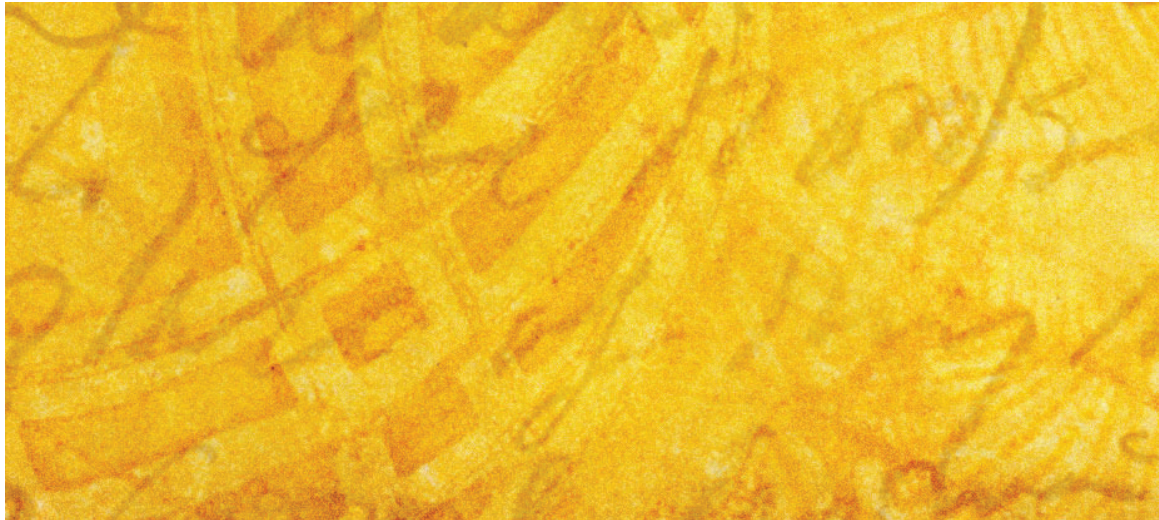


# Apprendimento ed evoluzione in sistemi artificiali



## Apprendimento ed evoluzione in sistemi artificiali

### □ **Corso di laurea in Informatica** (anno accademico 2023/2024)

- Insegnamento: Apprendimento ed evoluzione in sistemi artificiali
- Docente: Marco Villani

UNIMORE  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI  
MODENA E REGGIO EMILIA

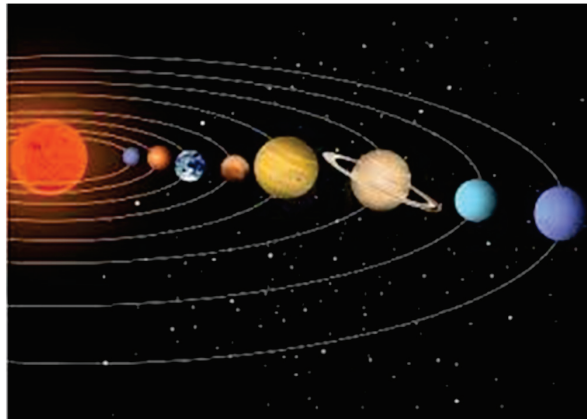


Dipartimento di  
Scienze Fisiche,  
Informatiche  
e Matematiche

E' vietata la copia e la riproduzione dei contenuti e immagini in qualsiasi forma. E' inoltre vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore o dall'Università di Modena e Reggio Emilia

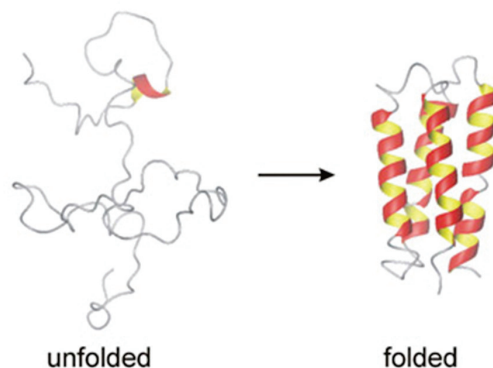
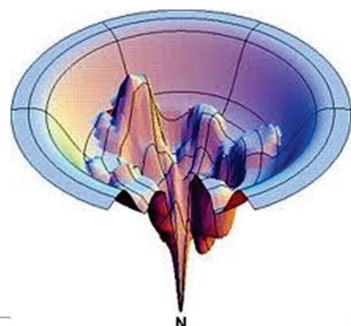
# Nature inspired computing

