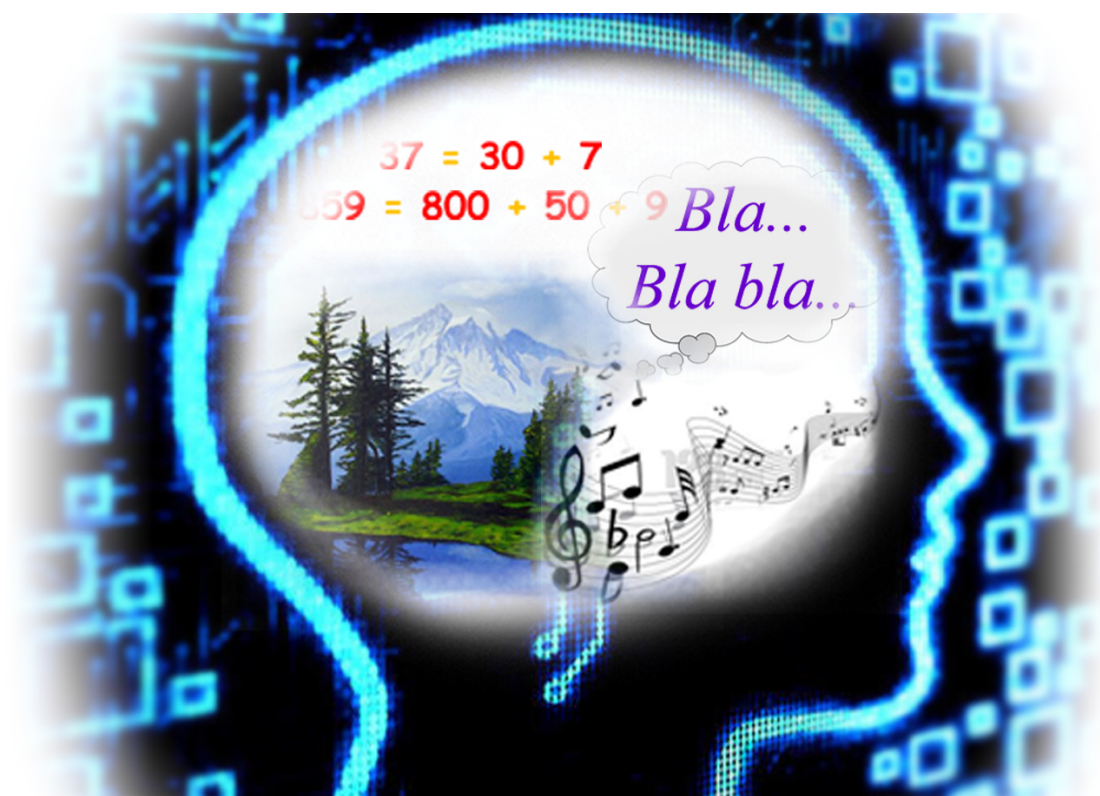


Rappresentazione della conoscenza

MARCO TREVISIOL



LICEO SCIENTIFICO STATALE
'LEONARDO DA VINCI' – TREVISO
Classe 5F – Anno scolastico 2012/2013

1 Introduzione

1.1 Motivazioni

Tra le tante domande fondamentali che l'umanità si pone da secoli, una delle più importanti è senza dubbio: 'come pensiamo?'. Interrogativo che ne origina altri:

1. come conosciamo il mondo che ci circonda?
2. come possiamo agire volontariamente nel mondo che ci circonda?
3. come può un'entità astratta come la mente esistere in un corpo fisico e materiale?

Nella filosofia occidentale molti pensatori di portata storica si sono cimentati in queste indagini, proponendo ciascuno una personale risposta.

Alla prima domanda, ad esempio, il filosofo greco Platone (IV secolo a.C) aveva elaborato un *mondo delle idee* dove risiedono anche le anime che, quando si trasferiscono nel mondo mortale, per conoscere ciò che le circonda, ricordano le idee che hanno visto.

