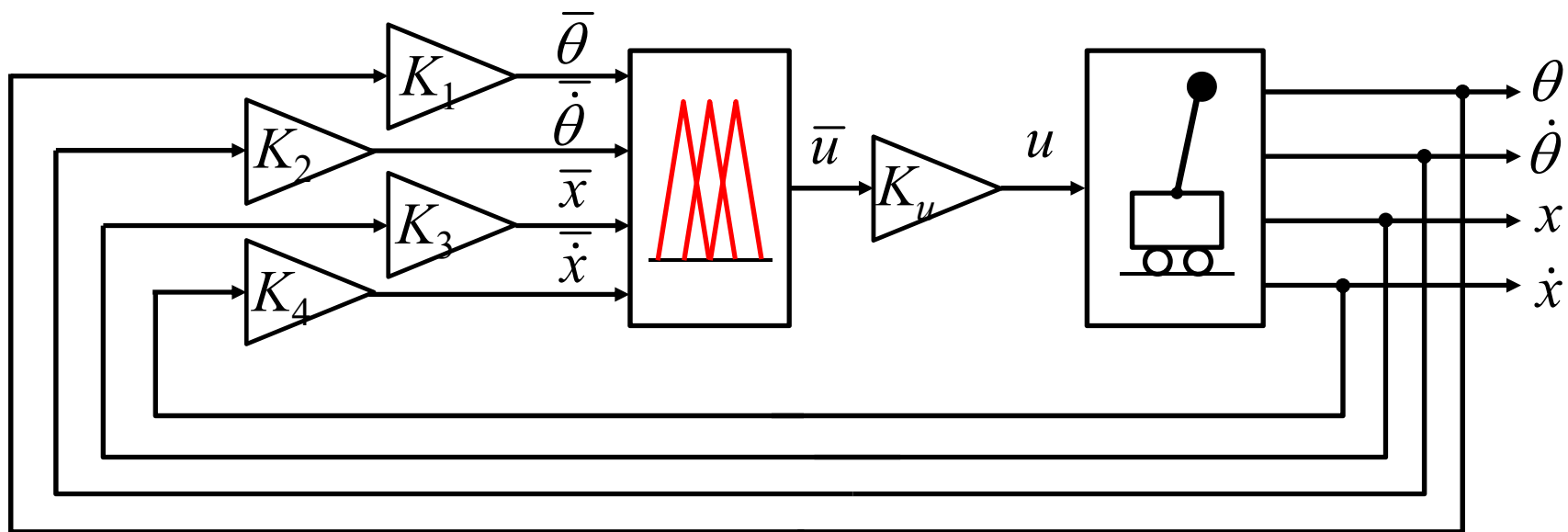
★ Sơ đồ khối hệ thống điều khiển:



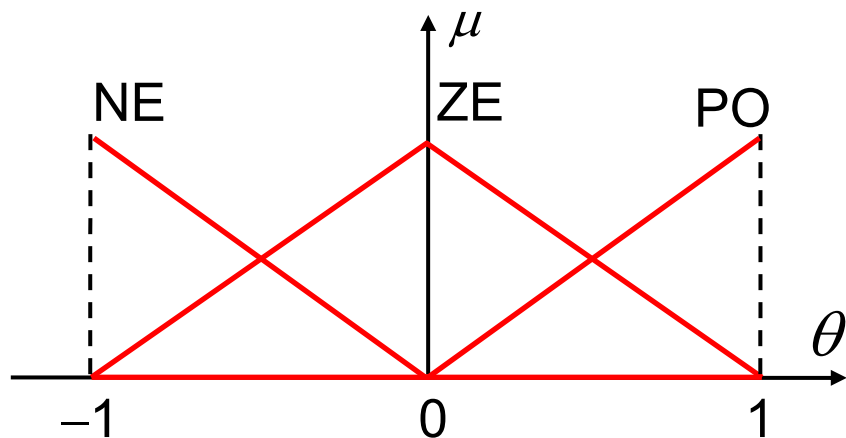
Các biến vào và biến ra của bộ điều khiển

★ Chuẩn hóa biến vào/ra của bộ điều khiển:

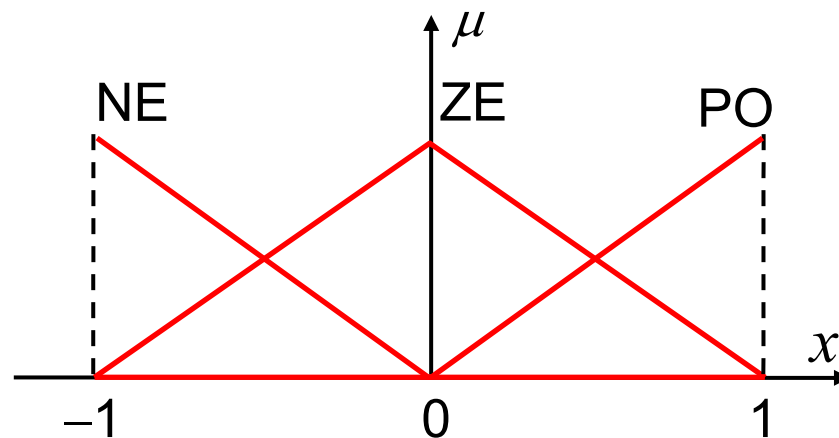
- Góc lệch: $-0.3 \leq \theta \leq 0.3 \text{ (rad)} \Rightarrow K_1 = 1 / 0.3$
- Vận tốc góc: $-1 \leq \dot{\theta} \leq 1 \text{ (rad / s)} \Rightarrow K_2 = 1$
- Vị trí xe: $-3 \leq x \leq 3 \text{ (m)} \Rightarrow K_3 = 1 / 3$
- Vận tốc xe: $-3 \leq \dot{x} \leq 3 \text{ (m / s)} \Rightarrow K_4 = 1 / 3$
- Lực điều khiển: $-40 \leq u \leq 40 \text{ (N)} \Rightarrow K_u = 40$



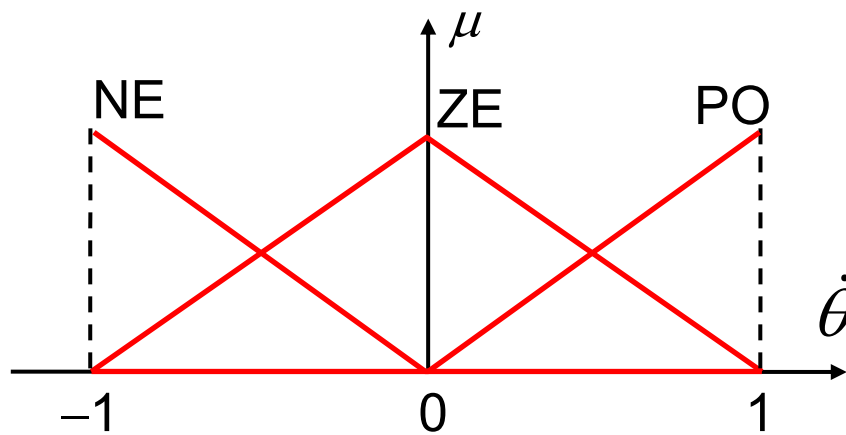
Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ cho các biến vào



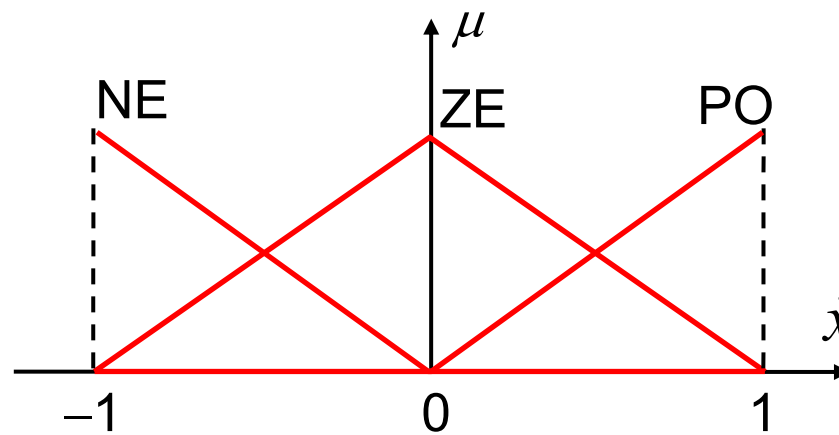
Góc lệch



Vị trí xe

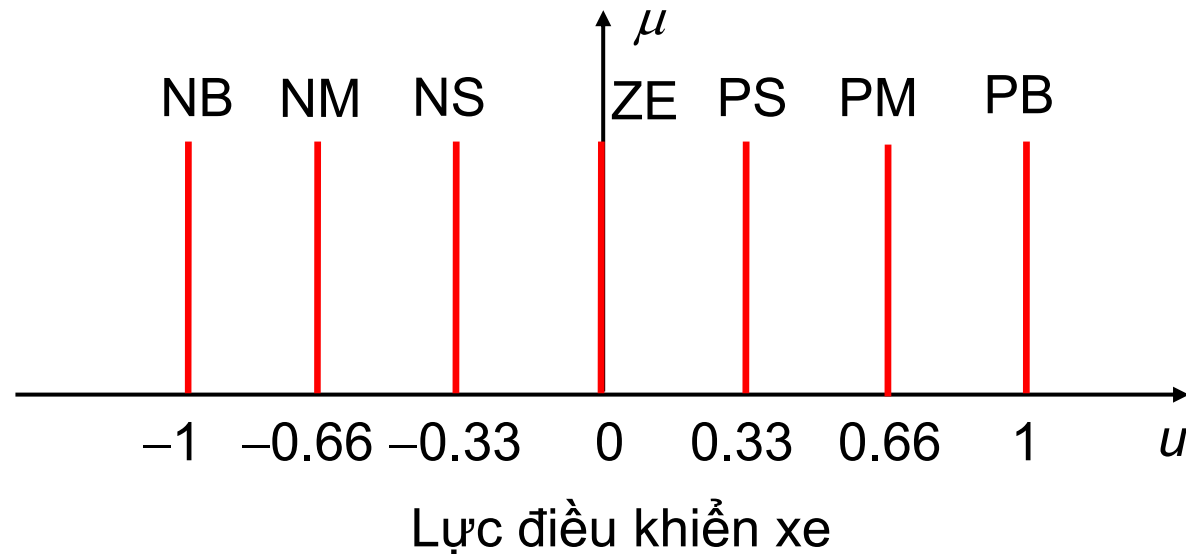


Vận tốc góc



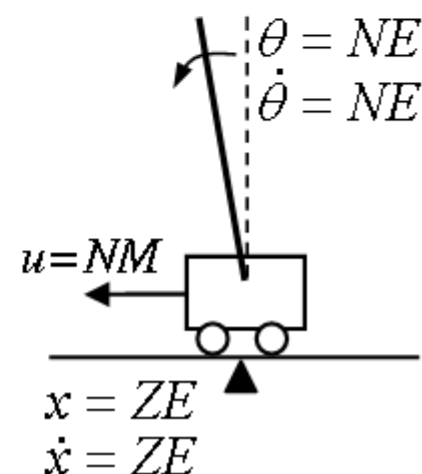
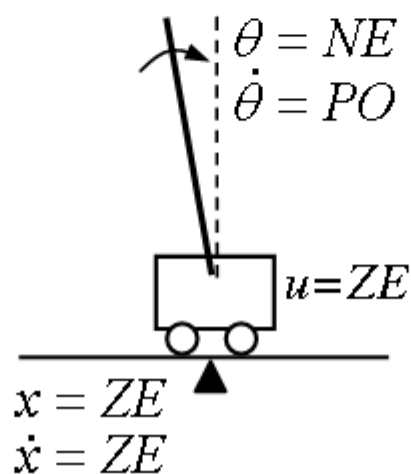
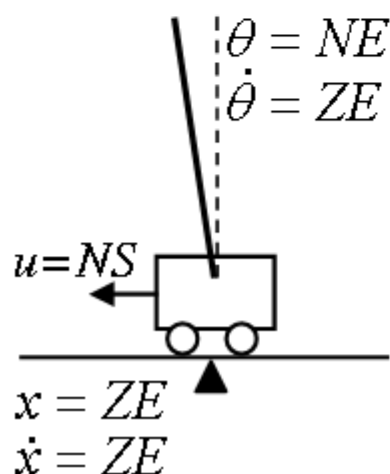
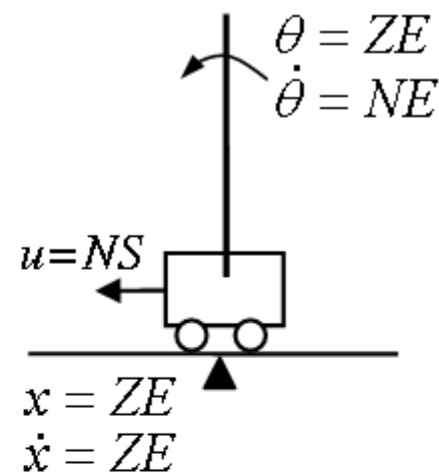
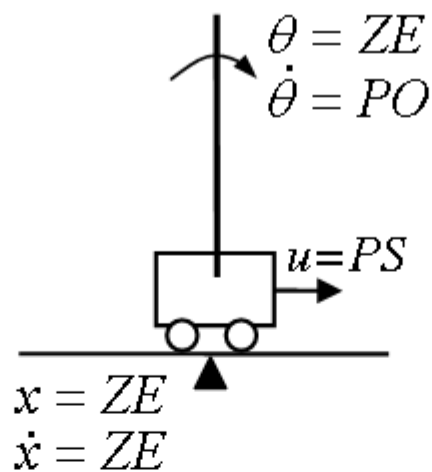
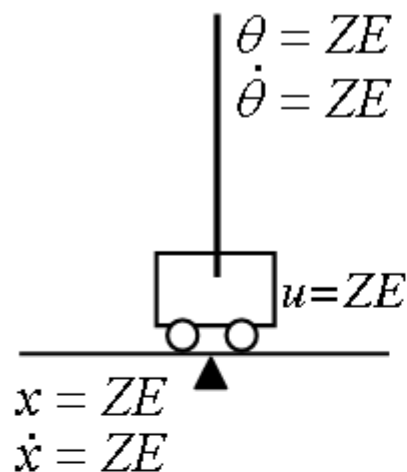
Vận tốc xe

Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ biến ra

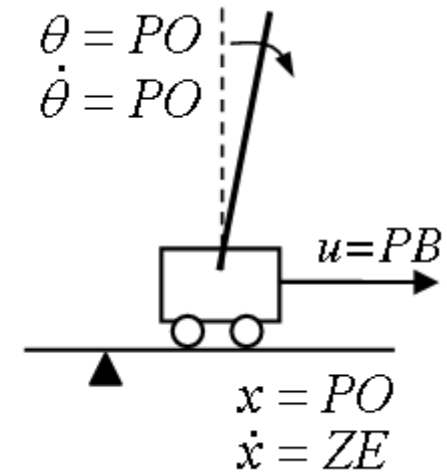
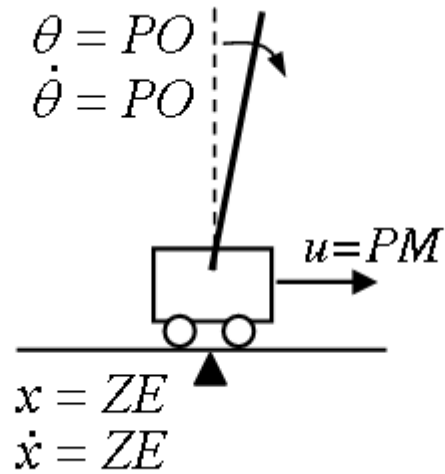
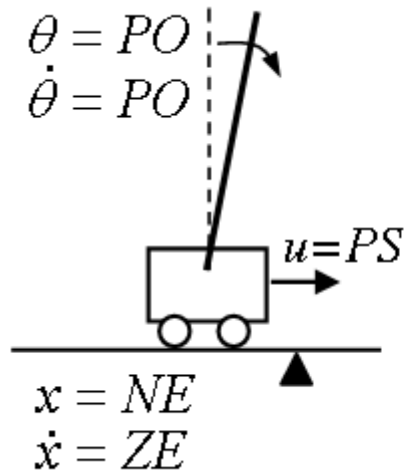


★ **Chú ý:** Số lượng giá trị ngôn ngữ tùy chọn, thường là số lẻ đối với bài toán điều khiển ổn định hóa hoặc san bằng sai lệch

Quy tắc điều khiển mờ được đưa ra dựa vào kinh nghiệm



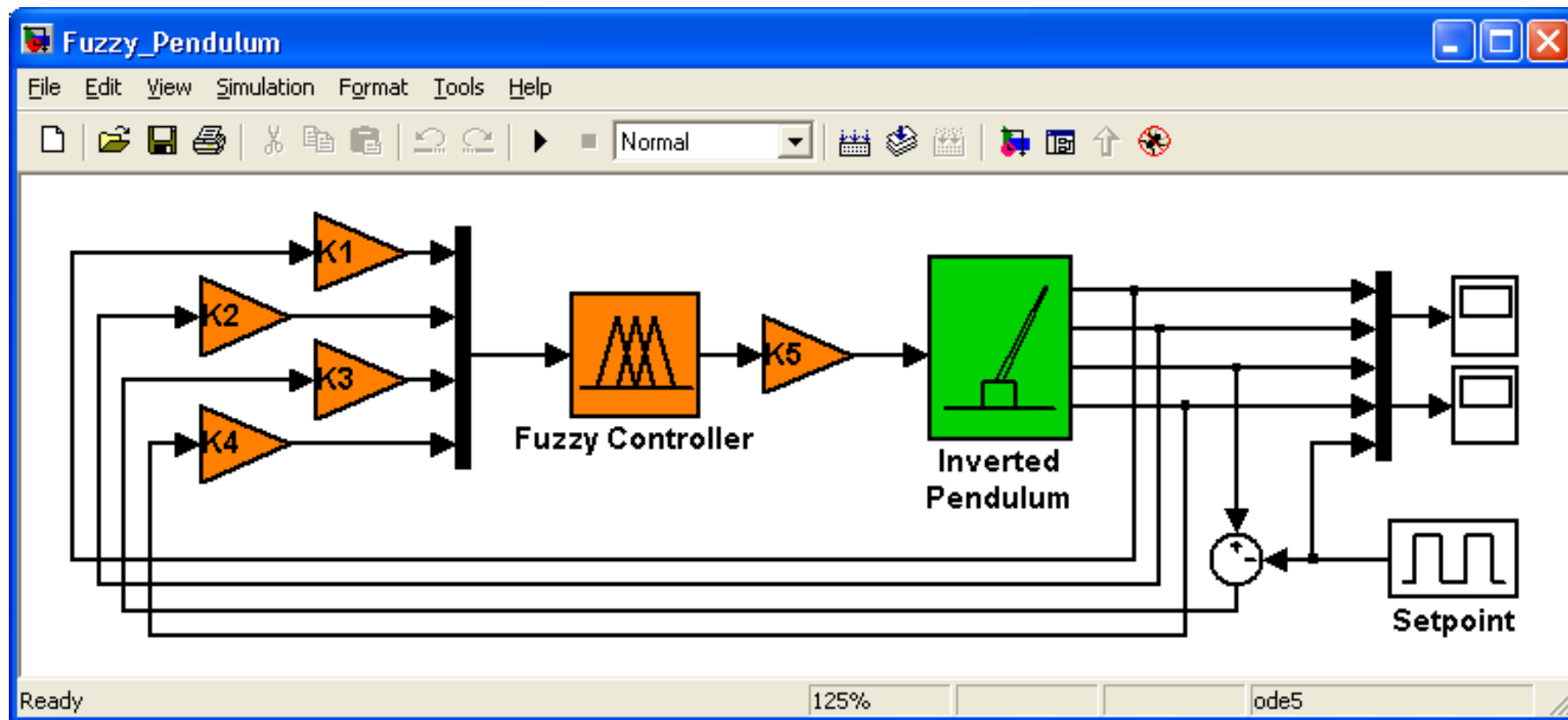
Quy tắc điều khiển mờ được đưa ra dựa vào kinh nghiệm

