


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

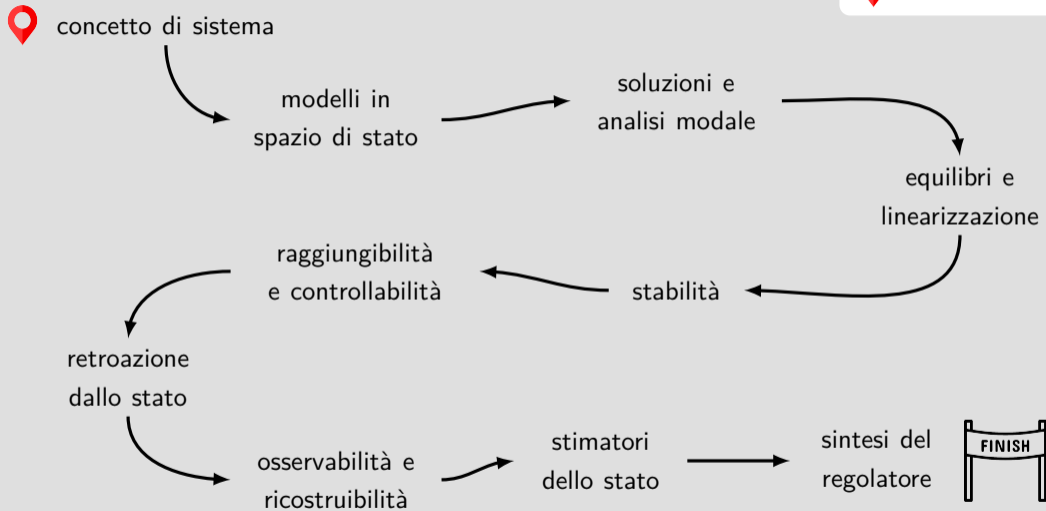
Docente: Giacomo Baggio

Lez. 1: Introduzione alla Teoria dei Sistemi

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccatronica

A.A. 2020-2021

 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?

“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

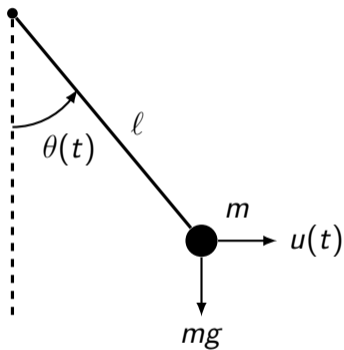
↓
matematica

Teoria (Matematica) dei Sistemi (Dinamici):

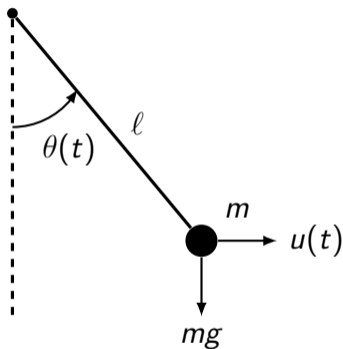
Analisi e controllo di **sistemi dinamici** descritti da **modelli matematici**

Sistema = Modello Matematico !!!

Un semplice esempio di sistema

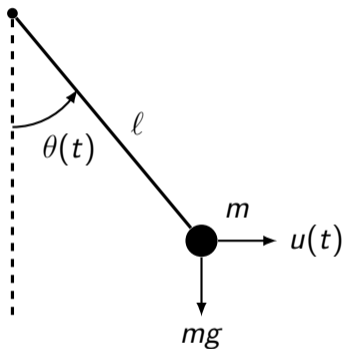


Un semplice esempio di sistema



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

Un semplice esempio di sistema



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

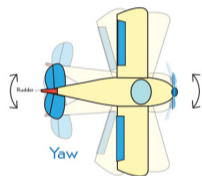
- Per $u \equiv 0$ quali sono gli equilibri ($\ddot{\theta} = 0$)?
- Come si comporta il sistema vicino agli equilibri?
- Come scegliere $u(t)$ per avere un equilibrio in $\bar{\theta}$?

