

## Appello Modellistica e Simulazione

*Docente:* C. Carnevale

### Istruzioni

- Non verranno valutate risposte in assenza di adeguata giustificazione.
- Non possono essere usati libri, appunti, siti web, codice e schemi preparati precedentemente alla prova.
- Giustificare ogni risposta data attraverso o i passaggi matematici o i comandi (o le porzioni di codice) matlab utilizzati per la risoluzione.
- Leggere attentamente le domande e rispondere con precisione ai soli quesiti richiesti.
- **La consegna può essere effettuata secondo una delle due seguenti modalità:**
  - **Un file pdf per esercizio contenente le risposte suddivise per le singole domande (verificare che quanto richiesto nelle singole domande sia TUTTO presente nel file).**
  - **Un file per ogni domanda, come da indicazioni nel testo.**
- la durata della prova è di **2h30m**

**Esercizio 1**

La Laghetti Estremi SpA vi commissiona la modellizzazione della evoluzione di due specie in uno dei suoi laghi per la pesca sportiva, contenente squali e crostacei. Le informazioni fornite in merito al process sono le seguenti:

- Il sistema è da considerarsi a tempo continuo.
- Quando i crostacei ( $x_1$ ) erano da soli nel lago, la loro dinamica era ben rappresentata da una velocità di variazione istantanea nel tempo che era data dalla somma di 2 componenti:
  - la prima era rappresentabile attraverso una curva logistica, avente asintoto orizzontale  $K$ ;
  - la seconda rappresentava la variazione dovuta alla pesca, che causava una diminuzione di velocità costante pari  $p_1$ ;
- Se considerati da soli, gli squali ( $x_2$ ) tendevano a estinguersi con velocità proporzionale alla loro quantità (coefficiente  $\tau$ );
- Quando gli squali vengono messi nello stesso laghetto dei crostacei le due dinamiche vengono influenzate da un addendo proporzionale alla probabilità di incontro tra le due specie (coefficiente  $\alpha_1$  per crostacei e  $\alpha_2$  per gli squali).
- Considerare tutti i parametri  $K$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  e  $p_1$  positivi e quindi rendere esplicito il segno del loro impatto nella modellizzazione.

**CONSEGNARE:**

- NOME FILE: ES1
- TIPO FILE: .pdf
- CONTENUTO: la modellizzazione del sistema, indicando le variabili di stato, le uscite, gli input manipolabili e quelli non manipolabili.

**Esercizio 2**

Dato il seguente sistema non lineare:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = (x_1^2 + x_1) * x_2 \\ \dot{x}_2 = -2x_2 + x_1 - x_2 * u + 6 * u \\ y = 5x_1 \end{cases}$$

(a) Scrivere uno script MATLAB che permetta di:

1. Calcolare e studiare la stabilità dei punti di equilibrio del sistema per  $u=0$ .
2. Progettare il controllo linearizzante attraverso I-O linearization.
3. Determinare un controllo in retroazione dello stato che permetta avere dinamica definita dalla coppia di autovalori  $[a1; 2*a1]$ , dove  $a1$  deve permettere al sistema (considerando la linearizzazione "perfetta") di raggiungere l'equilibrio in un tempo  $T=1s$ .

**CONSEGNARE (nel caso NON si invii un file unico):**

- NOME FILE: ES2\_a
- TIPO FILE: .m
- CONTENUTO: lo script MATLAB richiesto con i commenti necessari per giustificare le scelte (Utilizzare il simbolo % per inserire i commenti). **Inserire come commento:**
  - I valori dei punti di equilibrio, la loro classificazione (quando possibile), e le informazioni necessarie alla loro classificazione;
  - l'espressione del controllo linearizzante;
  - l'espressione della legge di controllo per il sistema linearizzato e il valore dei parametri calcolati (N.B. non è richiesto inseguimento di setpoint).

(b) Simulare il sistema controllato, a partire dalla condizione iniziale  $x_0=[3;5]$ .

**CONSEGNARE (nel caso NON si invii un file unico):**

- – NOME FILE: ES2\_b1
  - TIPO FILE: pdf/jpeg/png
  - CONTENUTO: schema simulink utilizzato per la simulazione
- – NOME FILE: ES2\_b2
  - TIPO FILE: pdf/jpeg/png
  - CONTENUTO: grafico dell'uscita

**Esercizio 3**

Si vuole modellizzare l'impatto delle emissioni di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> sull'anomalia di temperatura.

(a) Scrivere uno script MATLAB che permetta di identificare e validare i modelli che legano emissioni e anomalia di temperatura, tenendo conto che:

- Il tempo di campionamento è di 1 anno e si vuole prevedere l'anomalia di temperatura fino a 3 anni.
- I dati sono contenuti nel file `climate.mat` (c1: emissioni di CO<sub>2</sub>; c2: emissioni di CH<sub>4</sub>, c3: anomalia di temperatura) e sono TUTTI DATI VALIDI.
- Non si conoscono ritardi apprezzabili tra le variazioni degli ingressi e il loro impatto sull'uscita.
- Si vuole mantenere un modello che abbia al massimo 2 coefficienti per la parte autoregressiva e 2 per gli ingressi.
- Si utilizzano 400 dati del dataset per l'identificazione (i primi) e i restanti la validazione.
- Selezionare il modello migliore per il problema in esame sulla base del MAE.

**CONSEGNARE (nel caso NON si invii un file unico):**

- NOME FILE: ES3\_a
- TIPO FILE: .m
- CONTENUTO: script necessario alla risoluzione del problema.

(b) Presentare per il modello migliore:

- la struttura del modello
- le prestazioni sul dataset di validazione in termini di MAE e correlazione.
- l'intervallo di confidenza al 95% dei parametri stimati

**CONSEGNARE (nel caso NON si invii un file unico):**

- NOME FILE: ES3\_b
- TIPO FILE: .pdf
- CONTENUTO: La risposta alla domanda indicata (si possono fare tabelle differenti per ogni modello).