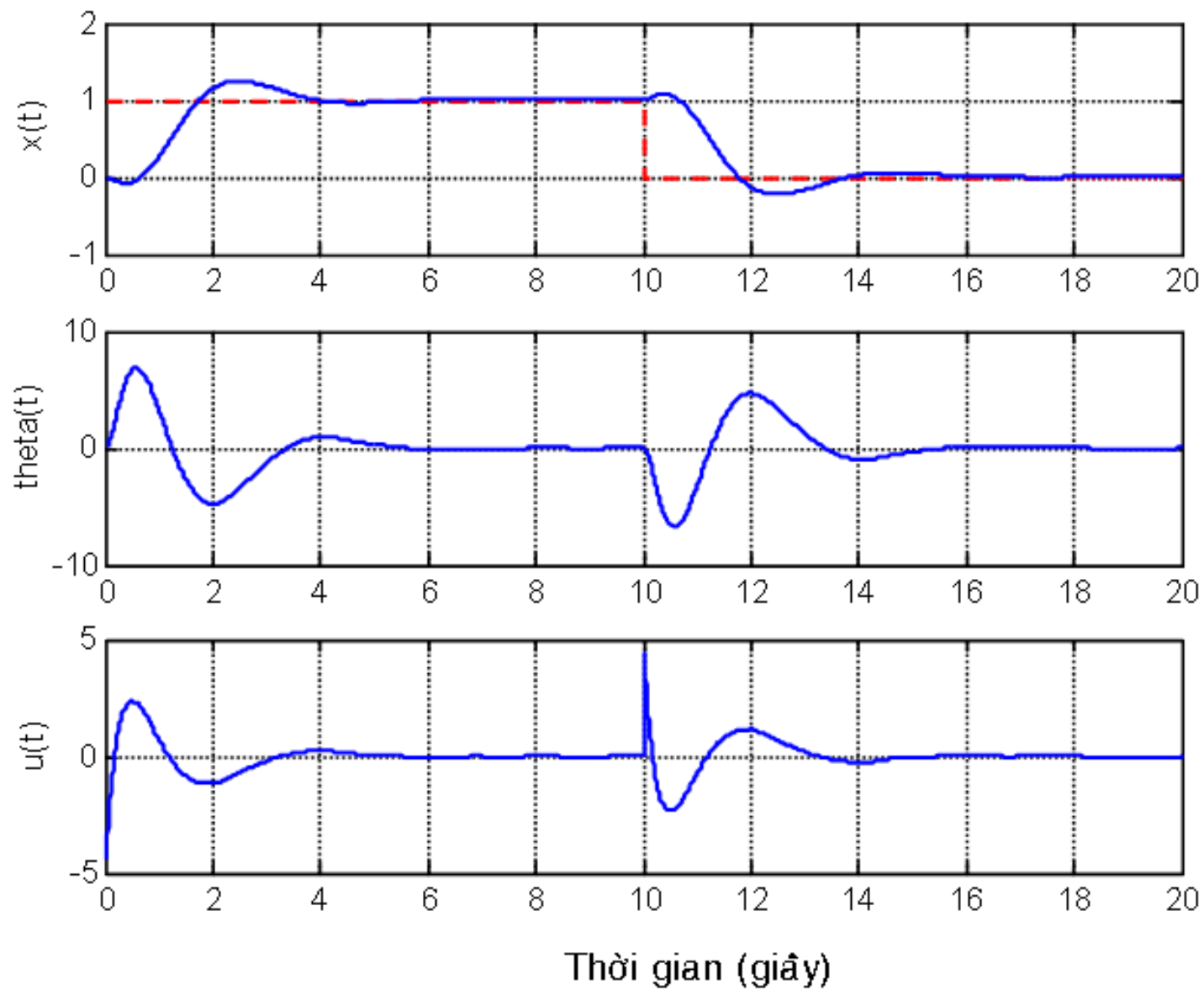




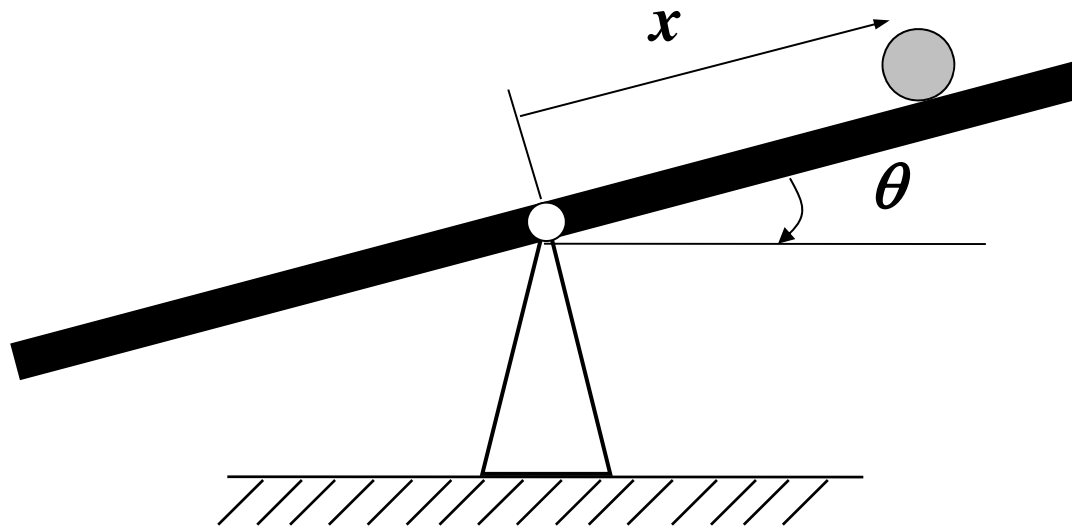
Bảng qui tắc điều khiển cân bằng hệ con lắc ngược

u				theta								
				NE			ZE			PO		
				thetadot								
				NE	ZE	PO	NE	ZE	PO	NE	ZE	PO
x	NE	xdot	NE	NB	NB	NM	NB	NM	NS	NM	NS	ZE
			ZE	NB	NM	NS	NM	NS	ZE	NS	ZE	PS
			PO	NM	NS	ZE	NS	ZE	PS	ZE	PS	PM
	ZE		NE	NB	NM	NS	NM	NS	ZE	NS	ZE	PS
			ZE	NM	NS	ZE	NS	ZE	PS	ZE	PS	PM
			PO	NS	ZE	PS	ZE	PS	PM	PS	PM	PB
	PO		NE	NM	NS	ZE	NS	ZE	PS	ZE	PS	PM
			ZE	NS	ZE	PS	ZE	PS	PM	PS	PM	PB
			PO	ZE	PS	PM	PS	PM	PB	PM	PB	PB





Bài tập: Điều khiển cân bằng hệ bóng và thanh



$$m = 0.1 \text{ kg}$$

$$J = 0.00005 \text{ kgm}^2$$

$$R = 0.02 \text{ m}$$

$$b = 0.01$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

★ Hệ bóng và thanh: $\left[\frac{J}{R^2} + m \right] \ddot{x} + b\dot{x} = mg \sin \theta$

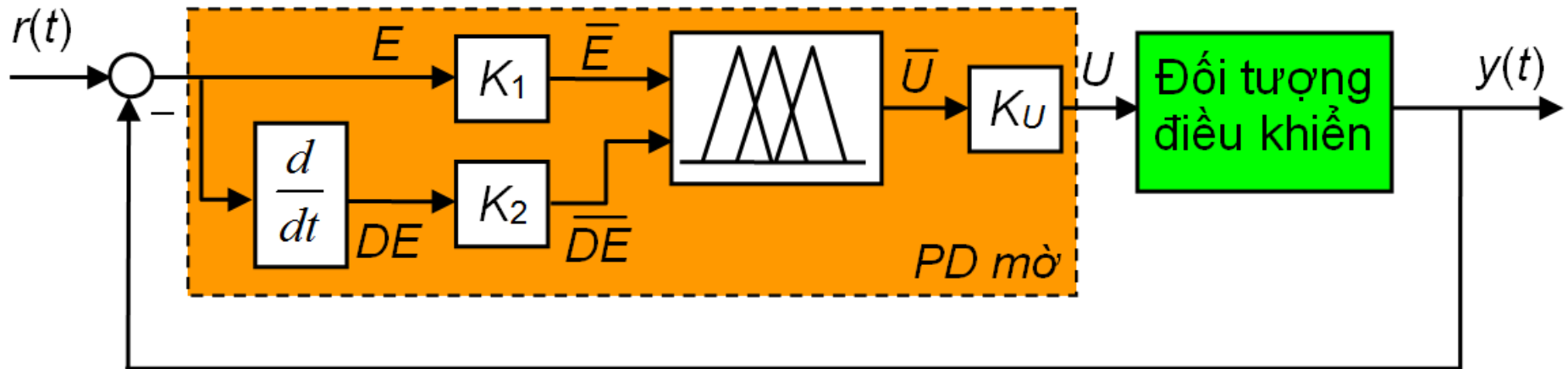
(tín hiệu điều khiển là θ , tín hiệu ra là x)

★ Thiết kế bộ điều khiển mờ điều khiển vị trí giữ bóng cân bằng ở giữa thanh.

Giả sử $-1 \leq x \leq 1$ (m) và $-\pi/6 \leq \theta \leq \pi/6$ (rad)

Thiết kế bộ điều khiển PID mờ

Điều khiển PD mờ dùng hệ qui tắc Mamdani

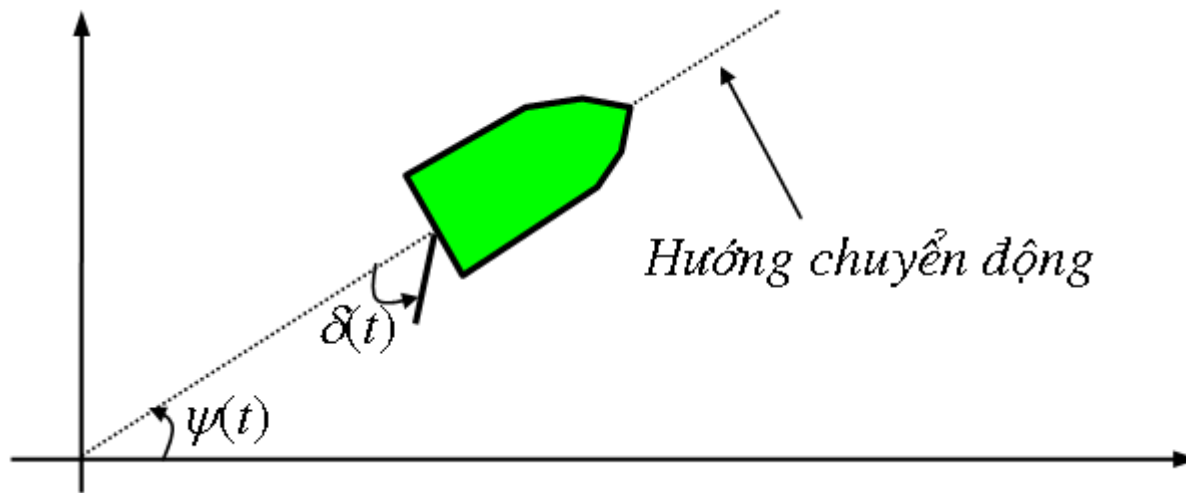


- ★ Bộ điều khiển PD mờ thường được sử dụng trong các trường hợp sau đây:
 - Đối tượng có khâu tích phân lý tưởng, hoặc
 - Ổn định hóa trạng thái của đối tượng xung quanh điểm cân bằng (\bar{u}, \bar{x}) , trong đó $\bar{u} = 0$.

Trình tự thiết kế bộ điều khiển PD mờ

- ★ **Bước 1:** Vẽ sơ đồ khối HTĐK. Xác định tầm giá trị của:
 - biến vào: sai số (E) và vi phân sai số (DE)
 - biến ra: tín hiệu điều khiển (U)
- ★ **Bước 2:** Xác định các hệ số chuẩn hóa biến vào, biến ra về miền giá trị $[-1, 1]$
- ★ **Bước 3:** Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ cho biến vào và biến ra; định lượng các giá trị ngôn ngữ bằng các tập mờ
- ★ **Bước 4:** Xây dựng hệ qui tắc mờ bằng cách vẽ hình minh họa để có ý tưởng đưa ra một số qui tắc điển hình, sau đó áp dụng tính liên tục của hệ mờ và tính đối xứng để đưa ra các qui tắc còn lại.
- ★ **Bước 5:** Chọn PP suy luận (MAX–MIN hay MAX–PROD)
- ★ **Bước 6:** Chọn PP giải mờ (trọng tâm hay t/bình có trọng số)
- ★ **Bước 7:** Mô phỏng hoặc thực nghiệm đánh giá kết quả, tinh chỉnh các thông số của BĐK để đạt chất lượng mong muốn.

Thí dụ ĐK PD mờ hướng chuyển động của tàu



★ Thông số

$$l=161; v=5;$$

$$k_0=-3.86; \tau_{10}=5.66;$$

$$\tau_{20}=0.38; \tau_{30}=0.89;$$

$$k=k_0 \times v/l; \tau_1=\tau_{10} \times l/v;$$

$$\tau_2=\tau_{20} \times l/v; \tau_3=\tau_{30} \times l/v;$$

★ Phương trình vi phân mô tả đối tượng:

$$\ddot{\psi}(t) + \left(\frac{1}{\tau_1} + \frac{1}{\tau_2} \right) \dot{\psi}(t) + \left(\frac{1}{\tau_1 \tau_2} \right) (\dot{\psi}^3(t) + \dot{\psi}(t)) = \left(\frac{k}{\tau_1 \tau_2} \right) (\tau_3 \dot{\delta}(t) + \delta(t))$$

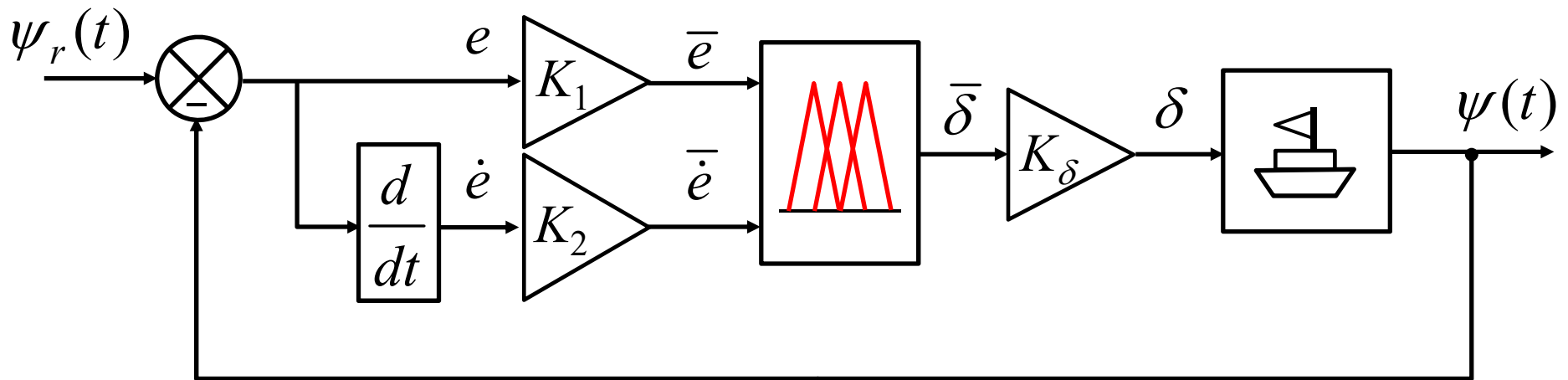
Trong đó:

Tín hiệu vào $\delta(t)$ (radian) là góc của bánh lái

Tín hiệu ra $\psi(t)$ (radian) là góc (hướng) chuyển động của tàu.

Sơ đồ khối hệ thống điều khiển

- ★ Do đối tượng có khâu t/phân lý tưởng nên dùng BĐK **PD mờ**
- ★ Tín hiệu đặt: $-\frac{\pi}{2} \leq \psi_r \leq \frac{\pi}{2} (rad)$
- ★ Các biến vào/ra của bộ điều khiển PD mờ:
 - ↳ 2 biến vào: sai số và tốc độ biến thiên sai số
 - ↳ biến ra: góc bánh lái $-\frac{80\pi}{180} \leq \delta \leq \frac{80\pi}{180} (rad)$
- ★ Sơ đồ khối hệ thống điều khiển:

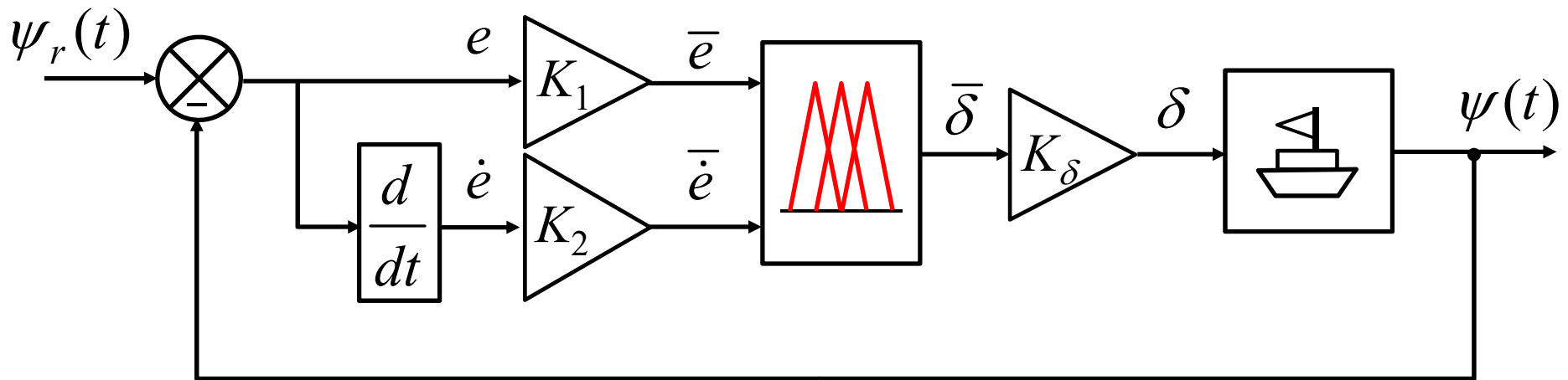


Chuẩn hóa các biến vào và biến ra

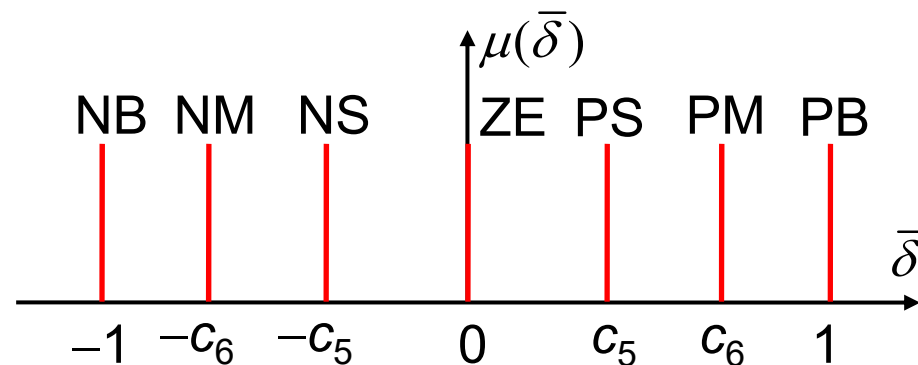
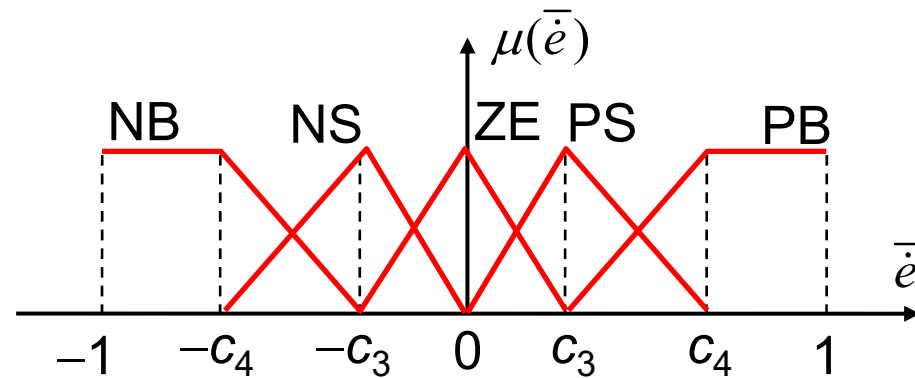
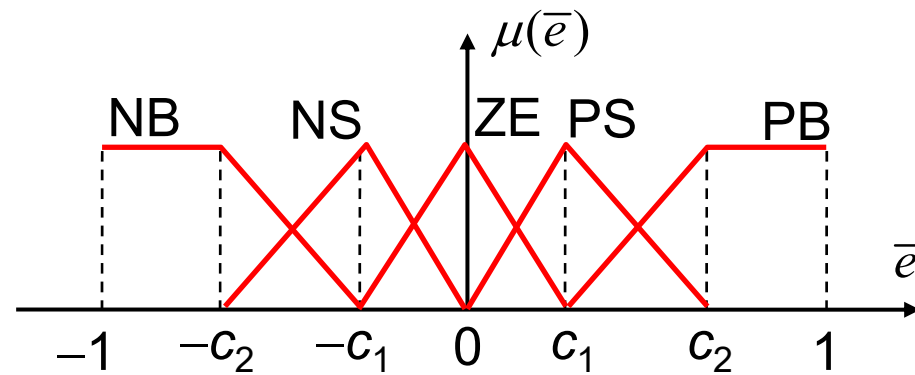
★ Chuẩn hóa biến vào/ra của bộ điều khiển:

- Sai số: $e(t) = \psi_r(t) - \psi(t) \quad -\pi \leq e \leq \pi \text{ (rad)} \Rightarrow K_1 = \frac{1}{\pi}$
- Biến thiên sai số: $-0.01 \leq \dot{e} \leq 0.01 \text{ (rad / s)} \Rightarrow K_2 = 100$
- Góc bánh lái: $-\frac{80\pi}{180} \leq \delta \leq \frac{80\pi}{180} \text{ (rad)} \Rightarrow K_\delta = \frac{80\pi}{180}$

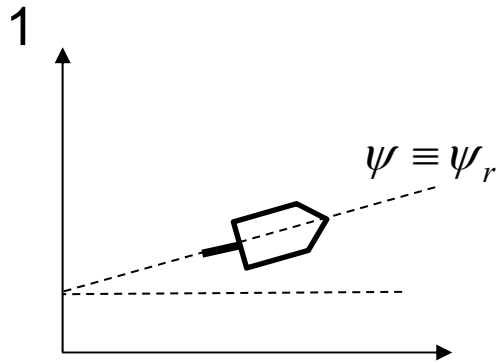
(Các hệ số cần tính chỉnh khi mô phỏng hoặc thực nghiệm)



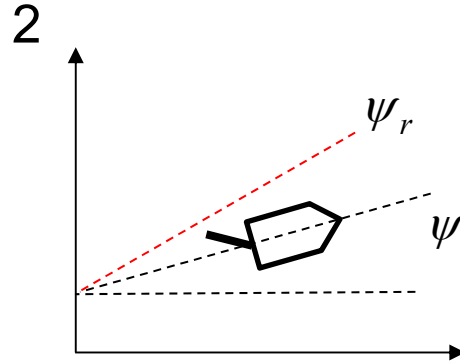
Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ cho các biến vào / ra



