

## Introduzione all'intelligenza artificiale

Alessio Micheli, Maria Simi  
a.a. 2015/2016

## IIA: edizione 2016

- **Struttura del corso (9 CFU):**
  - Parte 1: Risoluzione dei problemi come ricerca (Alessio Micheli) ~ 3CFU
  - Parte 2: Rappresentazione della conoscenza e ragionamento (Maria Simi) ~ 3CFU
  - Parte 3: Introduzione all'apprendimento automatico (Alessio Micheli) ~ 3CFU
- **Prerequisiti:**
  - 1 & 2: Algoritmica; logica formale
  - 3: Elementi di Analisi matematica: funzioni, calcolo differenziale; notazione e calcolo matriciale; algoritmica; elementi di calcolo della probabilità e statistica

2

## IIA: edizione 2016 (cont.)

- **Modalità di esame**
  - Verifiche intermedie
    - Inizio Aprile: solo prima parte
    - Maggio: seconda e terza
  - Prova scritta: esercizi su tutte le parti del corso
  - Prova orale

3

## IIA edizione 2016 (cont.)

- **Docenti:**
  - <http://www.di.unipi.it/~micheli>  
[micheli@di.unipi.it](mailto:micheli@di.unipi.it)
  - <http://www.di.unipi.it/~simi>  
[simi@di.unipi.it](mailto:simi@di.unipi.it)
- **Pagina del corso:**   
<http://www.di.unipi.it/~micheli/IIA-2016>

## Intelligenza Artificiale

L'Intelligenza Artificiale si occupa della

1. comprensione
  2. riproduzione
- del comportamento *intelligente*.

## L' IA come scienza empirica

L'approccio della psicologia cognitiva:

**Obiettivo:** comprensione dell'intelligenza umana

**Metodo:** costruzione di modelli computazionali, verifica sperimentale

**Criterio di successo:**

risolvere i problemi con gli stessi processi usati dall'uomo

## L'IA come disciplina informatica

L'approccio "costruttivo":

**Obiettivo:** costruzione di entità dotate di razionalità

**Metodo:** codifica del pensiero razionale; 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 operazioni 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 artificiali intelligenti" [Ginsberg 1993]

## Da "Strategic directions ... [1996]"

Il settore dell'IA consiste nell'indagine tecnologica e intellettuale, a lungo termine, che mira al raggiungimento dei seguenti obiettivi scientifici e pratici:

- costruzione di macchine intelligenti, sia che operino come l'uomo che diversamente;
- formalizzazione della conoscenza e meccanizzazione del ragionamento, in tutti i settori di azione dell'uomo;

continua ...

## ... continua

- comprensione mediante modelli computazionali della psicologia e comportamento di uomini, animali e agenti artificiali;
- rendere il lavoro con il calcolatore altrettanto facile e utile che del lavoro con persone, capaci, cooperative e possibilmente esperte.

[da *Strategic Directions in Artificial Intelligence*, ACM 1996]

## I fondamenti dell'IA

- Filosofia
- Matematica
- Economia
- Neuroscienze
- Psicologia
- Informatica
- Teoria del controllo e cibernetica
- Linguistica

## Question time

- Ma cosa significa "intelligente"?
- Provate a dare la vostra definizione ...

## Che tipo di capacità?

- Capacità di simulare il comportamento umano?
- Capacità di ragionamento logico/matematico?
- 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?
- Capacità di "immagazzinare" esperienza?

## Capacità di imitazione?



Alan Turing e il suo test



25:31

[History Cast, Enrica Salvatori, febbraio 2013

<http://www.historycast.org/>]

## 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"*

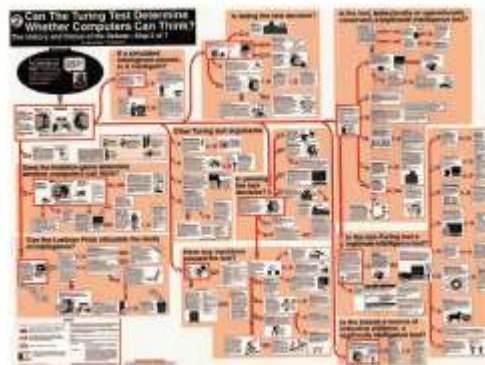
[Computing machinery and intelligence, Turing 1950]

## Obiettivo raggiunto?

- Eugene Goostman, test presso University of Reading, giugno 2014.
- Autori: Vladimir Veselov, Eugene Demchenko.
- Eugene simula un ragazzo ucraino di 13 anni in maniera credibile.
- Molto rumore nella stampa, molte reazioni scettiche

## Un grande dibattito

[<http://www.macrovu.com/CCTMap2.html>]



## 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]

## Il racconto

[da 'Macchine come noi']

New York, Settima strada, 11 maggio 1997.  
Sta per concludersi una partita a scacchi formidabile, forse la più seguita di tutti i tempi.  
In palio oltre un miliardo di lire.  
Quello con la testa tra le mani e lo sguardo corrucciato è il campione G.K., 34 anni, il più grande giocatore di tutti i tempi ...

