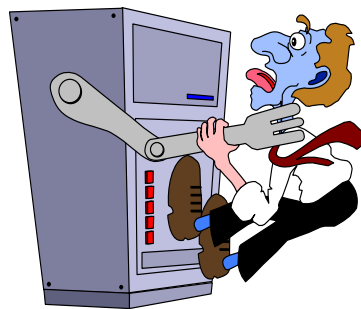




# Intelligenza Artificiale



Corso di Laurea magistrale in Informatica  
Università Ca' Foscari di Venezia

a.a. 2008/09

Docente: M. Pelillo



# Cos'è l'Intelligenza Artificiale?

## Una prima definizione

Una definizione universalmente accettata di Intelligenza Artificiale (IA) non è ancora stata formulata.

Possiamo incominciare con questa:

*L'IA è l'impresa di costruire un artefatto intelligente*

Ma, precisamente:

- Cos'è l'intelligenza?
- Cos'è un artefatto?



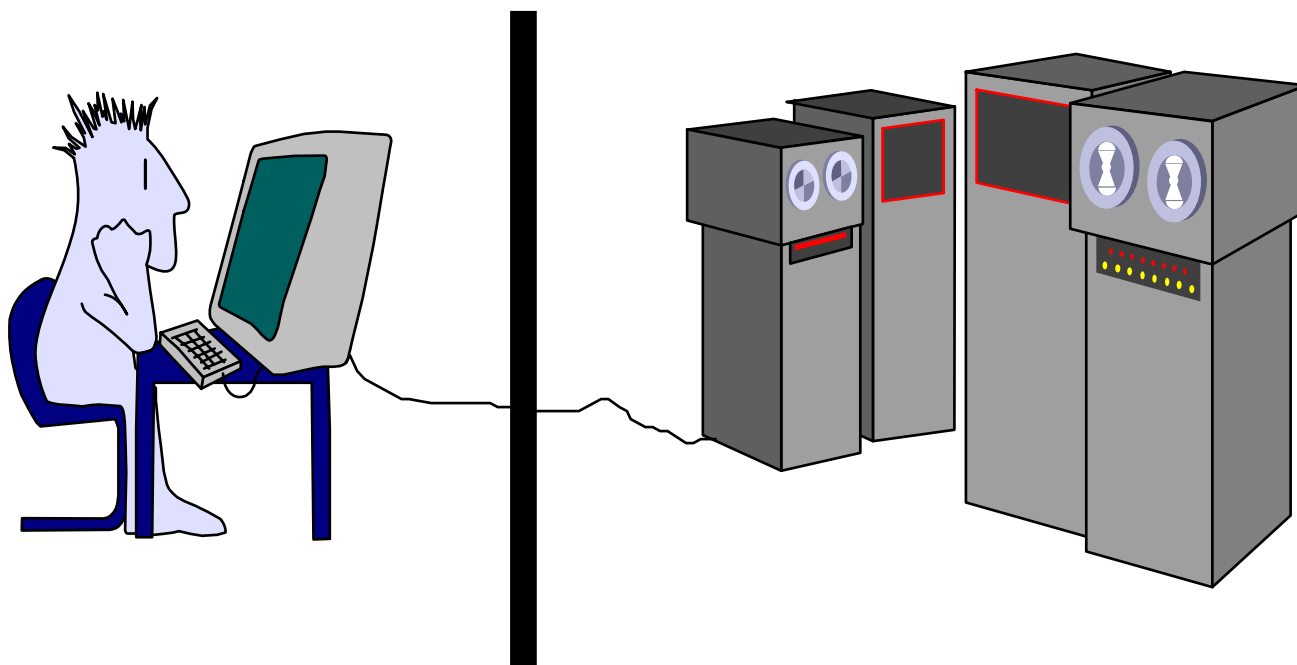
## Intelligenza: Alcune definizioni

- Capacità di attribuire un conveniente significato pratico e concettuale ai vari momenti dell'esperienza e della contingenza; negli animali, capacità più o meno sviluppata di processi di associazione, astrazione, coordinazione (Devoto e Oli, 1971)
- E' l'abilità di apprendere (Buckingham, 1921)
- E' [...] giudizio, altrimenti detto buon senso, senso pratico, iniziativa, la capacità di adattarsi alle circostanze (Binet e Simon, 1961)
- [...] la capacità di far bene un test di intelligenza (Boring, 1961)



