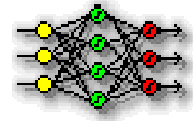
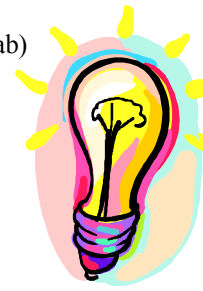


*Corso di Laurea in
Scienze cognitive e
Processi decisionali*



Intelligenza Artificiale e analisi dei dati *Macchine e Mente*

Alberto Borghese
Università degli Studi di Milano
Laboratorio di Sistemi Intelligenti Applicati (AIS-Lab)
Dipartimento di Informatica
alberto.borghese@unimi.it



A.A. 2016-2017

1/45

<http://borghese.di.unimi.it/>



Sommario



L'intelligenza delle macchine

Altri modi di esplorare l'intelligenza

A.A. 2016-2017

2/45



Macchine intelligenti



Domanda: una macchina che manipoli simboli fisici secondo regole che tengano conto della struttura, può pensare?

Tesi di Church: funzioni calcolabili ricorsivamente.

Macchina di Turing: macchina che implementa questo calcolo ricorsivo in modo meccanico.

Il calcolatore può essere assimilabile ad una macchina di Turing.

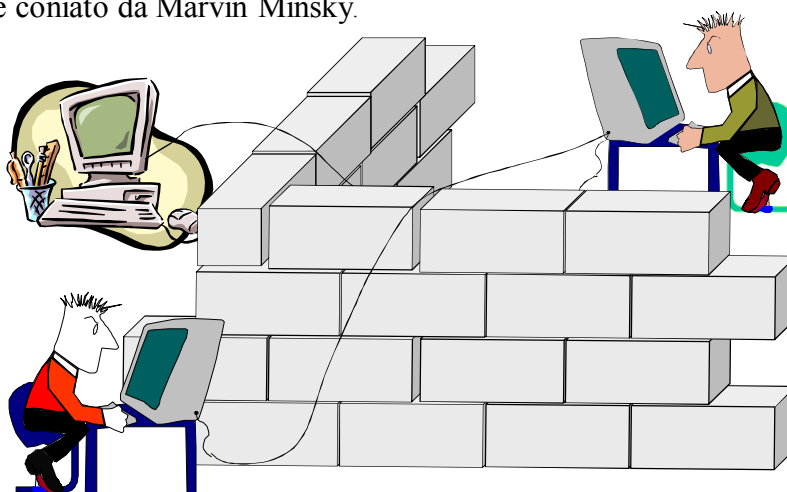
Non rimane altro che identificare la funzione (complessa) da scrivere ed implementarla in software. **Questo è il programma dell'intelligenza artificiale classica.**



Il test di Turing (1950)



La nascita dell'intelligenza artificiale, 2 anni prima che il termine fosse coniato da Marvin Minsky.





WEB 2.0



<http://www.expertsystem.net/>



L'ipotesi debole o cauta sull'intelligenza artificiale



Funzionalismo: Funzionamento come se...

Una macchina può pensare? Può volare? Può nuotare?
Intelligenza simbolica, motoria, visiva,..... emotiva,...

“Il calcolatore non ha stampato perché pensava di essere collegato ad un'altra stampante.”

Si tratta di trovare una funzione complessa a piacere. Non è necessaria che la funzione “funzioni” come la nostra mente. Deve essere funzionale all'hardware.

Thinking machines.



Critiche all'AI classica



INTELLIGENZA: L'unico problema che resta è quello di **identificare la funzione, indubbiamente complessa, che governa la struttura delle risposte umane all'ambiente e poi scrivere il programma** (l'insieme delle regole applicabili ricorsivamente) per mezzo del quale la macchina MS la calcola. Questi obiettivi costituiscono il **programma di ricerca basilare dell'intelligenza artificiale classica**.

Il cervello e la macchina di Turing sono molto diversi (si parla di funzionamento equivalente, ipotesi debole).

