

SISTEMI INTELLIGENTI

Appunti del corso

Prof. Raffaella Folgieri

Dipartimento di Filosofia, Università Statale di Milano – Italy

Riferimenti:

ufficio: cortile della Ghiacciaia, Dip. Filosofia, secondo piano
via Festa del Perdono 7

email: Raffaella.Folgieri@unimi.it

Colloqui: previo appuntamento via email

INTRO: LA CONOSCENZA

Definizione da vocabolario - Conoscenza: 1) Facoltà, atto, modo, effetto del conoscere. 2) Rapporto tra soggetto e oggetto, tra pensiero ed essere che si può configurare in vari modi (sin. gnoseologia)

gnoseologia s. f. [dal lat. mod. gnoseologia, termine coniato dal filosofo ted. **A. G. Baumgarten** (1714-1762) con il gr. γνῶσις -εως «conoscenza» e -λογία «-logia»]. – Termine usato (in una partizione ormai desueta della filosofia in metafisica, etica e gnoseologia) per indicare la **dottrina o teoria della conoscenza umana**, con riferimento soprattutto alla ricerca dei suoi fondamenti, alle sue strutture e modalità, nonché alla sua validità e verità. Anche la dottrina, la teoria del conoscere enunciata da un determinato filosofo, da una determinata corrente di pensiero: g. aristotelico-tomista, g. empiristica, g. kantiana, ecc.

Nell'età moderna analizza i fondamenti e la validità della conoscenza nel rapporto tra il soggetto e l'oggetto della conoscenza. Nelle culture anglosassoni è intesa come la teoria della conoscenza.

DISCUSSIONE PRELIMINARE: LE SCIENZE COGNITIVE

L'intelligenza è una proprietà degli individui o della comunicazione (tra individui, tra individuo e ambiente). Richard W. Weyhrauch concorda con la seconda asserzione.

Per esercizio, sviluppare una propria analisi/opinione su questo tema (vi interrogherò alla prossima lezione).

Facciamo una panoramica introduttiva, che ci spiegherà meglio la necessità di questo corso.

Stretto legame tra conoscenza, apprendimento, ragionamento (decision making, problem solving... approfondire in Rete)

Questi temi sono da sempre affrontati dalla Filosofia e dalla Psicologia (comprese le varie branche come la pedagogia o la didattica).

Se volete **approfondire** il tema filosofico, basta cercare “conoscenza” su Wikipedia... un discreto punto di partenza per muoversi poi attraverso l’escursus filosofico cercando altro in Rete.

Per ora ci interessano i vari approcci in Psicologia, che hanno attinto all’AI per sviluppare le Scienze Cognitive.

Lasciamo al passato strutturalisti e funzionalisti. Oggi si seguono principalmente (semplificando, ovviamente) tre linee di pensiero:

- comportamentista,
- percettivista,
- cognitivista (why we are here).

COMPORAMENTISMO: è basato sull'assunto che il comportamento esplicito è l'unica unità di analisi scientificamente studiabile della psicologia.

La mente è considerata una black box, di cui non si può conoscere il funzionamento interno che, del resto, non interessa. Ciò che interessa ai cognitivisti è ottenere una comprensione empirica e sperimentale tra stimoli ambientali e risposte comportamentali.

Tra gli assunti principali più ricordati del comportamentismo ricordiamo il **condizionamento (Pavlov)**: una forma di apprendimento che dice che l'associazione ripetuta di uno stimolo ad una risposta che non gli è direttamente correlata farà in modo che, dopo un lasso di tempo, a tale stimolo segua la risposta condizionata.

Dunque la conoscenza per i comportamentisti si realizza attraverso l'associazione tra ripetuti stimoli ambientali e l'azione da intraprendere.

Ci torneremo, ma intanto vi invito a soffermarvi sul concetto di apprendimento con rinforzo.

