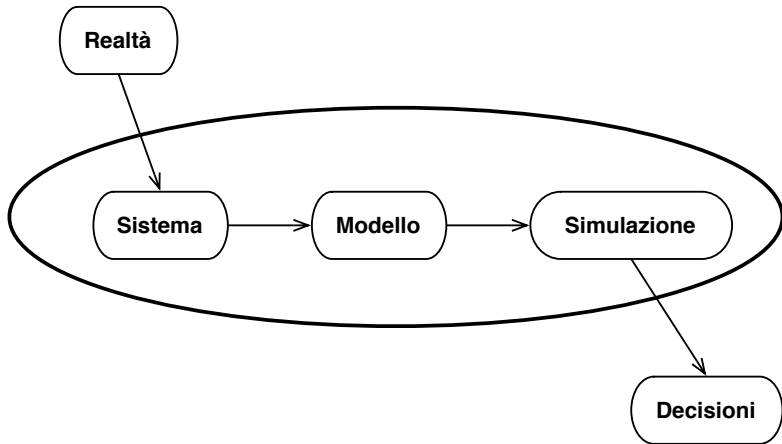


# Processi decisionali e modelli di simulazione

Corso di Simulazione

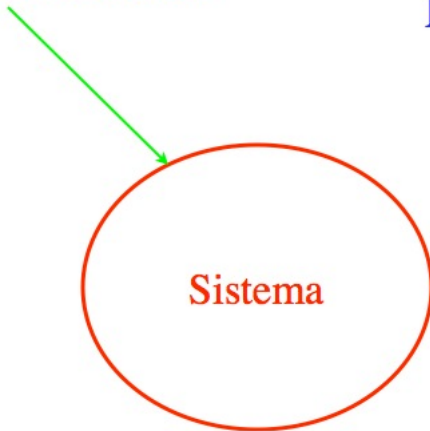
Anno accademico 2007/08

# Il Processo decisionale



Confini del Sistema

Realtà esterna



- I **modelli** sono lo strumento normale con cui interagiamo con la realtà, la conosciamo, anche se non sempre ne siamo coscienti.
- I **modelli** sono **costruzioni concettuali** a vari **livelli di astrazione**, non sono la realtà.
- I **modelli** vengono costruiti **in modo incrementale**.
- I **modelli** svolgono principalmente funzioni **conoscitive**.

- I **modelli** sono lo strumento normale con cui interagiamo con la realtà, la conosciamo, anche se non sempre ne siamo coscienti.
- I **modelli** sono **costruzioni concettuali** a vari **livelli di astrazione**, non sono la realtà.
- I **modelli** vengono costruiti **in modo incrementale**.
- I **modelli** svolgono principalmente funzioni **conoscitive**.

- I **modelli** sono lo strumento normale con cui interagiamo con la realtà, la conosciamo, anche se non sempre ne siamo coscienti.
- I **modelli** sono **costruzioni concettuali** a vari **livelli di astrazione**, non sono la realtà.
- I **modelli** vengono costruiti **in modo incrementale** .
- I **modelli** svolgono principalmente funzioni **conoscitive**.

- I **modelli** sono lo strumento normale con cui interagiamo con la realtà, la conosciamo, anche se non sempre ne siamo coscienti.
- I **modelli** sono **costruzioni concettuali** a vari **livelli di astrazione**, non sono la realtà.
- I **modelli** vengono costruiti **in modo incrementale**.
- I **modelli** svolgono principalmente funzioni **conoscitive**.

I **modelli** svolgono il duplice ruolo di:

- strumenti di apprendimento;
- strumenti decisionali.

I **modelli**, infatti, rappresentano un modo di diffondere la conoscenza e di far partecipare vari **attori** al processo decisionale. La costruzione di un modello è un processo a due vie: da un lato i nostri modelli mentali e dall'altro la realtà in una continua interazione attraverso un processo di confronto. Inoltre l'apprendimento ha anche una caratteristica partecipatoria: procede attraverso il coinvolgimento di diversi attori. I **modelli**, inoltre, consentono di analizzare e proporre azioni organizzate per modificare la situazione corrente e produrre la soluzione voluta.

# Tipologie di modelli (1)

I **modelli** che si usano di solito appartengono alle seguenti categorie:

- modelli statici
  - modelli dinamici
- 
- I **modelli statici** ci aiutano a comprendere il comportamento di un sistema in condizioni di riposo/equilibrio: ad esempio il calcolo di una struttura, oppure la determinazione del punto di equilibrio fra offerta e domanda in un mercato.
  - I **modelli dinamici** ci aiutano a capire come un sistema si evolve nel tempo: ad esempio la crescita di una popolazione, oppure il diffondersi di una epidemia.

# Tipologie di modelli (1)

I **modelli** che si usano di solito appartengono alle seguenti categorie:

- modelli statici
- modelli dinamici
- I **modelli statici** ci aiutano a comprendere il comportamento di un sistema in condizioni di riposo/equilibrio: ad esempio il calcolo di una struttura, oppure la determinazione del punto di equilibrio fra offerta e domanda in un mercato.
- I **modelli dinamici** ci aiutano a capire come un sistema si evolve nel tempo: ad esempio la crescita di una popolazione, oppure il diffondersi di una epidemia.

