

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 $[u(t-1), y_i(t-1)], [u(t-1), u(t-2), y_i(t-1), y_i(t-2)], \dots, [u(t-1), u(t-2), \dots, u(t-n), y_i(t-1), y_i(t-2), \dots, y_i(t-n)]$ 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. Modello Fuzzy (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 $[u(t-1), y_i(t-1)], [u(t-1), u(t-2), y_i(t-1), y_i(t-2)], \dots, [u(t-1), u(t-2), \dots, u(t-n), y_i(t-1), y_i(t-2), \dots, y_i(t-n)]$ 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 creare le sequenze 'UYtrain', 'UYval', 'UYtest'
- (iv) Aprire il toolbox o l'app ANFIS per stimare il modello fuzzy, che verrà esportato nel workspace di Matlab

- (v) Simulare il modello FIS esportato nel workspace di Matlab caricandolo col blocco Simulink 'Fuzzy Logic Controller' del Fuzzy Logic Toolbox in Simulink e generare l'uscita ricostruita $y_i(t)$
- (vi) Si consiglia di utilizzare e modificare il file Simulink usato per generare la sequenza corrispondente di vettori 'Psim' e 'Tsim'
- (vii) Confrontare uscita misurata $y_i(t)$ e ricostruita con blocco 'Scope'
- (viii) Generare il residuo (differenza tra uscita misurata $y_i(t)$ e uscita ricostruita) dal modello fuzzy) con blocco 'Scope'
- (ix) Verificare che l'uscita ricostruita segua in maniera "sufficientemente fedele" l'uscita misurata $y_i(t)$
- (x) 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
- (xi) Aumentare il valore del parametro n al punto (i) con $1 \leq n \leq 4$, fino a quando non si stima un modello fuzzy che genera un residuo "significativamente" sensibile ad un guasto di ingresso o di uscita

4. 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 stati 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

Nota sulla durata del tempo di simulazione

- a) *per la generazione dei dati*, e in particolare per la stima del modello fuzzy e 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 e sistemi fuzzy
- 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, modello fuzzy e rete neurale)