


Teoria dei Sistemi e Controllo Ottimo e Adattativo (C. I.)
Teoria dei Sistemi (Mod. A)

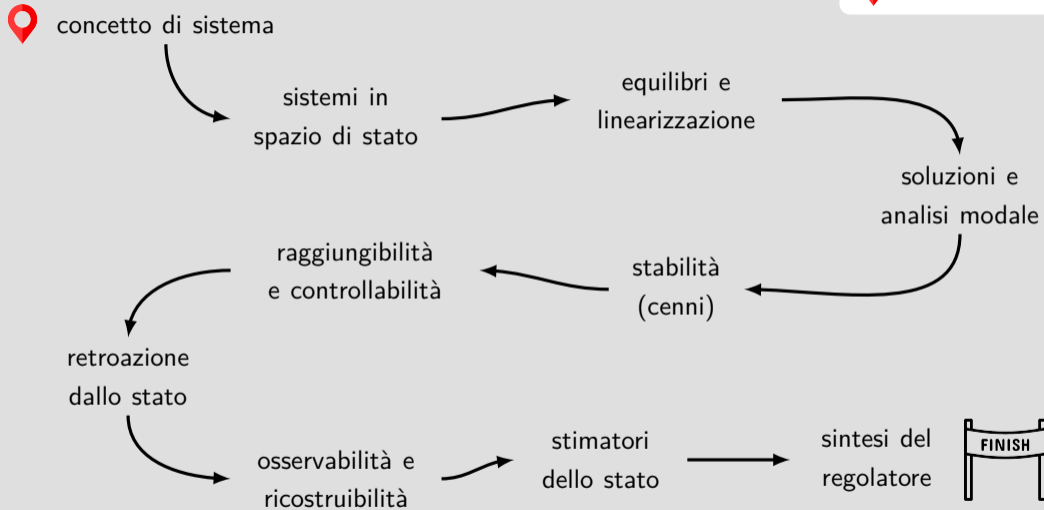
Docente: Giacomo Baggio

Lez. 1: Introduzione alla Teoria dei Sistemi

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccatronica

A.A. 2021-2022

 noi siamo qui



In questa lezione

- ▷ Che cos'è la Teoria dei Sistemi?
- ▷ Perché studiare la Teoria dei Sistemi?
- ▷ Programma indicativo e testi di riferimento
- ▷ Qualche informazione utile su lezioni ed esami

Che cos'è un sistema?

Che cos'è un sistema?

“Nell'ambito scientifico, qualsiasi oggetto di studio che, pur essendo costituito da diversi elementi reciprocamente interconnessi e interagenti tra loro o con l'ambiente esterno, **reagisce o evolve** come un tutto, con proprie **leggi generali.**” [Treccani]

Che cos'è un sistema?

“Nell'ambito scientifico, qualsiasi oggetto di studio che, pur essendo costituito da diversi elementi reciprocamente interconnessi e interagenti tra loro o con l'ambiente esterno, **reagisce o evolve** come un tutto, con proprie **leggi generali.**” [Treccani]

↓
dinamica

↓
matematica

Che cos'è un sistema?

“Nell'ambito scientifico, qualsiasi oggetto di studio che, pur essendo costituito da diversi elementi reciprocamente interconnessi e interagenti tra loro o con l'ambiente esterno, **reagisce o evolve** come un tutto, con proprie **leggi generali.**” [Treccani]

↓
dinamica

↓
matematica

Teoria (Matematica) dei Sistemi (Dinamici):

Analisi e controllo di **sistemi dinamici** descritti da **modelli matematici**

Che cos'è un sistema?

“Nell'ambito scientifico, qualsiasi oggetto di studio che, pur essendo costituito da diversi elementi reciprocamente interconnessi e interagenti tra loro o con l'ambiente esterno, **reagisce o evolve** come un tutto, con proprie **leggi generali.**” [Treccani]

↓
dinamica

↓
matematica

Teoria (Matematica) dei Sistemi (Dinamici):

Analisi e controllo di **sistemi dinamici** descritti da **modelli matematici**

Sistema = Modello Matematico !!!

