

---

ANNO ACCADEMICO 2024/2025

---

# Sistemi Intelligenti

---

## Teoria

Altair's Notes



**UNIVERSITÀ  
DI TORINO**



---

DIPARTIMENTO DI INFORMATICA

---



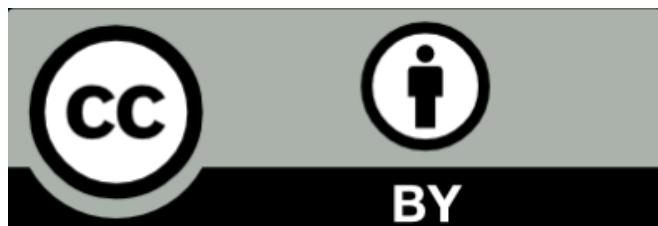
<b>CAPITOLO 1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>PAGINA 5</b>
1.1	Che Cos'è l'Intelligenza Artificiale? Un Inizio — 6 • Test di Turing — 6 • Strong e Weak AI — 8 • Esempi — 9 • Definire AI — 10	5
1.2	Risoluzione Automatica di Problemi I Problemi — 12	12
<b>CAPITOLO 2</b>	<b>TEST2</b>	<b>PAGINA 15</b>



# Premessa

## Licenza

Questi appunti sono rilasciati sotto licenza Creative Commons Attribuzione 4.0 Internazionale (per maggiori informazioni consultare il link: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



## Formato utilizzato

Box di "Concetto sbagliato":

### Concetto sbagliato 0.1: Testo del concetto sbagliato

Testo contenente il concetto giusto.

Box di "Corollario":

### Corollario 0.0.1 Nome del corollario

Testo del corollario. Per corollario si intende una definizione minore, legata a un'altra definizione.

Box di "Definizione":

### Definizione 0.0.1: Nome delle definizioni

Testo della definizione.

Box di "Domanda":

### Domanda 0.1

Testo della domanda. Le domande sono spesso utilizzate per far riflettere sulle definizioni o sui concetti.

Box di "Esempio":

### Esempio 0.0.1 (Nome dell'esempio)

Testo dell'esempio. Gli esempi sono tratti dalle slides del corso.

**Box di "Note":**

**Note:-**

Testo della nota. Le note sono spesso utilizzate per chiarire concetti o per dare informazioni aggiuntive.

**Box di "Osservazioni":**

**Osservazioni 0.0.1**

Testo delle osservazioni. Le osservazioni sono spesso utilizzate per chiarire concetti o per dare informazioni aggiuntive. A differenza delle note le osservazioni sono più specifiche.



# 1

## Introduzione

### Note:-

DISCLAIMER: questi appunti sono stati scritti da una persona che ha dovuto dare questo esame in magistrale (yeah, l'ho skippato in triennale e ora mi tocca darlo): essendo che ho dato molti esami che dipendono da questo insegnamento è possibile che in alcune sezioni dia per scontato delle cose.

### 1.1 Che Cos'è l'Intelligenza Artificiale?

Nell'immaginario l'intelligenza artificiale viene solitamente assimilata a quella di un robot antropomorfo che risolve problemi complessi e impara da essi.

Risolve problemi complessi



Impara

Robot antropomorfo



Risolve problemi complessi (?)

Robot antropomorfo



Impara

Però esistono altri tipi di IA:

- Servizi di streaming: portali per l'accesso a molti files. Utilizzano meccanismi di personalizzazione.
- Social network.
- Assistenti virtuali.
- Macchine fotografiche/Smartphone.

### 1.1.1 Un Inizio

#### Definizione 1.1.1: Intelligenza

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.

#### Note:-

Artificiale indica che non è naturale.

#### Prospettiva storica:

- 1936: Alan Turing formalizza la Turing Machine.
- 1940: ENIAC: primo computer "moderno".
- 1950: Test di Turing, quando un computer può dirsi intelligente?
- Il dubbio nasce dal contesto bellico in cui vennero sviluppati i primi computer: all'epoca solo poche persone istruite riuscivano a fare i calcoli necessari.
- 1956: Nasce l'intelligenza artificiale.

#### Breve storia dell'automazione:

- *Automazione del calcolo*: metà anni '50, pochi dati, molti calcoli.
- *Automazione di procedure amministrative e contabili*: metà anni '60, pochi calcoli, grandi molti di dati alfanumerici.
- *Automazione di fabbrica*: metà anni '70, primi robot industriali, ambiente predeterminato.
- *Automazione di ufficio*: metà anni '80, primi PC, primi strumenti per utenti non esperti.
- *Automazione della ricerca delle informazioni*: fine anni '90, internet, WEB, motori di ricerca.

