



# Libertà, coscienza e macchine

---

Angelo Montanari

Dipartimento di Matematica e Informatica

Università degli Studi di Udine

XV Corso dei Simposi Rosminiani

Stresa, 29 agosto, 2014



# Sommario

---

- Macchine: dai primi utensili alla macchina di Turing universale
- Sistemi artificiali intelligenti: da Shakey a Justin
- Limiti pratici e teorici dei sistemi artificiali intelligenti
- Intenzionalità e macchine: la stanza cinese di Searle
- La bionica
- Conclusioni



# Macchine

---

Il fascino delle macchine e la visione “macchinista” del mondo: il cosmo e l’uomo come macchine

- uomo come macchina di natura meccanica
- uomo come macchina termodinamica
- uomo come macchina chimica
- uomo come **macchina informazionale** (corpo/mente assimilati a hardware/software)

Non è l’unico punto di vista possibile. Punto di vista alternativo: le macchine sono ciò che vi è di più umano nella natura inanimata



# Naturale e artificiale

---

L'**artificiale** quale tratto distintivo dell'umano

Per il paleoantropologo Y. Coppens, la costruzione dei primi utensili (oggetti artificiali) segna l'inizio di una **storia culturale**, di tutto ciò che non è natura (*Storia dell'uomo e cambi di clima*, Jaca Book, 2006)

Oltre che nella tecnologia, tale storia si manifesta nelle dimensioni intellettuale, spirituale, morale ed estetica dell'uomo



# L'uomo e le macchine

---

La questione fondamentale è quella del **rapporto** dell'**uomo** con le **macchine**, a fronte della crescita della **complessità** e del grado di autonomia di queste ultime

La distinzione tra chi progetta e costruisce (**progettista / costruttore**) una macchina e chi la utilizza (**utilizzatore**)

Le diverse modalità di progettazione, sviluppo e realizzazione di una macchina rispetto al passato: una singola persona non è in grado di controllare l'intero processo (conoscenza **distribuita**)



# Intenzionalità e macchine

---

Il legame tra **intenzionalità** (umana) e capacità di creare artefatti: la creazione di artefatti è per l'uomo un modo per estendere la propria intenzionalità ("i nostri strumenti -- osserva Searle -- sono estensioni dei nostri scopi/intenzioni")

L'intenzionalità trova modo di esprimersi nella creazione di artefatti, dei quali costituisce, in un certo senso, la causa finale, e, successivamente e in modo diverso, nel loro utilizzo, ma non si trasferisce ad essi



# L'intelligibilità delle macchine - 1

---

Il legame tra intenzionalità e intelligibilità delle macchine

**L'intelligibilità delle macchine**, ossia la possibilità di descriverne in modo comprensibile le caratteristiche strutturali e funzionali e le tecniche di costruzione, è condizione essenziale per il loro sviluppo e il loro utilizzo

Solo l'esistenza di una **spiegazione adeguata** (razionale) del funzionamento di una macchina complessa consente, infatti, di predirne, nei limiti del possibile, il comportamento e di diagnosticarne eventuali guasti e malfunzionamenti



# L'intelligibilità delle macchine - 2

---

La spiegazione mediante il **paradigma riduzionista**: l'analisi del sistema nel suo complesso viene ridotta all'analisi separata delle sue componenti elementari e delle loro interazioni

Efficace nel caso di macchine relativamente semplici, tale approccio diventa problematico in presenza di **meccanismi di controllo** (meccanismi di anticipazione e meccanismi di retroazione). Tali meccanismi possono essere visti come il tentativo di introdurre nella macchina un'opportuna **rappresentazione** dell'obiettivo (causa finale) per il quale la macchina è stata costruita



# Alan Turing

---





# La macchina universale

---

La rivoluzione informatica: Turing mostrò come creare una singola macchina / programma (detta **macchina di Turing universale**) in grado di fare tutto ciò che può essere fatto da una qualsiasi macchina di Turing / programma

Funzionamento della macchina di Turing universale:  
essa riceve in input una macchina di Turing MT e un ingresso per essa e si comporta esattamente come si comporterebbe MT su tale input. E' il modello matematico del **calcolatore universale**: MT e il suo input sono trattati come dati dalla macchina di Turing universale (che si comporta come un interprete degli attuali linguaggi di programmazione)