# Tipologie di modelli (1)

I **modelli** che si usano di solito appartengono alle seguenti categorie:

- modelli statici
- modelli dinamici
- I **modelli statici** ci aiutano a comprendere il comportamento di un sistema in condizioni di riposo/equilibrio: ad esempio il calcolo di una struttura, oppure la determinazione del punto di equilibrio fra offerta e domanda in un mercato.
- I **modelli dinamici** ci aiutano a capire come un sistema si evolve nel tempo: ad esempio la crescita di una popolazione, oppure il diffondersi di una epidemia.

# Tipologie di modelli (2)

## Diversi tipi di modelli

- Modelli a scala
- Modelli analitici
- Modelli di simulazione

# Tipologie di modelli (2)

I **modelli di simulazione** si caratterizzano per l'uso del calcolatore come strumento non solo di calcolo, come ad esempio nei modelli di programmazione matematica, ma anche di rappresentazione degli elementi che costituiscono la realtà in studio e delle relazioni fra di essi. La corrispondenza tra realtà e modello non è basata su una riduzione proporzionale delle dimensioni, ma è di tipo funzionale: ad ogni elemento del sistema reale corrisponde un oggetto informatico che ne svolge la funzione nel modello. Questi modelli sono particolarmente flessibili consentendo di rappresentare e di studiare sistemi molto complessi, e dei quali conosciamo alcune caratteristiche solo attraverso analisi di tipo statistico.

I modelli di simulazione sono in genere modelli dinamici.

# La simulazione

La fase della simulazione vera e propria è quella conclusiva, che porterà poi alle decisioni finali. Innanzitutto il modello viene tradotto in un programma su calcolatore che viene fatto girare. In questo modo, analizzando il comportamento del modello e confrontandolo con i dati in nostro possesso sulla da cui eravamo partiti, è possibile verificare quanto il modello costruito rappresenti, correttamente rispetto ai nostri obiettivi. La correttezza può essere vista da due punti di vista diversi:

- **Correttezza d'insieme** (black box validity): gli output che il modello produce riflettono accuratamente quelli del sistema reale.
- **Correttezza delle singole componenti** del sistema (white box validity): le componenti del sistema sono consistenti con la realtà e/o la teoria esistente.

# Strumenti software per la simulazione

- Linguaggi *general purpose* quali C, C++, Java (esistono librerie orientate alla simulazione)
- Linguaggi specializzati, quali ad esempio SIMSCRIPT, MODSIM e GPSS
- Applicazioni di tipo interattivo per la simulazione quali, fra gli altri, *Arena*, *Witness*, *Extend* e *Micro Saint*
- Fogli elettronici

# Tipi di simulazione

- **simulazione deterministica.** L'evoluzione nel tempo del modello costruito è univocamente determinata dalle sue caratteristiche e dalle condizioni iniziali.
- **simulazione stocastica.** Nel modello sono presenti grandezze aleatorie.
- **simulazione continua.** Il valore delle variabili coinvolte varia in modo continuo nel tempo.
- **simulazione discreta.** Lo stato del sistema studiato, e quindi il valore delle variabili relative, cambia in ben definiti istanti di tempo.

|          | Deterministica | Stocastica |
|----------|----------------|------------|
| Continua | X              | X          |
| Discreta | X              | X          |

# Un esempio di simulazione deterministica e continua: il modello Preda-Predatore

- $x(t)$ : popolazione dei conigli
- $y(t)$ : popolazione delle linci

# Un esempio di simulazione deterministica e continua: il modello Preda-Predatore

- $x(t)$ : popolazione dei conigli
- $y(t)$ : popolazione delle linci

## Ipotesi:

- in assenza di predatori il numero dei conigli cresce secondo una legge esponenziale, cioè con tasso costante;
- analogamente, in assenza di prede, il numero delle linci decresce con tasso costante.

# Un esempio di simulazione deterministica e continua: il modello Preda-Predatore

- $x(t)$ : popolazione dei conigli
- $y(t)$ : popolazione delle linci

Ipotesi:

- in assenza di predatori il numero dei conigli cresce secondo una legge esponenziale, cioè con tasso costante;
- analogamente, in assenza di prede, il numero delle linci decresce con tasso costante.

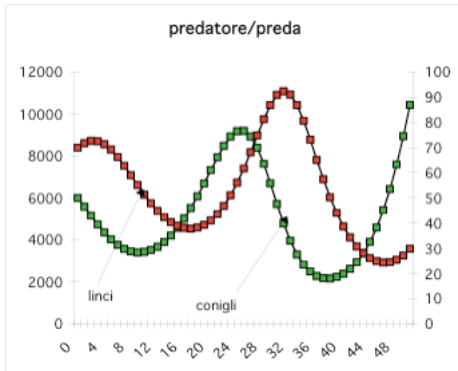
$$\begin{aligned}x(t+1) - x(t) &= N_c x(t) - F(y(t))x(t), \\ y(t+1) - y(t) &= -M_l y(t) + G(x(t))y(t).\end{aligned}$$

# Il modello Preda-Predatore

$$\begin{aligned}\frac{dx(t)}{dt} &= Ax(t) - Bx(t)y(t), \\ \frac{dy(t)}{dt} &= -Cy(t) + Dx(t)y(t).\end{aligned}$$

# Il modello Preda-Predatore

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax(t) - Bx(t)y(t),$$
$$\frac{dy(t)}{dt} = -Cy(t) + Dx(t)y(t).$$



# Un esempio di simulazione discreta e deterministica: l'officina

In un'officina ci siano 2 macchine  $M_1$  e  $M_2$ , e all'inizio della giornata siano in attesa di essere eseguiti 5 lavori,  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$  e  $L_5$ .