#### Domanda 1.1

L'automazione è intelligenza?

**Ragionando:** la calcolatrice è automatica, ma non si può dire intelligente. Una lavatrice è automatica, ha diversi programmi e si adatta. Un rover che gira su Marte effettua esperimenti e si adatta, ha una certa autonomia. Infine, gli LLM eseguono un programma e hanno la capacità di comunicare mediante linguaggio naturale.

### 1.1.2 Test di Turing

#### Domanda 1.2

Quando un programma può dirsi intelligente?

#### Definizione 1.1.2: Turing Test (The Imitation Game)

Un'intervistatore deve capire se un'entità misteriosa è umana o è una macchina. Può fare tutte le domande che vuole su qualsiasi argomento e l'entità deve rispondere (il tutto per scritto). Al termine l'intervistatore enuncia il suo verdetto. Se dice uomo ed era macchina, la macchina ha superato il test.

**AI:**

- Data e luogo di nascita:
  - Dartmouth Conference (USA), 1956.
  - Nome scelto da John McCarthy.
- In precedenza:
  - Una macchina può pensare ed essere considerata intelligente?
  - Vari approcci: cybernetica, teoria degli automi, etc.
  - Turing test.
- Successivamente:
  - Scacchi.
  - Giochi.
  - Dimostrazioni automatiche.

**Domanda 1.3**

Basta produrre gli output attesi per dire che vi è comprensione?

- Si può dare una risposta "giusta" avendo certe conoscenze e ragionamento.
- Ma si può dare una risposta "giusta" anche tirando a caso.

**Definizione 1.1.3: Esperimento della Stanza Cinese**

Una persona interagisce con un computer, programmato per rispondere con certi ideogrammi cinesi ad altri ideogrammi cinesi ricevuti in input. Il computer parla cinese? Lo capisce?

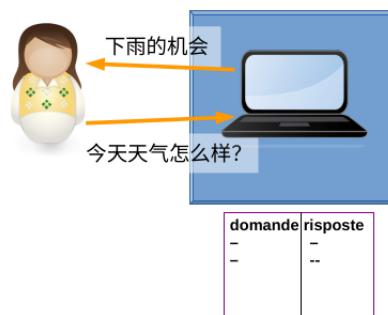


Figure 1.1: Esperimento di Searle.

**Note:-**

Ma supponiamo che una persona chiusa in una stanza ha istruzioni per rispondere con certi ideogrammi cinesi in risposta ad altri ideogrammi cinesi. Parla cinese? Lo capisce?

**Definizione 1.1.4: Test di Turing Inverso**

Usati per intercettare bot che cercano di accedere a form o a dati (C.A.P.T.C.H.A.).

**Note:-**

Una variante di questo test è usata in "Ma gli androidi sognano pecore elettriche?" (Blade Runner).



Figure 1.2: Esperimento di Searle.

### 1.1.3 Strong e Weak AI

Due tipi di intelligenza:

- **Strong AI:** è possibile riprodurre l'intelligenza umana?
- **Weak AI:** è possibile trovare dei modi per risolvere problemi che, se risolti dagli esseri umani richiederebbero intelligenza?

Obiettivo della weak AI:

- Programmare un agente artificiale in grado di:
  - Rilevare ostacoli.
  - Rilevare oggetti in movimento.
  - Costruire un piano d'azione.
  - Rilevare segnali significativi.
- In un ambiente che è:
  - Complesso.
  - Parzialmente prevedibile.
  - Parzialmente collaborativo.

**Note:-**

Nasce il binomio Agente-Ambiente.

**Definizione 1.1.5: Agente**

Un agente è un'astrazione che rappresenta un qualsiasi sistema che percepisce il proprio ambiente tramite i sensori e agisce su di esso tramite degli attuatori.

**Osservazioni 1.1.1 Caratteristiche dell'ambiente**

- Completamente osservabile: in ogni istante i sensori danno accesso a tutti gli aspetti dell'ambiente rilevanti per la scelta dell'azione.
- Parzialmente osservabile: i sensori danno accesso solo a parte dell'informazione rilevante (cause: sensori imprecisi oppure non in grado di rilevare alcuni dati).
- Deterministico: lo stato successivo è determinato dallo stato corrente e dall'azione applicata.
- Stocastico: applicando più volte una stessa azione in uno stesso stato si possono raggiungere stati diversi. Si dice strategico quando è stocastico solo per quanto riguarda le azioni degli altri agenti.
- Epistodico: l'esperienza degli agenti è divisa in episodi atomici: un episodio è dato da una percezione seguita da una singola azione (esempio: classificazione).

