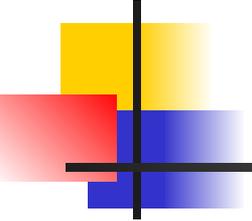


Il corpo delle macchine

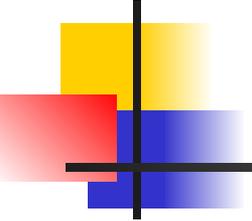
Angelo Montanari
Dipartimento di Matematica e Informatica
Università degli Studi di Udine

Gruppo Giovanni Prodi
76° Convegno "Scienza e Fede"
Fognano, 14 novembre, 2015



Sommario

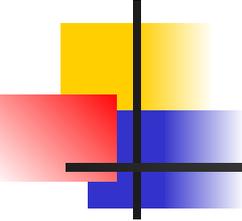
- **Naturale e artificiale**
- **Il corpo delle macchine**
 - Dai primi utensili alla macchina di Turing universale
- **Robotica e bionica**
 - I sistemi artificiali intelligenti (da Shakey a Justin)
 - Limiti teorici e pratici dei sistemi artificiali intelligenti
 - La bionica
- **Conclusioni**



L'esaltazione delle 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)



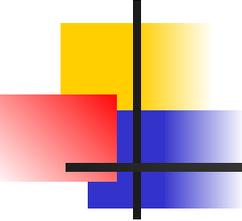
Il rifiuto delle macchine

La visione macchinista coesiste con posizioni di forte **rifiuto**, che inseguono un impossibile ritorno ad una natura incontaminata

Vi è un sentire, comune a molti, che vede nell'affermarsi di una società dell'informazione sempre più pervasiva ed invasiva la causa di un processo di crescente alienazione, che rende l'uomo estraneo a se stesso e al mondo che lo circonda, e ritiene indispensabile il recupero di un diverso rapporto tra l'uomo e la natura

In tale posizione ritroviamo sia elementi tradizionali della critica alla civiltà delle macchine sia considerazioni che riguardano caratteristiche e problematiche peculiari della società dell'informazione

Non mi occuperò delle possibili modalità di tale recupero, né, prima ancora, della sua ragionevolezza e praticabilità

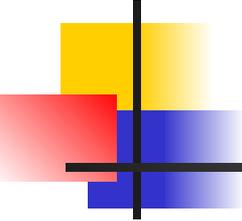


Naturale e artificiale

- Non sono gli unici punti di vista possibili
- Punto di vista alternativo: le macchine sono ciò che vi è di più umano nella natura inanimata
- 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

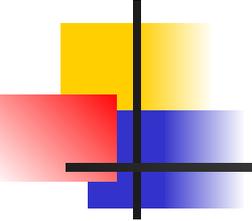


L'uomo e le macchine

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**)

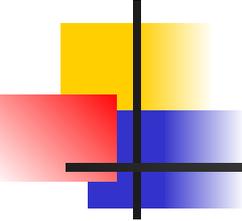
Le diverse modalità di progettazione, sviluppo e realizzazione di una macchina rispetto al passato: una singola persona non è in grado di controllare l'intero processo (conoscenza **distribuita**)



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

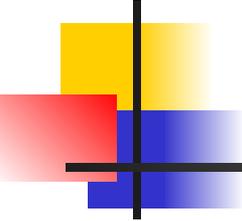


L'intelligibilità delle macchine - 1

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

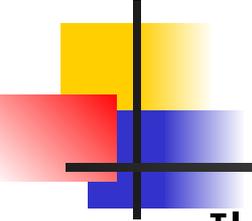
Solo l'esistenza di una **spiegazione adeguata** (razionale) del funzionamento di una macchina complessa consente, infatti, di predirne, nei limiti del possibile, il comportamento e di diagnosticarne eventuali guasti e malfunzionamenti



L'intelligibilità delle macchine - 2

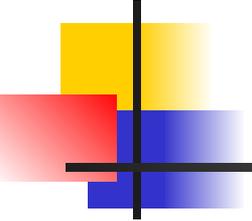
La spiegazione mediante il **paradigma riduzionista**:
l'analisi del sistema nel suo complesso viene ridotta all'analisi separata delle sue componenti elementari e delle loro interazioni

