

Introduzione all' Intelligenza Artificiale



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Paola Mello

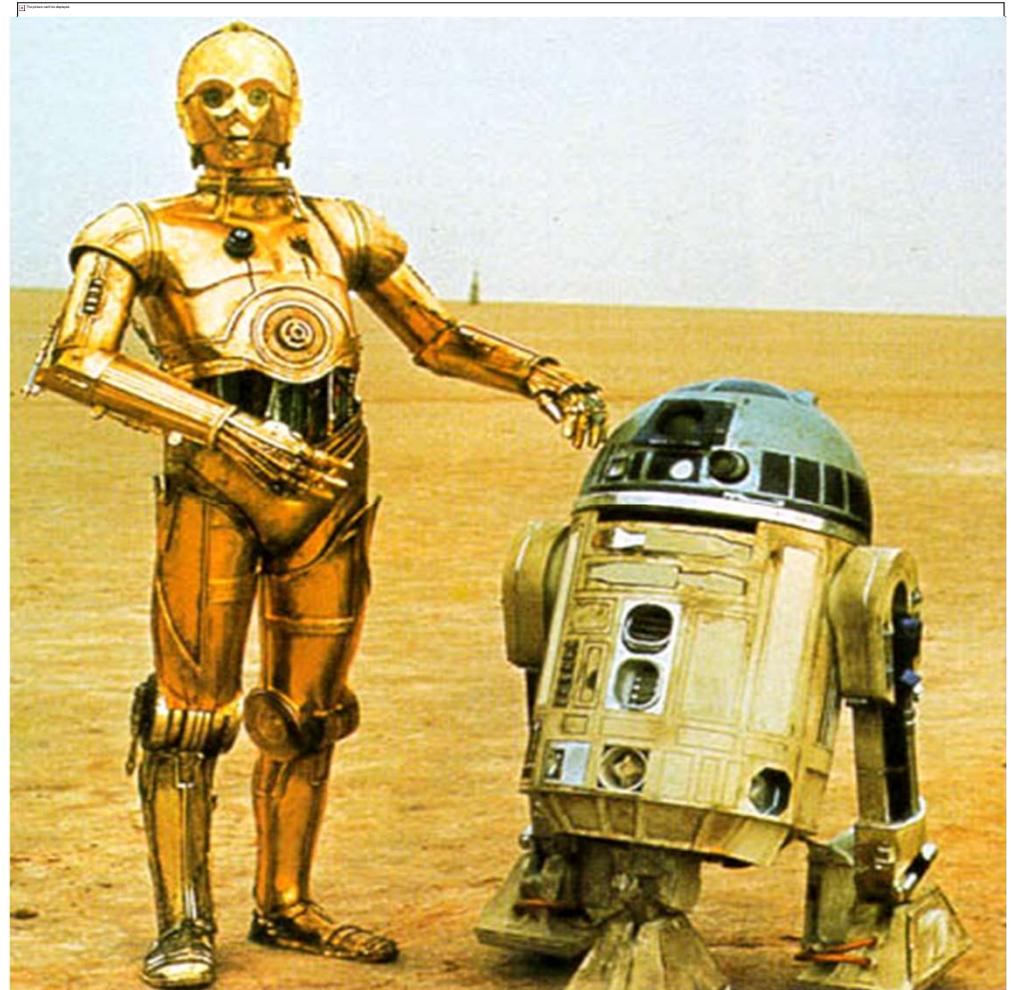
Dipartimento di Informatica –

Scienza e Ingegneria

DISI

Università di Bologna

email: paola.mello@unibo.it



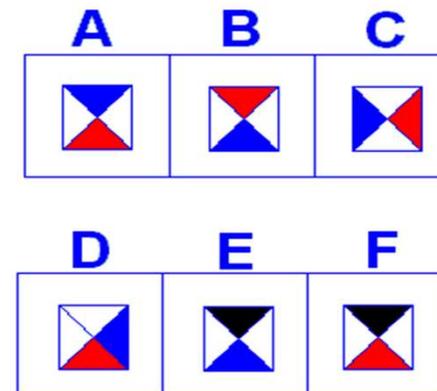
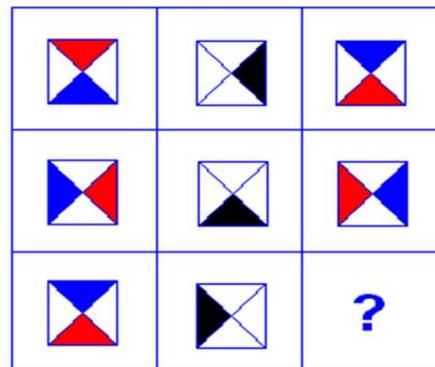
Ho visto cose.....



Cos' è l'Intelligenza? Come la verifico?

- ...Complesso di facoltà psichiche e mentali che consentono all'uomo di pensare, comprendere o spiegare i fatti o le azioni, elaborare modelli astratti della realtà, intendere e farsi intendere dagli altri, giudicare, e lo rendono insieme capace di adattarsi a situazioni nuove e di modificare la situazione stessa quando questa presenta ostacoli all'adattamento; propria dell'uomo, in cui si sviluppa gradualmente a partire dall'infanzia e in cui è accompagnata dalla consapevolezza e dall'autoconsapevolezza, è riconosciuta anche, entro certi limiti (memoria associativa, capacità di reagire a stimoli interni ed esterni, di comunicare in modo anche complesso, ecc.), agli animali.
- Da: *“Enciclopedia Treccani, voce Intelligenza”*

Example 2



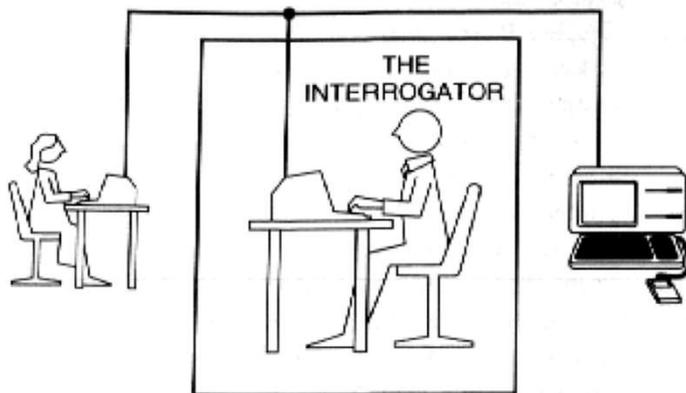
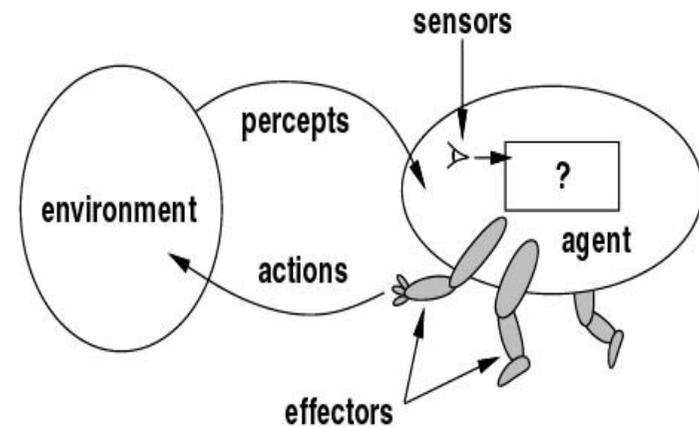
Cos' è l'Intelligenza? Come la verifico?

- ...Complesso di facoltà psichiche e mentali che consentono all'uomo di pensare, comprendere o spiegare i fatti o le azioni, elaborare modelli astratti della realtà, intendere e farsi intendere dagli altri, giudicare, e lo rendono insieme capace di adattarsi a situazioni nuove e di modificare la situazione stessa quando questa presenta ostacoli all'adattamento.....;
- Da: *'Enciclopedia Treccani, voce Intelligenza'*



Percezione
Apprendimento
Ragionamento
Astrazione

.....



Example 2

		?

A	B	C
D	E	F

Alan Mathison Turing (1912-1954): Il padre dell'informatica

- *"Se ho potuto vedere più lontano degli altri, è perchè sono salito sulle spalle dei giganti". (Isaac Newton)*



Bernardo Strozzi- San Cristoforo

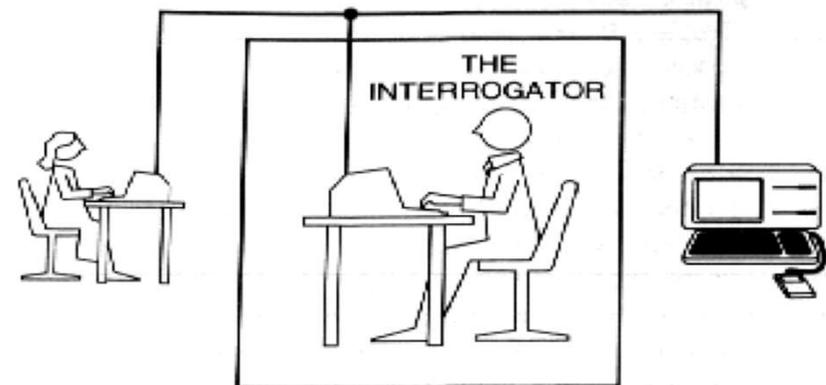
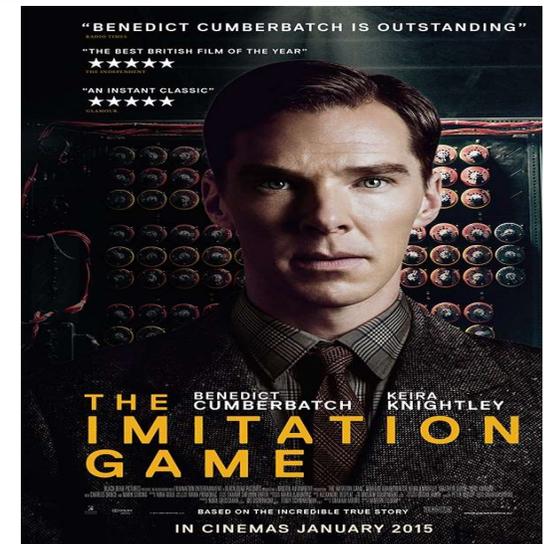


Turing: Le macchine possono pensare?

Computing Machinery and Intelligence (1950)



- Problema di definire i termini di Macchina (Universale?) e di Pensare (ambigui)
- Nuova forma del problema descritta nei termini di un gioco (gioco dell'imitazione)
- Abbiamo tre protagonisti: Un uomo, una macchina, un interrogante che in una stanza separata deve determinare quale sia l'uomo e quale la macchina.
- *E' possibile che computer digitali con adeguata memoria, in grado di aumentare la loro velocità di azione e adeguatamente programmati, possano ingannare l'interrogante comportandosi come un essere umano?*
- Varie obiezioni a questa definizione.



Test di Turing e AI



- Il computer deve avere le seguenti capacità:
 - Elaborazione del linguaggio naturale;
 - Rappresentazione della conoscenza;
 - Ragionamento automatico;
 - Apprendimento automatico.
- Oltre il Test di Turing: Total Turing Test - Interazioni fisiche: Robotica, Visione artificiale, Parlato, Movimento, ecc.
- Nel 2014, un chatbot (Eugene Goostman), imitando le risposte di un tredicenne, pare abbia superato il test.
- Figli di Eliza, programma scritto nel 1966 da Joseph Weizenbaum. Altri bot/assistenti vocali: Cleverbot (Machine Intelligence Prize 2010), SIRI (Apple), Cortana (Microsoft), Alexa (Amazon) ecc.
- Spesso costruiti indicizzando conversazioni precedentemente memorizzate in altri colloqui. Manca il concetto di coerenza, stato del dialogo... Social networks: misura dell'intelligenza o umana stupidità?
- Valenza metodologica, approccio ingegneristico, emulazione piu' che simulazione dell'intelligenza in domini limitati.

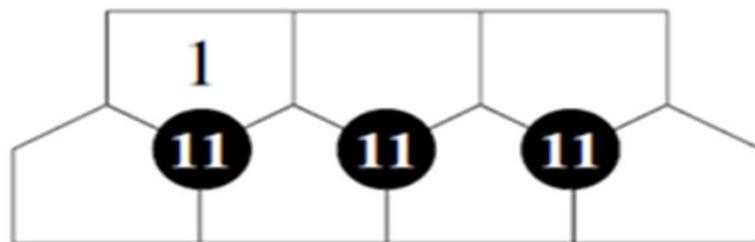
Oltre il test di Turing

Charlie Ortiz: schemi di Winograd per affrontare situazioni che richiedono non una mera capacità di analisi sintattica, ma spiccate capacità di interpretazione e di senso comune.

- **Esempio:** *“Giovanna aveva ringraziato Maria per il regalo che Lei aveva ricevuto. A chi si riferisce il pronome Lei?”*

Giochi Matematici: Richiedono comprensione profonda del linguaggio, senso-comune, capacità di ragionamento, integrazione multimodale....(Risoluzione di problemi geometrici e tests per l'ammissione a scuola presso Allen Institute)

Esempio: *Utilizzando tutti i numeri interi da 2 a 7, riempite i 6 mattoncini ancora “liberi” in modo che la somma dei numeri dei 3 mattoncini attorno a ciascun disco nero sia sempre uguale a 11.*



Searle e la stanza cinese (1980)



Ci sono sistemi che passano il Test di Turing, ma non sono intelligenti?

La risposta è per Searle sì.

Un sistema all'interno di una stanza con un'apertura con un umano/programma che conosce solo l'inglese, ma che "sembra" capire il cinese. In realtà compie solo una traduzione seguendo regole scritte in inglese.



<p>Questioner a native speaker of Chinese</p>	<p>Questions in Chinese -----> <----- Answers in Chinese</p>	<p>Monolingual English speaker hand tracing Natural Language Understanding program Chinese by following instructions written in English.</p>
---	---	--

Intelligenza Artificiale Debole e Forte

AI debole:

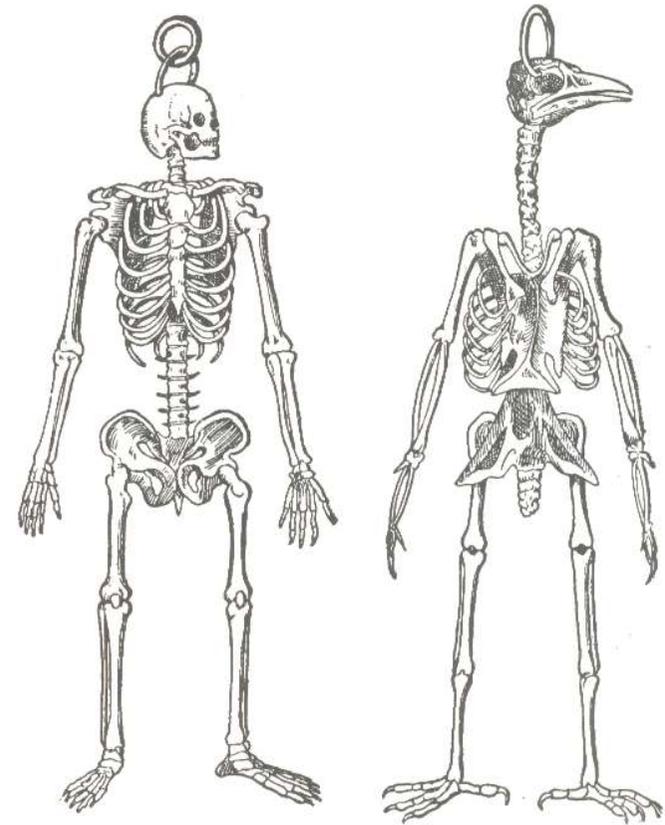
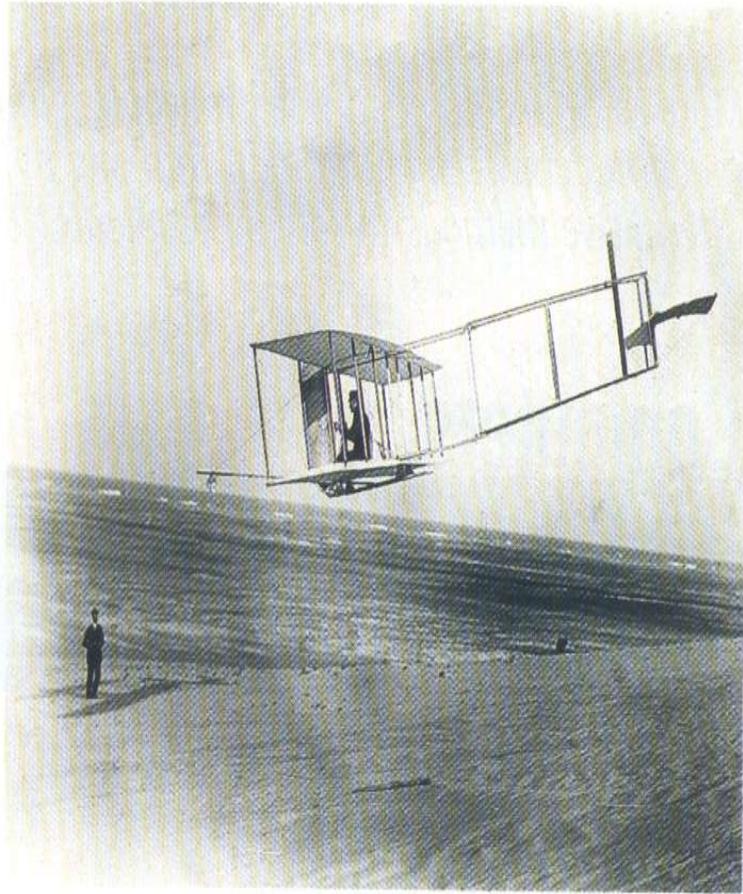
E' possibile costruire macchine in modo che agiscano *come se* fossero intelligenti?

AI forte:

E' possibile costruire macchine che pensino intelligentemente? (che abbiano menti coscienti reali?), che abbiano volontà, sentimenti?

Solleva alcuni dei problemi concettuali più difficili di tutta la filosofia e connessi alla capacità di essere responsabili.

Intelligenza Artificiale e Approccio Ingegneristico



COMPARISON OF SKELETONS of a human and a bird—here taken from a 16th-century manuscript by French naturalist Pierre Belon—examined similarities in anatomy in an attempt to understand how birds can fly.

La previsione di Turing

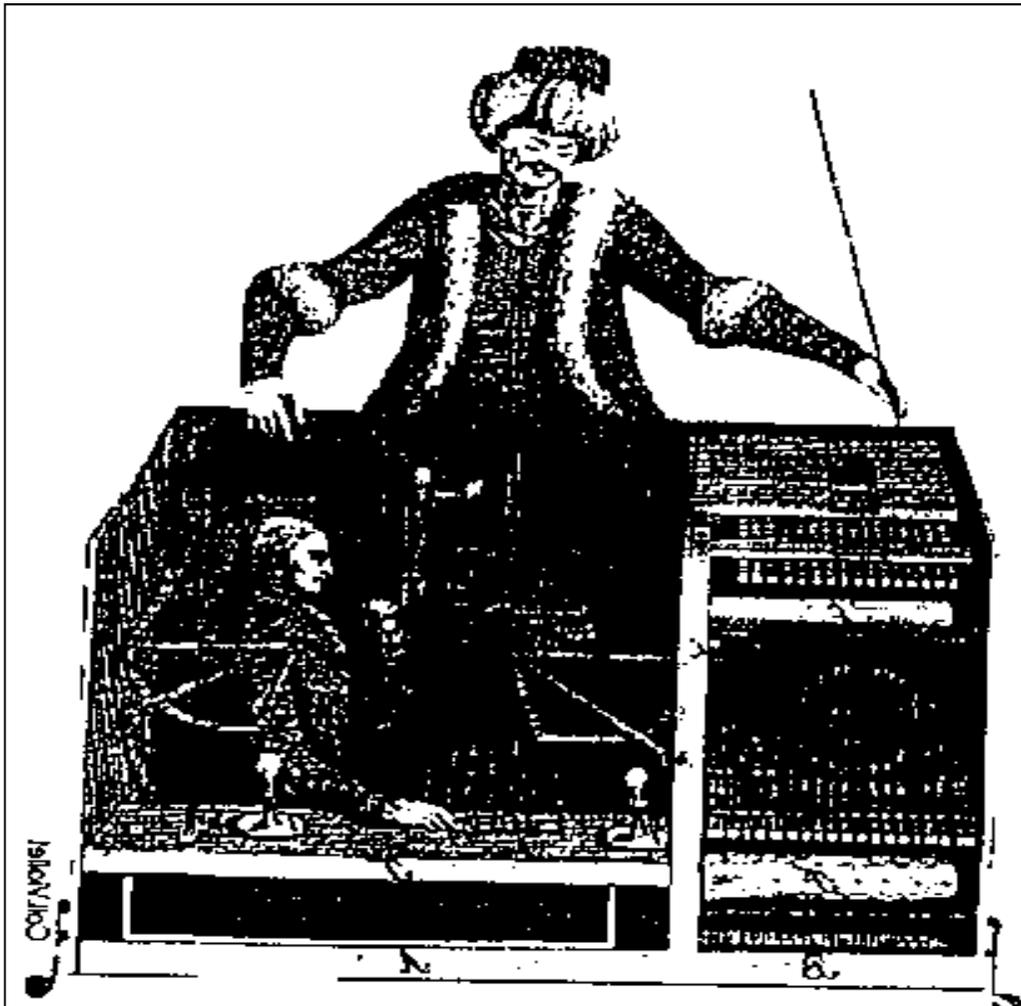
- *“I believe that in about fifty years' time it will be possible to programme computers, with a storage capacity of about 10^9 , to make them play the imitation game so well that an average interrogator will not have more than 70 percent chance of making the right identification after five minutes of questioning. ... I believe that at the end of the century the use of words and general educated opinion will have altered so much that one will be able to speak of machines thinking without expecting to be contradicted.”*

Da: A. Turing, "A Computing machinery and intelligence", *Mind*, vol. 59, n. 236, pp. 433-460, 1950.

E' così? .. O Turing rimarrebbe deluso?

Intelligenza Artificiale: vecchia quanto il mondo... !

- Una scena del 17 secolo:



- Altamente interdisciplinare
- Filosofia, Logica, Matematica, Economia, Neuroscienze, Psicologia, Ingegneria, Informatica, Linguistica

Cartesio (Discorso sul metodo - 1637)

“Qui in particolare mi ero fermato per far vedere che se ci fossero macchine con organi e forma di scimmia o di qualche altro animale privo di ragione, non avremmo nessun mezzo per accorgerci che non sono in tutto uguali a questi animali; mentre se ce ne fossero di somiglianti ai nostri corpi e capaci di imitare le nostre azioni per quanto di fatto possibile, ci resterebbero sempre due mezzi sicurissimi per riconoscere che, non per questo, sono uomini veri. **In primo luogo, non potrebbero mai usare parole o altri segni combinandoli come facciamo noi per comunicare agli altri i nostri pensieri. Perché pur nel concepire che una macchina sia fatta in modo tale da proferire parole, e ne proferisca anzi in relazione a movimenti corporei che provochino qualche cambiamento nei suoi organi; che chieda, ad esempio, che cosa si vuole da lei se la si tocca in qualche punto, o se si tocca in un altro gridi che le si fa male e così via; ma non si può immaginare che possa combinarle in modi diversi per rispondere al senso di tutto quel che si dice in sua presenza, come possono fare gli uomini, anche i più ottusi. L'altro criterio è che quando pure facessero molte cose altrettanto bene o forse meglio di qualcuno di noi, fallirebbero inevitabilmente in altre, e si scoprirebbe così che agiscono non in quanto conoscono, ma soltanto per la disposizione degli organi.**”

Intelligenza Artificiale - nascita e definizione

- Nata nel 1956. (Minsky, McCarthy, Shannon, Newell, Simon).
- *The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it.* [McCarthy 1955].
- Quale definizione di Intelligenza? E di Intelligenza Artificiale? Lo stesso termine IA è contraddittorio, un ossimoro, attribuisce il termine artificiale alla parola intelligenza, ritenuta una prerogativa distintiva e naturale dell'uomo.
- Alcune definizioni:
 - È lo studio di come far fare ai calcolatori cose che, ora come ora, gli esseri umani fanno meglio
(definizione transitoria...., scacchi....)
 - È la costruzione di un computer che è in grado di soddisfare il test di Turing (ragionamento, linguaggio naturale, apprendimento). Se Totale (situato in un ambiente) anche percezione, visione, movimento, robotica.
 - Altre definizioni di IA tendono a non legare necessariamente l'intelligenza (artificiale) agli umani e sottolineano l'interazione con il mondo esterno e le capacità di adattarsi ad esso. Anche gli animali, i vegetali, e le macchine possono essere intelligenti se riescono ad interagire in modo utile con l'ambiente che li circonda.

