

# *INTELLIGENZA ARTIFICIALE*

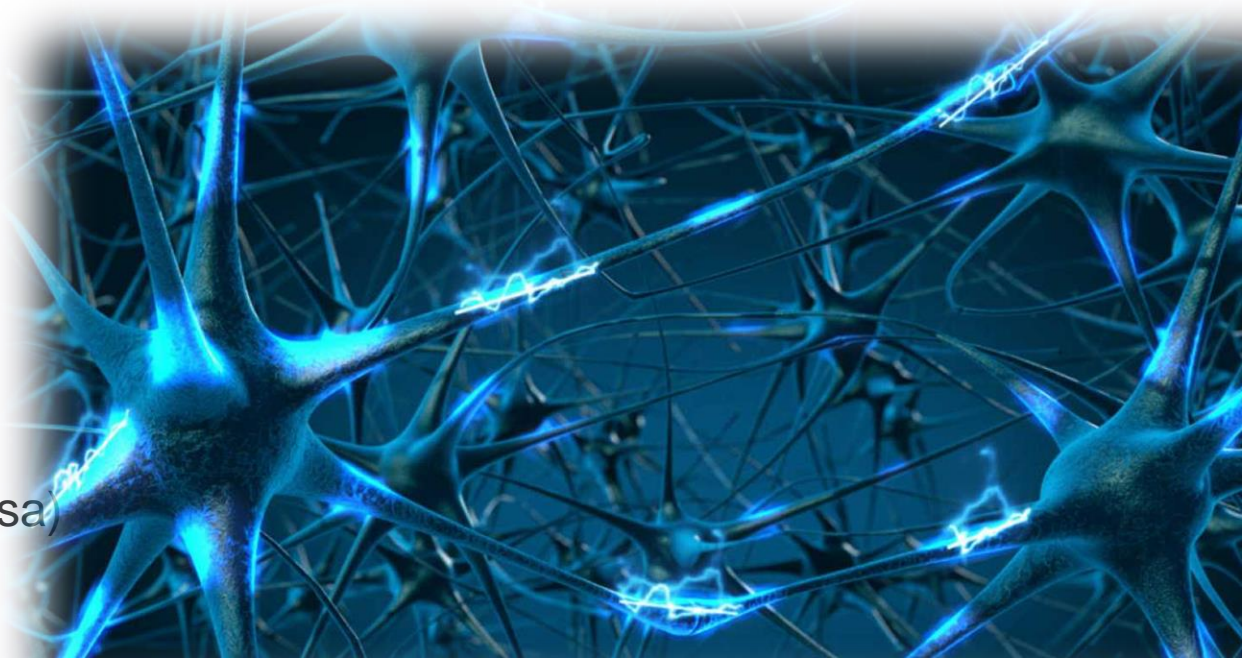
## *UNA INTRODUZIONE (\*)*

---

Corsi di Laurea in Informatica, Ing. Gestionale, Ing. Informatica,  
Ing. di Internet  
(a.a. 2022-2023)

Roberto Basili

(\*) Per alcune *slides* i  
ringraziamenti vanno  
a Maria Simi (Univ. Pisa)



# Intelligenza Artificiale

L'intelligenza artificiale si occupa della

1. comprensione

2. riproduzione

del comportamento *intelligente*.

# L' IA come scienza

L' approccio della psicologia cognitiva (IA forte):

*Obiettivo:* comprensione dell'intelligenza umana

*Metodo:* costruzione di modelli computazionali dell'agire intelligente,  
verifica sperimentale

*Criterio di successo:*

risolvere i problemi con gli  
stessi processi usati dall'uomo

# L'IA come ingegneria

L'approccio ingegneristico (IA debole):

*Obiettivo:* costruzione di sistemi dotati di *razionalità*

*Metodo:* codifica del pensiero razionale;  
progettazione di processi simulativi del  
comportamento razionale

*Criterio di successo:*

l'importante è risolvere i  
problemi che richiedono intelligenza

# Definizioni di IA

umanamente



razionalmente



pensare



*“[L’automazione delle] attività che associamo al pensiero umano, come il processo decisionale, la risoluzione di problemi, l’apprendimento ...”*

*[Bellman 1978]*

*“Lo studio delle facoltà mentali attraverso l’uso di modelli computazionali”*

*[Charniak, McDermott, 1985]*

agire



*“L’arte di creare macchine che svolgono funzioni che richiedono intelligenza quando svolte da esseri umani”*

*[Kurzweil 1990]*

*“Il ramo della scienza dei calcolatori che si occupa dell’automazione del comportamento intelligente”*

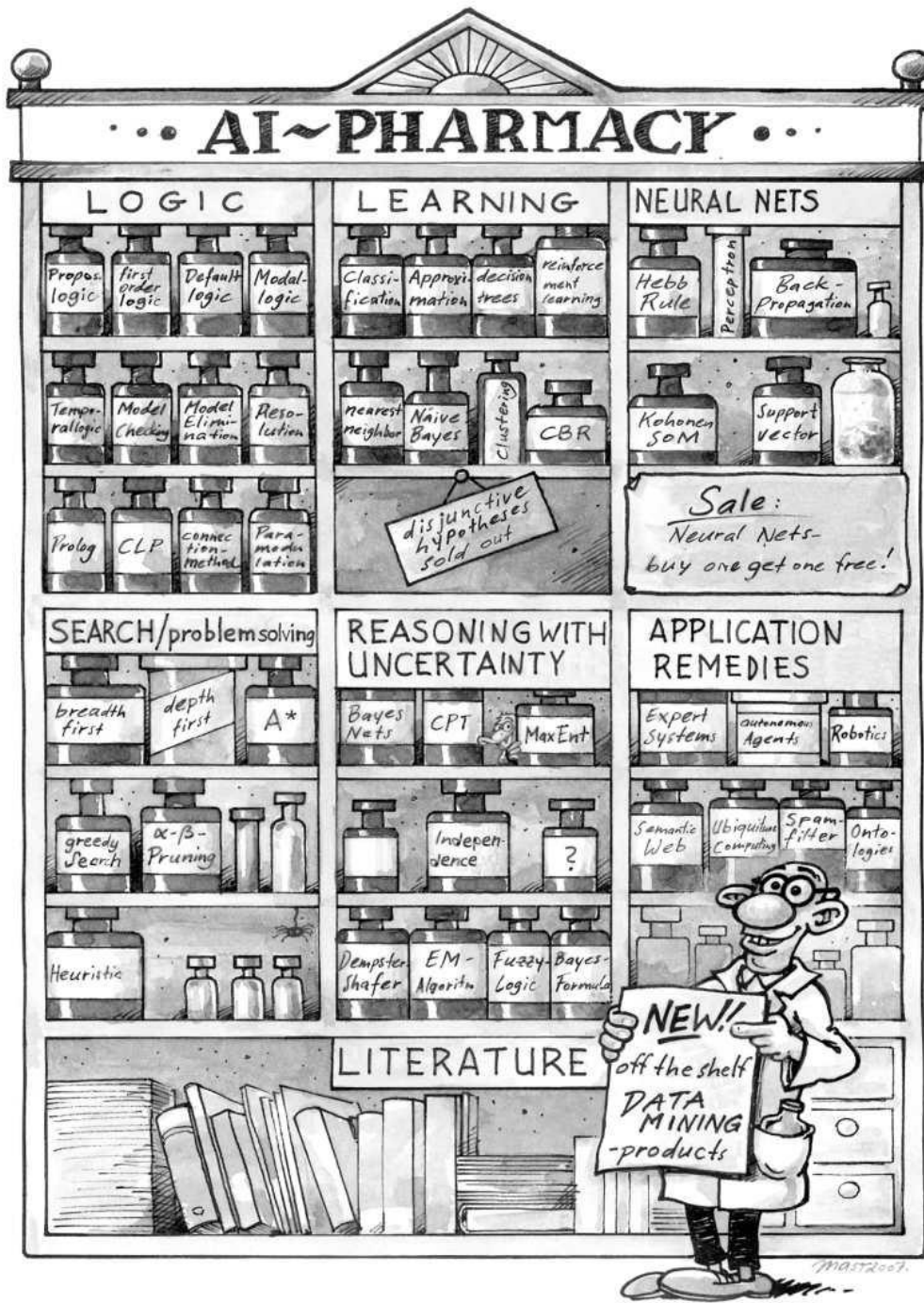
*[Luger-Stubblefield 1993]*

*“L’impresa di costruire artifatti intelligenti”*

*[Ginsberg 1993]*

# I diversi fondamenti dell'IA

- Filosofia (ontologia, epistemologia, fil. del linguaggio, ...)
- Matematica (logica, algebra, an. funzionale, probabilità, ...)
- Economia (teoria dei giochi, ...)
- Neuroscienze (brain imaging, ...)
- Psicologia (percezione e cognizione, ...)
- Informatica (algoritmica, compless., rappr. conoscenza, ...)
- Teoria del controllo e cibernetica
- Linguistica (Ling. Computazionale, semiotica, ...)



from (Ertel, 2009)



# Quali capacità caratterizzano un sistema di intelligenza artificiale?

- Capacità di simulare il comportamento umano?
- Capacità di ragionamento?
- Intelligenza come competenza “da esperto”?
- Intelligenza come “buon senso” (senso comune)?
- Capacità di interagire con un ambiente?
- Capacità sociali, di comunicazione e coordinamento?
- Capacità di comprendere e provare emozioni?
- Altro?



# Capacità di imitazione?



**Alan Turing e il suo test**

[History Cast, Enrica Salvatori, febbraio 2013  
<http://www.historycast.org/> ],

# ... dalle parole di Turing



- <http://www.turingarchive.org/browse.php/B/5>

The screenshot shows a web browser window displaying the Turing Digital Archive website. The browser's address bar shows the URL [www.turingarchive.org/browse.php/B/5](http://www.turingarchive.org/browse.php/B/5). The website header features the title "The Turing Digital Archive" and a navigation menu with options like Home, About the archive, Browse, Search, Archive index, and Abbreviations. The main content area displays the document "AMT/B/5" with a description: "'Can digital computers think?'. TS with AMS annotations of a talk broadcast on BBC Third Programme, 15 May 1951. Paper, 8 sh. in envelope. See also letter from C. Strachey in D/5". Below the description, there are two rows of document thumbnails, numbered 1 through 8. The first row contains five thumbnails, and the second row contains three. The first thumbnail in the first row is highlighted with a blue border.