CRITICA DI HUBERT L. DREYFUS, 1972: mancava il vasto cumulo di conoscenze di base inarticolate che ogni persona possiede e la capacità che ha il buon senso di sfruttare gli aspetti utili di tali conoscenze al mutare delle circostanze. Pensiero ed intelligenza non possono ridursi solamente alla manipolazione di simboli mediante regole applicabili ricorsivamente (intuito, istinto, pensiero non-razionale, associatività).

L'ipotesi debole può essere soddisfatta in modo "debole".

<http://borghese.di.unimi.it/>



Critiche all'ipotesi debole



- 1) Una macchina non può originare nulla di nuovo, esegue dei programmi.
- 2) Il comportamento intelligente non può essere completamente replicato.
- 3) Il comportamento intelligente non può essere completamente catturato da regole formali (argument for informality).
- 4) Anche se un computer si comportasse in modo da superare il test di Turing, non sarebbe comunque classificato come intelligente.



1) Risposta alla critica: una macchina non può originare nulla di nuovo



Una cosa che può fare una macchina è imparare dall'esperienza. Programma di scacchi. Algoritmi per la valutazione della sequenze di mosse, e da qui miglioramento della strategia di gioco. **Machine learning. Reinforcement learning.**

Apprendimento, patrimonio genetico e culturale formano intelligenza (come?).

Come si sviluppano gli umani dalla nascita all'età adulta?



2) Risposta alla critica: Il comportamento intelligente non può essere completamente replicato (argument from disability)



Cosa non può fare una macchina?

“Essere gentile, bellissima, amichevole, avere iniziativa, essere spiritosa, distinguere il bene dal male, innamorarsi, essere golosa di fragole alla panna, fare innamorare qualcuno, imparare dall'esperienza, avere proprietà di linguaggio, riflettere su sé stessa, avere una varietà di comportamenti, essere veramente creativa” (A. Turing, 1940).

E' una questione di tempo e di conoscenze nel campo delle Scienze Cognitive?

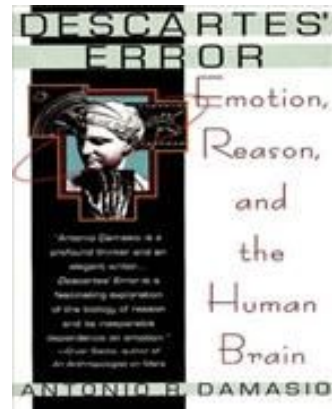


L'errore di Cartesio



Emotions guide (or bias) behavior and decision-making, and positing that rationality requires emotional input.

Damasio argues that Descartes' "error" was the dualist separation of mind and body, rationality and emotion.



Alcuni androidi - Actroid - 2003 - Kokoro



Actroid - guida nei musei e ai ristoranti.

1,58cm per 30 kg.

Pelle al silicone.

Capacità di esprimere 40 diverse "emozioni".

Motori pneumatici.





Interazione emotiva



Biol Cybern
DOI 10.1007/s00422-008-0254-9

ORIGINAL PAPER

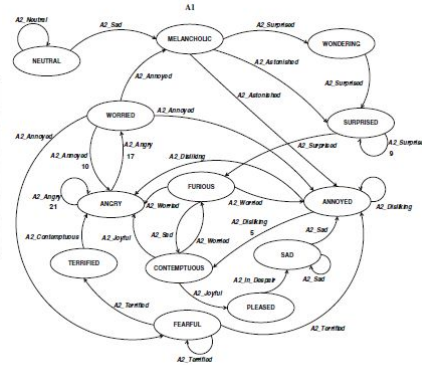
Biological
Cybernetics

Interacting with an artificial partner: modeling the role of emotional aspects

Isabella Cattinelli · Massimiliano Goldwurm ·
N. Alberto Borghese



Video on Aibo



A.A. 2016-2017

13/45

<http://borghese.di.unimi.it/>



Il comportamento intelligente non può essere completamente catturato da regole formali (argument from informality)



Il comportamento umano è troppo complesso per essere codificato in regole formali.

La conoscenza non è sempre codificabile in forma simbolica.