Breve Storia

- **1943-1956** *La gestazione dell' IA*
 - reti neurali, programmi per il gioco degli scacchi, dimostratori di teoremi;
- **1952-1969** *Entusiasmo iniziale e grandi aspettative*
 - General Problem Solver, Programmi per il Gioco della Dama in torneo, Reti Neurali, Il linguaggio LISP.
- **1966-1974** *Una dose di realtà*
 - Alcuni programmi non erano davvero *competenti* (ELIZA, traduzioni puramente sintattiche), altri erano intrattabili (esplosione combinatoria). Le reti neurali erano inadeguate.
- **1969-1979** *Sistemi basati sulla conoscenza: la chiave del potere?*
 - Conoscenza intensiva su un dominio di ampiezza limitata. Sistemi Esperti.
- **1980-1988** *L'AI diventa un'industria*
 - Sistemi Esperti commerciali di successo, Progetto quinta generazione giapponese, Compagnie per lo sviluppo di sistemi di AI, Fondi per la ricerca. Algoritmo di apprendimento per reti neurali con propagazione all'indietro.
- **1988-2000** *Web e l'era di Internet*
 - Sistemi di supporto alle decisioni, agenti, robotica, linguaggio naturale
- **2000-oggi** *L'apprendimento e il ritorno delle reti neurali*
 - Machine learning e deep learning, big data e grande potenza di calcolo, linguaggio naturale, visione, augmented intelligence, grande interesse industriale, Industria 4.0

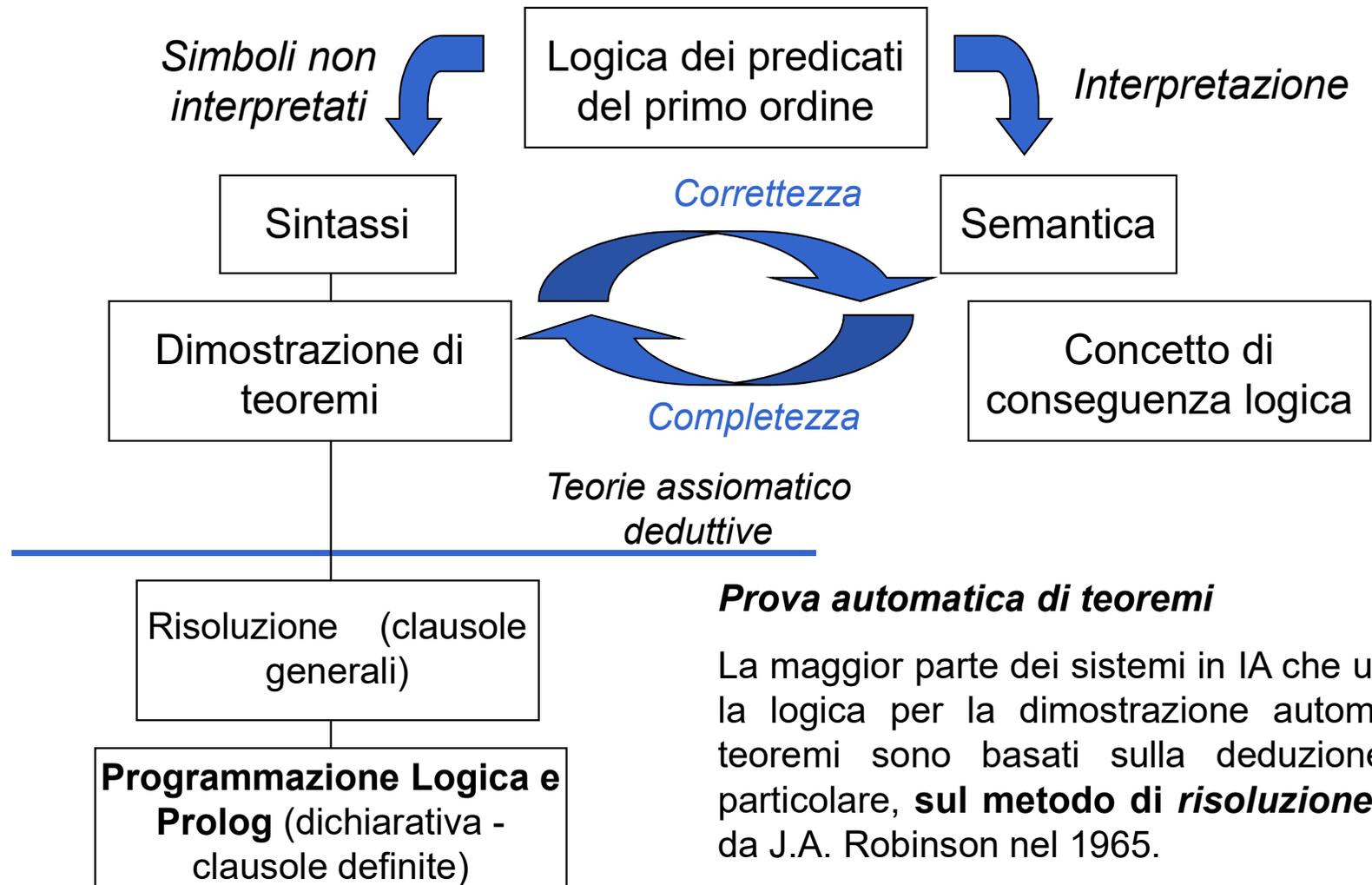
AI: due approcci

- Due approcci all'Intelligenza Artificiale. Oggi integrazione? Architetture Ibride.
- Approccio **top-down, o simbolico**: ad alto livello, indipendente dal livello sottostante (computer o cervello), funzionale o comportamentista.
 - Stati mentali identificati con rappresentazioni di tipo simbolico.
 - Un sistema simbolico fisico, Newell e Simon (1976), è un insieme di simboli che possono essere combinati in strutture simboliche complesse trasformabili.
 - Sistemi di logica, ontologie, sistemi a regole, architetture dichiarative.
 - Esempio: una circonferenza è descritta in base alle sue proprietà matematiche (dichiarativa), oppure mediante un metodo per disegnarla col compasso (procedurale)
- Approccio **bottom up, o connessionista**, di più basso livello, strutturale o costruttivista. Ci sono cose che il ragionamento formale non è in grado di cogliere (percezione, immagini, pixel, sensi, ambiente).
 - Reti di neuroni artificiali. La conoscenza si accumula implicitamente nelle connessioni fra i neuroni.
 - Concetto di circonferenza appreso in modo implicito a partire da esempi.
 - Algoritmi genetici

Il ragionamento e la Logica:

- **Ragionamento deduttivo** (sillogismo aristotelico – logica deduttiva):
 - Da: *Tutti gli uomini sono mortali* e *Socrate è un uomo* allora: *Socrate è mortale*
 - Corretto, ma non ci consente di “imparare” nuova conoscenza.
- **Ragionamento induttivo** (apprendimento, deduzione inversa)
 - Dall’osservazione di *svariati uccelli che volano* allora *Tutti gli uccelli volano* (e i pinguini?).
 - Produzione di conoscenza “nuova”, a scapito della correttezza.
- **Ragionamento ipotetico o abduttivo** (duale del deduttivo):
 - Dall’osservazione della *morte di Socrate* e sapendo che *Tutti gli uomini sono mortali* ipotizza che *Socrate è un uomo*. (e se fosse un gatto?).
 - Risale alle cause mediante l’osservazione degli effetti a scapito della correttezza.
- **Ragionamento per analogia** (metaforico, case-based)
 - Non richiede un modello o molti dati, ma utilizza il principio di somiglianza. *Socrate e Giovanni si “assomigliano”* e *Socrate ama la filosofia* allora: *Giovanni ama la filosofia*.
 - K-Nearest-Neighbor e Support Vector Machine (SVM).
- Utilizzo di vincoli, probabilità, statistica (teorema di Bayes)

La Logica, la dimostrazione automatica e Prolog



Prova automatica di teoremi

La maggior parte dei sistemi in IA che utilizzano la logica per la dimostrazione automatica di teoremi sono basati sulla deduzione e, in particolare, **sul metodo di *risoluzione*** definito da J.A. Robinson nel 1965.

Diverse interpretazioni di algoritmo nelle soluzioni di problemi

- Algoritmo = strutture dati e istruzioni
- Algoritmo = logica (conoscenza) + controllo (motore d'inferenza)
- Algoritmo = esempi (esperienza) + machine learning

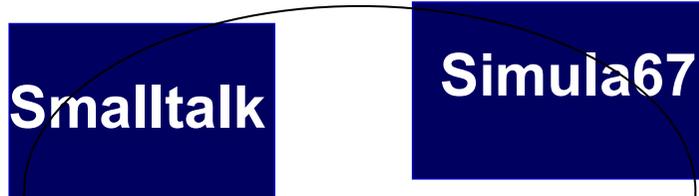
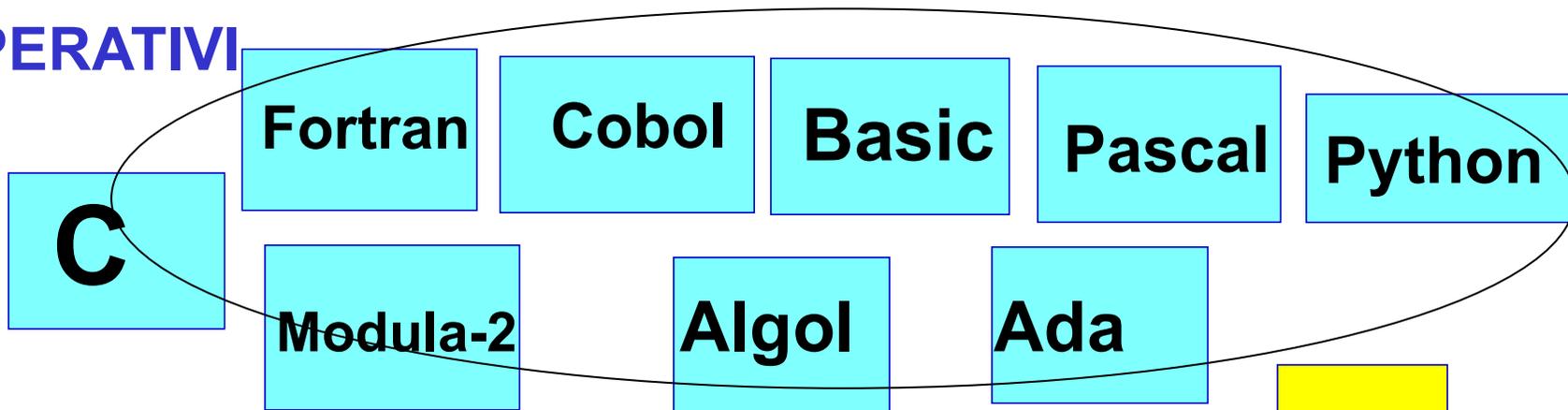
Cresce il livello di generalità e “intelligenza”

LINGUAGGI DI ALTO LIVELLO

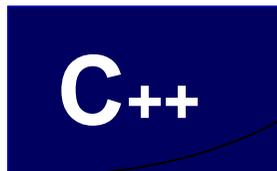


Barriera di astrazione

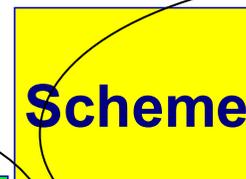
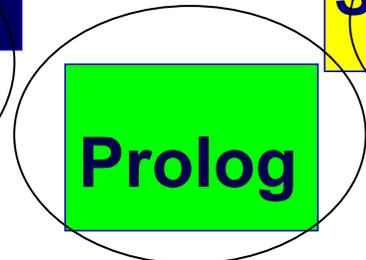
IMPERATIVI



A OGGETTI



DICHIARATIVI



FUNZIONALI



Linguaggi Dichiarativi e Prolog

- **ALGORITMO = LOGICA + CONTROLLO**
- Conoscenza sul problema indipendente dal suo utilizzo
 - Esprimo COSA e non COME
 - Alta modularità e flessibilità
 - Schema progettuale alla base di gran parte dei SISTEMI BASATI SULLA CONOSCENZA (Sistemi Esperti)
- LOGICA: conoscenza sul problema determina correttezza ed efficienza
- CONTROLLO: strategia risolutiva ne determina l'efficienza

- **PROLOG: PROgramming in LOGic**
- E' il più noto linguaggio di Programmazione Logica e si fonda sulle idee di avanzate da R. Kowalski e la prima realizzazione da parte di A. Colmareur (1973).

Programma Prolog (cont.)

- Somma di due numeri interi. Definizione dichiarativa.

`sum(0, X, X) .` **→ FATTO**

`sum(s(X), Y, s(Z)) :- sum(X, Y, Z) .` **→ REGOLA**

- Simbolo `sum` non interpretato.
- Numeri interi interpretati dalla struttura “successore” `s(X)`
- Si utilizza la ricorsione
- Esistono molte possibili interrogazioni (algoritmi)

`:- sum(s(0), s(s(0)), Y) .`

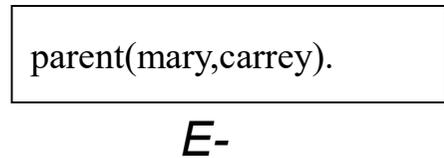
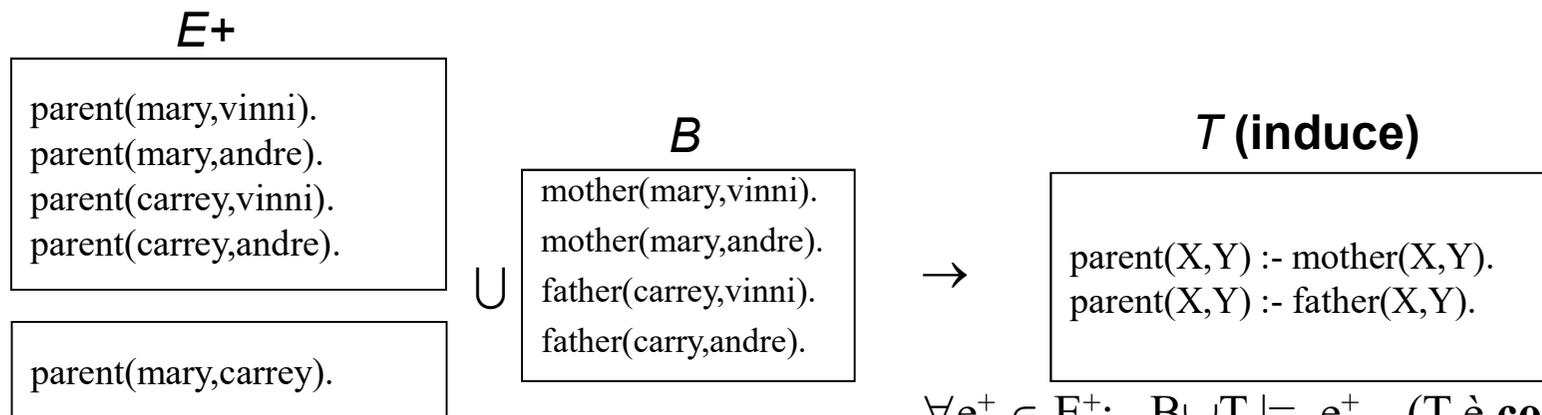
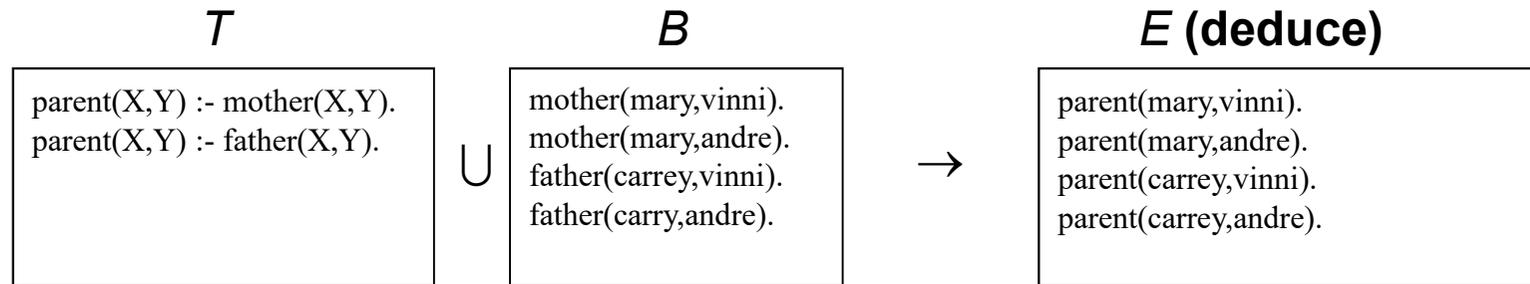
`:- sum(s(0), Y, s(s(s(0)))) .`

`:- sum(X, Y, s(s(s(0)))) .`

`:- sum(X, Y, Z) .`

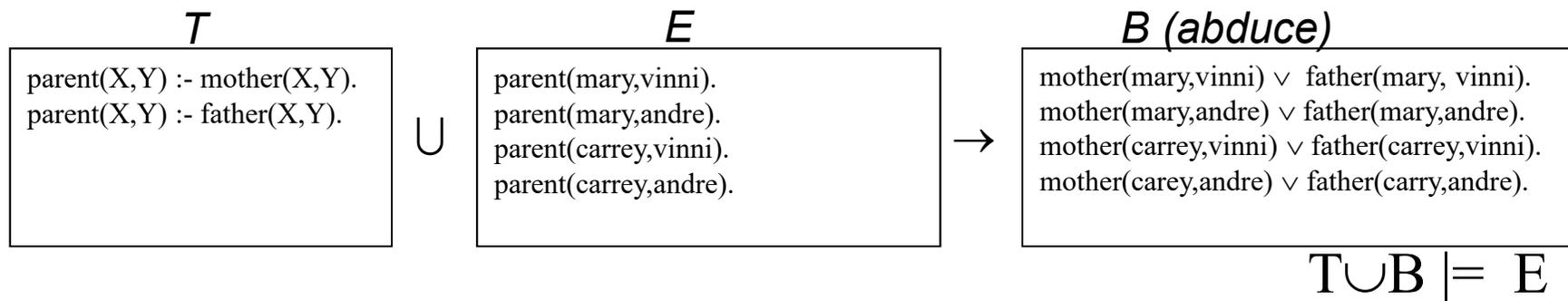
`:- sum(X, Y, s(s(s(0)))) , sum(X, s(0), Y) .`

Deduzione e Induzione in programmazione logica

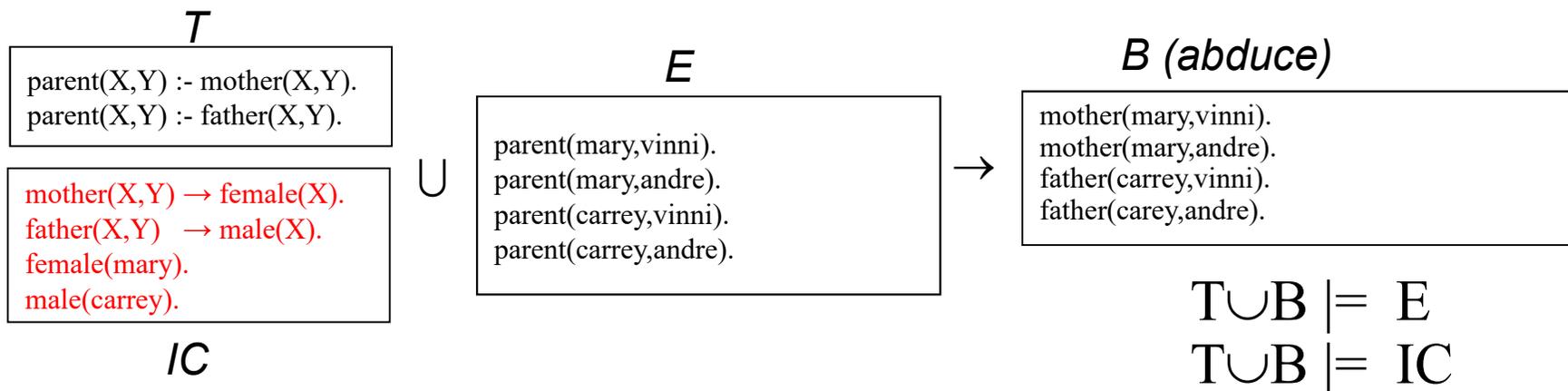


$\forall e^+ \in E^+ : B \cup T \models e^+ \quad (\text{T è completo})$
 $\forall e^- \in E^- : B \cup T \models e^- \quad (\text{T è consistente})$

Abduzione in programmazione logica



Spesso si usano anche “vincoli di integrità” per controllare la generazione di ipotesi.



Prolog: una rivoluzione fallita?

- Grande idea, rivoluzionaria
- Linguaggio non legato alla macchina di Von Neumann
- Europeo versus Americano
- Progetto V generazione Giapponese negli anni 80' (fallito)
- La tecnologia ha fatto nel frattempo passi giganteschi...
- Perché Prolog non si è diffuso come si credeva negli anni 80?
- Tante applicazioni, spunti, ricerca, estensioni di Prolog nell'area AI, ma non solo.

Realizzazioni Prolog Disponibili:

SWI Prolog: un Prolog molto usato e particolarmente ben integrato per il Semantic Web

<http://www.swi-prolog.org>

tuProlog: un Prolog basato su Java usato anche per applicazioni internet sviluppato da Unibo.

<http://apice.unibo.it/xwiki/bin/view/Tuprolog/>

Apprendimento e Intelligenza

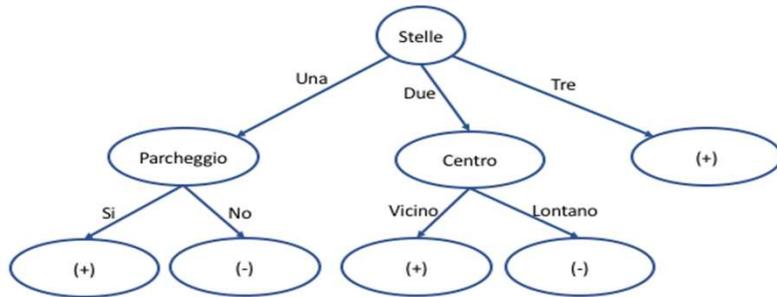
- Imparare dall'esperienza, dai propri sbagli, da insegnanti, da altri esseri umani, dall'ambiente è una capacità peculiare e sostanziale dell'intelligenza.
- Approccio empirista (che si oppone all'approccio razionalista).
- Sviluppo di algoritmi di apprendimento (“machine learning”): una delle aree di ricerca più feconde della moderna IA.
- Nell'epoca dei “big-data” e grazie alla enorme potenza di calcolo gli algoritmi di apprendimento sono diventati sempre più importanti per cercare di dominare la complessità dell'informazione ed “estrarre” conoscenza.
- “Forse non lo sapete, ma il “machine learning ci ha circondato”. Da: Prologo di *"L'algoritmo definitivo: La macchina che impara da sola e il futuro del nostro mondo"*, Pedro Domingos Aprile 2016, Bollati Boringhieri.
- Apprendimento basato sul metodo induttivo, compromesso fra generalizzazione (non correttezza) e eccessiva specializzazione (overfitting).

Apprendimento in Intelligenza Artificiale

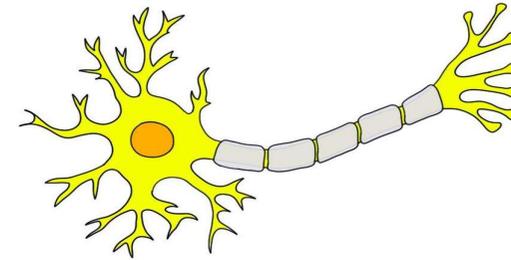
- Apprendimento supervisionato:
 - Si parte da un insieme di esempi impartiti da un insegnante (“training set”).
 - Risolve principalmente problemi di classificazione (pattern recognition).
- Apprendimento non-supervisionato:
 - Mediante osservazione e scoperta.
 - Dall'esterno non arriva alcun aiuto, ma è il sistema stesso che si incarica di analizzare le informazioni di cui dispone, di classificarle e strutturarle e di formare autonomamente delle teorie.
 - Clustering
- Apprendimento mediante rinforzo:
 - Apprendere un comportamento ottimale a partire da esperienze passate.
 - Osservo in modo critico il risultato buono o cattivo delle scelte fatte (anche mediante premi e punizioni) e modifico il comportamento di conseguenza.
 - Trova molte applicazioni in robotica.

AI Symbolica e Sub-Symbolica: l'apprendimento

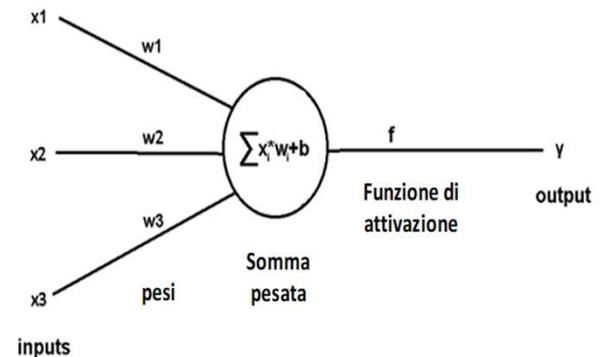
Albero Decisionale



Neurone



Neurone artificiale



Prolog

```
consiglia(H) :- stelle(H,***).
consiglia(H) :- stelle(H,**),
                centro(H,vicino).
```

Regole:

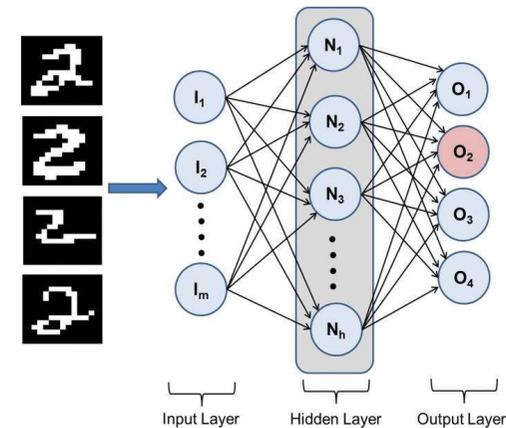
Se l'Hotel è a tre stelle **allora** è da consigliare.

Se l'Hotel è a due stelle ed è vicino al Centro **allora** è da consigliare.

.....

Stelle	Costo	Centro	Parcheggio	Classe
**	Medio	Vicino	f	+
**	Alto	Lontano	f	-
**	Alto	Lontano	v	-
**	Medio	Lontano	v	-
**	Basso	Vicino	v	+
***	Medio	Lontano	f	+
***	Alto	Lontano	v	+
***	Basso	Vicino	f	+
***	Alto	Lontano	v	+
*	Medio	Lontano	f	-
*	Basso	Vicino	f	-
*	Medio	Lontano	v	+
*	Basso	Lontano	v	+
*	Medio	Lontano	v	+

Reti multi-livello

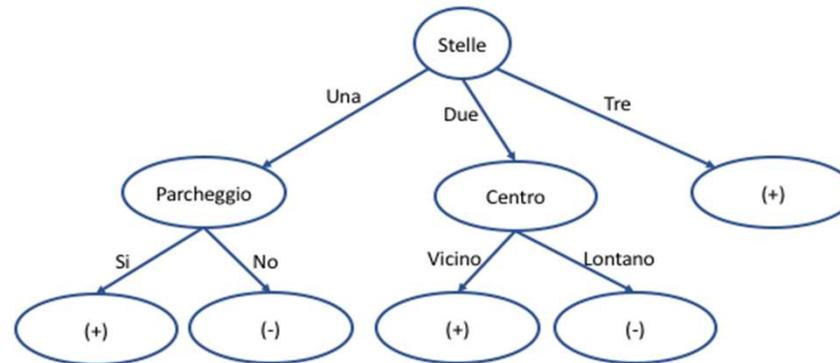


Apprendimento simbolico: alberi decisionali (ID3, C4.5)

Un possibile training set per stabilire se un Hotel è adatto per una vacanza:

Stelle	Costo	Centro	Parcheggio	Classe
**	Medio	Vicino	f	+
**	Alto	Lontano	f	-
**	Alto	Lontano	v	-
**	Medio	Lontano	v	-
**	Basso	Vicino	v	+
***	Medio	Lontano	f	+
***	Alto	Lontano	v	+
***	Basso	Vicino	f	+
***	Alto	Lontano	v	+
*	Medio	Lontano	f	-
*	Basso	Vicino	f	-
*	Medio	Lontano	v	+
*	Basso	Lontano	v	+
*	Medio	Lontano	v	+

Il corrispondente albero decisionale:



Regole:

Se l'Hotel è a tre stelle allora è da consigliare.

Se l'Hotel è a due stelle ed è vicino al Centro allora è da consigliare.

.....

