MRAC e I&I

Lorenzo Rossi Matricola: 0301285

May 21, 2022

Assignment 4

Considerato il sistema:

$$\dot{x} = ax + u \quad a \text{ non noto}$$

Effettua le simulazioni con $a = 1 e a_m = 1$ e implementa un controllore adattativo MRAC e I&I per risolvere il problema di regolazione adattativa. Inoltre, confronta le performance dei due controllori in presenza di rumore additivo

$$x + d \quad d(t) = 0.1 \sin \frac{1}{5}$$

Infine, contronta le performance nel caso in cui il parametro a del sistema è del tipo:

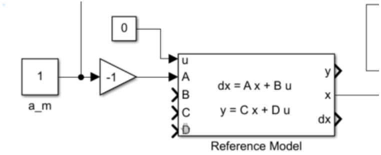
$$a = 1 + \frac{1}{10} \sin 10t \quad a = 1 + 10 \sin \frac{t}{10}$$

Modello teorico

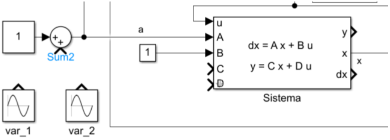
- **Modello di riferimento:**$\dot{x_m} = -a_m x_m;$
- **Sistema:**$\dot{x} = ax + u;$
- **Controllore adattativo I&I:**
  - β *quadratic:*$\dot{x} = -a_m x - xz, \dot{z} = -x^2 z, \dot{\hat{a}} = a_m x^2, a_{est} = \hat{a} + \frac{x^2}{2}$
  - β *logarithmic:*$\dot{x} = -a_m x - xz, \dot{z} = -\frac{a_m x^2}{1+x^2}, \dot{\hat{a}} = a_m \frac{x^2}{1+x^2}, a_{est} = \hat{a} + \frac{1}{2}\log\left(1 + x^2\right)$
- **Controllore MRAC:**$\dot{\tilde{k}} = \gamma \varepsilon_1 x, u = -\tilde{k}x, \varepsilon_1 = x - \hat{x}$

