

## ORARI LEZIONE:

Teoria: lunedì

Laboratorio: mezzogiorno

Le attività di pratica iniziano la terza settimana. Usare =  
mo python con libreria numpy.

**Punti bonus:** è possibile ottenere punti bonus svolgendo settimanalmente gli esercizi del lab e inviandoli. Si creerà una leaderboard sulla base della performance delle soluzioni. I punti bonus assegnati dipendono dalla posizione in classifica. Se non si è tra i primi 3, si ottengono 1 o 2 punti. Se poi si consegna nulla 0 punti. Si può comunque prendere 30 all'esame anche senza aver fatto i lab.

**ESAME:** 4 domande aperte + qualche esercizio

**MATERIALI:** 10 pdf di slide su virtuale, tutte le vecchie prove di esame & relative soluzioni sul sito del prof (è linkato su virtuale), registrazioni delle lezioni 2020-2021 su virtuale.

## 1\_ML\_Introduzione

**Intelligenza:** capacità di pensare, comprendere e elaborare modelli astratti della realtà.

“**artificiale:** riproduzione delle azioni legate all'intelligenza svolta da macchine.

### RAGIONAMENTO

#### DEDUTTIVO

le fondamenta si grazie  
fosse di **DIM** e teoremi  
nella matematica. A partire  
da una regola R, posso  
scoprire il risultato R<sub>1</sub> su  
un caso C<sub>1</sub>.



Ho R e C<sub>1</sub>, trovo R<sub>1</sub>

#### INDUTTIVO

le più usato nel M.L.  
È un ragionamento  
**probabilistico** (= parto  
dall'osservazione di C<sub>1</sub> e R<sub>1</sub>  
e trovo la regola R. Non ho  
la certezza.)

La forma più comune di  
questo ragionamento è la  
**GENERALIZZAZIONE**.

#### ABDUTTIVO

Molto recente. Come  
quello INDUTTIVO, è **probabilistico**, ma invece di  
generalizzare, si ipotizza  
che un'implicazione  
valga anche al contrario  
e quindi si cerca di  
ricavare C<sub>1</sub> a partire  
da R e R<sub>1</sub>. Si usa

Un'altra è il **RACIONAMENTO**  
**PER ANALOGIA** in cui si traggono conclusioni su qualcosa in base alle sue somiglianze con qualcos'altro. Permette di **astrarre** concetti portandoli da un dominio all'altro e di **essere creativi**.  
 per questo è alla base di molti sistemi di AI generativa.

Ho  $C_1$  e  $R_1$ , trovo  $R$

per fare ipotesi.

$\downarrow$   
 $H_0$  Re  $R_1$ , trovo  $C_1$

## INTELLIGENZA ARTIFICIALE (AI) (in particolare l'AI "simbolica" o classica)

L'AI simbolica ha strumenti formali che usano "simboli", creare rappresentazioni simboli che (=leggibili dall'uomo) di problemi, logico e ricerca. Per approfondire l'argomento, il prof consiglia la "Bibbia" dell'AI simbolica: "Artificial Intelligence - A modern Approach", di S. Russel e P. Norvig.

Le tematiche principali dell'AI simbolica sono:

- PROBLEM SOLVING:
  - **SEARCH ALGORITHMS**: es Dijkstra
  - **ADVERSARIAL SEARCH & GAMES**: come implementare bot in grado di giocare a giochi livelli di strategia, tipo dama o scacchi
  - **CONSTRAINT SATISFACTION PROBLEMS**: problemi con vincoli, es sudoko. Simili alla Ricerca Operativa, ma non hanno una funzione obiettivo da min(o max)imizzare, quindi tutte le soluzioni vanno bene fintanto che i vincoli sono rispettati.

- KNOWLEDGE, REASONING & PLANNING
  - **FIRST ORDER LOGIC, INFERENCE**: es dimostratori di teoremi
  - **PROLOG**: es sistemi esperti

- UNCERTAIN KNOWLEDGE
  - Conoscenza probabilistica, gli eventi non sono V o F, ma hanno delle probabilità
  - **PROBABILISTIC REASONING**
  - **BAUERIAN NETWORKS**: permettono di utilizzare con il teorema di Bayes, e andare verso nella diagnosi re da: malattia  $\Rightarrow$  probabilità dei vari sintomi sintomi  $\Rightarrow$  probabilità delle malattie

- MULTI-AGENTS: reti di AI autonome che collaborano per risolvere problemi, specializzandosi in task comunicando e adattandosi.

- **MACHINE LEARNING** → **CLASSIFICAZIONE**, T: saranno l'80% del corso

parte che studieremo nel  
corso

REGRESSIONE,  
CLUSTERING

NEURAL NETWORKS e  
DEEP LEARNING ] : Ne faremo un po'. Si studia nel corso di  
Deep learning opzionale con Ferrara.