Dal sistema al modello matematico

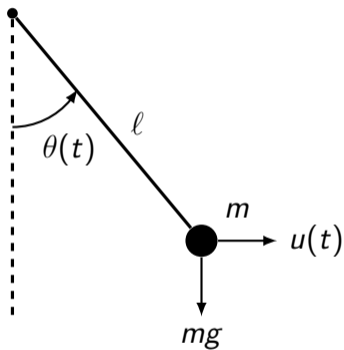


Dal sistema al modello matematico

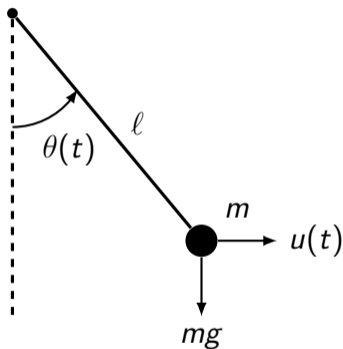


1. Modelli fisici = ottenuti dalle leggi della fisica
2. Modelli fenomenologici = ottenuti da dati sperimentali

Un semplice esempio di sistema

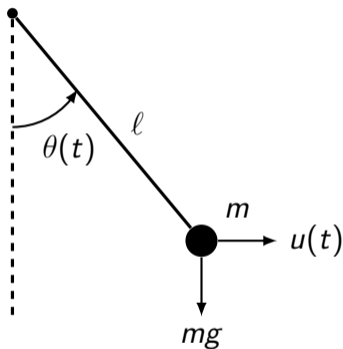


Un semplice esempio di sistema



$$m\ell^2 \ddot{\theta}(t) = -mg\ell \sin \theta(t) + u(t)\ell \cos \theta(t)$$

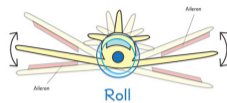
Un semplice esempio di sistema



$$m\ell^2 \ddot{\theta}(t) = -mg\ell \sin \theta(t) + u(t)\ell \cos \theta(t)$$

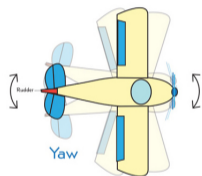
- Per $u(t) = 0$ dove si va a posizionare il pendolo?
- Come scegliere $u(t)$ per posizionare il pendolo in un angolo desiderato θ^* ?

Un esempio di sistema più complesso



$\theta_1 =$ angolo rollio

$\alpha_1 =$ incl. alettone



$\theta_2 =$ angolo imbardata

$\alpha_2 =$ incl. timone



$\theta_3 =$ angolo beccheggio

$\alpha_3 =$ incl. equilibratore

[Image credits: howthingsfly.si.edu]

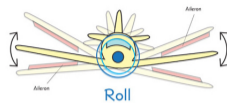
x = vettore posizione centro di massa

u = vettore di spinta propulsiva

F = vettore delle forze aerodinamiche

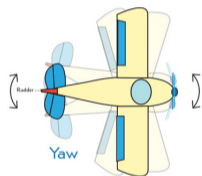
M = vettore dei momenti aerodinamici

Un esempio di sistema più complesso



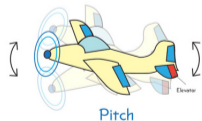
$\theta_1 =$ angolo rollio

$\alpha_1 =$ incl. alettone



$\theta_2 =$ angolo imbardata

$\alpha_2 =$ incl. timone



$\theta_3 =$ angolo beccheggio

$\alpha_3 =$ incl. equilibratore

x = vettore posizione centro di massa

u = vettore di spinta propulsiva

F = vettore delle forze aerodinamiche

M = vettore dei momenti aerodinamici

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= f_1(x, \dot{x}, \theta, \dot{\theta}, \alpha, u, F) \\ \ddot{\theta} &= f_2(\theta, \dot{\theta}, \alpha, u, M)\end{aligned}$$

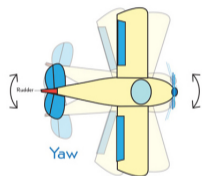
[Image credits: howthingsfly.si.edu]