La seconda questione, che stava più a cuore a Shopenauer (filosofo tedesco, 1788-1860), è quella del rapporto mente-corpo alla quale risponde nel suo saggio '*il mondo come volontà e rappresentazione*' dicendo che la *volontà* permea noi e il mondo, e solo tramite questa possiamo avere e comandare un corpo.

I filosofi dell'epoca moderna come Cartesio (1596-1650), Leibniz (1646-1716), Hobbes (1588-1679) analizzarono l'immaterialità della mente. In particolare Cartesio sosteneva che nel mondo vi fosse un dualismo insormontabile, ossia quello tra *res cogitans* e *res extensa* (rispettivamente la mente e la materia).

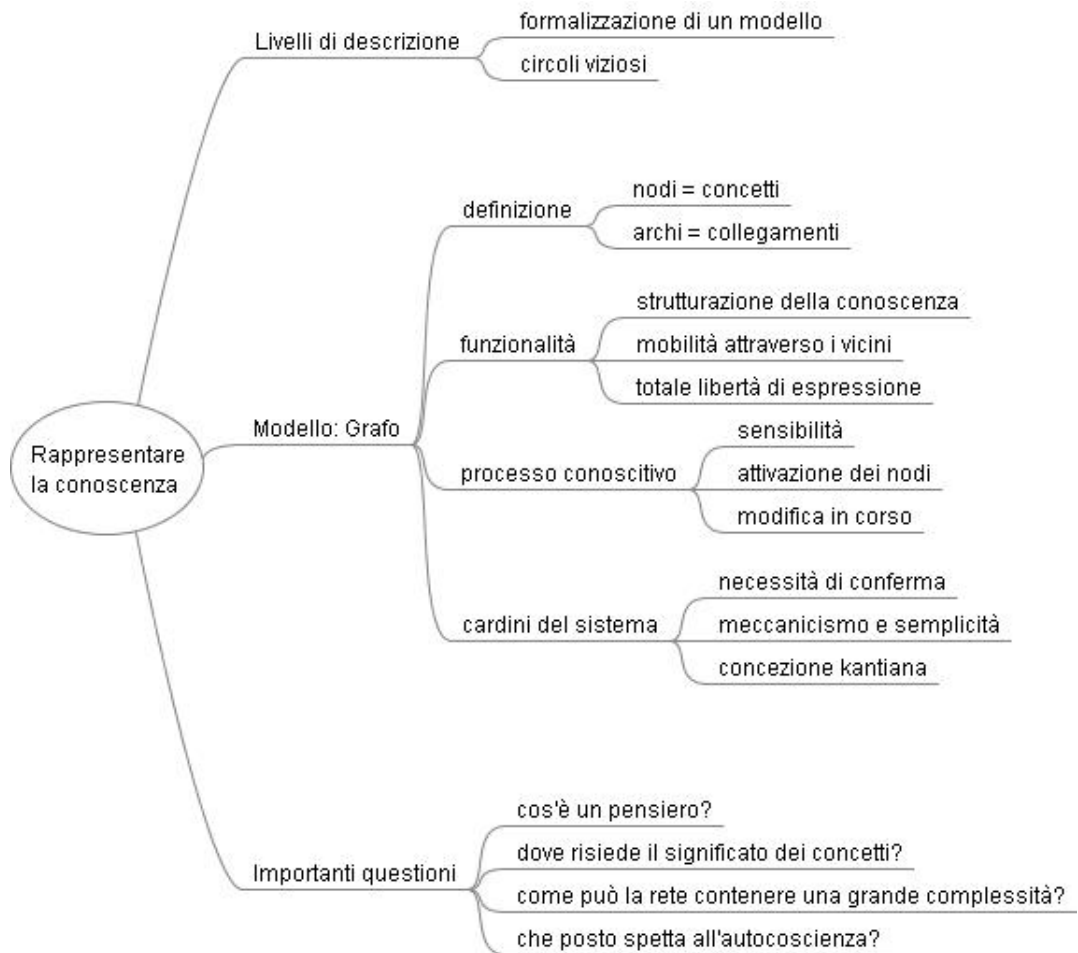
I diversi filosofi e pensatori, nelle varie epoche storiche, non si sono mai trovati d'accordo sulla risposta a questi interrogativi.