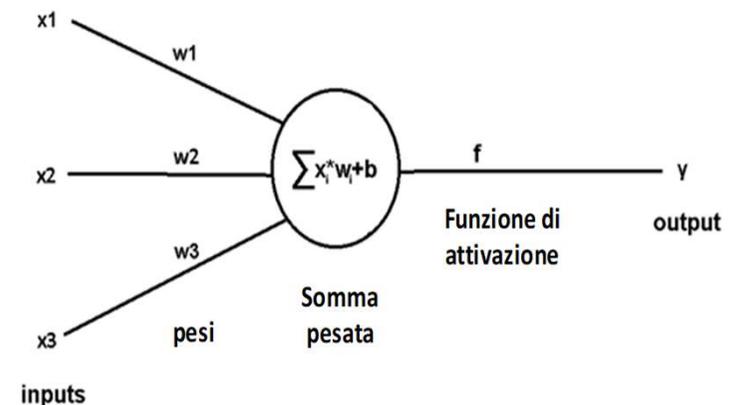
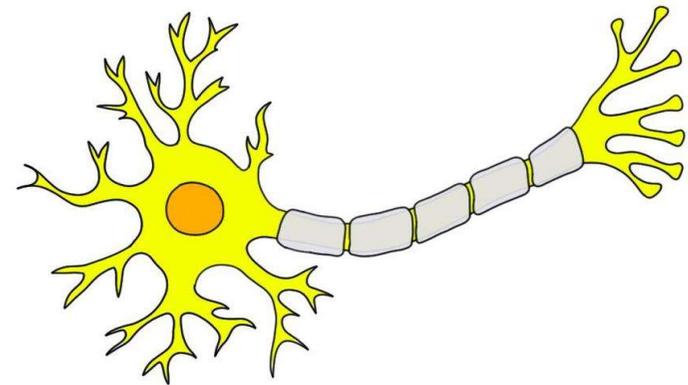
Il neurone artificiale

Simulare direttamente sul computer il funzionamento del cervello, ovvero costruire una macchina intelligente a partire da neuroni artificiali.

Primo modello matematico di neurone artificiale ispirato ai neuroni biologici fu proposto nel 1943 da McCulloch e Pitts.

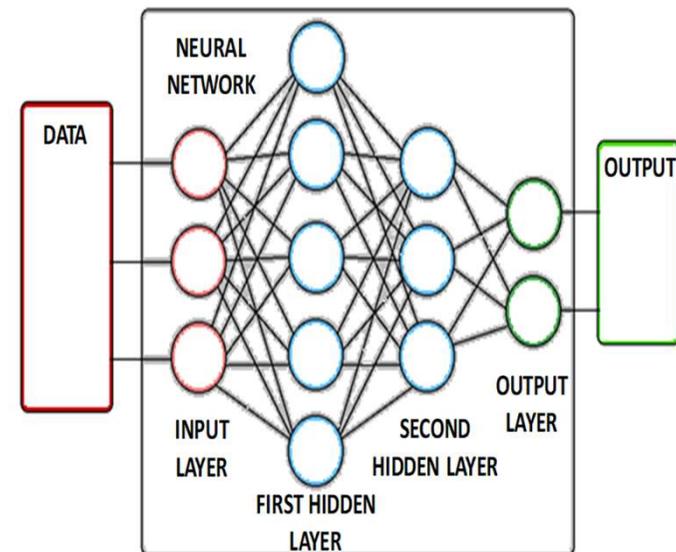
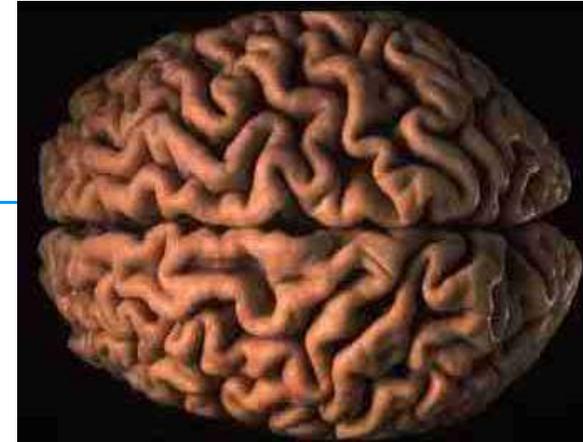
Un neurone riceve un insieme di ingressi, ne fa una somma pesata ed applica poi una funzione di attivazione per calcolare l'uscita.

L'uscita è controllata da una funzione di attivazione: ogni neurone si attiva soltanto nei casi in cui il proprio ingresso supera una certa soglia.



Le Reti Neurali

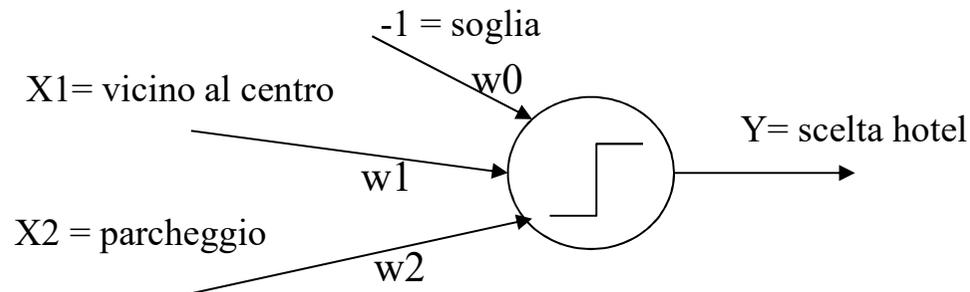
- Nel 1958, Rosenblatt propose il “percettrone”, un neurone artificiale a soglia a singola uscita.
- I pesi delle connessioni potevano essere modificati iterativamente da un algoritmo di apprendimento per minimizzare l'errore.
- Modelli limitati rappresentando solo concetti nei quali gli esempi sono linearmente separabili.
- Per rappresentare concetti più complessi si costruirono allora reti di neuroni, architetture multi-strato (ad esempio le reti “in avanti” o “feed-forward”), e nuovi algoritmi di apprendimento.
- Approccio significativamente diverso da quello simbolico. La conoscenza non è esplicita ma insita nella struttura della rete e nei pesi delle connessioni.



Rete feed-forward con due strati nascosti

Un semplice modello decisionale basato su una rete neurale

- Esempio: immaginiamo di volere modellare con un neurone la scelta di un Hotel per le vacanze sulla base delle caratteristiche: vicinanza dal centro e presenza del parcheggio.
- Percettrone con due ingressi binari x_1 e x_2 . x_1 sarà 1 se è vicino al centro, 0 altrimenti; x_2 sarà 1 se possiede il parcheggio e 0 se non lo possiede.
- La scelta dell'Hotel sarà rappresentata dall'uscita binaria del percettrone: 1 se scelgo l'Hotel, 0 se non lo scelgo.
- In base ai valori assegnati ai pesi potrò realizzare diversi modelli decisionali:
 - Se desidero assolutamente andare in automobile la presenza del parcheggio potrebbe essere decisiva per la scelta e indipendente dalla vicinanza o meno al centro. Potrei allora assegnare un valore alto per il peso w_2 (4), basso per il peso w_1 (2) e 3 alla soglia w_0 .
 - Se invece attribuiamo a w_1 3 e alla soglia w_0 il valore 2, la scelta ricadrebbe sull'Hotel se ha il parcheggio oppure se è vicino al centro.
- Queste configurazioni dei pesi si determineranno dinamicamente in base agli esempi ed all'utilizzo di opportuni algoritmi di apprendimento.



Esempio di funzionamento di una rete neurale per classificazione di cifre

Ingressi:

- $M \times N$ pixel dell'immagine con valori binari 0/1

Uscite:

- possibili cifre da riconoscere; il vettore $[0,0,0,1,0,0,0,0,0,0]$ indica la cifra 3

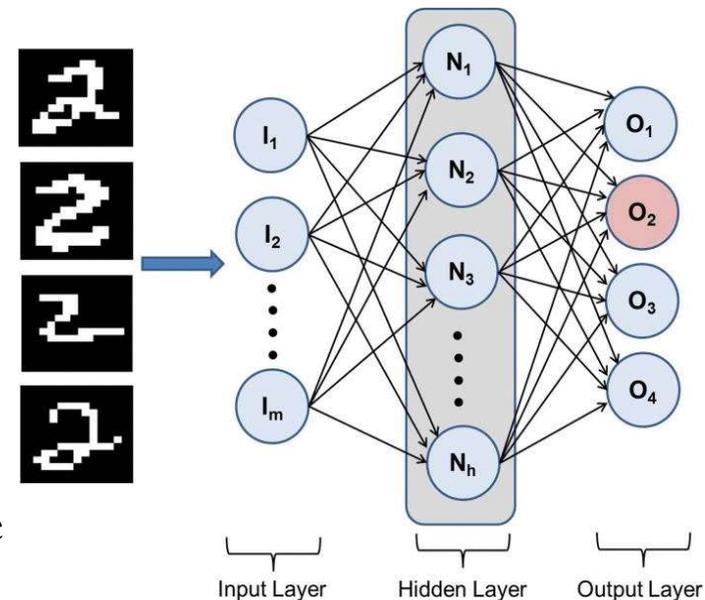
Training set:

- insieme di coppie (ingressi,uscite) (MNIST dataset).

Modalità di apprendimento **supervisionata**, le classi di uscita sono note, per ciascun esempio, nel corso dell'apprendimento.

Valutazione dell'errore:

- esempi classificati correttamente
- utile per fermare l'addestramento

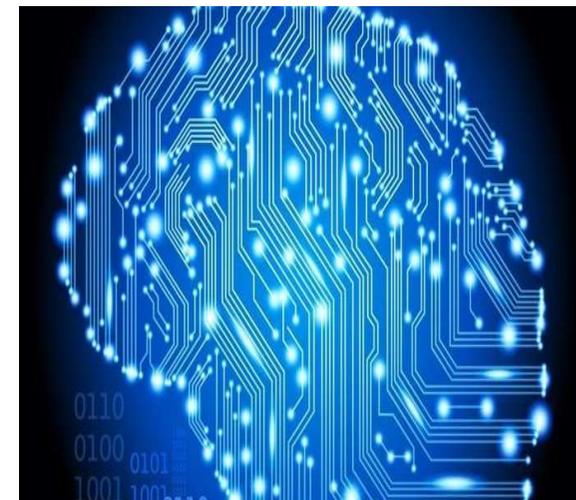
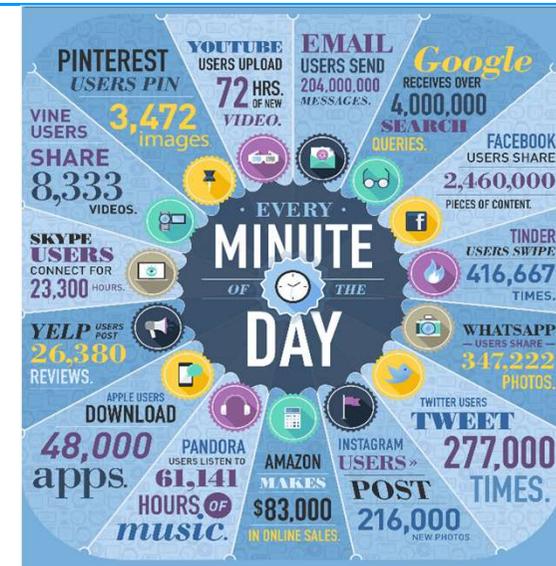


Le reti neurali, potenza e limiti

- Il perceptrone può rappresentare solo funzioni lineari. Se però si considerano reti multi-strato, il potere espressivo aumenta notevolmente.
- Teorema di approssimazione universale: *Una rete feed-forward con uno strato nascosto e un finito numero di neuroni può approssimare con la desiderata precisione qualsiasi funzione continua.*
- Teoricamente interessante, ma non dice nulla sulle modalità con cui configurare la rete neurale e su come applicare gli algoritmi di apprendimento per ottenere una buona approssimazione. Quali funzioni di uscita? Quanti neuroni? Quanti strati?
- Dagli anni 80 ad oggi sono stati sviluppati modelli sempre più dettagliati e complessi per i neuroni artificiali, sono state utilizzate funzioni, non lineari, diverse da quella a soglia (esempio la sigmoide), sono state identificate svariate architetture e modalità di connessione in rete, e sono stati sviluppati algoritmi di apprendimento sempre più sofisticati per modificare i pesi delle connessioni

Deep Neural Networks e Deep learning

- Masse di informazioni non strutturate (**big data**) e grande capacità di memoria e potenza di calcolo (GPU, multi-core).
- **Deep Learning:** modelli e algoritmi che utilizzano reti neurali con molti neuroni e molti **strati**, che possono apprendere **funzioni di funzioni**, cercando di individuare caratteristiche “importanti” dei dati (grezzi).
- Le DNN oggi maggiormente utilizzate consistono di un numero di livelli tra 7 e 50 (AlexNet, per il riconoscimento di immagini 8 livelli e 650K neuroni).
- Gli algoritmi supervisionati attualmente ottengono buone prestazioni con circa 5000 esempi per ogni categoria e superano gli umani con 10 milioni di esempi.
- Non sono una “simulazione” del cervello che ha più neuroni e una struttura molto più complessa. Con uno sviluppo ulteriore della potenza di calcolo, potranno avere un numero di neuroni paragonabile a quello umano non prima del 2050. Per ora minore di quelli di una rana!

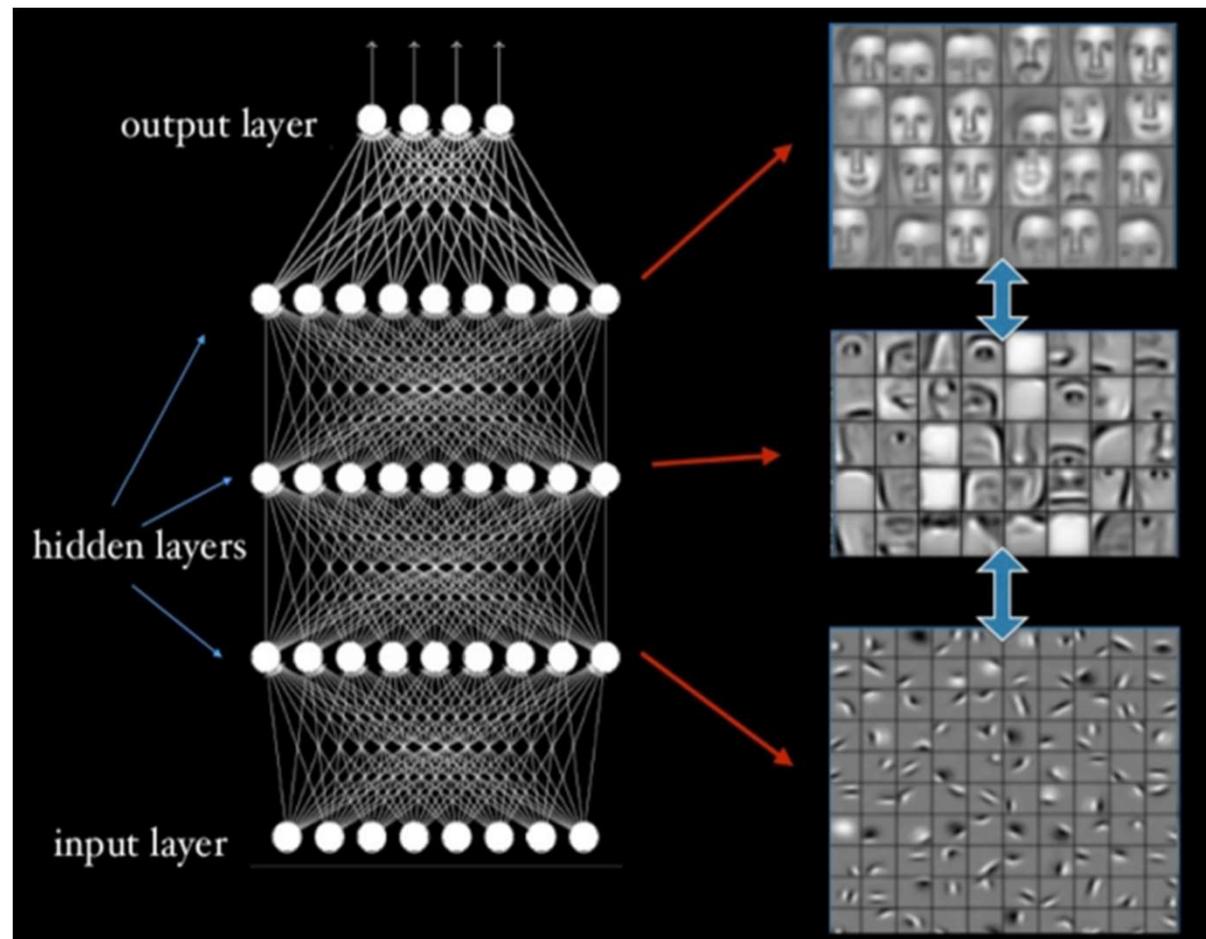


Da: I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville: “Deep Learning”, MIT Press, <http://www.deeplearningbook.org>, 2016

Deep Neural Networks e Deep learning (cont.)

Nel Deep Learning il mondo può essere rappresentato come una gerarchia di “concetti”, dai più semplici ai più astratti e complessi traendo vantaggio dalla struttura “gerarchica” della rete. La rappresentazione è “distribuita” in modo implicito a livelli.

https://leonardoaraujosantos.gitbooks.io/artificial-intelligence/content/deep_learning.html



Intelligenza Collettiva

La natura ha sviluppato tecniche *intelligenti* per:

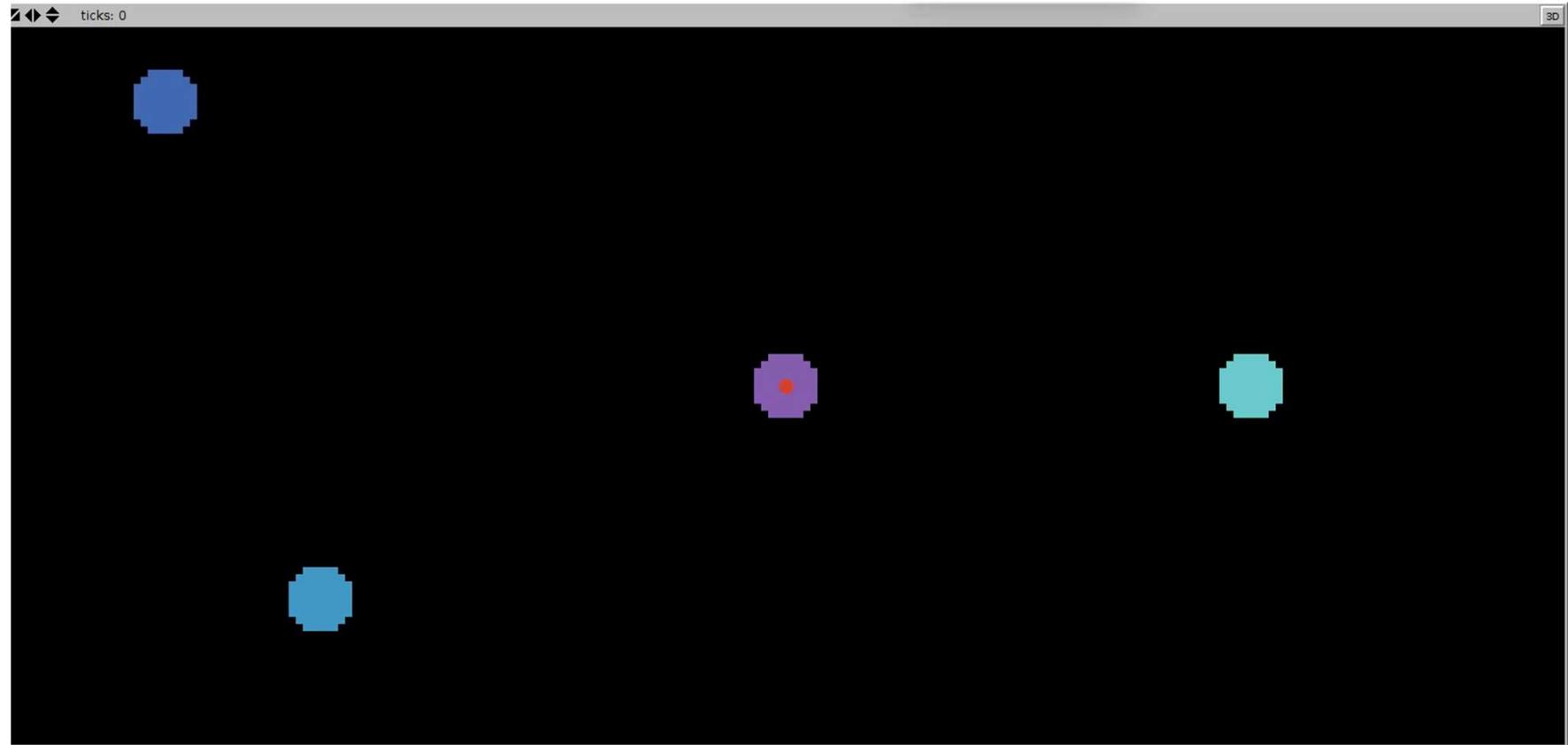
- la difesa dell'organismo, la selezione della specie per adattarsi all'ambiente (**Algoritmi Genetici**)
- la coordinazione tra animali sociali (le termiti costruiscono termitai senza un progetto, le formiche muovono oggetti grandi senza un coordinatore, ecc.) (**Swarm Intelligence**)

Chi è a governare? Chi è che dà ordini, che immagina cosa accadrà in futuro, elabora piani e mantiene l'equilibrio?

- Questi comportamenti nascono (emergono) autonomamente, senza la presenza di un coordinatore/supervisore.
- Lo studio (interdisciplinare) di questi fenomeni ha permesso di sviluppare sistemi intelligenti basati su modelli di fenomeni e processi naturali robusti ed adattativi.
- Sciami di Droni/SmartPhone nel futuro?

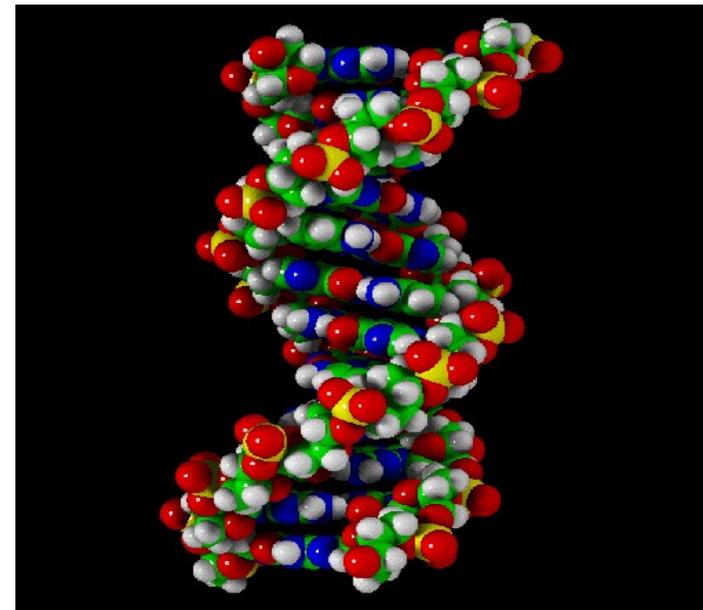


Le Formiche e il Cibo



Algoritmi Genetici/Evolutivi

- Gli algoritmi genetici (e la computazione evolutiva in generale) traggono ispirazione dalla teoria dell'evoluzione naturale e sono stati sviluppati da John Holland negli anni '70.
- Una nuova “creazione” può essere generata partendo da una configurazione iniziale random, evolvendosi in base a leggi “naturalistiche”.
- Fitness: assicura che vengano scelte per la riproduzione le soluzioni “migliori” (fa le veci di un “critico” d'arte).
- Mutazione: assicura l'introduzione di elementi di novità.
- Riproduzione garantisce la combinazione di buone soluzioni genitrici.
- Problema: non sempre la fitness è chiaramente definibile. Può essere interattiva e chiesta all'utente in alcuni casi.
- Utili quando non è possibile o semplice la modellazione del problema da risolvere.



Applicazioni dell'Intelligenza Artificiale



Medical data is expected to double every 73 days by 2020.

IBM Watson Health

Source: University of Iowa, Carver College of Medicine, 2014



[Figure from vision.stanford.edu]



Applicazioni dell'Intelligenza Artificiale

- **Sistemi esperti/Sistemi di supporto decisioni**

- Specializzati
- Basi di conoscenza e controllo



- **Sistemi formali e giochi (Scacchi/GO)**

- Numero limitato di mosse e stati
- Basato su regole esplicite e non ambigue



- **Linguaggio naturale (Watson)**

- Ambiguo, implicito, legato al contesto
- Basato su stati cognitivi



- **Visione (ImageNet)**

- Riconoscimento
- Gestione incertezza e rumore (simbolico/sub-simboli)



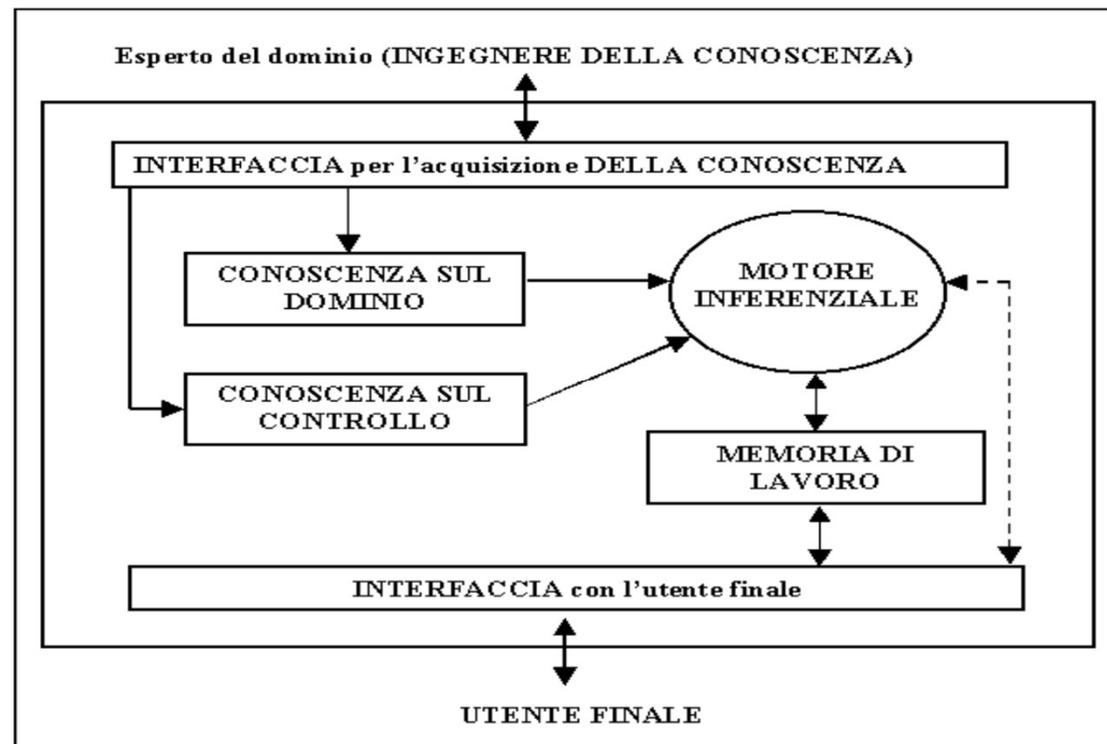
- **Robotica e Sistemi Autonomi (Robot)**

- Situati in un ambiente (agenti)
- Dinamico, Real-time
- Non simbolico in parte



Sistemi a regole e di supporto alle decisioni (Sistemi Esperti -1980)

- Un sistema **basato sulla conoscenza** (o sistema esperto) è un sistema in grado di risolvere problemi in un **dominio limitato** ma con prestazioni **simili** a quelle di un **esperto** umano del dominio stesso.
- Esamina un largo numero di possibilità e costruisce dinamicamente una soluzione, opportunamente valutata e poi scelta o scartata.
- La ricerca e/o generazione delle soluzioni e' guidata da **Regole**.