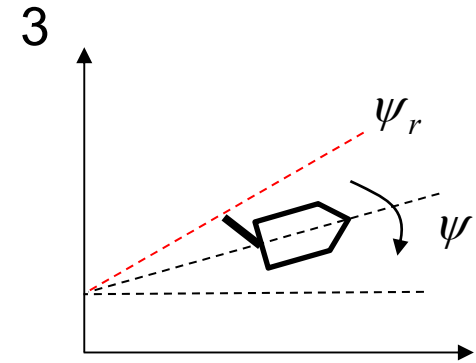
Quy tắc điều khiển mờ được đưa ra dựa vào kinh nghiệm



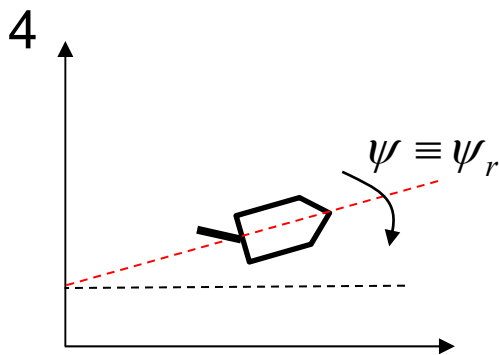
$$\left. \begin{array}{l} e = ZE \\ \dot{e} = ZE \end{array} \right\} \Rightarrow \delta = ZE$$



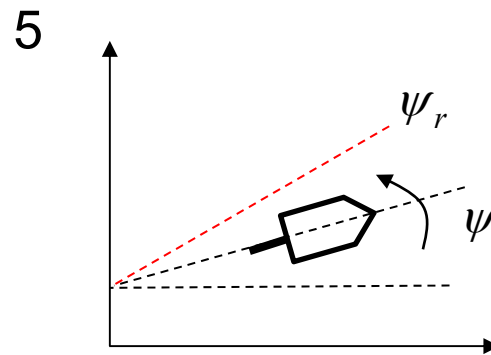
$$\left. \begin{array}{l} e = PS \\ \dot{e} = ZE \end{array} \right\} \Rightarrow \delta = NS$$



$$\left. \begin{array}{l} e = PS \\ \dot{e} = PS \end{array} \right\} \Rightarrow \delta = NM$$



$$\left. \begin{array}{l} e = ZE \\ e = PS \end{array} \right\} \Rightarrow \delta = NS$$



$$\left. \begin{array}{l} e = PS \\ \dot{e} = NE \end{array} \right\} \Rightarrow \delta = ZE$$

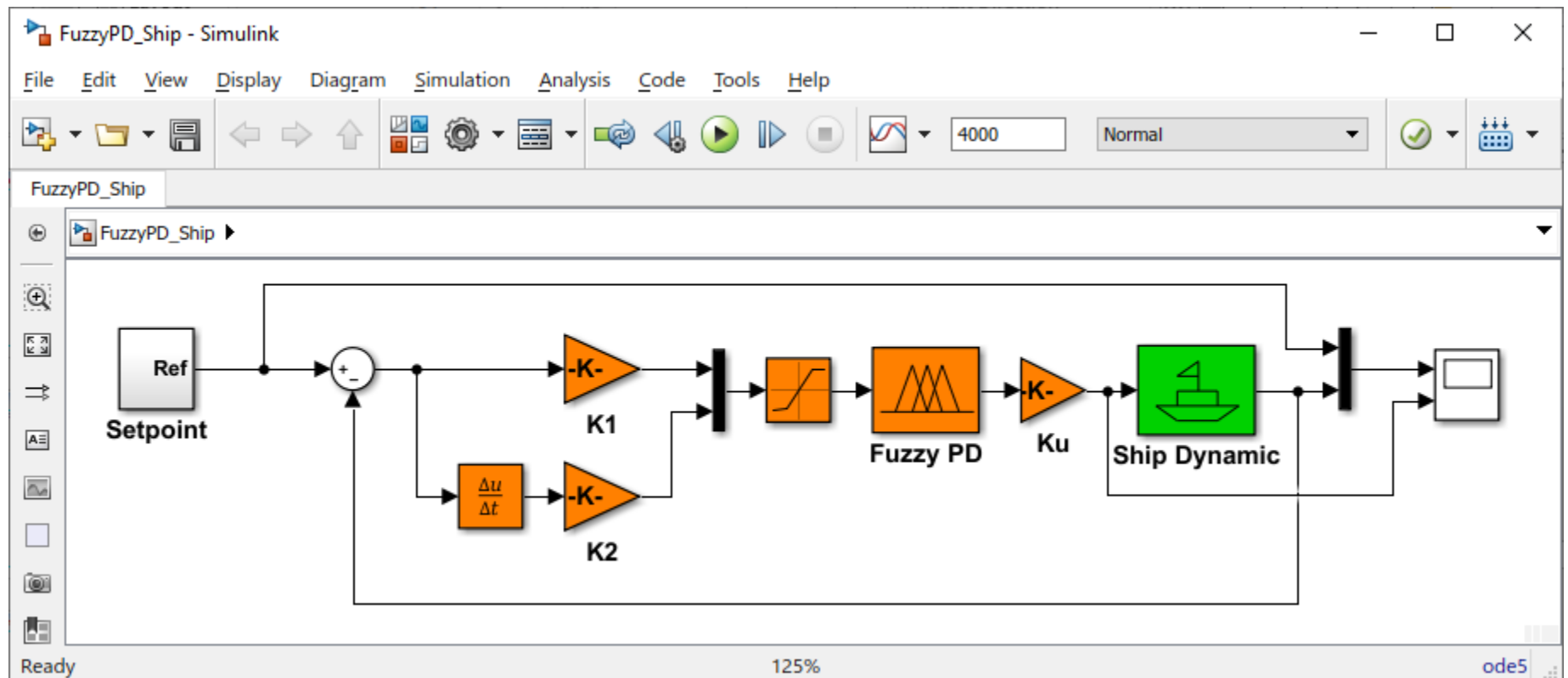
Hệ qui tắc điều khiển hướng chuyển động của tàu

★ Hệ qui tắc mờ điều khiển được đưa ra dựa vào kinh nghiệm:

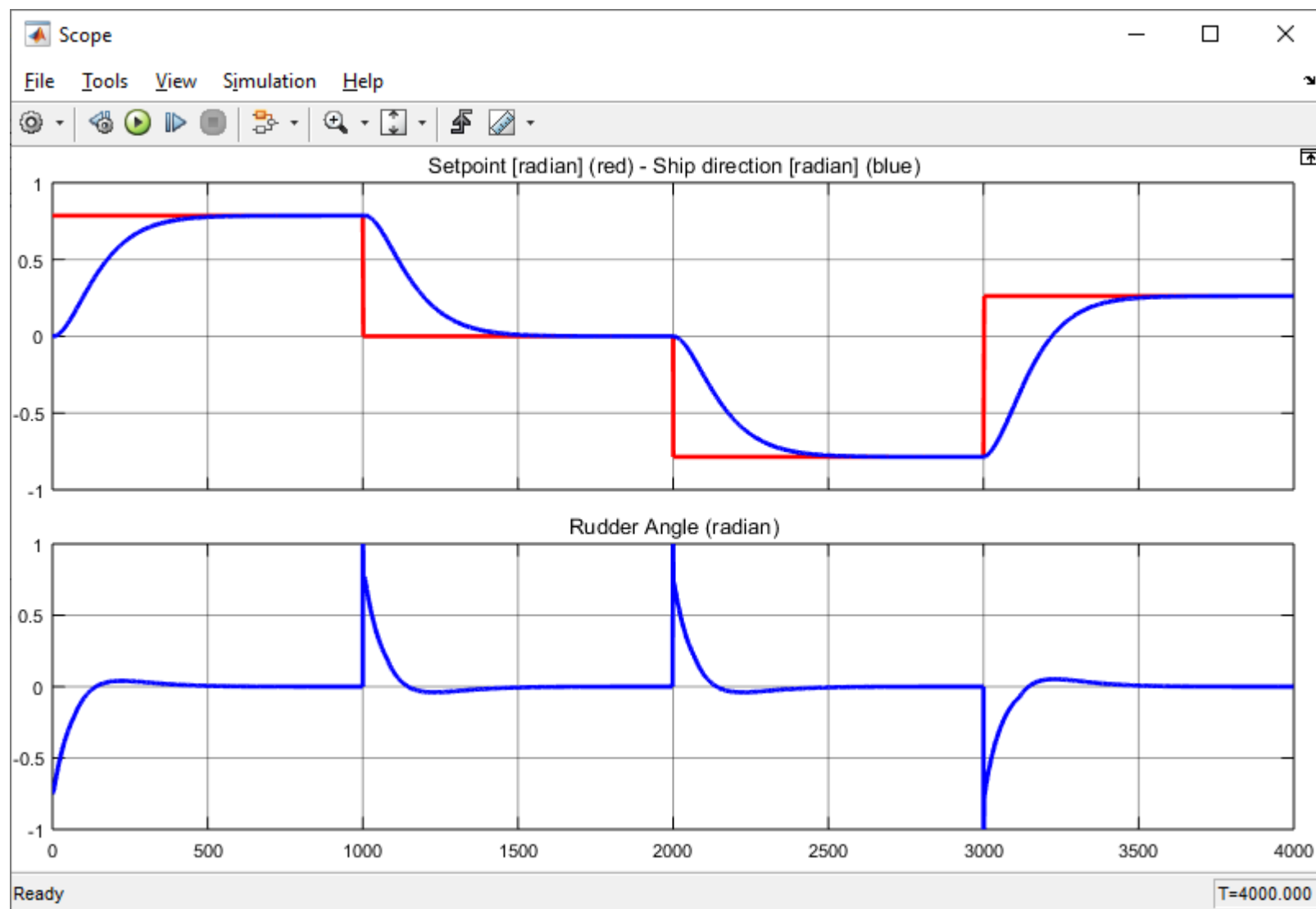
δ		e				
		NB	NS	ZE	PS	PB
\dot{e}	NB	PB	PB	PM	PS	ZE
	NS	PB	PM	PS	ZE	NS
	ZE	PM	PS	ZE	NS	NM
	PS	PS	ZE	NS	NM	NB
	PB	ZE	NS	NM	NB	NB

★ Phương pháp suy luận MAX-MIN

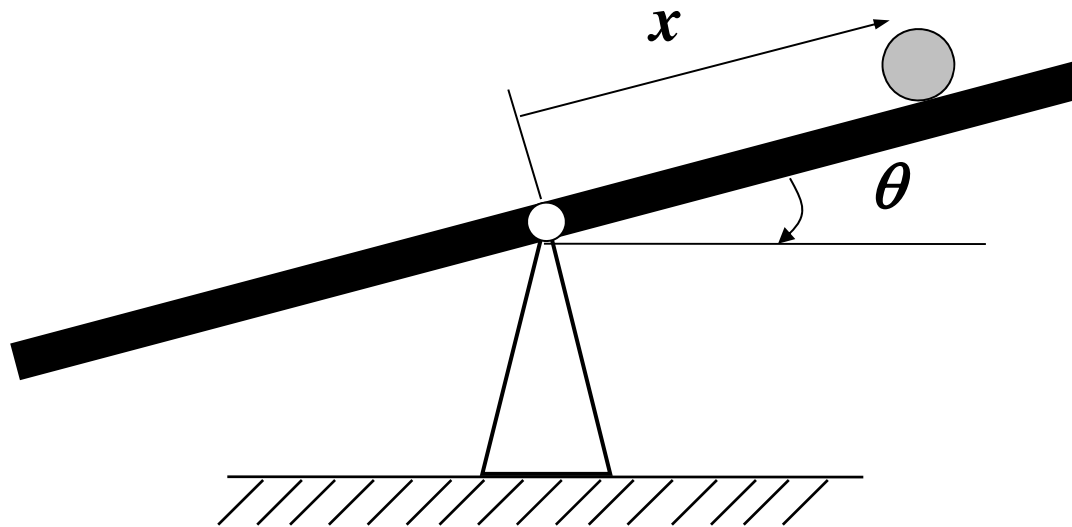
★ Phương pháp giải mờ trung bình trọng số



- ★ Mô phỏng hệ thống điều khiển với $K_1=1/\pi$, $K_2=100$,
 $K_u=80\pi/180$, $c_1=0.2$, $c_2=0.6$, $c_3=0.5$, $c_4=1.0$, $c_5=0.5$, $c_6=0.8$



Bài tập: Điều khiển bóng bám theo tín hiệu đặt



$$m = 0.1 \text{ kg}$$

$$J = 0.00005 \text{ kgm}^2$$

$$R = 0.02 \text{ m}$$

$$b = 0.01$$

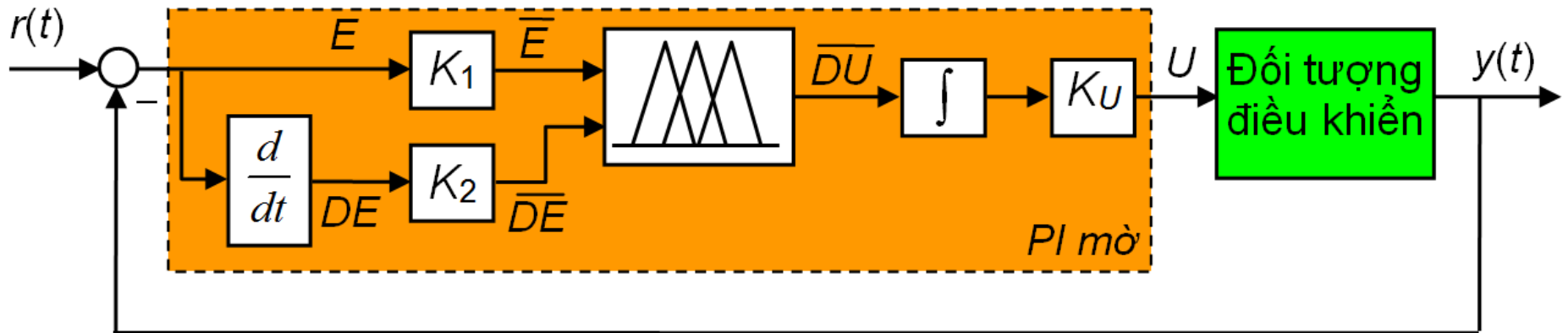
$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

★ Hệ bóng và thanh: $\left[\frac{J}{R^2} + m \right] \ddot{x} + b\dot{x} = mg \sin \theta$

(tín hiệu điều khiển là θ , tín hiệu ra là x)

★ Thiết kế bộ điều khiển PD mờ điều khiển vị trí bóng bám theo tín hiệu x_d cho trước. Giả sử $-1 \leq x \leq 1$ (m) và $-\pi/6 \leq \theta \leq \pi/6$ (rad)

Điều khiển PI mờ dùng hệ qui tắc Mamdani

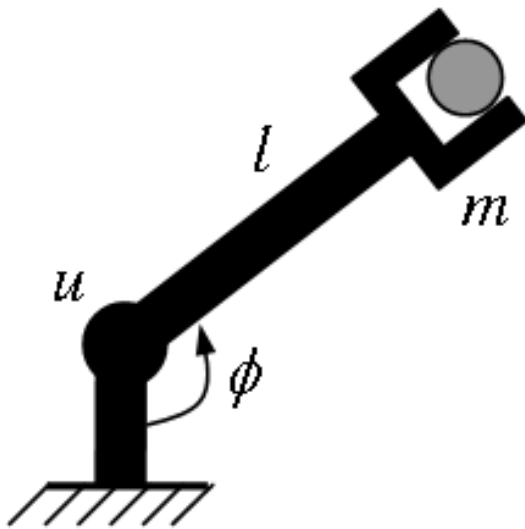


- ★ Bộ điều khiển PI mờ nếu thiết kế tốt có thể điều khiển điều khiển đối tượng trong miền làm việc rộng với sai số xác lập bằng 0.
- ★ Tuy nhiên cũng cần để ý rằng bộ điều khiển PI làm chậm đáp ứng của hệ thống và trong nhiều trường hợp làm cho quá trình quá độ có dao động.

Trình tự thiết kế bộ điều khiển PI mờ

- ★ **Bước 1:** Vẽ sơ đồ khối HTĐK. Xác định tầm giá trị của:
 - biến vào: sai số (E) và vi phân sai số (DE)
 - biến ra: vi phân của tín hiệu điều khiển (DU)
- ★ **Bước 2:** Xác định các hệ số chuẩn hóa biến vào, biến ra về miền giá trị $[-1, 1]$
- ★ **Bước 3:** Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ cho biến vào và biến ra; định lượng các giá trị ngôn ngữ bằng các tập mờ
- ★ **Bước 4:** Xây dựng hệ qui tắc mờ bằng cách vẽ hình minh họa để có ý tưởng đưa ra một số qui tắc điển hình, sau đó áp dụng tính liên tục của hệ mờ và tính đối xứng để đưa ra các qui tắc còn lại.
- ★ **Bước 5:** Chọn PP suy luận (MAX–MIN hay MAX–PROD)
- ★ **Bước 6:** Chọn PP giải mờ (trọng tâm hay t/bình có trọng số)
- ★ **Bước 7:** Mô phỏng hoặc thực nghiệm đánh giá kết quả, tinh chỉnh các thông số của BĐK để đạt chất lượng mong muốn.

Thí dụ điều khiển vị trí cánh tay máy



$u(t)$: moment tác động lên trục quay của cánh tay máy

$\phi(t)$: góc quay (vị trí) của cánh tay máy,

J : moment quán tính của cánh tay máy ($J = 0.05$ kg.m²)

M : khối lượng của cánh tay máy ($M = 1.0$ kg)

m : khối lượng vật nặng ($m = 0.1$ kg)

l : chiều dài cánh tay máy ($l = 0.4$ m)

l_C : khoảng cách từ trọng tâm cánh tay máy đến trục quay ($l_C = 0.15$ m)

B : hệ số ma sát nhớt ($B = 0.2$ kg.m²/s)

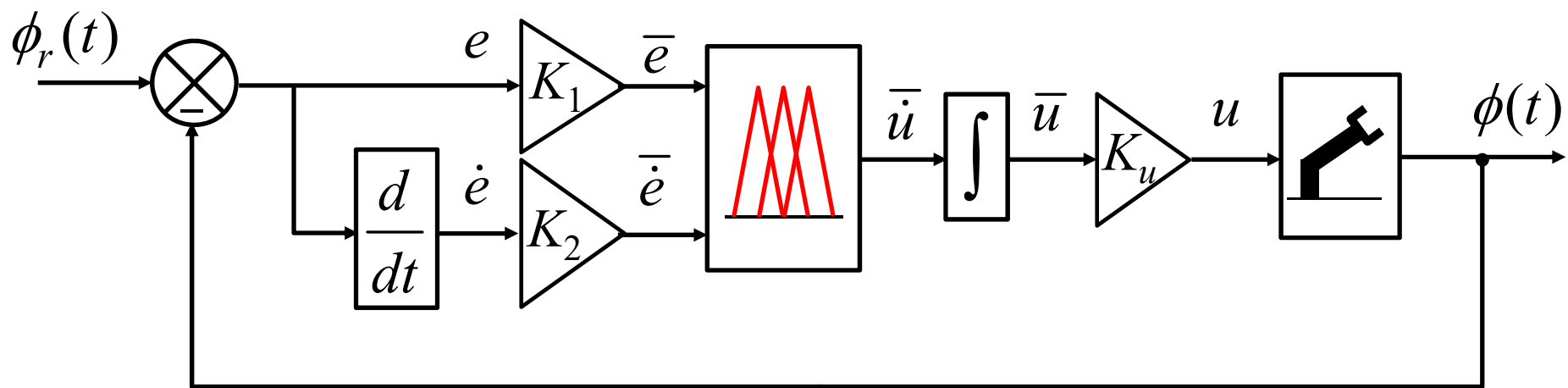
g : gia tốc trọng trường ($g = 9.81$ m/s²)

★ PTVP mô tả cánh tay máy 1 bậc tự do:

$$(J + ml^2)\ddot{\phi}(t) + B\dot{\phi}(t) + (ml + Ml_C)g \sin \phi(t) = u(t)$$

Sơ đồ khối hệ thống điều khiển

- ★ Do đối tượng không có khâu TP lý tưởng nên dùng BĐK **PI mờ**
- ★ Tín hiệu đặt: $0 \leq \phi_r \leq \pi(rad)$
- ★ Các biến vào/ra của bộ điều khiển PI mờ cơ bản:
 - ↗ 2 biến vào: sai số và tốc độ biến thiên sai số
 - ↗ biến ra: biến thiên moment điều khiển
- ★ Sơ đồ khối hệ thống điều khiển:



Chuẩn hóa các biến vào và biến ra

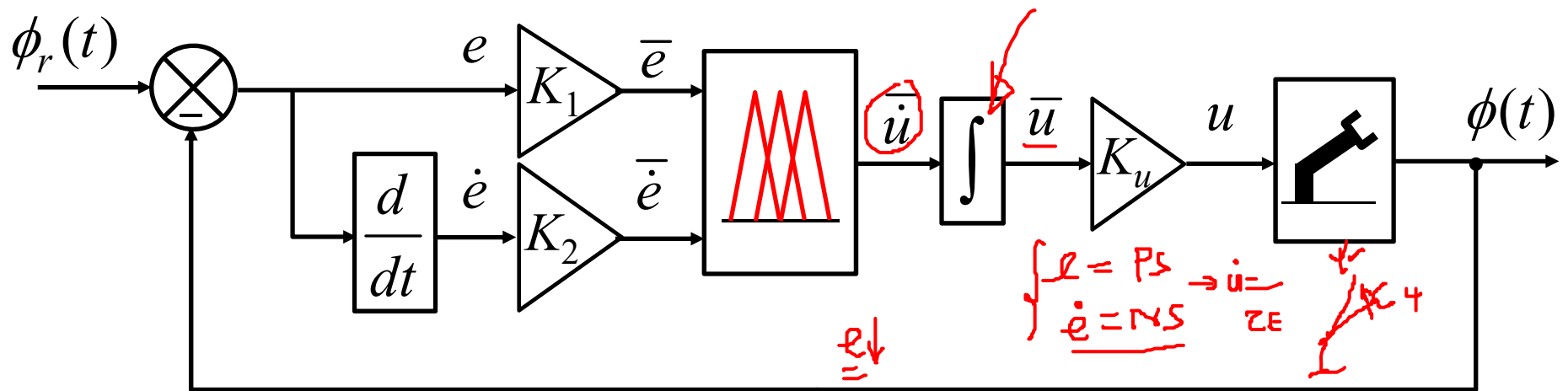
★ Chuẩn hóa biến vào/ra của bộ điều khiển:

➤ Sai số: $e(t) = \phi_r(t) - \phi(t) \quad -\pi \leq e \leq \pi \text{ (rad)} \Rightarrow K_1 = \frac{1}{\pi}$

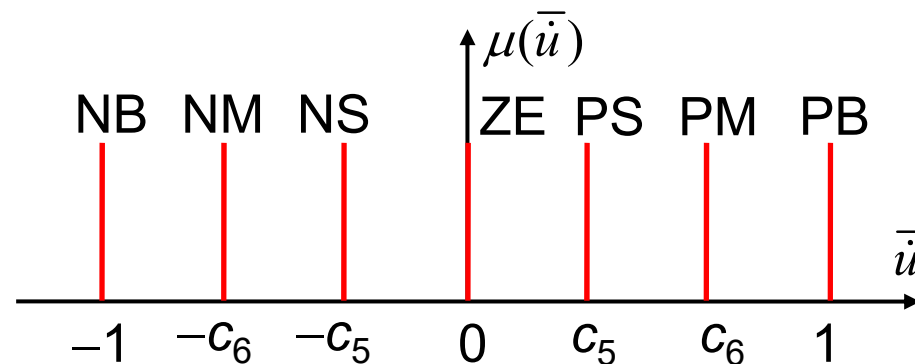
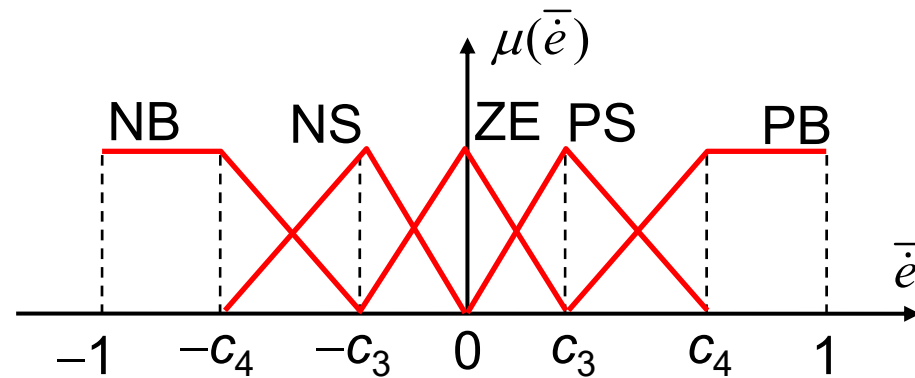
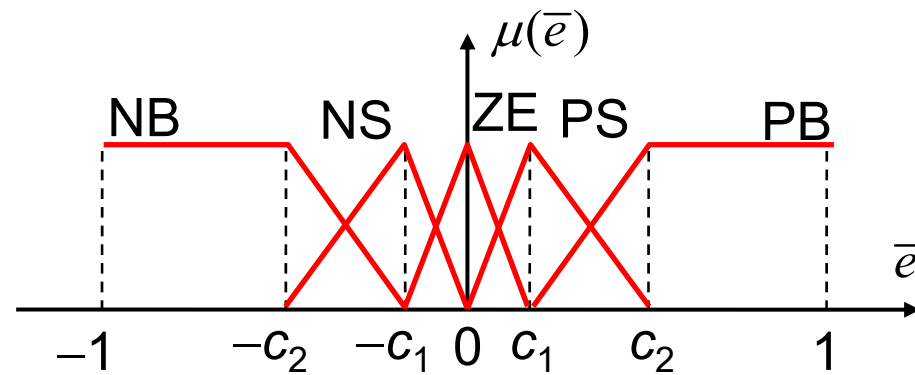
➤ Biến thiên sai số: $-\frac{\pi}{6} \leq \dot{e} \leq \frac{\pi}{6} \text{ (rad / s)} \Rightarrow K_2 = \frac{6}{\pi}$

➤ Moment điều khiển: $-8 \leq u \leq 8 \text{ (Nm)} \Rightarrow K_u = 8$

(Các hệ số cần tinh chỉnh khi mô phỏng hoặc thực nghiệm)

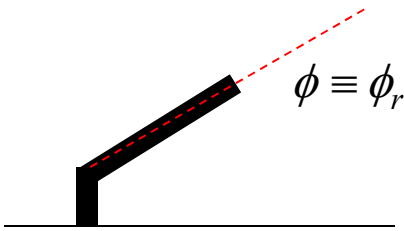


Định nghĩa các giá trị ngôn ngữ cho các biến vào / ra



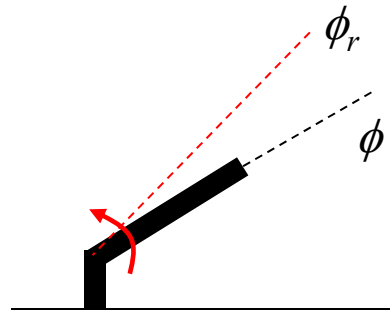
Quy tắc điều khiển mờ được đưa ra dựa vào kinh nghiệm

1



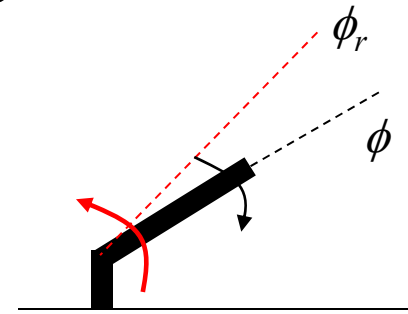
$$\left. \begin{array}{l} e = ZE \\ \dot{e} = ZE \end{array} \right\} \Rightarrow \dot{u} = ZE$$

2



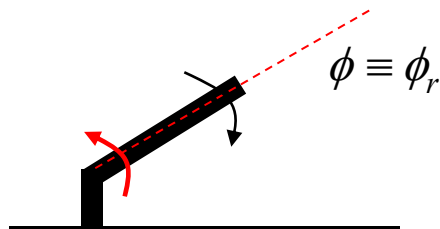
$$\left. \begin{array}{l} e = PS \\ \dot{e} = ZE \end{array} \right\} \Rightarrow \dot{u} = PS$$

3



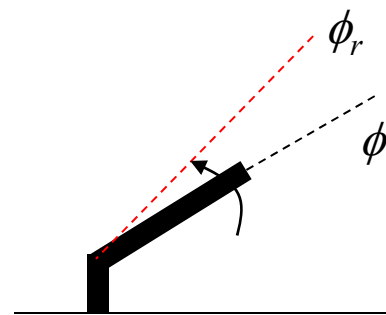
$$\left. \begin{array}{l} e = PS \\ \dot{e} = PS \end{array} \right\} \Rightarrow \dot{u} = PM$$

4



$$\left. \begin{array}{l} e = ZE \\ e = PS \end{array} \right\} \Rightarrow \dot{u} = PS$$

5



$$\left. \begin{array}{l} e = PS \\ \dot{e} = NS \end{array} \right\} \Rightarrow \dot{u} = ZE$$

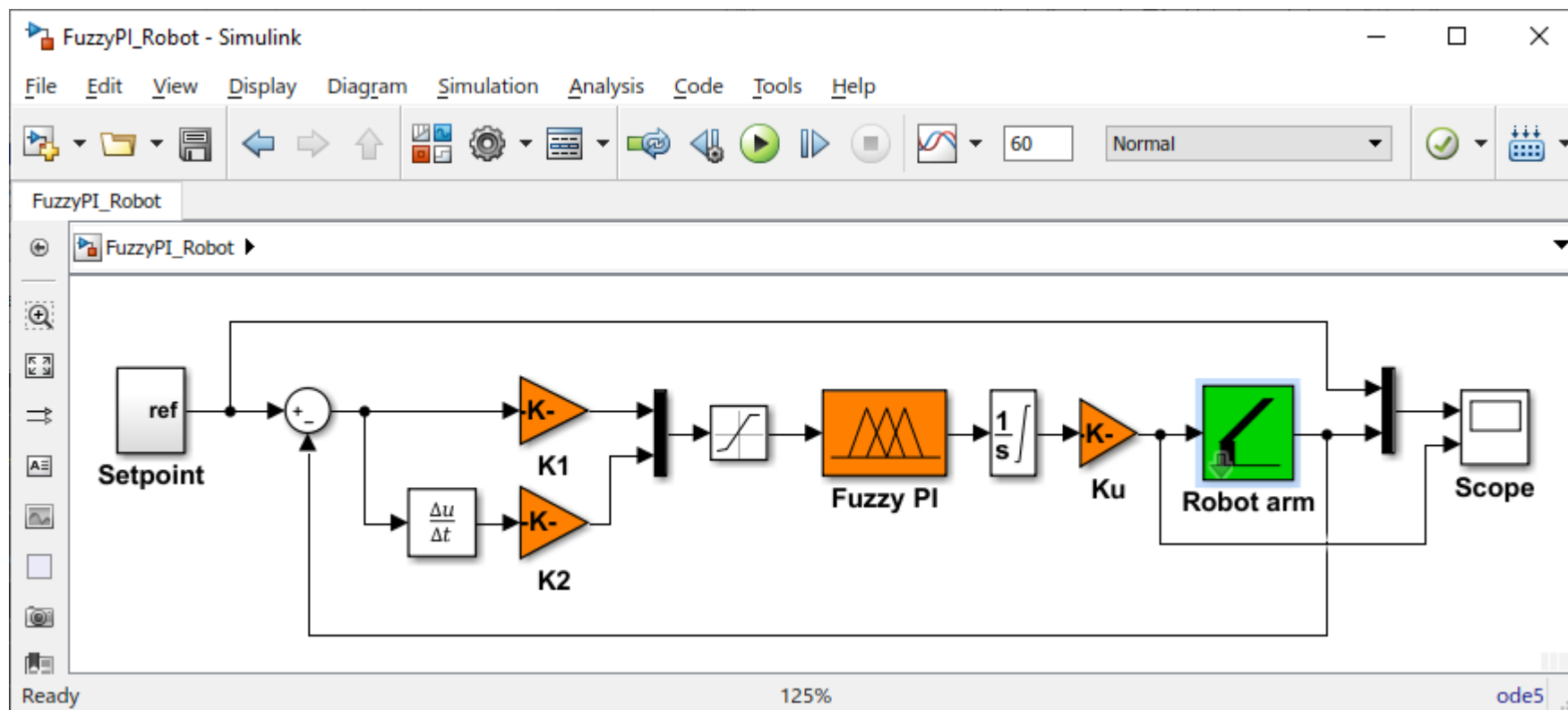
Hệ qui tắc điều khiển góc tay máy

★ Hệ qui tắc mờ điều khiển được đưa ra dựa vào kinh nghiệm:

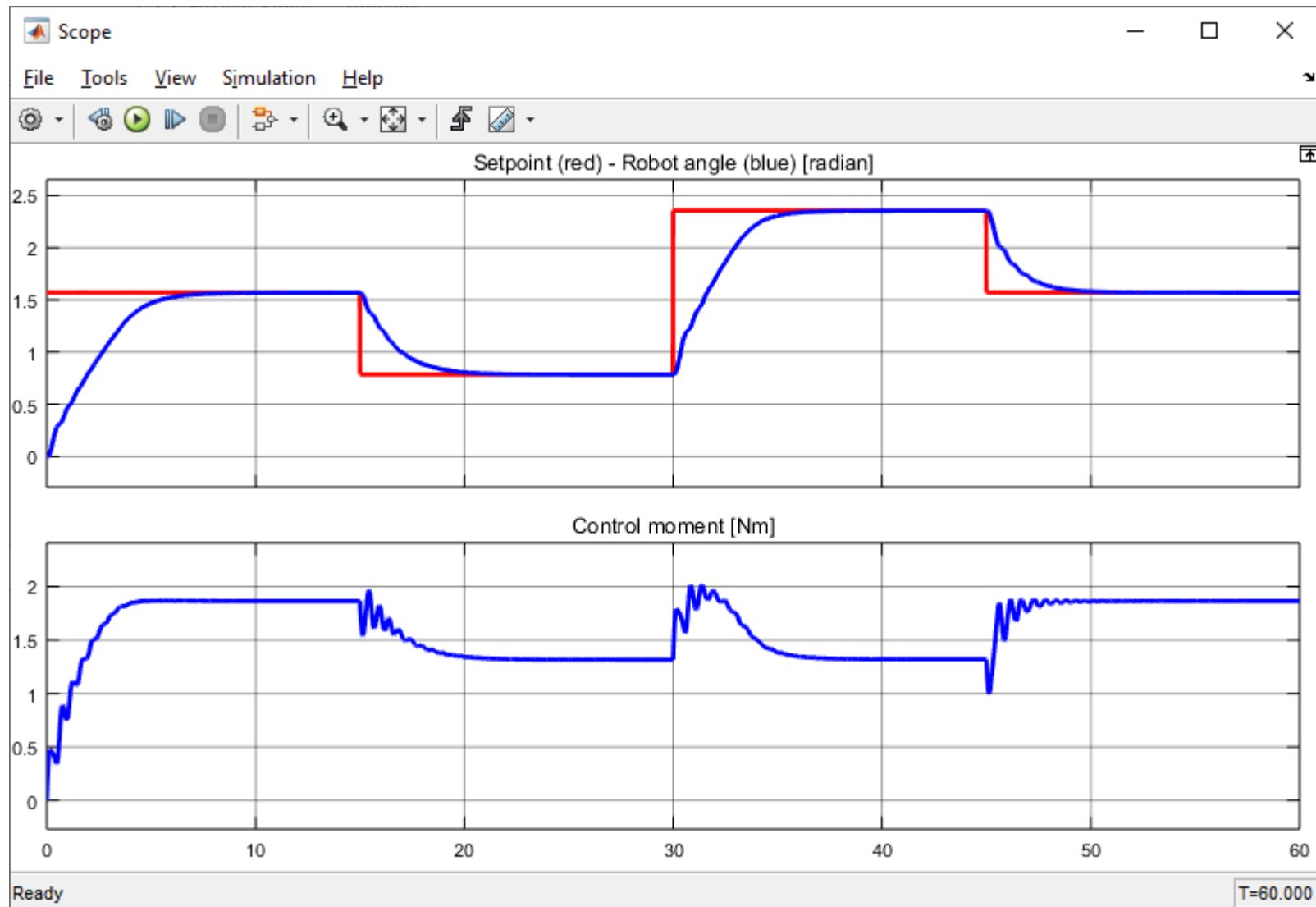
\ddot{u}		e				
		NB	NS	ZE	PS	PB
\dot{e}	NB	NB	NB	NM	NS	ZE
	NS	NB	NM	NS	ZE	PS
	ZE	NM	NS	ZE	PS	PM
	PS	NS	ZE	PS	PM	PB
	PB	ZE	PS	PM	PB	PB

★ Phương pháp suy luận MAX-PROD

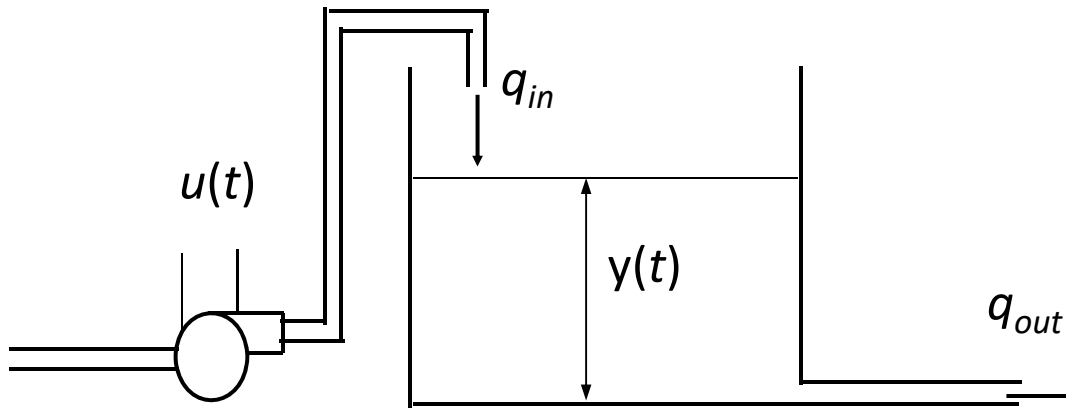
★ Phương pháp giải mờ trung bình trọng số



- ★ Mô phỏng hệ thống điều khiển với $K_1=2/\pi$, $K_2=6/\pi$, $K_u=8$, $c_1=0.1$, $c_2=0.5$, $c_3=0.5$, $c_4=1.0$, $c_5=0.33$, $c_6=0.67$



Bài tập: Điều khiển mực nước theo tín hiệu đặt



$$A = 200 \text{ cm}^2$$

$$b = 1.5 \text{ cm}^2$$

$$C = 0.8$$

$$K = 60 \text{ cm}^3 / \text{s} / \text{V}$$

$$g = 981 \text{ cm} / \text{s}^2$$

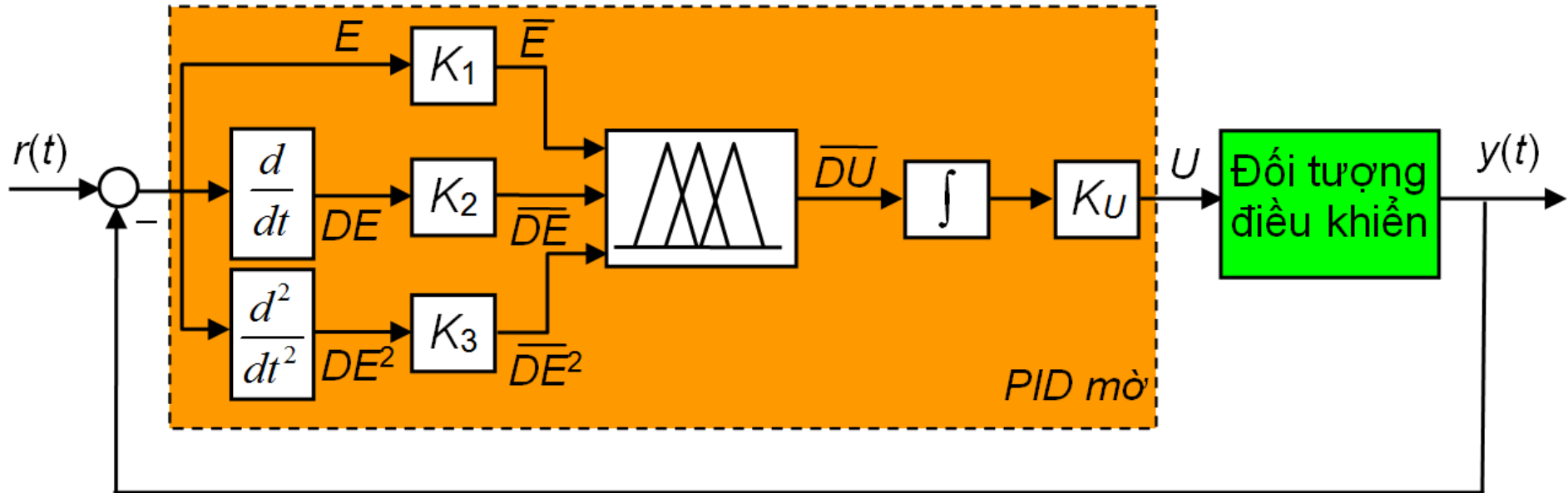
★ Hệ bồn nước:
$$\dot{y}(t) = \frac{1}{A} \left(ku(t) - bC\sqrt{2gy(t)} \right)$$

(tín hiệu ĐK là điện áp u , tín hiệu ra là mực nước y)

★ Thiết kế bộ điều khiển PI mờ điều khiển mực nước bám theo tín hiệu y_d cho trước. Giả sử $0 \leq y \leq 120$ (cm) và $0 \leq u \leq 12$ (V)

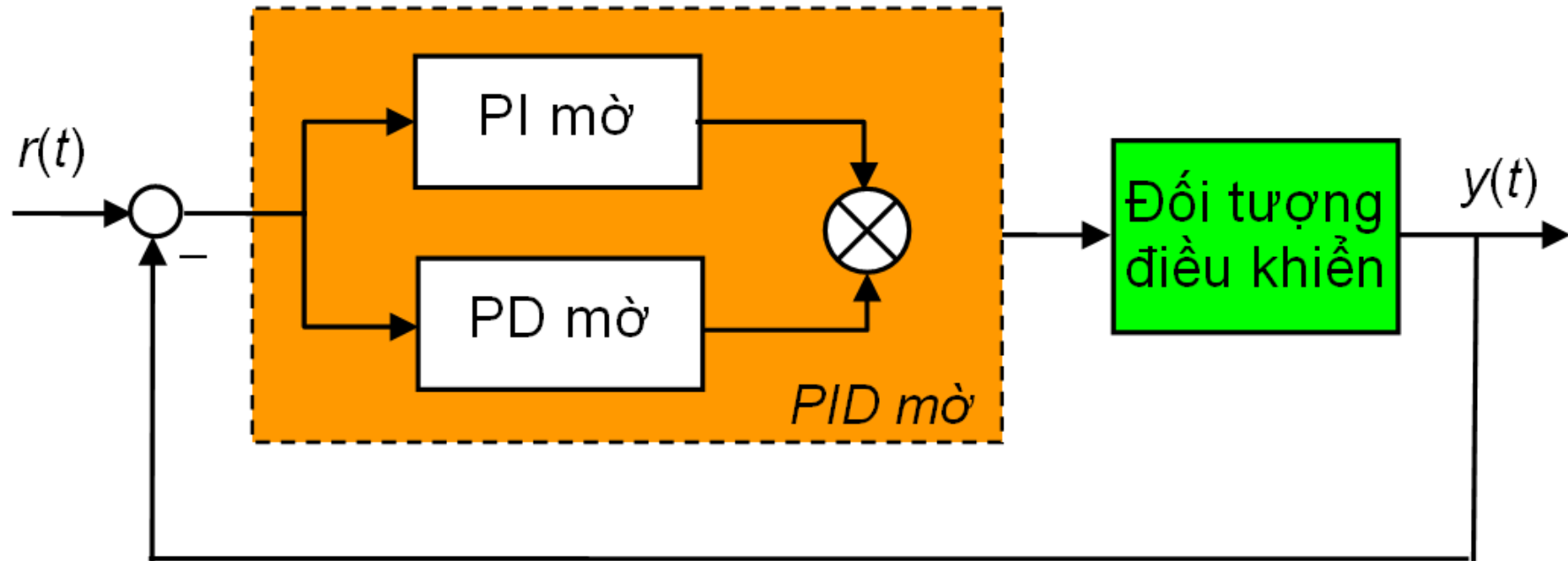
Thiết kế bộ điều khiển PID mờ (tiếp theo)