# Il test di Turing

Nel 1950, Alan M. Turing propose una definizione “operativa” di intelligenza, che va sotto il nome di *test di Turing*.





# Can Machines Think? The Turing Test

(From, A. M. Turing, *Computer Machinery and Intelligence*, 1950)

I propose to consider the question, "Can machines think?" This should begin with definitions of the meaning of the terms "machine" and "think." The definitions might be framed so as to reflect so far as possible the normal use of the words, but this attitude is dangerous, If the meaning of the words "machine" and "think" are to be found by examining how they are commonly used it is difficult to escape the conclusion that the meaning and the answer to the question, "Can machines think?" is to be sought in a statistical survey such as a Gallup poll. But this is absurd. **Instead of attempting such a definition I shall replace the question by another, which is closely related to it and is expressed in relatively unambiguous words.**



# The Imitation Game

**The new form of the problem can be described in terms of a game which we call the 'imitation game.'** It is played with three people, a man (A), a woman (B), and an interrogator (C) who may be of either sex. The interrogator stays in a room apart front the other two. **The object of the game for the interrogator is to determine which of the other two is the man and which is the woman.** He knows them by labels X and Y, and at the end of the game he says either "X is A and Y is B" or "X is B and Y is A." The interrogator is allowed to put questions to A and B thus:

C: Will X please tell me the length of his or her hair?

Now suppose X is actually A, then A must answer. **It is A's object in the game to try and cause C to make the wrong identification.** His answer might therefore be:

"My hair is shingled, and the longest strands are about nine inches long."



In order that tones of voice may not help the interrogator the answers should be written, or better still, typewritten. The ideal arrangement is to have a teleprinter communicating between the two rooms. Alternatively the question and answers can be repeated by an intermediary. **The object of the game for the third player (B) is to help the interrogator.** The best strategy for her is probably to give truthful answers. She can add such things as "I am the woman, don't listen to him!" to her answers, but it will avail nothing as the man can make similar remarks.

**We now ask the question, "What will happen when a machine takes the part of A in this game?"** Will the interrogator decide wrongly as often when the game is played like this as he does when the game is played between a man and a woman? **These questions replace our original, "Can machines think?"**



## Un possibile dialogo

U: Scriva un sonetto che tratti del ponte sul fiordo di Forth, in Scozia.

M: *Non faccia affidamento su di me, non ho mai saputo scrivere poesie.*

U: Sommi 34957 a 70764.

M: (pausa di circa 30 sec., e poi...) 105621.

U: Gioca a scacchi?

M: Sì.

U: Ho il Re in e1 e nessun altro pezzo. Lei ha solo il Re in c3 e una Torre in h8. Che fa?

M: (pausa di 15 sec., e poi...) *Torre in h1, matto!*





# Capacità per passare il test

Perché “passi” il test di Turing, una macchina dovrebbe avere le seguenti capacità:

- *Elaborazione del linguaggio naturale*
  - per interagire con l’interrogante
- *Rappresentazione della conoscenza*
  - per memorizzare le informazioni prima e durante il dialogo
- *Ragionamento automatico*
  - per usare la conoscenza acquisita per rispondere a domande o trarre conclusioni
- *Apprendimento*
  - per adattarsi a nuove circostanze



## Il test di Turing “totale”

La macchina accede ad un segnale video/audio in modo che l'interrogante possa testare le sue capacità percettive; inoltre, l'interrogante ha la possibilità di passare oggetti da manipolare.