PERCETTIVISMO: la percezione è vista come il processo psichico che opera la sintesi dei dati sensoriali in forme dotate di significato. Diversi assunti a seconda dei tempi storici e delle teorie. Concentriamoci sulla **Gestalt (il tutto è più della somma delle singole parti)** e sul concetto di **insight**: intuizione della struttura del problema che porta ad una sua ristrutturazione per poi giungere alla soluzione.

Secondo l'approccio comportamentista i problemi (acquisizione della conoscenza) si risolvono con un criterio appreso attraverso tentativi ed errori; **per la Gestalt (*forma, schema, rappresentazione*) il criterio di spiegazione è formato dal pensiero, dalla comprensione e dall'intuizione.** Dopo una crisi, la Gestalt oggi è rivalutata da modelli di computazione di chiara ispirazione gestaltica (es, teoria FACADE). La teoria si adatta bene alle reti neurali...

Per approfondire il pensiero comportamentista o percettivista è sufficiente saper cercare informazioni in Rete, noi ci soffermeremo maggiormente sull'approccio cognitivista (di nostro maggior interesse, e vedremo perché).

COGNITIVISMO: metafora mente come un calcolatore. I cognitivisti vedono il cervello come un elaboratore di informazione (simbolica).

Il cognitivismo nasce da concetti informatici che si sviluppano negli anni '50... quindi: non vi chiedete perché siete qui a seguire questo corso, FONDAMENTALE per chi studia Scienze Cognitive.

Qui risiedono tutti i motivi per cui siete qui (ricordate?... why we are here). L'architettura di elaboratore cui il cognitivismo fa riferimento è la macchina di Von Neumann (Si veda materiale di altri miei corsi, o si cerchi in Rete. Caratteristiche – in breve: memoria, teoricamente illimitata; CPU, veloce, seriale; procedure codificate, programmi). Modello TOTE: Test-Operate-Test-Exit (*verificare, eseguire, verificare, terminare*), esposto nel testo Piani e struttura del comportamento di Miller, Pribram, Galanter.

Successivamente il cognitivismo entra in crisi: avvento del calcolo parallelo.

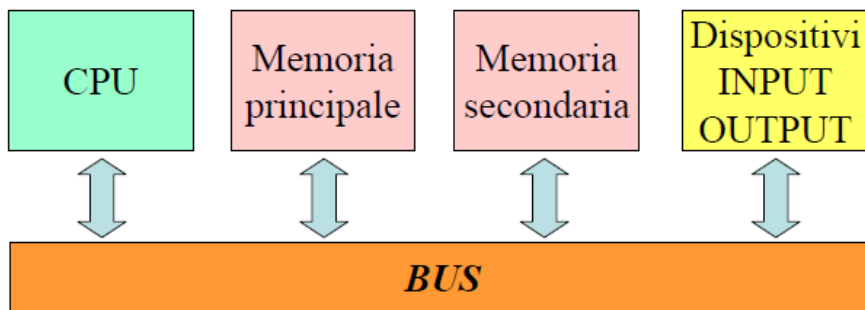
L'informazione non è più simbolica o proposizionale e viene codificata nell'architettura secondo un modello di attivazioni e connessioni... reti neurali e, da lì, A.I. (Artificial Intelligence). **Si sviluppa un nuovo orientamento di “Scienza Cognitiva”, in gran parte influenzato dalle nuove evoluzioni dell'Informatica.**

La Scienza Cognitiva è multidisciplinare ed utilizza metodi, teorie e dati empirici da psicologia, linguistica, neuroscienze, scienze sociali, comunicazione, filosofia, biologia, matematica, fisica e, non messe in ultimo per importanza, Informatica ed Intelligenza Artificiale. **Si torna dunque agli scopi del corso.**

Gli stati (o processi) mentali sono l'oggetto di studio delle scienze cognitive. Il comportamento umano è il risultato di un processo cognitivo di elaborazione delle informazioni (information processing) articolato e variamente strutturato.

