

Sincronizzazione delle Lucciole

Claudio Mirolo

Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche,
Università di Udine, via delle Scienze 206 – Udine

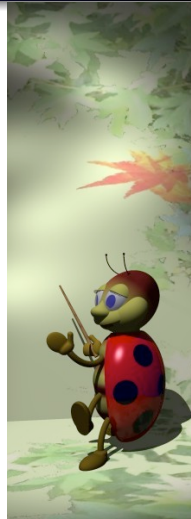
claudio.mirolo@uniud.it

Laboratorio di Programmazione

nid.dimi.uniud.it

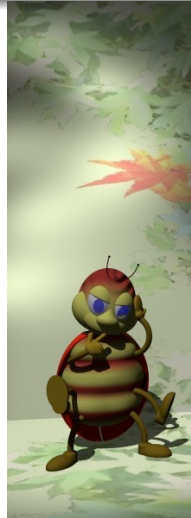
Sommario

- 1 modelli
 - obiettivi e presupposti
 - semplificazione e formalizzazione
- 2 simulazione e oggetti
- 3 esperimenti
- 4 epilogo
 - programmazione
 - analisi critica
 - comportamento emergente. . .
 - la natura nel computer?



Sommario

- 1 **modelli**
 - obiettivi e presupposti
 - semplificazione e formalizzazione
- 2 simulazione e oggetti
- 3 esperimenti
- 4 epilogo
 - programmazione
 - analisi critica
 - comportamento emergente...
 - la natura nel computer?



Approccio scientifico

- Come è possibile modellare un fenomeno naturale?
quali ipotesi semplificative? quale attinenza con la realtà?
- Cosa ci suggerisce il modello? le osservazioni
del processo naturale ne corroborano la validità?
- Quali meccanismi del processo naturale possono
effettivamente determinare l'evoluzione osservata?

modelli

simulazione e oggetti
esperimenti
epilogo

obiettivi e presupposti
semplificazione e formalizzazione



Modello di un fenomeno. . .



Approccio scientifico: Simulazione

Impostazione di un progetto di simulazione:

- Delimitazione del fenomeno naturale da spiegare
- Meccanismi noti/presumibili in atto, individuazione degli aspetti da chiarire
- Semplificazioni e formalizzazione dei processi in gioco
- Sviluppo di un modello “informatico”
- Sperimentazione e interpretazione di quanto osservato
- Discussione e analisi critica

modelli

simulazione e oggetti
esperimenti
epilogo

obiettivi e presupposti
semplificazione e formalizzazione



Delimitazione del fenomeno naturale da spiegare



modelli

simulazione e oggetti
esperimenti
epilogo

obiettivi e presupposti
semplificazione e formalizzazione



Delimitazione del fenomeno naturale da spiegare



Modalità di sincronizzazione
della luminescenza



Meccanismi noti e presumibili in atto

- *Bioluminescenza*: segnale luminoso alimentato da energia biochimica
- Affinché si renda disponibile l'energia necessaria deve trascorrere un minimo intervallo di tempo (carica)
- L'attivazione della luminescenza può essere influenzata anche da stimoli esterni

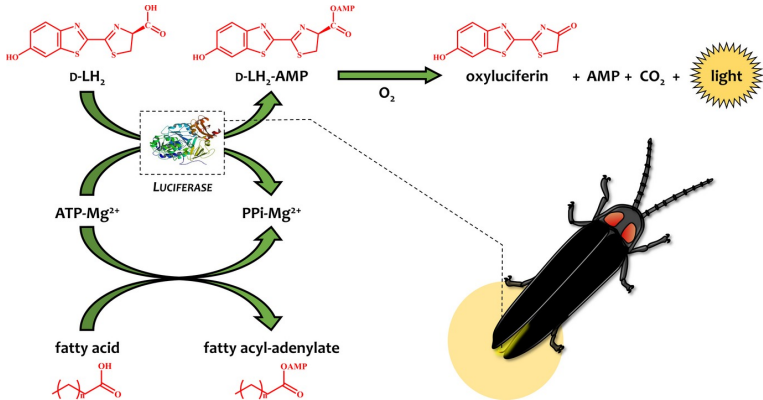
Meccanismi noti e presumibili in atto

- *Bioluminescenza*: segnale luminoso alimentato da energia biochimica
- Affinché si renda disponibile l'energia necessaria deve trascorrere un minimo intervallo di tempo (carica)
- L'attivazione della luminescenza può essere influenzata anche da stimoli esterni