Home » Browse the archive » AMT/B: Publications, lectures and talks » AMT/B/5

Home  
About the archive  
**Browse »**  
Search  
Archive index  
Abbreviations

**AMT/B/5**  
'Can digital computers think?'. TS with AMS annotations of a talk broadcast on BBC Third Programme, 15 May 1951.  
Paper, 8 sh. in envelope.  
See also letter from C. Strachey in [D/5](#)

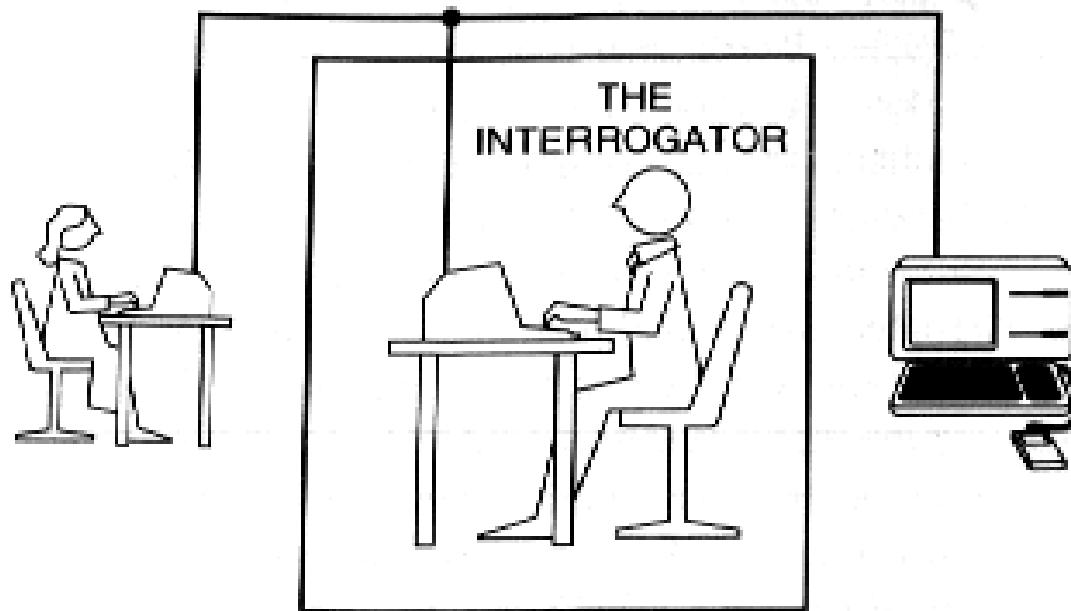
**Keywords:** BBC; 'Can digital computers think ?'

**Provenance:** Assembled by the A.M. Turing Trust

1 2 3 4 5  
6 7 8

# Test di Turing

Il test di Turing (1950): un tentativo di definizione operativa di intelligenza

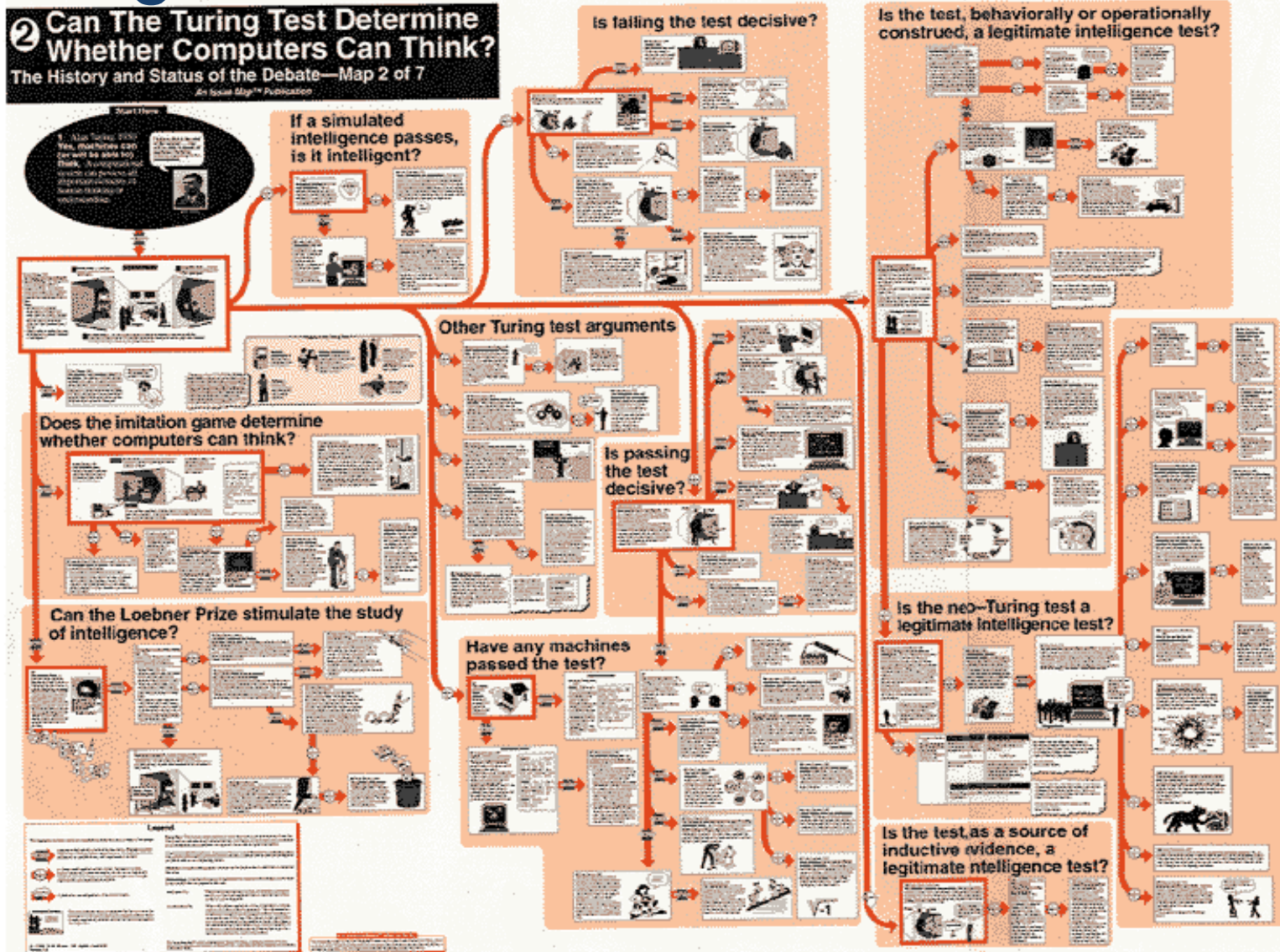


# Le previsioni

*“Credo che tra circa 50 anni sarà possibile programmare computer con una memoria di un miliardo di byte in maniera tale che essi giochino il gioco dell’imitazione tanto bene che una persona comune non avrà più del 70% di probabilità di identificarli dopo 5 minuti di interrogatorio”*

[Computing machinery and intelligence, Turing 1950]

# Un grande dibattito: <https://debategraph.org/Details.aspx?nid=79>



[<https://plato.stanford.edu/entries/turing-test/>, <http://www.macrovu.com/CCTMap2.html>]

[https://www.bobhorn.us/assets/cct-map-1-whatisthis-1998\\_reduced2.pdf](https://www.bobhorn.us/assets/cct-map-1-whatisthis-1998_reduced2.pdf)

# Riflessione

- Il Test di Turing rimane controverso come prova di intelligenza
- Esso non considera molti aspetti di ciò che percepiamo come intelligenza
  - Percezione
  - Abilità motorie
  - Strategia (come nei giochi)
- Mette però al centro due aspetti essenziali dell'agire intelligente
  - Conoscenza
  - Comunicazione linguistica



# Lingue & Ambiguità





# Ambiguità

*"Dogs must be carried on this escalator"*

Diverse interpretazioni:

- *All dogs should have a chance to go on this wonderful escalator ride*
- *This escalator is for dog-holders only*
- *You can't carry your pet on the other escalators*
- *When riding with a pet, carry it*

# Breve storia: gli inizi (1943-1956)

- Mc Culloch & Pitts (1943): il primo lavoro sulle reti neurali
- Conferenza di Dartmouth (1956)
  - Viene coniato il termine “Intelligenza Artificiale”
  - Presenti tutti i big: Minsky, McCarthy, Shannon, Samuel ... (10 persone per due mesi)
  - Logic Theorist (Newell & Simon)

# Capacità di ragionamento?

- Giocare a scacchi
- Dimostrare teoremi

## Le previsioni

- Newell e Simon 1957: tra 10 anni le macchine saranno dichiarate campioni del mondo di scacchi ...
- Dreyfus anni '60: una macchina non sarà mai in grado di giocare a scacchi  
[*Che cosa non possono fare i computer*]

# AI: the pendulum

- "A physical symbol system has the necessary and sufficient means for general intelligent action."
- Symbols are Luminiferous Aether of AI