Esempio di Sistema basato su regole

Semplicissimo problema di diagnostica.

OBIETTIVO: prescrivere una medicina adeguata per un determinato paziente in base ai risultati di alcuni esami di laboratorio: **prescribe (Drug)** .

BASE di CONOSCENZA

Fatti:

gram (neg) .

not (allergic (antb)) .

Regole:

R1: gram (neg) → id (ecoli) .

Se il risultato dell'esame è *gram-negativo* allora l'identità è *enterium-coli*

R2: gram (pos) → id (strep) .

Se il risultato dell'esame è *gram-positivo* allora l'identità è *streptococco*

R3: id(strep) OR id(bact) → ind(pen) .

Se l'identità è streptococco o bactero allora è bene indicare penicillina

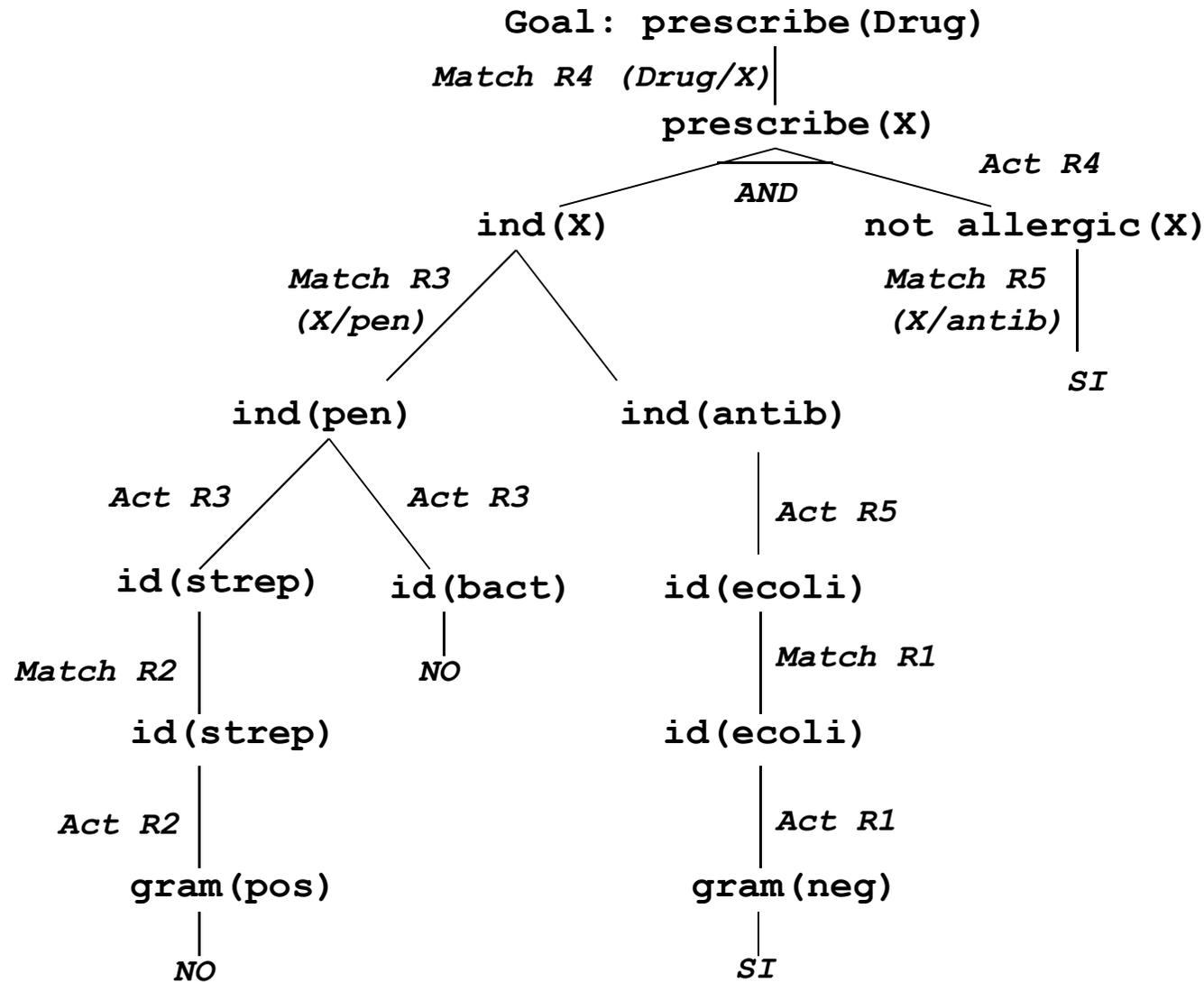
R4: ind(X) AND not (allergic(X)) → prescribe(X)

Se è bene indicare una certa medicina e il paziente non è allergico a tale medicina, allora si può prescrivere tale medicina al paziente

R5: id(ecoli) → ind(antb) .

Se l'identità è *enterium-coli* allora è bene indicare antibiotici

Motore di Inferenza o Controllo (backward)



Esempio di sessione di lavoro

- Sys: È la coltura Gram positiva ?
- User: NO.
- Sys: È la coltura Gram negativa?
- User: SI.
- Sys: Il paziente è allergico agli antibiotici ?
- User: NO.
- Sys: Allora prescriverai una cura a base di antibiotici.

Sessione di spiegazione:

- Sys: È la coltura Gram positiva ?
- User: **WHY?** < perchè è importante determinare tale informazione?
- Sys: Tale informazione è di aiuto per determinare se (R1) l'identità dell'organismo è streptococco.
- User: **WHY?**
- Sys: Tale informazione è di aiuto perchè per tale organismo è indicata la penicilina (R3).
- Sys: ... Allora prescriverai una cura a base di antibiotici.
- User: **HOW?** <come puoi concludere tale responso?
- Sys: Ho utilizzato la regola R4: ho prescritto antibiotici poichè sono indicati per tale infezione (prem1) e il paziente non è allergico (prem2).
- User: **HOW Premessa 1 ?**
<come puoi concludere che sono indicati gli antibiotici?
- Sys: Ho utilizzato la regola R5: sono indicati antibiotici poichè l'organismo che ha causato l'infezione è ecoli.

Mycin e sistemi a regole

- Creato a metà degli anni 70, Mycin è stato uno dei primi Sistemi Esperti in campo medico, applicato nell'aiutare Dottori nella prescrizione di terapie antibiotiche nel caso di infezioni.



RULE037

IF the organism

- 1) stains grampos**
- 2) has coccus shape**
- 3) grows in chains**

THEN

There is suggestive evidence (.7) that the identity of the organism is streptococcus.

Conoscenza e sistemi a regole

*“La potenza di un programma intelligente nel risolvere un problema dipende primariamente dalla **quantità e qualità** di conoscenza che possiede su tale problema”. (Feigenbaum)*

Varie applicazioni: Pianificazione, Previsione, Diagnosi, Progetto.

Acquisizione della Conoscenza (collo di Bottiglia dei Sistemi Esperti)

Problemi

- L'esperto nella sua “creatività” e “competenza” non può essere sostituito, ma coadiuvato (soprattutto nelle parti più lunghe e ripetitive).
- Fonti diverse, parziali e non sempre concordi (diversi punti di vista)
- La conoscenza evolve (nuove versioni dei documenti di riferimento)
- La conoscenza non è sempre manifesta ed esplicita (discovery)
- La conoscenza è spesso legata alla singola realtà, non ha solo regole generali ma lavora per analogia e casi simili (spesso nel caso di sistemi legali)

→ **Tecniche di apprendimento e data-mining**

Sistemi Esperti/Supporto alle decisioni sviuppati dal gruppo AI- Bologna (1)

Sistemi **utilizzabili** (almeno allo stato prototipale) nelle Aree di Progetto, Monitoring, Diagnosi, Scheduling, Previsione. **Non sostituiscono l'esperto, ma lo affiancano.**

- ADES (ATP Design Expert System) per il progetto dei sistemi per il controllo delle stazioni ferroviarie (SASIB);
- SMA (Station Master Assistant) per il monitoring e la pre-diagnosi degli enti della stazione al fine di determinare la fattibilità degli itinerari (SASIB);
- TSA (Train Scheduling Assistant) per regolare il traffico dei treni all'interno di una stazione di grosse dimensioni (SASIB).
- FUN (Function Point Measurement) per il calcolo dei Function Point per un sistema software.
- Identificazione di difetti in semilavorati meccanici (BERCO S.p.A, approccio mediante apprendimento automatico di regole).
- Sistema Esperto per scelta colore (COROB S.P.A.)
- Sistema di supporto alle decisioni nell'ambito della moda (Universita` di Urbino)
- Sistema di supporto alle decisioni per il monitoraggio delle centraline per la depurazione delle acque (con ENEA e Hera).
- Sistema di Supporto alle Decisioni per la valorizzazione dei prodotti alimentari (SORT - Progetto PON, con Università di Ferrara).

Sistemi Esperti/Supporto alle decisioni sviuppati dal gruppo AI- Bologna (campo medico)

Diagnosi, verifica degli esami medico-clinici, interpretazione dei dati. In particolare:

- DNSEV (Expert System for clinical result Validation), per migliorare la qualità del processo di validazione eseguito dai laboratori di analisi biochimica (DIANOEMA SpA, S..Orsola-Malpighi Bologna).
- ESMIS (Expert System for Microbiological Infection Surveillance), per migliorare la qualità del processo di validazione eseguito dai laboratori di analisi microbiologica e per monitorare gli eventi infettivi all'interno di un ospedale (DIANOEMA SpA, S..Orsola-Malpighi Bologna).
- DNTAO (Expert System for supporting the Oral Anticoagulation Treatment) per il supporto ai medici (ematologia) per le prescrizioni e visite per la Terapia Anticoagulante Orale (Noemalife)
- Definizione di linee guida in campo medico – SPRIN- (Noemalife)
- Sistema di previsione di cadute in anziani FARSEEING (Progetto Europeo – con gruppo bioingegneria)
- Sistema per il benessere e la previsione del rischio i persone anziane PREVENTIT (Progetto Europeo – con gruppo bioingegneria).
- Sistema per il monitoraggio di persone anziane con strumenti di IoT – HABITAT (Progetto Regionale, partecipazione vari gruppi CIRI SDV).

Scacchi: La mente battuta dalla macchina...



Deep Blue, computer IBM Risk 2000 ...

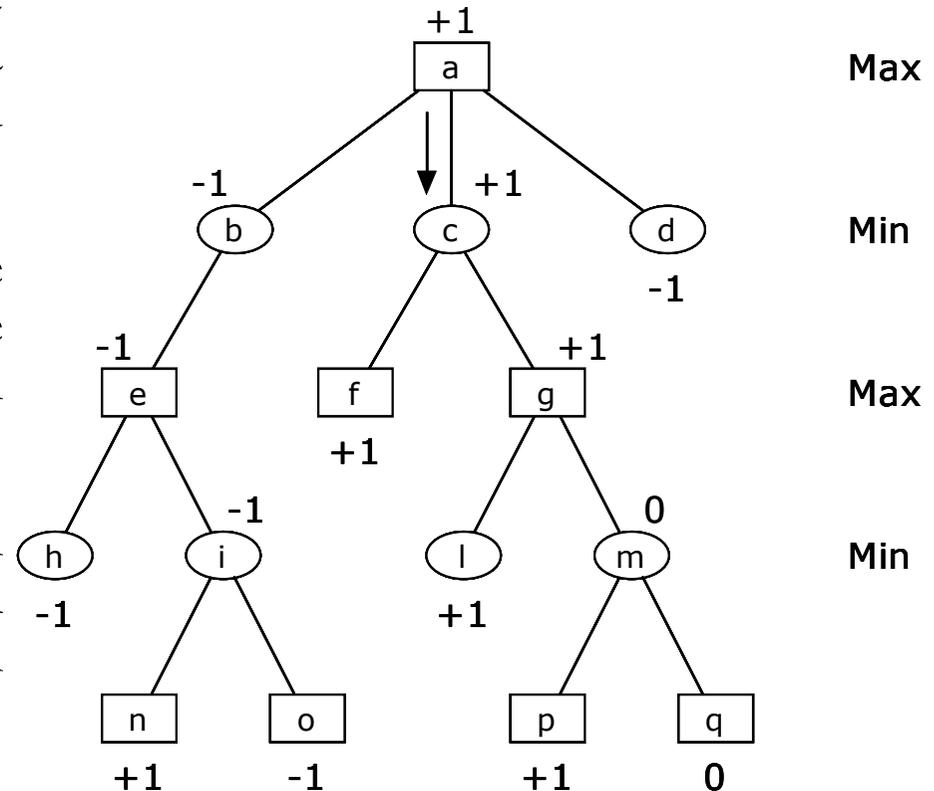
- riesce a valutare 200 milioni di mosse al secondo
- conosce 600.000 aperture di partita

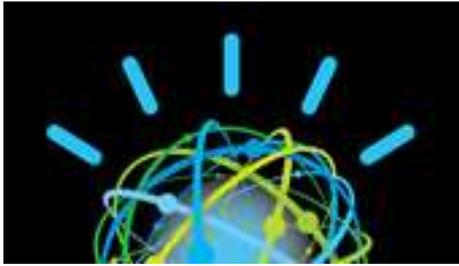
- Nel 1997 Deep Blue sconfigge Kasparov: è intelligenza?
- Chomski: Deep Blue, un bulldozer vince una gara olimpica di sollevamento pesi contro umani!

Algoritmo minmax → la “Forza Bruta”

⑩ L'algoritmo minmax è progettato per determinare la strategia ottimale per “Max” e per suggerirgli, di conseguenza, la prima mossa migliore da compiere; per fare questo, ipotizza che “Min” faccia la scelta a lui più favorevole.

- La dimensione del problema è enorme. Solo all'inizio partita le mosse possibili sono 400, diventano più di 144.000 alla seconda
- Occorre quindi una funzione di valutazione. Si darà un peso a ciascun pezzo e alla posizione relativa dei pezzi.





Watson (IBM) e linguaggio naturale



- Jeopardy dal 1964 uno dei quiz televisivi americani più popolari.
- La particolarità è che sono fornite delle possibili risposte (clue) e i concorrenti devono fornire le loro risposte nella forma della domanda più appropriata. Es. Presidente degli Stati Uniti negli anni 60. Risposta: Chi è Kennedy?
- Watson, il supercomputer sviluppato da IBM, ha sconfitto i suoi avversari umani Ken Jennings, famoso per il record di 74 vittorie consecutive e Brad Rutter, nel Febbraio 2011: 2 vittorie ed un pareggio.
- La sua conoscenza e' stata costruita scandendo informazioni da testi, enciclopedie documenti, Web. (la potenza della rete!)
- Watson e` attualmente di dimensioni equivalente a 10 frigoriferi, ha una potenza di calcolo di 80 trillioni di operatori al secondo e scandisce 200 milioni di pagine di contenuto in 3 secondi.



John Searle: *“Watson Doesn't Know It Won on 'Jeopardy!’
IBM invented an ingenious program—not a computer that can think.”*

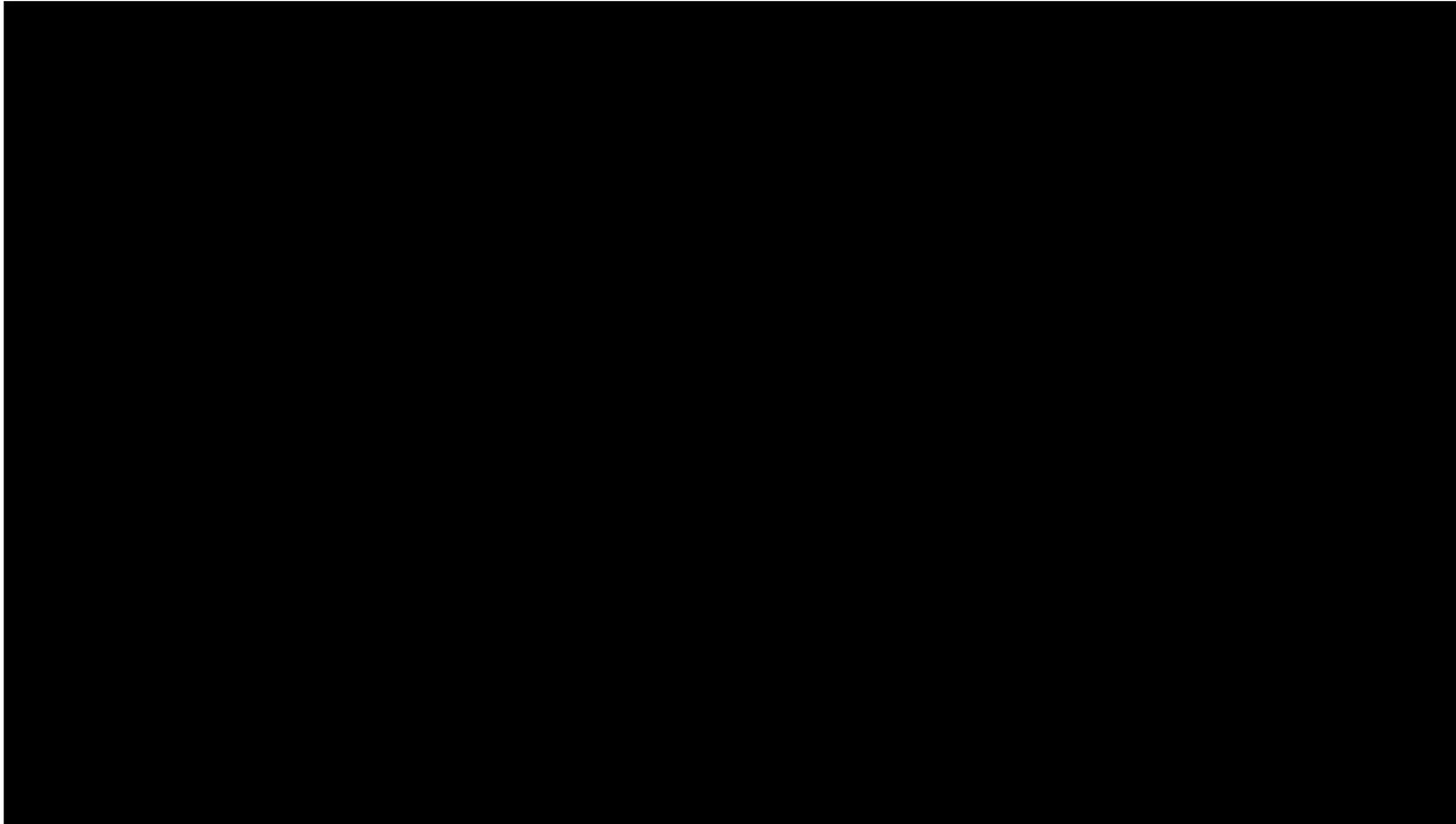
Noam Chomsky: *“Watson understands nothing. It’s a bigger steamroller. Actually, I work in AI, and a lot of what is done impresses me, but not these devices to sell computers.”*

Watson ci insegna che l’intelligenza e’ un connubio di algoritmi e conoscenza che va accumulata, organizzata ed esplorata con particolare attenzione all’efficienza. Due tasks: comprensione del testo (umano meglio del computer) e generazione della risposta (computer meglio dell’uomo).

Element	Number of cores	Time to answer one Jeopardy! question
Single core	1	2 hours
Single IBM Power 750 server	32	<4 min
Single rack (10 servers)	320	<30 seconds
IBM Watson (90 servers)	2 880	<3 seconds

~1 000 000 million lines of code
5 years development (20 men)
Memory: 20 TB
200 million pages (~1 000 000 books)

Watson



La conoscenza, internet e semantic Web

The Web contains everything an intelligent agent should “know”. Search Engines always allow to retrieve the required information. The Web is a “distributed”, “emergent”, “autonomous” and “complete” repository of human knowledge.

Internet, il mondo globale e la nuova sfida. Dalla sintassi alla Semantica! Verso una rete “intelligente”. La conoscenza e’ “nella rete” ed e` fruibile da umani e macchine!! Va solo strutturata e resa piu’ facilmente utilizzabile...

- ➔ Semantic web..... “usa” e “ragiona sopra” tutti i dati presenti su Web automaticamente.
- ➔ Lo sviluppo di World Wide Web, la riduzione del costo della memoria e l’aumento della potenza computazionale, l’enorme volume di dati non strutturati (**big data**) ha cambiato la natura delle applicazioni di AI.
- ➔ “So, the mattress in the road to AI is lack of knowledge, and the anti-mattress is knowledge. But how much does a program need to know to begin with? A non-trivial fraction of consensus reality - the millions of things that we all know and that we assume everyone else knows” (Guha & Lenat 90)
- ➔ Immagazzinare tutta la conoscenza umana (anche il common sense) in formato fruibile dal calcolatore puo’ realizzarsi ora?

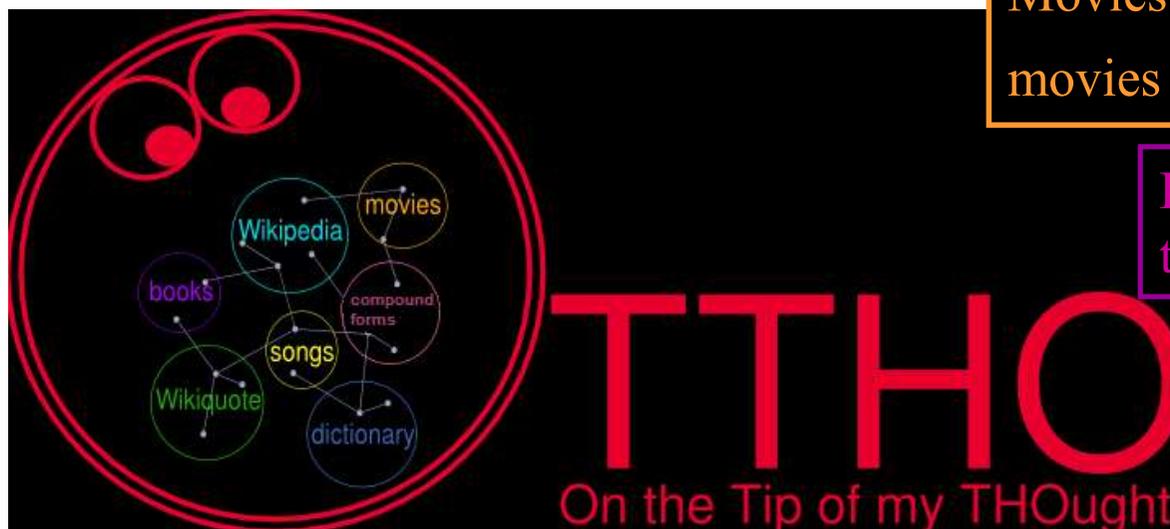
Sorgenti di conoscenza: (per il gioco della ghigliottina)



Encyclopedia: the Italian version of Wikipedia

Dictionary – the De Mauro Paravia Italian on-line dictionary

Movies: descriptions of Italian movies crawled from IMDb



Books crawled from the web

Songs crawled from the web

Proverbs and Aphorisms: the Italian version of Wikiquote

Compound forms: groups of words that often go together having a specific meaning, e.g. “artificial intelligence” – crawled from the web

Semantic Web:

Un esempio molto semplice

- Obiettivo: cercare immagini di «gatto»
- Le immagini su web (ad oggi) non contengono informazioni sul loro contenuto...
- Alcuni siti di social network (ad es. facebook, flickr, etc.) offrono già la possibilità di aggiungere etichette alle immagini, semplificando così la ricerca
- Problema: se ora cerchiamo tramite la keyword «felino», nessuna delle immagini sotto viene messa tra i risultati



Linguaggio naturale e semantica: BabelNet



BabelNet

ho espresso il concetto

ITALIAN

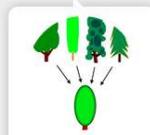
TRADUCI IN...



BabelNet

ho **espresso** il **concetto**

espresso
Give expression to



concetto
Il concetto in senso lato è un pensiero che viene espresso in maniera definita con...



BabelNet

ho preso il treno espresso in stazione

ITALIAN

TRADUCI IN...

CERCA

PREFERENZE

ho **preso** il **treno espresso** in **stazione**



preso
Afferrare con le mani.



treno espresso
Treno espresso è una categoria di servizio dei treni presente in molti paesi europei.



stazione
Nella tecnica e nell'esercizio delle ferrovie una stazione ferroviaria è una...



espresso
Il caffè espresso è la bevanda più

Legend: **Named Entities** • **Concepts**

ho preso un espresso al bar

ITALIAN

TRADUCI IN...

CERCA

PREFERENZE

ho **preso** un **espresso** al **bar**

preso
Engage in



espresso
Il caffè espresso è la bevanda più consumata e conosciuta in Italia tr...



bar
Il bar è un esercizio pubblico in cui si sosta brevemente per consumare bevande...



BabelNet

ho preso l'espresso in piazza

ITALIAN

TRADUCI IN...

CERCA

PREFERENZE

ho **preso** l' **espresso** in **piazza**

preso
Engage in

espresso
Trasporto pubblico costituito da un autobus che fa solo poche fermate di



piazza
A public square with room for pedestrians

Legend: **Named Entities** • **Concepts**

Sintesi del parlato dal testo

Google: Tacotron 2, il sistema text-to-speech di seconda generazione su cui è al lavoro da anni basato sull'utilizzo di due reti neurali.

<https://google.github.io/tacotron/publications/tacotron2/index.html>



“George Washington was the first President of the United States.”

Uno degli audio è voce umana, l'altro sintetizzata mediante un approccio con reti neurali...sono indistinguibili

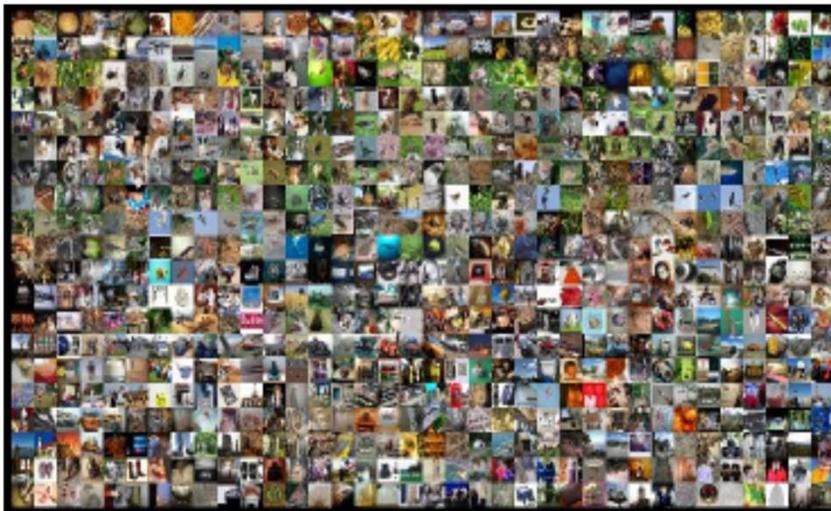
Applicazioni in Computer Vision

- Descrivere/riconoscere il contenuto di un'immagine: non sempre semplice... (Fonte Google).