# Norbert Wiener





# Un vocabolario antropomorfo

---

Uso di un **vocabolario antropomorfo**: presente in informatica fin dalle origini (si pensi alla centralità del termine memoria), è ampiamente impiegato nella descrizione delle funzionalità dei sistemi di Intelligenza Artificiale (IA).  
Termini quali intelligenza, conoscenza, ragionamento, apprendimento e pianificazione sono di uso comune in IA

**Ragioni obiettive**: assunzione dell'animale/uomo quale modello per le ricerche nell'ambito della cibernetica (N. Wiener, *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, MIT Press, 1962). Il modello animale/uomo rimane un riferimento fondamentale anche per la ricerca contemporanea in IA, robotica e bionica



# IA forte e debole

---

## La **tentazione**:

passare dall'obiettivo di riprodurre artificialmente meccanismi e processi che caratterizzano il comportamento umano (paradigma dell'**emulazione** dell'IA debole/cauta)

all'identificazione del sistema artificiale e del suo comportamento con l'essere umano e il suo comportamento (paradigma della **simulazione** dell'IA forte)

# Marvin Minsky





# La visione “macchinista”

---

Tale posizione è affermata in modo esplicito da Minsky (M. Minsky, *The Society of Mind*, Simon and Schuster, 1988):

“Non vi alcun motivo per credere che il **cervello** sia qualcosa di diverso da una **macchina** con un numero enorme di componenti che funzionano in perfetto accordo con le leggi della fisica”

E' una declinazione particolare della posizione materialistica classica, che si contrappone ad ogni dualismo mente/corpo. Per Minsky la mente è semplicemente ciò che fa il cervello (la **mente come processo**). Tale interpretazione della mente stabilisce una stretta analogia tra la relazione tra la mente e il cervello e quella che intercorre tra le nozioni di processo (un programma in esecuzione) e di programma in informatica: per Minsky la mente è semplicemente il “cervello in esecuzione”.

# Intelligenza e macchine

Il **test di Turing** (o gioco dell'imitazione): una macchina può essere definita intelligente se riesce a convincere una persona che il suo comportamento, dal punto di vista intellettuale, non è diverso da quello di un essere umano medio







# Il test di Turing: dettagli - 1

---

Il test si svolge in tre stanze separate. Nella prima si trova l'esaminatore umano (A); nelle altre due vi sono rispettivamente un'altra persona e il computer che si sottopone al test. Dei due A conosce i nomi (B e C), ma ignora chi sia la persona e chi il Computer.

Sia B che C si relazionano separatamente con A attraverso un computer. Via computer A può porre domande a B e C e leggere le loro risposte. Compito di A è scoprire l'identità di B e C (**chi è la persona, chi è la macchina?**) entro un limite di tempo prefissato.



# Il test di Turing: dettagli - 2

---

A può effettuare qualunque tipo di domanda; il computer ovviamente cercherà di rispondere in modo tale da celare la propria identità.

La **macchina supera il test** se A non riesce a identificarla nel tempo prefissato. Il test verrà ripetuto più volte, coinvolgendo anche esaminatori diversi, in modo da ridurre i margini di soggettività.



# Turing e il comportamentismo

---

E' evidente l'influenza del **comportamentismo** in auge nella prima metà del novecento sul gioco dell'imitazione proposto da Turing per stabilire se una macchina possa essere definita intelligente

Per il comportamentismo (metodologico), l'introspezione non è uno strumento adatto allo studio della mente in quanto non può fornire alcun dato affidabile. L'unica alternativa praticabile è lo studio delle misurazioni degli stimoli/percezioni forniti ad un uomo/animale e delle risposte/azioni risultanti



# Intelligenza e corporeità

---

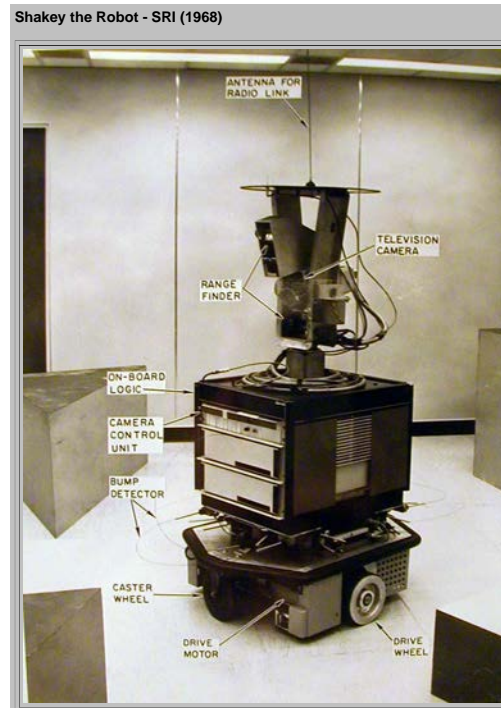
Il modello di intelligenza sotteso al Test di Turing è un modello astratto/disincarnato dell'intelligenza.