Meccanismi noti e presumibili in atto

- *Bioluminescenza*: segnale luminoso alimentato da energia biochimica
- Affinché si renda disponibile l'energia necessaria deve trascorrere un minimo intervallo di tempo (carica)
- L'attivazione della luminescenza può essere influenzata anche da stimoli esterni

Bioluminescenza negli insetti della fam. *Lampyridae*



Osservazione del fenomeno di sincronizzazione

Photinus carolinus

Great Smoky Mountains National Park, Tennessee



Osservazione del fenomeno di sincronizzazione

Photinus carolinus

Great Smoky Mountains National Park, Tennessee

Pteroptyx malaccae

Foreste di mangrovie del Sud-Est Asiatico (Thailandia, Malesia, ...)

Per quale motivo la natura può aver selezionato
un simile comportamento?

Osservazione del fenomeno di sincronizzazione

Photinus carolinus

Great Smoky Mountains National Park, Tennessee

Pteroptyx malaccae

Foreste di mangrovie del Sud-Est Asiatico (Thailandia, Malesia, ...)

Per quale motivo la natura può aver selezionato
un simile comportamento?

Come si può spiegare il fenomeno?

- **Molteplici spiegazioni possibili**
(p. es. allineamento a un leader)
- Spesso, tuttavia, le spiegazioni più convincenti sono anche quelle più semplici. . .
- Lieve “accelerazione” dell’orologio interno stimolata dalla luce emessa da lucciole vicine!

Come si può spiegare il fenomeno?

- Molteplici spiegazioni possibili
(p. es. allineamento a un leader)
- Spesso, tuttavia, le spiegazioni più convincenti sono anche quelle più semplici. . .
- Lieve “accelerazione” dell’orologio interno stimolata dalla luce emessa da lucciole vicine!

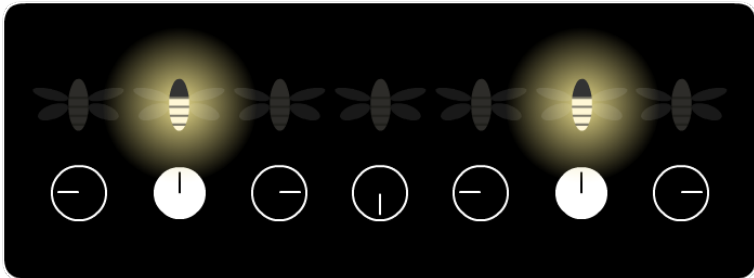
Come si può spiegare il fenomeno?

- Molteplici spiegazioni possibili
(p. es. allineamento a un leader)
- Spesso, tuttavia, le spiegazioni più convincenti
sono anche quelle più semplici. . .
- Lieve “accelerazione” dell’orologio interno
stimolata dalla luce emessa da lucciole vicine!

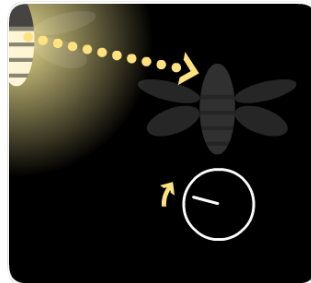
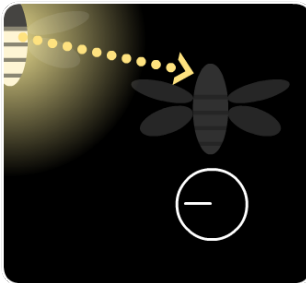
Come si può spiegare il fenomeno?

- Molteplici spiegazioni possibili
(p. es. allineamento a un leader)
- Spesso, tuttavia, le spiegazioni più convincenti
sono anche quelle più semplici. . .
- Lieve “accelerazione” dell’orologio interno
stimolata dalla luce emessa da lucciole vicine!

Bioluminescenza negli insetti della fam. *Lampyridae*



Bioluminescenza negli insetti della fam. *Lampyridae*



Semplificazioni

- Lucciole collocate in uno spazio bidimensionale (per esempio appoggiate sulla vegetazione)
- Disposizione abbastanza regolare e stabile nel tempo (spostamenti marginali)
- Intermittenza della luminescenza regolata da un orologio interno “quantizzato”
- Prossimità (ed eventuale stimolazione reciproca) basata su una griglia

Semplificazioni

- Lucciole collocate in uno spazio bidimensionale (per esempio appoggiate sulla vegetazione)
- Disposizione abbastanza regolare e stabile nel tempo (spostamenti marginali)
- Intermittenza della luminescenza regolata da un orologio interno “quantizzato”
- Prossimità (ed eventuale stimolazione reciproca) basata su una griglia