Tempi di lavorazione necessari:

|       | $M_1$ | $M_2$ |
|-------|-------|-------|
| $L_1$ | 4     | 6     |
| $L_2$ | 0     | 5     |
| $L_3$ | 3     | 8     |
| $L_4$ | 4     | 0     |
| $L_5$ | 6     | 3     |

# Un esempio di simulazione discreta e deterministica: l'officina

| <i>Tempo</i> | <i>M<sub>1</sub></i> |                      | <i>M<sub>2</sub></i> |                      |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|              | <i>Finisce</i>       | <i>Inizia</i>        | <i>Finisce</i>       | <i>Inizia</i>        |
| 0            |                      | <i>L<sub>1</sub></i> |                      | <i>L<sub>2</sub></i> |
| 4            | <i>L<sub>1</sub></i> | <i>L<sub>3</sub></i> |                      |                      |
| 5            |                      |                      | <i>L<sub>2</sub></i> | <i>L<sub>1</sub></i> |
| 7            | <i>L<sub>3</sub></i> | <i>L<sub>4</sub></i> |                      |                      |
| 11           | <i>L<sub>4</sub></i> | <i>L<sub>5</sub></i> | <i>L<sub>1</sub></i> | <i>L<sub>3</sub></i> |
| 17           | <i>L<sub>5</sub></i> |                      |                      |                      |
| 19           |                      |                      | <i>L<sub>3</sub></i> | <i>L<sub>5</sub></i> |
| 22           |                      |                      | <i>L<sub>5</sub></i> |                      |

Con la politica scelta sono quindi necessari 220 minuti per  
l'esecuzione di tutti i lavori

# Un esempio di simulazione discreta e stocastica: un problema di manutenzione

Un *server* ha due unità disco. La riparazione di un disco costa 150 *Euro*, mentre la sua revisione, se ancora funzionante, costa 50 *Euro*.

Probabilità  $p_i$  di un guasto nell' $i^{\text{esimo}}$  mese dopo una riparazione o una revisione. Con  $P_i$  sono state indicate le probabilità cumulate.

| $i$ | $p_i$ | $P_i$ |
|-----|-------|-------|
| 1   | 0.05  | 0.05  |
| 2   | 0.15  | 0.20  |
| 3   | 0.20  | 0.40  |
| 4   | 0.30  | 0.70  |
| 5   | 0.20  | 0.90  |
| 6   | 0.10  | 1     |

# Un esempio di simulazione discreta e stocastica: un problema di manutenzione

| Num. Casuali |         | Riparaz. separate |         |         |         | Ripar. congiunte |    |
|--------------|---------|-------------------|---------|---------|---------|------------------|----|
|              |         | t                 |         | T       |         | t                | T  |
| Disco A      | Disco B | Disco A           | Disco B | Disco A | Disco B |                  |    |
| 0.71         | 0.37    | 5                 | 3       | 5       | 3       | 3                | 3  |
| 0.58         | 0.34    | 4                 | 3       | 9       | 6       | 3                | 6  |
| 0.21         | 0.89    | 3                 | 5       | 12      | 11      | 3                | 9  |
| 0.81         | 0.08    | 5                 | 2       | 17      | 13      | 2                | 11 |
| 0.94         | 0.67    | 6                 | 4       | 23      | 17      | 4                | 15 |
| 0.58         | 0.19    | 4                 | 2       | 27      | 19      | 2                | 17 |
| 0.19         | 0.22    | 2                 | 3       | 29      | 22      | 2                | 19 |
| 0.37         | 0.33    | 3                 | 3       | 32      | 25      | 3                | 22 |
| 0.88         | 0.56    | 5                 | 4       | 37      | 29      | 4                | 26 |
| 0.67         | 0.77    | 4                 | 5       | 41      | 34      | 4                | 30 |
| 0.36         | 0.27    | 3                 | 3       | 44      | 37      | 3                | 33 |
| 0.67         | 0.90    | 4                 | 5       | 48      | 42      | 4                | 37 |
| 0.30         | 0.08    | 3                 | 2       | 51      | 44      | 2                | 39 |
| 0.50         | 0.84    | 4                 | 5       |         | 49      | 4                | 43 |
| 0.56         | 0.27    | 4                 | 3       |         | 52      | 3                | 46 |
| 0.21         | 0.35    | 3                 | 3       |         |         | 3                | 49 |
| 0.11         | 0.16    | 2                 | 2       |         |         | 2                | 51 |