- *Inciso: mia impostazione in linea con il pensiero di Neisser (seconda riflessione, anni '80), influenzato da impostazione di James Jerome Gibson. Approccio ecologico: costruzione della realtà esterna secondo un modello non perseguibile in ambito strettamente di laboratorio, ma in circostanze ambientali quotidiane (Fisica... ecosistemi...). -*

Modello di Von Neumann (semplificato):



Dunque cosa vedremo in questo corso?

Tutti i concetti relativi a quanto esposto sopra e anche gli strumenti per realizzarli. Faccio mia una citazione di Piaget: “Se ascolto dimentico, se vedo ricordo, se faccio capisco”...

Il progetto da presentare a fine corso comporta l’acquisizione di conoscenze informatiche necessarie per poter costruire un sistema funzionante. Per ottenere le competenze obiettivo del corso è necessario dedicare tempo agli esercizi che saranno proposti durante le lezioni.

L’esame non è pensato per accertare la capacità di mandare a memoria questi appunti, ma per verificare la comprensione degli argomenti e la capacità di applicarne i contenuti a specifiche situazioni.

MENTE, INTELLIGENZA, CONOSCENZA E APPRENDIMENTO

Intelligenza, conoscenza e apprendimento: limiti sfumati...
Spesso intelligenza umana e pensiero sono concetti associati. La discussione è ancora aperta.

Come apprendono gli umani, quali sono le abilità di ragionamento alla base dei processi di apprendimento?



Abilità di ragionamento

- **Ragionamento quantitativo:**

- Applicazione proprietà e procedure operazionali/matematiche/q uantitative

- **Ragionamento combinatorio**

- Considerazione molteplicità di fattori e tutte le combinazioni possibili
- Valutare le combinazioni alla luce di limiti oggettivi
- Selezionare oppure ordinare le possibilità



- **Ragionamento analitico:**

- Applicare ragionamento espresso con logica formale:
 - Condizioni necessarie e sufficienti
 - Relazioni tra causalità tra vincoli e condizioni del problema

- **Ragionamento analogico:**

- Riconduzione problemi a fatti noti o già affrontati
- Valutazione esperienza precedente al di là del nuovo contesto

Discussione:

Le macchine apprendono?

Come?

Possono definirsi intelligenti?

Una macchina può pensare?

**Discussione 1: L'elaboratore come mente (Definizione di Mente -
Definizione di Computer)**

Computer o elaboratore? Un elaboratore è una macchina. Un elaboratore è solo una macchina? In che senso un elaboratore digitale è una macchina? Cosa vuol dire elaborare?

Contributo per risposte: dalle Scienze Cognitive hanno base nella psicologia e si ispirano inizialmente al modello di elaboratore di Von Neumann, facendo poi propri interrogativi ed in parte modelli e aspirazioni dell'Intelligenza Artificiale.

Ma.. l'Intelligenza Artificiale si è ispirata a modelli biologici (es. Reti Neurali).

Il mutuo interscambio di concetti e avanzamenti nelle due discipline rende ormai difficile dire se le Scienze Cognitive si ispirino all'Intelligenza Artificiale o viceversa: stretta interdipendenza.

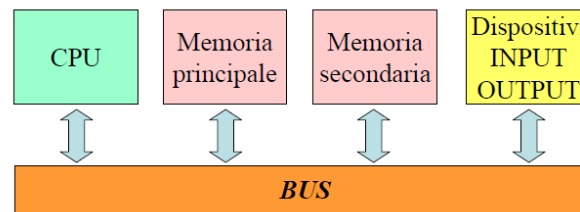


Figura 1 Modello di Von Neumann (semplificato)

Obiettivo delle Scienze Cognitive: realizzare modelli computazionali per simulare sistemi intelligenti (o essere utilizzati da questi) per comprendere e per riprodurre i meccanismi di funzionamento del cervello.

Si indagano i componenti di base dei processi cognitivi per trovare *pattern* comuni per stesso meccanismo mentale, ricercando le relazioni tra l'apparato fisico e la cognizione.