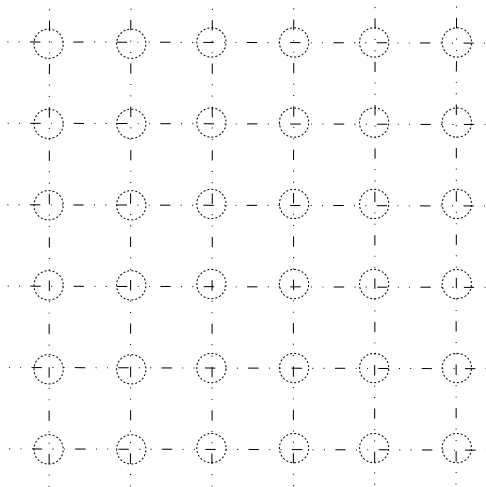
Semplificazioni

- Lucciole collocate in uno spazio bidimensionale (per esempio appoggiate sulla vegetazione)
- Disposizione abbastanza regolare e stabile nel tempo (spostamenti marginali)
- Intermittenza della luminescenza regolata da un orologio interno “quantizzato”
- Prossimità (ed eventuale stimolazione reciproca) basata su una griglia

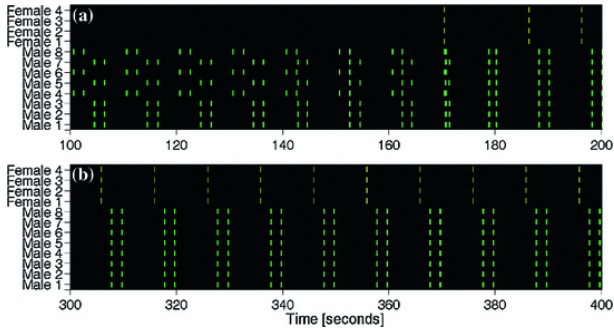
Semplificazioni

- Lucciole collocate in uno spazio bidimensionale (per esempio appoggiate sulla vegetazione)
- Disposizione abbastanza regolare e stabile nel tempo (spostamenti marginali)
- Intermittenza della luminescenza regolata da un orologio interno “quantizzato”
- Prossimità (ed eventuale stimolazione reciproca) basata su una griglia

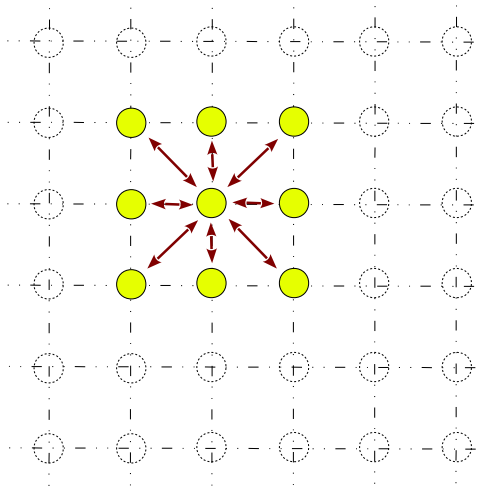
Disposizione regolare in uno spazio bidimensionale



Intermittenza regolata da un orologio interno

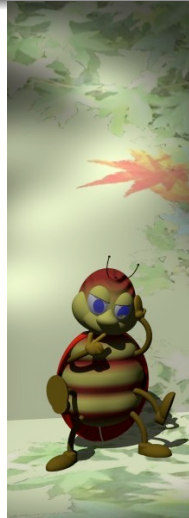


Influenza reciproca solo nell'immediata prossimità



Sommario

- 1 modelli
 - obiettivi e presupposti
 - semplificazione e formalizzazione
- 2 simulazione e oggetti
- 3 esperimenti
- 4 epilogo
 - programmazione
 - analisi critica
 - comportamento emergente...
 - la natura nel computer?



Simulazione . . .



Modelli dei fenomeni naturali

- Diversi sistemi che si incontrano in natura sono *modulari* . . .
- Molti elementi che li compongono riproducono esattamente il medesimo comportamento, spesso elementare
- Esempio notevole: organismi viventi
- Modelli informatici “object-oriented” sono adatti alla simulazione di simili fenomeni (*Simula!*)



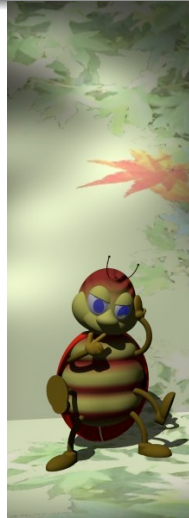
Al lavoro!