Nel Novecento avvenne una svolta: l'avvento dei calcolatori. Alan Turing (1912-1954), considerato padre dell'informatica, già negli anni Trenta aveva teorizzato sulla possibilità dell'*intelligenza artificiale*. Si intrecciarono quindi le questioni storiche sulla *mente* e quelle nuove sulle '*macchine pensanti*'.

Il dibattito è aperto ancora oggi anche se non si è riusciti a costruire una macchina degna di poter essere considerata '*intelligente*' in un qualche senso. Il punto cruciale risulta perciò da un lato capire come il pensiero umano funziona, dall'altro come impostare una versione artificiale di questo processo, ovvero in che modo la mente organizza le informazioni che riceve dall'esterno e come le sfrutta per rispondere alle situazioni dove via via si viene a trovare.

Vogliamo quindi cercare un modello che sia in grado di rappresentare efficacemente l'attività cognitiva e che sia possibile testare su macchina.

1.2 Mappa Concettuale



2 Sistemi complessi

2.1 Formalizzare

Se vogliamo trasferire un processo ad una macchina, che sia semplice o meno, dobbiamo formalizzarlo. Ciò significa che dobbiamo delineare un sistema di *regole rigide e ricorsive* che permettano di definire un algoritmo che sia in grado di svolgerlo. La condizione sulle regole è necessaria affinché siano semplici e non ambigue.

Se il sistema non è molto articolato la questione non è difficile, ma parlando di esempi parecchio complessi, come il pensiero umano, questo compito risulta davvero impegnativo. Le principali difficoltà che incontriamo sorgono con i *circoli viziosi*, ossia quando non riusciamo a fornire un inizio da cui partire.

Dobbiamo ammettere, infatti, che per definire un concetto, bisogna supporre l'esistenza di altri concetti a cui riferirsi. Ma non possiamo sempre far ricorso a nuove nozioni e definizioni. In matematica allora si pensò di stabilire alcuni concetti primitivi, che non fossero descritti formalmente da altri, e alcune verità di partenza, gli assiomi, da cui far derivare tutti i teoremi. Ma che fare se questa soluzione non è facilmente adattabile ad altri problemi?

Il problema della formalizzazione di questi circoli è che non si prestano ad una definizione ricorsiva, mancando di punto di partenza.