Per far ciò, una macchina avrebbe bisogno di:

- *Percezione*
  - per analizzare e comprendere le immagini e i suoni
- *Robotica*
  - per manipolare oggetti e/o muoversi nell'ambiente



## L'obiezione di Lady Lovelace

Lady Lovelace, in un saggio sulla Macchina Analitica di Babbage, scrive:

“La Macchina Analitica non ha la pretesa di *creare* alcunché. Può fare *qualunque cosa siamo in grado di ordinarle* di fare”

Risposta: Possiamo “ordinare” alla macchina di apprendere.

Samuel sviluppò un programma che *imparava* a giocare a dama. Il programma fu presto in grado di battere il suo creatore.



# L'obiezione matematica

Vi sono molti risultati teorici che dimostrano l'esistenza di limitazioni a ciò che le macchine possono fare (problemi indecidibili).

Si potrebbe chiedere alla macchina di risolvere un problema indecidibile (es., il Problema dell'alt). Essa darebbe una risposta errata o non la darebbe per niente.

“Questo dimostra una limitazione delle macchine di cui l'intelletto umano non soffre”



## La versione di Lucas

Il Teorema di incompletezza di Gödel dice:

Per ogni sistema formale  $F$  è possibile costruire un enunciato (detto “di Gödel”)  $G(F)$  tale che

- $G(F)$  non può essere dimostrato in  $F$
- Se  $F$  è consistente, allora  $G(F)$  è vera

Una macchina non può stabilire la verità dell’enunciato di Gödel di un qualsiasi sistema formale mentre l’uomo sì... applicando semplicemente il Teorema di Gödel!



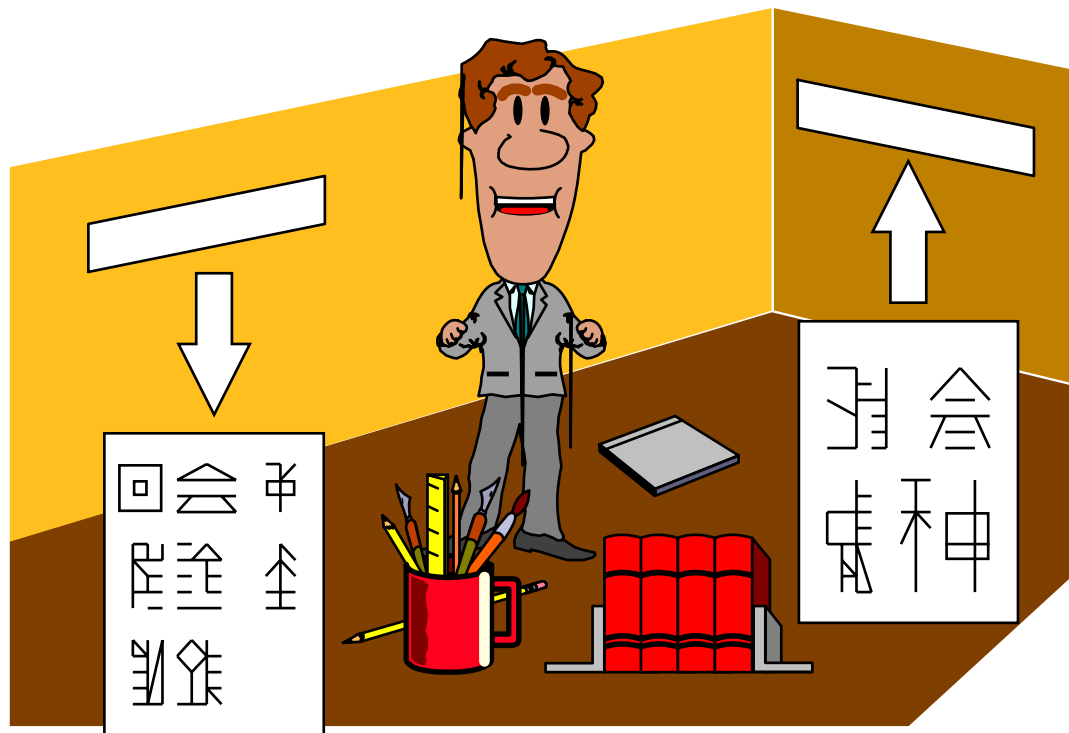
## L'argomento della coscienza

In un discorso tenuto nel 1949 alla Lister Oration, il Prof. Jefferson dice:

“Fino a quando una macchina non potrà scrivere un sonetto o comporre un concerto in base a pensieri ed emozioni che ha provato, e non per giustapposizione casuale di simboli, non potremo accettare che la macchina eguagli il cervello, cioè che non solo scriva, ma *sappia* di aver scritto.”



# La stanza cinese di Searle





## **IA debole e IA forte**

IA debole: si occupa della domanda:

*“Può una macchina esibire un comportamento intelligente?”*

IA forte: si occupa della domanda:

*“Può una macchina avere una coscienza del sè?”*





# L'artificiale e il naturale

Come distinguere un oggetto artificiale da uno naturale?

Alcuni possibili criteri:

- Regolarità strutturale
  - ma cosa dire dei cristalli, o di un favo di api selvatiche?
- Ripetizione
  - ma cosa dire delle stesse api?
- Scopo
  - ma cosa dire dell'occhio? (cfr. con macchina fotografica)

... e cosa dire del mostro di Frankenstein?



# Sistemi simbolici fisici

Un sistema simbolico fisico è costituito da:

- Un insieme di entità (*simboli*) che possono essere componenti di altre entità (*espressioni*)
- In ogni istante di tempo il sistema conterrà una collezione di espressioni
- Il sistema possiede una collezione di processi che operano sulle espressioni per produrre altre espressioni
- Un SSF è una macchina che produce una collezione di espressioni che evolve nel tempo
- Il SSF esiste in un mondo di oggetti più ampio



# L'ipotesi dell'IA

*Un sistema simbolico fisico ha i mezzi necessari e sufficienti per agire in modo intelligente*

In altri termini:

*Un sistema simbolico fisico ha i mezzi necessari e sufficienti per passare il test di Turing (totale)*



## Una definizione di IA

Possiamo quindi concludere dicendo che:

*L'IA è l'impresa di costruire un sistema simbolico fisico  
che passi il test di Turing totale*

Nell'IA *dichiarativista* si assume che i simboli fisici corrispondano a oggetti nell'ambiente esterno.

Esempio: Se un sistema si occupa di automobili, ci dovranno essere simboli relativi a concetti come “motore”, “ruote”, “volante”, etc.