Al lavoro!



Sommario

- 1 modelli
 - obiettivi e presupposti
 - semplificazione e formalizzazione
- 2 simulazione e oggetti
- 3 esperimenti
- 4 epilogo
 - programmazione
 - analisi critica
 - comportamento emergente...
 - la natura nel computer?



Esperimenti. . .



Esperimenti. . . in laboratorio



Possibili ritocchi del programma. . .

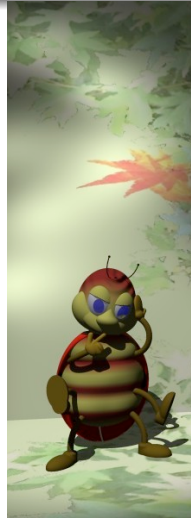
- ... Per rendere un po' più realistica l'animazione:
 - Variazione *graduale* dell'intensità della luminescenza
 - Variazione graduale dell'ampiezza dell'alone luminoso e con intensità degradante verso l'esterno
 - Leggera perturbazione casuale della posizione di ciascuna lucciola rispetto ai nodi del reticolo base

Possibili ritocchi del programma. . .

- ... Per rendere un po' più realistica l'animazione:
- Variazione *graduale* dell'intensità della luminescenza
- Variazione graduale dell'ampiezza dell'alone luminoso e con intensità degradante verso l'esterno
- Leggera perturbazione casuale della posizione di ciascuna lucciola rispetto ai nodi del reticolo base

Sommario

- 1 modelli
 - obiettivi e presupposti
 - semplificazione e formalizzazione
- 2 simulazione e oggetti
- 3 esperimenti
- 4 epilogo
 - programmazione
 - analisi critica
 - comportamento emergente...
 - la natura nel computer?



modelli
simulazione e oggetti
esperimenti
epilogo

programmazione
analisi critica
comportamento emergente...
la natura nel computer?



Epilogo...





Programmazione: stato interno...

```
class Firefly {  
  
    int x, y; // posizione lucciola  
    boolean bright; // emissione luce?  
    Vector<Firefly> neighbors; // lucciole vicine  
    // ----- // informazioni su  
    // // accelerazione  
    // ----- // orologio interno  
  
    Firefly( int px, int py ) { // nuova lucciola  
        x = px; // posizione  
        y = py;  
        bright = false; // non luminescente  
        neighbors = new Vector<Firefly>(); // da popolare  
    }  
    . . . . .  
} // Firefly
```



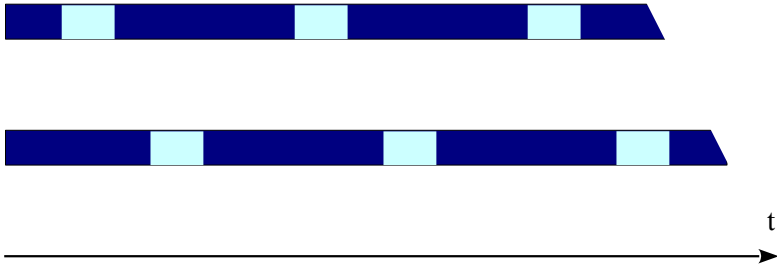
Programmazione: gestione orologio. . .

```
class Firefly {
    . . . . .
    void flicker() {                                // ciclo luminescenza
        randomDelay();                             // inizio asincrono
        while ( true ) {                           // ciclo senza fine
            bright = true;                          // luminescenza attiva
            stimulateNeighbors();                   // stimolo vicine
            delay( 500 );                            // durata luminescenza
            // ----- // disattivazione
                                                    // insensibile... poi
                                                    // sensibile a stimoli
                                                    // abbreviazione?
            // ----- // per circa 2 sec
        }
    }
    . . . . .
} // Firefly
```