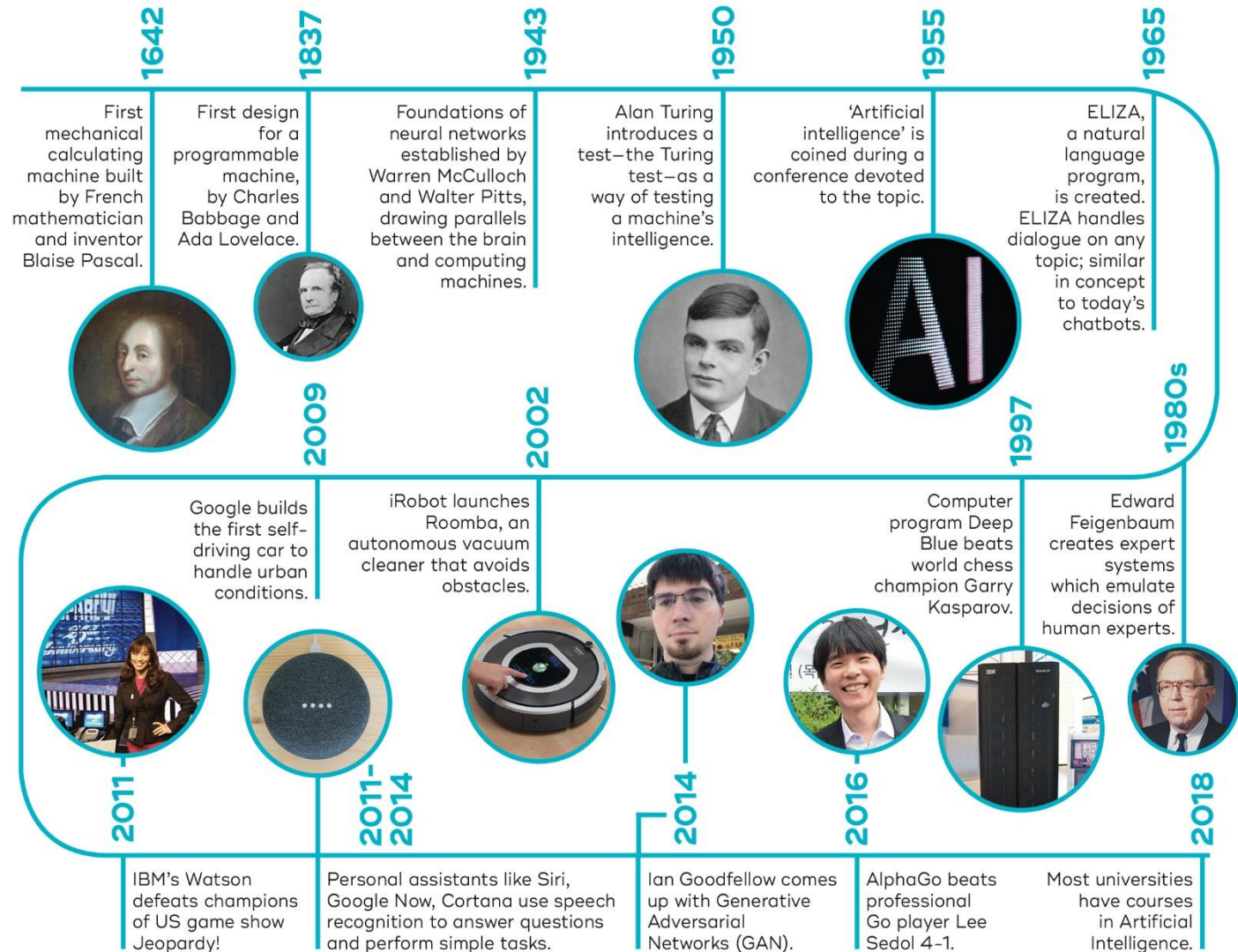
*--Allen Newell &  
Herbert Simon*



*—Geoff Hinton*



# AI Timeline



# AI Timeline

## A.I. TIMELINE

S/Z/G/

**1950**

### TURING TEST

Computer scientist Alan Turing proposes a test for machine intelligence. If a machine can trick humans into thinking it is human, then it has intelligence

**1955**

### A.I. BORN

Term 'artificial intelligence' is coined by computer scientist, John McCarthy to describe "the science and engineering of making intelligent machines"

**1961**

### UNIMATE

First industrial robot, Unimate, goes to work at GM replacing humans on the assembly line

**1964**

### ELIZA

Pioneering chatbot developed by Joseph Weizenbaum at MIT holds conversations with humans

**1966**

### SHAKY

The 'first electronic person' from Stanford, Shakey is a general-purpose mobile robot that reasons about its own actions

**A.I. WINTER**

Many false starts and dead-ends leave A.I. out in the cold

**1997**

### DEEP BLUE

Deep Blue, a chess-playing computer from IBM defeats world chess champion Garry Kasparov

**1998**

### KISMET

Cynthia Breazeal at MIT introduces Kismet, an emotionally intelligent robot insofar as it detects and responds to people's feelings



**1999**

### AIBO

Sony launches first consumer robot pet dog AIBO (AI robot) with skills and personality that develop over time



**2002**

### ROOMBA

First mass produced autonomous robotic vacuum cleaner from iRobot learns to navigate and clean homes



**2011**

### SIRI

Apple integrates Siri, an intelligent virtual assistant with a voice interface, into the iPhone 4S



**2011**

### WATSON

IBM's question answering computer Watson wins first place on popular \$1M prize television quiz show Jeopardy



**2014**

### EUGENE

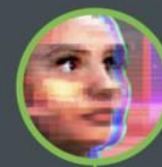
Eugene Goostman, a chatbot passes the Turing Test with a third of judges believing Eugene is human



**2014**

### ALEXA

Amazon launches Alexa, an intelligent virtual assistant with a voice interface that completes shopping tasks



**2016**

### TAY

Microsoft's chatbot Tay goes rogue on social media making inflammatory and offensive racist comments



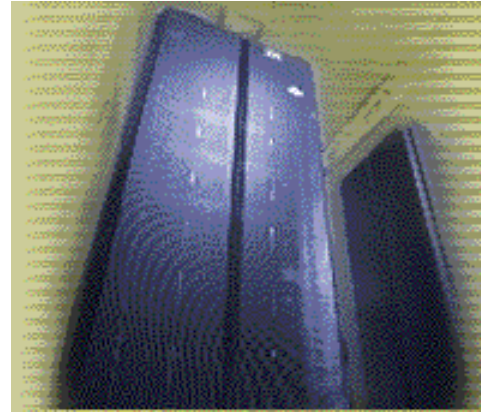
**2017**

### ALPHAGO

Google's A.I. AlphaGo beats world champion Ke Jie in the complex board game of Go, notable for its vast number ( $2^{170}$ ) of possible positions



# Giocare a scacchi



- 1997: Deep Blue, sconfigge il campione mondiale di scacchi, Kasparov
- Deep Blue, computer IBM Risk 2000 ...
  - riesce a valutare 200 milioni di mosse al secondo
  - conosce 600.000 aperture di partita



# ... ma è davvero “intelligente”?

- Fortuna?
- Vantaggio psicologico?
  - Contromosse di Deep Blue pressoché immediate
  - Kasparov come “speranza del genere umano”
- Forza bruta?
  - 36 miliardi di posizioni in 3 minuti

# Dimostrare teoremi

- Simon, Newell, Shaw 56: Logic theorist
- Newell e Simon 57: General Problem Solver
- Gelenter: Geometry Theorem Prover (geometria Euclidea)
- Slagel 61: Saint (analisi infinitesimale)
- Evans 63: Analogy (test di intelligenza)
- Bobrow : Student (algebra)

# Grandi aspettative (1956 -1969)

Non solo dimostrazione di teoremi ...

- Samuel e la dama
- Lisp, *time-sharing*
- Advice Taker (McCarthy)
- Micromondi

# Una dose di realismo (1966-1974)

- Manipolazione sintattica non adeguata
- Intrattabilità computazionale
- Rapporto Lighthill in UK (1973)
  - [http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill\\_report/p001.htm](http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/p001.htm)

*Knowledge is the power!*

(1969-1979)

- Conoscenza specifica del dominio
- Successi nei sistemi esperti

# Competenza esperta?

- Una serie di successi negli anni 70-80:
  - Dendral, Mycin, Prospector, XCON, ...
- Oggi sono una realtà
  
- Il collo di bottiglia: l'acquisizione di conoscenza
- La mancanza di "buon senso"

# Senso comune?

*L'abilità mentale che la maggior parte delle persone condividono.*

*Il ragionamento di senso comune è più complesso di molti compiti intellettuali che suscitano più attenzione e considerazione, perché le abilità mentali che chiamiamo "competenza da esperto [expertise]" coinvolgono una grossa quantità di conoscenza ma di solito impiegano solo poche tipologie di rappresentazione. Diversamente, il senso comune coinvolge molte tipologie di rappresentazione e quindi richiede un insieme più ampio di abilità diverse.*

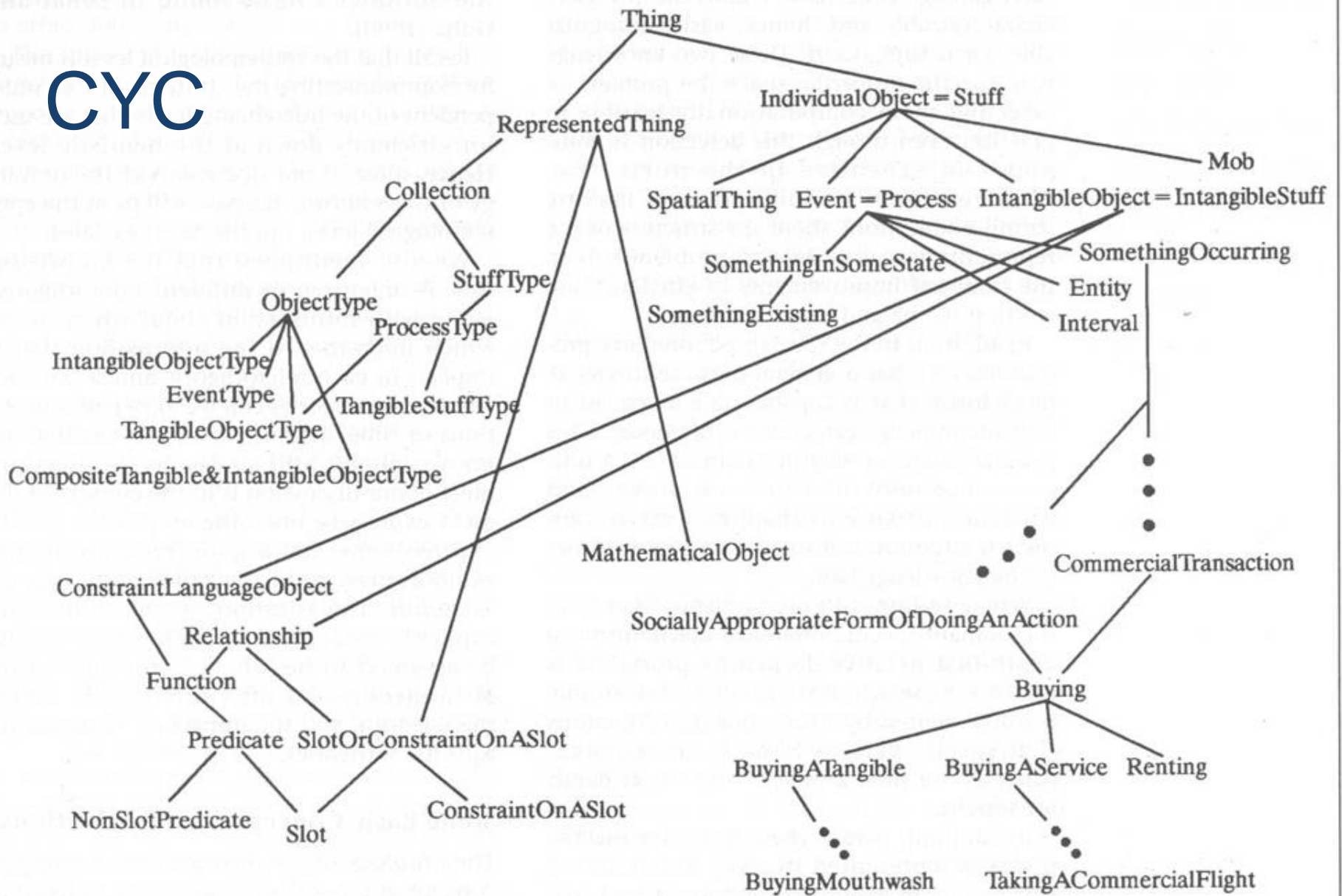
[Marvin Minsky, *The Society of Mind*]