- **i sistemi naturali elaborano informazione**
- il sistema solare «calcola» le nuove posizioni dei pianeti e del sole



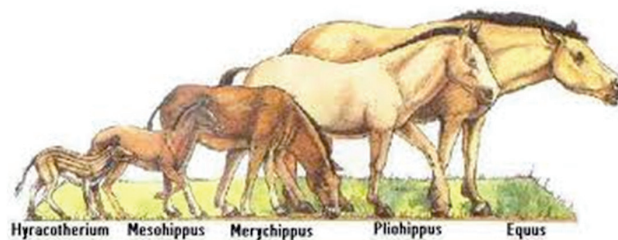
# Nature inspired computing

- **i sistemi naturali elaborano informazione**
- le proteine in soluzione calcolano la struttura 3D con la minima energia libera



# Nature inspired computing

- **i sistemi naturali elaborano informazione**
- l'evoluzione biologica usa l'informazione sulle specie esistenti e sul loro successo riproduttivo per introdurre modifiche e generarne di nuove



# Nature inspired computing

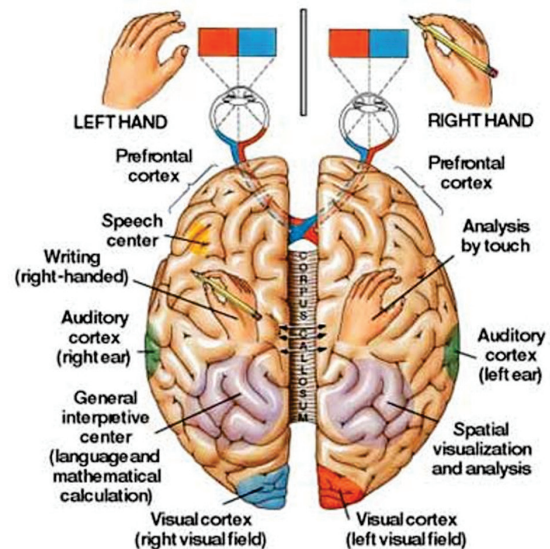
- **i sistemi naturali elaborano informazione**
- l'universo calcola continuamente il proprio nuovo stato





# Nature inspired computing

- **i sistemi naturali elaborano informazione**
- anche il nostro cervello è – almeno in parte - un "sistema naturale" che elabora informazione
- ma questa è un'altra storia...



# Nature inspired computing

- Abbiamo operato una certa forzatura linguistica
- ne discuteremo a fondo nel resto del corso
- ma resta il fatto che i sistemi naturali evolvono e cambiano nel tempo
- e questa è una forma di elaborazione dell'informazione
- MOLTO DIVERSA da quella dell'informatica classica

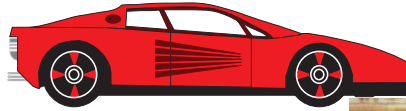
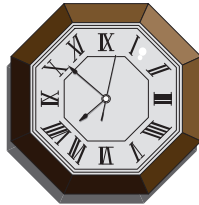
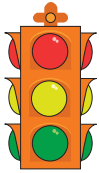
# Perché ispirarsi alla natura ?