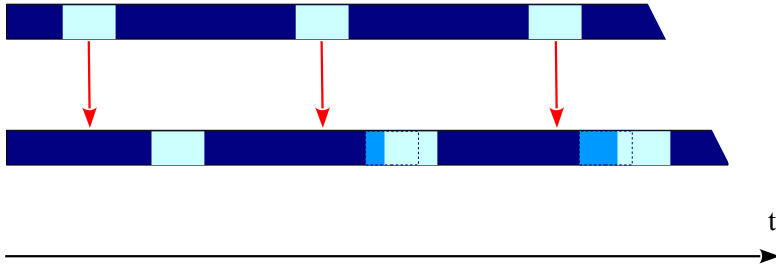
Programmazione: ricezione stimoli...

```
class Firefly {  
  
    . . . . .  
  
    void lightStimulus() { // stimolo luminoso  
                           // da lucciola vicina  
                           // -----  
                           //  
                           // vedi flicker  
  
                           // -----  
    }  
  
    . . . . .  
  
} // Firefly
```

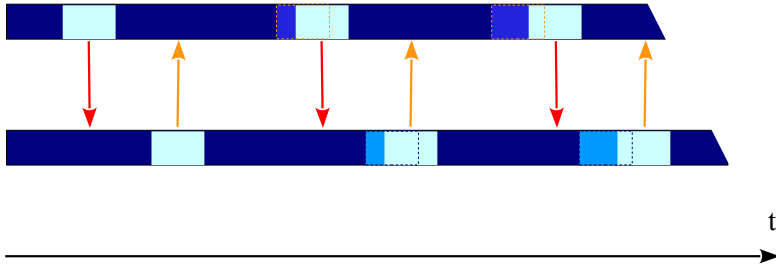
Stimolazione reciproca. . .



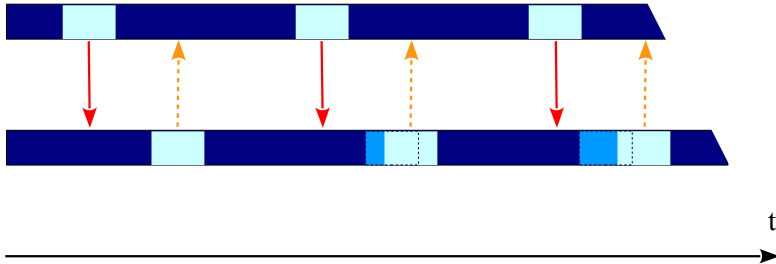
Stimolazione reciproca. . .



Stimolazione reciproca. . .



Stimolazione reciproca. . .



modelli
simulazione e oggetti
esperimenti
epilogo

programmazione
analisi critica
comportamento emergente...
la natura nel computer?



Analisi critica. . .





Comportamento emergente!

Concetto di “comportamento emergente”:

- comportamento osservato apparentemente “intelligente”...
- ma non perseguito in quanto tale come obiettivo
- risultato non pianificato delle modalità di interazioni, instaurate verosimilmente per ragioni casuali



Comportamento emergente!

Concetto di “comportamento emergente”:

- comportamento osservato apparentemente “intelligente”...
- ma non perseguito in quanto tale come obiettivo
- risultato non pianificato delle modalità di interazioni, instaurate verosimilmente per ragioni casuali



Comportamento emergente!

Concetto di “comportamento emergente”:

- comportamento osservato apparentemente “intelligente”...
- ma non perseguito in quanto tale come obiettivo
- risultato non pianificato delle modalità di interazioni, instaurate verosimilmente per ragioni casuali



Comportamento emergente!

Concetto di “comportamento emergente”:

- comportamento osservato apparentemente “intelligente”...
- ma non perseguito in quanto tale come obiettivo
- risultato non pianificato delle modalità di interazioni, instaurate verosimilmente per ragioni casuali



Comportamento emergente!

- l'eventuale intelligenza (o creatività)
va piuttosto attribuita al processo di selezione naturale...
- che favorisce gli individui dotati di caratteristiche
vantaggiose ai fini dello sviluppo della specie



Comportamento emergente!

- l'eventuale intelligenza (o creatività)
va piuttosto attribuita al processo di selezione naturale...
- che favorisce gli individui dotati di caratteristiche
vantaggiose ai fini dello sviluppo della specie



Alla ricerca di spiegazioni

La spiegazione non è però completa. . .

- quali meccanismi biochimici per anticipare il lampeggio?
- i meccanismi dovrebbero essere semplici
(p.es.: allineamento dei fusti con il campo gravitazionale)

Alla ricerca di spiegazioni

La spiegazione non è però completa. . .

- quali meccanismi biochimici per anticipare il lampeggio?
- i meccanismi dovrebbero essere semplici
(p.es.: allineamento dei fusti con il campo gravitazionale)



Alla ricerca di spiegazioni

La spiegazione non è però completa. . .