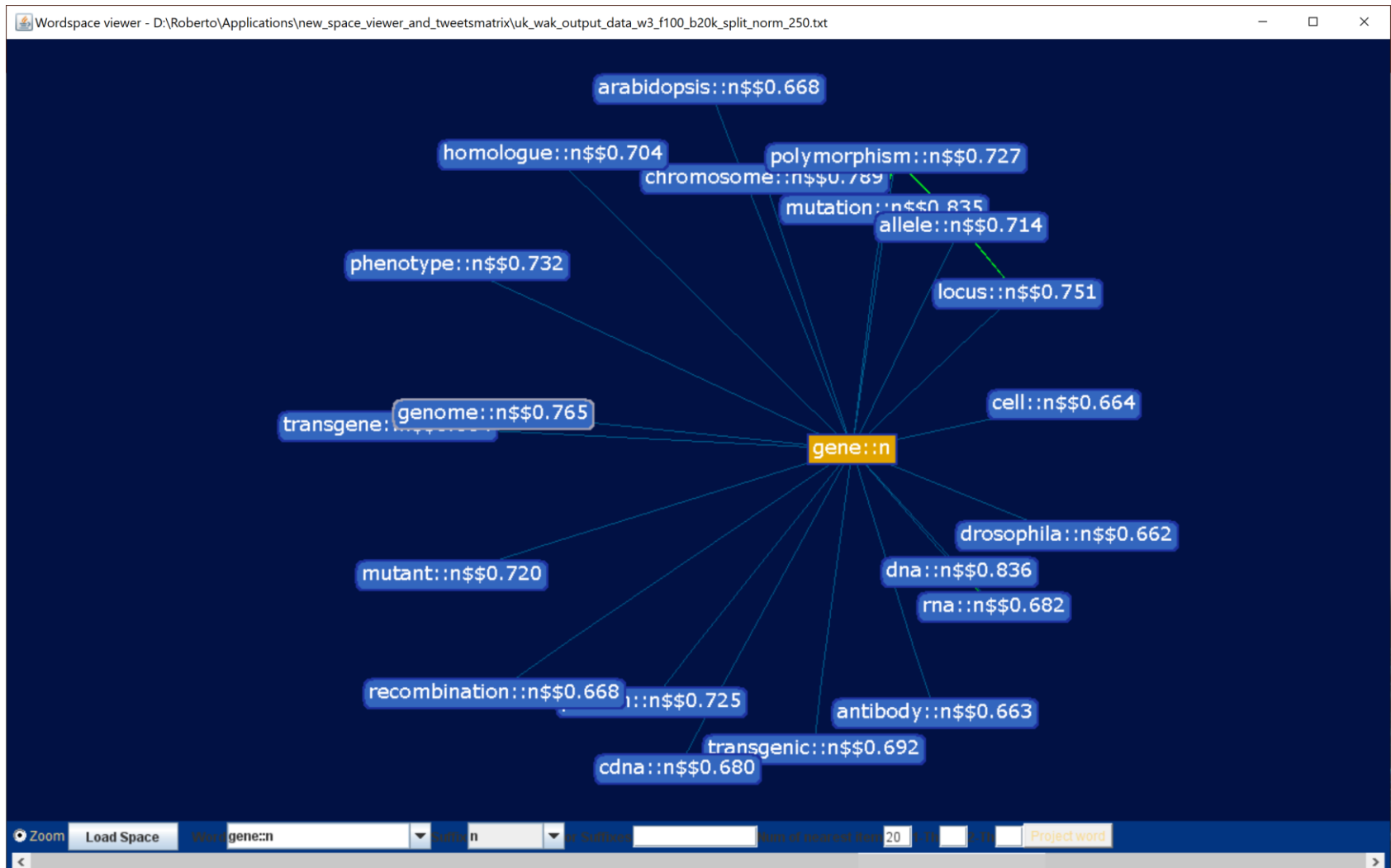
# CYC (<http://www.cyc.com>)

- Il progetto CYC [Lenat]: costruire una base di conoscenza universale per dotare i computer di “senso comune”
- Progetto di 10 anni iniziato nel 1986 in MCC, che continua dal 1994 in Cycorp
- ~200.000 termini, ~12 asserzioni per termine, divisi in migliaia di microteorie

# CYC



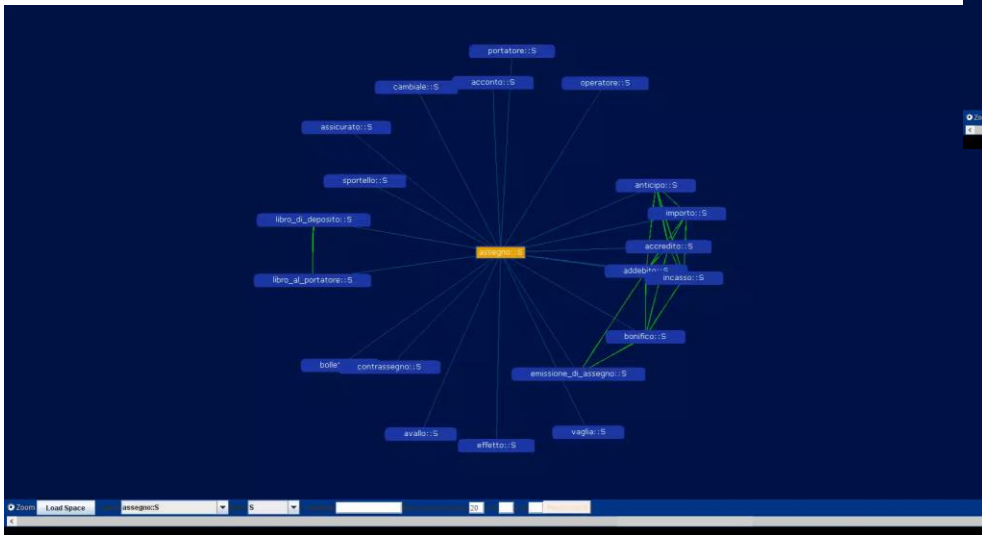
# Machine Learning & Lexical Knowledge



# Machine Learning & Lexical Knowledge: Wordspaces (unsupervised learning)

Monte Paschi Siena

Parma



AkerSolution (subsea oil)

# ConceptNet & Geometry

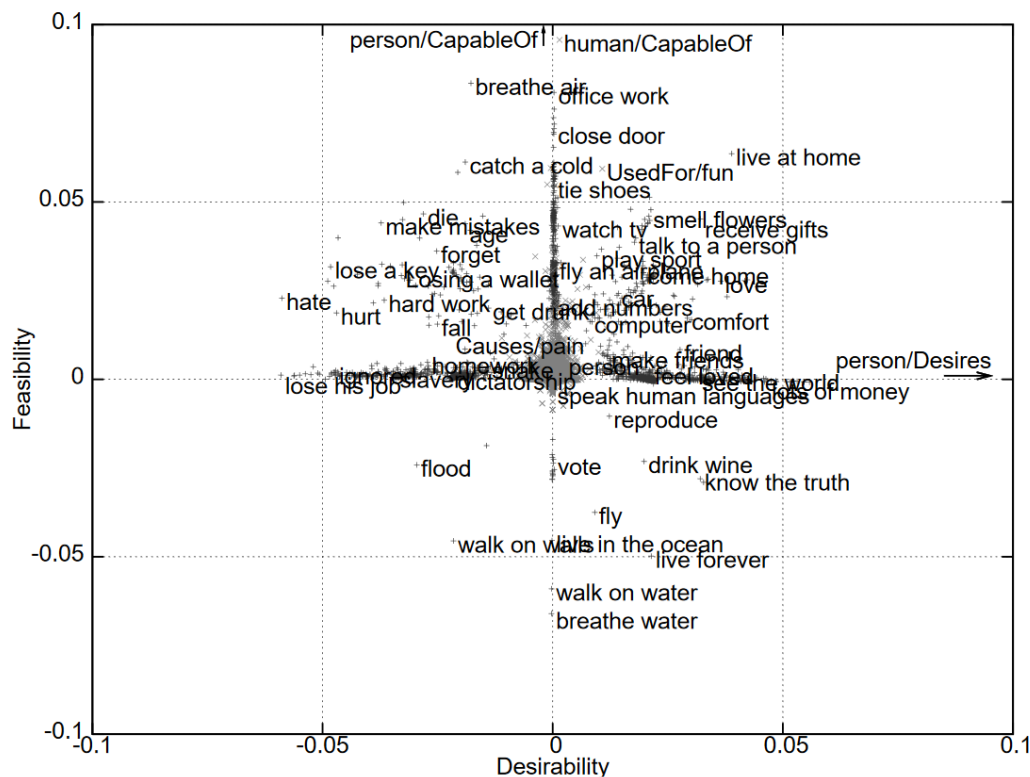


Figure 2: AnalogySpace projected onto its first two components, with some concepts and features labeled. We interpret these components as representing the notions of “desirability” and “feasibility”. The features “Person/Desires” and “Person/CapableOf” have very large values on these respective axes, indicated by arrows pointing off the graph.