Le ricerche riguardano: acquisizione delle informazioni e meccanismi per processarle, ritenerle e richiamarle in memoria, acquisizione ed evoluzione del linguaggio, comprensione ed elaborazione di concetti, ragionamento e *problem solving*. L'oggetto di studio è l'intelligenza in senso ampio, intesa dall'A.I. in modo particolare come computazione ed elaborazione.

Mente umana e mente digitale si assomigliano davvero? Intelligenza e conoscenza sono concetti strettamente collegati e, dunque, quali sono le somiglianze tra esseri viventi e macchine?

Si pensi ad un neonato.

Programmazione “di base”: mangiare, bere espellere gli scarti, piangere per comunicare. Input e output di base e meccanismi per il reperimento di energia che ne permetta la sopravvivenza.

Una macchina esce dalla fabbrica del produttore in grado di assorbire energia e trasformarla in funzione di input e output di base.

E la mente? Inizialmente ambo i sistemi, sia quello umano che quello sintetico sono “tabula rasa”: il processo di apprendimento trasformerà un bambino in adulto e una macchina in elaboratore.

*Che differenze ci sono tra i due
meccanismi di apprendimento?*

Poche. Sia la macchina che l'essere umano possono apprendere secondo meccanismi del tutto simili, che si suole inquadrare in una tassonomia che racchiude tre macro categorie:

- apprendimento supervisionato,
- non supervisionato e
- con rinforzo.

In realtà quando si parla di esseri umani si parla anche di apprendimento emotivo... la difficoltà maggiore nel condurre il parallelo tra esseri umani e macchine è definire il significato dei termini istinto, conoscenza, emotività, intelligenza...

La prima difficoltà nell'affrontare l'argomento è proprio dare la **definizione di intelligenza**: tutti ne comprendiamo il senso, **ma come formalizzare il concetto, considerato l'ampio spettro e l'articolazione dei comportamenti intelligenti?**

Un aiuto per individuare un comportamento intelligente: test per misurarla (organizzati su attività diverse e pensati per il confronto dei risultati ottenuti da diversi soggetti)

soggetti e non individui: un sistema intelligente può essere umano, animale, non umano.

elaboratore e non computer: classe di macchine (quelle odierne), non deputata al solo computo

Non tutti accettano di includere i sistemi non umani tra quelli intelligenti.

Qui si definiranno intelligenti anche quei sistemi non umani che esibiscano comportamenti analoghi a quelli umani, quindi giudicando l'abilità dei sistemi di eseguire compiti intellettuali, indipendentemente dal sistema fisico sotteso.

Definizione di sistema intelligente: aggregato complesso di oggetti ed entità, un sistema articolato. Elementi caratterizzanti: robustezza, *fault tolerance*; flessibilità; calcolo parallelo; dissipazione di poca energia; gestione di informazioni sensoriali affette da rumore.

In tabella: capacità associate all'intelligenza per distinzioni tra sistemi. Organismi biologici semplici (virus) e macchine (robot).

Capacità	Virus	Robot
Interazione efficace con ambiente	SI	NO*
Adattamento a modifiche ambientali	SI	NO*
Generalizzazione, inferenza	SI	NI
Analisi	NO	NI
Sintesi	NI	NI
Evoluzione	SI	NI
Interazione con altre entità (intelligenza emotiva)	NO	NI

Tabella 1 Capacità associate all'intelligenza: virus vs robot

* per il momento... l'efficacia è qui intesa come autonomia e corretto (in senso umano) apprendimento.

Sistemi intelligenti: caratterizzati dall'interazione tra le varie parti. Funzionamento interpretato come tutt'uno. Valutazione della dimensione temporale del funzionamento di un sistema e l'interazione funzionale e sostanziale tra le varie parti (rif. tecniche di *Brain Imaging*).

Punti fermi sia per intelligenza biologica che non biologica:

- contrapposizione dell'intelligenza all'istinto e
- adattabilità genetica contrapposta all'adattabilità cognitiva.

Prospettive distinguibili per i sistemi intelligenti:

- biologica, capacità di apprendere (es. i neuroni).
- robotica: robotica antropomorfa, animatronica (Capeck, 1921; Asimov, dal 1940): l'A.I. incontra il mondo reale.
- cibernetica concerne il comportamento, il controllo e la comunicazione tra esseri intelligenti e macchine.