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



Aspetti problematici del rapporto uomo-macchina - 1

- Il bisogno, di natura essenzialmente psicologica, di dare un aspetto umano (antropomorfo) alle macchine o ad alcune delle loro componenti
- In taluni casi tale scelta risponde a motivazioni di natura tecnico-funzionale; in altri casi no
- Il processo di **antropomorfizzazione** dei sistemi artificiali, che s'accompagna all'utilizzo di un vocabolario antropomorfo nella descrizione di dispositivi/meccanismi/processi che definiscono il loro comportamento, riflette l'esigenza che l'uomo ha di umanizzarle, per aumentare il livello di familiarità ed empatia e ridurre i sentimenti di estraneità e paura
- Nel contempo, esso è anche all'origine di fraintendimenti e indebite attribuzioni di alcuni tratti distintivi dell'uomo e/o dell'animale alla macchina

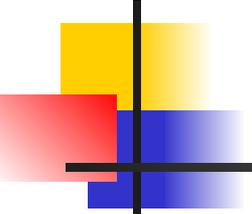


Aspetti problematici del rapporto uomo-macchina - 2

- Un secondo aspetto riguarda la trasformazione della macchina in **idolo**
- Da sempre la macchina esercita un grande fascino sull'uomo che l'ha pensata, l'ha costruita e/o la utilizza
- Nell'esaltazione della macchina, l'uomo si compiace di quanto è riuscito a realizzare
- La visione macchinista va oltre e fa diventare la macchina il modello di riferimento. L'uomo dimentica l'origine della macchina e riduce se stesso (e il cosmo intero) ad una macchina. E' questa la posizione di Minsky che rivendica la legittimità/utilità dell'uso di termini antropomorfici nella descrizione delle macchine (computer) non rilevando alcuna differenza sostanziale tra macchine (computer) ed esseri umani

Marvin Minsky



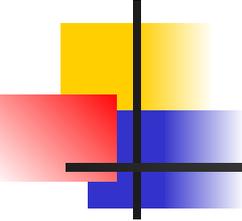


Il punto di vista di Minsky

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

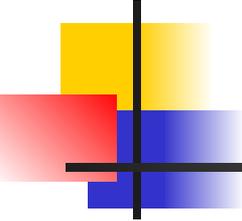
“Non vi alcun motivo per credere che il **cervello** sia qualcosa di diverso da una **macchina** con un numero enorme di componenti che funzionano in perfetto accordo con le leggi della fisica”

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”.



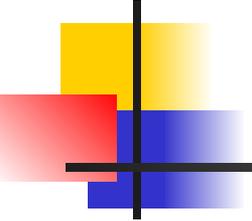
La paura della macchina

- Si verifica qui un capovolgimento di prospettiva: non più uomo e macchina come modelli per la costruzione della macchina, ma la **macchina come modello** dell'uomo
- L'uso della macchina quale modello dell'uomo è stato esplorato in molteplici ricerche nell'ambito dell'IA e delle scienze cognitive. Va in tale direzione, ad esempio, la costruzione di robot umanoidi da utilizzare quali modelli per gli esseri umani. Tali robot vengono usati quali cavie per corroborare o falsificare teorie del comportamento umano
- L'altra faccia dell'esaltazione della macchina (la macchina come idolo) è la **paura della macchina**, il paradosso del creatore (uomo) che teme una potenziale condizione di sudditanza rispetto alla sua creatura (macchina)



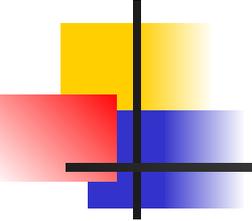
Le macchine informazioni

- Tradizionalmente, una macchina era in grado di svolgere un dato insieme di compiti, anche estremamente sofisticati, e sul numero e la complessità di tali compiti veniva misurata la sua qualità. Le macchine per l'elaborazione dell'informazione (**macchine informazionali**) hanno radicalmente cambiato lo scenario
- Diverse delle considerazioni svolte nella precedente sezione si applicano, in linea di principio, a qualunque macchina/artefatto, altre fanno specificamente riferimento a tali macchine
- Le caratteristiche delle macchine odierne, nelle quali le componente informazionale gioca un ruolo sempre più importante, hanno, infatti, cambiato in profondità il rapporto dell'uomo con le macchine
- In particolare, la **complessità**, la **pervasività** e il grado di **autonomia** di tali macchine hanno reso il rapporto molto più intenso e articolato



