

# Guida alla Sintesi di Sistemi di Supervisione Adattativi

In riferimento all'uscita  $i$ -esima  $y_i(t)$  e all'ingresso (o più ingressi)  $u(t)$ , si realizzino:

## 1. Osservatore Dinamico dell'Uscita (diagnosi dei guasti sui sensori di ingresso e di uscita)

- (i) Progettare le matrici dell'osservatore dinamico
- (ii) Scegliere gli autovalori dell'osservatore "più piccoli" (in modulo "più grandi") rispetto a quelli del modello nello spazio degli stati (funzione Matlab 'place')
- (iii) *Controllare di non sovrascrivere variabili predefinite per l'inizializzazione dei parametri del processo dinamico*
- (iv) Utilizzare il blocco 'state-space' a tempo continuo in Simulink
- (v) Confrontare uscita misurata e ricostruita con blocco 'Scope'
- (vi) Generare il residuo (differenza tra uscita misurata e uscita ricostruita dall'osservatore) con blocco 'Scope'
- (vii) Verificare che l'uscita ricostruita segua in maniera "sufficientemente fedele" l'uscita misurata
- (viii) Verificare che il residuo sia "sufficientemente" sensibile ai guasti sui *sensori di ingresso e di uscita*; il residuo deve essere "circa" nullo (segnale stazionario a valore medio nullo) in assenza di guasto, e "significativamente" diverso da zero in presenza di guasto

## 2. Blocco Minimi Quadrati Ricorsivi con Oblio (diagnosi dei guasti di sistema o di processo)

- (i) Utilizzare il blocco Simulink 'Recursive Least Square Estimator' dal System Identification Toolbox > Estimators
- (ii) Scegliere il vettore dei regressori  $\varphi(t)$  più adeguato prendendo una sequenza crescente di ingressi e uscite ritardati  $[u(t-1), y_i(t-1)]$ ,  $[u(t-1), u(t-2), y_i(t-1), y_i(t-2)]$ , ...,  $[u(t-1), u(t-2), \dots, u(t-n), y_i(t-1), y_i(t-2), \dots, y_i(t-n)]$  per un opportuno  $n$  e per l'uscita  $i$ -esima  $y_i(t)$
- (iii) Alimentare il blocco 'Recursive Least Square Estimator' con il segnale dei regressori e l'uscita misurata
- (iv) Impostare un valore di 'forgetting factor' a 0.97 (scelta possibile da 0.95 a 0.99)
- (v) Generare il vettore delle stime parametriche, che verrà utilizzato come residuo con blocco 'Scope'
- (vi) Generare il segnale errore e graficarlo con blocco 'Scope'
- (vii) Calcolare il segnale uscita ricostruita, come differenza tra uscita misurata  $y_i(t)$  e segnale errore e graficarlo con blocco 'Scope'
- (viii) Determinare il valore più appropriato per il parametro  $n$  al punto (ii) con  $1 \leq n \leq 4$ , in maniera tale che la stima parametrica al punto (iv) sia sensibile ai *guasti di processo o di sistema*; la stima parametrica deve invece risultare pressoché stazionaria in assenza di guasto, e cambiare "significativamente" dall'istante di inizio del guasto

- (ix) Aumentare il valore del parametro  $n$  al punto (ii) con  $1 \leq n \leq 4$ , fino a quando non si trova una stima parametrica “significativamente” sensibile ad un guasto di processo o di sistema

### 3. Rete Neurale (diagnosi dei guasti sui sensori di ingresso e di uscita)

- (i) Scegliere il vettore dei regressori più adeguato prendendo una sequenza crescente di ingressi e uscite ritardati  $[u(t-1), y_i(t-1)]$ ,  $[u(t-1), u(t-2), y_i(t-1), y_i(t-2)]$ , ...,  $[u(t-1), u(t-2), \dots, u(t-n), y_i(t-1), y_i(t-2), \dots, y_i(t-n)]$  per un opportuno  $n$  (quindi con  $1 \leq n \leq 4$ ) per l'uscita  $i$ -esima  $y_i(t)$
- (ii) Generare le sequenze di vettori 'Psim' e 'Tsim'
- (iii) Utilizzare lo script di Matlab per determinare la rete neurale più adeguata
- (iv) Simulare la rete neurale in Simulink e generare l'uscita ricostruita per un opportuno valore di neuroni nello strato di ingresso e nascosto
- (v) Si consiglia di utilizzare e modificare il file Simulink usato per generare la sequenza corrispondente di vettori 'Psim' e 'Tsim'
- (vi) Confrontare uscita misurata e ricostruita con blocco 'Scope'
- (vii) Generare il residuo (differenza tra uscita misurata  $y_i(t)$  e uscita ricostruita dalla rete neurale) con blocco 'Scope'
- (viii) Verificare che l'uscita ricostruita segua in maniera “sufficientemente fedele” l'uscita misurata  $y_i(t)$
- (ix) Verificare che il residuo sia “sufficientemente” sensibile ai guasti sui *sensori di ingresso e di uscita*; il residuo deve essere “circa” nullo (segnale stazionario a valore medio nullo) in assenza di guasto, e “significativamente” diverso da zero in presenza di guasto
- (x) Aumentare il valore del parametro  $n$  al punto (i) con  $1 \leq n \leq 4$ , e il numero dei neuroni negli strati di ingresso e nascosto al punto (iv) fino a quando la rete neurale non genera un residuo “significativamente” sensibile ad un guasto di ingresso o di uscita

### Note sulla durata del tempo di simulazione

- a) *per la generazione dei dati*, e in particolare per la stima della rete neurale, fissato il tempo di campionamento, assicurarsi di impostare una durata della simulazione del modello Simulink che garantisca *almeno* 60000 campioni nei vettori 'Psim' e 'Tsim'
- b) *per la validazione* del sistema di supervisione, ovvero per stabilire la sensibilità del residuo ai guasti, utilizzare una durata della simulazione più breve, soprattutto quando si simulano reti neurali
- c) l'istante di inizio del guasto a gradino va impostato a metà della durata della simulazione impiegata per la validazione dello schema di supervisione (osservatore, stima parametrica e rete neurale)