Un esempio di sistema più complesso



$\theta_1 =$ angolo rollio

$\alpha_1 =$ incl. alettone



$\theta_2 =$ angolo imbardata

$\alpha_2 =$ incl. timone



$\theta_3 =$ angolo beccheggio

$\alpha_3 =$ incl. equilibratore

[Image credits: howthingsfly.si.edu]

$x =$ vettore posizione centro di massa

$u =$ vettore di spinta propulsiva

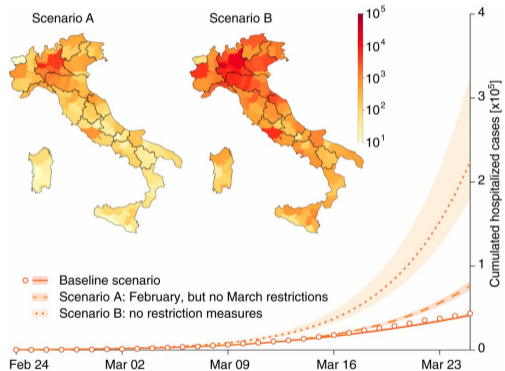
$F =$ vettore delle forze aerodinamiche

$M =$ vettore dei momenti aerodinamici

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= f_1(x, \dot{x}, \theta, \dot{\theta}, \alpha, u, F) \\ \ddot{\theta} &= f_2(\theta, \dot{\theta}, \alpha, u, M)\end{aligned}$$

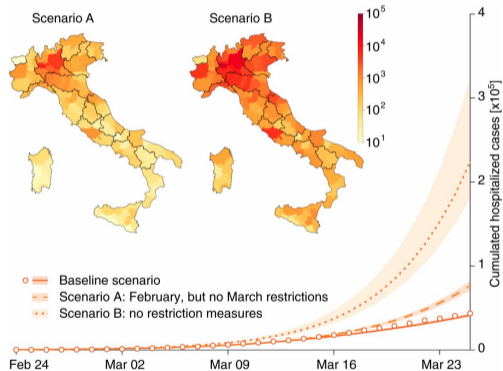
- Per $u = \text{cost.}$ e $\alpha = [\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3] = 0$ quando si ha moto rettilineo uniforme ($\ddot{x} = 0, \dot{\theta} = 0$)?
- Con moto rettilineo uniforme come scegliere α per mantenere il volo “stabile”?

Un esempio di sistema molto “popolare” negli ultimi anni...

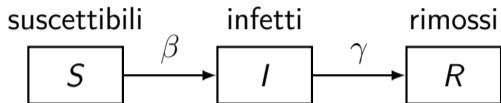


[Image credits: PNAS 117 (19) 10484-10491]

Un esempio di sistema molto “popolare” negli ultimi anni...

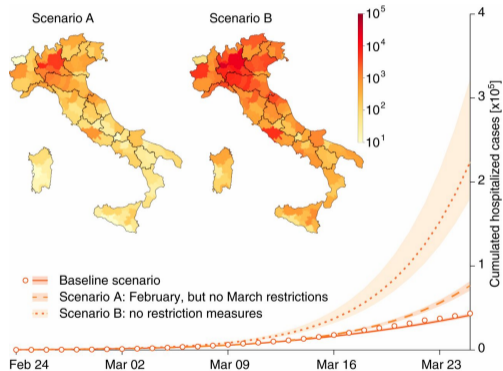


[Image credits: PNAS 117 (19) 10484-10491]

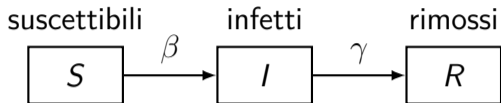


$$\dot{S} = -\beta SI, \quad \dot{I} = \beta SI - \gamma I, \quad \dot{R} = \gamma I$$

Un esempio di sistema molto “popolare” negli ultimi anni...



[Image credits: PNAS 117 (19) 10484-10491]



$$\dot{S} = -\beta SI, \quad \dot{I} = \beta SI - \gamma I, \quad \dot{R} = \gamma I$$

- Come evitare lo scoppio di un'epidemia?
- Come limitare gli effetti di un'epidemia?
- Come distribuire i vaccini?

