

MRAC e I&I

Lorenzo Rossi Matricola: 0301285

July 17, 2022

1 Introduzione

2 Modello teorico

3 Implementazione Simulink

- Reference Model
- Controllo Adattativo I&I
 - β quadratic
 - β logarithmic
- Controllore MRAC
- Sistema complessivo

4 Analisi

- MRAC Parametri stazionari
- MRAC Parametri stazionari + rumore
- MRAC parametri non stazionari
- I&I parametri stazionari
- I&I parametri stazionari + rumore
- I&I parametri non stazionari
- I&I parametri non stazionari

5 Conclusioni

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

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

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

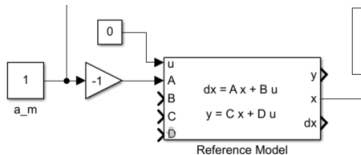
$$a = 1 + \frac{1}{10} \sin 10t \quad a = 1 + 10 \sin \frac{t}{10}$$

Modello teorico

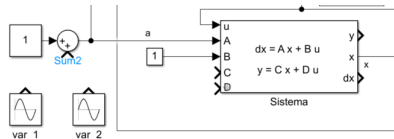
- **Modello di riferimento:** $\dot{x}_m = -a_m x_m$;
- **Sistema:** $\dot{x} = ax + u$;
- **Controllore adattativo I&I:**
 - β *quadratic*: $\dot{x} = -a_m x - xz$, $\dot{z} = -x^2 z$, $\dot{\hat{a}} = a_m x^2$, $a_{est} = \hat{a} + \frac{x^2}{2}$
 - β *logarithmic*: $\dot{x} = -a_m x - xz$, $\dot{z}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

Simulink - 1

• Reference Model:

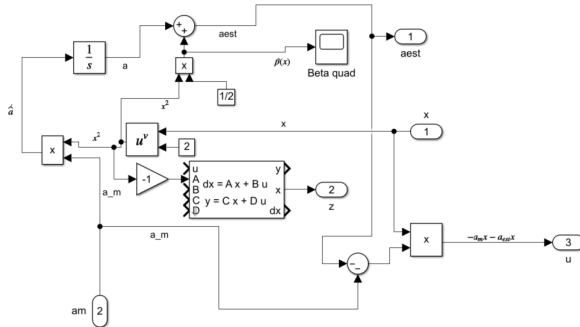


• Sistema:



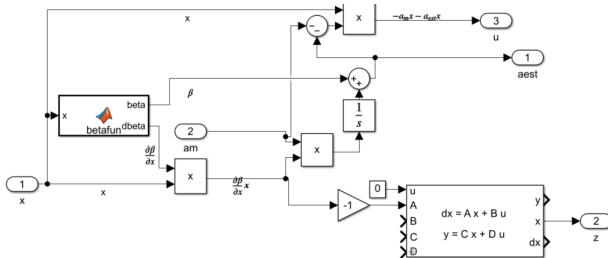
Simulink-2

- I&I β quadratic:



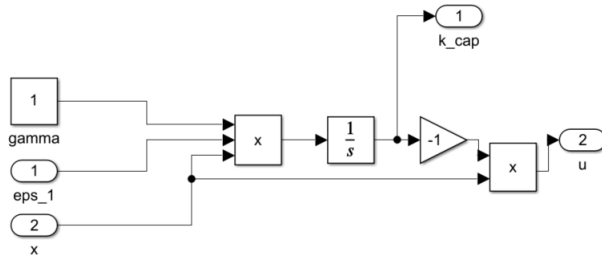
Simulink -3

- I&I β logarithmic:

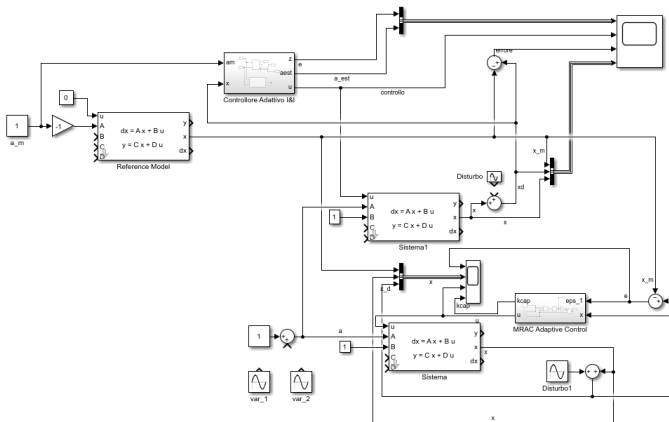


Simulink - 4

- MRAC:

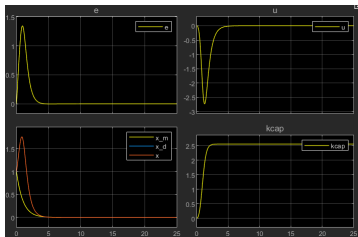


Simulink - 5

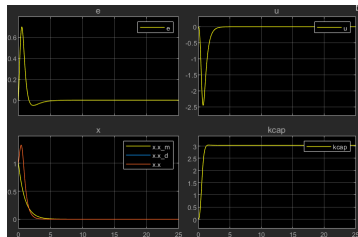


MRAC Parametri stazionari

$\gamma = 1$



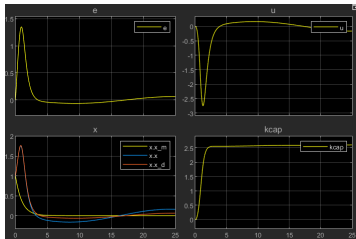
$\gamma = 5$



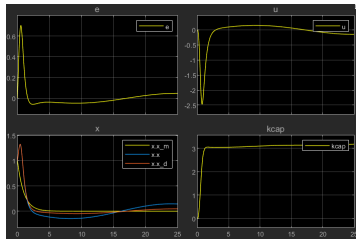
Al variare del parametro γ del controllore adattativo MRAC si nota che il tempo di convergenza per stimare lo stato rimane invariato a circa 5s. Per valore di γ maggiori, si nota che l'errore presenta una sottoelongazione e la stima di k una leggera sovraelongazione.