Alan Turing



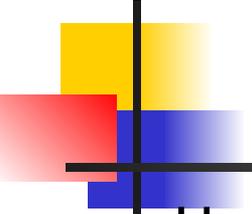


La macchina universale

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)

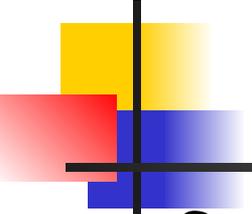


Stupore e (assenza di) limiti

- Howard Aiken, fondatore dello Harvard Computation Laboratory (1956):

“Se risultasse che le logiche di base di una macchina progettata per la soluzione numerica di equazioni differenziali coincidono con quelle di una macchina destinata a preparare le fatture di un grande magazzino, penserei che si tratta della più stupefacente coincidenza della mia vita”

- Oggi sappiamo che non ci sono **limiti “esterni”** alla tipologia di problemi che possono essere affrontati e risolti mediante una macchina di Turing/programma
- Sappiamo che ci sono, invece, dei **limiti “interni”**: problemi indecidibili e intrattabili



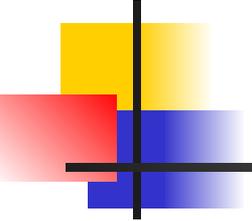
Dal cosa al come

- Se dalla molteplicità di compiti che il calcolatore (universale) è in grado di svolgere (il **cosa**), spostiamo lo sguardo al modo in cui esso realizza tali compiti (il **come**), riconosciamo subito lo stretto rapporto che lega il calcolatore alla logica simbolica / al ragionamento formale
- E' lo stesso Turing (intervento alla London Mathematical Society) a riconoscere nella logica simbolica il linguaggio attraverso il quale è possibile comunicare con tali macchine
- In tale contesto, emerge in modo naturale l'idea di stabilire un collegamento tra il modo in cui l'informazione (conoscenza) viene rappresentata ed elaborata in modo simbolico dal calcolatore e il modo in cui essa viene memorizzata e manipolata dall'essere umano

Intelligenza e macchine

Il **test di Turing** (o gioco dell'imitazione): una macchina può essere definita intelligente se può essere programmata in modo tale da consentirle di conversare con un essere umano senza che questo sia in grado di capire se sta conversando con un calcolatore o con un altro essere umano





Turing e il comportamentismo

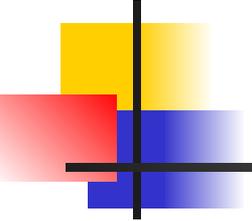
E' evidente come l'idea di intelligenza alla quale fa implicito riferimento il test di Turing sia fortemente influenzata dal **comportamentismo** (metodologico), che ritiene l'analisi degli stimoli (percezioni) forniti e delle risposte (azioni) ricevute l'unica strada praticabile per uno studio scientifico della mente e rifiuta ogni forma di introspezione

Il test è stato sottoposto a diverse **critiche**

La prima (la meno interessante) è quella di chi osserva come ancor oggi si sia ben lontani dalla capacità di sintetizzare un programma con tali caratteristiche (il test di Turing è un **esperimento mentale**)

John Searle





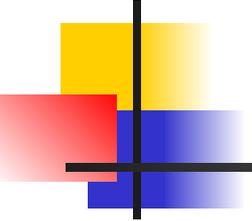
La critica di Searle

Più significativa è la critica di chi afferma che anche l'eventuale manifestazione di un simile comportamento da parte di una macchina non sarebbe sufficiente per attribuire ad essa una qualche forma di intelligenza. E' questa, ad esempio, la posizione di John Searle, espressa attraverso il famoso **argomento della stanza cinese**

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

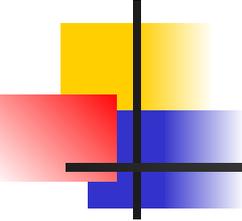


Intelligenza e linguaggio

- Terzo importante limite dell'esperimento di Turing:

il gioco dell'imitazione attribuisce un ruolo fondamentale alla comunicazione linguistica nel comportamento intelligente e non vi è chi non veda lo stretto legame che unisce intelligenza e linguaggio

al tempo stesso, esso impone che venga escluso (mascherato) ogni aspetto legato alla **corporeità**