# I due approcci all'IA

**Dichiarativismo**



**Si occupa di:  
dimostrazione di teoremi,  
risoluzione di problemi,  
giochi, ragionamento, etc.**



**Psicologia**



**Sistemi seriali**

**Non-dichiarativismo**



**Si occupa di:  
riconoscimento di  
forme, percezione, e  
apprendimento**



**Neurofisiologia**



**Sistemi paralleli**



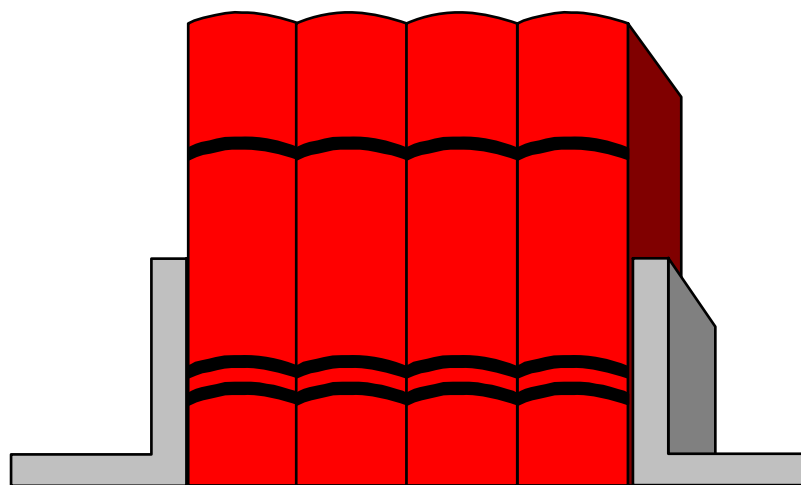
# I due volti dell'IA

Dal punto di vista degli obiettivi, l'IA può essere vista da due prospettive opposte:

- L'IA come *ingegneria*: L'obiettivo è quello di risolvere problemi del mondo reale (esempi: robotica, visione, riconoscimento della voce, etc.)
- L'IA come *scienza*: L'obiettivo è quello di capire *la mente* per mezzo di modelli computazionali



# Un po' di storia





## Il periodo pre-IA (1943-1956)

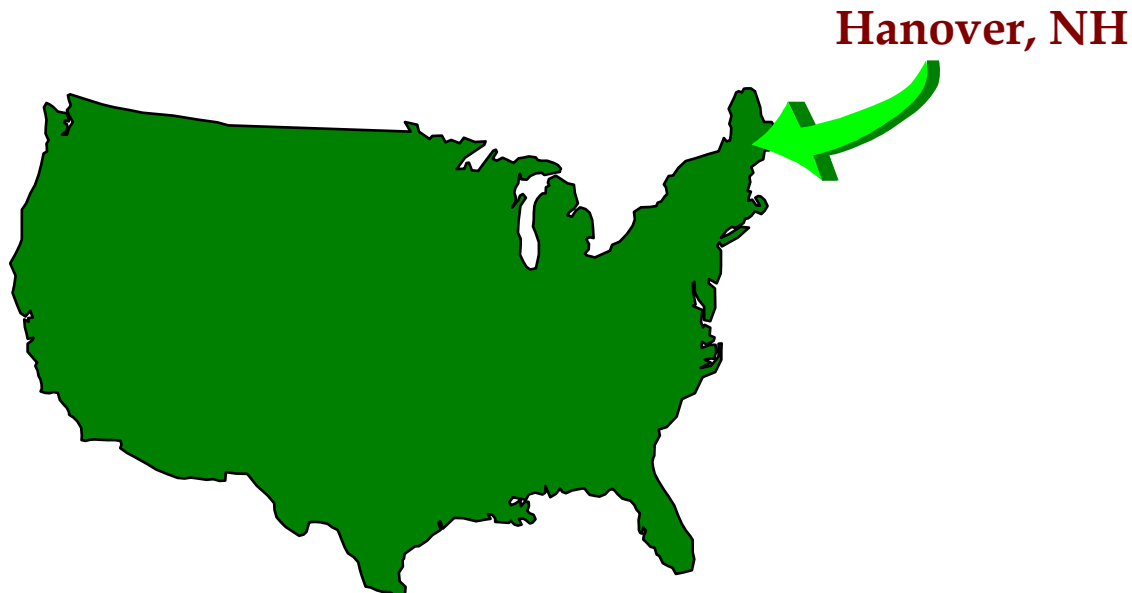
- 1943: McCulloch e Pitts propongono un modello di neurone artificiale e ne studiano le proprietà
- 1949: Donald Hebb propone un meccanismo di apprendimento nel cervello umano, tuttora di grande interesse
- 1950-53: Shannon e Turing lavorano (indipendentemente) su programmi per giocare a scacchi
- 1951: Minsky e Edmonds sviluppano il primo computer "neurale"
- 1956: Newell e Simon sviluppano il Logic Theorist





## Hanover, 1956: Nasce l'IA

Nell'estate del 1956 si tiene a Hanover, nel New Hampshire, il *Dartmouth workshop*, dove viene ufficialmente coniato il termine "Intelligenza Artificiale"





## **A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

**J. McCarthy, Dartmouth College  
M. L. Minsky, Harvard University  
N. Rochester, I.B.M. Corporation  
C. E. Shannon, Bell Telephone Laboratories**

**August 31, 1955**

We propose that a 2 month, 10 man study of artificial intelligence be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire. 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. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves. We think that a significant advance can be made in one or more of these problems if a carefully selected group of scientists work on it together for a summer. [...]