- Costruire sistemi capaci di risolvere compiti complessi non è facile
- All'inizio l'orientamento prevalente nell' informatica era molto diverso
  - Solo pochi stravaganti ricercatori in AI tentavano vie diverse
- Ma l' approccio classico ha dimostrato severe limitazioni
- *inoltre la natura è interessante ...*

# Macchine come le altre

- Il programma era visto inizialmente come una macchina
- Da descrivere e affrontare con un approccio tipicamente ingegneristico
  - Ingegneria del software
- Progettazione e controllo dettagliati
  - Ogni elemento (sottoprogramma, oggetto...) ha il proprio ruolo ben definito

# Macchine “banali” (von Foerster)



Svolgono una o al più  
poche funzioni diverse

sebbene possano essere molto sofisticate  
dal punto di vista tecnologico

## Ma il software è differente

- Numerose e poco prevedibili interazioni fra diverse parti di un programma
- Nasce il “debugging”, che non ha analogo nei settori tradizionali dell’ingegneria
- La risposta prevalente enfatizza forme di autocontrollo nella programmazione
  - Divisione in moduli (subroutines), programmazione strutturata, tipizzazione rigida, programmazione a oggetti ...
- Incontra comunque severe limitazioni



# Un approccio alternativo

- Un programma può essere considerato come un ente che trasforma un insieme di input in un insieme di output
- anche la natura fa questo in continuazione!
- C'è chi ritiene che l'intero universo sia, in un senso abbastanza letterale, un gigantesco calcolatore

# Ragionamento vs. dinamica

- i sistemi informatici "classici" sono sostanzialmente basati su (qualche forma di) logica
- i sistemi "naturali" sono basati sull'evoluzione dinamica
- inoltre, molti sistemi naturali non si limitano ad evolvere "a regole fisse", ma si modificano nel corso tempo
  - separazione delle interazioni fondamentali, nascita di nuove specie, plasticità sinaptica ...

# Nature-inspired computing

- Possiamo trarre ispirazione dal modo in cui la natura stessa “risolve i suoi problemi”?
- Un approccio che si è rivelato molto fecondo
  - Reti neurali, annealing simulato, elaborazione evolutiva, algoritmi genetici, programmazione genetica, sistemi immunitari artificiali ...
- Nato agli albori dell'informatica, ha preso vigore in coincidenza con la presa di coscienza dei limiti dell'approccio classico (ca. anni '80)

## Argomenti del corso

- Inquadramento storico
  - L'approccio classico e i suoi limiti
  - Il comportamento dei sistemi naturali: fisici e biologici
  - Dinamica ed elaborazione
- Sistemi bioispirati
  - Reti neurali
  - Algoritmi genetici
  - Sistemi che apprendono
  - Vita artificiale



# Programma e testi

- Il programma è dato da ciò che si trova sui lucidi (su Moodle)
  - i lucidi non sono comunque sufficienti per acquisire il linguaggio appropriato
- Testi seguiti
  - Non esiste un singolo testo che raccolga tutti gli argomenti trattati. Seguirò in parte:
    - C.Bertuglia, F. Vaio: Complessità e modelli - Boringhieri 2011 (parte del corso sui sistemi dinamici)
    - Roberto Serra & Gianni Zanarini: Complex systems and cognitive processes (Springer, 1990 e 2012; esiste una versione italiana, Calderini editore); quantitativo, intrigante, ma un po' datato (utile per alcune parti, in modo particolare per le reti neurali)
  - Molto materiale verrà reso disponibile su Moodle

## Approfondimenti: testi consigliati

- C.Bertuglia, F. Vaio: Complessità e modelli (Boringhieri 2011): broad and complete (in Italian)
- Yuriy Castelfranchi, Oliviero Stock: Macchine come noi. La scommessa dell'intelligenza artificiale Editore: Laterza
- Roberto Serra & Gianni Zanarini: Complex systems and cognitive processes (Springer, 1990 e 2012; italian version Calderini editore); quantitative, intriguing, but quite old (some chapters may be useful)
- Morris Mitchell Waldrop: Complessità (Instar libri, 1995): popular, a pleasant reading, it describes the first decade of the Santa Fe Institute
- John Gribbin: Deep simplicity (Penguin, 2005); popular, absorbing, without formulae
- Claudius Gros: Complex and adaptive dynamical systems (Springer, 2008); quantitative, broad coverage of topics
- Melanie Mitchell: Complexity – a guided tour (Oxford University Press, 2009); intermediate level, interesting