Rappresentazione sub-simbolica della conoscenza => intelligenza è una proprietà emergente dell'architettura neurale, conoscenza **sub-simbolica**, struttura + collegamenti + funzionamento).

C'è un'intelligenza anche se la conoscenza non è espressa in modo simbolico esplicito (conoscenza sub-simbolica).

Distinzione tra conscio e non-conscio, diversi livelli di rappresentazione ed elaborazione della conoscenza.

A.A. 2016-2017

14/45

<http://borghese.di.unimi.it/>



La macchina che passa il test di Turing potrebbe non essere intelligente (potrebbe confutare l'ipotesi debole)



Manca di coscienza.

Non è sufficiente che la macchina replichi o interpreti il funzionamento di un'altra macchina. Occorre che sia anche conscia.

Occorre che un calcolatore non sia in grado solamente di replicare il funzionamento di un altro, ma che ne replichi gli algoritmi implementati dal Sistema Operativo.

L'intelligenza va al di là di “thinking rationally” o “thinking machine”.



L'omuncolo di Dennet



“It is rather as philosophers were to proclaim themselves expert explainers of the methods of a stage magician, and then, when we ask them to explain how the magician does the saw-the lady-in-half trick, they explain that it is really quite obvious: the magician doesn't really saw her in half; he simply makes it appear that he does. “But how **does he do that?**” we ask. “**Not our department**”, say the philosophers. (Dennet, 1984).

Ipotesi dell'“Omuncolo”

Noi vogliamo arrivare a capire cosa c'è dietro. Qual è l'algoritmo la logica dietro un programma eseguito da una macchina di Turing. Come fa la macchina di Turing ad autoprogrammarsi?



J. Searle: critica all'intelligenza classica



- Una manipolazione adeguata di simboli strutturali tramite l'applicazione ricorsiva di regole che tengono conto della struttura non può produrre un'intelligente cosciente.
- Dominio privilegiato di applicazione del "thinking rationally" associato all'ipotesi debole: **sistemi esperti**.

<http://www.expertsystem.net/>



La Stanza Cinese (J. Searle, 1980)



La persona (CPU).
Un libro di regole (Il programma).
Un pacco di fogli (la memoria).



Il calcolatore potrebbe dimostrare di essere intelligente al test di Turing, senza comprendere nulla. Il signore nella stanza cinese riceve in ingresso dei simboli che manipola secondo regole a lui ignote e poi fornisce le risposte. Lui non conosce il cinese!

Non si può generare la semantica dalla sintassi!



Osservazioni



Critero non comportamentale per l'intelligenza: gli elementi dell'intelligenza cosciente devono possedere un contenuto semantico reale.

La sintassi, di per sé, non è condizione essenziale, né sufficiente, per la determinazione della semantica.

I programmi non sono condizione essenziale né sufficiente perché sia data una mente.

Critero non compartamentale per definire l'intelligenza: gli elementi dell'intelligenza cosciente devono possedere un contenuto semantico reale.



Contraddittorio



Ragionamento:

- 1) Alcuni oggetti non sono capaci di comprensione (del cinese).
- 2) La persona nella stanza, il libro di regole e la pila di fogli sono oggetti di questo tipo.
- 3) Se ciascuno di questi oggetti è privo di comprensione, allora un qualsiasi sistema costruito con questi oggetti è privo di comprensione.
- 4) Non c'è conoscenza nella stanza.

Dato che gli uomini sono costituiti da molecole, e le molecole non hanno COSCIENZA, l'uomo non ha coscienza?



La stanza di Maxwell (Churchland, 1986)



•Assioma 1. L'elettricità ed il magnetismo sono forze.

•Assioma 2. La proprietà essenziale della luce è la luminosità.

•Assioma 3. Le forze, da sole, non sono essenziali ne' sufficienti per dare la luminosità.

Tesi: Il movimento di un magnete in una stanza non produce apparentemente nulla.

Contraddizione: il fatto che non si veda luce, non vuol dire che non ci sia!!