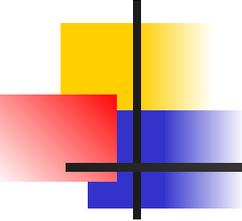


Un'intelligenza incarnata

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 e di attuazione 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**



Robotica

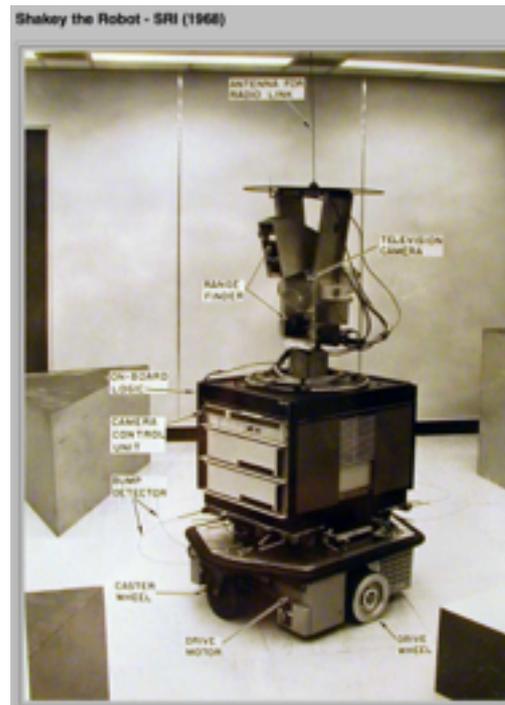
La **qualità** di un **sistema artificiale** dipende

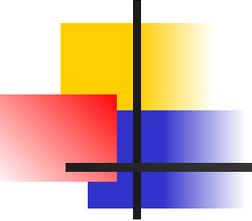
- dalla qualità delle **conoscenze** a disposizione del sistema
 - conoscenze fattuali di senso comune sul dominio di interesse
 - conoscenze, codificate in forma procedurale, alla base delle funzionalità di comunicazione ed elaborazione delle informazioni
- dalla qualità degli **organi di senso** artificiali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

La qualità del sistema dipende soprattutto dall'**interazione** tra le componenti deputate alla gestione della conoscenza e le componenti responsabili delle attività di rilevazione (**sensing**) e di **attuazione**

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

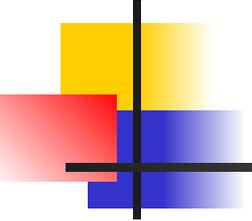




TMSUK 04 – anni '80/'90

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)

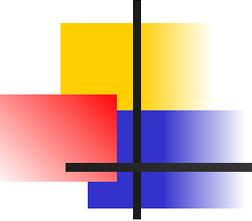




TMSUK 04

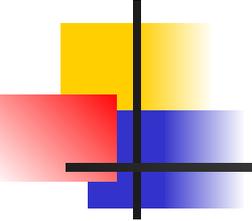
Il robot viene controllato a distanza da un sistema che, attraverso una rete di telefonia cellulare, acquisisce dal robot informazioni sul suo stato corrente e sull'ambiente in cui opera (feedback visuale) e invia ad esso le necessarie istruzioni di controllo

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)

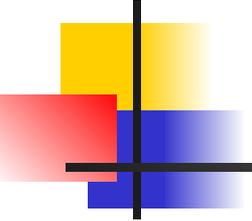
Negli ultimi anni, il Centro Aerospaziale Tedesco ha sviluppato una nuova famiglia di robot umanoidi programmabili (Justin e le sue varianti) in grado di operare con una significativa autonomia



Justin – dal 2009 (2)