# Definizione di “intelligenza”

*“Qualità mentale che consiste nell’abilità di apprendere dall’esperienza, di adattarsi a nuove situazioni, comprendere e gestire concetti astratti. E utilizzare conoscenza per agire sul proprio ambiente”*

[Enciclopedia britannica]

# AI (aka IA): un fenomeno sociale

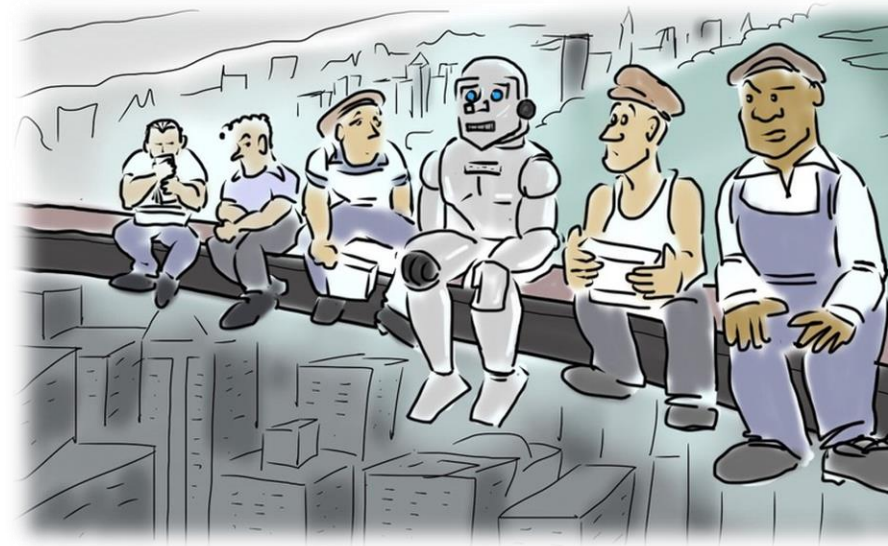
Lo sviluppo continuo del campo dell'Intelligenza Artificiale sposta in avanti la frontiera della cosiddetta **machine intelligence**.

Ironicamente si rafforza l'“**effetto IA**” (“**odd paradox**”)

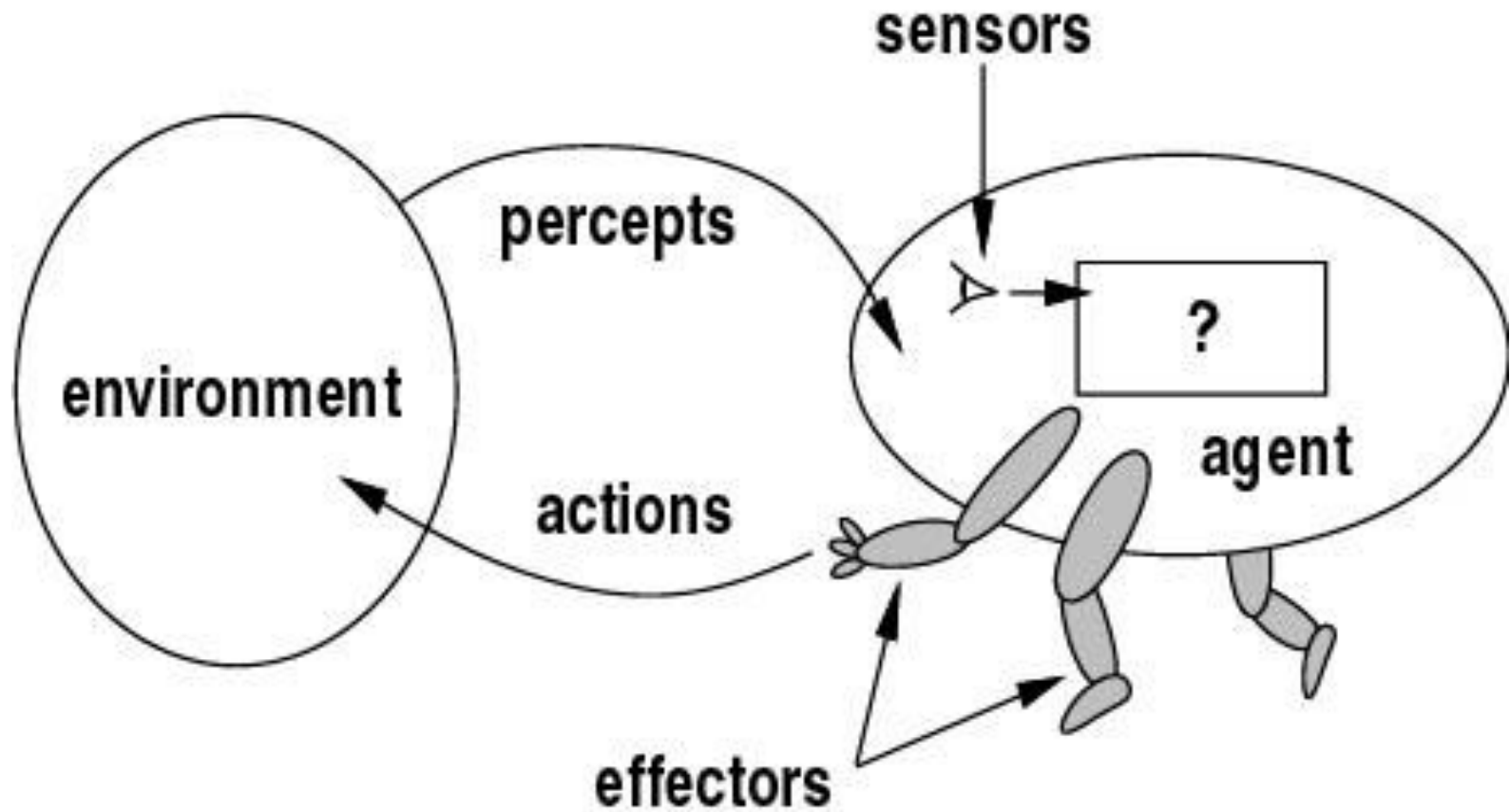
- Non appena l'IA porta nuovi risultati nella vita comune, le persone si abituano a tali tecnologie, **e smettono di considerarle IA**. Questo schema si ripete.
- IA non rilascia prodotti dirompenti dal nulla. Piuttosto, le tecnologie IA costruiscono in modo incrementale approssimazioni migliori dell'intelligenza

Nonostante questo, l'intelligenza umana è la scelta d'elezione per la

***misura del progresso dell'IA!!***



# Agenti intelligenti





# Agenti Intelligenti: la visione “moderna” (dal 1995)

- Gli agenti sono **situati**
  - ricevono *percezioni* da un ambiente
  - agiscono sull'ambiente mediante *azioni*
- Gli agenti hanno **abilità sociale**
  - sono capaci di comunicare
  - sono capaci di collaborare
  - sono capaci di difendersi da altri agenti
- Gli agenti hanno **credenze, obiettivi, intenzioni**  
...
- Gli agenti hanno un **corpo** e provano **emozioni**

# La sfida: RoboCup



La *Robot World Cup Initiative* (RoboCup) è un problema di riferimento per la ricerca in I.A.

Si tratta di realizzare agenti in grado di giocare a calcio (entro il 2050!)

Un problema difficile, da usare come banco di prova per nuove idee e tecnologie.

# Tecnologie da sviluppare e integrare

- agenti autonomi
- collaborazione tra agenti
- acquisizione di strategie
- ragionamento e pianificazione in tempo reale
- robotica
- tecnologie hw e sw per infrastruttura
  
- Istruzione e Comunicazione in linguaggio naturale

# La sfida procede su diversi livelli

- versione software simulata (*simulation league*)
- robot reali (*real robot league*)
- versione limitata ad abilità specifiche, es. tirare un calcio di rigore (*special skill competition*)

## Eventi (<http://www.robocup.org/>)

- IJCAI 97 (Giappone)
- MAAMAW (Parigi, giugno 98)
- Convegno AI\*IA (Padova, settembre 98)
- IJCAI 99 (Stoccolma, agosto 99).
- Congresso AI\*IA (Bologna, ottobre 99)
- Campionato Europeo (Amsterdam, 2000); Campionato mondiale (Melbourne, 2000)
- Campionato mondiale (Seattle, 2001)
- Campionato mondiale (Fukuoka, 2002)
- Campionato mondiale (Padova 2003)
- 2004 Lisbona, 2005 Osaka, ... 2012 Messico

# The AI revolution?

- Successi in compiti specifici (AI non unitaria)

- Magazzini intelligenti
- Aspirapolveri intelligenti (iRobot Roomba)



- Guida autonoma



- Sistemi di “raccomandazione” (Amazon, Netflix, ...)



- *Fraud detection*, agenti di borsa ...
- Algoritmi di apprendimento automatico che estraggono *significati* e modelli statistici predittivi da immense quantità di dati

# The AI revolution?

- Algoritmi di apprendimento automatico che estraggono modelli statistici predittivi da immense quantità di dati [*data mining*]
- Tecniche di estrazione di “*significati*” da grande quantità di testi
- Sistemi in grado di rispondere a domande in linguaggio natural (Question Answering & Dialogue)



Watson: la grande sfida

# IBM Watson: *grand challenge*

What is Watson?

**The Next Grand  
Challenge**





# Watson: a Final Jeopardy

What is Watson?