Điều khiển PID mờ dùng hệ qui tắc Mamdani



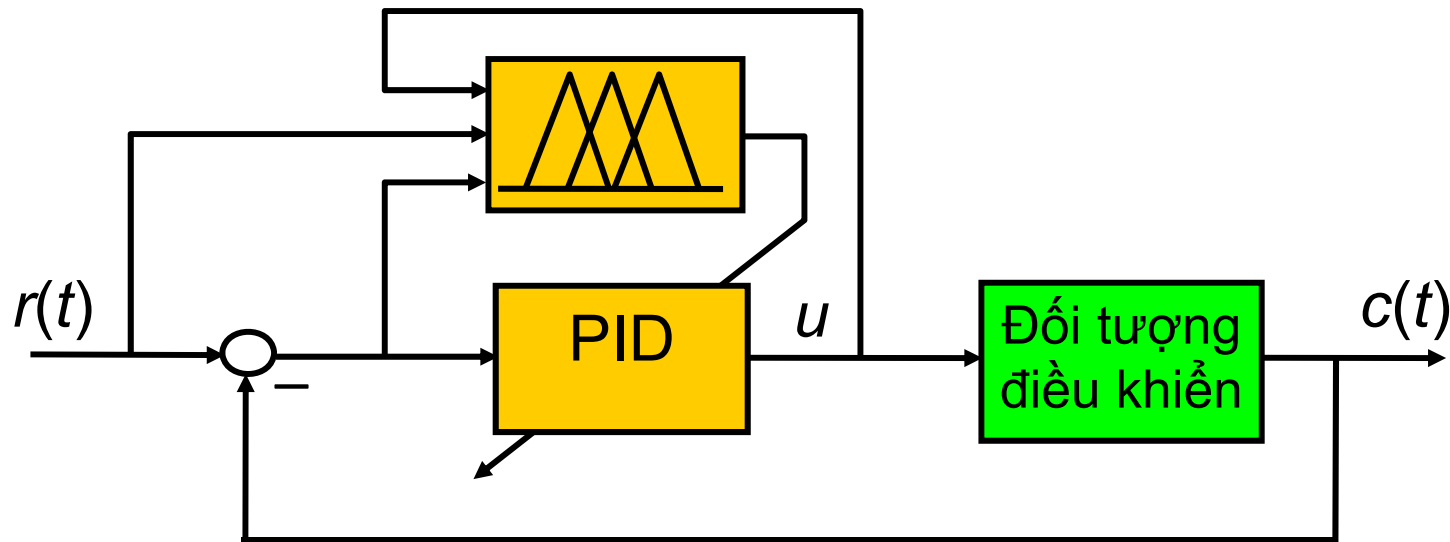
★ Nhận xét: Rất khó đưa ra được hệ qui tắc điều khiển PID mờ theo cấu hình trên

Điều khiển PID mờ dùng hệ qui tắc Mamdani



- ★ Thường bộ điều khiển PID mờ được thực hiện bằng cách kết hợp bộ điều khiển PI mờ và PD mờ

Điều khiển PID mờ dùng qui tắc Sugeno

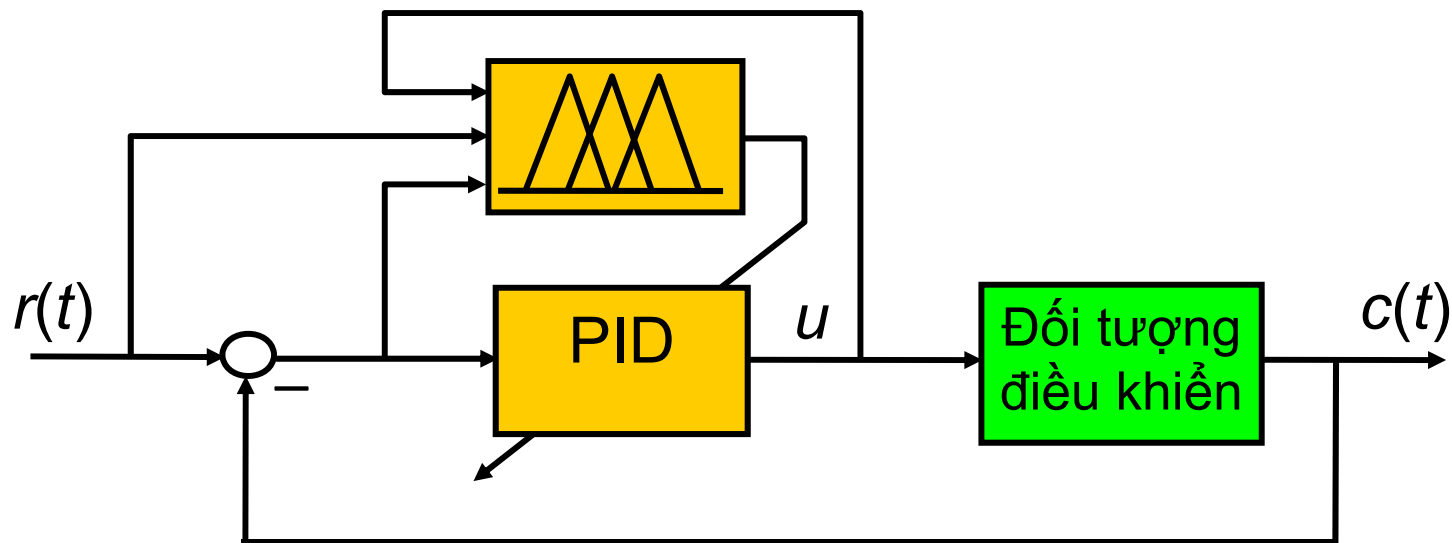


★ Thông số bộ ĐK PID kinh điển thay đổi tùy theo đk làm việc:

Nếu x_1 là \tilde{A}_{1k} và... x_n là \tilde{A}_{nk} thì $u_k(t) = K_{Pk}e(t) + K_{Ik} \int e(t)dt + K_{Dk}\dot{e}(t)$

$$\begin{aligned} u(t) &= \frac{\sum \beta_k u_k(t)}{\sum \beta_k} = \frac{\sum \beta_k \left[K_{Pk}e(t) + K_{Ik} \int e(t)dt + K_{Dk}\dot{e}(t) \right]}{\sum \beta_k} \\ &= \frac{\sum \beta_k K_{Pk}e(t)}{\sum \beta_k} + \frac{\sum \beta_k K_{Ik} \int e(t)dt}{\sum \beta_k} + \frac{\sum \beta_k K_{Dk}\dot{e}(t)}{\sum \beta_k} \\ \Rightarrow u(t) &= \tilde{K}_p e(t) + \tilde{K}_I \int e(t)dt + \tilde{K}_D \dot{e}(t) \end{aligned}$$

Điều khiển PID mờ dùng qui tắc Sugeno



★ Thông số bộ ĐK PID kinh điển thay đổi tùy theo đk làm việc:

Nếu x_1 là \tilde{A}_{1k} và... x_n là \tilde{A}_{nk} thì $u_k(t) = K_{Pk}e(t) + K_{Ik} \int e(t)dt + K_{Dk}\dot{e}(t)$

$$u(t) = \tilde{K}_P e(t) + \tilde{K}_I \int e(t)dt + \tilde{K}_D \dot{e}(t)$$

$$\tilde{K}_P = \frac{\sum_{k=1}^R \beta_k K_{Pk}}{\sum_{k=1}^R \beta_k}$$

$$\tilde{K}_I = \frac{\sum_{k=1}^R \beta_k K_{Ik}}{\sum_{k=1}^R \beta_k}$$

$$\tilde{K}_D = \frac{\sum_{k=1}^R \beta_k K_{Dk}}{\sum_{k=1}^R \beta_k}$$

Nhắc lại: Ảnh hưởng của bộ điều khiển PID

- ★ Ảnh hưởng của việc **tăng từng thông số riêng lẻ** của bộ điều khiển PID đến chất lượng của hệ thống kín:

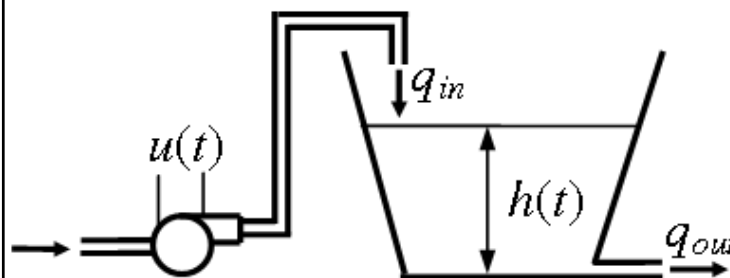
Thông số	Thời gian lên	POT	Thời gian quá độ	Sai số xác lập	Độ ổn định
K_P	Giảm	Tăng	Thay đổi nhỏ	Giảm	Giảm
K_I	Giảm	Tăng	Tăng	Triệt tiêu	Giảm
K_D	Thay đổi ít	Giảm	Giảm	Không ảnh hưởng	Tăng nếu K_D nhỏ

Nhắc lại: Trình tự chỉnh bộ điều khiển PID

Trình tự chỉnh bộ điều khiển PID bằng tay:

1. Đặt K_I và K_D bằng 0, **tăng dần K_P** đến giá trị hệ số khuếch đại giới hạn K_{gh} (tức là hệ số khuếch đại làm cho hệ thống ở biên giới ổn định)
2. **Đặt $K_P \approx K_{gh}/2$ (hoặc chỉnh K_P để $POT \approx 25\%$)**
3. **Tăng dần K_I** đến khi sai số xác lập bị triệt tiêu trong thời gian đủ nhanh (Chú ý K_I quá lớn có thể làm hệ thống mất ổn định).
4. **Tăng dần K_D** để giảm độ vọt lố và thời gian xác lập (chú ý K_D quá lớn có thể làm có hệ thống vọt lố trở lại)
5. Tinh chỉnh K_P , K_I , K_D để đáp ứng đạt yêu cầu

Thí dụ điều khiển mức chất lỏng trong bồn chứa



$u(t)$: điện áp điều khiển máy bơm ($0 \leq u(t) \leq 12V$)

$h(t)$: độ cao mực chất lỏng trong bồn (cm)

$A(h)$: tiết diện ngang bồn chứa (cm^2)

h_{max} : độ cao cực đại của bồn chứa ($h_{max} = 50\text{cm}$)

A_{max} : tiết diện ngang cực đại ($A_{max} = 200 \text{ cm}^2$)

A_{min} : tiết diện ngang cực tiểu ($A_{min} = 100 \text{ cm}^2$)

k : hệ số tỉ lệ với công suất máy bơm ($k = 300 \text{ cm}^3/\text{sec}$)

a : tiết diện van xả ($a = 1 \text{ cm}^2$)

g : gia tốc trọng trường ($981 \text{ cm}/\text{sec}^2$)

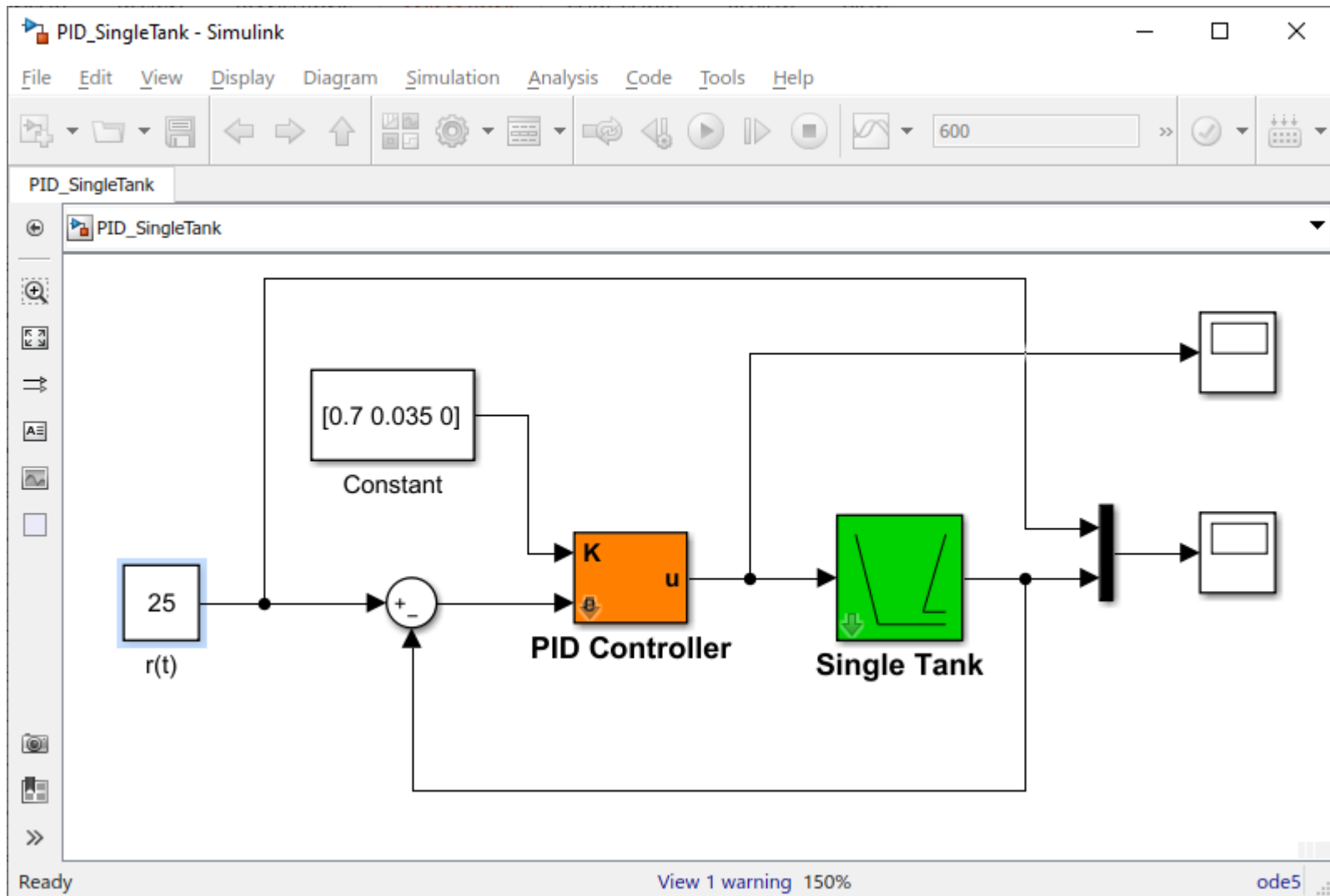
C_D : hệ số xả ($C_D = 0.6$)

★ PTVP mô tả đặc tính động học hệ bồn chứa:

$$\dot{h}(t) = \frac{1}{A(h)} \left(ku(t) - C_D a \sqrt{2gh(t)} \right)$$

$$A(h) = \frac{A_{max} - A_{min}}{h_{max}} h + A_{min}$$

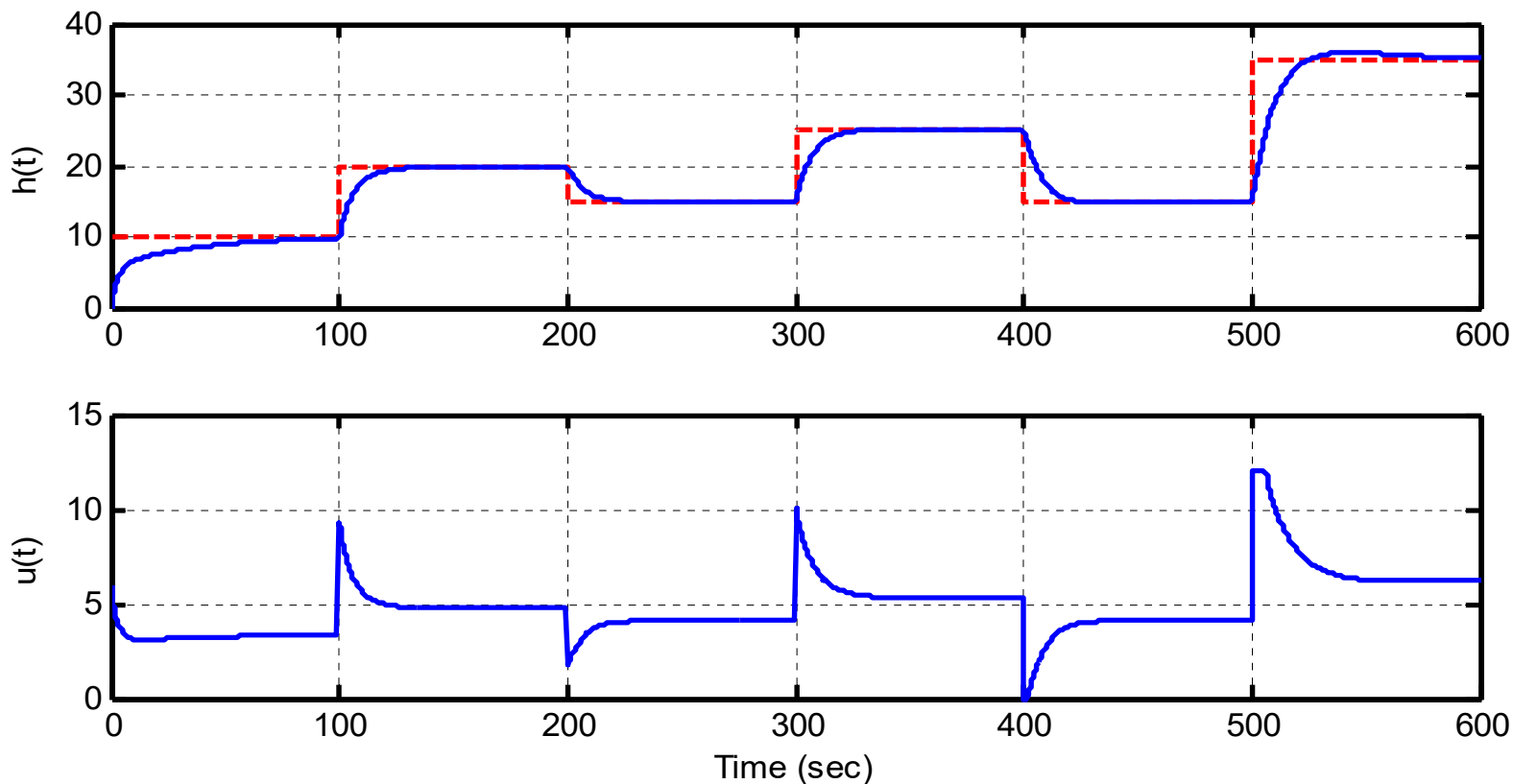
★ Bộ điều khiển: **PID**



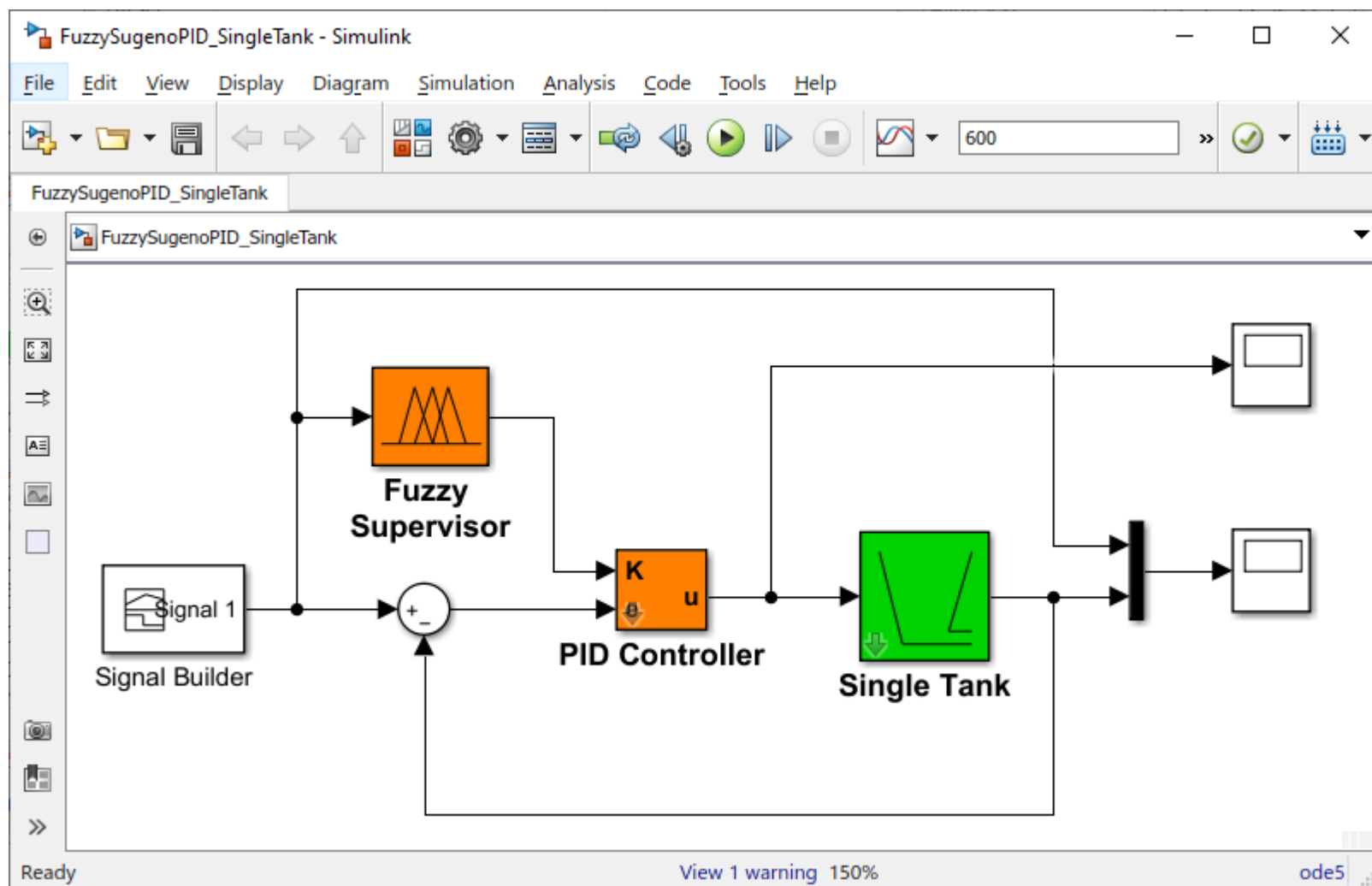
Thí dụ điều khiển mức chất lỏng trong bồn chứa (tt)

★ Kết quả ĐK dùng bộ điều khiển PID kinh điển thiết kế dựa vào mô hình tuyến tính xung quanh điểm làm việc $h=20\text{cm}$.