A.A. 2016-2017

21/45

<http://borghese.di.unimi.it/>



Soluzione del contraddittorio



La coscienza è una **proprietà emergente** di sistemi di neuroni, propriamente disposti, ed attivi (*J. Searle, "The Rediscovery of Mind", 1992*). Questo punto di vista è condiviso dagli scienziati cognitivi.

[Esempio: un bambino che impara una lingua estera non è molto diverso dalla stanza cinese].

Il focus di questo corso è proprio sull'**emergent intelligence**, collective intelligence. L'intelligenza che emerge "dal basso", mediante **interazione** tra elementi relativamente semplici e della rete di elementi semplici con l'**ambiente**.

A.A. 2016-2017

22/45

<http://borghese.di.unimi.it/>



Emergenza dell'ipotesi forte dell'AI



- L'architettura funzionale delle macchine di Turing classiche non è quella adatta a svolgere compiti tanto impegnativi.
- Dobbiamo quindi scoprire architetture diverse.
- **Possiamo ispirarci al cervello umano.** Cosa sappiamo sul cervello umano?

Reti neurali, connessionismo, machine learning, scienze cognitive.....



Le ipotesi sull'AI



Le macchine possono essere costruite per agire **come se** fossero intelligenti? **Weak AI position.**

Il calcolatore è uno strumento molto potente per lo studio e la replicazione della mente umana. *Thinking rationally* (logica, AI).

Le macchine che agiscono intelligentemente hanno una mente (reale e conscia). **Strong AI position.**

Il calcolatore, convenientemente programmato, è di per se stesso una mente, in grado di comprendere e di avere altri stati cognitivi, diversi (inferiori) a quelli del cervello umano. Obiettivo è *Thinking humanly* (cognitive science).

In machine learning questo approccio è esplorato dal “**deep learning**”



Com'è fatta la mente?



Robotica. The Brain Prosthetic Experiment (*H. Moravec, 1988*).
Cosa succede se sostituisco uno ad uno tutti i neuroni nella corteccia con un dispositivo elettronico?

Risposta funzionalista (la mente è una scatola nera, i costituenti possono essere diversi, la mente rimane).

Risposta strutturalista (e.g. Searl, ad un certo punto la coscienza svanisce).



Il cervello e l'intelligenza



Altre differenze tra l'AI e l'intelligenza biologica: come fa il cervello a pensare?



Struttura del SNC:

Altamente parallela (10^{11} neuroni e 10^{14} connessioni).

Neurone è un elemento relativamente semplice, il suo stato è continuo e non discreto.

Connessioni bidirezionali.

Reti Neurali artificiali si sono rivelati dei modelli parametrici molto potenti per rappresentare i sistemi più diversi.

Il problema rimane l'apprendimento.



Implicazioni del confronto



Architettura parallela incrementa la velocità e non soffre di colli di bottiglia.

Resistente ai danni.

Informazione (conoscenza) distribuita e multi-chiave, ad accesso parallelo.

Rappresentazione di funzioni mediante parametri (rappresentazione parametrica).

Funziona male per problemi che devono essere risolti in modo ricorsivo e non possono essere parallelizzati (e.g. calcolo di funzioni).

Funziona bene per tutte le attività che richiedono parallelismo: elaborazione sensoriale, pianificazione, ragionamento.

Rappresentazione di funzioni in modo esplicito, mediante le funzioni stato prossimo ed uscita.

<http://borghese.di.unimi.it/>



Perché è importante per i sistemi intelligenti?



La macchina di Turing potrebbe eseguire tutti i procedimenti mentali trasformandoli in un procedimento formale di passaggi da uno stato all'altro, ma è condizione necessaria per l'intelligenza?

•Inoltre la macchina di Turing manipola simboli di cui non conosce il significato, a differenza della mente umana.

•Dall'analisi ripetitiva delle sequenze di simboli, può derivare un'intelligenza? Machine learning, Reinforcement learning, Biological learning.