Una delle acquisizioni più importanti della ricerca in IA degli ultimi decenni è la consapevolezza del ruolo cruciale che gli organi di senso svolgono nell'interazione dell'uomo col mondo e della conseguente impossibilità di un'intelligenza (artificiale) priva di "corporeità". Ciò ha portato allo sviluppo di un rapporto sempre più stretto tra IA ("cervello senza corpo") e robotica ("corpo senza cervello").

Per paradossale che possa suonare, per avvicinarsi all'intelligenza umana l'IA deve diventare un'**intelligenza incarnata**.

# Shakey – anni '60/'70

Tanto è stato fatto da quando, nella seconda metà degli anni '60, a Stanford, è stato sviluppato Shakey, il primo robot mobile general-purpose, capace di "ragionare" sulle proprie azioni





# TMSUK 04 – anni '80/'90

---

A partire dagli anni '80, prevalentemente in Giappone, sono stati prodotti diversi robot umanoidi incaricati di svolgere compiti domestici (uno dei più famosi è TMSUK 04)





# TMSUK 04

---

Il robot viene controllato a distanza da un sistema che, attraverso una rete di telefonia cellulare, acquisisce dal robot informazioni sul suo stato corrente e sull'ambiente in cui opera (feedback visuale) e invia ad esso le necessarie istruzioni di controllo

TMSUK 04 ha 27 gradi di libertà. E' stato venduto a diverse università e istituti di ricerca impegnati in studi di ingegneria robotica. Nel 2001 è stata sviluppata una versione a 6 ruote (TmSuk04-2), prototipo di un robot per attività di ispezione

# Justin – dal 2009 (1)

Negli ultimi anni, il Centro Aerospaziale Tedesco ha sviluppato una nuova famiglia di robot umanoidi programmabili (Justin e le sue varianti) in grado di operare con una significativa autonomia







## Justin – dal 2009 (2)

---

Dotato di braccia e ruote per il movimento, controllabile da remoto attraverso la telepresenza, Justin è stato progettato per essere installato su un satellite, al fine di modificarne, qualora necessario, il comportamento (direzione e modalità di movimento) e di consentire eventuali interventi di riparazione su altri satelliti

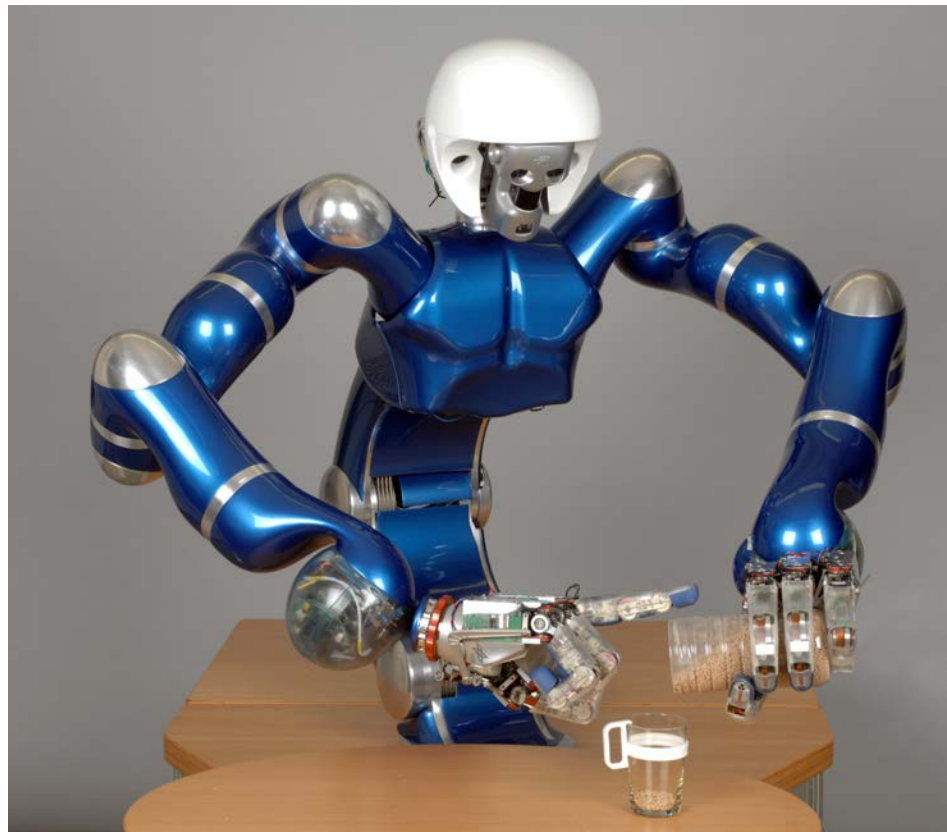
Justin può essere utilizzato anche sulla terra per eseguire alcuni semplici compiti. Sono disponibili su youtube dei video che mostrano come Justin sia in grado di preparare in completa autonomia un tè o un caffè