- quali meccanismi biochimici per anticipare il lampeggio?
- i meccanismi dovrebbero essere semplici
(p.es.: allineamento dei fusti con il campo gravitazionale)

Alla ricerca di spiegazioni

La spiegazione non è però completa. . .

- quali meccanismi biochimici per anticipare il lampeggio?
- i meccanismi dovrebbero essere semplici
(p.es.: allineamento dei fusti con il campo gravitazionale)



Informatica “applicata”

“Fillotassi del girasole”, “Sincronizzazione delle lucciole” ...

- Esempi notevoli di informatica applicata
- Con carattere chiaramente *scientifico*



Informatica “applicata”

“Fillotassi del girasole”, “Sincronizzazione delle lucciole” ...

- Esempi notevoli di informatica applicata
- Con carattere chiaramente *scientifico*



Informatica “applicata”

“Fillotassi del girasole”, “Sincronizzazione delle lucciole” ...

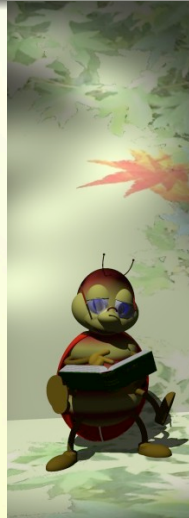
- Esempi notevoli di informatica applicata
- Con carattere chiaramente *scientifico*

Modelli e simulazioni

I programmi possono anche essere utilizzati come strumenti per scoprire e determinare empiricamente le leggi della natura.

In particolare, i programmi di simulazione possono essere utilizzati per esaminare la veridicità di modelli [...] in altre scienze della natura.

A.H. Eden, "Three Paradigms of Computer Science" (2007)

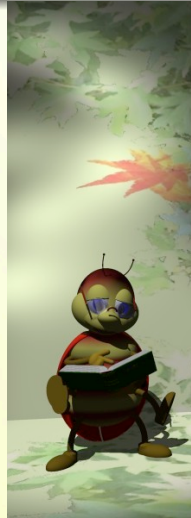


Modelli e simulazioni

I programmi possono anche essere utilizzati come strumenti per scoprire e determinare empiricamente le leggi della natura.

In particolare, i programmi di simulazione possono essere utilizzati per esaminare la veridicità di modelli [...] in altre scienze della natura.

A.H. Eden, "Three Paradigms of Computer Science" (2007)

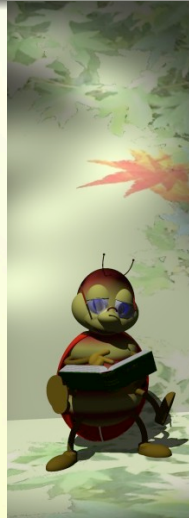


Modelli e simulazioni

I programmi possono anche essere utilizzati come strumenti per scoprire e determinare empiricamente le leggi della natura.

In particolare, i programmi di simulazione possono essere utilizzati per esaminare la veridicità di modelli [...] in altre scienze della natura.

A.H. Eden, "Three Paradigms of Computer Science" (2007)





Computational Thinking

- Illustrazione della prospettiva del
“*Computational Thinking*”
- La prospettiva informatica riguarda tutti,
non solo gli informatici!
- ISTE/CSTA (*Computational Thinking teacher resources*, 2011):
[Operational definition of] *Simulation*:
Representation or model of a process.
Simulation also involves running experiments using models.



Computational Thinking

- Illustrazione della prospettiva del
“*Computational Thinking*”
- La prospettiva informatica riguarda tutti,
non solo gli informatici!
- ISTE/CSTA (*Computational Thinking teacher resources*, 2011):
[Operational definition of] *Simulation*:
Representation or model of a process.
Simulation also involves running experiments using models.



Computational Thinking

- Illustrazione della prospettiva del “*Computational Thinking*”
- La prospettiva informatica riguarda tutti, non solo gli informatici!
- ISTE/CSTA (*Computational Thinking teacher resources*, 2011):
[Operational definition of] *Simulation*:
Representation or model of a process.
Simulation also involves running experiments using models.



Computational Thinking

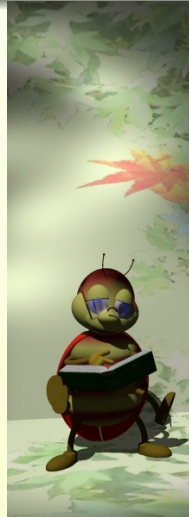
- Illustrazione della prospettiva del
“*Computational Thinking*”
- La prospettiva informatica riguarda tutti,
non solo gli informatici!
- ISTE/CSTA (*Computational Thinking teacher resources*, 2011):
[Operational definition of] *Simulation*:
Representation or model of a process.
Simulation also involves running experiments using models.