•**Dal sub-simbolico, al simbolico, all'intelligenza.**

A.A. 2016-2017

28/45

<http://borghese.di.unimi.it/>



Sommario

L'intelligenza delle macchine

Altri modi di esplorare l'intelligenza



Robotics & Artificial life



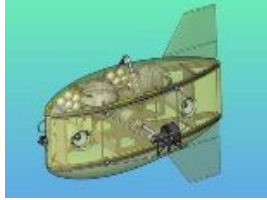
Leonardo from MIT
and Winston Studios
(video)

Swimmer

<http://www.frams.alife.pl>



Technological artificial life



Michael Triantafyllou @ MIT
Real Player video (25th Sept. 2008)

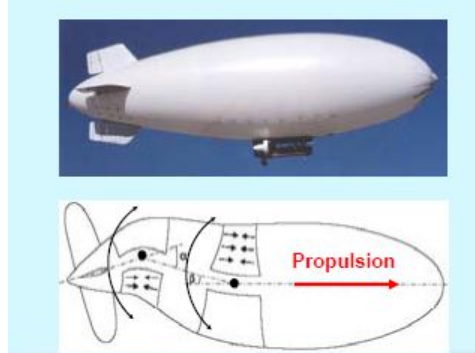


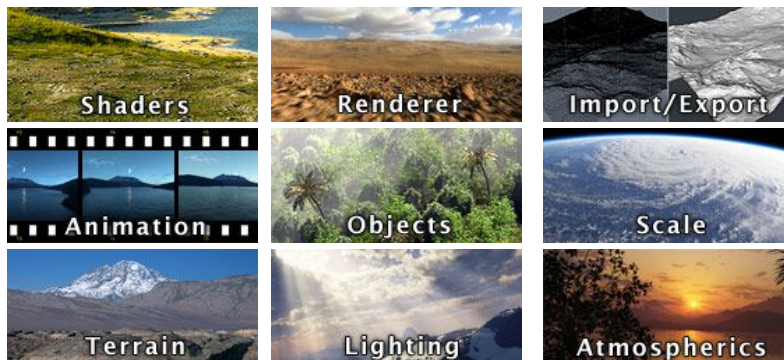
Figure 2: Nature inspired propulsion of an airship.

<http://www.empa.ch/> EMPA + ETH + TU Berlin
C. Jordi, E. Fink, S. Michell, P. Ermanni



Artificial landscape

<http://planetside.co.uk/products/terrigen3>



Video on Vajont history



Artificial plants



A synthetic model of the topiary garden at Levens Hall, England, by

R. Mèch, P. Prusinkiewicz, and M. James. "Garden of L" (inset) by P. Prusinkiewicz,

F. Fracchia, J. Hanan, and D. Fowler; see www.cpsc.ucalgary.ca/~pwp

L-systems

<http://borghese.di.unimi.it/>



Realizing a plant



Lindenmayer example

variables : X F

constants : + - []

start : X

rules : $(X \rightarrow F-[[X]+X]+F[+FX]-X), (F \rightarrow FF)$

angle : 25°

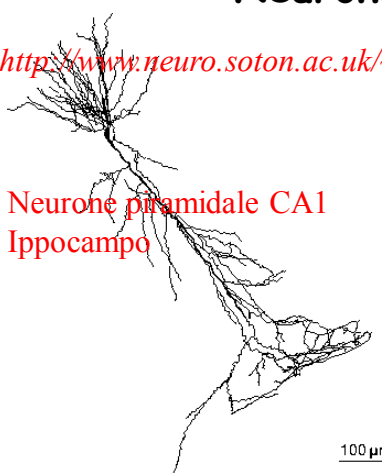
Here, F means "draw forward", - means "turn left 25° ", and + means "turn right 25° ". X does not correspond to any drawing action and is used to control the evolution of the curve.

[corresponds to saving the current values for position and angle, which are restored when the corresponding] is executed.