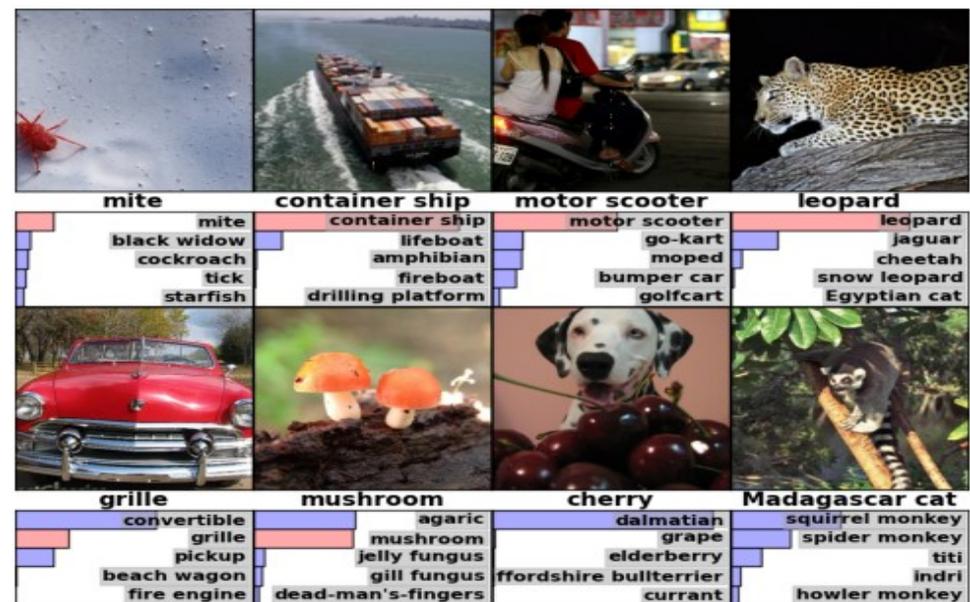
Describes without errors	Describes with minor errors	Somewhat related to the image	Unrelated to the image
 <p data-bbox="197 922 396 970">A person riding a motorcycle on a dirt road.</p>	 <p data-bbox="465 922 667 954">Two dogs play in the grass.</p>	 <p data-bbox="752 922 954 970">A skateboarder does a trick on a ramp.</p>	 <p data-bbox="1039 922 1240 970">A dog is jumping to catch a frisbee.</p>
 <p data-bbox="197 1220 396 1284">A group of young people playing a game of frisbee.</p>	 <p data-bbox="465 1220 701 1284">Two hockey players are fighting over the puck.</p>	 <p data-bbox="752 1220 954 1284">A little girl in a pink hat is blowing bubbles.</p>	 <p data-bbox="1039 1220 1240 1284">A refrigerator filled with lots of food and drinks.</p>
			

ImageNet Challenge

- Sfida: classificatore di immagini universale da un dataset di 14M immagini e 20k categorie, taggate via crowdsourcing e indicizzate con WordNet.
- Nel 2011 il margine di errore delle macchine nel riconoscimento e nella classificazione delle immagini era del 26 per cento, oggi è sceso al 3 per cento. (gli umani sono meno efficienti e fanno più errori: in media il 5 per cento).
- Da: Russakovsky, O., Deng, J., Su, H., Krause, J., Satheesh, S., Ma, S., ... & Fei-Fei, L. (2015). Imagenet large scale visual recognition challenge. arXiv preprint arXiv:1409.0575.



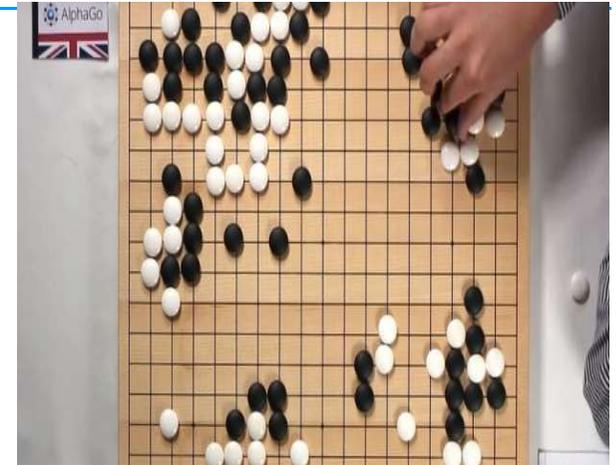
[Figure from vision.stanford.edu]



[Figure from Krizhevsky et al., 2012]

I Giochi: AlphaGo

- Algoritmo AlphaGo sviluppato dall'azienda DeepMind, (di Google dal 2014). Impara a giocare ai videogiochi (49 giochi per Atari 2600) e spesso meglio dei giocatori umani.
- Apprendimento mediante deep learning e tecniche simboliche.
- **Marzo 2016:** *AlphaGo ha battuto il sudcoreano Lee Sedol, considerato il più bravo nel millenario e diffuso gioco da tavola Go.*
- I giocatori devono posizionare le pietre bianche o nere su un tavolo, cercando di catturare pietre dell'avversario o dominare gli spazi vuoti per conquistare il territorio. Grande complessità: 10^{170} posizioni possibili contro le 10^{50} del gioco degli scacchi.
- Ha ricevuto l'Inaugural IJCAI Marvin Minsky Medal for Outstanding Achievements in AI nel 2017. Michael Wooldridge, Chair of the IJCAI Award: *“What particularly impressed IJCAI was that AlphaGo achieves what it does through a brilliant combination of classic AI techniques as well as the state-of-the-art machine learning techniques that DeepMind is so closely associated with. It's a breathtaking demonstration of contemporary AI...”*

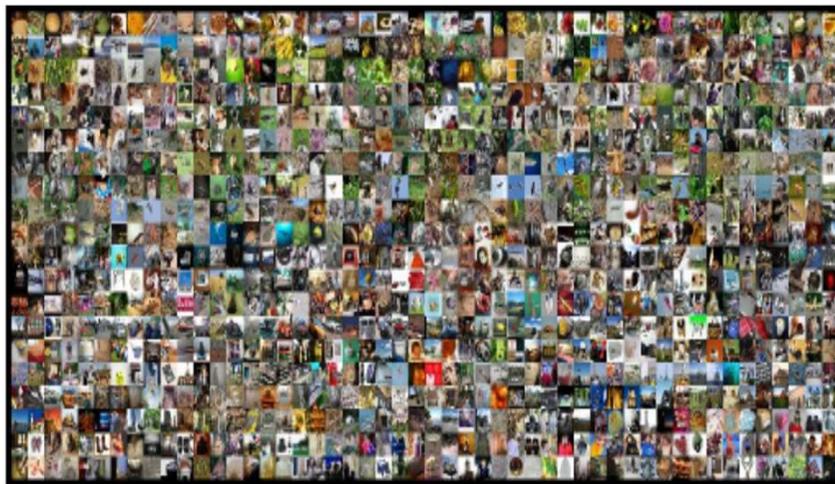


Applicazioni di successo delle DNN

Marzo 2016: **AlphaGo** batte il campione sudcoreano Lee Sedol, considerato il campione mondiale migliore nel gioco del Go.

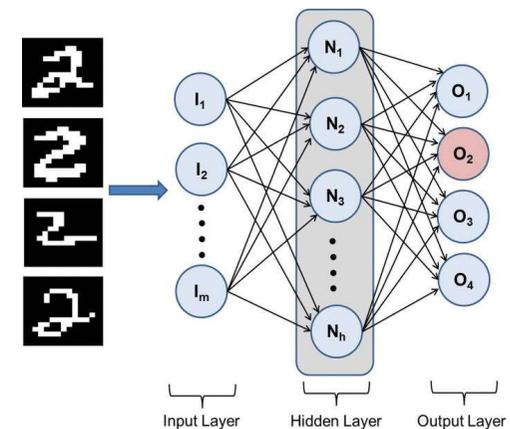


ImageNet Challenge. Nel 2011 il margine di errore dei sistemi di AI nel riconoscimento e nella classificazione di immagini era il 26%, oggi è il 3%. (gli uomini sono più lenti e fanno più errori, in media il 5%).



[Figure from vision.stanford.edu]

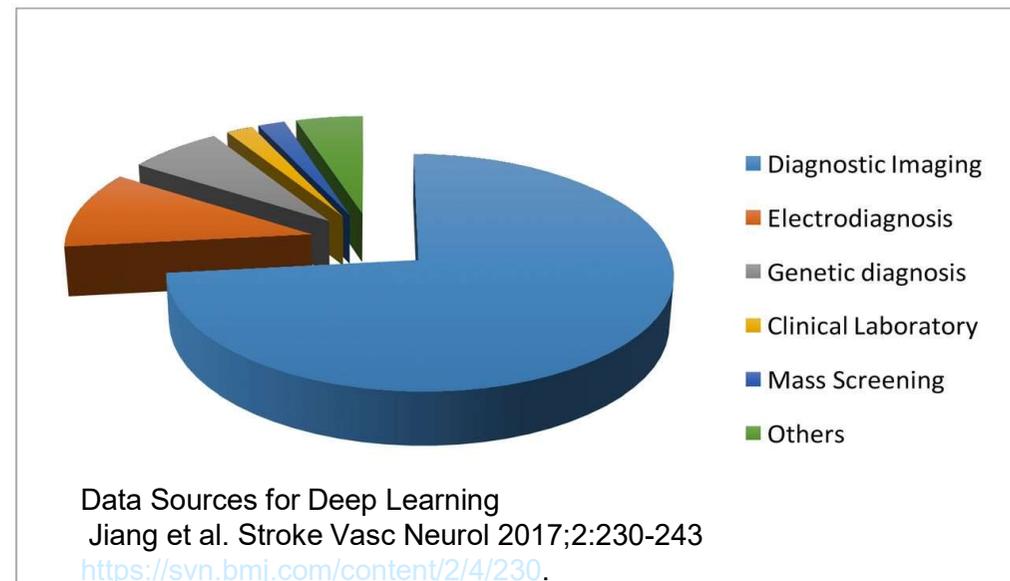
MNIST è un grosso database di cifre scritte a mano utilizzato per fare da training a sistemi di ML



Data-driven AI in Medicina

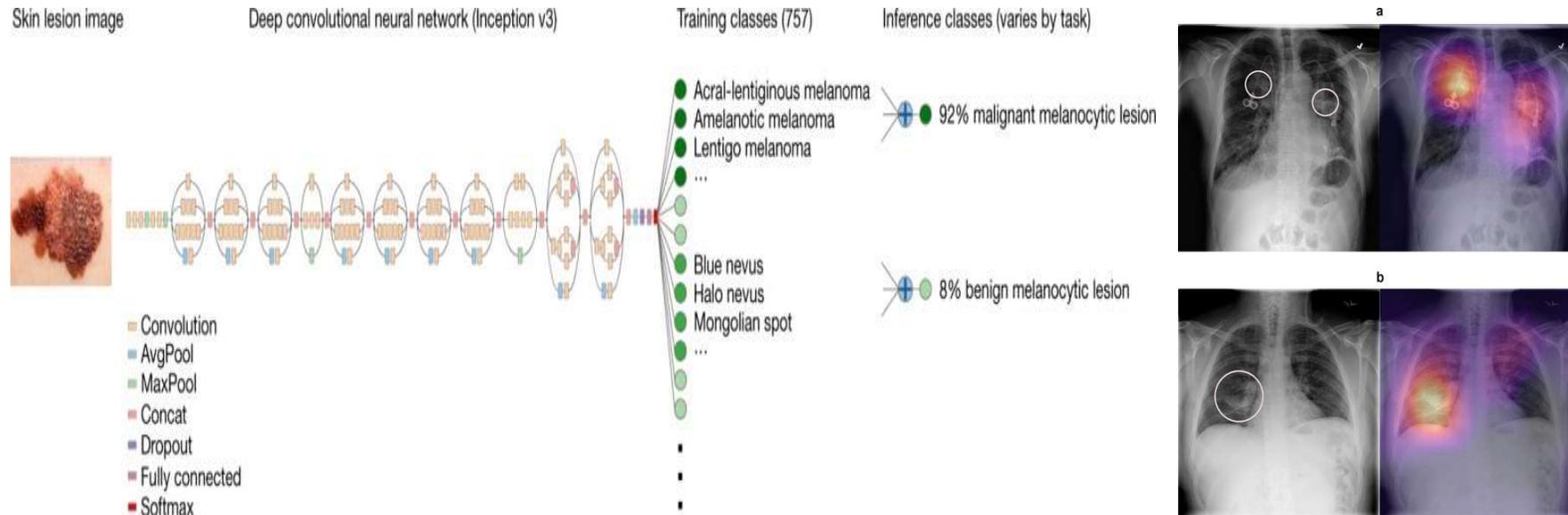
- Esplosione del numero di dati e informazioni disponibili in campo medico
- Nel 2013, il volume ha raggiunto 4 trilioni di gigabytes (10^{21}) – e sarà 10 volte tanto nel 2020. Il 80% di questi dati è non-strutturato.
- Gli umani anche se molto intelligenti non possono trattare un numero così alto di dati
- Machine Learning può essere la tecnica vincente per estrarre informazione utile dai dati medici
- Approccio tradizionale (**hypothesis driven – alla Mycin**):
 - Forma hypothesis
 - Fai esperimenti
 - Valuta/revisiona le ipotesi
- Approccio Big Data (**data driven**):
 - Collezione dati rilevanti e fai esperimenti
 - Trova relazioni interessanti
 - Formula ipotesi
- Possono coesistere e essere integrati!

What doctor? Why AI and robotics will define New Health
<https://www.pwc.at/de/publikationen/branchen-und-wirtschaftsstudien/healthcare-ai-new-health.pdf>



Diagnosi in medicina a partire da immagini

Ottime performances in alcune forme di analisi di immagini mediche quali radiografie polmonari o esami di immagini al microscopio per determinare cellule cancerogene. Queste diagnosi data-driven su immagini spesso sono paragonabili in performance a quelle fatte da esperti umani.



Diagnosi di lesioni della pelle (melanoma) a partire da immagini con uno smartphone. E' utilizzata l'architettura di Google Inception v3 CNN pretrained sul ImageNet dataset.

A Esteva *et al.* *Nature* 1-4 (2017)
doi:10.1038/nature21056
<https://www.nature.com/articles/nature21056>

Diagnosi di patologie mediante radiografie polmonari.

Rajpurkar P, Irvin J, Ball RL, Zhu K, Yang B, et al. (2018) Deep learning for chest radiograph diagnosis: A retrospective comparison of the CheXNeXt algorithm to practicing radiologists. *PLOS Medicine* 15(11): e1002686.

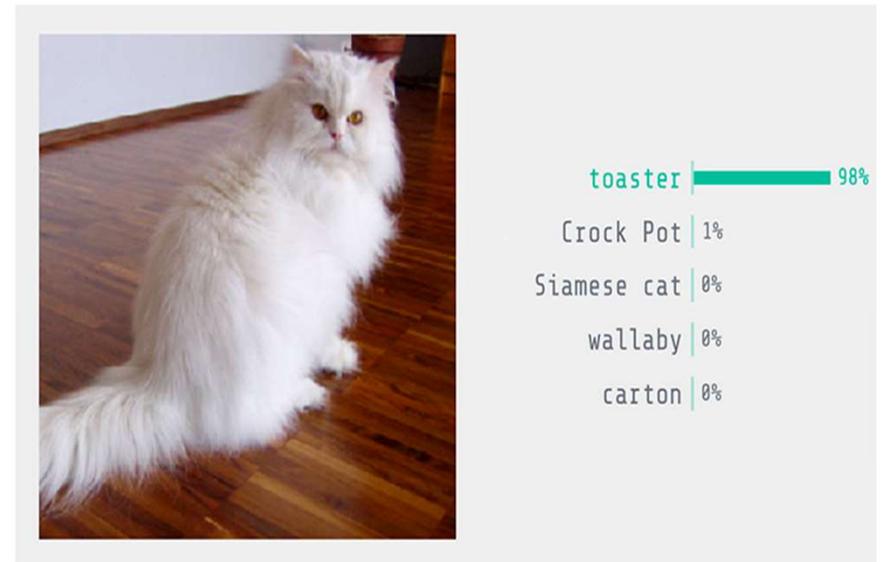
DNN: a volte fanno errori!

DNN possono essere non-stabili: A volte applicando perturbazioni degli ingressi piccole e non casuali è possibile cambiare arbitrariamente una predizione della DNN. Classificazione di un gatto o un tostapane in base alla modifica di pochi pixel. Possiamo allora sempre fidarci delle DNN ?

Original Image



Hacked Image



“Only modification of some pixels not evident to the human eye”.

<https://medium.com/@ageitgey/machine-learning-is-fun-part-8-how-to-intentionally-trick-neural-networks-b55da32b7196>

Crag S. Smith, “Alexa and Siri Can Hear This Hidden Command. You Can’t”. New York Times, 10 May 2018
<https://www.nytimes.com/2018/05/10/technology/alexa-siri-hidden-command-audio-attacks.html>

DNN – Learning ma non Deep Reasoning!

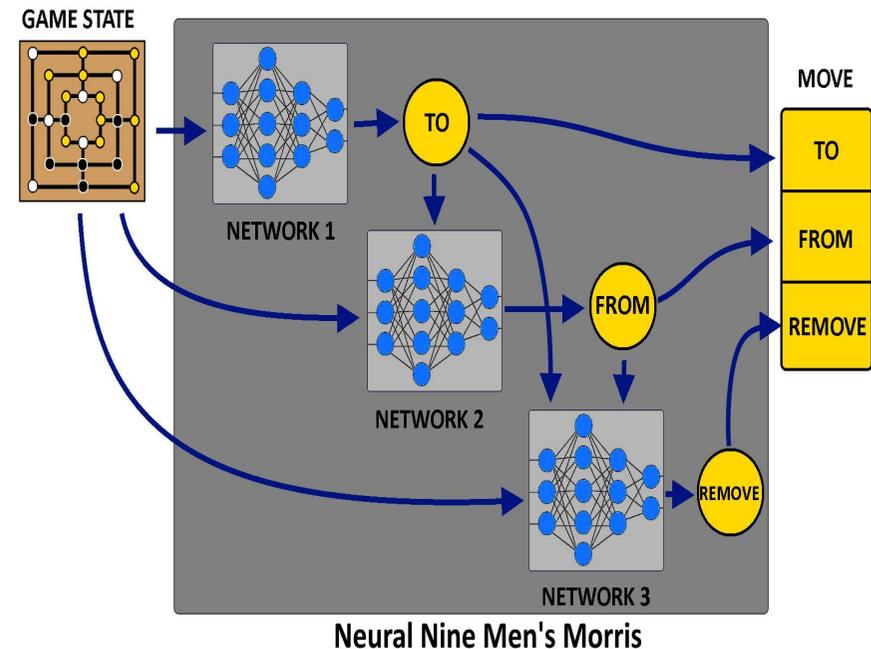
“After 240 minutes of training, [the system] realizes that digging a tunnel through the wall was the most effective technique...”.

MA...

Il sistema non sa cosa sia un tunnel o un muro... ha appreso specifiche contingenze in specifici scenari.

Un esperimento: il gioco del mulino

- Obiettivo: decidere una mossa del gioco del mulino in accordo alle regole **senza alcuna “conoscenza” simbolica** e pregressa su di esse.
- Una mossa è composta da tre decisioni vincolate dallo stato della scacchiera e fra loro («TO», «FROM», «REMOVE»)
- NNMM è formato da tre deep networks interconnesse ed è stata istruita con un insieme di esempi di gioco forniti da un altro giocatore
- NNMM testato su più di 3 milioni di esempi è in grado di prendere una decisione “legale” sulla prossima mossa in più del 99% dei casi.
- Ma davvero ha imparato le regole del gioco? Non sa spiegarle e fa, raramente, errori. Ci fideremmo nell'applicarlo a casi reali?



Chesani, F.; Galassi, A.; Lippi, M.; Mello, P., "Can Deep Networks Learn to Play by the Rules? A Case Study on Nine Men's Morris", IEEE TRANSACTIONS ON GAMES, to appear 2018.

Allora ci possiamo sempre fidare delle DNN?

Le DNN lavorano molto bene a livello percettivo, ma...

“Sono affamate di dati e potenza di calcolo e presuppongono un mondo ben conosciuto e stabile”

Problemi se lavoriamo con nuovi dati che si discostano molto da quelli di training (**overfitting**). Una era accurato sui dati di test, ma produceva molti errori su dati reali. Perché? Le foto dei carri armati amici (nemici) erano state scattate in giornate soleggiate (nuvole) e la DNN ha imparato a discriminare in base al colore del cielo!

“Sono difficilmente comprensibili agli umani nelle loro decisioni”

Hanno milioni di parametri di difficile comprensione non solo per gli utenti finali ma anche da parte degli sviluppatori. Difficili da usare, ad esempio, nella diagnosi medica perchè dobbiamo sapere il perchè di una decisione.

“Non sono in grado di distinguere fra causalità e correlazione”

Sono tecniche statistiche che possono scoprire correlazioni complesse fra ingresso e uscita, ma non necessariamente relazioni di causa-effetto. Posso semplicemente correlare la febbre all'influenza, ma dovrei invece collegare razionalmente (perché...) l'influenza causa la febbre (metodo scientifico). Tutto si riduce a curve-fitting.

“Non sono del tutto affidabili”

Possono fare a errori e subire attacchi e i loro errori sono “diversi” da quelli degli umani e quindi di difficile interpretazione.

Da: THE BOOK OF WHY: The New Science of Cause and Effect

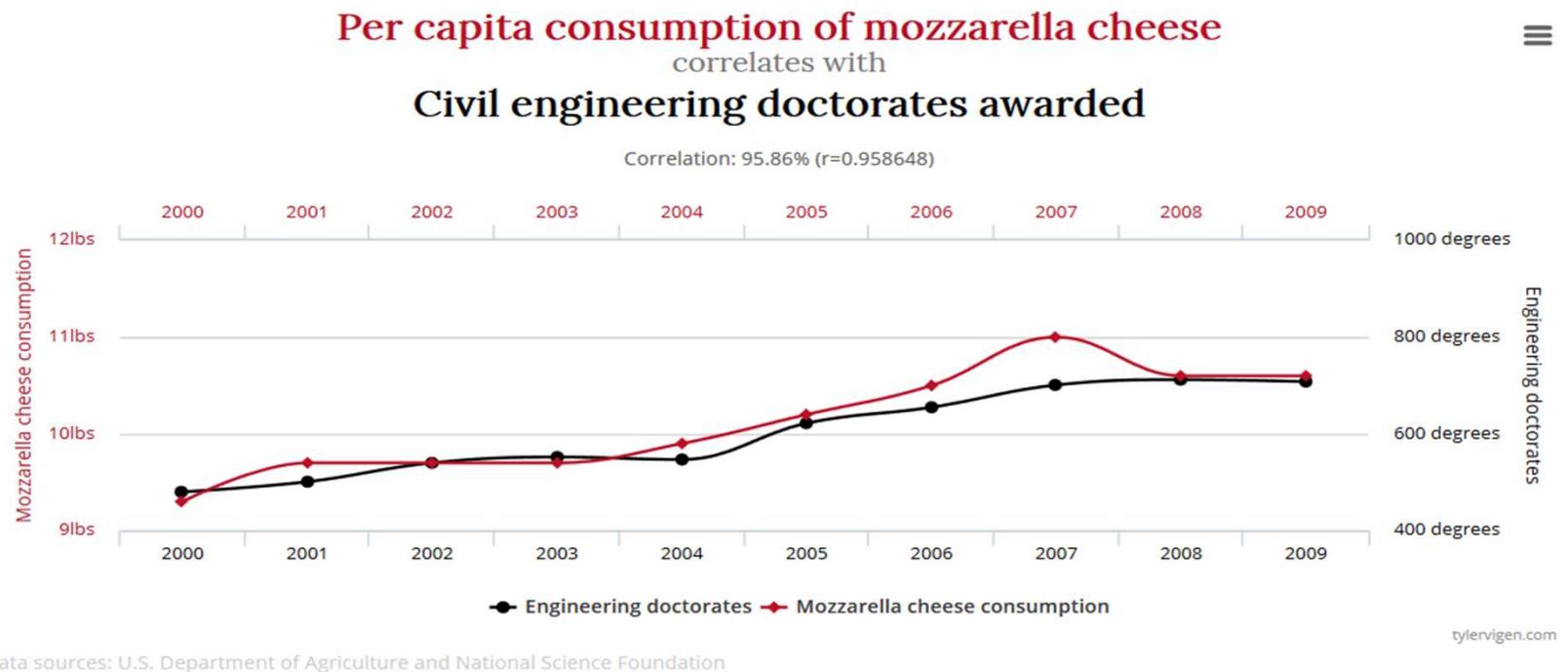
[Judea Pearl](#), [Dana Mackenzie](#), 15 Maggio 2018.

Gary Marcus, “Deep Learning: A Critical Appraisal”. CoRR abs/1801.00631 (2018).

“Explainable Artificial Intelligence: Understanding, Visualizing and Interpreting Deep Learning Models”, W. Samek, T. Wiegand, K. Müller (August 2017).

Un esempio di correlazioni che non sono legami di causalità

Funny example: <http://tylervigen.com/spurious-correlations>



Le correlazioni non sono necessariamente legami di causalità

- Rilevando anno dopo anno il numero di matrimoni e il numero di rondini in cielo, si può osservare una forte correlazione tra i due fenomeni, il che non è dovuto al fatto che uno dei due influenza l'altro, ma semplicemente al fatto che in certi Paesi le rondini compaiono durante le loro migrazioni in primavera ed autunno che sono pure i periodi preferiti dalle coppie nello scegliere il giorno delle nozze.
- Se due fenomeni risultano statisticamente correlati tra loro, non vuol dire necessariamente che tra di essi sussista un legame diretto di causa-effetto, potendo essere tale correlazione del tutto casuale (cioè spuria) ovvero dipendente da una terza variabile in comune, in assenza di meccanismo logico-causale plausibile che li metta in relazione tra loro.



Intelligenza Artificiale deve essere regolata?

Non esiste una definizione di Intelligenza Artificiale accettata da tutti

"...in recent decades, however, a consensus has emerged around the idea of a rational agent that perceives and acts in order to maximally achieves its objectives"..... *"Up to now, AI has focused on systems that are better at making decisions; but this is not the same as making better decisions.....well aligned with human values"*

AI può essere **benefica** (medicina, clima , energia, assistenza, città vivibile...), ma può anche essere utilizzata in **applicazioni pericolose** (armi, droni ecc.). Le regole per l'AI dovrebbero essere orientate al suo uso non su una generica AI e secifiche per le diverse appllicazioni.