# Justin – dal 2009 (3)

---

Justin impegnato nella preparazione del caffè





# Qualità di un sistema artificiale

---

La qualità di un sistema artificiale dipende

- dalla qualità delle **conoscenze** a disposizione del sistema
  - conoscenze fattuali di senso comune sul dominio di interesse
  - conoscenze, codificate in forma procedurale, alla base delle funzionalità di comunicazione ed elaborazione delle informazioni
- dalla qualità degli **organi di senso** artificiali (percezioni visive, acustiche, tattili) e delle componenti deputate all'esecuzione delle azioni pianificate



# Alcuni limiti di Justin

---

Dal punto di vista dell'IA, Justin presenta alcuni limiti significativi:

- Grado di **autonomia**: il comportamento di Justin è sofisticato, ma molto vincolato (pre-programmato)
- **Struttura gerarchica**: le conoscenze a disposizione di Justin sono organizzate in modo fortemente gerarchico (dal livello della percezione al livello della rappresentazione e del ragionamento simbolico e da tale livello al livello dell'azione; I rapporti tra il livello della percezione/azione e il livello della rappresentazione e del ragionamento simbolici sono gestiti da un "magico" livello intermedio).

Occorre un'organizzazione molto più flessibile (si veda il modello della società della mente di Minsky)



# Limiti pratici e teorici

---

In generale, è difficile definire dei **limiti operativi/pratici** alla riproduzione artificiale di specifici comportamenti ritenuti tipici/esclusivi dell'uomo

Le affermazioni circa l'impossibilità da parte del calcolatore di riprodurre questo o quel comportamento (penso, ad esempio, al tema delle emozioni) sono almeno altrettanto difficili da sostanziare delle affermazioni contrarie

Vi sono, però, dei **limiti teorici** insuperabili, nelle forme della indecidibilità e, sia pure in un senso diverso, dell'intrattabilità, che delimitano lo spazio delle possibilità dell'IA



# Problemi indecidibili

---

Uno dei risultati più importanti (della logica matematica e) dell'informatica è stato la scoperta dell'esistenza di problemi per i quali non esistono algoritmi/programmi in grado di risolverli (**problemi indecidibili**)

E non si tratta di problemi marginali o irrilevanti, ma, in molti casi, di problemi di importanza fondamentale

Ad esempio, non esiste un algoritmo in grado di stabilire se, dati un programma e un suo possibile input, l'esecuzione di tale programma sullo specifico input termina o meno (**problema della terminazione**)



# Problemi intrattabili

---

La situazione è, in verità, ancora "peggiore": vi sono problemi decidibili la cui soluzione risulta troppo onerosa dal punto di vista delle risorse di tempo di calcolo e/o di spazio di memoria necessarie ad un algoritmo per risolverli (**problemi intrattabili**)

E' questo il caso degli **scacchi**: un programma che volesse esaminare gli effetti di tutte le mosse possibili in modo da poter scegliere, ad ogni passo, la miglior mossa in assoluto richiederebbe l'analisi di un numero di mosse molto maggiore del numero totale di protoni presenti nell'universo (necessità di **euristiche**)