Simulink - 1

- **Reference Model:**

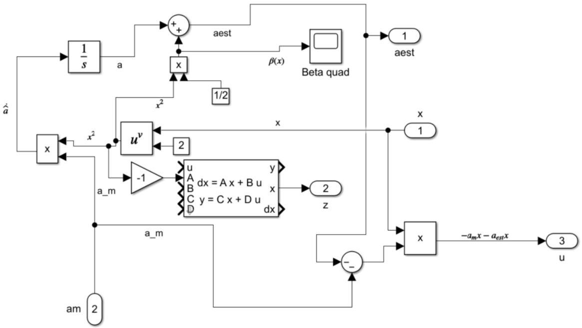


- **Sistema:**



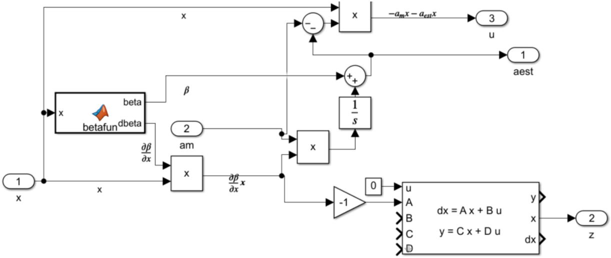
Simulink-2

- **I&I β quadratic:**



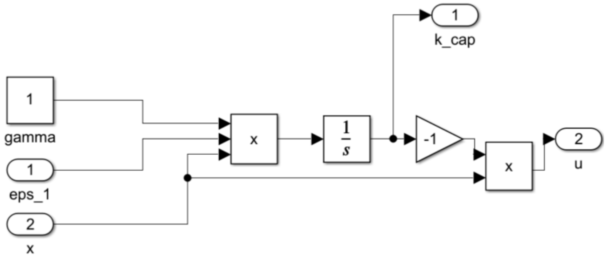
Simulink -3

- **I&I β logarithmic:**

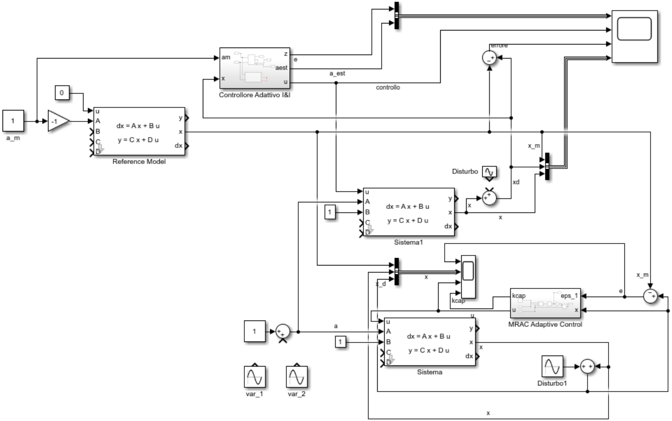


Simulink - 4

- **MRAC:**

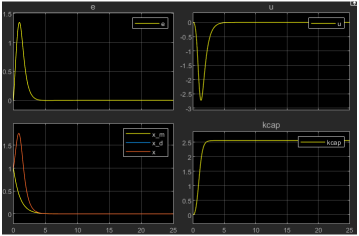


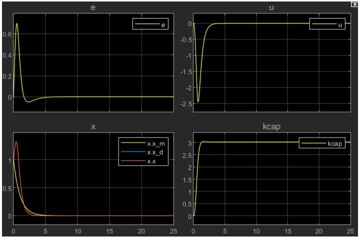
Simulink - 5


1
a_m
-1
0
u
A
B
C
D
dx = A x + B u
y = C x + D u
y
x
dx
Reference Model
am
x
z
e
aest
u
Controllore Adattivo I&I
a_est
controllo
errore
x_m
Disturbo
xd
Sistema1
MRAC Adaptive Control
kcap
eps_1
Sistema
Disturbo1
var_1
var_2
a

MRAC Parametri stazionari

$\gamma = 1$ $\gamma = 5$

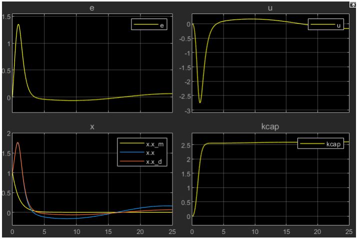


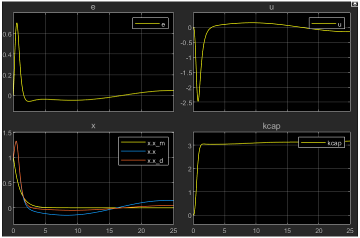


Al variare del parametro γ del controllore adattativo MRAC si nota che il tempo di convergenza per stimare lo stato rimane invariato a circa 5s. Per valore di γ maggiori, si nota che l'errore presenta una sottoelongazione e la stima di k una leggera sovraelongazione.

MRAC Parametri stazionari con rumore

$\gamma = 1$ **$\gamma = 5$**

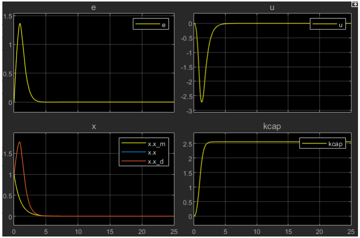


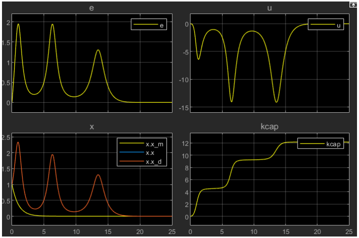


L'errore in entrambi i casi rimane limitato, tuttavia a causa del disturbo sinusoidale l'andamento degli stati variano.

MRAC parametri non stazionari

$\gamma = 1 \quad a = 1 + \frac{1}{10}\sin(10t)$ $\qquad$ $\gamma = 1 \quad a = 1 + 10\sin\left(\frac{t}{10}\right)$

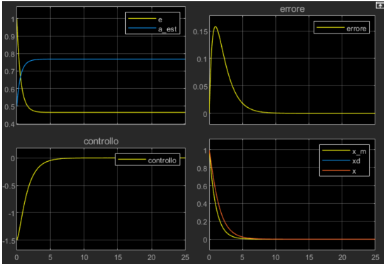




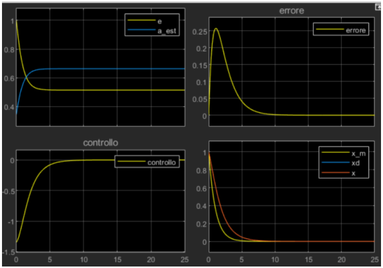
Le prestazioni dell'algoritmo MRAC peggiorano per variazioni più accentuate del parametro a. Ciò si riflette in un'azione di controllo maggiore ed in un tempo di convergenza di x da 5s a 18s circa. Tuttavia, l'errore rimane in entrambi i casi limitato.