In questa lezione

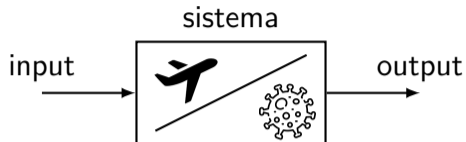
- ▷ Che cos'è la Teoria dei Sistemi?
- ▷ Perché studiare la Teoria dei Sistemi?
- ▷ Programma indicativo e testi di riferimento
- ▷ Qualche informazione utile su lezioni ed esami

Perché la Teoria dei Sistemi?



Capire come “manipolare” il sistema al fine di raggiungere un obiettivo

Perché la Teoria dei Sistemi?

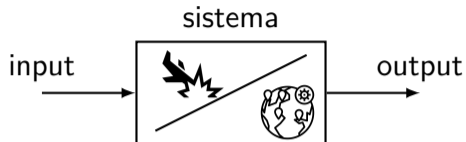


Capire come “manipolare” il sistema al fine di raggiungere un obiettivo

Fare esperimenti!

Usare un **modello!**

Perché la Teoria dei Sistemi?



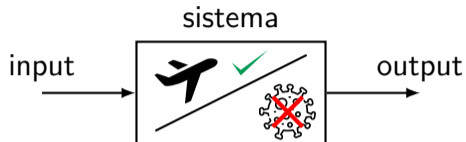
Capire come “manipolare” il sistema al fine di raggiungere un obiettivo

Fare esperimenti!

Usare un **modello**!

- *Costoso*
- *Spesso pericoloso*
- *A volte impossibile!*

Perché la Teoria dei Sistemi?



Capire come “manipolare” il sistema al fine di raggiungere un obiettivo

Fare esperimenti!

- *Costoso*
- *Spesso pericoloso*
- *A volte impossibile!*

Usare un **modello!**

- *Simulare* il sistema
- *Analizzare* il sistema
- *Controllo automatico!*

*minor
costi e rischi!*

Perché la Teoria dei Sistemi?

Attenzione però a fidarsi ciecamente di un modello !!



“All models are wrong,
but some are useful.”

– George Box

In questa lezione

- ▷ Che cos'è la Teoria dei Sistemi?
- ▷ Perché studiare la Teoria dei Sistemi?
- ▷ Programma indicativo e testi di riferimento
- ▷ Qualche informazione utile su lezioni ed esami

Programma indicativo

- Modelli di stato lineari/non-lineari a tempo continuo/discreto
- Punti di equilibrio, linearizzazione, definizione di stabilità
- Soluzioni di sistemi lineari e analisi modale
- Stabilità di sistemi lineari e non-lineari (cenni)

Modelli
soluzioni
stabilità

Programma indicativo

- Modelli di stato lineari/non-lineari a tempo continuo/discreto
- Punti di equilibrio, linearizzazione, definizione di stabilità
- Soluzioni di sistemi lineari e analisi modale
- Stabilità di sistemi lineari e non-lineari (cenni)

Modelli
soluzioni
stabilità

- Raggiungibilità e controllabilità di sistemi lineari
- Controllo in retroazione e allocazione autovalori
- Osservabilità e ricostruibilità di sistemi lineari
- Stimatori dello stato e sintesi del regolatore

Analisi e
controllo

Programma indicativo

- Modelli di stato lineari/non-lineari a tempo continuo/discreto
- Punti di equilibrio, linearizzazione, definizione di stabilità
- Soluzioni di sistemi lineari e analisi modale
- Stabilità di sistemi lineari e non-lineari (cenni)

Modelli
soluzioni
stabilità

- Raggiungibilità e controllabilità di sistemi lineari
- Controllo in retroazione e allocazione autovalori
- Osservabilità e ricostruibilità di sistemi lineari
- Stimatori dello stato e sintesi del regolatore

Analisi e
controllo

+ simulazione e controllo di sistemi dinamici in Matlab[®]

Programma indicativo

- Modelli di stato lineari/non-lineari a tempo continuo/discreto
- Punti di equilibrio, linearizzazione, definizione di stabilità
- Soluzioni di sistemi lineari e analisi modale
- Stabilità di sistemi lineari e non-lineari (cenni)

- Raggiungibilità e controllabilità di sistemi lineari
- **Controllo in retroazione e allocazione autovalori**
- Osservabilità e ricostruibilità di sistemi lineari
- **Stimatori dello stato e sintesi del regolatore**

Modellare
e
analizzare
un sistema
al fine di
controllarlo!