Pervasività della prospettiva

*Una rimarchevole rivoluzione intellettuale
si sta svolgendo tutt'attorno a noi,
ma pochi se ne stanno accorgendo.*

*Il pensiero computazionale
sta influenzando la ricerca
in quasi tutte le discipline,
sia in quelle scientifiche
che in quelle umanistiche.*

A. Bundy, "Computational thinking is pervasive" (2007)

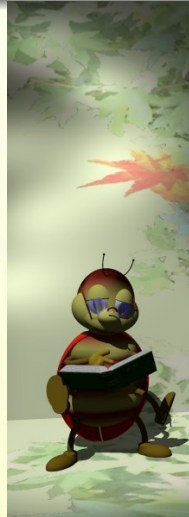


Pervasività della prospettiva

*Una rimarchevole rivoluzione intellettuale
si sta svolgendo tutt'attorno a noi,
ma pochi se ne stanno accorgendo.*

*Il pensiero computazionale
sta influenzando la ricerca
in quasi tutte le discipline,
sia in quelle scientifiche
che in quelle umanistiche.*

A. Bundy, "Computational thinking is pervasive" (2007)

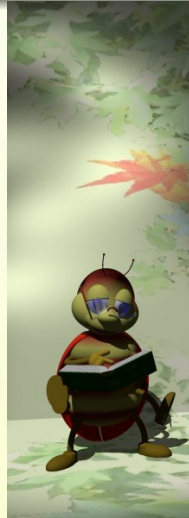


Pervasività della prospettiva

*Una rimarchevole rivoluzione intellettuale
si sta svolgendo tutt'attorno a noi,
ma pochi se ne stanno accorgendo.*

*Il pensiero computazionale
sta influenzando la ricerca
in quasi tutte le discipline,
sia in quelle scientifiche
che in quelle umanistiche.*

A. Bundy, "Computational thinking is pervasive" (2007)





L'algoritmo perduto. . .

Il modello algoritmico chiaramente non si applica:

- Il processo non è concettualizzabile in termini di input/output. . .
- . . . E neppure in termini di soluzione di un problema le cui proprietà sono state caratterizzate a priori (specifiche):
comportamento emergente! identificabile solo a posteriori.
- Il processo realizzato ha caratteristiche di “sistema interattivo”.

L'algoritmo perduto. . .

Il modello algoritmico chiaramente non si applica:

- Il processo non è concettualizzabile in termini di input/output. . .
- . . . E neppure in termini di soluzione di un problema le cui proprietà sono state caratterizzate a priori (specifiche):
comportamento emergente! identificabile solo a posteriori.
- Il processo realizzato ha caratteristiche di “sistema interattivo”.

L'algoritmo perduto. . .

Il modello algoritmico chiaramente non si applica:

- Il processo non è concettualizzabile in termini di input/output. . .
- . . . E neppure in termini di soluzione di un problema le cui proprietà sono state caratterizzate a priori (specifiche):
comportamento emergente! identificabile solo a posteriori.
- Il processo realizzato ha caratteristiche di “sistema interattivo”.



L'algoritmo perduto. . .

Il modello algoritmico chiaramente non si applica:

- Il processo non è concettualizzabile in termini di input/output. . .
- . . . E neppure in termini di soluzione di un problema le cui proprietà sono state caratterizzate a priori (specifiche): comportamento emergente! identificabile solo a posteriori.
- Il processo realizzato ha caratteristiche di “sistema interattivo”.

L'algoritmo perduto. . .

Il modello algoritmico chiaramente non si applica:

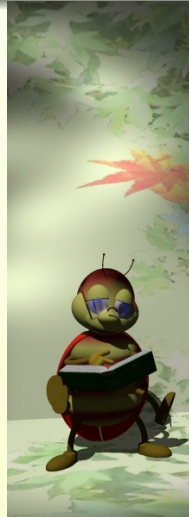
- Il processo non è concettualizzabile in termini di input/output. . .
- . . . E neppure in termini di soluzione di un problema le cui proprietà sono state caratterizzate a priori (specifiche): comportamento emergente! identificabile solo a posteriori.
- Il processo realizzato ha caratteristiche di “sistema interattivo”.