# Un punto di vista concreto

---

Le limitazioni dell'intelligenza algoritmica (indecidibilità e intrattabilità) **impediscono** di avere un **controllo completo** sul comportamento di un sistema artificiale informatico

Non appena i compiti che il sistema deve eseguire diventano sufficientemente generali, il modello computazionale sottostante deve essere sufficientemente potente e, conseguentemente, non c'è modo di garantire che il sistema soddisfi le proprietà attese (teorema di Rice)





# Potere computazionale e controllo

---

C'è un **trade-off** tra potere espressivo/computazionale di un sistema e livello di controllo del suo comportamento: ogni aumento del primo si traduce in una riduzione del secondo

Il problema della **responsabilità**: l'effettivo bilanciamento tra potere computazionale e controllabilità deve essere preso in considerazione ogni volta che dobbiamo stabilire la responsabilità delle azioni, e dei relativi effetti, intraprese da una macchina, specialmente in presenza di un gruppo composto da esseri umani e macchine che ha il compito di definire una strategia di intervento e di realizzarla



# Esseri umani e cicli di controllo

---

L'interazione tra un sistema aperto e il suo ambiente (comunicazione asincrona) è spesso soggetta a vincoli temporali che non consentono di assicurare la presenza di un essere umano nei **cicli di controllo**

I sistemi devono essere in grado di prendere delle **decisioni autonome** (decisioni che non prevedono alcuna esplicita autorizzazione da parte di un essere umano), per prevenire un incidente/guasto o per circoscriverne gli effetti



# Il caso del machine learning

---

Dal momento che non possiamo fornire ad un sistema un insieme di conoscenze completo e imm modificabile, a partire dal quale ogni altra conoscenza di interesse possa essere derivata mediante opportune procedure, in un unico passo iniziale, il sistema deve essere in grado di **estendere** in modo automatico, ed eventualmente **rivedere**, la propria conoscenza

**Diversi approcci** all'acquisizione della conoscenza (tecniche di apprendimento simbolico, reti neurali, algoritmi evolutivi).  
Tutte sono fallibili (definizione del bias induttivo, scelta del training set)

**Il problema del machine learning:** possono i sistemi indurre regole generali, da usare per future predizioni, sulla base delle regolarità rilevate fino ad un certo punto?



# Libertà, coscienza e macchine

---

Riassumendo...

- la visione "**macchinista**"
- ragioni e limiti di un **vocabolario antropomorfo**
- macchine e **intenzionalità derivata**



# La libertà delle macchine

---

L'affermazione circa la possibilità di riprodurre artificialmente caratteristiche e comportamento dell'essere umano (sistemi di intelligenza artificiale) si presta a due letture speculari:

(i) se il comportamento di una macchina sarà assimilabile a quello dell'uomo, sarà possibile parlare di **libertà**, e responsabilità, **delle macchine**

(ii) se il comportamento dell'uomo sarà assimilabile a quello di una macchina, non sarà più possibile parlare (e, retrospettivamente, si è parlato inappropriatamente) di libertà, e responsabilità, dell'uomo (**riduzionismo**)

Due movimenti apparentemente opposti (innalzare/ridurre), nella sostanza convergenti



# Intenzionalità e macchine

---

La **questione**: “si può parlare di libertà delle macchine?” può essere riformulata come: “si può dare intenzionalità nelle macchine?”

Questioni collegate/sottese:

- qual è il rapporto tra **menti (persone umane)** e **macchine**?
- si può instaurare una corrispondenza tra stati mentali/cerebrali e stati di una macchina?
- possiamo parlare di (auto)coscienza delle macchine (ad esempio, rispetto al problema della responsabilità delle macchine)?

## L'approccio riduzionista

Angelo Montanari, “Riduzionismo e non in Intelligenza Artificiale”, *Anthropologica*, Annuario di Studi Filosofici, 2009, pp. 113-128.