Le regole devono essere flessibili.

EU sta discutendo su quali potrebbero essere tali regole e quali **desiderata e proprietà richiedere** per una "trustable" AI.

Stuart Russell, "Provably Beneficial Artificial Intelligence", 2017
<https://people.eecs.berkeley.edu/~russell/papers/russell-bbvabook17-pbai.pdf>

Etzioni, Amitai, and Oren Etzioni. "Should Artificial Intelligence Be Regulated?" *Issues in Science and Technology* 33, no. 4 (Summer 2017).

AI quali desiderata/proprietà?

Fairness: Le decisioni non devono essere discriminatorie. Posso provare che, ad esempio, la razza o il genere non è stato utilizzato esplicitamente o implicitamente nella decisione di attribuire un prestito? La nostra società e i dati che ne derivano possono contenere già decisioni discriminatorie che vengono quindi apprese. Si pensi Microsoft chatbot Tay che ha appreso dai Twitter chats ad essere nazista o a Amazon che prediligeva profili (tecnologici) di uomini per l'assunzione (chiuso nel 2017).

Transparency: Il sistema utilizza un modello comprensibile all'uomo in modo che ne possa essere capito e previsto il comportamento in ogni situazione. Gli sviluppatori di AI dovrebbero provvedere: Software, codice dati sets (testing, training etc.), e altri parametri (ad esempio per le reti neurali i livelli, la configurazione, i pesi ecc..).

Verifiability: Posso dimostrare formalmente che il sistema è corretto rispetto ad alcune proprietà (difficile formalizzare i sistemi di AI e l'ambiente altamente dinamico in cui lavorano). Ad esempio:

- *for all X, Y $income(X, Y)$ and $Y \geq €45,000 \rightarrow loan_offered(X)$ (grant or refuse a loan).*

Explainability: Fornire le motivazioni di una scelta o conclusione in modo comprensibile agli umani. Quali fattori hanno influenzato una certa scelta?

Accountability: responsabilità per le decisioni prese.

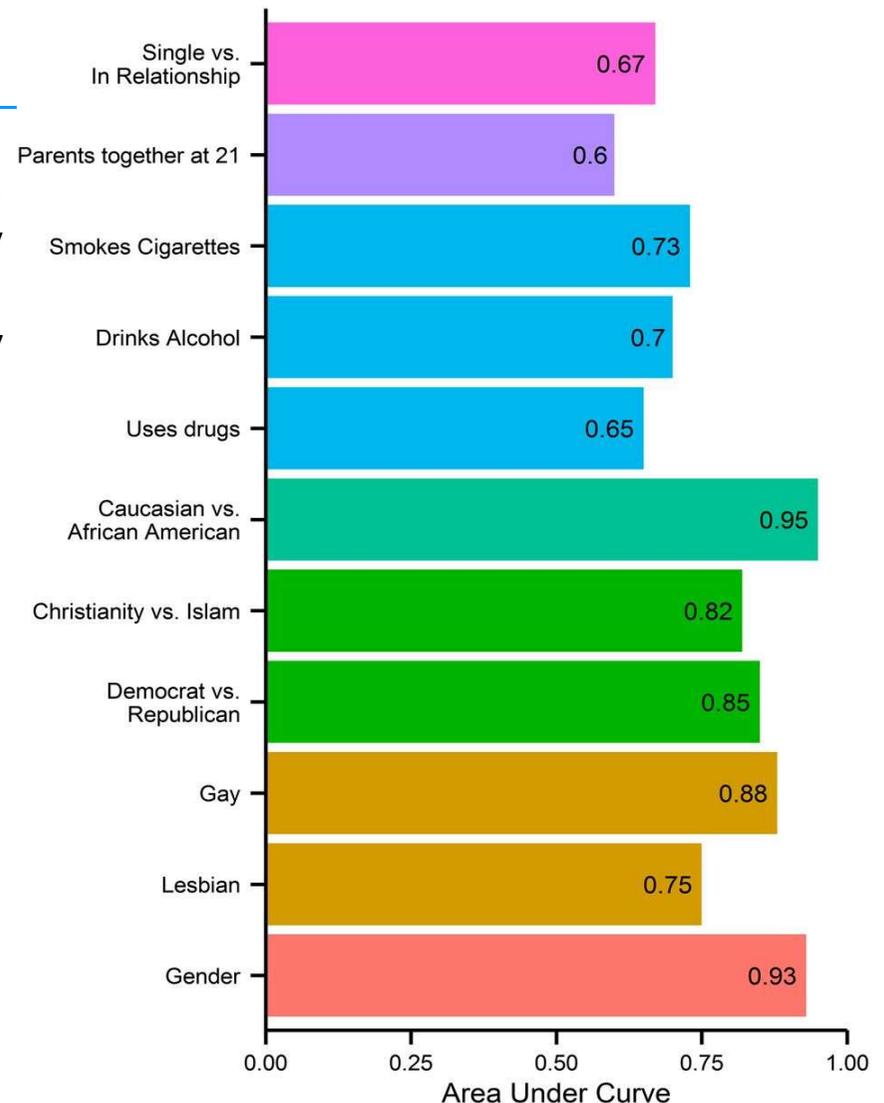
Accuracy, Privacy

Non sempre (tutte) necessarie. Mi può interessare perché non mi è stato attribuito un prestito, meno perché l'aspirapolvere segue un certo percorso

“Private traits and attributes are predictable from digital records of human behavior”

*“Easily accessible digital records of behavior, Facebook Likes, can be used to **automatically and accurately predict a range of highly sensitive personal attributes: sexual orientation, ethnicity, religious and political views, personality traits, intelligence, happiness, use of addictive substances, parental separation, age, and gender**”*

- Un dataset di circa 58,000 volontari che hanno reso disponibili Facebook Likes e dettagliati dati demografici, profili ecc.
- Si sono utilizzate tecniche di ML.
- Il modello appreso è sufficientemente accurato e discrimina fra diverse categorie (omosessuali e eterosessuali, nel 88% e Democratici e Repubblicani nel 85% dei casi).
- Implicazioni per la privacy (si pensi al caso di Cambridge Analytica).



Michal Kosinski, David Stillwell and Thore Graepel. “Private traits and attributes are predictable from digital records of human behavior”. PNAS April 9, 2013. 110 (15) 5802-5805

E se avessero una coscienza? (AI forte).

“... Anche se un domani un calcolatore fosse in grado di replicare perfettamente tutte le funzioni cognitive di una persona cosciente, magari con una precisa e dettagliata simulazione di ogni neurone del suo cervello, non potrebbe essere cosciente - anche se citasse Dante e fischiassero Verdi, sarebbe letteralmente solo una macchina che recita una parte, senza avere né esperienza soggettiva né libero arbitrio; una macchina che esiste per noi, osservatori esterni, ma non per sé stessa, dall'interno.dietro occhi seducenti ed espressivi non ci sarebbe assolutamente niente – il vuoto dell'incoscienza. E se tali macchine prendessero il sopravvento, il mondo diventerebbe, nelle parole del grande fisico quantistico Erwin Schrödinger «una recita davanti a un teatro vuoto» – un teatro di marionette per marionette. Perché fare non è essere, ed essere è essere coscienti.” Giulio Tononi (psichiatra e neurologo).

Da: “Come si misura la coscienza”, il Sole24Ore

<http://www.ilsole24ore.com/art/cultura/2016-11-13/come-si-misura-coscienza-122332.shtml?uuid=ADzJ0dqB>

Giulio Tononi, "PHI Un viaggio dal cervello all'anima, Codice 2017

Assicurare queste proprietà è una sfida aperta in AI...

-
- Non è facile rispettare queste proprietà per sistemi sub-simbolici e DNN, ma la comunità di AI sta lavorando attivamente su questi temi.
 - Non ci sono ancora soluzioni generali, ma buone idee e risultati specifici interessanti.
 - Fairness, Interpretability, Explainability ECAI-IJCAI Workshops 2018.
 - Verso **una riconciliazione delle due “anime” dell’Intelligenza Artificiale?**
 - Tentativi di combinare i vantaggi di entrambi gli approcci simbolici e sub-simbolici in **architetture “ibride”**.
 - Integrare il **deep learning**, che eccelle nel livello percettivo e nel apprendimento (ma è **opaco**) con **sistemi simbolici** che sono **trasparenti** e che eccellono in ragionamento e astrazione.

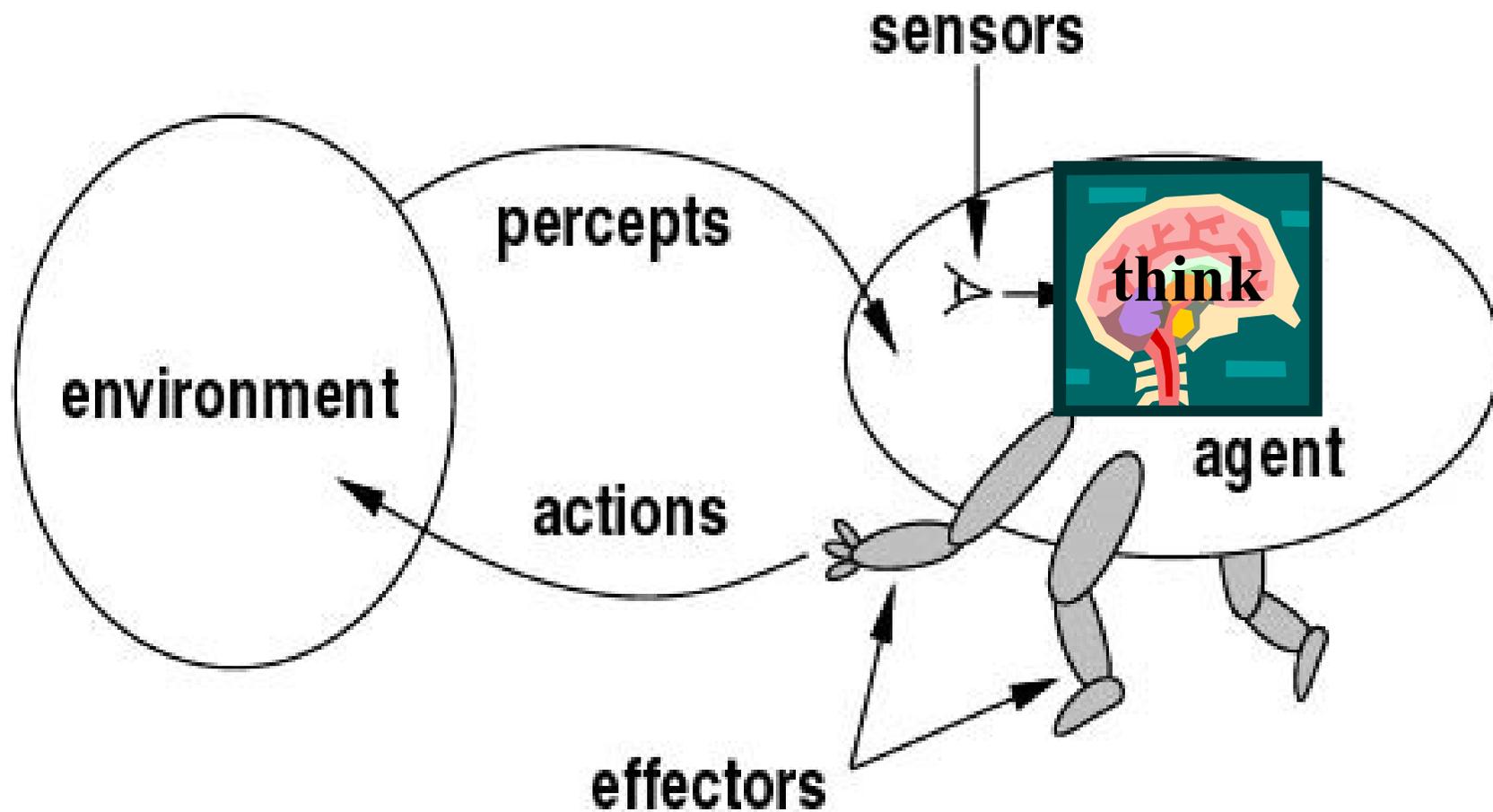
“Learning Explanatory Rules from Noisy Data”, Richard Evans, Edward Grefenstette DeepMind, London, UK To Appear in Journal of Artificial Intelligence Research (2018).

“Neural-Symbolic Learning and Reasoning: Contributions and Challenges” Artur d’Avila Garcez et alii., The 2015 AAAI Spring Symp., 2015.

L.G. Valiant, “Knowledge Infusion: In Pursuit of Robustness in Artificial Intelligence”. In FSTTCS 2008.

Probabilistic Inductive Logic Programming Editors: De Raedt, L., Frasconi, P., Kersting, K., Muggleton, S.H. LNCS 4911 2008.

Gli agenti intelligenti: l'intelligenza calata in un corpo/ambiente



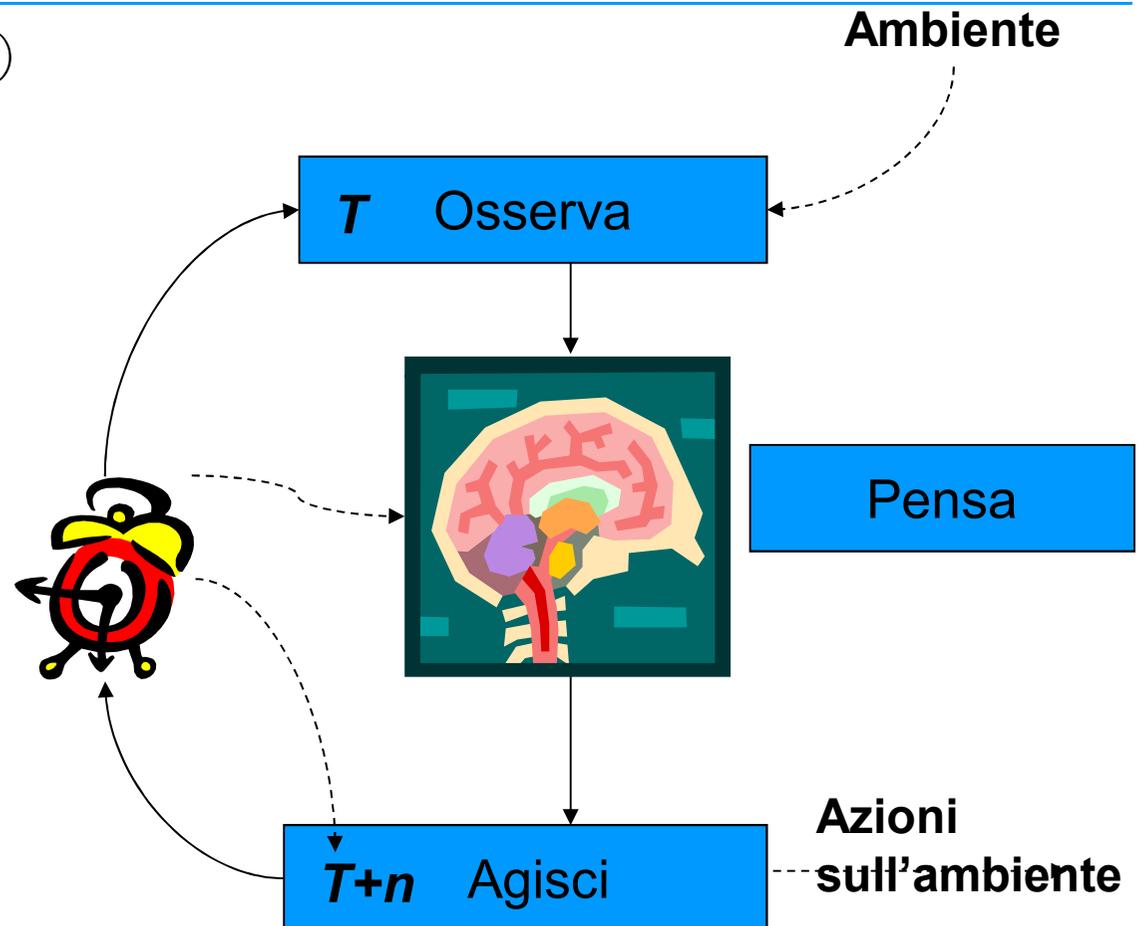
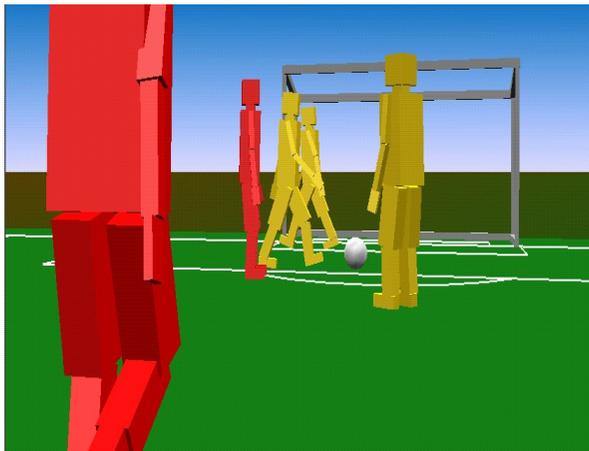
Agenti Razionali

Il ciclo: observe-think-act (Kowalski)

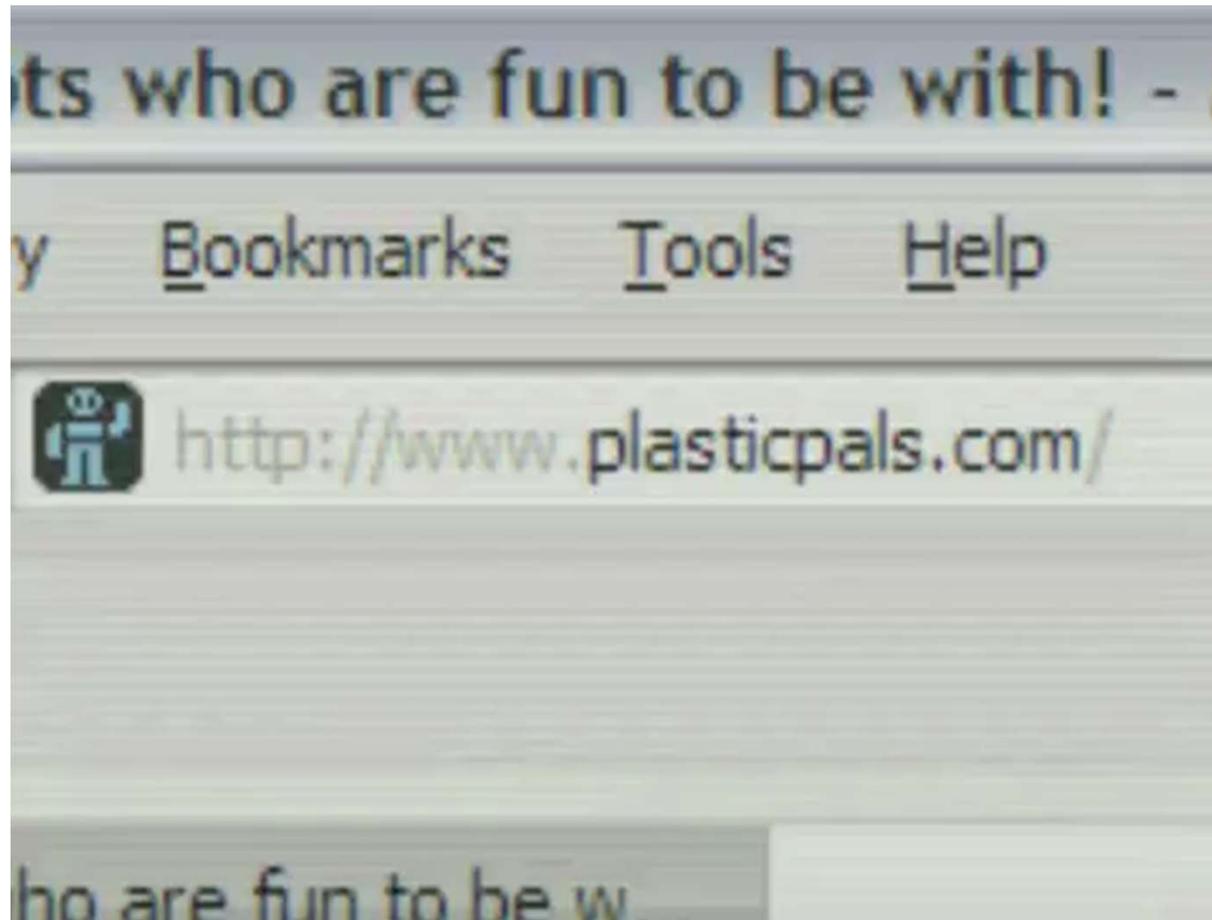
To *cycle* at time T

- *observe* any inputs at time T
- *think*
- *select* one or more actions to perform
- *act*

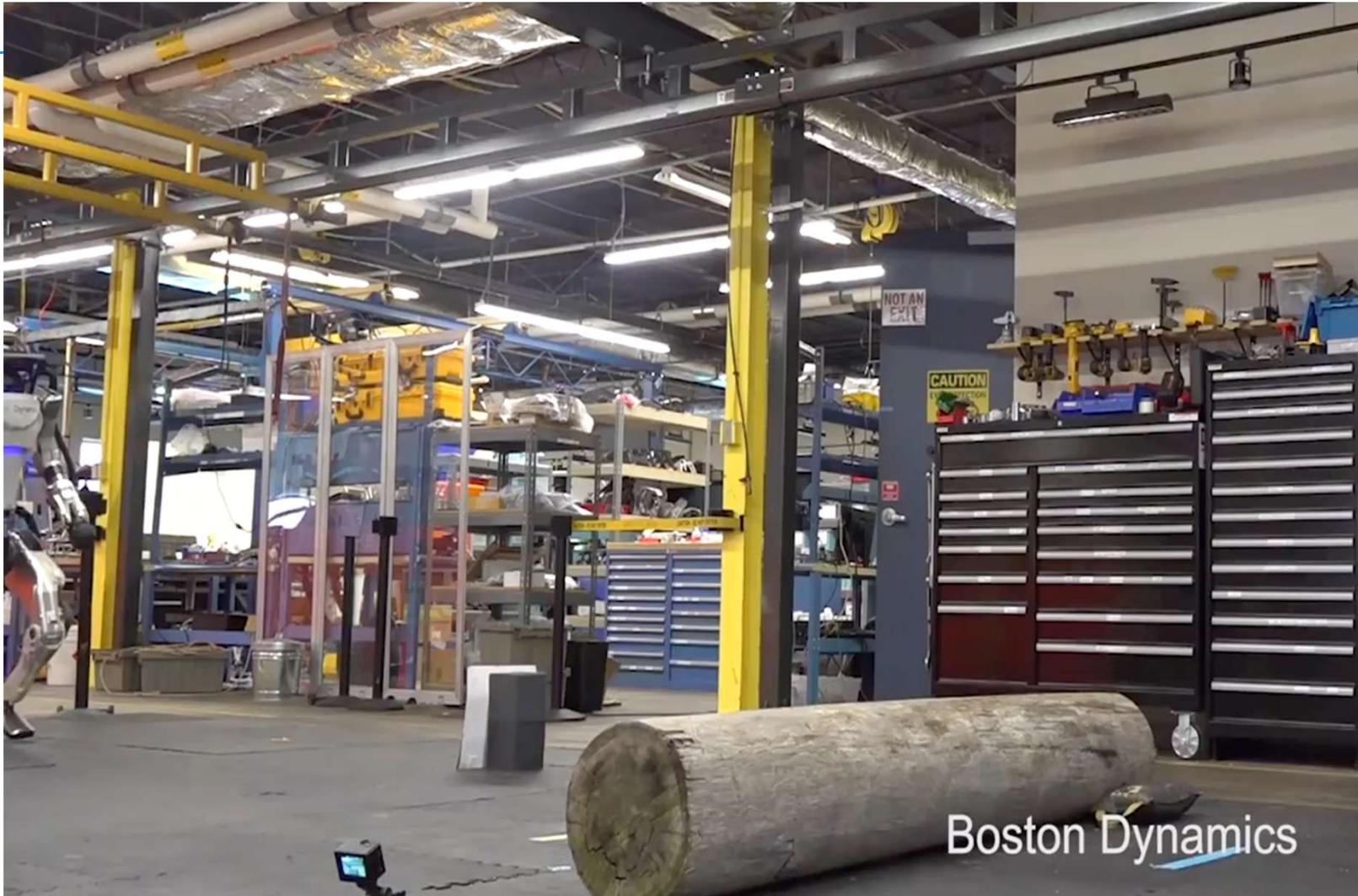
cycle at time $T+n$



I robot: ASIMO



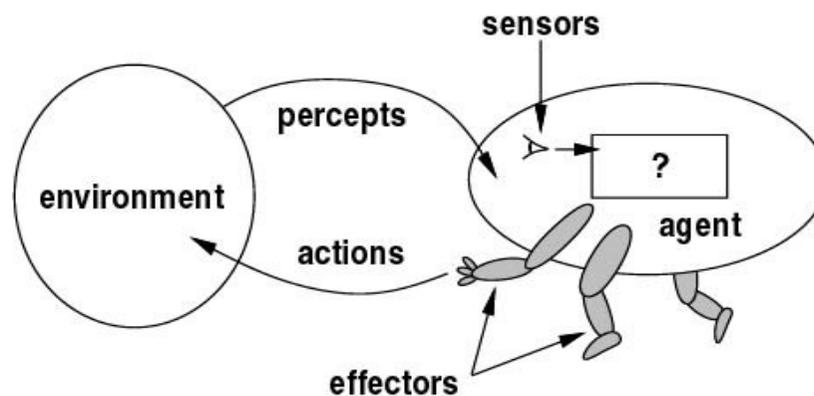
Atlas che fa Parkour (Boston Dynamics)