Temi dell'A.I.:

- algoritmi genetici/evolutivi (Darwin, 1859): ispirati da camaleonti, zebre, falsi occhi, membrana delle dita degli uccelli;
- Intelligenza Artificiale stessa, intesa come lo studio di sistemi che pensano o agiscono come gli uomini (razionalmente);
- *Artificial Life*, ovvero la capacità di organismi sintetici di interagire con altri esseri (*ant colony*); giochi (gioco della vita – *game of life*, Conway, 1970); automi cellulari (modelli della *computer graphic*). Agli algoritmi si richiede capacità di analisi e sintesi e vicinanza al comportamento intelligente degli esseri viventi.

Il comportamento intelligente implica apprendimento:

- Inizio discussioni sull'apprendimento: Cartesio (1596 – 1650) che affronta il tema della separazione corpo-mente. La mente consiste di idee ricordate dalla ghiandola pineale (epifisi); il corpo è parte motoria e parte sensoriale (imitata dagli automi).
- Solo nel 1994 Damasio introduce lo stretto legame esistente tra l'intelligenza razionale e l'intelligenza emotiva. Di tali discussioni si parlerà ampiamente (e si sollecitano approfondimenti).

In effetti la distinzione tra ragione ed emozione si può far risalire a Platone. Tutta la filosofia e nostro modo di pensare successivi hanno implicitamente operato questa distinzione: emozioni come “disturbo”, impedimento per razionalità, per ragione.

Ma... l’esperienza comune ci dice che le più grandi imprese, scoperte, innovazioni, sono state possibili non tanto per la razionalità delle idee, quanto per la passione nel sostenerle. Però tutti tendiamo a distinguere tra ragione e sentimento, considerandoli in antitesi. (la creatività è vista come un processo irrazionale).

Damasio: l’emozione ha legami fortissimi con l’apprendimento, la conoscenza e la sua applicazione.

*Ma le emozioni possono essere definite
in modo digitale?*

*Se sì, un elaboratore può possedere
emozioni?*

*Restano ancora altri interrogativi...
come definiamo, ad esempio, la
personalità? E come la mettiamo con
alcune reazioni dovute all'interazione
fisica con l'ambiente e alla stessa
natura degli esseri viventi (si pensi al
dolore)?*

Eppure tutto quanto abbiamo visto ci fa pensare che i limiti attuali siano superabili, nel tempo. Del resto quando Leonardo progettava macchine avveniristiche, ai tempi poteva essere considerato un visionario, e le sue macchine fantascienza.

La domanda che dovremmo porci: *“Perché interessa creare macchine intelligenti?”*.

Principalmente per comprendere la mente umana. E' più semplice ricostruire un apparato che simuli fedelmente la mente umana e **sperimentare** (in tutti i campi) e comprendere servendosi di tale apparato.

Le Scienze Cognitive si muovono su tre livelli:

- logica formale: studia l'intelligenza ed i suoi processi astraendo dal sistema fisico o biologico;
- studiare l'intelligenza umana o animale attraverso l'osservazione del comportamento degli organismi intelligenti;
- Intelligenza Artificiale: studia gli elaboratori cercando di comprendere i principi computazionali che soggiacciono all'organizzazione e al comportamento di sistemi e programmi intelligenti.

Tutti hanno come obiettivo la comprensione dei meccanismi cognitivi e del cervello.

Il punto di vista che qui interessa è quello che possiamo ricondurre alla pubblicazione del saggio “*Computing Machinery and Intelligence*” (Turing, 1950) che inaugura la nascita dell’*Artificial Intelligence* come branca della *Computer Science* che studia l’intelligenza esibita dalle macchine. Turing si pose, e pose agli altri ricercatori, la domanda: “***Le macchine possono pensare?***”

E’ la prima espressione esplicita della visione di elaboratore come mente.