# John Searle





# La stanza cinese di Searle

---

Tesi fondamentale: impossibilità per una macchina di manifestare l'**intenzionalità** che caratterizza gli esseri umani e, sia pure in forme diverse, gli animali

**Intenzionalità**: caratteristica che contraddistingue certi stati mentali, quali le credenze, i desideri e le intenzioni, diretti verso oggetti e situazioni del mondo

Per Searle, l'intenzionalità è un dato di fatto empirico circa le effettive relazioni causali tra mente e cervello, che consente (unicamente) di affermare che certi processi cerebrali sono sufficienti per l'intenzionalità





# Intenzionalità e programmi

---

Per Searle, l'esecuzione di un programma su un dato input (**processo** nel linguaggio informatico comune) non è mai di per se stessa una condizione sufficiente per l'intenzionalità

## La “dimostrazione”

Searle immagina di sostituire un agente umano al calcolatore nel ruolo di esecutore di una specifica istanza di un programma e mostra come tale esecuzione possa avvenire alcuna forma significativa di intenzionalità



# L'esperimento mentale di Searle

---

La struttura dell'**esperimento mentale**: una teoria della mente può essere confermata/falsificata immaginando che la propria mente operi secondo i principi di tale teoria e verificando la validità o meno delle affermazioni/previsioni della teoria

## L'esperimento mentale di Searle:

Searle prende in esame i lavori sulla simulazione della capacità umana di **comprendere narrazioni**

Caratteristica distintiva di tale abilità: la capacità di rispondere a domande che coinvolgono informazioni non fornite in modo esplicito dalla narrazione, ma desumibili da essa sfruttando conoscenze di natura generale



# L'esperimento in dettaglio - 1

---

Searle immagina che una persona venga chiusa in una stanza e riceva **3 gruppi di testi** scritti in una lingua a lei sconosciuta (**cinese**), interpretabili (da chi fornisce i testi) rispettivamente come il testo di una narrazione, un insieme di conoscenze di senso comune sul domino della narrazione e un insieme di domande relative alla narrazione

Immagina, inoltre, che tale persona riceva un **insieme di regole**, espresse nella propria lingua (**inglese**), che consentano di collegare in modo preciso i simboli formali che compaiono nel primo gruppo di testi a quelli che compaiono nel secondo e **un altro insieme di regole**, anch'esse scritte in una lingua a lei nota, che permettano di collegare i simboli formali che compaiono nel terzo gruppo di testi a quelli degli altri due e che rendano possibile la produzione di opportuni simboli formali in corrispondenza di certi simboli presenti nel terzo gruppo di testi



# L'esperimento in dettaglio - 2

---

Le **regole** vengono interpretate (da chi le fornisce) come un **programma** e i **simboli prodotti** come **risposte** alle domande poste attraverso il terzo gruppo di testi. Quanto più il programma è ben scritto e l'esecuzione delle regole spedita, tanto più il comportamento della persona sarà assimilabile a quello di un parlante nativo (un cinese)

Immaginiamo ora uno scenario in cui la persona riceva il testo narrativo e le domande ad esso relative nella propria lingua (**inglese**) e fornisca le risposte in tale lingua, sfruttando la propria conoscenza di senso comune. Tali risposte saranno indistinguibili da quelle di un qualunque altro parlante nativo, in quanto la persona è un parlante nativo



# L'esperimento in dettaglio - 3

---

Dal punto di vista esterno, le risposte fornite in lingua cinese e quelle fornite in lingua inglese saranno egualmente buone; il modo in cui vengono prodotte è, però, radicalmente diverso.

A differenza del secondo caso, nel primo caso le risposte vengono ottenute attraverso un'opportuna manipolazione algoritmica di simboli formali ai quali la persona non associa alcun significato (simboli non interpretati).

**Il comportamento della persona è, in questo caso, del tutto assimilabile all'esecuzione di un programma** su una specifica istanza da parte di un sistema artificiale.



# Esito dell'esperimento

---

**Esito dell'esperimento:** la capacità (di un uomo/una macchina) di manipolare le informazioni ricevute secondo regole formali ben definite non è sufficiente a spiegare il processo di comprensione (non vi è nemmeno alcuna evidenza che essa debba essere una condizione necessaria) – “carattere non intenzionale, e, quindi, semanticamente vuoto, dei simboli elaborati da un sistema artificiale” (Diego Marconi)

**Conclusione:** i processi mentali non possono essere ridotti a processi di natura computazionale che operano su elementi formalmente definiti

**Osservazione:** confutazione della validità del cosiddetto test di Turing



# Conseguenze

---

L'affermazione dell'**irriducibilità** dell'intenzionalità all'esecuzione di programmi su particolari input ha alcune importanti conseguenze:

- impossibilità di spiegare le modalità con le quali il cervello produce l'intenzionalità attraverso il meccanismo della istanziazione di programmi
- ogni meccanismo in grado di produrre intenzionalità deve avere abilità di tipo causale pari a quelle del cervello

Problemi (irrisolti): cosa differenzia il caso in cui la persona comprende il testo (inglese) da quello in cui non vi è alcuna comprensione (cinese)? Questo qualcosa può (se sì, come) essere trasferito ad un macchina?