⇒ Chất lượng điều khiển không tốt tại các điểm làm việc ở xa điểm $h=20\text{cm}$

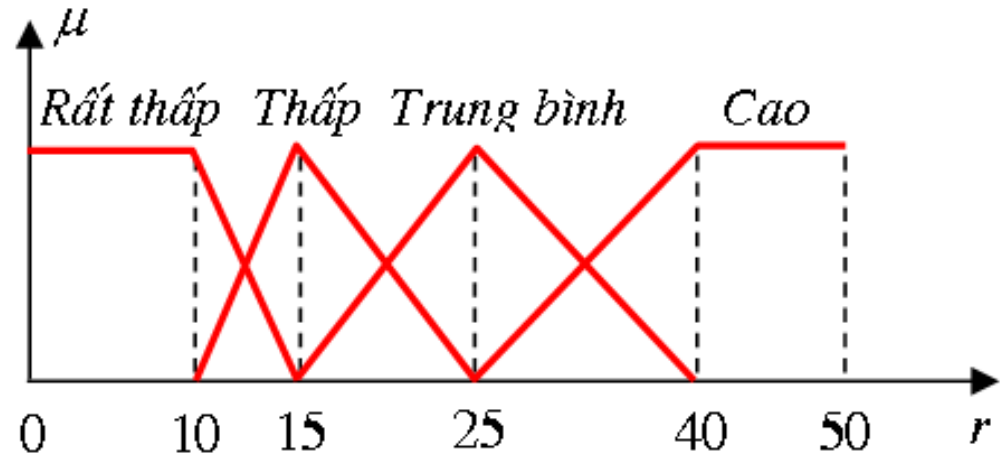


★ Bộ điều khiển: **PI mờ Sugeno**



Thí dụ điều khiển mức chất lỏng trong bồn chứa (tt)

- ★ Các tập mờ tương ứng với điểm làm việc:

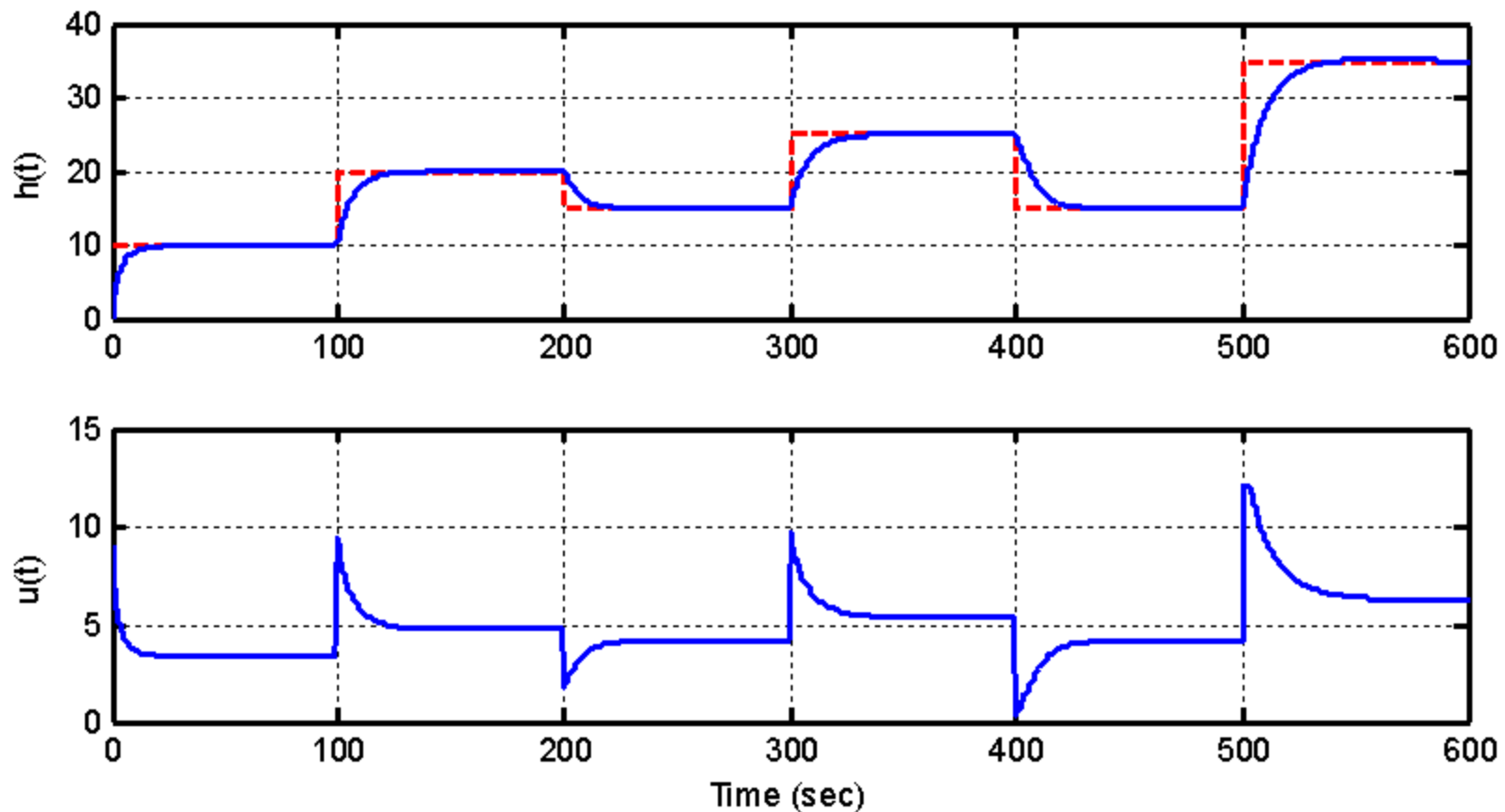


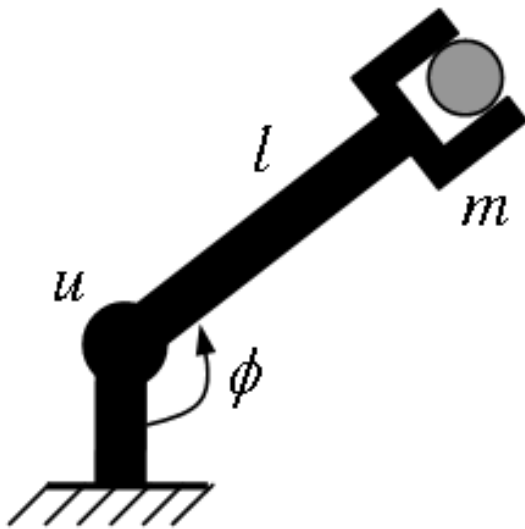
- ★ Hệ qui tắc

		Thông số bộ điều khiển PI	
		K_P	K_I
Điểm làm việc	Rất thấp	0.900	0.080
	Thấp	0.800	0.055
	Trung bình	0.700	0.035
	Cao	0.600	0.020

Thí dụ điều khiển mức chất lỏng trong bồn chứa (tt)

- ★ Kết quả điều khiển dùng bộ điều khiển PID mờ Sugeno
- ⇒ Chất lượng điều khiển gần như tương đương nhau tại mọi điểm làm việc





$u(t)$: moment tác động lên trục quay của cánh tay máy

$\phi(t)$: góc quay (vị trí) của cánh tay máy,

J : moment quán tính của cánh tay máy ($J = 0.05$ kg.m²)

M : khối lượng của cánh tay máy ($M = 1.0$ kg)

m : khối lượng vật nặng ($m = 0.1$ kg)

l : chiều dài cánh tay máy ($l = 0.4$ m)

l_c : khoảng cách từ trọng tâm cánh tay máy đến trục quay ($l_c = 0.15$ m)

B : hệ số ma sát nhớt ($B = 0.2$ kg.m²/s)

g : gia tốc trọng trường ($g = 9.81$ m/s²)

★ PTVP mô tả cánh tay máy 1 bậc tự do:

$$(J + ml^2)\ddot{\phi}(t) + B\dot{\phi}(t) + (ml + Ml_c)g \sin \phi(t) = u(t)$$

★ Thiết kế bộ điều khiển PID mờ dùng qui tắc Sugeno điều khiển tay máy làm việc trong miền $0 \leq \phi \leq \pi$ (rad)

Thiết kế bộ điều khiển mờ dựa vào lý thuyết ổn định Lyapunov

Điểm cân bằng của hệ phi tuyến

- ★ Xét hệ phi tuyến mô tả bởi PTTT sau:

$$\dot{x} = f(x, u)$$

- ★ Một điểm trạng thái x_e được gọi là điểm cân bằng nếu như hệ đang ở trạng thái x_e và không có tác động nào từ bên ngoài thì hệ sẽ nằm nguyên tại đó.

- ★ Dễ thấy điểm cân bằng là nghiệm của phương trình:

$$f(x, u) \Big|_{x=x_e, u=0} = \mathbf{0}$$

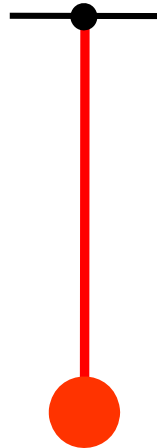
- ★ Hệ phi tuyến có thể có nhiều điểm cân bằng hoặc không có điểm cân bằng nào. Điều này hoàn toàn khác so với hệ tuyến tính, hệ tuyến tính luôn luôn có 1 điểm cân bằng là $x_e = 0$.

Ổn định tại điểm cân bằng

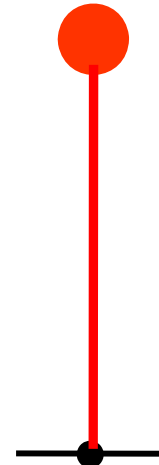
★ **Định nghĩa:** Một hệ thống được gọi là ổn định tại điểm cân bằng x_e nếu như có một tác động tức thời đánh bật hệ ra khỏi x_e và đưa đến điểm x_0 thuộc lân cận nào đó của x_e thì sau đó hệ có khả năng tự quay được về điểm cân bằng x_e ban đầu.

Chú ý: tính ổn định của hệ phi tuyến chỉ có nghĩa khi đi cùng với điểm cân bằng. Có thể hệ ổn định tại điểm cân bằng này nhưng không ổn định tại điểm cân bằng khác.

★ Thí dụ:



Điểm cân bằng ổn định



Điểm cân bằng không ổn định

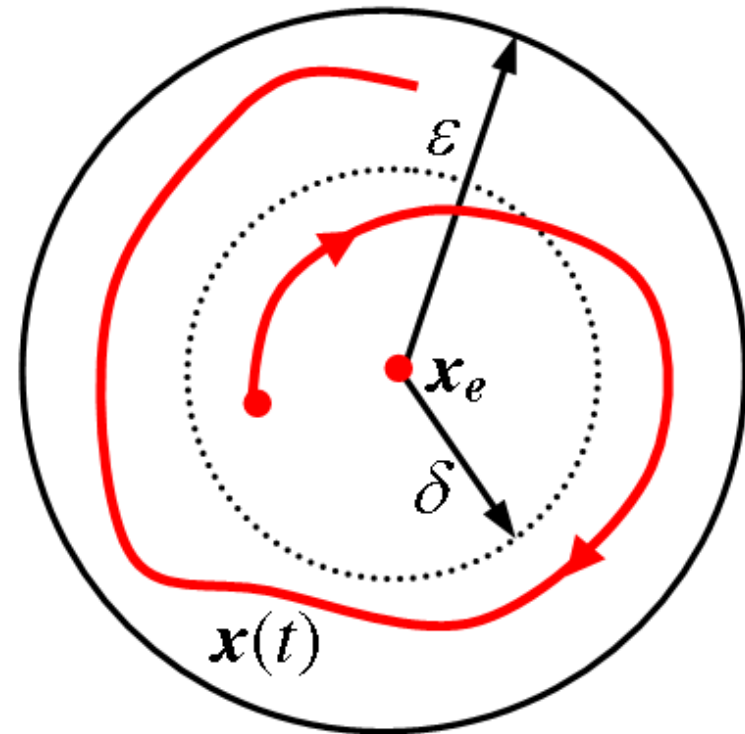
- Cho hệ phi tuyến không kích thích mô tả bởi PTTT:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, u)|_{u=0} \quad (1)$$

Giả sử hệ thống có điểm cân bằng $\mathbf{x}_e = \mathbf{0}$.

- Hệ thống được gọi là **ổn định Lyapunov** tại điểm cân bằng $\mathbf{x}_e = \mathbf{0}$ nếu với $\varepsilon > 0$ bất kỳ bao giờ cũng tồn tại δ phụ thuộc ε sao cho nghiệm $\mathbf{x}(t)$ của phương trình (1) với điều kiện đầu $\mathbf{x}(0)$ thỏa mãn:

$$\|\mathbf{x}(0)\| < \delta \Rightarrow \|\mathbf{x}(t)\| < \varepsilon, \forall t \geq 0$$



Ổn định tiệm cận Lyapunov

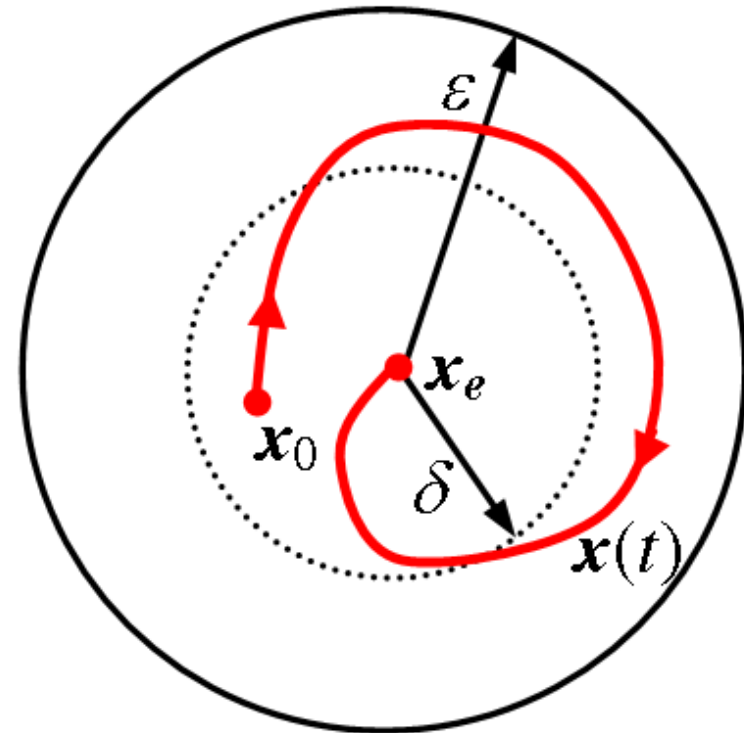
- ★ Cho hệ phi tuyến không kích thích mô tả bởi PTTT:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, u)|_{u=0} \quad (1)$$

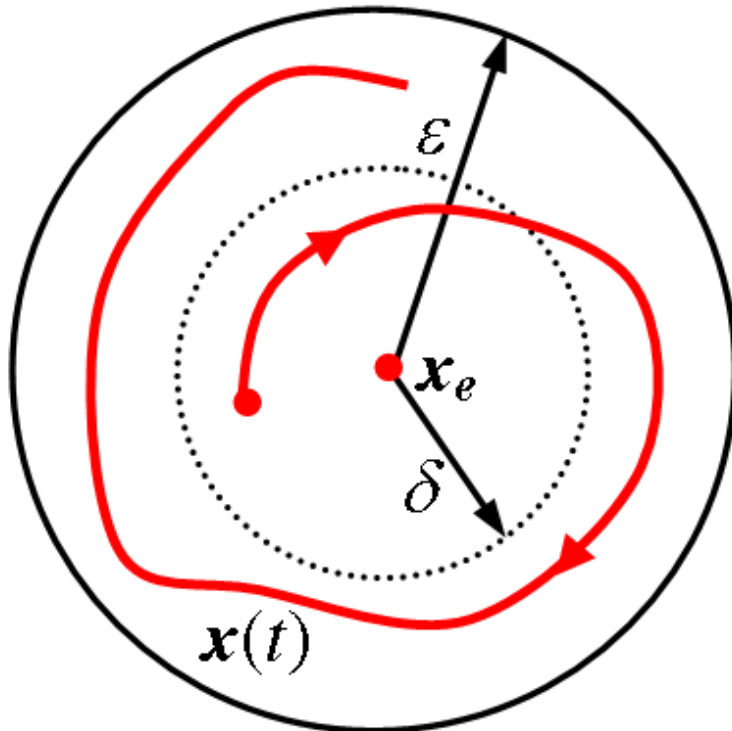
Giả sử hệ thống có điểm cân bằng $\mathbf{x}_e = \mathbf{0}$.

- ★ Hệ thống được gọi là **ổn định tiệm cận Lyapunov** tại điểm cân bằng $\mathbf{x}_e = \mathbf{0}$ nếu với $\varepsilon > 0$ bất kỳ bao giờ cũng tồn tại δ phụ thuộc ε sao cho nghiệm $\mathbf{x}(t)$ của phương trình (1) với điều kiện đầu $\mathbf{x}(0)$ thỏa mãn:

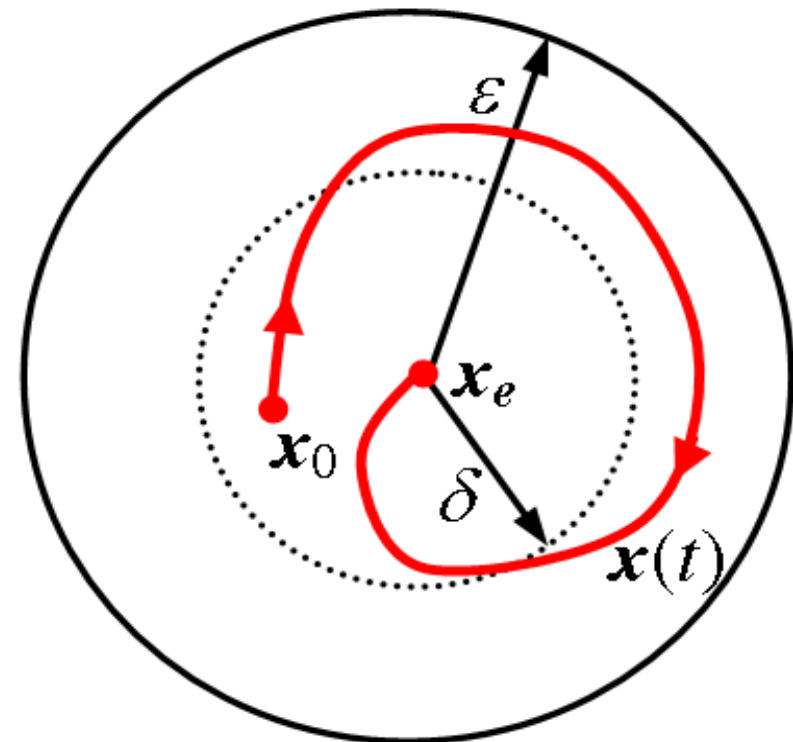
$$\|\mathbf{x}(0)\| < \delta \quad \Rightarrow \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \mathbf{x}(t) = \mathbf{0}$$



So sánh ổn định Lyapunov và ổn định tiệm cận Lyapunov



Ổn định Lyapunov



Ổn định tiệm cận Lyapunov

Định lý ổn định Lyapunov

★ **Định lý ổn định Lyapunov:** Cho hệ phi tuyến không kích thích mô tả bởi phương trình trạng thái:

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, u)|_{u=0} \quad (1)$$

Giả sử hệ thống có điểm cân bằng tại $\mathbf{x}_e = \mathbf{0}$.

Nếu tồn tại hàm $V(\mathbf{x})$ sao cho trong miền $D \subset \mathbb{R}^n$ chứa điểm cân bằng, $V(\mathbf{x})$ thỏa:

i) $V(\mathbf{x}) > 0, \quad \forall \mathbf{x} \in D \setminus \{\mathbf{0}\}$

ii) $V(\mathbf{0}) = 0$

iii) $\dot{V}(\mathbf{x}) \leq 0, \quad \forall \mathbf{x} \in D$

Thì hệ thống (1) **ổn định** Lyapunov tại điểm cân bằng $\mathbf{x}_e = \mathbf{0}$.