MRAC Parametri stazionari con rumore

$\gamma = 1$



$\gamma = 5$

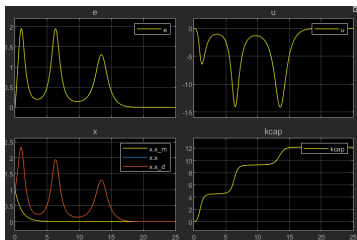
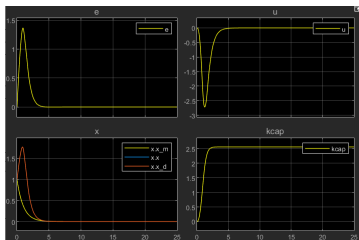


L'errore in entrambi i casi rimane limitato, tuttavia a causa del disturbo sinusoidale l'andamento degli stati variano.

MRAC parametri non stazionari

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

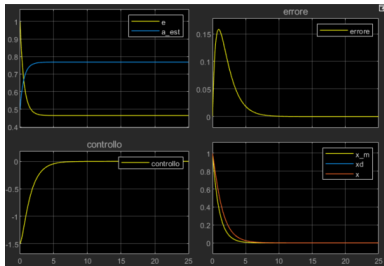
$$\gamma = 1 \quad a = 1 + 10 \sin\left(\frac{t}{10}\right)$$



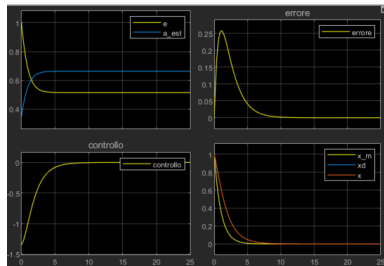
Le prestazioni dell'algoritmo MRAC peggiorano per variazioni più accentuate del parametro a . Ciò si riflette in un'azione di controllo maggiore ed in un tempo di convergenza di x da 5s a 18s circa. Tuttavia, l'errore rimane in entrambi i casi limitato.

I&I parametri stazionari

β quadratic



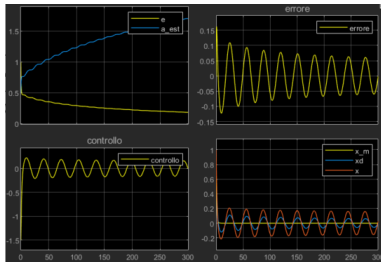
β logarithmic



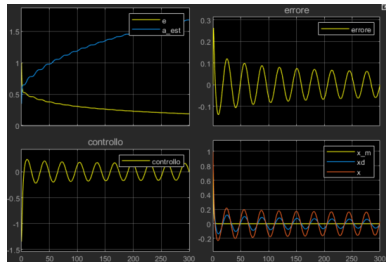
Sia l'algorithm I&I con β quadratic e logarithmic arrivano a convergenza con prestazioni simili ad eccezione dell'errore che presenza una sovralongazione leggermente più arcuata.

I&I parametri stazionari con rumore

β quadratic



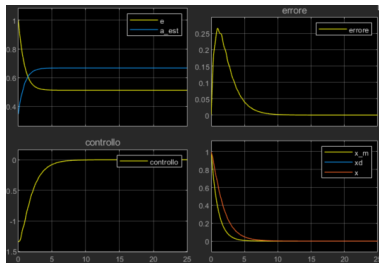
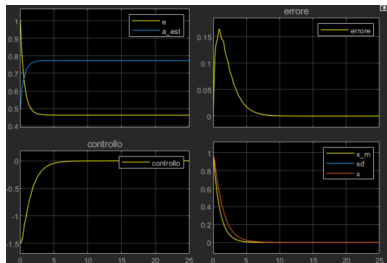
β logarithmic



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

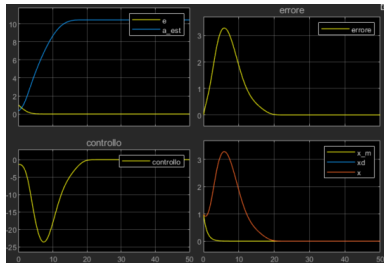
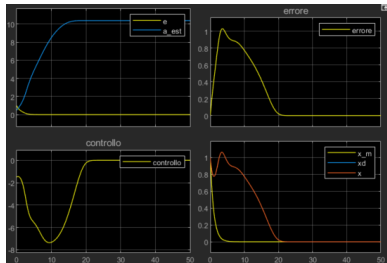
β **quadratic** $a = 1 + \frac{1}{10} \sin(10t)$ β **logarithmic** $a = 1 + \frac{1}{10} \sin(10t)$



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;