- Sequentiale: attività composta da più passi ognuno dei quali in generale influenzera i successivi.
- Statico: l'ambiente non cambia mentre l'agente "pensa".
- Dinamico: l'ambiente cambia mentre l'agente "pensa".
- Discreto: possono essere discreti stato, tempo, percezioni, azioni (esempio: gli scacchi hanno stati, percezioni, azioni discreti).
- Continuo: possono essere continui stato, tempo, percezioni, azioni (esempio: gli scacchi hanno tempo continuo).
- Singolo agente: viene modellata come agente una sola entità.
- Multi agente: vengono modellate come agenti più entità

### Paradigmi di programmazione:

- Approccio tradizionale:
  - Imperativo.
  - A oggetti.
  - *Non è AI*: risolve un singolo compito ed è strutturato come una sequenza di passi.
  - Descrivono il COME.
- Approccio dichiarativo:
  - Separa una descrizione del COSA da un programma generale.
  - Lo stesso programma è applicato a diverse descrizioni per risolvere problemi diversi.

#### 1.1.4 Esempi

##### Definizione 1.1.6: Mondo dei Blocchi

Tipico Toy Problem in ambito AI. Si hanno un tavolo con  $n$  posizioni e  $m$  blocchi. L'obiettivo è passare da uno stato iniziale a uno stato finale. Un agente può spostare un blocco per volta seguendo determinate regole.

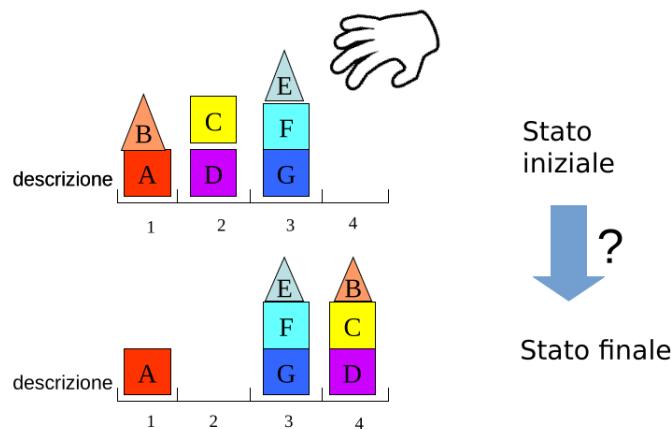


Figure 1.3: Mondo dei blocchi.

**L'agente:**

- Percepisce la situazione iniziale.
- Costruisce i passi per andare dalla situazione iniziale alla situazione finale.
- Deve determinare quali azioni lo avvicinano al *goal*.

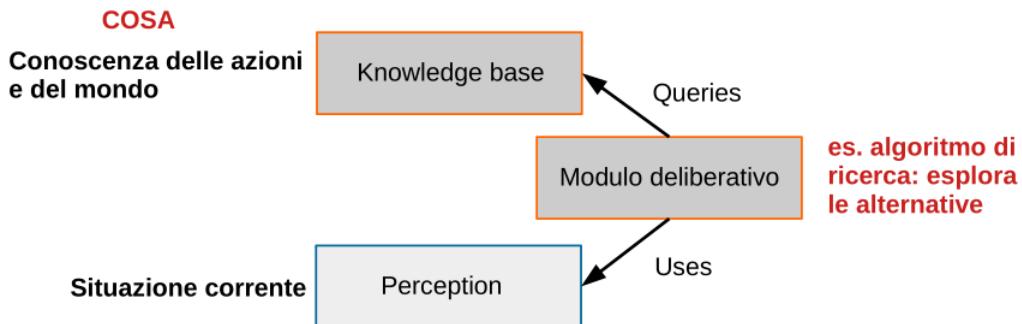


Figure 1.4: Meccanismo di deliberazione.

**Domanda 1.4**

Come scegliere le mosse?

- Dipende dal tipo di problema.
- A volte basta la prima mossa, a volte si vuole trovare una soluzione ottima.

### 1.1.5 Definire AI

**Definizione 1.1.7: Automazione**

Si deve programmare la macchina per fare ogni passo: è applicabile in domini fortemente ripetitivi.

**Definizione 1.1.8: Autonomia**

Un agente artificiale riceve compiti ad alto livello, l'utente demanda all'agente la risoluzione.