**Final Jeopardy!**  
**and the Future of Watson**



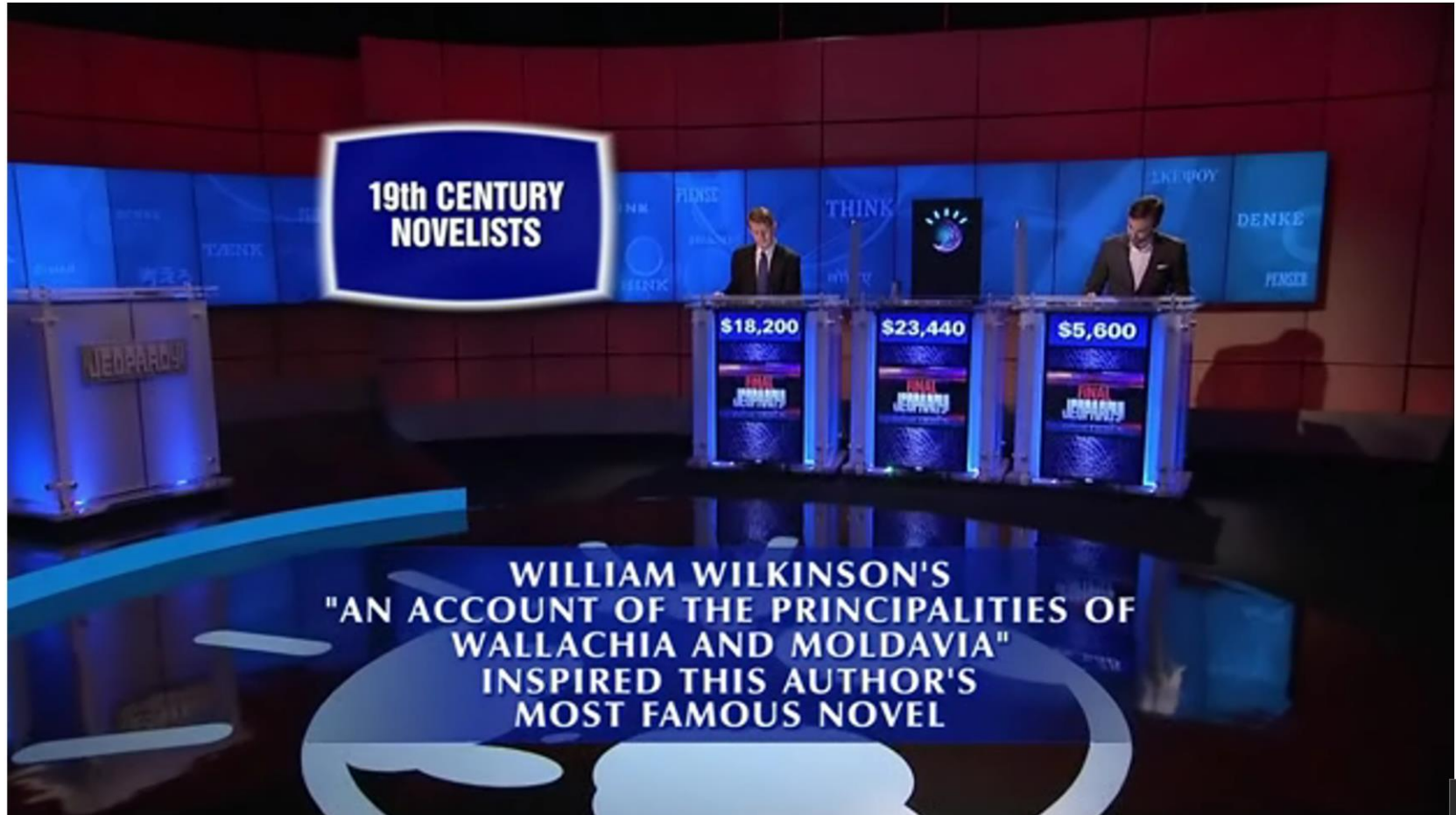
# Jeopardy!



# Domande

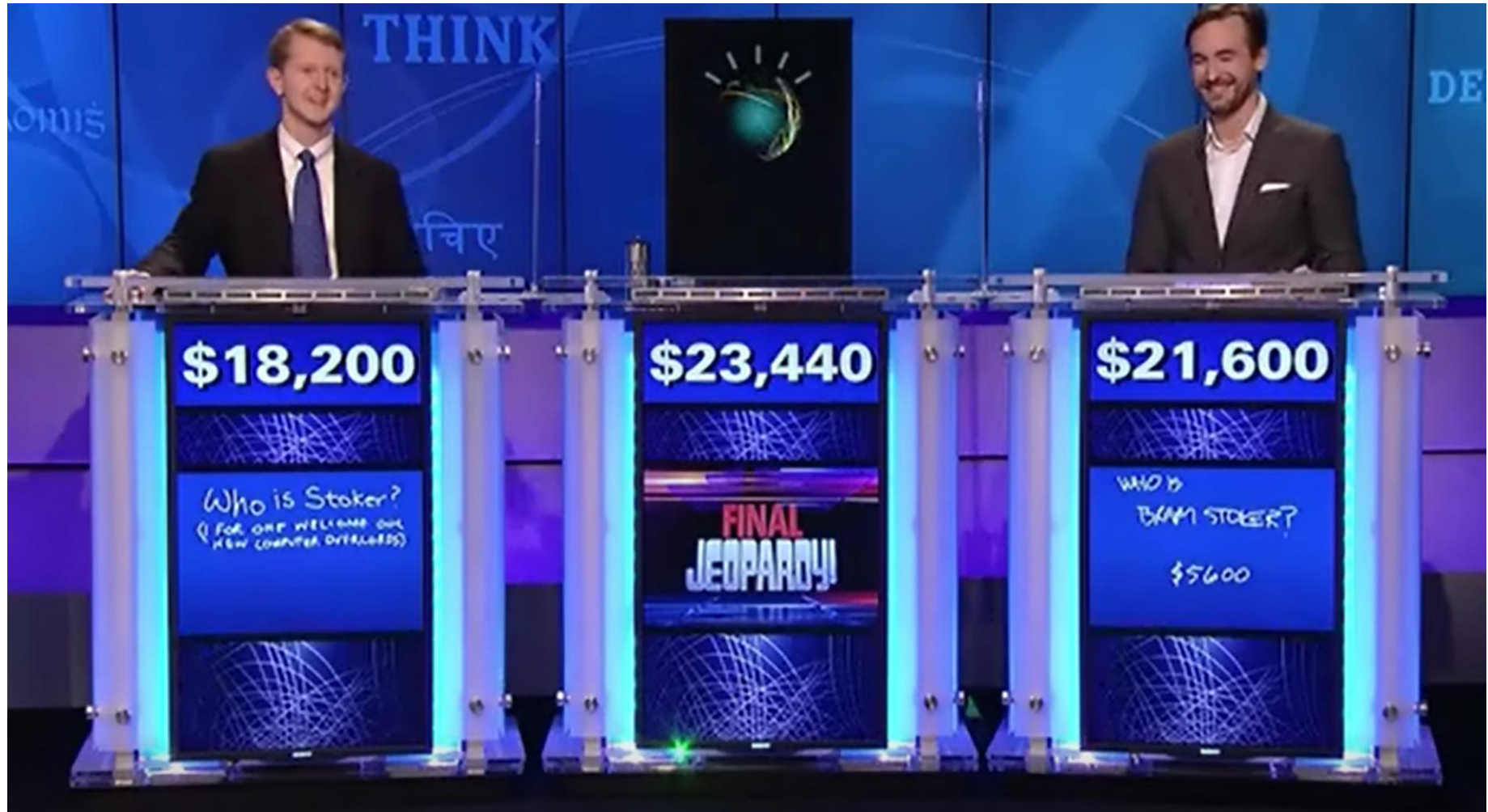
ETUDE, BRUTE	HEDGEHOG- PODGE	DON'T WORRY ABOUT IT	THE ART OF THE STEAL	CAMBRIDGE	"CHURCH" & "STATE"
\$400	\$400	\$400	\$400	\$400	\$400
\$800	\$800	\$800	\$800	\$800	\$800
\$1200	<p>IT'S JUST ACNE! YOU DON'T HAVE THIS SKIN INFECTION ALSO KNOWN AS HANSEN'S DISEASE</p>				\$1200
\$1600					\$1600
\$2000					\$2000