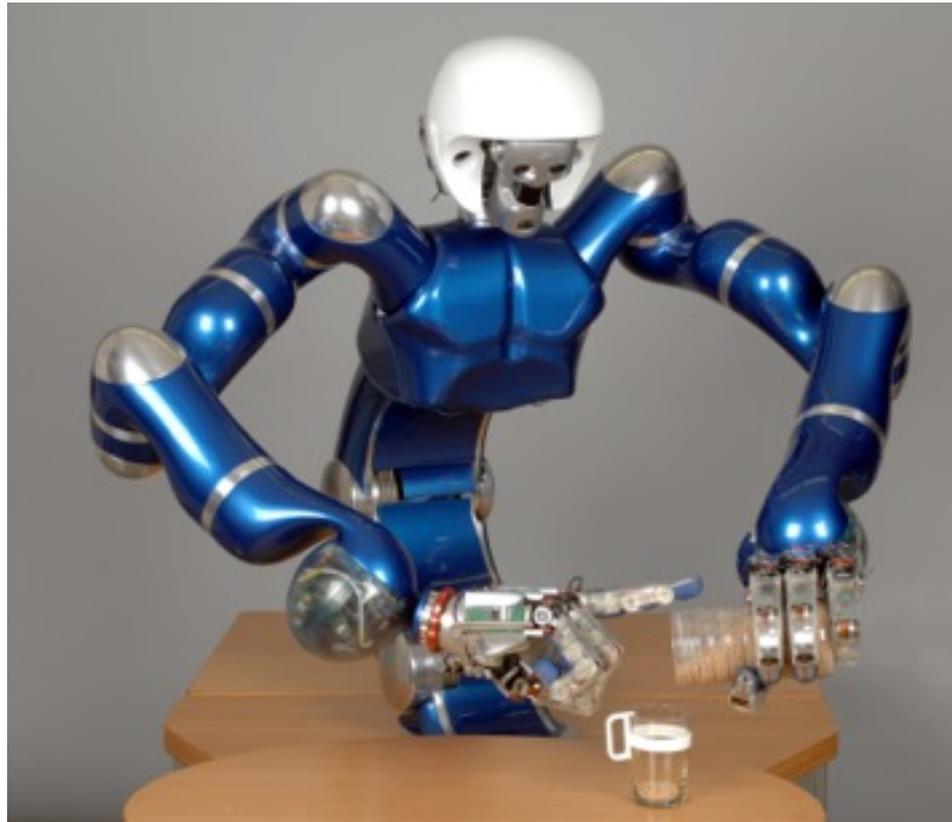
Dotato di braccia e ruote per il movimento, controllabile da remoto attraverso la telepresenza, Justin è stato progettato per essere installato su un satellite, al fine di modificarne, qualora necessario, il comportamento (direzione e modalità di movimento) e di consentire eventuali interventi di riparazione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

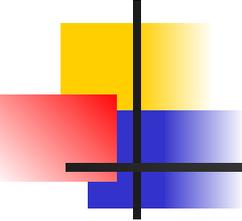
Justin può essere utilizzato anche sulla terra per eseguire alcuni semplici compiti. Sono disponibili su youtube dei video che mostrano come Justin sia in grado di preparare in completa autonomia un tè o un caffè



Justin – dal 2009 (3)

Justin impegnato nella preparazione del caffè

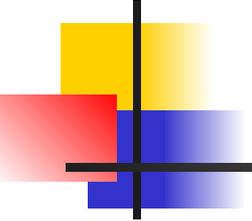




Alcuni limiti di Justin (e dei suoi fratelli)

Dal punto di vista dell'IA, Justin presenta alcuni limiti significativi (Saffiotti, ECAI 2014, Praga):

- 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).



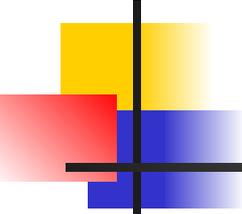
Il modello della società della mente

Non è questo il modo di operare degli esseri umani (Cingolani e Metta):
“il cervello non calcola continuamente la soluzione del problema di controllo come avviene nei sistemi artificiali guidati da computer. Al contrario, il controllo è di tipo intermittente”

Tale comportamento sia essenziale per “la capacità della natura di risolvere problemi di controllo complessi attraverso strategie computazionali semplici”

E' convinzione comune che per fare un salto di qualità nel livello di autonomia e nell'efficienza dei sistemi artificiali intelligenti occorra realizzare dei meccanismi di interazione fra le diverse componenti del sistema molto più semplici e flessibili

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



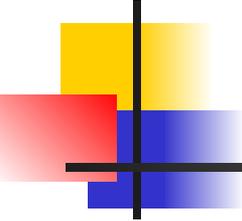
La dimensione della relazione

La dimensione della relazione è un elemento costitutivo dell'essere umano e in essa giocano un ruolo essenziale organi di senso e attuatori