(Nếu $\dot{V}(\mathbf{x}) < 0, \quad \forall \mathbf{x} \neq \mathbf{0}$ thì HT **ổn định tiệm cận** Lyapunov tại điểm 0)

★ **Chú ý:** Hàm $V(\mathbf{x})$ thường được chọn là hàm toàn phương theo biến trạng thái.

- ★ Bước 1: Xác định phương trình trạng thái mô tả đặc tính động học của đối tượng.
- ★ Bước 2: Chọn hàm Lyapunov bán xác định dương, hàm Lyapunov là hàm của các biến trạng thái và có liên quan đến tín hiệu điều khiển .
- ★ Bước 3: Tìm điều kiện ràng buộc của sao cho đạo hàm theo thời gian của hàm Lyapunov bán xác định âm.
- ★ Bước 4: Nếu không tìm được biểu thức tường minh thỏa mãn điều kiện ràng buộc ở bước 2 thì ta chọn một số điểm đặc tính và tín giá trị tín hiệu điều khiển thỏa mãn điều kiện ràng buộc tại các điểm đặc tính.
- ★ Bước 5: Thiết kế bộ điều khiển mờ có mặt điều khiển chứa các điểm đặc tính tính toán được ở bước 4.

Thí dụ: TK bộ điều khiển mờ dùng PP Lyapunov

Thiết kế bộ điều khiển mờ giữ cân bằng hệ con lắc ngược dùng lý thuyết ổn định Lyapunov, biết rằng góc lệch của con lắc quan hệ với lực điều khiển xe theo phương trình vi phân sau:

$$\ddot{\theta} = \frac{u \cos \theta - (M + m)g(\sin \theta) + ml(\cos \theta \sin \theta)\dot{\theta}}{ml(\cos \theta)^2 - (M + m)l}$$

Cho:

- $M = 1$ [Kg] *trọng lượng xe*
- $m = 0.1$ [Kg] *trọng lượng con lắc*
- $l = 1$ [m] *chiều dài con lắc*
- $g = 9.81$ [m/s²] *gia tốc trọng trường*
- u : *lực tác động vào xe* [N]
- θ : *góc giữa con lắc và phương thẳng đứng* [rad]

Đặt $x_1 = \theta$ và $x_2 = \dot{\theta}$ ta được phương trình trạng thái:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = \frac{u \cos x_1 - (M + m)g(\sin x_1) + ml(\cos x_1 \sin x_1)x_2}{ml(\cos x_1)^2 - (M + m)l} \end{cases}$$

Chọn hàm Lyapunov bán xác định dương:

$$V = \frac{1}{2}(x_1^2 + x_2^2)$$

Đạo hàm theo thời gian của hàm Lyapunov là:

$$\begin{aligned}\dot{V} &= x_1 \dot{x}_1 + x_2 \dot{x}_2 \\ &= x_1 x_2 + x_2 \frac{u \cos x_1 - (M + m)g(\sin x_1) + ml(\cos x_1 \sin x_1)x_2}{ml(\cos x_1)^2 - (M + m)l} \\ &= x_2 \frac{x_1 ml(\cos x_1)^2 - x_1(M + m)l + u \cos x_1 - (M + m)g(\sin x_1) + ml(\cos x_1 \sin x_1)x_2}{ml(\cos x_1)^2 - (M + m)l}\end{aligned}$$

Tín hiệu điều khiển thỏa mãn điều kiện ổn định

Chọn $u(t)$ thỏa mãn điều kiện ổn định Lyapunov ($\dot{V} \leq 0$)

– Nếu $x_2 > 0$:

$$u > \frac{(M + m)[x_1 l + g(\sin x_1)] - x_1 m l (\cos x_1)^2 - m l (\cos x_1 \sin x_1) x_2}{\cos x_1}$$

– Nếu $x_2 < 0$:

$$u < \frac{(M + m)[x_1 l + g(\sin x_1)] - x_1 m l (\cos x_1)^2 - m l (\cos x_1 \sin x_1) x_2}{\cos x_1}$$

– Nếu $x_2 = 0$:

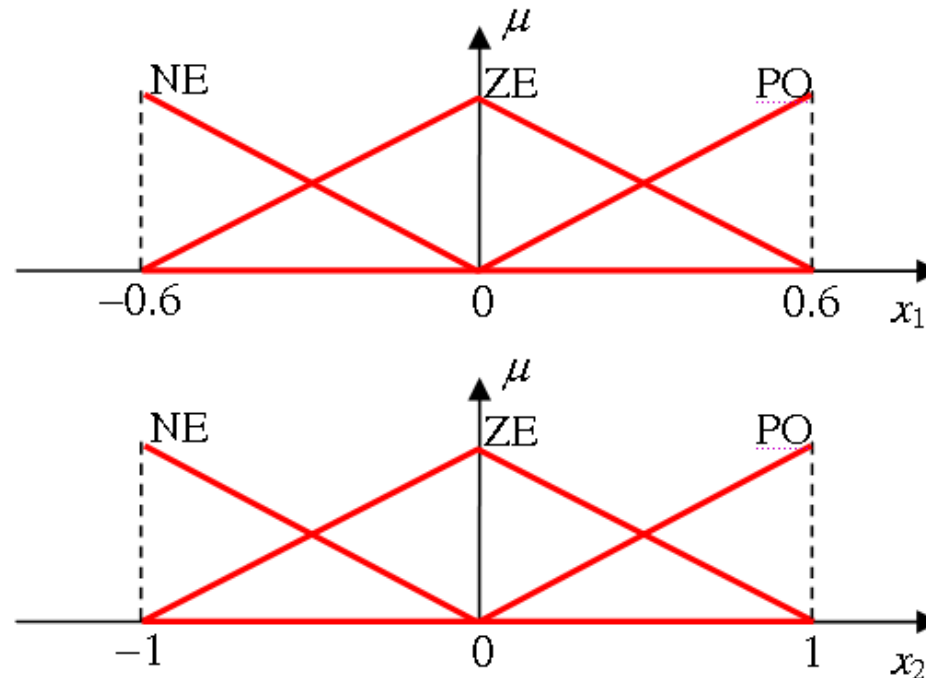
$$u = \frac{(M + m)[x_1 l + g(\sin x_1)] - x_1(t) m l (\cos x_1)^2}{\cos x_1}$$

Chọn các điểm đặc tính thỏa mãn điều kiện ổn định

Điểm đặc tính		Điều kiện ổn định	Chọn tín hiệu điều khiển u
x_1	x_2		
-0.6	-1.0	$u < -8.3021$	-12.00
-0.6	0.0	$u = -8.1327$	-8.13
-0.6	1.0	$u > -7.9633$	-6.00
0.0	-1.0	$u < 0$	-2.00
0.0	0.0	$u = 0$	0.00
0.0	1.0	$u > 0$	2.00
0.6	-1.0	$u < 8.3021$	6.00
0.6	0.0	$u = 8.1327$	8.13
0.6	1.0	$u > 7.9633$	12.00

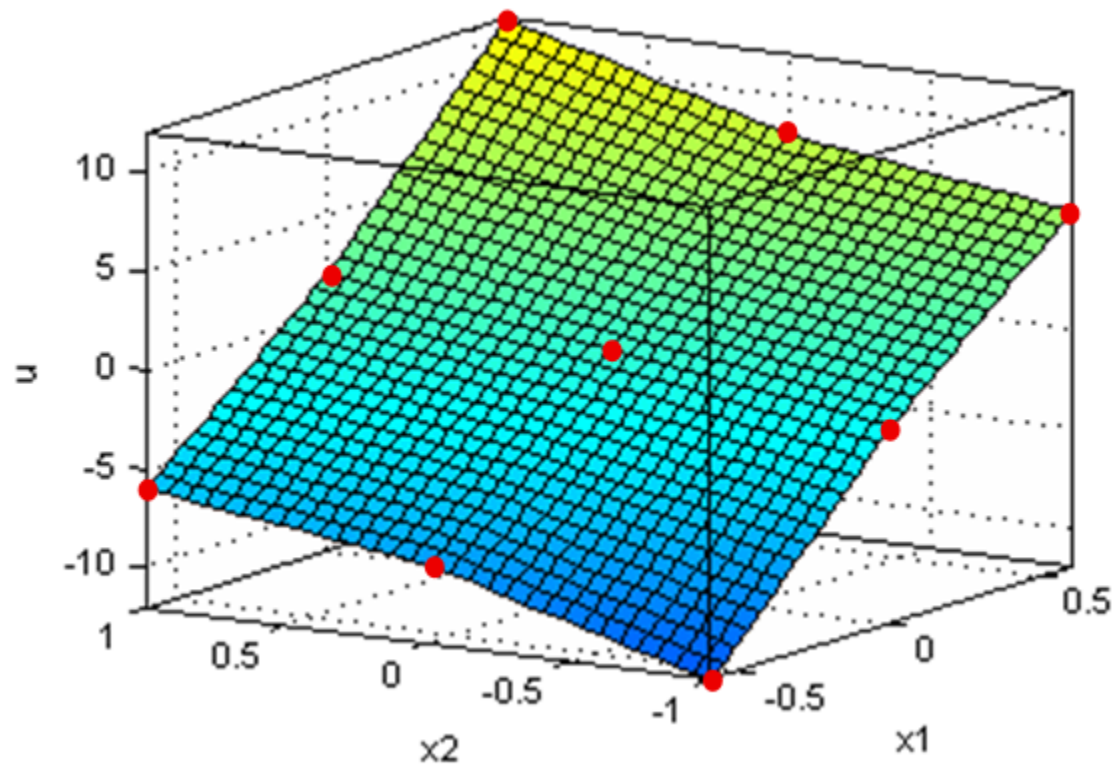
Định nghĩa hệ mờ dựa trên các điểm đặc tính

★ Các tập mờ định nghĩa cho các tín hiệu vào



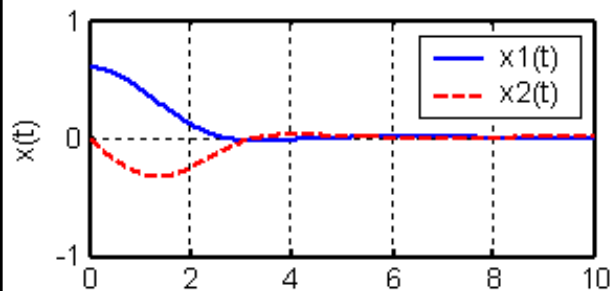
★ Hệ qui tắc

u		x_2		
		NE	ZE	PO
x_1	NE	-12.00	-8.13	-6.00
	ZE	-2.00	0.00	2.00
	PO	6.00	8.13	12.00

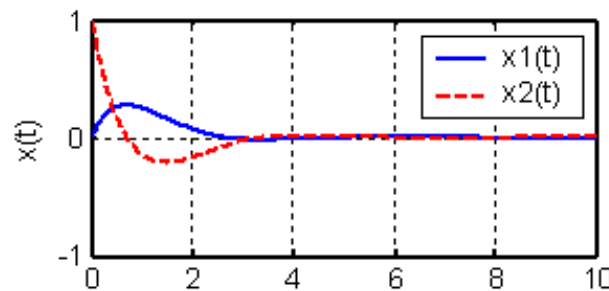


Kết quả điều khiển giữ cân bằng hệ con lắc ngược

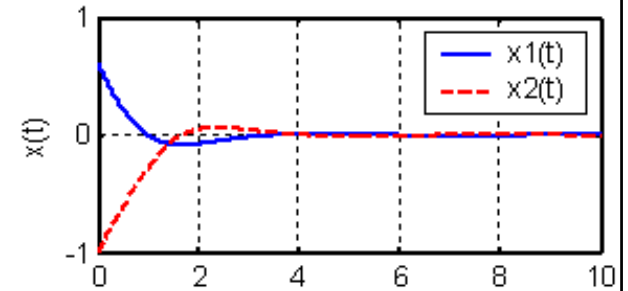
- ★ Bộ điều khiển mờ đã thiết kế có khả năng điều khiển hệ con lắc ngược về trạng thái cân bằng từ trạng thái đầu khác 0.



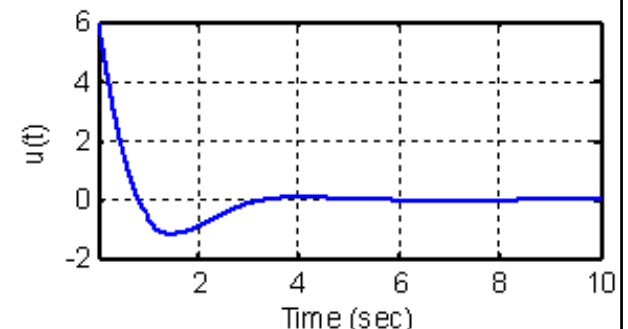
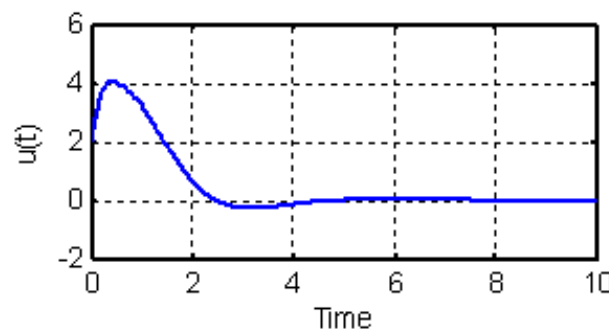
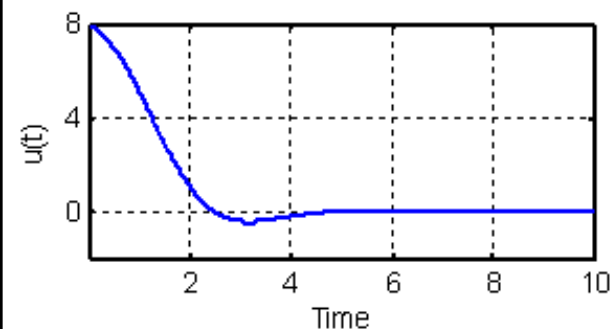
$$\mathbf{x}_0 = [0.6; 0.0]$$



$$\mathbf{x}_0 = [0.0; 1.0]$$



$$\mathbf{x}_0 = [0.6; -1.0]$$



ỨNG DỤNG ĐIỀU KHIỂN MỜ

❑ LU-906M Intelligent PID Regulator

Brief Introduction

LU-906M has many kinds of input types, output methods and control methods, adopts the control method that the **fuzzy theory** and the traditional PID control unified, enable the control process to have the merit of quick respond, over small modulation and high precision stable state, specially has the obvious effect to the greatly pure lag object which is difficult to control by the conventional PID.

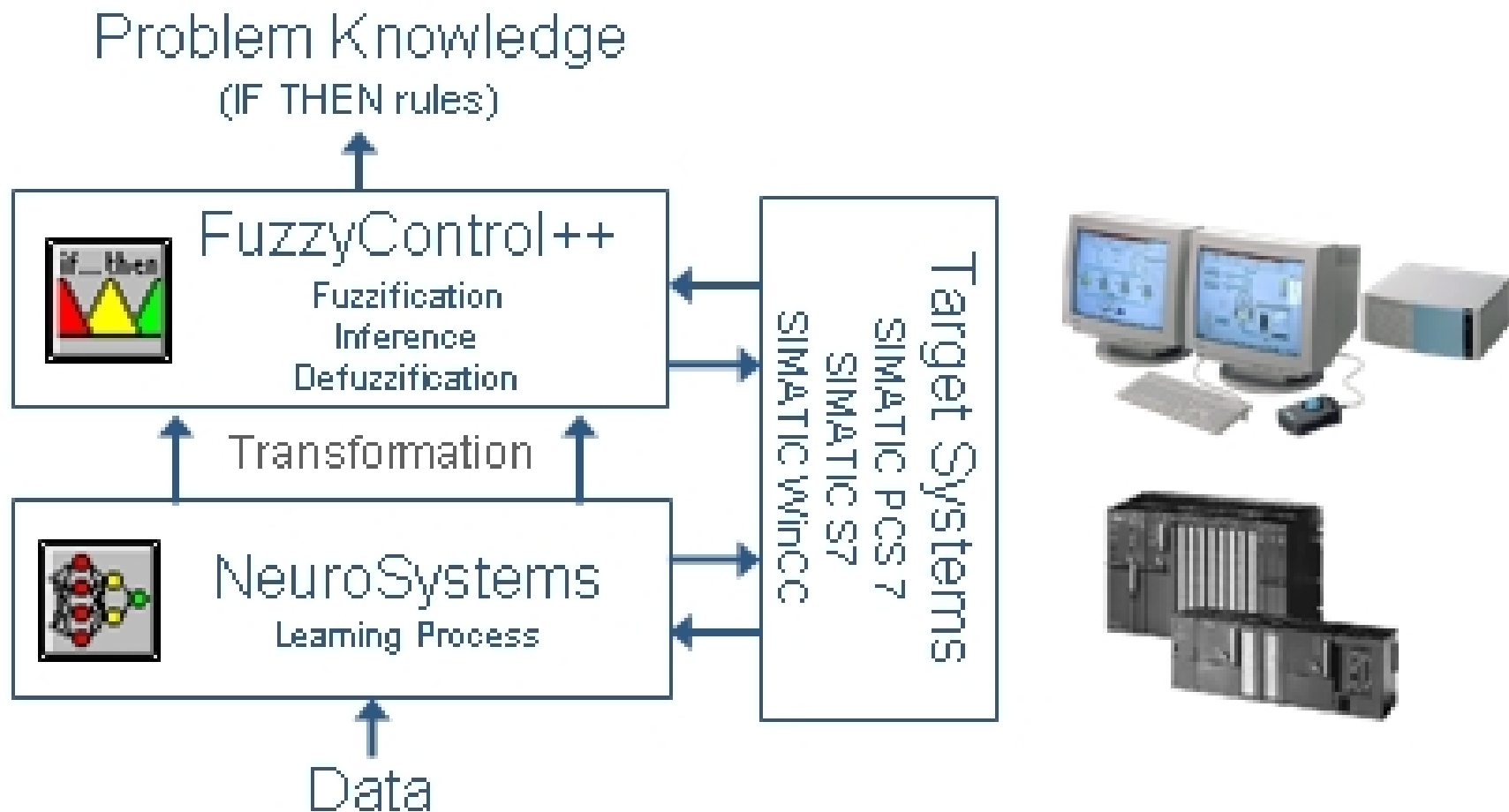
The displays adopt double four LED numerical code tube, may simultaneously display the PV & SV or the PV & output value. It has the function of manual/automatic non-perturbation cut and self-calibration and the soft-start on electricity.

LU-906M is widely used to automatically control systems for temperature, flow, pressure, liquid level etc. which in the profession of Chemical industry, ceramics, light industry, metallurgy, petrochemical, heat treatment etc.

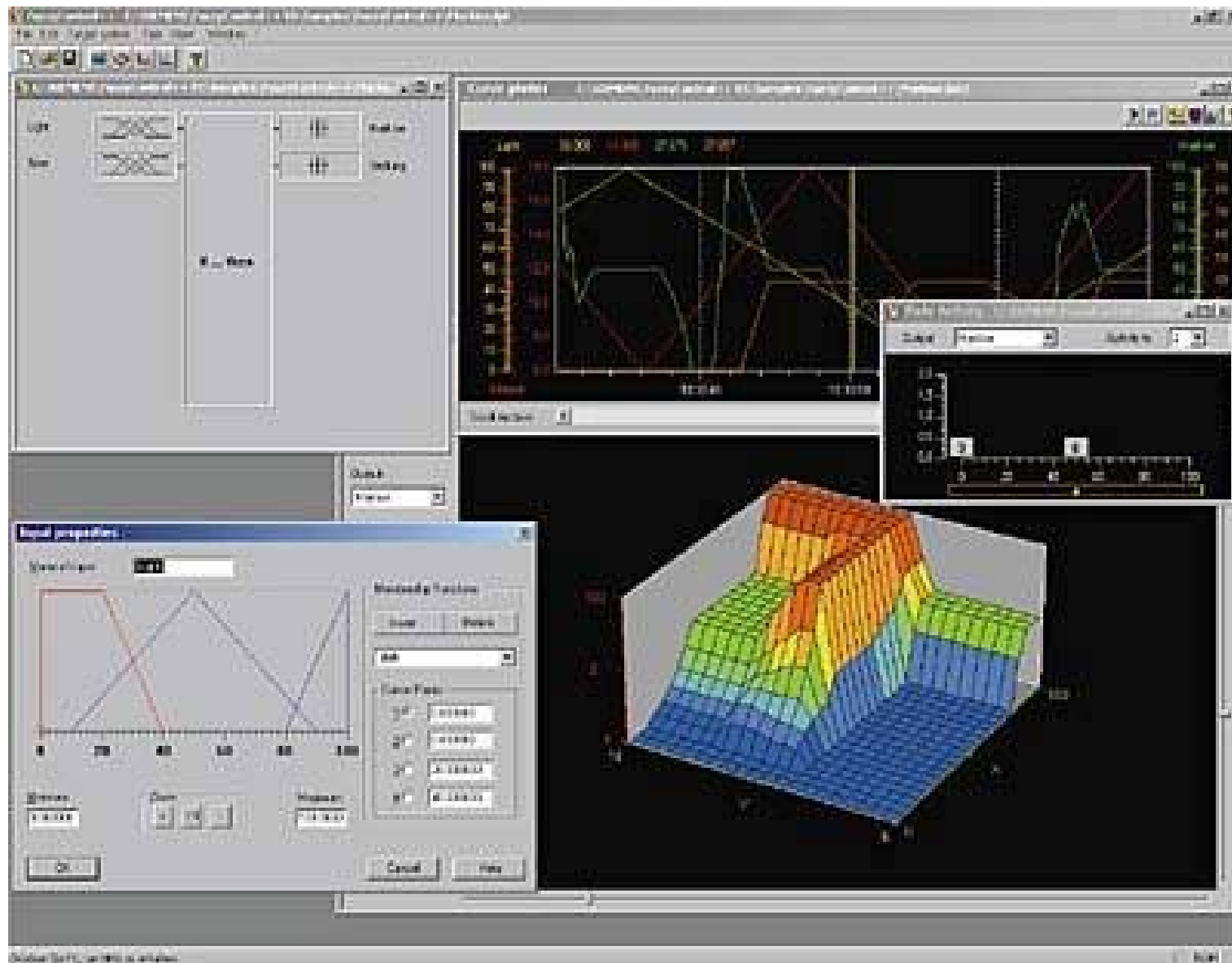


Phần mềm FuzzyControl++ và NeuroSystem

- ❑ Sản phẩm của Siemens, dùng với Simatic S7 và Simatic WinCC.