# Il problema della sintesi

---

Le ragioni dell'**inadeguatezza** dei **sistemi artificiali**:  
l'affermazione circa l'inadeguatezza dei sistemi di manipolazione di simboli formali va inquadrata nella problematica generale dell'incompletezza, e in subordine indecidibilità, dei sistemi formali di calcolo sufficientemente espressivi

Il fatto che (l'uomo visto come) un sistema di manipolazione di simboli formali non realizzi alcuna forma di comprensione potrebbe essere spiegato con l'impossibilità di realizzare un sistema di calcolo corretto e completo in grado di catturare il processo di comprensione (lo stesso vale per le altre capacità cognitive). Se un tale sistema non può esistere, ne segue che non può essere attraverso un tale sistema che l'uomo realizza la comprensione e le altre sue capacità cognitive





# La bionica

---

La frontiera forse più interessante è, però, quella della **bionica**.

La bionica muove da una prospettiva diversa: non più la sostituzione dell'uomo col robot nell'esecuzione di compiti sempre più sofisticati, ma uomo e macchina come **sistema integrato**.

Essa integra conoscenze di biologia, neuroscienza, elettronica e informatica con l'obiettivo di impiantare all'interno del corpo umano dei dispositivi artificiali.

Fra i dispositivi correntemente in uso o in avanzata fase di sperimentazione, finalizzati al recupero di capacità percettive o motorie, trovano posto i dispositivi per la stimolazione riabilitativa per la terapia del dolore cronico, le protesi utilizzate per compensare anatomicamente i canali neurali, gli impianti per la neurostimolazione, gli impianti cocleari, gli impianti retinici.



# Conclusioni

---

Si può parlare di libertà/coscienza delle macchine (e degli esseri umani)? Due forme di **riduzionismo**:

- assimilazione della mente ad un calcolatore (oggetto della presente relazione)
- assimilazione della mente al cervello (questione aperta)

Alcune strade “problematiche”: la nozione di **proprietà emergente**; **libertà** e principio di indeterminazione della fisica quantistica

Il ruolo delle **relazioni** fra gli elementi presenti ad un certo livello di descrizione di un sistema e l'influenza che esse esercitano sui livelli superiori di descrizione del sistema, a loro volta caratterizzati da un insieme di elementi (in generale diversi) fra loro in relazione: Qual è la natura delle relazioni? Qual è il loro “substrato materiale”?



# Alcuni riferimenti bibliografici

---

- M. Davis, *The Universal Computer. The Road from Leibniz to Turing*, W. W. Norton & Company, 2000
- D. Harel, *Computers Ltd. What they really can't do*, Oxford University Press, 2000
- M. Minsky, *The society of mind*, Simon and Schuster, 1986
- J. R. Searle, Minds, brains, and programs, *Behavioral and Brain Sciences*, volume 3, 1980
- A. M. Turing, Computing Machinery and Intelligence, *Mind*, volume 59, 1950
- N. Wiener, *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, MIT Press, 1962



# Alcuni riferimenti bibliografici

---

- A. Montanari, Alcune questioni di tecnoetica dal punto di vista di un informatico, *Teoria* XXVII/2, 2007
- A. Montanari, Riduzionismo e non in Intelligenza Artificiale, *Anthropologica, Annuario di Studi Filosofici*, 2009
- A. Montanari, Per un vocabolario filosofico dell'informatica, in: *Istanze Epistemologiche e Ontologiche delle Scienze Informatiche e Biologiche*, a cura di G. Cicchese, A. Pettorossi, S. Crespi Reghizzi, V. Senni, Città Nuova, 2011
- A. Montanari, Scienza e immortalità terrena, in: *La sfida postumanista. Colloqui sul significato della tecnica*, a cura di L. Grion, Il Mulino, 2012
- A. Montanari, Intenzioni e fini nei sistemi artificiali intelligenti, in: *Intenzioni e fini*, a cura di R. Presilla e S. Rondinara, Città Nuova, 2014, in stampa