## 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
- Deep Junior vs Michele Godona (IRST, 2004)

## 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)

## 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, R1/XCON, ...
- Oggi sono una realtà
- Il collo di bottiglia: l'acquisizione di conoscenza
- La mancanza di "buon senso" o "senso comune"

## Senso comune?

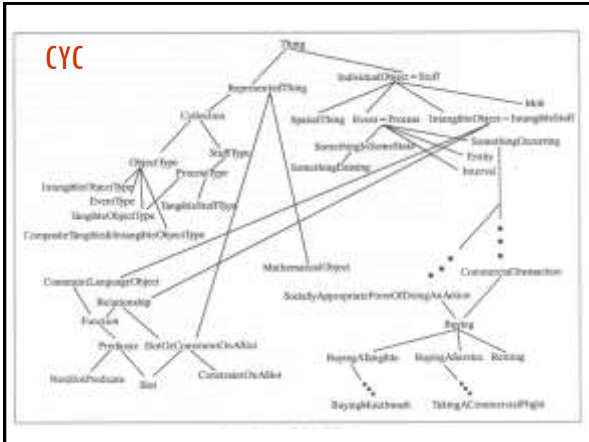
*L'abilità mentale che la maggior parte delle persone condividono.*

*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



## Open mind

(<http://www.openmind.org/>)

- Progetto più recente e meno ambizioso, che accetta contributi via Web
- ha raccolto in un anno 500.000 fatti di senso comune sotto forma di testo (cf 3 mil in Cyc)
- Esempi:
  - A piece of food usually costs less than a piece of gold.
  - You are likely to find a mouse in a PC store
  - a plain is used for growing crops.
  - going off strike is for reaching an agreement.
  - You can use a dome arch to support a roof
  - The woodchuck is a rodent that is also called the groundhog
  - Something you might do while entertaining someone is doing a belly dance

## Knowledge graphs

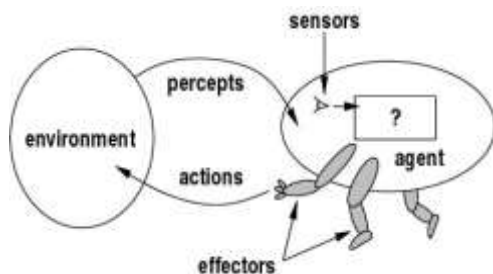
- Estrarre conoscenza dai testi e database in maniera automatica:
  - DBpedia: estrazione di informazioni strutturate da Wikipedia (2007)
  - Free base: un database di fatti su persone, luoghi e oggetti, 43 milioni topics, 2,4 miliardi fatti (acquisiti da Google, chiusi recentemente)
  - Google knowledge graph: 570 milioni di entità, 18 miliardi su fatti (dic 2012). API.
  - Babelnet (oltre 200 lingue)

## 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]

## 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, collaborare, difendersi da altri agenti
- Gli agenti hanno **credenze, obiettivi, intenzioni ...**
- Gli agenti sono **embodied**: hanno un **corpo** e forse 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

## 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, ... Leipzig 2016

## Il problema del calcio simulato

Come il gioco del calcio ma ...

- Mondo in due dimensioni
- Giocatori e palla sono cerchi e ognuno è un agente con percezioni limitate
- I movimenti sono simulati per passi



## La sfida robotica

- Robot di diverse dimensioni
  - Small Size League
  - Middle Size League
  - Legged League
  - Humanoid League

Small size league



Middle size league



Legged league



Humanoid league



Robocup a Singapore - 2010



Con avversari umani





## RoboCup Rescue

- Prima competizione a IJCAI-2001
- Scenari di disastri di vaste dimensioni
- Obiettivo: salvare vite umane
- Scenari simulati e ambienti per robot
- Ambiente ostile popolato da agenti eterogenei, lavoro di squadra, decisioni critiche in tempo reale
- <http://www.robocuprescue.org/>

## Capacità di interagire con un ambiente?

- Robot capaci di muoversi in un ambiente, evitare ostacoli, compiere semplici missioni ...
- Approccio **top-down** (agenti deliberativi)
- Approccio **bottom-up** (agenti reattivi ed evolutivi)

## Capacità di emozioni?

*"The question is not whether intelligent machines can have emotions, but whether machines can be intelligent without any emotions"*

[Minsky, The Society of Mind]

## Capacità di emozioni?

- Comprendere e dimostrare emozioni
  - Agenti credibili
  - Affective computing
  - Computer indossabili
- Ruolo delle emozioni nel meccanismo di decisione [Damasio]

## Nuove teorie

- *On Intelligence*, Jeff Hawkins [2004]
- Intelligenza come capacità di predire il futuro per analogia con il passato
- Cervello come sistema di memoria in grado di immagazzinare pattern e di fare predizioni sulla base di queste memorie
- Numenta fondata nel 2005.
- Un algoritmo di base (HTM) che spiega tutti i comportamenti intelligenti, inclusa la creatività



## La cronaca

WIRED  
January 2011

Artificial intelligence is here ...  
In fact it's all around us

**But it is nothing like we expected**

## The AI revolution?

- Successi in compiti specifici (AI non unitaria)
  - Magazzini intelligenti
  - Aspirapolveri intelligenti (iRobot Roomba)
  - Guida semi-automatica
  - Sistemi di “raccomandazione” (Amazon, Netflix, ...)
  - *Fraud detection*, agenti di borsa ...

