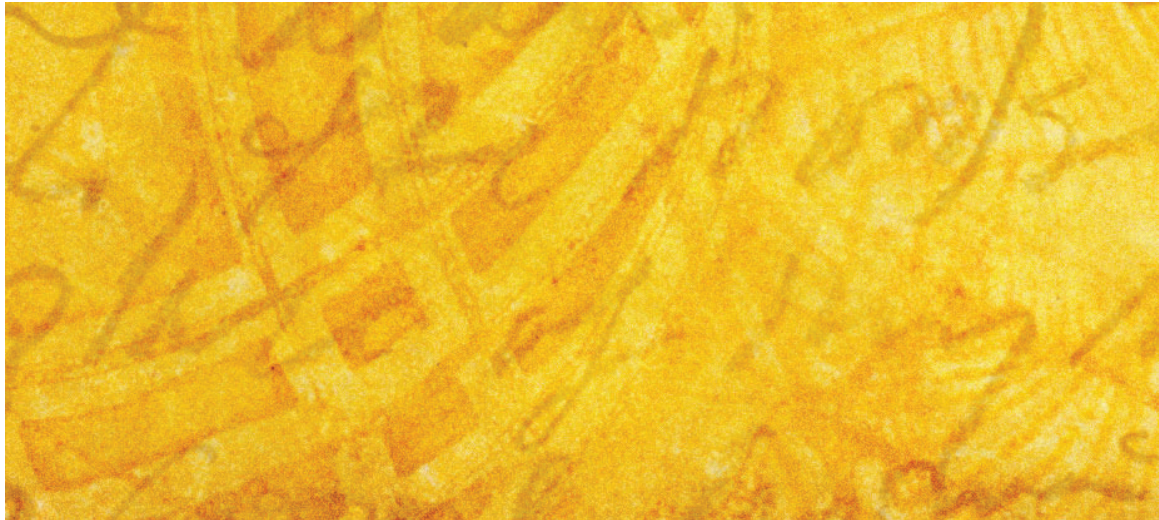


Apprendimento ed evoluzione in sistemi artificiali



Apprendimento ed evoluzione in sistemi artificiali

□ **Corso di laurea in Informatica** (anno accademico 2024/2025)

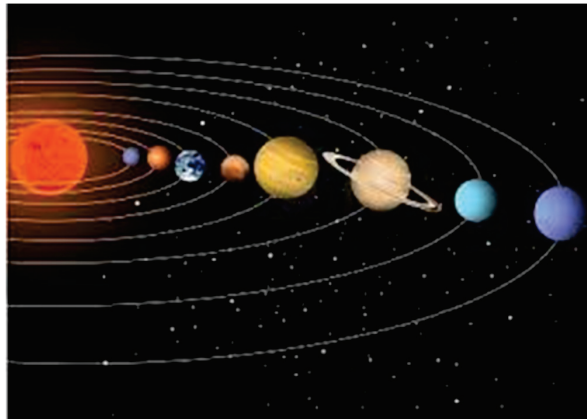
- Insegnamento: Apprendimento ed evoluzione in sistemi artificiali
- Docente: Marco Villani



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

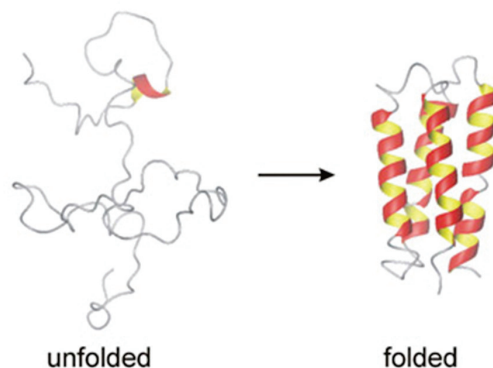
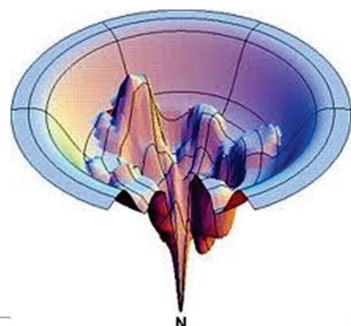
Nature inspired computing

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



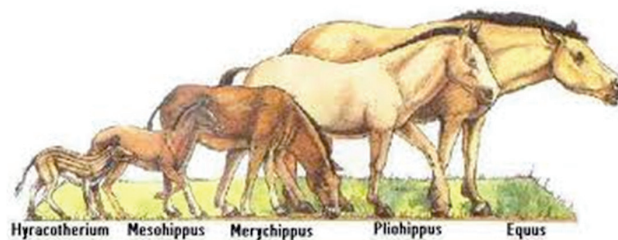
Nature inspired computing

- **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



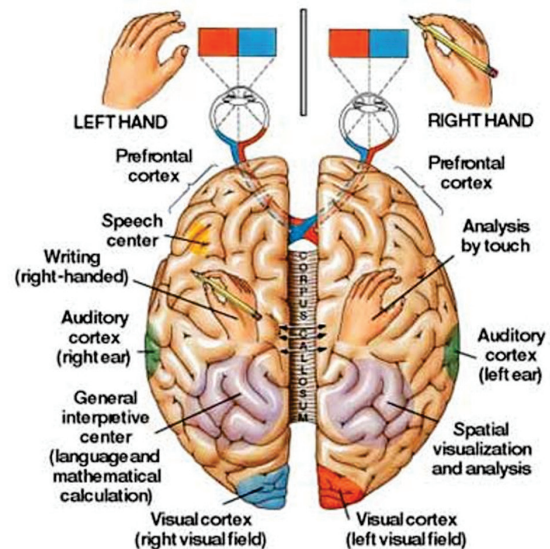
Nature inspired computing

- **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

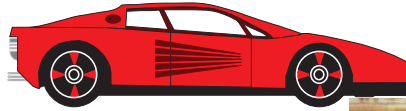
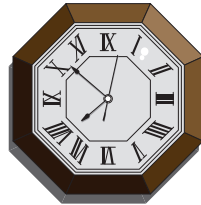
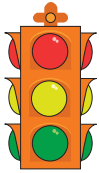
Perché ispirarsi alla natura ?

- 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
- Douglas R. Hofstadter Gödel, Escher, Bach. Un'eterna ghirlanda brillante (Adelphi 1990); an excellent book on Emergence and Artificial Intelligence
- Roberto Serra & Gianni Zanarini: Complex systems and cognitive processes (Springer, 1990 e 2102; 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 Insitute
- 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