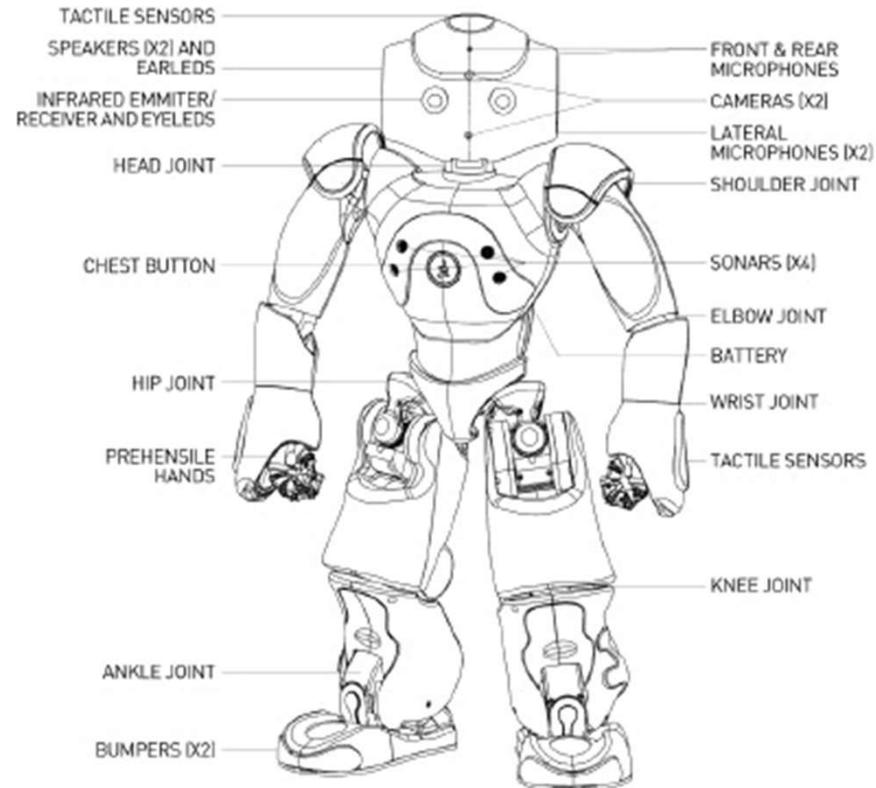
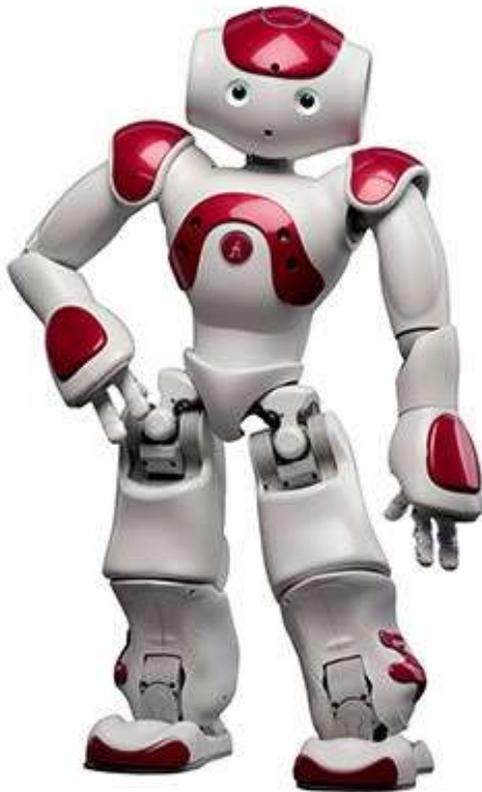
Robocup



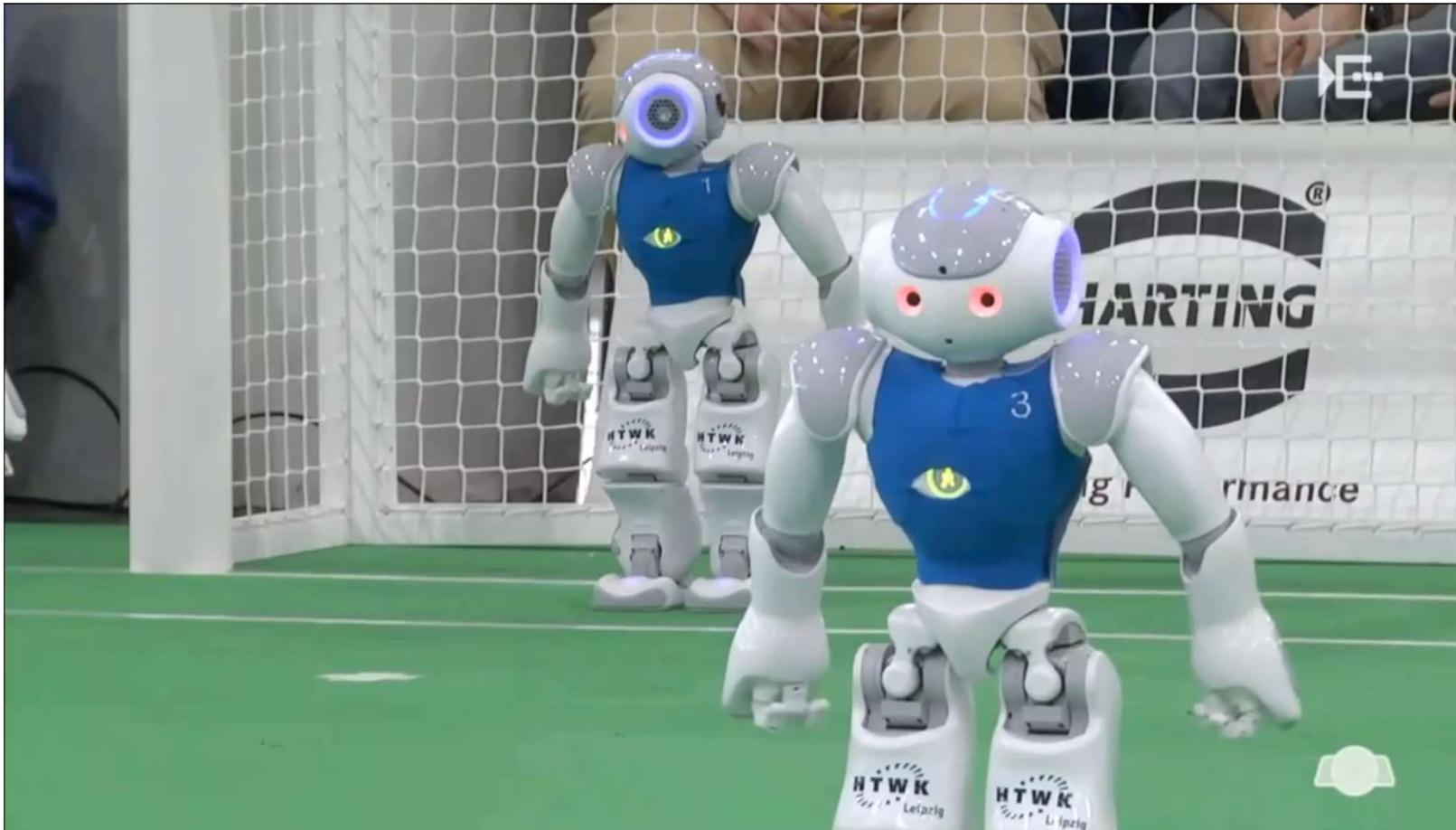
- Sfida (**AI dopo Deep Blue**) partita in Giappone nel 1997 con l'obiettivo di realizzare, entro il 2050, una squadra di robot autonomi in grado di sfidare e, possibilmente, battere la squadra di calcio campione del mondo.
- Ambizioso? Deep Blue 50 anni circa dopo la nascita del primo Computer, Uomo sulla luna (1969) 50 anni dopo il primo aereo.
- Contesto molto diverso rispetto ai giochi virtuali quali scacchi, Go ecc.
- Robot autonomi, (agenti intelligenti) con operazioni di sensing, reazione, comunicazione coi simili, visione, percezione, movimento, coordinamento, pianificazione, apprendimento, real-time.
- Test di Turing Totale



Nao: come è fatto?

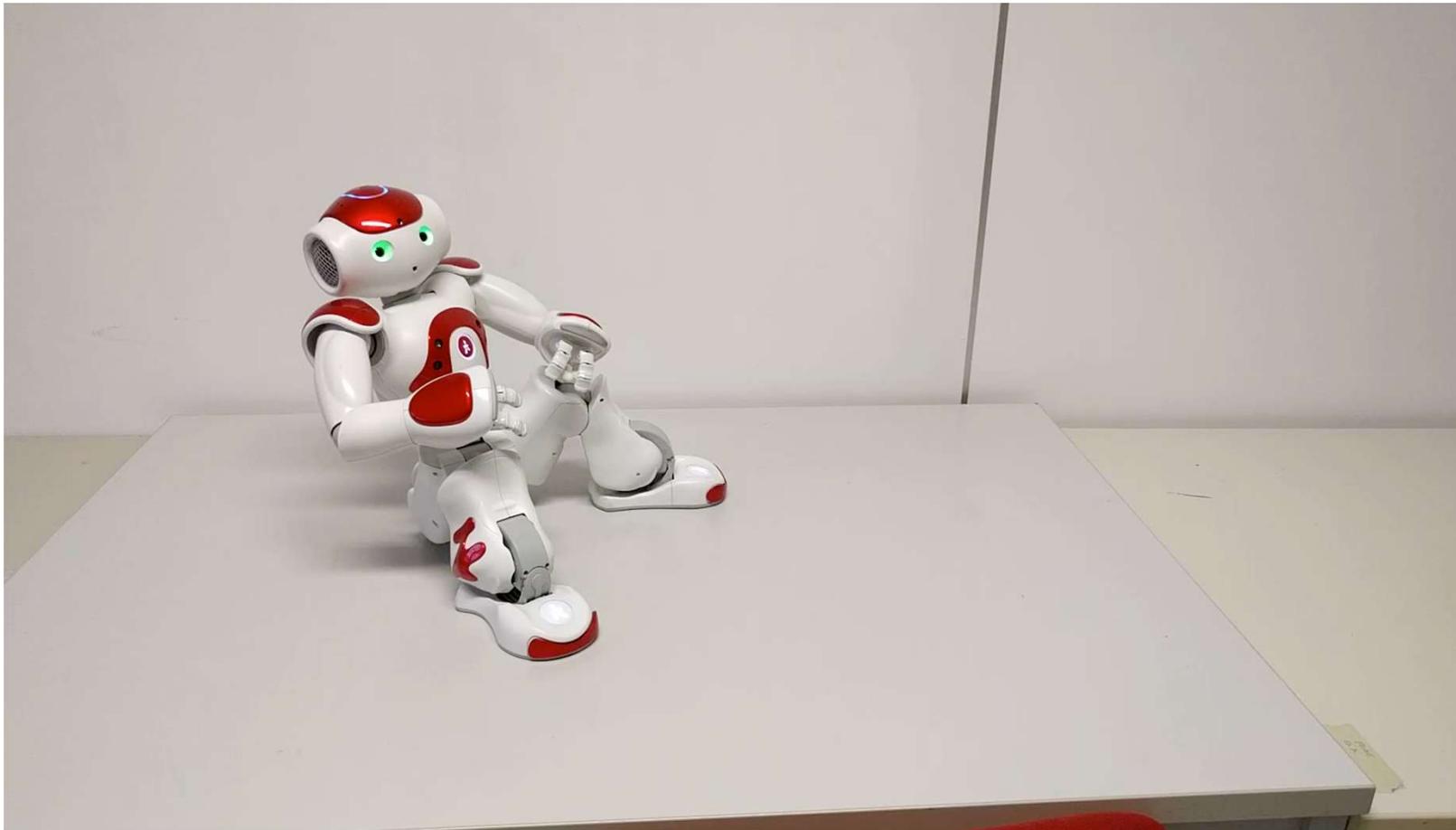


NAO e Robocup



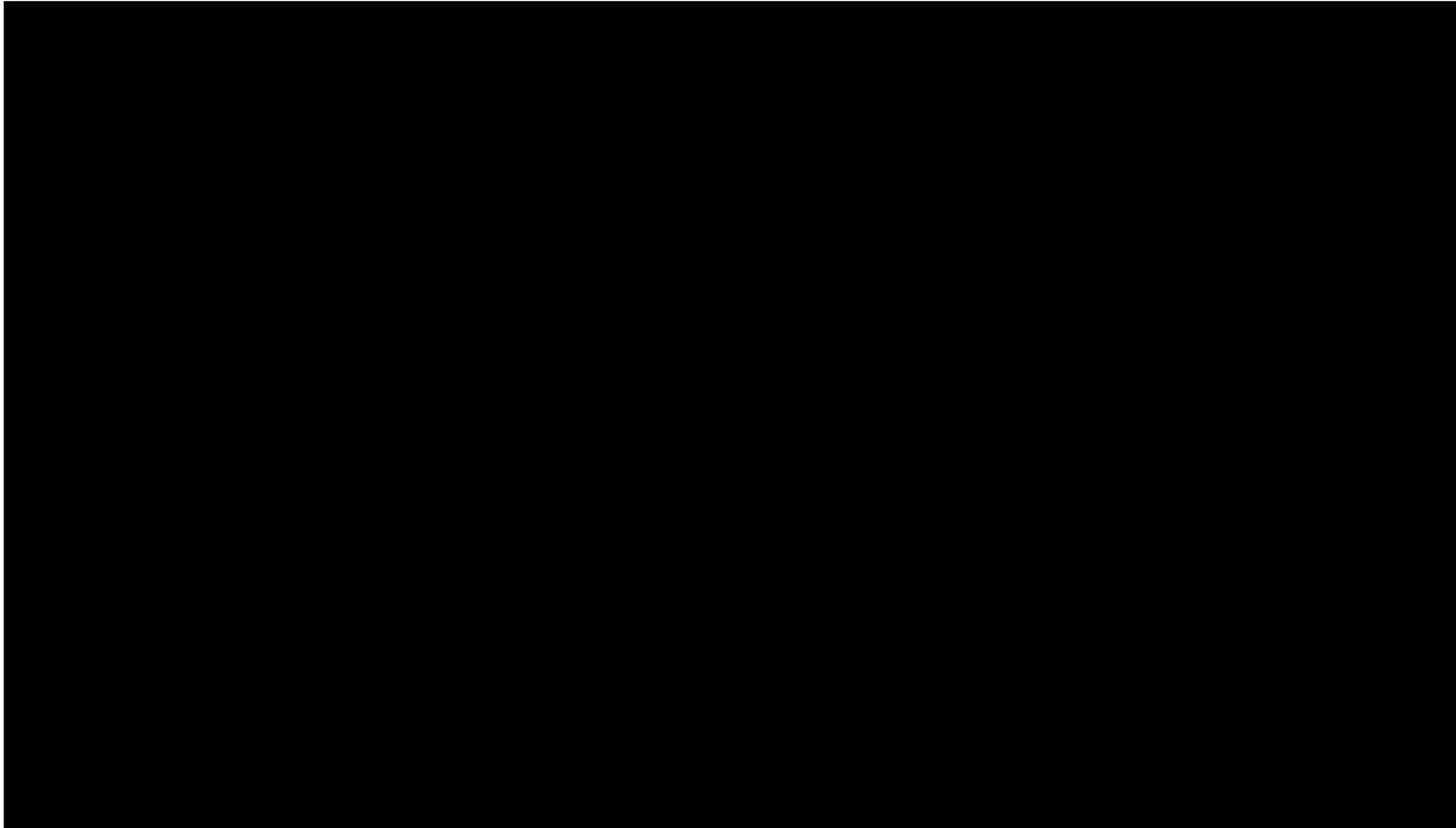
Realizzato dal Nao-Team HTWK, Università di Lipsia

Nao legge un testo

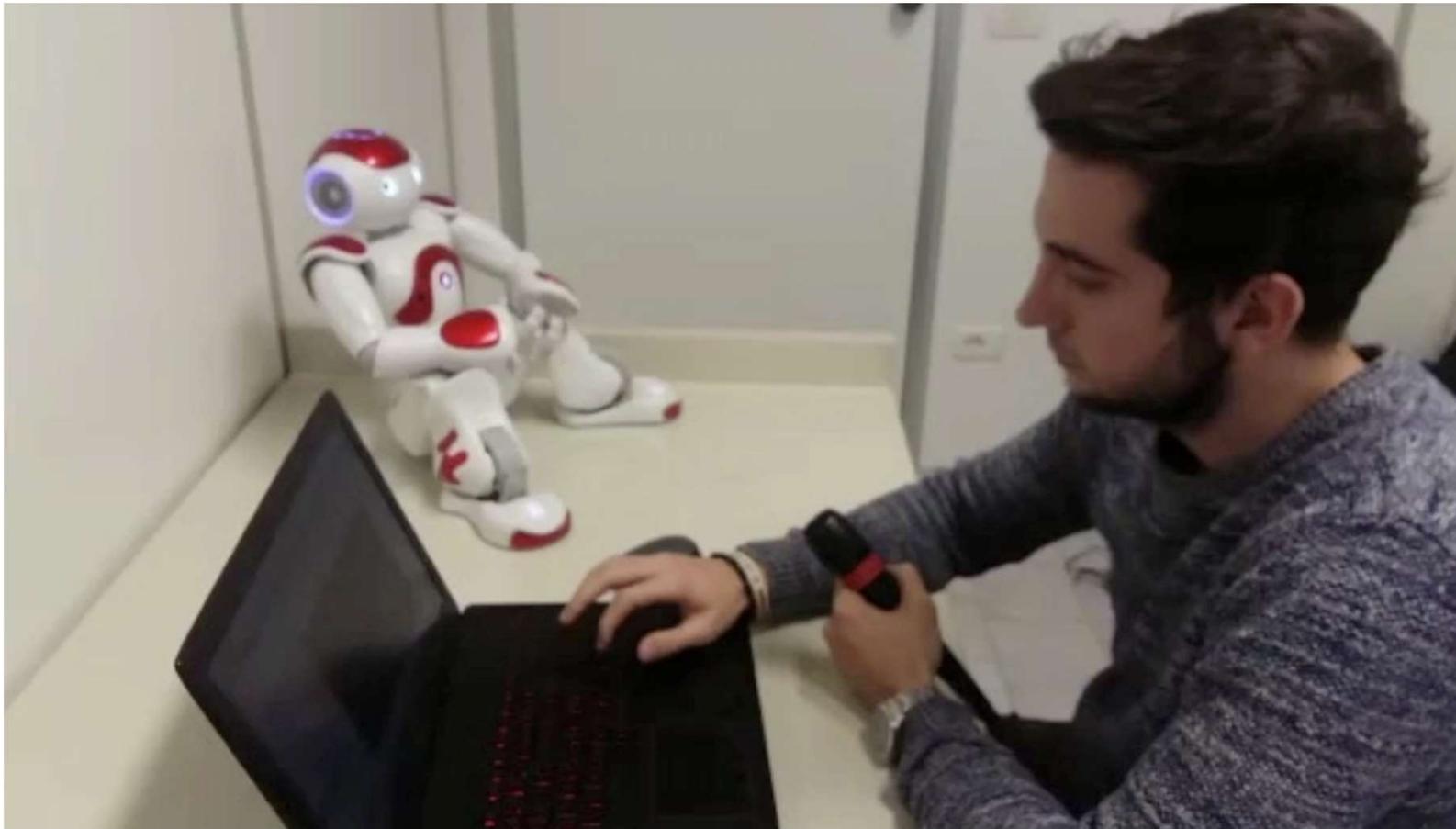


Dalla tesi Magistrale di Andrea Di Luzio, Università di Bologna

Nao gioca in linguaggio naturale



Nao risolve le espressioni matematiche



Dalla Tesi di Laurea di Paolo Magnani – Università di Bologna

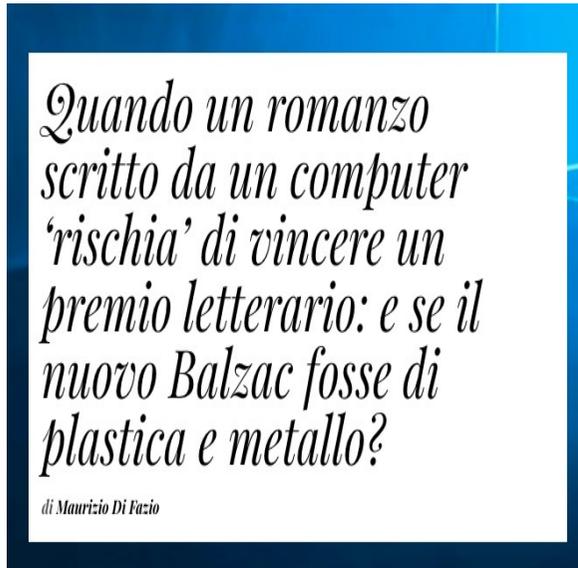
AI nell'arte

Progetto Magenta, Google "compone" la sua prima canzone con l'intelligenza artificiale

03 Giugno 2016 14



magenta



Nell'era dello storytelling di massa, l'intelligenza artificiale sceglie la scrittura di fantasia per tornare a mostrare i propri muscoli di microchip. La notizia viene dal Giappone: un importante premio letterario fantascientifico nazionale, il Nikkei Hoshi Shinichi Literary Award, per un pelo non è stato vinto da un romanzo scritto da un robot. Il libro s'intitola programmaticamente 'The Day A Computer Writes A novel'

di Maurizio Di Fazio | 31 marzo 2016

Sunspring, il primo film scritto dall'intelligenza artificiale



L'esperimento del regista Oscar Sharp e del ricercatore Ross Goodwin: un corto sci-fi partorito da un computer addestrato con decine di pellicole e serie fantascientifiche. Il risultato? Esilarante e al contempo affascinante. Altro che romanzi, social e opere: le reti neurali immaginano sceneggiature

FLOW MACHINES

Artificial Intelligence for the future of music

INTENSIVE SCIENCE PROJECTS LIS

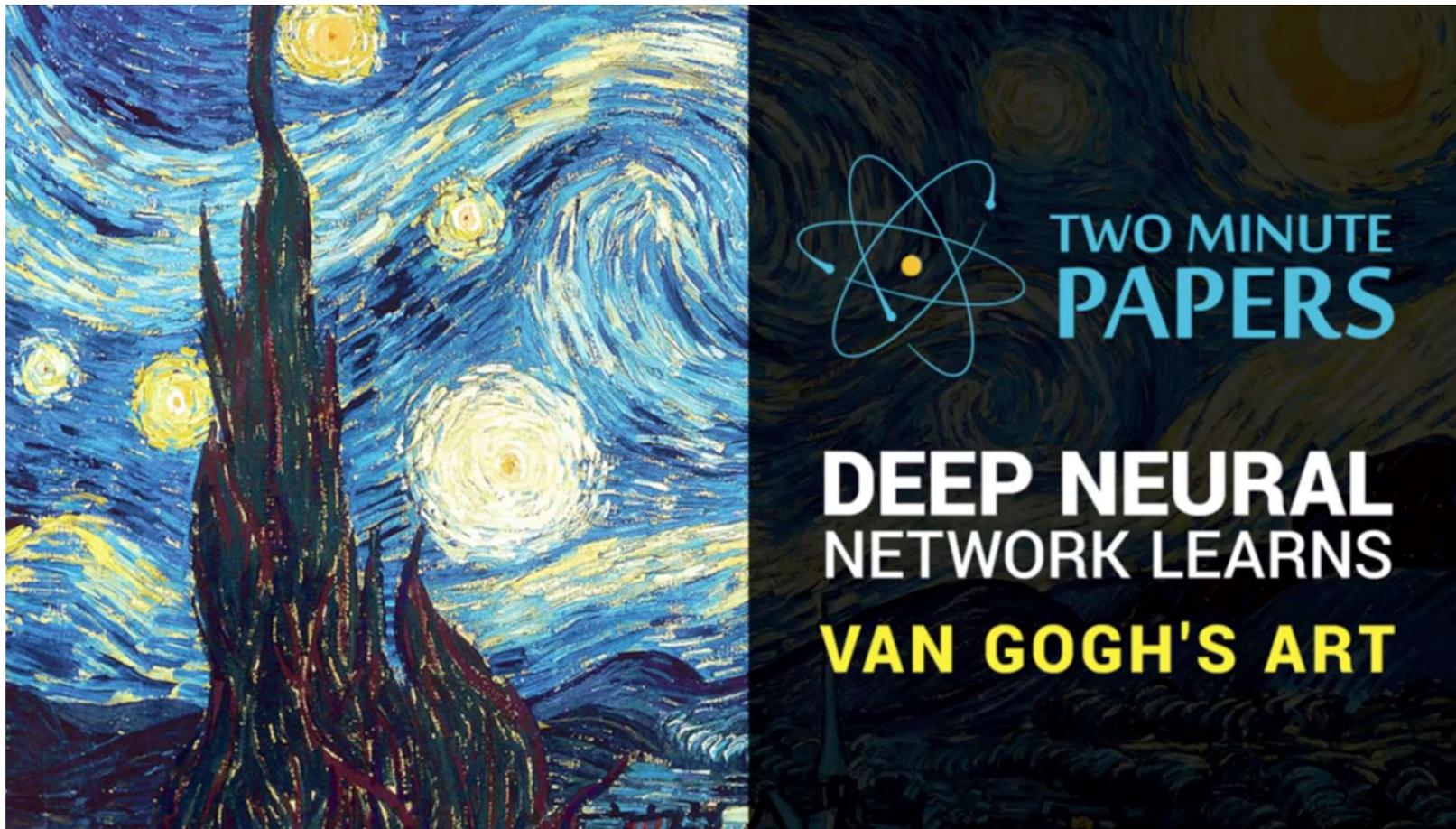
PUBLICATIONS



Il primo quadro dipinto dall'AI venduto all'asta a 432 mila dollari. Si tratta di "Ritratto di Edmond Belamy", stimato all'inizio sui 7-10mila dollari, e creato da un algoritmo alimentato con dipinti realizzati tra il XIV e il XX secolo
di MARIA LUISA PRETE



Deep Neural Networks and Van Gogh's Art





AI con l'uomo e per l'uomo: Human-centered Artificial Intelligence

Una tecnologia ha tanto più successo quanto più diventa invisibile:



Tecnologia

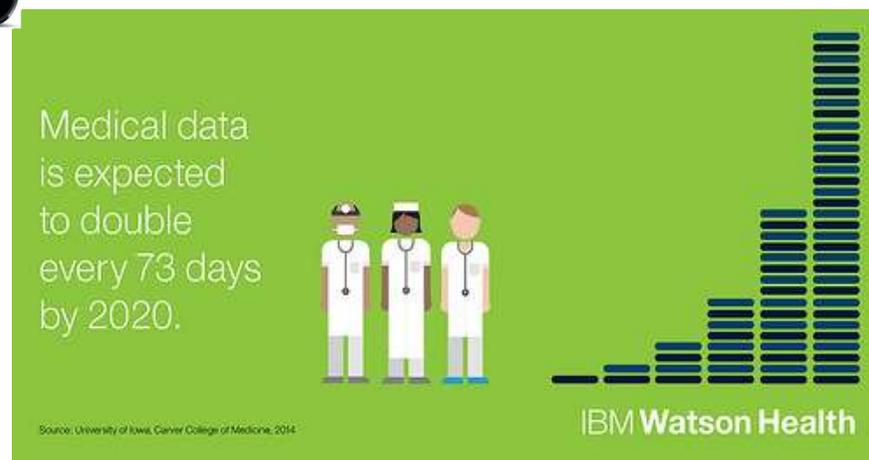
IA come propaggine e allargamento della nostra intelligenza? “Centauri” metà uomo e metà programma. :
“l’Algoritmo Definitivo”



Statistica unione Europea: nel 2014 ci sono stati 25.900 morti. Per ogni morto vi sono 4 persone che riportano disabilità permanenti. AI può aiutare?