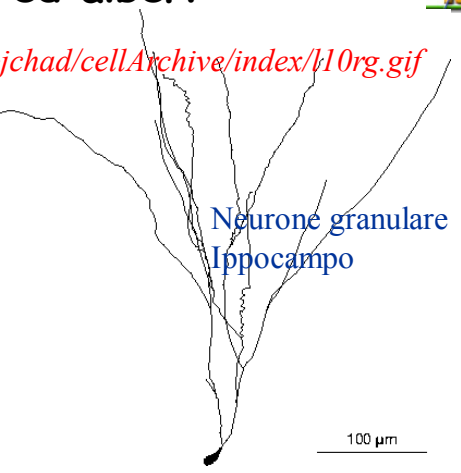
Neuroni ed alberi

<http://www.neuro.soton.ac.uk/~jchad/cellArchive/index/t10rg.gif>



Neurone piramidale CA1
Ippocampo

100 μm



Neurone granulare
Ippocampo

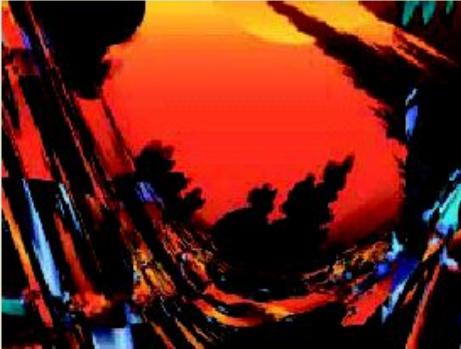
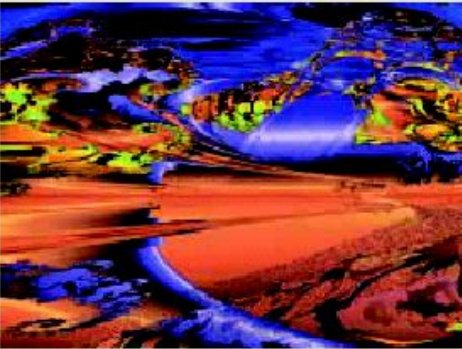
100 μm

- Arborescenze dendritiche.

A.A. 2016-2017 35/45 http://borghese.di.unimi.it/

Artificial art



Pioniere è stato Karl Sims, 1991 => Sims city

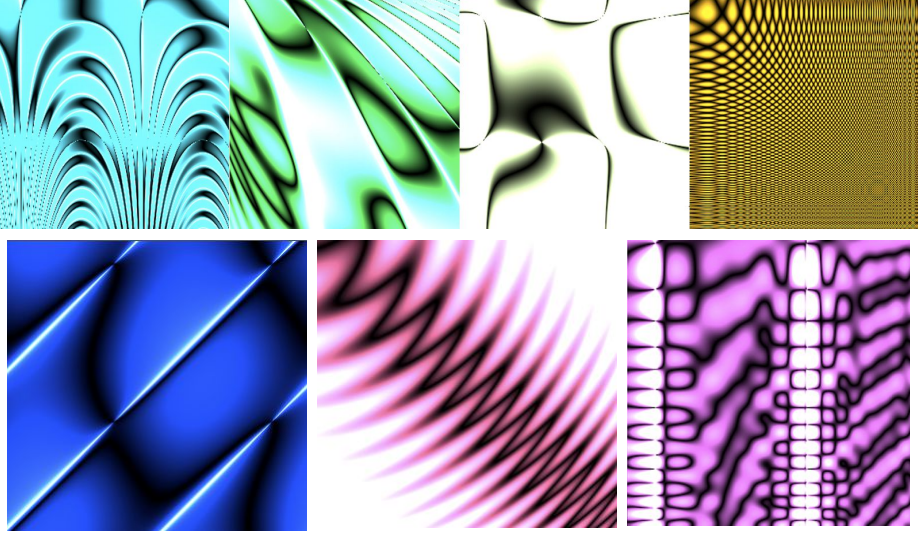



"In the Beginning" (left); "The High Plains of Kilimanjaro" (right).