Del resto il Cognitivism nasce assumendo la metafora della mente come calcolatore.

Von Neuman; modello TOTE: Test-Operate-Test-Exit (*verificare, eseguire, verificare, terminare*), Successivamente il cognitivism entra in crisi, con l'avvento del calcolo parallelo - modello di attivazioni e connessioni... reti neurali e, da lì, A.I. (Artificial Intelligence). Si sviluppa un nuovo orientamento delle Scienze Cognitive, in gran parte influenzato dalle nuove evoluzioni dell'Informatica – logica sub-simbolica.

L'elaboratore come mente porta a discussioni sulla conoscenza e quindi sui sistemi intelligenti, contrapponendo il punto di vista antropologico a quello robotico.

NOTE FINALI

Karel Čapek (1890-1938) è l'autore di R.U.R. (Rossumovi univerzální roboti), in italiano: "I robot universali di Rossum", dramma fantascientifico pubblicato nel 1920 in cui conia il termine "robot", derivandolo dalla parola ceca *robot* ("schiavitù").

Il gioco della vita (Game of Life) cui si fa riferimento nel testo, è un automa cellulare sviluppato dal matematico John Conway. E' stato pubblicato nel 1970 su Scientific American, come gioco matematico avente lo scopo di mostrare l'emergere di comportamenti simili a quelli della vita a partire da regole semplici e dall'interazione di molti corpi. Si ispira all'ecobiologia e alla teoria della complessità. Ve ne sono molte versioni, con differenti regole. E' interessante perché, dal punto di vista teorico, ha le potenzialità di una macchina di Turing universale (infatti ogni elemento può essere elaborato algebricamente).

Asimov, infine, scrisse molti racconti riguardanti i robot positronici.

La maggior parte è raccolta nell'antologia "Tutti i miei robot", seguita dalle antologie "Io robot", "Il secondo libro dei robot", "Antologia del bicentenario" e "Tutti i miei robot".

Il primo racconto che tratta dei robot positronici è Robbie (1940).

Si suole ricordare Asimov per le tre leggi della robotica, che sono state di ispirazione per esperti di Robotica, di Intelligenza Artificiale e di Cibernetica.

Le tre leggi recitano:

Prima legge: “Un robot non può recare danno a un essere umano, né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, un essere umano riceva danno.”

Seconda legge: “Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani, a meno che questi ordini non contrastino con la Prima Legge.”

Terza legge: “Un robot deve salvaguardare la propria esistenza, a meno che questa autodifesa non contrasti con la Prima o la Seconda Legge.”

In uno dei suoi ultimi racconti (“I robot e l’Impero”), nonché nell’ultimo capitolo della saga delle Fondazioni, Asimov introduce un legge più generale, che precede le altre, la **legge zero**, che recita: “Un robot non può danneggiare l’Umanità, né può permettere che, a causa del suo mancato intervento, l’Umanità riceva danno.”

Conseguentemente alle tre leggi già elencate viene aggiunta la **postilla**: “A meno che questo non contrasti con la Legge Zero”. E’ significativo, quasi a sottolineare una raggiunta capacità di ragionamento emotivo, che la Legge Zero sia postulata proprio dai robot (in particolare da R. Daniel Olivaw, uno dei più famosi personaggi-robot di Asimov).

NOTA: Non ci addentreremo direttamente nell'esplorazione della robotica, ma per chi fosse interessato **allo sviluppo di un progetto** in tal senso, segnalo i seguenti link utili:

- **CMU:** <http://www.cs.cmu.edu/~coral>
- **OpenR** Web page: <http://www.tekkotsu.org/openr-install.html>

- **Urbi:** (Universal Robotics Body Interface)

(<https://sourceforge.net/directory/os:windows/?q=urbi>):

linguaggio basato su reti client/server via Wireless; comandi via Telnet o con programmi in C++ o Java.

- ***** Lego Mindstorm:** più semplice, anche programmazione “visuale”, più economico delle soluzioni robotiche precedenti
<http://mindstorms.lego.com/en-us/Default.aspx>