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

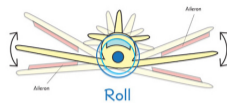
$u =$ vettore di spinta propulsiva

$F =$ vettore delle forze aerodinamiche

$M =$ vettore dei momenti aerodinamici

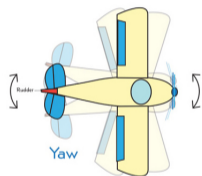
[Image credits: howthingsfly.si.edu]

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

x = vettore posizione centro di massa

u = vettore di spinta propulsiva

F = vettore delle forze aerodinamiche

M = vettore dei momenti aerodinamici

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

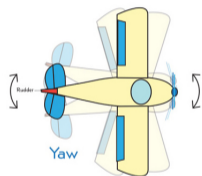
[Image credits: howthingsfly.si.edu]

Un esempio di sistema più complesso



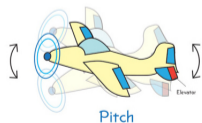
$\theta_1 =$ angolo rollio

$\alpha_1 =$ 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

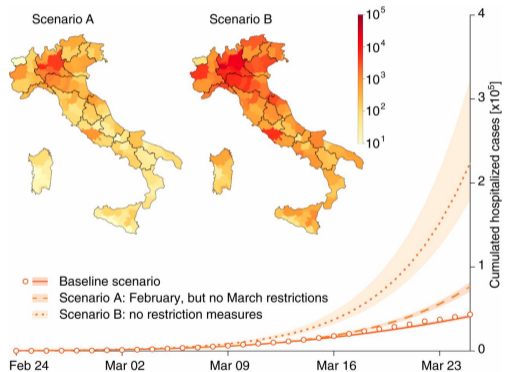
F = vettore delle forze aerodinamiche

M = vettore dei momenti aerodinamici

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

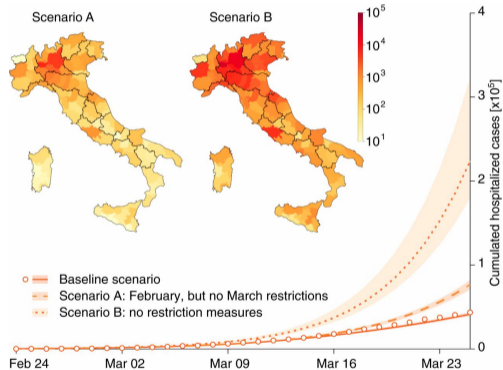
- Per u costante e $\alpha = 0$ quando si ha moto rettilineo uniforme ($\ddot{x} = 0, \dot{\theta} = 0$)?
- Con moto rettilineo uniforme come scegliere α per mantenere il volo “stabile”?

Un esempio di sistema molto “popolare” in questi giorni...

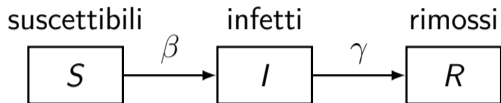


[Image credits: PNAS 117 (19) 10484-10491]

Un esempio di sistema molto “popolare” in questi giorni...

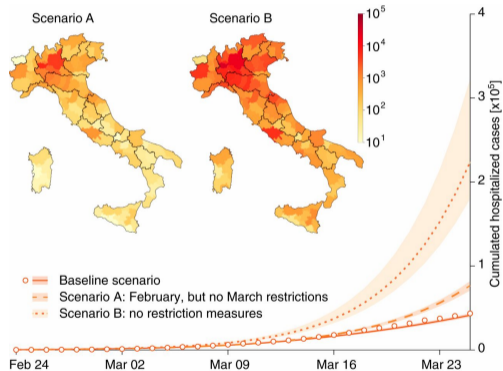


[Image credits: PNAS 117 (19) 10484-10491]

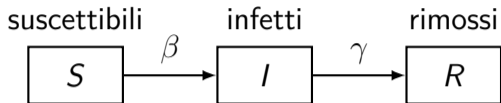


$$\dot{S} = -\beta SI, \quad \dot{I} = \beta SI - \gamma I, \quad \dot{R} = \gamma I$$

Un esempio di sistema molto “popolare” in questi giorni...



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



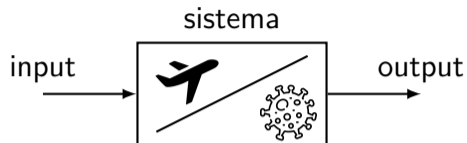
$$\dot{S} = -\beta SI, \quad \dot{I} = \beta SI - \gamma I, \quad \dot{R} = \gamma I$$

- 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?

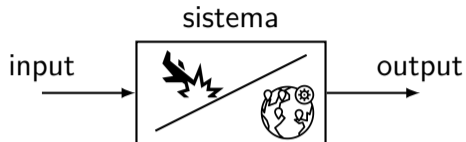


Capire come “manipolare” il sistema al fine di raggiungere un obiettivo

Fare esperimenti!