# I successi di Watson

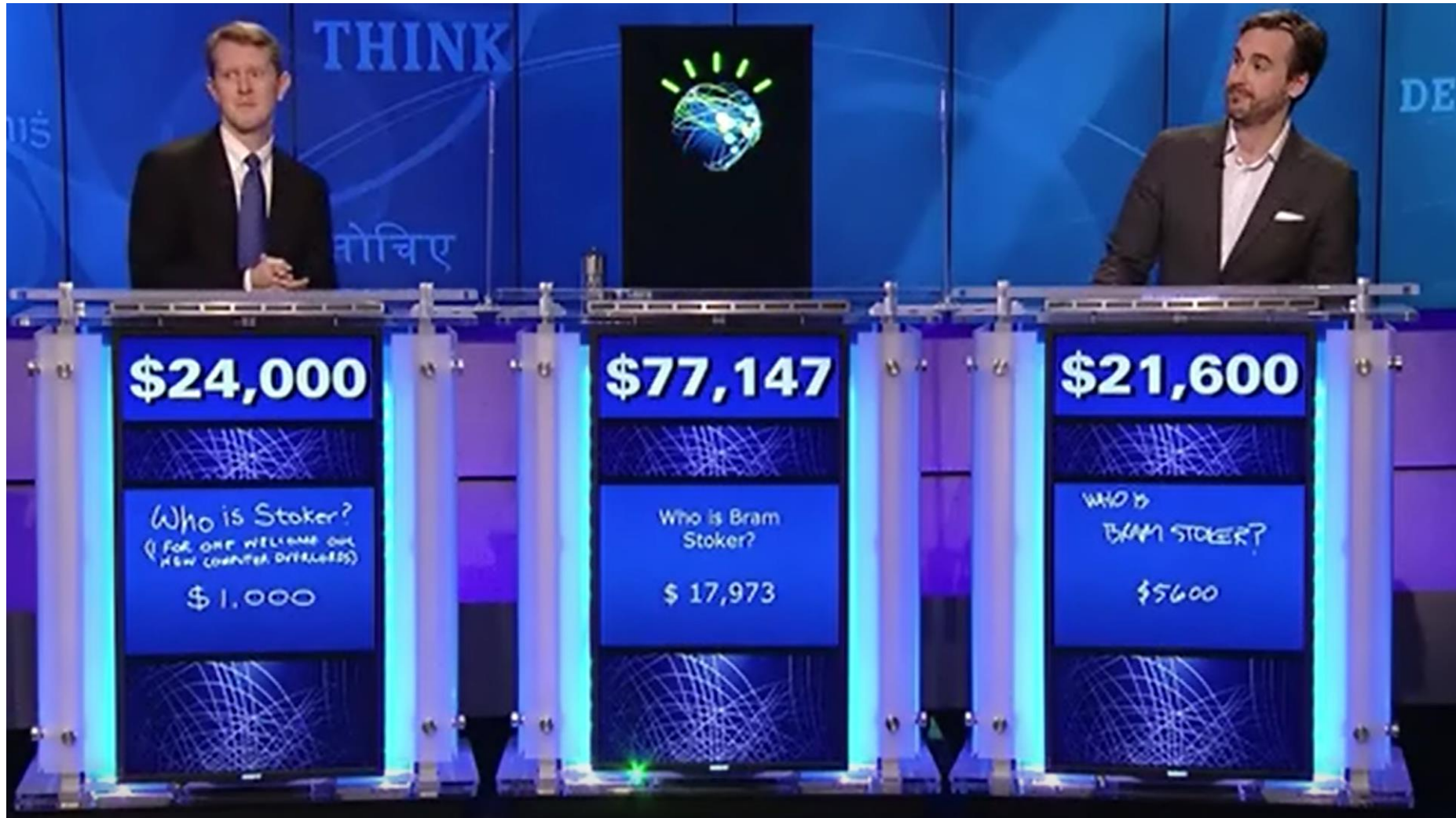




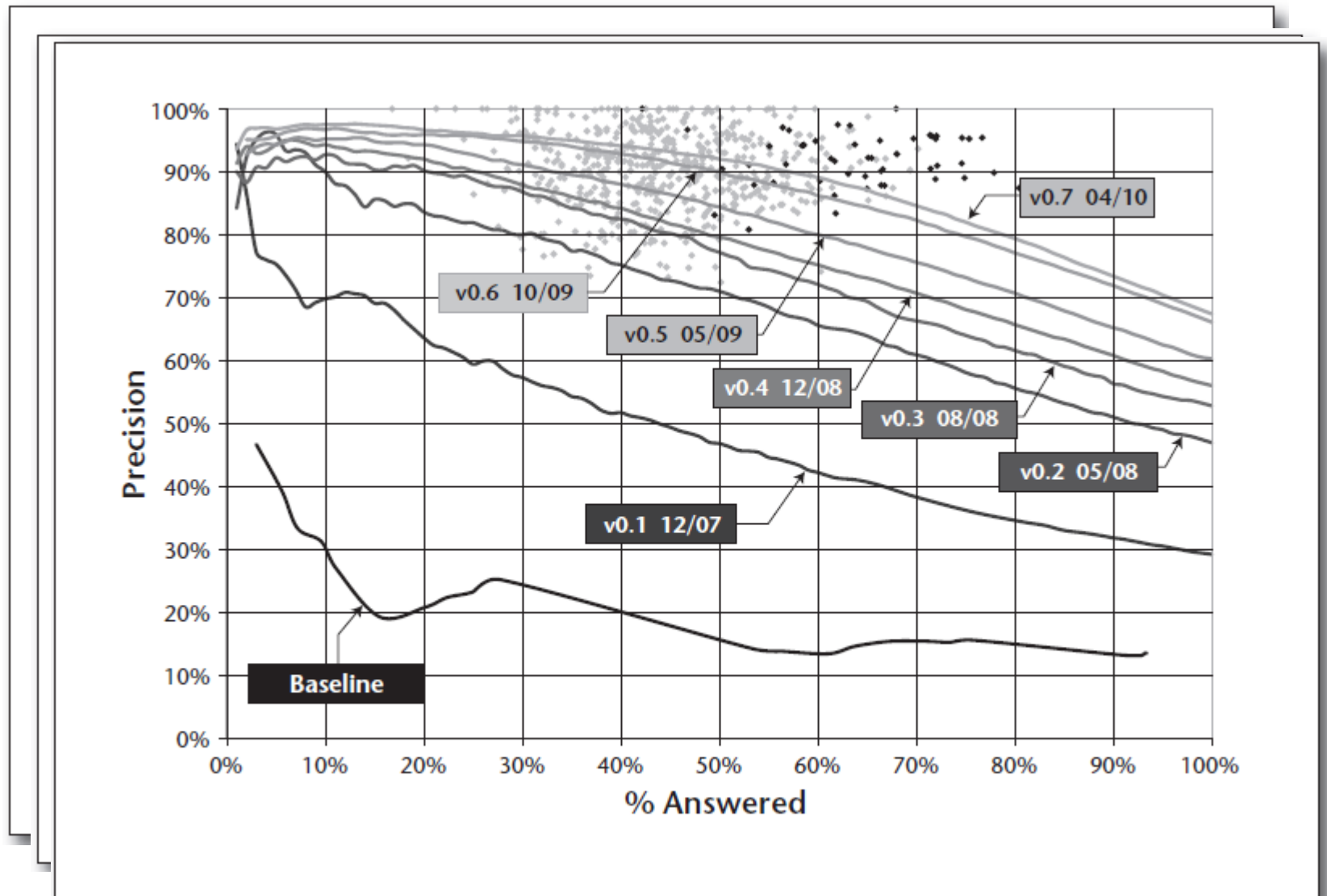
# I successi di Watson (2)



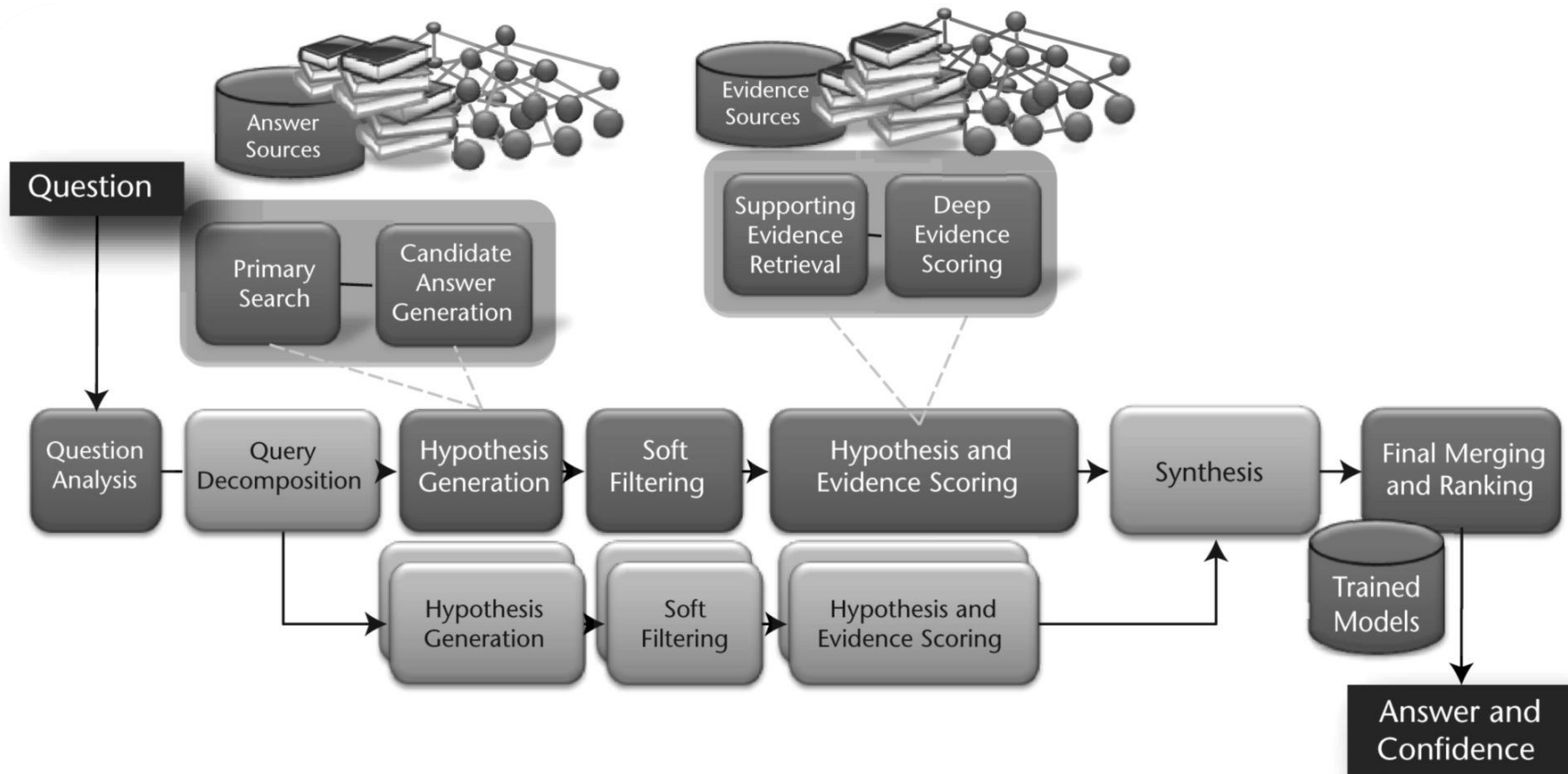
# I successi di Watson (3)