**Un agente autonomo:**

- Riceve solo compiti ad alto livello.
- Ragiona ed esplora alternative (molte mosse possibili a ogni istante).
- Riconosce quando non si può andare avanti su una strada <sup>1</sup>.
- Riconosce che si è già stati in quella situazione.
- Prima si ragiona e poi si agisce.

**Note:-**

In AI gli agenti autonomi sono un modo di concepire i programmi, in cui controllo e logica (o modello) sono chiaramente separati.

Un agente fa sempre ciò che è programmato a fare<sup>a</sup>.

<sup>1</sup>nota aggiuntiva: non proprio, dipende dal tipo di agente e dal suo control loop.

"No Terminator, sorry :"(

### Domanda 1.5

Cosa vuol dire fare la cosa giusta?

#### Definizione 1.1.9: Funzione Deliberativa

La funzione deliberativa di un agente determina le azioni che saranno eseguite. In termini informali un agente è razionale quando “fa la cosa giusta”, cioè opera per conseguire il “successo”.

#### Note:-

Occorre quindi definire una *misura di prestazione*.

**Il comportamento razionale di un agente dipende da 4 fattori:**

1. Azioni nelle facoltà dell'agente.
2. Misura di prestazione.
3. Conoscenza dell'ambiente.
4. Percezione.

#### Corollario 1.1.1 Agente Razionale

Un agente razionale dovrebbe scegliere sempre un'azione che massimizza la misura di prestazione attesa, data la particolare sequenza percettiva in oggetto e le informazioni derivabili dalla conoscenza dell'ambiente.

**Definizioni di AI:**

- Sistemi che pensano come esseri umani:
  - Haugeland, 1985.
  - Bellman, 1978.
- Sistemi che agiscono come esseri umani:
  - Kuzweil, 1990.
  - Rich e Knight, 1991.
- Sistemi che pensano razionalmente:
  - Charniak e McDermott, 1985.
  - Winston, 1992.
- Sistemi che agiscono razionalmente:
  - Poole et al., 1998.
  - Nilsson, 1998.

### Domanda 1.6

Quali problemi per l'AI:

- Non è adatta per:
  - Modelli matematici precisi.

- Metodi algoritmici specifici.
- È utile/necessaria per:
  - Problemi non deterministici.
  - Più soluzioni.
  - Dati non numerici.
  - Grandi Knowledge Base (KB).
  - Interazione con ambiente ed esseri umani.

## 1.2 Risoluzione Automatica di Problemi

In questa parte si affronta la problematica di come definire il concetto di problema e di soluzione, di distinguere tra soluzione e soluzione ottima. Sono studiati tre approcci alla risoluzione di problemi: ricerca nello spazio degli stati, ricerca in spazi con avversario (giochi ad informazione completa), risoluzione di problemi mediante soddisfacimento di vincoli.

### 1.2.1 I Problemi

- La realtà che definisce un problema può essere astratta in un insieme di stati.
- La realtà transisce da uno stato ad un altro tramite l'esecuzione di azioni (o operazioni).

**Caratteristiche:**

- *Stati discreti* (o dentro o fuori, non ci sono stati graduali).
- Effetto *deterministico* delle azioni.
- *Dominio statico* (non cambia durante l'esecuzione delle azioni).

**Esempio non deterministico:**

- Eseguendo più volte la stessa azione si possono avere conseguenze diverse.
- Si hanno *stati continui*.

#### Definizione 1.2.1: Obiettivo

Un obiettivo (goal) è un risultato verso il quale gli sforzi sono diretti. È una condizione data in termini di:

- Situazione.
- Prestazione.

#### Note:-

L'insieme degli stati obiettivo sono tutti gli stati in cui vale la condizione che li definisce.

#### Definizione 1.2.2: Algoritmo di Ricerca

L'algoritmo di ricerca determina una soluzione che, a partire da uno stato iniziale, permette di raggiungere un dato stato obiettivo. Usa:

- Una descrizione del problema.
- Un metodo di ricerca attraverso lo spazio degli stati.

**Corollario 1.2.1 Soluzione**

Una soluzione è un percorso nello spazio degli stati.

**Un problema di ricerca può essere definito come una tupla di 4 elementi:**

1. Stato iniziale: cattura la situazione a partire dalla quale viene computata la soluzione.
2. Funzione successore: dato uno stato e un'azione legale in esso calcola lo stato a cui si transisce eseguendo quell'azione in quello stato.
3. Test obiettivo: determina se lo stato a cui è applicato è lo stato goal: può verificare una proprietà o verificare l'appartenenza dello stato all'insieme degli stati target.
4. Funzione di costo del cammino: dato un percorso possibile gli assegna un costo numerico.



2

Test2