IMAGES BY STEVEN ROOKE; SEE <http://www.azstarnet.com/~srooke/>



A.A. 2016-2017 36/45 http://borghese.di.unimi.it/

 **Artificial art @ AIS-Lab** 



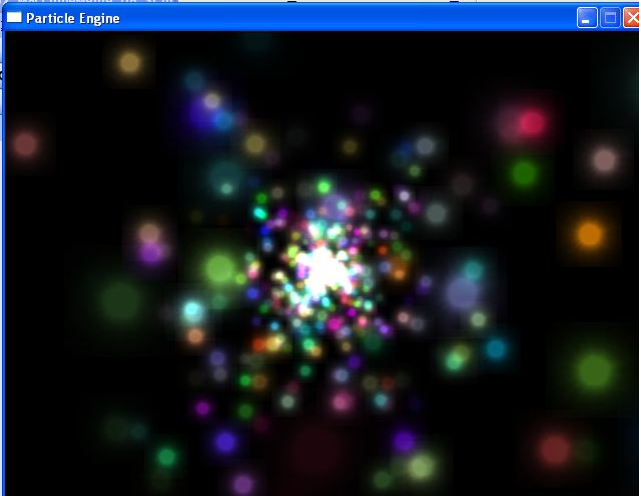
R. Bellini, N.A. Borghese (2013) Genetic arts in perspective. In: Innovation, Systems and Technology, Springer Verlag.

A.A. 2016-2017 37/45 <http://borghese.di.unimi.it/>

 **Examples of flocking and particles** 

Flock example

Particle example



A.A. 2016-2017 38/45 <http://borghese.di.unimi.it/>



Gli avatar



<http://miralabwww.unige.ch/>

A.A. 2016-2017

39/45

<http://borghese.di.unimi.it/>



The uncanny valley concept



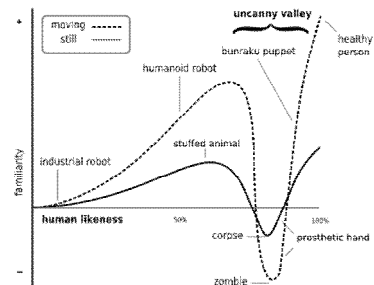
A.A. 2016-2017

40/45

<http://borghese.di.unimi.it/>



Avatar designed avoiding the "uncanny" valley



Mori, Masahiro (1970). Bukimi no tani The uncanny valley (K. F. MacDorman & T. Minato, Trans.). *Energy*, 7(4), 33-35. (Originally in Japanese)



A.A. 2016-2017

41/45



Ant colonies <http://iridia.ulb.ac.be/~ants/ants2004/>



Fourth International Workshop on Ant Colony Optimization and Swarm Intelligence.

“Researchers in ethology and animal behavior have proposed many models to explain interesting aspects of social insect behavior such as self-organization and shape-formation. Recently, algorithms inspired by these models have been proposed to solve difficult computational problems.

*An example of particularly successful research direction in swarm intelligence is **ant colony optimization**, which focuses on discrete optimization problems. Ant colony optimization has been applied successfully to a large number of difficult discrete optimization problems including the traveling salesman, the quadratic assignment, scheduling, vehicle routing, etc., as well as to routing in telecommunication networks.*

*Another example of interesting research direction is **swarm robotics**, where the focus is on applying swarm intelligence techniques to the control of large groups of cooperating autonomous robots”.*

Bonabeau e Theraulaz, *Swarm Smarts*, Scientific American, 2000.

A.A. 2016-2017

42/45

<http://borghese.di.unimi.it/>



Collaborative robots



<http://www.youtube.com/watch?v=M2nn1X9Xlps>
Swarmanoid Robotics (video)



I 3 filoni di sviluppo dell'informatica



- 1) Sistemi informativi (logistica/economia. Gran parte delle attività in Italia, supporto alla produzione aziendale, ma anche all'Amministrazione pubblica).
- 2) Computer Science / Computer Engineering (molto diminuita la differenza nel tra Science and Engineering, sviluppo di metodologia per elaborazione di informazione (immagini, database, genoma, social networks, robotica,...)).
- 3) Ingegneria del SW (campo attivo soprattutto negli USA e in India, produzione del SW e tecnologie relative).



Sommario



L'intelligenza delle macchine

Altri modi di esplorare l'intelligenza