## 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 naturale
- 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**



## 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? Può essere estratta dai dati?

## The *deep learning* tsunami

- C. Manning: le reti neurali “profonde” sono in giro da un po' di anni ma nel 2015 hanno colpito come uno tsunami il settore del NLP.
- Successi precedenti nel riconoscimento di immagini e parlato.
- I maggiori esperti (LeCun, Hinton, Bengio) sono concordi nel ritenere che ci saranno sviluppi importanti a breve nella comprensione dei testi, video, traduzione automatica, QA ...

## Google masters GO

- Nature 529, 445–446 (28 January 2016)
- *Deep-learning software defeats human professional for the first time.* AlphaGo.



## L'intelligenza artificiale va regolata?

- Lettera aperta di *Future of Life Institute* firmata da ricercatori di tutto il mondo (tra cui Stephen Hawking e Elon Musk), gennaio 2015.
  - [http://futureoflife.org/misc/open\\_letter](http://futureoflife.org/misc/open_letter)
  - Musk: A.I. "potenzialmente più pericolosa delle armi nucleari"
  - Hawkins: "lo sviluppo di una piena intelligenza artificiale potrebbe segnare la fine della razza umana"
  - Gates: "Sono tra quelli preoccupati per la super intelligenza"

## Priorità di ricerca

- L'intelligenza artificiale ... "deve fare solo quello che noi vogliamo che faccia".
  - Servono ricerche non solo per rendere l'IA più **capace** ma anche fare in modo che sia **robusta** e **benefica** per la società
    - Impatto economico e sul mercato del lavoro e sulla società
    - Responsabilità dei veicoli autonomi, etica delle macchine, armi autonome, privacy
    - Verifica (il sistema è 'corretto?'), validità (il sistema è 'giusto?')
    - Sicurezza (protezione da terzi), controllo (dei sistemi autonomi)

[[http://futureoflife.org/static/data/documents/research\\_priorities.pdf](http://futureoflife.org/static/data/documents/research_priorities.pdf)]

## In sintesi

- È difficile dare una definizione univoca di "intelligenza" e quindi di "intelligenza artificiale".
- A seconda dei periodi storici gli approcci sono diversi, l'enfasi è diversa, gli obiettivi stessi sono diversi.
- AI come alternativa all'approccio algoritmico tradizionale in presenza di incertezza.
  - Thrun: *AI is the technique of uncertainty management in computer software. AI is the discipline that you apply ... when you don't know what to do.*
  - *Sorgenti di incertezza: sensori imperfetti, dati incompleti, limiti alle capacità di calcolo ...*

## Programma 2015 – I modulo

- Introduzione
  - Obiettivi e caratterizzazione dell'Intelligenza Artificiale
  - La visione dell'Intelligenza Artificiale come costruzione di "agenti intelligenti" come quadro unificante
- PARTE I: Risoluzione di problemi come ricerca
  - Formulazione di problemi come ricerca in uno spazio di stati
  - Strategie di ricerca non informata ed euristica
  - Problemi di soddisfacimento di vincoli
  - Giochi con avversario

## Programma 2015 – I modulo

- PARTE II - Rappresentazione della conoscenza e ragionamento
  - Motivazioni e questioni basilari nella rappresentazione della conoscenza
  - Algoritmi efficienti per la soddisfacibilità
  - Deduzioni automatica: il metodo di risoluzione
  - Sistemi a regole
  - Basi di dati deduttive e programmazione logica
  - Rappresentazioni strutturate
  - Logiche per il web semantico

## Programma 2015 - Il modulo

- Introduzione all'apprendimento automatico (Alessio Micheli)
  - Paradigma, "forme" e metodi dell'apprendimento automatico
  - Apprendimento induttivo di regole proposizionali.
  - Apprendimento supervisionato: classificazione e regressione (modelli lineari)
  - Apprendimento non supervisionato (clustering)
  - Validazione: tecniche e aspetti teorici.
  - Modelli dei paradigmi Bayesiano, simbolico, sub-simbolico, instance based.
  - Esempi di applicazioni.

## Testi di riferimento

S. Russell, P. Norvig, "Intelligenza Artificiale: un approccio moderno", Prentice Hall, Terza edizione, 2010 (AIMA)

Sito di AIMA:

<http://aima.cs.berkeley.edu/>

T. Mitchell, Machine Learning, McGraw-Hill 1997

Altro ...