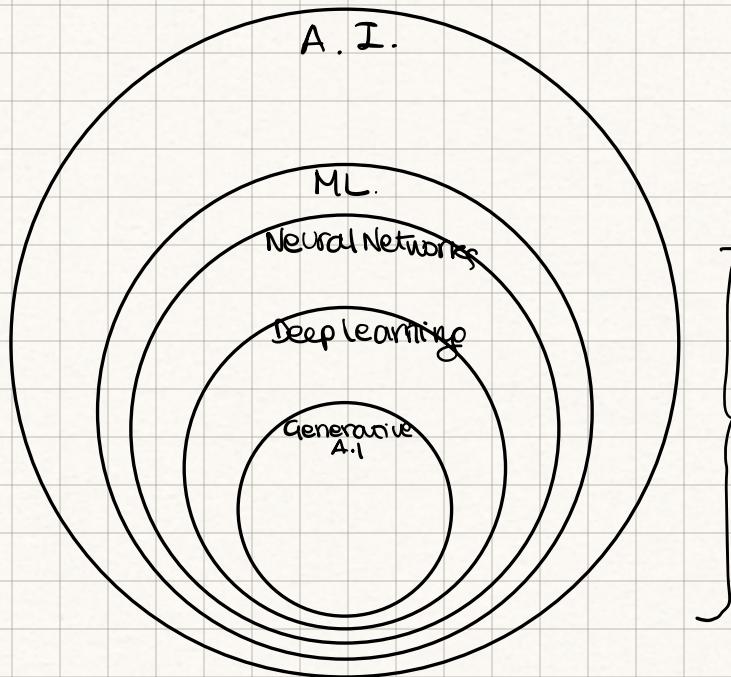
GENERATIVE AI &  
LARGE LANGUAGE  
MODELS

] : Ne parleremo proprio pochissimo. Forse  
attiveranno un corso opzionale di NLP

**def MODELLO di M.L.** : apprende, tramite **training**, a partire da esempi.  
Successivamente generalizza e gestisce nuovi dati nello **STESO DOMINIO  
APPLICATIVO**



Può gestire dati solo se provengono dallo stesso tipo di sorgente (es:  
classificazione di immagini, risponde "cane" e "gatto", se dai una foto  
di un pesce va la su gestire correttamente).

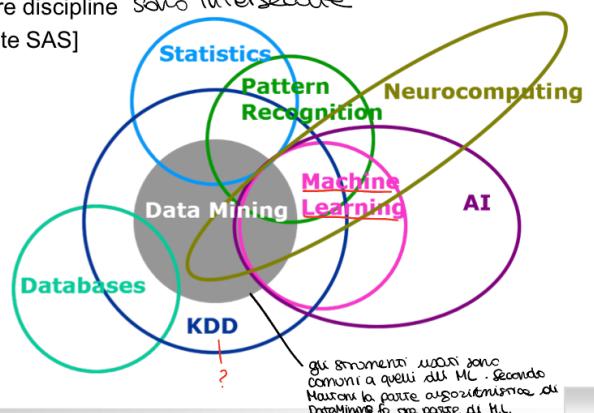


questa è l' **A.I. simbolica**

Per l'A.I., ie M.L. è fondamentale  
perché rende possibile esplorare  
i dati senza la necessità di  
programmazione esplicita.

la **BRUTE-FORCE** (= ricerca esauri-  
tiva) permette a volte di risolvere  
in modo ottimo i problemi

ML e altre discipline sono intersecate  
[Fonte SAS]



ML

semplicemente elenquando e valutando tutte le possibili alternative (scartando quelle non accettabili). Nella maggior parte dei casi, non è computazionalmente gestibile.

Alcune tecniche di ricercae non esauriente prendono il nome di **Weak AI**, hanno la caratteristica di non avere capacità di ragionamento e comprensione.

Una particolare famiglia di algoritmi denominata **EVOLUTIONARY COMPUTING** (che comprende **GENETIC ALGORITHMS**) è oggetto di grande interesse nell'ambito dell'intelligenza artificiale. Un po' come nell'evoluzione Darwiniana, gli algoritmi si "accoppiano" e creano nuovi algoritmi, e solo i migliori si accoppiano successivamente.

Per valutare alcuni modelli di AI si usava il **Test di Turing**, che definiva i modelli "intelligenti" se in grado di essere scambiati per esseri umani. Ormai è obsoleto, e per queste valutazioni si usano benchmark come:

- **BIG-bench (Beyond the Imitation Game)**: (2022) con 200 task su traditional NLP, logic, Math, Coding, competenze scientifiche e umane.
- **GPAQ-Google-Proof Q&A (2023)**: 448 domande al livello di dottorato.
- **HLE - Humanity's Last Exam (2025)**: 2500 problemi difficili su 100 tematiche.

L'AI viene impiegata in giochi (es: scacchi, domino). Le mosse danno un punteggio es: +100 per vittoria, -100 per sconfitta. Si valutano sequenze di mosse possibili scendendo in profondità. I cammini vengono espansi con un algoritmo di **minmax** che consente di scegliere sempre la mossa ottima. Alternativamente vengono usati algoritmi di **pruning**. Esempi: DEEP BLUE (IBM, 1997) aveva una profondità di 6-8 livelli. Computer moderni ponono arrivare fino a 30 livelli. Questo tipo di AI vengono prima trainati su mosaici di campioni e poi giocano contro loro stessi. Altro esempio: WATSON (IBM, 2011) vince contro i campioni del quiz televisivo Jeopardy. In questo caso non aveva di livelli, era stato trainato 400 Terabytes di informazioni, che aveva caricato in RAM. Altro esempio: ALPHAGO (Google, 2016): vinte contro un campione di Go, usava la **ricerca ad albero Monte Carlo (MCTS)** per la selezione delle mosse, guidato da 2 deep neural networks.

Le ML viene anche applicato ai videogames: DEEP MIND (Google, 2013) dimostrò la possibilità di apprendere abilità super-human in numerosi giochi arcade per la console Atari. L'input che ha usato era costituito da 4 frame (immagini) e non da dati, quindi funzionava come un giocatore umano che "guarda" lo schermo. Altro es: nel 2017 OpenAI sviluppò un bot

capace di battere un giocatore professionista al gioco Dota 2 (genere MOBA)

È applicata anche alla robotica, es RoboCup (1997-2050) o la DARPA Challenge