Dall'intenzionalità derivata alla “**relazionalità derivata**” delle macchine

Questa forma di relazionalità, che già oggi sperimentiamo nel nostro rapporto col calcolatore e, soprattutto, con la rete (ruolo di internet nelle nostre vite), è destinata a diventare molto più presente e coinvolgente negli anni a venire (i robot umanoidi)

Vanno messe in evidenza le distorsioni che una tale presenza può introdurre (alcune già ampiamente sotto i nostri occhi); è importante anche coltivare uno **sguardo benevolo** nei confronti delle macchine, memore della loro “origine umana” e capace di coglierne le potenzialità anche dal punto di vista relazionale

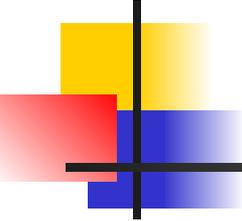


Limiti pratici e teorici

Come già osservato, 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

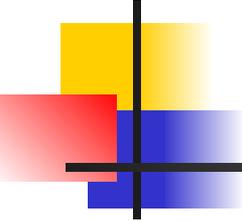


Problemi indecidibili

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

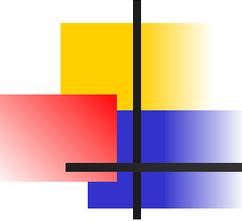
Ad esempio, non esiste un algoritmo in grado di stabilire se, dati un programma e un suo possibile input, l'esecuzione di tale programma sullo specifico input termina o meno (**problema della terminazione**)



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**)

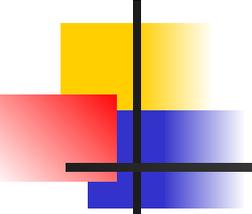
E' questo il caso degli **scacchi**: un programma che volesse esaminare gli effetti di tutte le mosse possibili in modo da poter scegliere, ad ogni passo, la miglior mossa in assoluto richiederebbe l'analisi di un numero di mosse molto maggiore del numero totale di protoni presenti nell'universo (necessità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

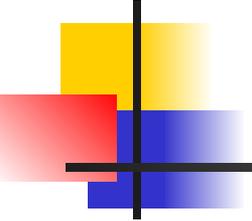
Non appena i compiti che il sistema deve eseguire diventano sufficientemente generali, il modello computazionale sottostante deve essere sufficientemente potente e, conseguentemente, non c'è modo di garantire che il sistema soddisfi le proprietà attese (teorema di Rice)



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

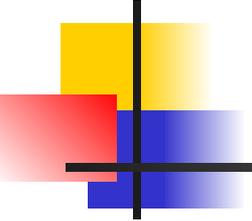
Il problema della **responsabilità**: l'effettivo bilanciamento tra potere computazionale e controllabilità deve essere preso in considerazione ogni volta che dobbiamo stabilire la responsabilità delle azioni, e dei relativi effetti, intraprese da una macchina, specialmente in presenza di un gruppo composto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

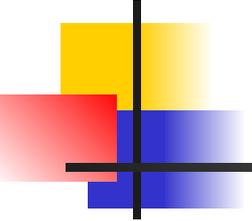


Il caso del machine learning

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?



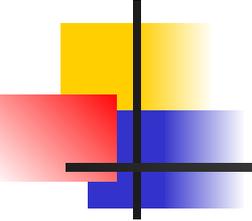
La bionica

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

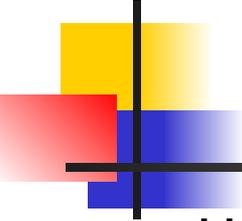
E' storicamente debitrice nei confronti di almeno due filoni storici di ricerca e sviluppo: la cibernetica e i dispositivi biomedicali (si pensi, ad esempio, ai pacemaker artificiali)



I dispositivi

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

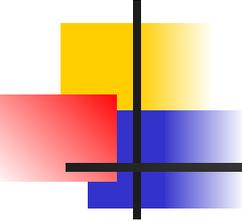


Robotica vs bionica

Una linea di demarcazione fra robotica e bionica può essere riconosciuta nelle diverse **modalità di interazione** tra uomo e macchina che esse realizzano

La modalità della robotica è sempre una modalità fisicamente non invasiva: uomo e macchina rimangono due soggetti del tutto distinti, che possono interagire più o meno intensamente

La modalità della bionica è nella maggioranza dei casi invasiva in quanto richiede l'impianto chirurgico di dispositivi artificiali all'interno del corpo umano