Testo di riferimento

Nessuno!

(Appunti e slides delle lezioni sono sufficienti)

Testi per consultazione

M. Bisiacco, S. Braghetto
“Teoria dei sistemi dinamici”
Società Editrice Esculapio,
Seconda Ed., 2010.



Testi per consultazione

M. Bisiacco, S. Braghetto
“Teoria dei sistemi dinamici”
Società Editrice Esculapio,
Seconda Ed., 2010.

E. Fornasini
“Appunti di teoria dei sistemi”
Ed. Libreria Progetto, 2013.

(più avanzato)



In questa lezione

- ▷ Che cos'è la Teoria dei Sistemi?
- ▷ Perché studiare la Teoria dei Sistemi?
- ▷ Programma indicativo e testi di riferimento
- ▷ Qualche informazione utile su lezioni ed esami

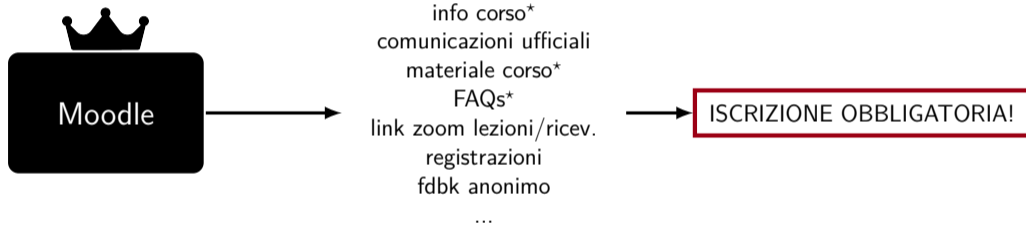
Lezioni: info e modalità

- In ogni lezione, userò delle slides che anoterò durante la lezione
- Le slides verranno cambiate/aggiornate rispetto a quelle degli scorsi A.A. !!
- Prima di ogni lezione, caricherò in moodle e nel mio sito le slides (3 formati)
- Finita ogni lezione, caricherò le slides *annotare* in moodle e nel mio sito
- Le lezioni verranno registrate e rese disponibili in moodle *per una settimana*



note

Lezioni: strumenti e materiale didattico



*disponibile anche @ [baggiogi.github.io/teaching](https://github.com/baggiogi/teaching)

Lezioni: novità di quest'anno

- Meno stabilità (Lyapunov tolto dal programma)
- Una lezione “light” (Matlab[®], esempi/esercizi, Wooclap,...) a settimana
- Ricevimento settimanale fisso: ogni venerdì ore 14:00 via Zoom

Info sull'esame

- Homework (10 punti): Breve relazione scritta su modellistica, analisi e controllo di un particolare sistema dinamico in cui si dovranno applicare gli strumenti teorici visti nel corso e Matlab[®]
 - Consigli? Capire i concetti, seguire le lezioni Matlab, sfruttare i ricevimenti
- Orale (5 punti): Discussione relazione, domande di teoria/comprendimento
 - Consigli? Capire (non memorizzare) i concetti

+ 2 punti extra assegnabili a homework o orale per premiare impegno, ordine, chiarezza espositiva, etc.

Domande?

Teoria dei Sistemi e Controllo Ottimo e Adattativo (C. I.)

Teoria dei Sistemi (Mod. A)

Docente: Giacomo Baggio

Lez. 1: Introduzione alla Teoria dei Sistemi

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccatronica

A.A. 2021-2022

Lezioni: info e modalità

- In ogni lezione, userò delle slides che annoterò durante la lezione
- Le slides verranno cambiate/aggiornate rispetto a quelle degli scorsi A.A. !!
- Prima di ogni lezione, caricherò in moodle e nel mio sito le slides (3 formati)
- Finita ogni lezione, caricherò le slides *annotate* in moodle e nel mio sito
- Le lezioni verranno registrate e rese disponibili in moodle *per una settimana*