Usare un **modello!**

Perché la Teoria dei Sistemi?



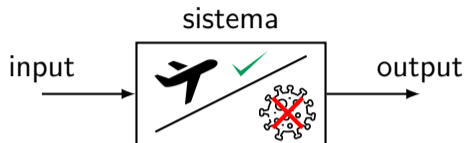
Capire come “manipolare” il sistema al fine di raggiungere un obiettivo

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
- Richiami e approfondimenti di algebra lineare
- Soluzioni di sistemi lineari e analisi modale

Modelli di stato

Programma indicativo

- Modelli di stato lineari/non-lineari a tempo continuo/discreto
- Richiami e approfondimenti di algebra lineare
- Soluzioni di sistemi lineari e analisi modale

Modelli di stato

- Punti di equilibrio, linearizzazione, definizione di stabilità
- Stabilità di sistemi lineari autonomi
- Stabilità di sistemi non-lineari autonomi

Stabilità

Programma indicativo

- Modelli di stato lineari/non-lineari a tempo continuo/discreto
- Richiami e approfondimenti di algebra lineare
- Soluzioni di sistemi lineari e analisi modale

Modelli di stato

- Punti di equilibrio, linearizzazione, definizione di stabilità
- Stabilità di sistemi lineari autonomi
- Stabilità di sistemi non-lineari autonomi

Stabilità

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

Analisi e controllo

Programma indicativo

- Modelli di stato lineari/non-lineari a tempo continuo/discreto
- Richiami e approfondimenti di algebra lineare
- Soluzioni di sistemi lineari e analisi modale

- Punti di equilibrio, linearizzazione, definizione di stabilità
- Stabilità di sistemi lineari autonomi
- Stabilità di sistemi non-lineari autonomi

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

Modellare
e
analizzare
un sistema
al fine di
controllarlo!

Testo di riferimento

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



Testo di riferimento

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

Per consultazione:

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



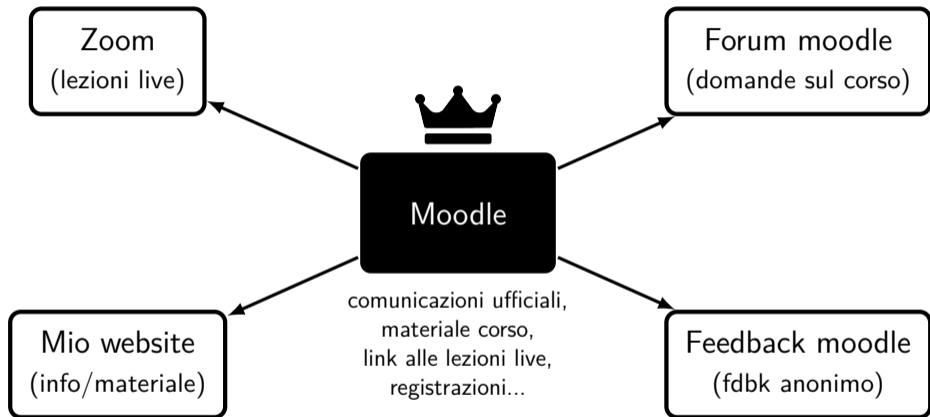
In questa lezione

- ▷ 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 aggiornate rispetto a quelle dello scorso 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 fino alla fine del semestre

Lezioni: strumenti didattica online



Lezioni: novità di quest'anno

- Taglio un po' meno teorico rispetto allo scorso A.A.
...ma si tratta comunque di un corso a stampo metodologico e teorico!
- Una lezione di esercitazione (esercizi o Matlab) a settimana
- Brevi video riassuntivi (*highlights*) alla fine di macro-argomenti
- Cenni e approfondimenti (*bonus track*) su temi di ricerca attuale

Info sull'esame

- Parte scritta (12 punti): 3 esercizi su argomenti affrontati nel corso
 - Preparazione allo scritto: esercizi a lezione, esercizi extra, esami degli scorsi anni
- Parte orale (5 punti): domande di teoria/comprendione
 - Preparazione all'orale: capire (non memorizzare) gli argomenti, esempi di domande

Per ulteriori info, vedere anche FAQs del corso

Question time

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. 2020-2021