## I primi entusiasmi...

- 1961: Newell e Simon sviluppano il General Problem Solver (GPS)
- 1952-: Samuel sviluppa un programma che *impara* a giocare a dama
- 1957: Primi tentativi di traduzione automatica
- 1958: McCarthy inventa il LISP
- 1963-: Minsky e i suoi studenti studiano problemi su *micromondi* (es., ANALOGY, SHRDLU)
- 1962: Rosenblatt sviluppa il *Perceptron*, una rete neurale che apprende da esempi



## ... e le prime delusioni

- 1966: Negli USA, tutti i finanziamenti ai progetti di “traduzione automatica” sono cancellati
- 1969: Minsky e Papert pubblicano *Perceptrons*, il dove mostrano come il modello di Rosenblatt non è in grado di risolvere problemi semplicissimi
- 1971-72: Cook e Karp sviluppano la teoria della complessità computazionale, mostrando come molti problemi sono “intrattabili”



## Il boom dei *sistemi esperti*

- 1969: Feigenbaum *et al.* (Stanford) sviluppano DENDRAL, un SE per l'inferenza di strutture molecolari
- 1976: MYCIN, un SE di circa 450 regole per la diagnosi di malattie infettive
- 1979: PROSPECTOR, un SE che fornisce consulenza sull'esplorazione mineraria
- 1982: R1 un SE (commercializzato) per la configurazione di sistemi DEC VAX



# La rinascita delle reti neurali

Nella prima metà degli anni '80 le ricerche sulle reti neurali si risvegliano da un lungo letargo.

1982: Hopfield sviluppa un modello neurale basato su analogie con i sistemi fisici ferro-magnetici

1985: Hopfield e Tank applicano modelli neurali alla risoluzione di problemi intrattabili

1986: Si “re-inventa” il back-propagation, un algoritmo per l'apprendimento di reti neurali che supera i limiti evidenziati in *Perceptrons*

1987: Si sviluppa il NETtalk, un modello neurale che “impara” a parlare



## Lo stato dell'arte

Alcuni esempi di sistemi di IA esistenti oggi:

- *Deep thought*: supercomputer dell'IBM che gioca a scacchi, in grado di battere Gary Kasparov
- Sistemi di comprensione del parlato impiegati per la prenotazione di voli, o per la dettatura di referti medici
- Sistemi per il riconoscimento di volti
- Sistemi esperti in vari campi (medico, legale, finanziario,...) affiancati a esperti umani
- Sistemi per il monitoraggio del traffico
- etc. etc.



# Il corso di IA







# Contenuto del corso

- Risoluzione di problemi
- Conoscenza e ragionamento
- Apprendimento automatico
- Percezione e azione

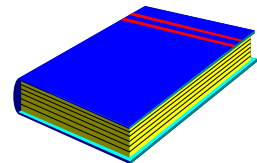


## Testo consigliato

S. Russell, P. Norving,  
*Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd edition)  
(trad it., *Intelligenza Artificiale: Un approccio moderno*)

Per la parte “dichiarativista”, si può anche consultare:

M. Ginsberg,  
*Essentials of Artificial Intelligence*.  
Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, 1993.



Per il resto: *materiale a cura del docente*.



# Modalità di esame

L'esame consisterà in:

- Prova orale
- Prova pratica

La prova pratica consisterà nello sviluppo di un programma (funzionante!) su temi sviluppati a lezione e nella sua presentazione ad un seminario.