I&I parametri stazionari

β quadratic



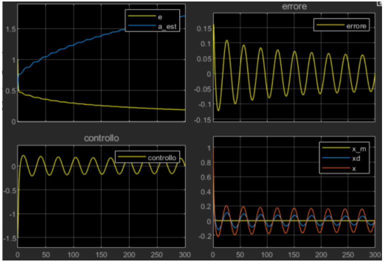
β logarithmic



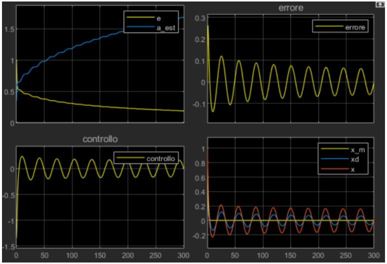
Sia l'algoritmo I&I con β quadratic e logarithmic arrivano a convergenza con prestazioni simili ad eccezione dell'errore che presenza una sovraelongazione leggermente più arcuata.

I&I parametri stazionari con rumore

β quadratic



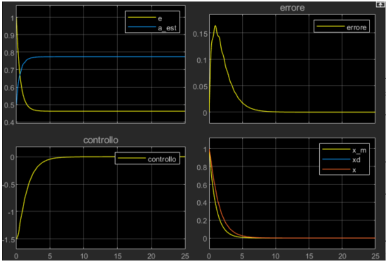
β logarithmic

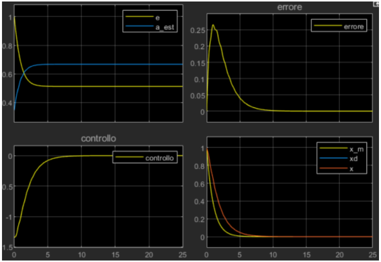


In entrambi i casi le stime non convergono ai valori veri a causa del rumore nello stato. Tuttavia,l'errore resta limitato.

I&I parametri non stazionari

β **quadratic** $a = 1 + \frac{1}{10}\sin(10t)$ β **logarithmic** $a = 1 + \frac{1}{10}\sin(10t)$

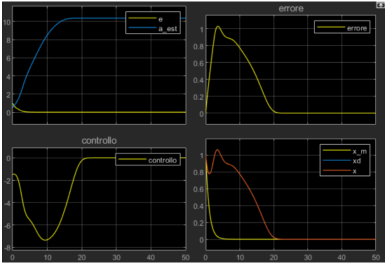


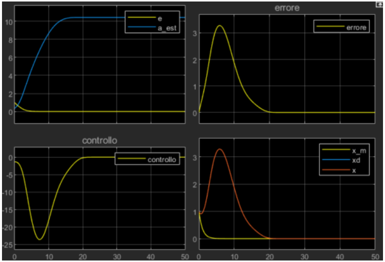


Si ha convergenza per entrambe le scelte di β con tempi, rispettivamente, di 5 e 6s circa. Nel secondo caso, l'errore ha un valore iniziale più alto.

I&I parametri non stazionari

β **quadratic** $a = 1 + 10\sin\left(\frac{t}{10}\right)$ β **logarithmic** $a = 1 + 10\sin\left(\frac{t}{10}\right)$





Dato che la variazione di a è maggiore, i tempi di convergenza per la stima e l'errore risulta aumentata a 20s e l'azione di controllo è elevata. Inoltre, l'andamento generale con β logarithmic è più regolare rispetto al β quadratic.

Conclusioni

- Per piccole variazioni del parametro *a* entrambi i modelli presentano prestazioni simili;
- Per variazioni elevate del parametro *a* si richiede un'azione di controllo maggiore,ma si giunge a convergenza;
- In presenza di rumore il modello MRAC fornisce prestazioni migliori e con un'azione di controllo più contenuta e una stima più precisa del modello I&I;
- Il modello I&I logarithmic permette di ottenere un andamento più regolare rispetto al quadratic;