Donna salvata da leucemia: il supercomputer Watson risolve caso medico

In Giappone l'intelligenza artificiale ha permesso di riformulare la diagnosi di una forma rara suggerendo una nuova cura



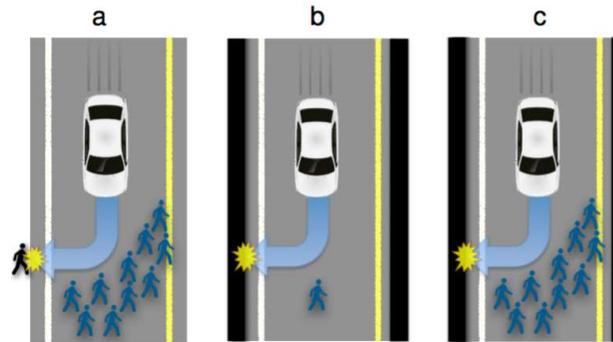
Implicazioni sociali, economiche, etiche e legali dell'AI

La scalata di Facebook all'intelligenza artificiale

Zuckerberg pronto a scommettere nel settore investendo in Vicarious. I suoi alleati sono Elon Musk, il fondatore di Tesla e l'attore Ashton Kutcher



Il Ceo di Facebook Mark Zuckerberg



<http://moralmachine.mit.edu>

Il caso

“L'intelligenza artificiale può distruggere l'uomo” allarme di 400 scienziati

Manifesto con firme da tutto il mondo dopo l'appello di Hawking
 "Pericolosa come le armi nucleari, dobbiamo orientarla"

IL PUNTO

IL CONSENSO

L'INTERVISTA

Ma il nostro non è catastrofismo solo buon senso

Home (<http://www.gqitalia.it/>) "
 Gadget (<http://www.gqitalia.it/gadget/>) "
 Hi Tech (<http://www.gqitalia.it/gadget/?category=Hi+Tech>)

L'intelligenza artificiale di Microsoft diventa nazista dopo 24 ore di Twitter

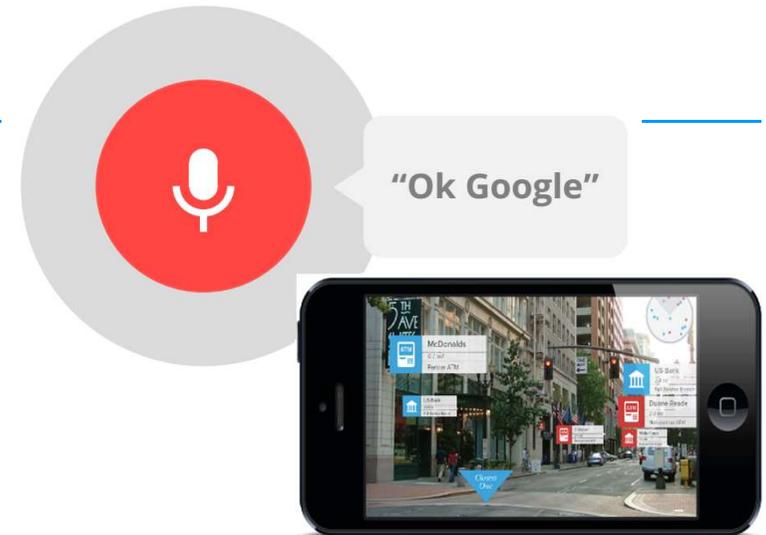
Dopo meno di un giorno, Redmond ha deciso di spegnere il suo bot che era già diventato antisemita, misogino e simpaticante di Hitler

Verso una mente estesa

E' invece la nostra intelligenza che aumenta grazie alla macchina?

Utilizzare l'Intelligenza Artificiale come propaggine e allargamento della nostra intelligenza

Superamento dei limiti biologici



Riflessioni sociali

- Continua sostituzione da parte delle macchine di attività una volta svolte dall'uomo. Non è una novità (rivoluzione industriale), ma questa volta anche in attività professionalizzanti ritenute appannaggio dell'uomo.
- Perdita di molti posti di lavoro per la classe classi medio/basse, mentre aumento di richiesta per posti ad alta professionalità nel settore ICT.
- Rischio di aumento della disoccupazione, povertà e della disuguaglianza. Ma è colpa dell'IA o dei modelli economici/politici adottati? Ridistribuzione del Reddito? Investire nelle formazione.
- Cosa può fare l'IA al riguardo? Non subiamola, ma invece utilizziamola per ottenere applicazioni con impatti positivi e profondi sulla società e l'economia.
- (*"Artificial intelligence and life in 2030", Stanford University – settembre 2016*).



Riflessioni etiche

Droni armati, auto con guida autonoma, sofisticati sistemi di AI che guadagnano in Borsa evolvendosi sulle conoscenze acquisite ecc..

Chi ha la responsabilità delle violazioni che possono essere compiute attraverso i loro utilizzo? Sono necessarie delle regole:

- Regolamento sull' utilizzo delle armi autonome.
- Obbligo per le applicazioni di intelligenza artificiale di spiegare il motivo di una decisione (Regolamento generale sulla protezione dei dati, 2018, Comunità europea).
- Cross Industry collaboration (Google, Apple, Amazon, IBM, Microsoft).

Roboetica: il comportamento etico dei robot dipende strettamente da quanto richiesto e realizzato dal progettista.

Man mano che cresce l'autonomia dei robot nel prendere decisioni a fronte di eventi inaspettati, senza alcun intervento umano si parla di **etica dei robot** intesi come entità decisionali autonome.

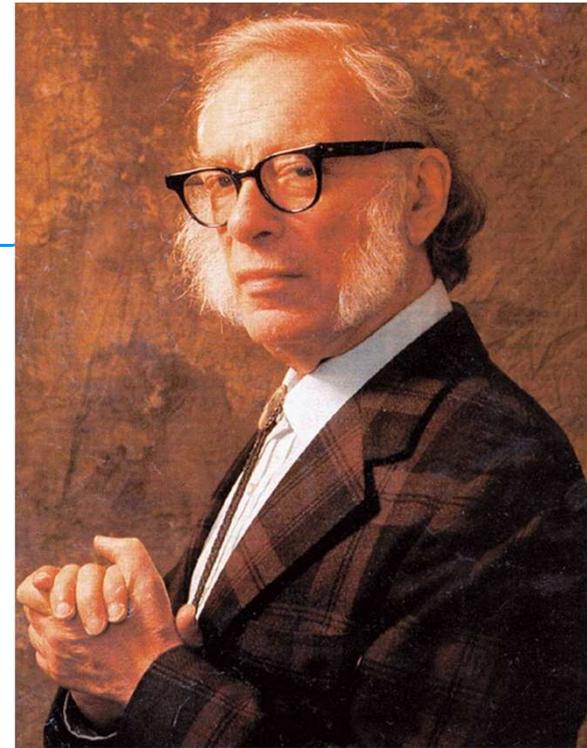
Le Tre Leggi della Robotica

Nel romanzo “Io, robot” Asimov immaginò **tre leggi**:

1. *Un robot non può recare danno a un essere umano, né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, un essere umano riceva danno.*
2. *Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani, purché tali ordini non contravvengano alla I^a Legge.*
3. *Un robot deve proteggere la propria esistenza, purché questa autodifesa non contrasti con la I^a e la II^a Legge.*

E una quarta, superiore, “**legge zero**”:

“Un robot non può recar danno all’umanità e non può permettere che, a causa di un suo mancato intervento, l’umanità riceva danno”.



Verso un'Intelligenza Artificiale benefica...

“**I potenziali benefici dell'Intelligenza Artificiale sono enormi...** noi non possiamo prevedere quello che potremo ottenere dagli strumenti di IA, è insondabile quanto potranno fare per sradicare malattie e povertà, ma è proprio a causa di questo potenziale del quale oggi non siamo neanche in grado di comprendere la portata che è importante che venga analizzato il modo in cui possiamo trarne benefici, evitandone al tempo stesso le potenziali insidie. **I nostri sistemi di intelligenza artificiale dovranno fare quello che noi vogliamo che facciano.** Per questo è importante e opportuna un'analisi su come renderli un elemento positivo per l'umanità”. (*Stephen Hawking, Elon Musk, Erik Brynjolfsson, Future of Life Institute, 2015*)

“Up to now, AI has focused on systems that **are better at making decisions**; but this is **not the same as making better decisions.** No matter how excellently an algorithm maximizes, and no matter how accurate its model of the world, a machine's decisions may be ineffably stupid, in the eyes of an ordinary human, **if its utility function is not well aligned with human values.** ...**This problem requires a change in the definition of AI itself, from a field concerned with pure intelligence, independent of the objective, to a field concerned with systems that are provably beneficial for humans.**”

(*“Provably Beneficial Artificial Intelligence”*, *Stuart Russell 2017*).

AI Benefica



“....a change in the definition of AI itself, from a field concerned with pure intelligence, independent of the objective, to a field concerned with systems that are provably beneficial for humans.”

(“Provably Beneficial Artificial Intelligence” , Stuart Russell 2017).

- AI può avere un impatto benefico sullo sviluppo sostenibile per l’economia, la società e l’ambiente
- **“Computational Sustainability”** coinvolge differenti aree e sfide globali che coinvolgono tutta l’umanità (ad esempio la disuguaglianza, la povertà, il clima l’energia, le risorse naturali, i fattori sociali, la vita umana, la salute..).
- L’approccio deve essere integrato, richiede diverse tecniche di AI per gestire (big) dati, informazioni, conoscenza incerta..

Ethics guidelines for trustworthy AI

- Prodotto dall' European Commission's High-Level Expert Group on Artificial Intelligence (AI HLEG).
- “Trustworthy AI has two components: (1) it should respect fundamental rights, applicable regulation and core principles and values, ensuring an “ethical purpose” and (2) it should be technically robust and reliable since, even with good intentions, a lack of technological mastery can cause unintentional harm.”
- “Incorporate the requirements for Trustworthy AI from the earliest design phase: Accountability, Data Governance, Design for all, Governance of AI Autonomy (Human oversight), Non- Discrimination, Respect for Human Autonomy, Respect for Privacy, Robustness, Safety, Transparency.”
- “Foresee training and education, and ensure that managers, developers, users and employers are aware of and are trained in Trustworthy AI.”
-
- **<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/draft-ethics-guidelines-trustworthy-ai>**



Australia, gestione delle inondazioni e piani di evacuazione della città (NICTA)



Uno sguardo al futuro:

“We can only see a short distance ahead, but we can see plenty there that needs to be done.” (Alan Turing)

Reti neurali e cervello:

Secondo il materialismo, una rete neurale complessa quanto il cervello umano dovrebbe presentarne le stesse proprietà, tra cui l'autocoscienza e il libero arbitrio. Stimando in un milione di Gigabyte la memoria necessaria a memorizzare lo stato dei neuroni più le altre variabili ausiliarie necessarie per la simulazione, si ottiene un totale di 5 milioni di Gigabytes. Quando sarà disponibile una tale memoria per personal computer? (Nel 2029 secondo la legge enunciata nel 1973 da Gordon Moore).

Studiamo la mente o il cervello?

Per quanto sia grande e complesso il cervello umano la sua complessità è dovuta semplicemente alla sua struttura o si manifesta attraverso altri canali e meccanismi? Linguaggio, comunicazione, simboli, coscienza di sé.... ????

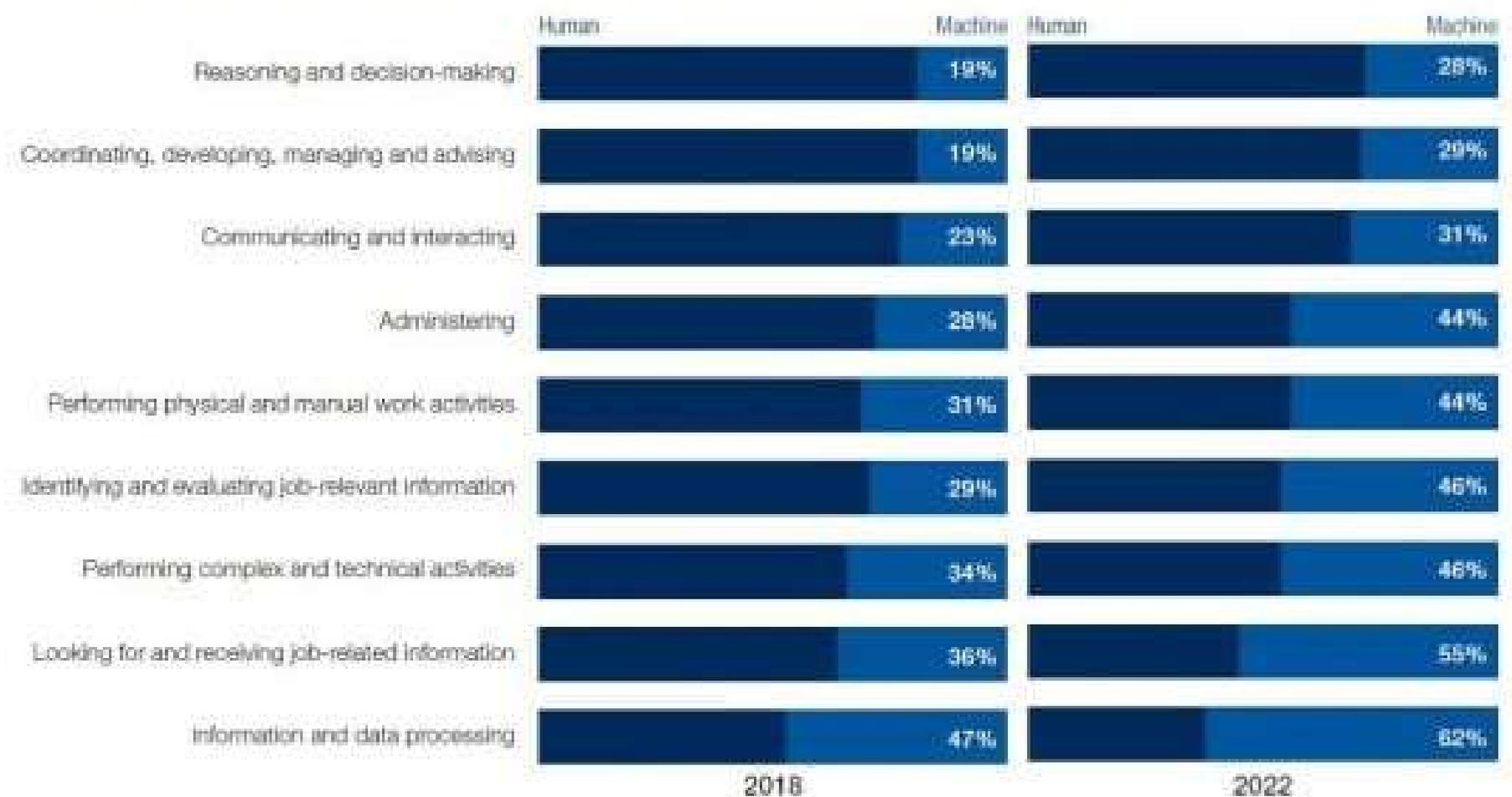
Domini applicativi del futuro

Da “Artificial intelligence and life in 2030”, Stanford University – settembre 2016 – “AI eight domains with high impact:

- Trasporti (automobili più intelligenti, veicoli con guida autonoma, pianificazione dei trasporti, trasporto su richiesta)
- Domotica (ad esempio, robot di servizio e domestici)
- Medicina (supporto clinico, analisi dei dati della sanità, robotica sanitaria, cura degli anziani)
- Istruzione (sistemi di tutoraggio e apprendimento on-line)
- Comunità disagiate
- Sicurezza
- Mercato del Lavoro
- Divertimento e tempo libero (piattaforme sociali, gioco, arte e creatività).

Ore-uomo e ore macchina sui posti di lavoro dal 2018 al 2022

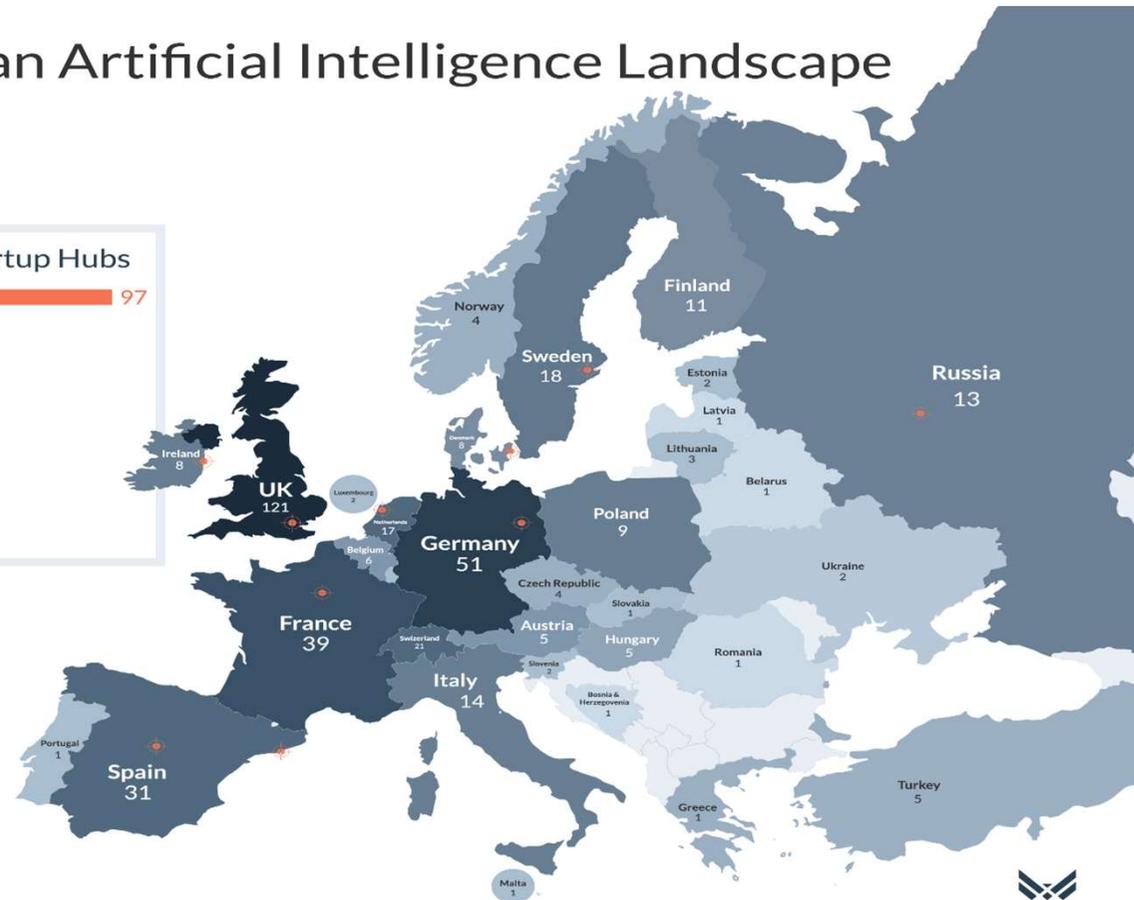
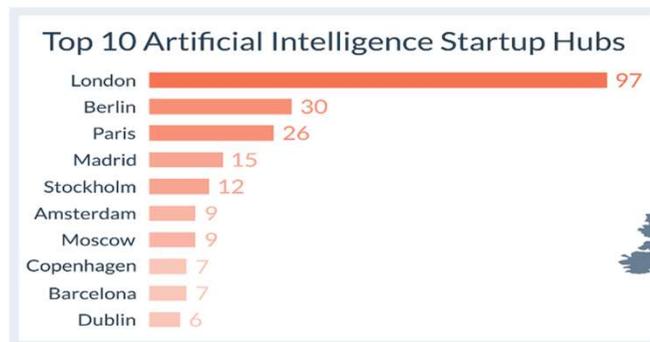
Figure 5: Ratio of human-machine working hours, 2018 vs. 2022 (projected)



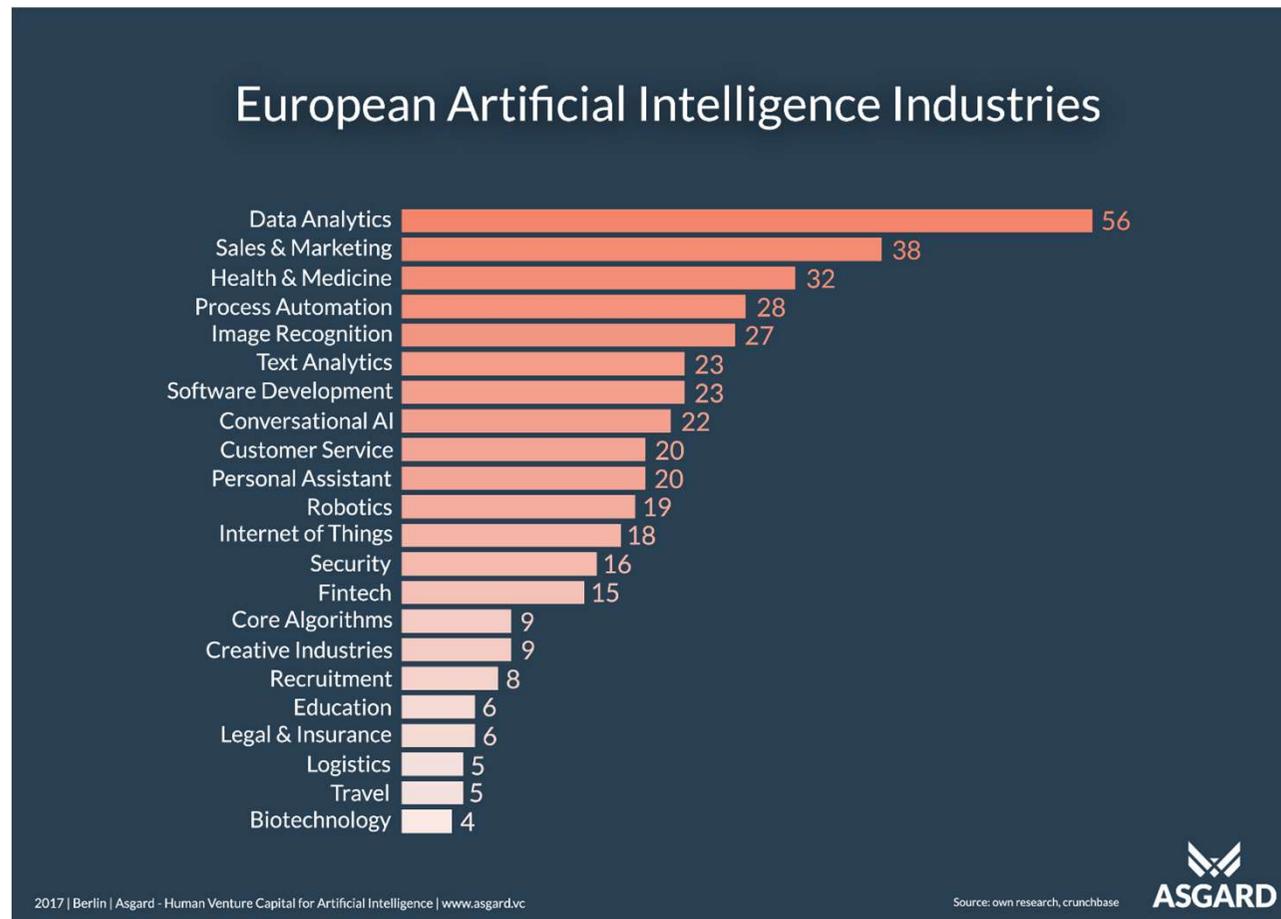
Source: Future of Jobs Survey 2018, World Economic Forum.

Le aziende che investono in AI (le più forti): Apple, Facebook, Google, Amazon, IBM, Microsoft

The European Artificial Intelligence Landscape



Rischio di “AI Divide”: grande sviluppo per alcuni a scapito di altri che non hanno accesso all’ AI



Italian AI ecosystem

CapGemini survey (June 2017) indicates 44% as the number of companies in Italy already adopting a large-scale IA.

Machine Learning

Natural Language

Computer Vision

Robotics

Speech Processing

Human-computer Interaction

Users

Knowledge-Based Systems

Security

If you want your company to be listed or removed please write to segretario@aixia.it

www.aixia.it



Conclusioni



Grandi passi avanti dell' AI negli ultimi tempi grazie a una grande ole di dati e potenza di calcolo (cloud, architetture parallele).

Aree di ricerca correlate emergenti: Bigdata, Internet of Things (IoT)

Una tecnologia è vincente quando diventa “invisibile” parte della nostra vita, AI è ovunque (aerei, banche, medicina, borsa, clima,) fra noi.

Ne futuro... Necessità di integrazione di tecniche diverse

- Il gioco degli scacchi, Watson e GO sono estremi tutti significativi.
- Grossa base di conoscenza sempre aggiornata (big-data, semantic web?)
- Potenti algoritmi di ragionamento ed euristici
- Da conoscenza nozionistica a ragionamento
- Integrazione con i livelli percettivi e sub-simbolici (architetture ibride).
- Deep learning, large-scale learning
- Intelligenza nell'ambiente ed agenti intelligenti
- Collaborazione con umani, condivisione della conoscenza

Intelligenza Artificiale dove:

- Esistono molte associazioni scientifiche e conferenze che hanno come principale obiettivo lo studio dell'IA, le sue applicazioni e la sua diffusione e promozione come disciplina.
- Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI) (prima denominata American Association for Artificial Intelligence). Fondata nel 1979, rappresenta principalmente la comunità americana e organizza la AAAI Conference on Artificial Intelligence.
- European Association for Artificial Intelligence (EurAI), (prima denominata ECCAI). Fondata nel 1982, rappresenta principalmente la comunità europea e organizza la ECAI European Conference on Artificial Intelligence.
- Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AI*IA). Fondata nel 1988, rappresenta principalmente la comunità Italiana e organizza la Conferenza Italiana di IA.
- La maggiore conferenza mondiale dell'IA è l'International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI) che si è svolta in anni alterni a partire dal 1969.



Intelligenza Artificiale dove:

In Italia presso quasi tutte le Università italiane.

Anche all'Università di Bologna, presso vari Dipartimenti.

In particolare nel Dipartimento di Informatica - Scienza e Ingegneria – (DISI)

- Gruppi di ricerca su Intelligenza Artificiale
- Corsi di intelligenza Artificiale nei Corsi di Laurea di Informatica (Bologna), Ingegneria Informatica (Bologna) e Ingegneria e Scienze Informatiche (Cesena).
- Ricerca e Formazione nell'ambito del Dottorato

Alcuni riferimenti:

- Per materiale introduttivo e integrativo:
 - Paola Mello, Aurelio Boari: “Intelligenza Artificiale: appunti per un’Introduzione”, materiale didattico Corso di Fondamenti di Intelligenza Artificiale, Università di Bologna, Dicembre 2017. <http://campus.unibo.it/id/eprint/314211>
 - Sito del Corso di Fondamenti di Intelligenza Artificiale, Laurea magistrale in Ingegneria Informatica, Università di Bologna:
 - <http://www.ingegneriarchitettura.unibo.it/it/corsi/insegnamenti/insegnamento/2017/385372>
- Per un testo di riferimento (a cui sono ispirate parti delle slides):
 - S. Russel and P. Norvig: “Intelligenza Artificiale - Un Approccio Moderno”, Milano, Pearson, 2005 e successive edizioni.
- Per un libro divulgativo e visionario sugli sviluppi futuri del “Machine Learning” e dell’IA:
 - Pedro Domingos: “L’ algoritmo definitivo. La macchina che impara da sola e il futuro del nostro mondo”, Boringhieri, 2016.



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



Grazie per
l'attenzione!