# Watson ed il software “intelligente”

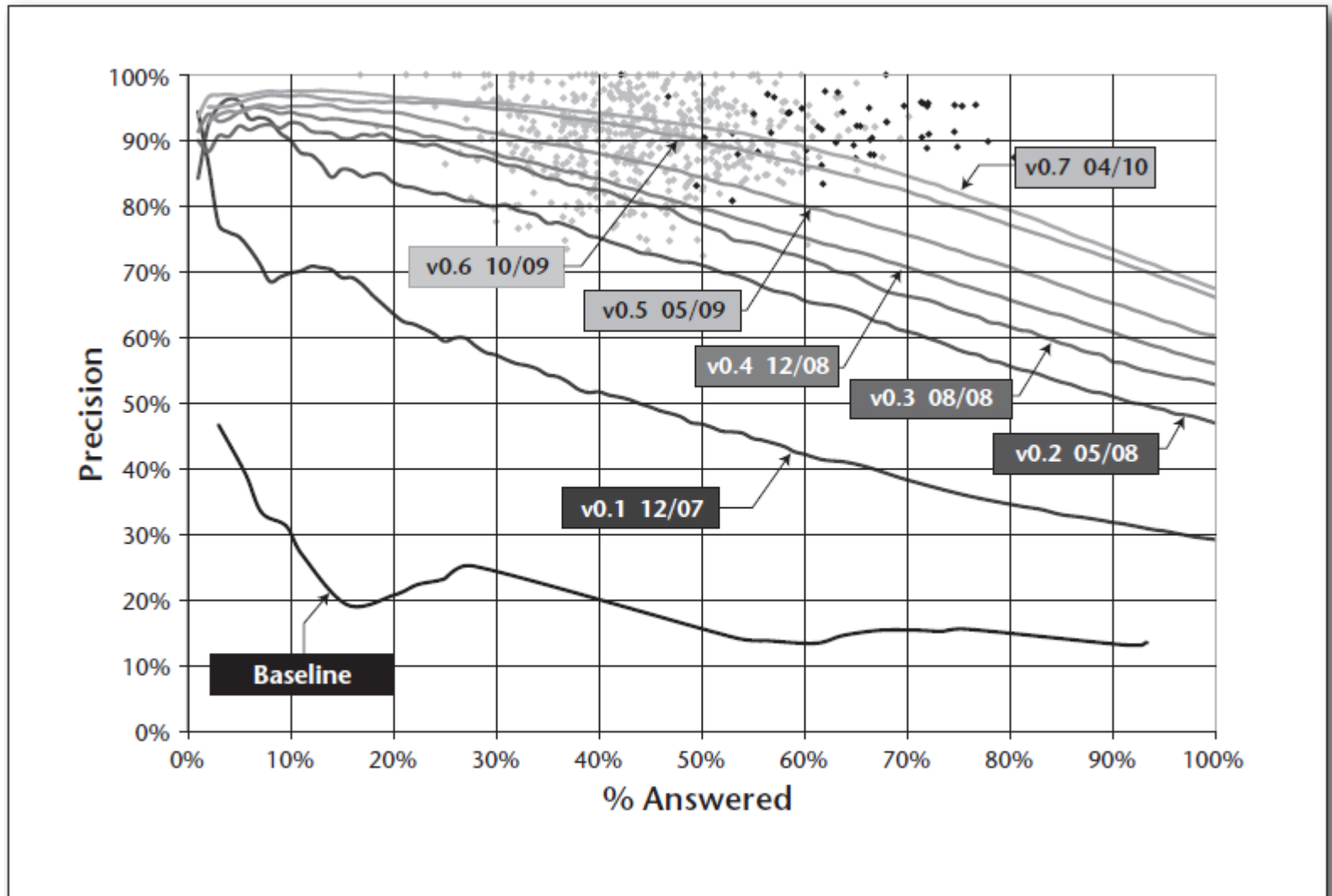


# Watson: a DeepQA architecture





# Pronti per Jeopardy!



# La disponibilità di insiemi di dati di dimensioni ingenti (dal 2001)

- L' enfasi si sposta dagli algoritmi ai dati
- Esempi dalle tecnologie del linguaggio:
  - La traduzione automatica di Google
  - L' interazione in linguaggio naturale di SIRI
- Più dati, maggiore l'accuratezza, ...apparentemente senza limite
- La domanda è: l'intelligenza collettiva sta nei dati?

# Un altro task complesso risolto in modalità *data-driven: image captioning*

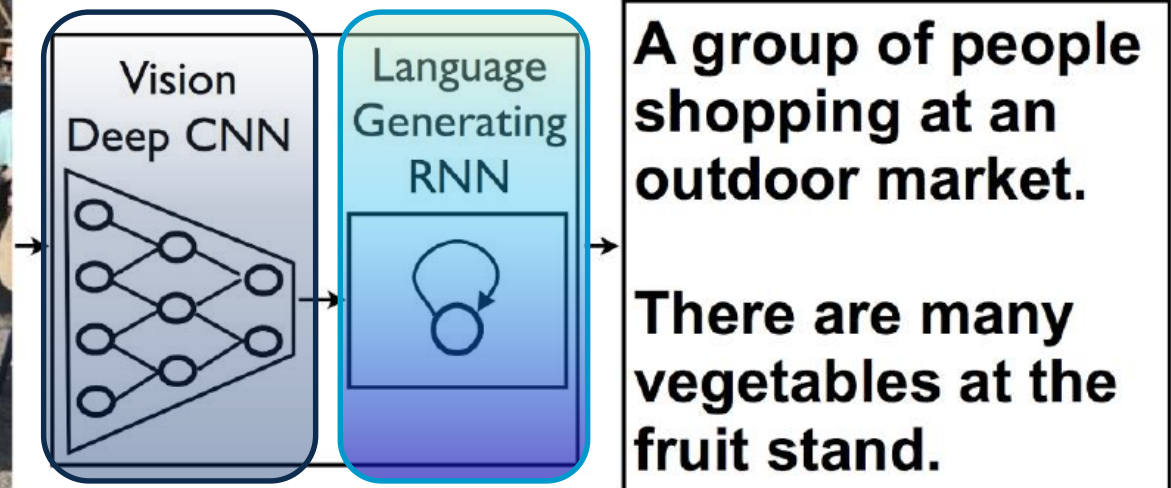
- Una **caption** (o **didascalia**) è una breve descrizione in linguaggio naturale di una immagine che descriva i suoi **contenuti**, in modo sintatticamente e semanticamente appropriato:
  - Oggetti e relazioni tra loro
  - Azioni
  - Proprietà degli oggetti



*"A chef preparing food inside of a kitchen near a window."*

# Automatic image captioning: il ruolo delle reti neurali

- Il processo di *captioning* è decomposto in passi successivi, in cui, tramite i dati, **due reti neurali** vengono addestrate a gestire indipendentemente (1) il **riconoscimento visivo** e (2) la **generazione di (uno o più) testo(i)**



# ... una rete neurale addestrata per il *captioning* in Italiano



*Uno scuolabus giallo  
parcheeggiato sul lato  
della strada.*



*Un uomo che  
cavalca un cavallo  
su una strada  
cittadina.*



*Un segnale di stop  
che si siede su un  
angolo di strada.*

# Current challenges

- Efficient Learning vs. Big Data tasks
- Integrated Intelligence: ragionamento vs. percezione, deduzione vs. induzione, intuizione vs. deduzione
- Explainable AI:
  - ML: Accurate modeling vs. explainable models
  - Readable explanations about automatic decision-making
- Ethics and AI:
  - Ethical models (as large scale knowledge bases)
  - Machine ethics
  - Ethical machine learning

# Testi di riferimento

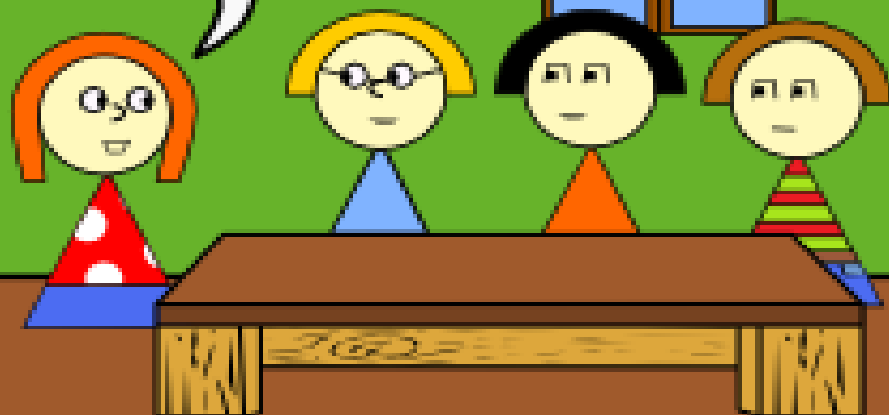
S. Russell, P. Norvig, "Intelligenza Artificiale: un approccio moderno", Prentice Hall, 2005 (AIMA)  
[Traduzione italiana dei primi 12 capitoli]

The Description Logic Handbook, F. Baader, D. L. McGuinness, D. Nardi, P. F. Patel-Schneider (cap 2)

T. Mitchell, Machine Learning, McGraw-Hill 1997

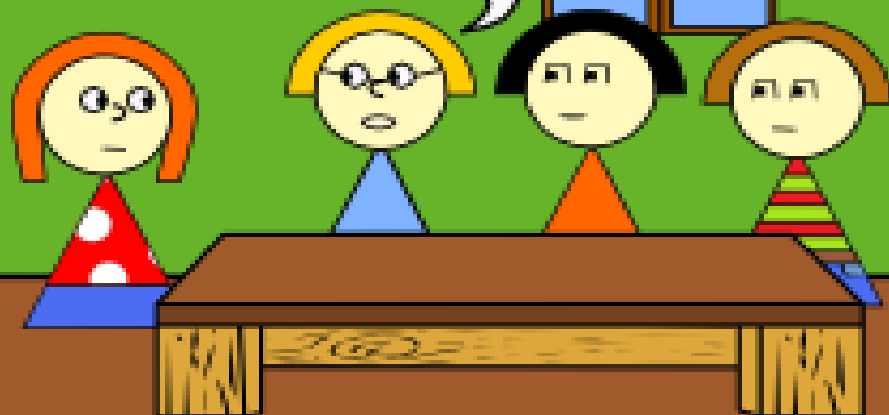
# THREE LOGICIANS WALK INTO A BAR...

DOES EVERYONE  
WANT BEER?

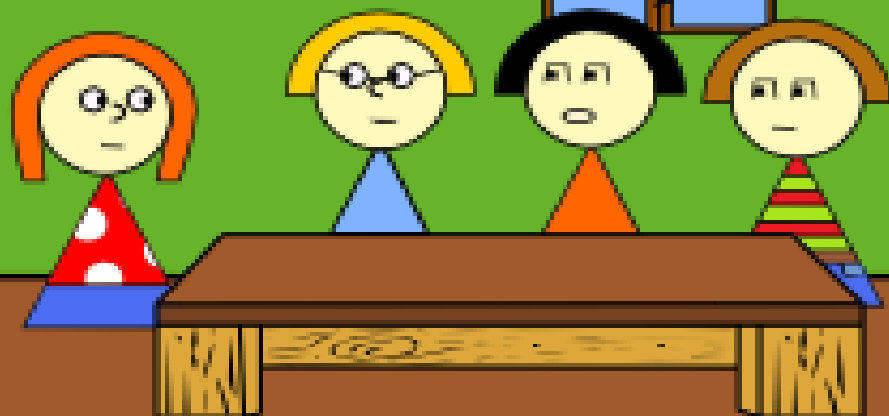


spikedmath.com  
© 2011

I DON'T KNOW.



I DON'T KNOW.



YES!