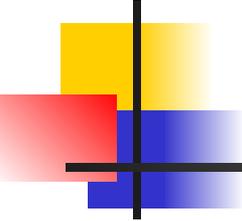
Dispositivi non invasivi

Vi sono anche settori riconducibili in senso lato alla bionica che non richiedono l'impianto chirurgico di dispositivi

Esempio: le **interfacce cervello-computer**, che vengono comunemente realizzate mediante dispositivi artificiali (non biologici) di superficie

L'attività cerebrale produce, infatti, segnali elettrici che possono essere rilevati mediante elettrodi di superficie, disposti sul cuoio capelluto, che registrano segnali di elettroencefalogramma

Attraverso tali segnali, una persona debitamente istruita può esprimere delle intenzioni o eseguire dei compiti artificiali a livello puramente cerebrale, senza alcun coinvolgimento del sistema nervoso periferico e/ o del sistema muscolare



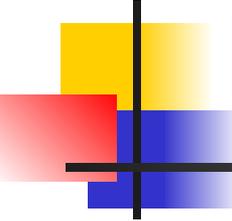
Alcuni problemi della bionica

Un tratto comune a molti dei dispositivi bionici: **non** essere **sotto il controllo cosciente del soggetto** che li ospita

L'integrazione nel corpo umano richiede un'intensa attività di training per consentire al soggetto di acquisire piena consapevolezza dell'innesto effettuato e delle sue caratteristiche/funzionalità

Problema comune a tutti gli impianti cerebrali (senza una soluzione generale al momento): come **evitare che il cervello reagisca all'innesto** isolando l'intruso (sostanze e/o stimolazioni)

Altro problema (un po' sorprendente), per il quale esiste una chiara evidenza sperimentale: l'insorgenza di **alterazioni comportamentali** in fasi successive all'innesto (ad esempio, il caso dei dispositivi per la stimolazione cerebrale profonda)

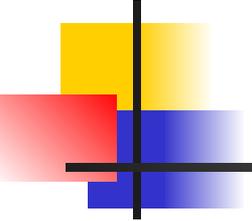


Natura e obiettivi della bionica

Accanto al recupero (artificiale) di funzionalità perdute, **nuovi tipi di protesi** finalizzate al potenziamento e/o all'estensione delle funzionalità del soggetto

Interventi di questa natura sollevano diversi interrogativi:

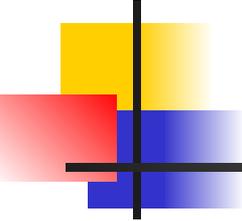
- la distinzione tra **intervento terapeutico** e **potenziamento** presuppone una distinzione non sempre ovvia tra malattia/disabilità e salute/integrità
- non possono essere eluse domande circa il rispetto dell'**autonomia del soggetto** (come evitare che tali dispositivi possano essere usati per il controllo di singole persone o per il controllo sociale) e l'**equità sociale** (come garantire un accesso non discriminatorio a tali "risorse"?)



Alcune questioni conclusive

Valenza umana dell'artificiale: c'è un **limite** oltre il quale l'artificiale perde tale connotazione e rischia di provocare un cambiamento nella natura profonda dell'essere umano?

Inadeguatezza di una **visione disincarnata** dell'uomo, che nega i limiti, ma anche il valore, del radicamento concreto/carnale dell'essere umano (un'idea astratta e alla fine vuota della natura umana, nella quale l'identità e le relazioni umane perdono consistenza, si manifesta in molteplici forme e contesti) - l'emergere della nozione di "immortalità terrena"



Robotica vs bionica

Le coordinate fondamentali della ricerca in **robotica** consentono di individuarne in modo sufficientemente preciso potenzialità e limiti

Altro è il discorso sulla **bionica**. Se guardiamo alla persona umana nella sua unità, ogni intervento sul suo corpo è un intervento sull'uomo tutto intero. Interventi finalizzati alla soluzione di problemi del soggetto che hanno quale effetto collaterale significative **alterazioni del suo comportamento** vanno pertanto valutati con estrema attenzione e prudenza.

Ciò vale a maggior ragione per quegli interventi che incidono deliberatamente sullo stato di coscienza del soggetto. E' questo il caso, ad esempio, delle **alterazioni della continuità degli stati mentali** di una persona provocate da interventi esterni di natura invasiva o non invasiva.