Phần mềm điều khiển mờ Fuzzy Control++



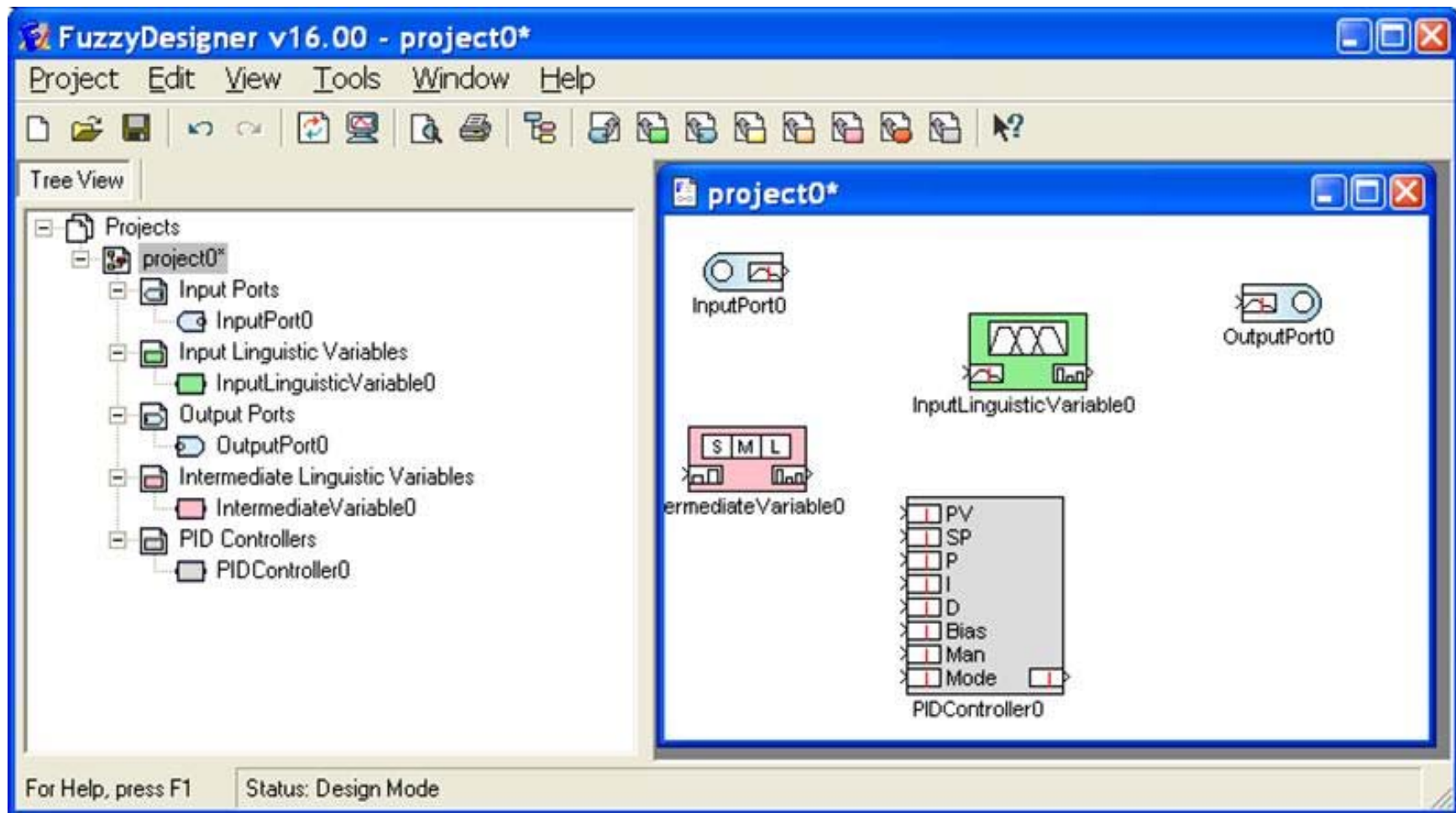


Phần mềm điều khiển mờ Fuzzy Control++

- ❑ Dùng để thiết kế các bộ điều khiển mờ cho Simatic S7-300, S7-400 và Simatic WinCC
 - ❑ Dùng ở mọi cấp tự động hóa, từ bộ điều khiển cục bộ đến bộ điều khiển tối ưu nhà máy
 - ❑ Có thể kết hợp với bộ điều khiển PID kinh điển để kết hợp ưu điểm của hai bộ điều khiển.
-
- ❑ SV tự đọc thêm tài liệu: **Simatic S7-300 Fuzzy Control User Manual**

Phần mềm Fuzzy Designer (Rockwell)

- ❑ Dùng với RSLogic 5000, thiết kế bộ ĐK mờ cho PLC dòng Compact Logic và Control Logic,



Phần mềm Fuzzy Designer (Rockwell)

FuzzyDesigner v16.00 - EggWashController*

Project Edit View Tools Window Help

Tree View

- Projects
 - EggWashController*
 - Input Ports
 - egg_dirt
 - conveyor_speed
 - water_flow_rate
 - oil_flow_rate
 - Input Linguistic Vari
 - egg_dirt
 - conveyor_speed
 - water_flow_rate
 - oil_flow_rate
 - Output Ports
 - conveyor_speed_dif
 - water_valve_pos_dif
 - oil_valve_pos_dif
 - Rule Blocks
 - RuleBlock1
 - RuleBlock2

EggWashController*

Diagram showing the fuzzy logic controller structure with input ports (egg_dirt, conveyor_speed, water_flow_rate, oil_flow_rate), input linguistic variables, rule blocks (RuleBlock1, RuleBlock2), and output ports (conveyor_speed_dif, water_valve_pos_dif, oil_valve_pos_dif).

Term Editor - EggWashController*

conveyor_speed_dif

negative zero positive

Output Value: 0.03261 Parameter:

Term DOFs

negative	zero	positive	<default>
0.0000	0.6739	0.3261	0.0000

Term Editor - EggWashController*

egg_dirt

low acceptable high extra_high

Input Value: 0.11739 Parameter:

Term DOFs

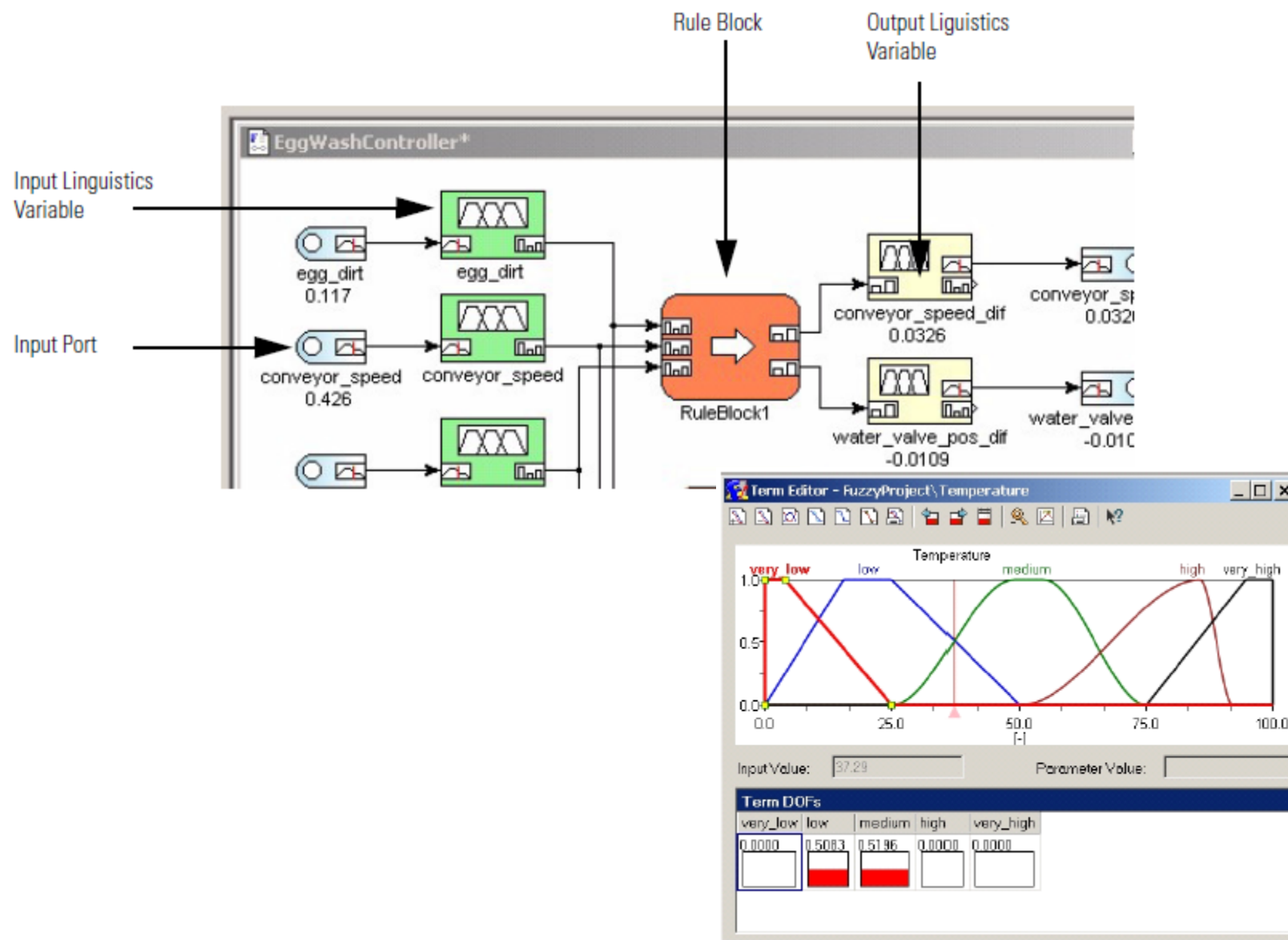
low	acceptable	high	extra_high
0.3261	0.6739	0.0000	0.0000

Rule Editor - EggWashController\RuleBlock1

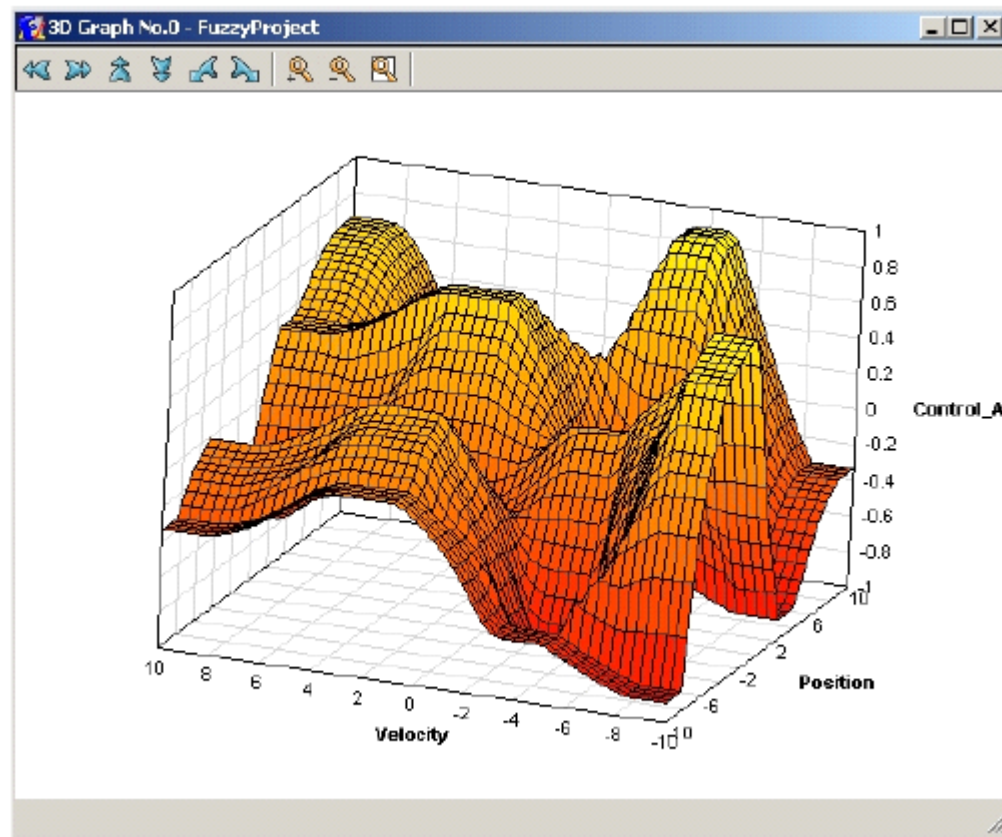
			IF			THEN	
	Index	Active	Rule DOF	egg_dirt	conveyor_speed	water_flow_rate	conveyor_speed_dif
▶	1	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0000	high		low	zero
	2	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0000	high	high	high	negative
	3	<input checked="" type="checkbox"/>	0.1871	low		high	
	4	<input checked="" type="checkbox"/>	0.3261	low		low	positive
	5	<input checked="" type="checkbox"/>	0.6739	acceptable			zero

For Help, press F1 Status: Design Mode

Phần mềm Fuzzy Designer (Rockwell)



FuzzyDesigner Mesh Plot



- SV tự đọc thêm tài liệu: RSLogic 5000 Fuzzy Designer User Manual



Fuzzy Control Library V1.2

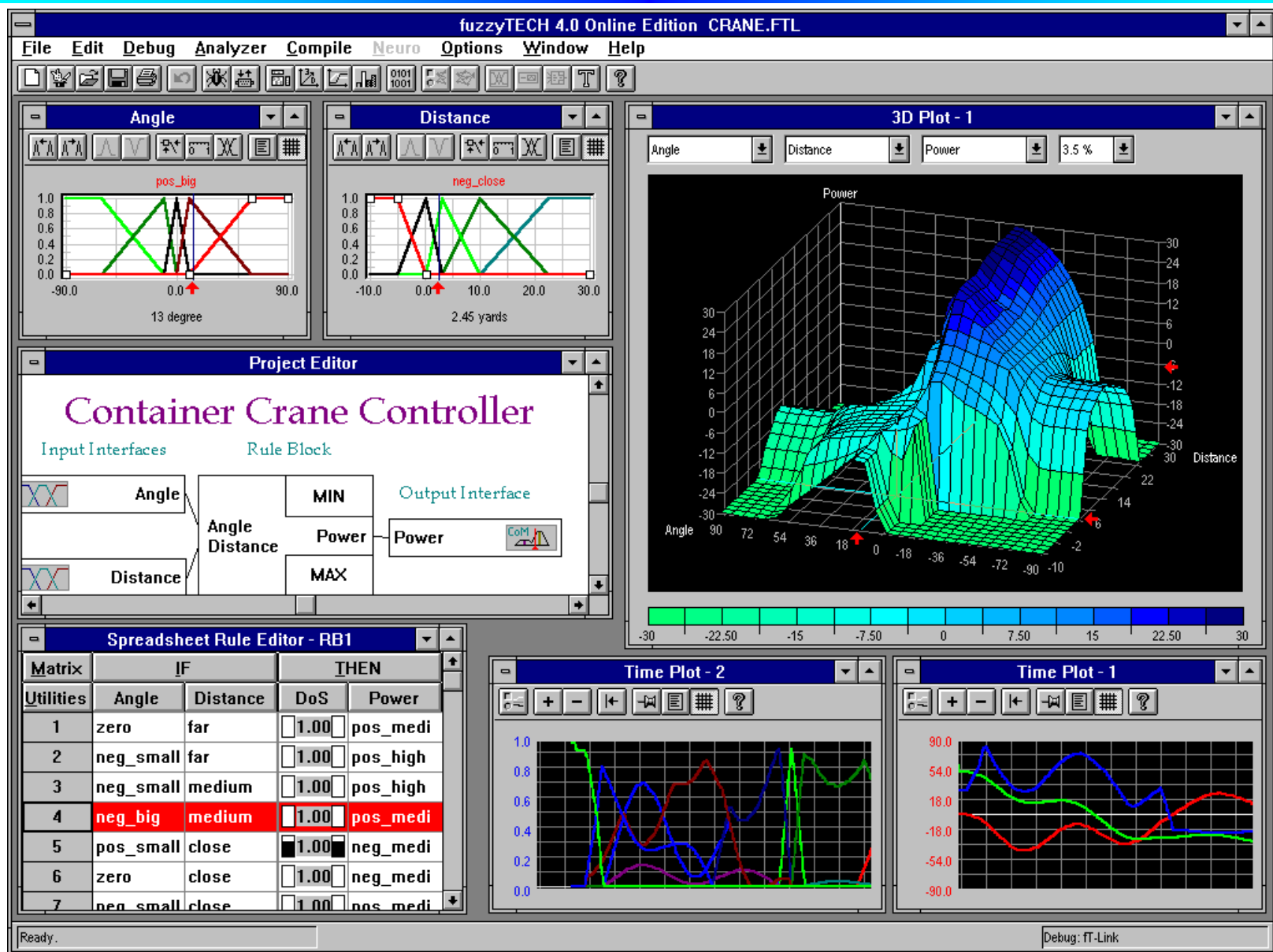
a SoCollaborative library

02/2009



Availability of the blocks:

Block name	Block type	M340	Premium	Quantum
DEFUZ <i>(see page 47)</i>	EF	+	+	+
DEFUZ_STI, DEFUZ_STR <i>(see page 53)</i>	EF	+	+	+
FUZ_ATERM <i>(see page 59)</i>	Procedure	+	+	+
FUZ_ATERM_STI, FUZ_ATERM_STR <i>(see page 65)</i>	EF	+	+	+
FUZ_MAX <i>(see page 71)</i>	EF	+	+	+
FUZ_MIN <i>(see page 73)</i>	EF	+	+	+
FUZ_PROD <i>(see page 77)</i>	EF	+	+	+
FUZ_STERM <i>(see page 81)</i>	EF	+	+	+
FUZ_SUM <i>(see page 89)</i>	EF	+	+	+





- ☰ Home
- + Products
- **Fuzzy Application Library**
 - ☰ What is Fuzzy Logic?
 - Technical Applications
 - ☰ Industrial Automation
 - ☰ Monitoring Glaucoma
 - ☰ Coal Power Plant
 - ☰ Complex Chilling Systems
 - ☰ Refuse Incineration Plant
 - ☰ Fuzzy Logic Design
 - ☰ Practical Design
 - ☰ Water Treatment System
 - ☰ Truck Speed Limiter
 - ☰ Medical Shoe
 - ☰ Fuzzy in Appliances
 - ☰ Automotive Engineering
 - ☰ Antilock Braking System
 - ☰ Aircraft Flight Path

Fuzzy Application Library/**Technical Applications**

This section contains a large number of papers describing real world applications of fuzzy logic. Click on the respective items in the treeview to your left to access the individual papers directly.

Download More Application Examples

Notice that the free demonstration version of *fuzzyTECH* that you can download from this web site contains a number of simulations and examples of fuzzy logic applications, too. Once you installed *fuzzyTECH* on your PC, use the [Start] button to access the Technical Simulation examples (Start/Programs/fuzzyTECH/Examples/Technical Simulations/...). The /Container Crane simulation is

❑ Code Generation

At the push of a button, *fuzzyTECH* generates a complete fuzzy logic solutions in source code. You may use this source code to compile and link with your main code, calling the fuzzy logic system as a simple function. Depending on the Edition, portable C code, **assembly source code for microcontrollers/-processors**, or function blocks for programmable logic controllers can be generated. In a joint development projects with **microchip manufacturers such as Motorola and Intel**, the compactness and execution speed of the *fuzzyTECH* generated code has been highly optimized. Notice that you may use any code generated by *fuzzyTECH* in your products royalty-free.

- ❑ Các chức năng khác:
www.fuzzyTECH.com





Các ứng dụng trong điều khiển

- ★ Điều khiển PID mờ và các ứng dụng trong điều khiển các quá trình công nghiệp.
- ★ Điều khiển robot, cần trục,
- ★ Điều khiển xe ô tô, tàu điện,...



Chuẩn đầu ra chương 3

Sau khi học xong chương này, SV phải có khả năng:

- ★ Thiết kế bộ điều khiển mờ
- ★ Mô phỏng hệ thống điều khiển mờ dùng Matlab
- ★ Thực hiện bộ điều khiển mờ trên vi điều khiển, PLC

Chuẩn đầu ra của môn học

- ★ Hiểu khái niệm về hệ thống điều khiển thông minh
- ★ Hiểu lý thuyết tập mờ, logic mờ, suy luận mờ và hệ mờ
- ★ Phân tích và thiết kế bộ điều khiển mờ
- ★ Hiểu khái niệm mạng thần kinh (nhân tạo), cấu trúc mạng và các thuật toán huấn luyện
- ★ Sử dụng mạng thần kinh trong nhận dạng và điều khiển
- ★ Phân tích các hệ thống điều khiển thông minh trong công nghiệp và dân dụng.
- ★ Sử dụng kỹ năng làm việc nhóm và kỹ năng giao tiếp để giải các bài tập lớn, đồ án thiết kế;
- ★ Sử dụng phần mềm Matlab trong mô phỏng và thiết kế hệ thống điều khiển thông minh