Modelli e simulazioni

*Secondo il punto di vista tradizionale,
la computazione è assimilata a una trasformazione
a scatola chiusa di input [...] in output.*

*In accordo con il punto di vista interattivo,
la computazione è un processo interattivo continuo
piuttosto che una trasformazione funzionale
da input a output.*

D. Goldin & P. Wegner,
"The Interactive Nature of Computing" (2008)

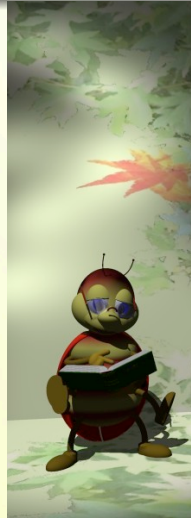


Modelli e simulazioni

*Secondo il punto di vista tradizionale,
la computazione è assimilata a una trasformazione
a scatola chiusa di input [...] in output.*

*In accordo con il punto di vista interattivo,
la computazione è un processo interattivo continuo
piuttosto che una trasformazione funzionale
da input a output.*

D. Goldin & P. Wegner,
"The Interactive Nature of Computing" (2008)

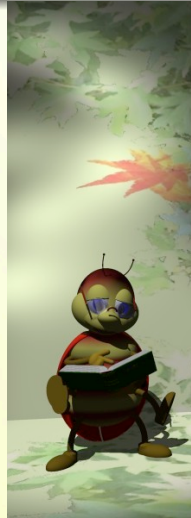


Modelli e simulazioni

*Secondo il punto di vista tradizionale,
la computazione è assimilata a una trasformazione
a scatola chiusa di input [...] in output.*

*In accordo con il punto di vista interattivo,
la computazione è un processo interattivo continuo
piuttosto che una trasformazione funzionale
da input a output.*

D. Goldin & P. Wegner,
“The Interactive Nature of Computing” (2008)



Nasce la scienza moderna. . .

*La filosofia è scritta in questo grandissimo libro
che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi
(io dico l'universo), ma non si può intendere
se prima non s'impara a intender la lingua,
e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto.*

*Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri
son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche,
senza i quali mezzi è impossibile a intenderne
umanamente parola; senza questi è un aggirarsi
vanamente per un oscuro laberinto.*

Galileo Galilei, Il Saggiatore (1624)



Nasce la scienza moderna. . .

La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto.

Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

Galileo Galilei, Il Saggiatore (1624)



Nasce la scienza moderna. . .

*La filosofia è scritta in questo grandissimo libro
che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi
(io dico l'universo), ma non si può intendere
se prima non s'impara a intender la lingua,
e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto.*

*Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri
son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche,
senza i quali mezzi è impossibile a intenderne
umanamente parola; senza questi è un aggirarsi
vanamente per un oscuro laberinto.*

Galileo Galilei, Il Saggiatore (1624)





Il mistero della comprensibilità della natura. . .

- Dopo Galileo, in molti si sono confrontati con il mistero che il mondo si possa spiegare in termini *matematici*
- In che senso ed entro quali limiti si può dire che il mondo è matematico?



Il mistero della comprensibilità della natura. . .

- Dopo Galileo, in molti si sono confrontati con il mistero che il mondo si possa spiegare in termini *matematici*
- In che senso ed entro quali limiti si può dire che il mondo è matematico?



Il mistero della comprensibilità della natura. . .

- Dopo Galileo, in molti si sono confrontati con il mistero che il mondo si possa spiegare in termini *matematici*
- In che senso ed entro quali limiti si può dire che il mondo è matematico?

La natura nel computer?

- Oggi ci confrontiamo anche con il mistero analogo che il mondo si possa spiegare in termini *computazionali*
- In che senso ed entro quali limiti *la natura*, i fenomeni naturali si possono modellare e simulare *nel computer* ?



La natura nel computer?

- Oggi ci confrontiamo anche con il mistero analogo che il mondo si possa spiegare in termini *computazionali*
- In che senso ed entro quali limiti *la natura*, i fenomeni naturali si possono modellare e simulare *nel computer* ?



La natura nel computer?

- Oggi ci confrontiamo anche con il mistero analogo che il mondo si possa spiegare in termini *computazionali*
- In che senso ed entro quali limiti **la natura**, i fenomeni naturali si possono modellare e simulare **nel computer** ?



Domande?

`nid.dimi.uniud.it`



Domande?

nid.dimi.uniud.it



Domande?

`nid.dimi.uniud.it`

`claudio.mirolo@uniud.it`