2.2 Circoli viziosi

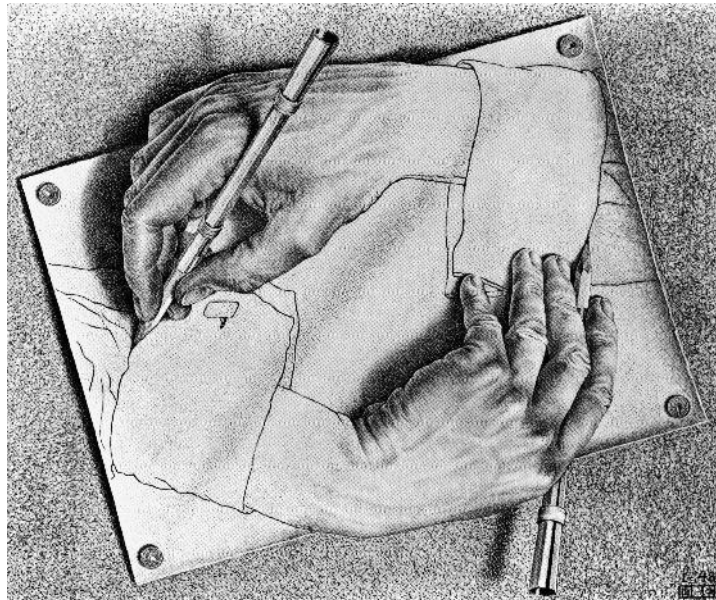


Figura 1: Mani che disegnano - M. C. Escher

In altri contesti come ad esempio nei linguaggi naturali, non si adotta questa rigida scansione. I dizionari definiscono tutti i lemmi in funzione di altri lemmi, e ciò comporta la formazione di parecchi *circoli viziosi*. Eppure, la cosa non ci sconcerta affatto, e il più delle volte non ci facciamo addirittura caso.

Ricordiamo il tentativo del famoso linguista del Novecento, A. N. Chomsky, di formalizzare il linguaggio naturale; tentativo il cui fallimento ha lasciato la teoria della grammatica generativa, uno dei più grandi contributi alla linguistica del secolo scorso.

Per mostrare come sono frequenti questi *circoli*, presentiamo altri esempi. Uno suggestivo ce lo fornisce M. C. Escher (1898-1972), un incisore e grafico olandese, con le *Mani che disegnano* (vedi figura 1). Come possono due mani disegnarci a vicenda? Dovrà pur essercene una che era già disegnata, la quale successivamente ha disegnato l'altra!

Anche il filosofo idealista per eccellenza, Hegel (1770-1831), propone una soluzione al problema del cominciamento che riguarda la sua dialettica. La sua idea appare come un *circolo 'vizioso'* (anche se privo di qualsiasi caratterizzazione negativa) perché sosteneva che ciascun singolo momento era basato su quello precedente e forniva contemporaneamente il presupposto per quello successivo. Ciò avveniva anche per l'ultimo, il momento sintetico, che doveva servire a sostenere il primo, generando in questo modo il *circolo*.

Dato che per formalizzare non possiamo accettare queste forme di circolarità, un modo per superare l'ostacolo può essere quello di guardare il sistema da un altro punto di vista.

2.3 Livelli di descrizione

Molto spesso ci capita di poter descrivere un sistema complesso su diversi livelli. Talvolta ci viene spontaneo, in altri casi non è affatto scontato. È meglio chiarirsi con un esempio. Consideriamo un dipinto (vedi figura 2 e 3), *La Grande Jatte* di Seurat (1859-1891), pittore del neoimpressionismo francese che adottò la tecnica del divisionismo.

Cosa stiamo guardando? Un tranquillo pomeriggio di sole al parco o un insieme di puntini colorati?

Entrambe le affermazioni sono 'vere'. A riflettere meglio, la distinzione sta solo nella diversa interpretazione che si dà al quadro, nel livello di ingrandimento con cui lo andiamo a considerare.

Possiamo distinguere i livelli in base alla quantità di particolari che offrono e in base alla capacità di condensare informazione in raggruppamenti di elementi: i primi sono più bassi e consentono una lettura al dettaglio, i secondi sono più alti e forniscono una visione d'insieme.

Diversi livelli di descrizione servono a diversi scopi: se si volesse riprodurre un identico quadro su uno stesso supporto, si potrebbe andare a descrivere l'opera un punto cromatico alla volta; più realisticamente, se un pittore dovesse eseguire una copia, gli potrebbero bastare un elenco di oggetti e dettagli accompagnati da un'opportuna quantità di proporzioni e distanze reciproche. Infine, se volessimo dare un'interpretazione al quadro



Figura 2: Una domenica pomeriggio sull'isola della Grande Jatte - G.P. Seurat



Figura 3: Particolare della Grande Jatte

potremmo semplicemente descrivere che figure compaiono e quali sono le loro attività (tralasciando per esempio che la donna in primo piano tiene un guinzaglio in mano).

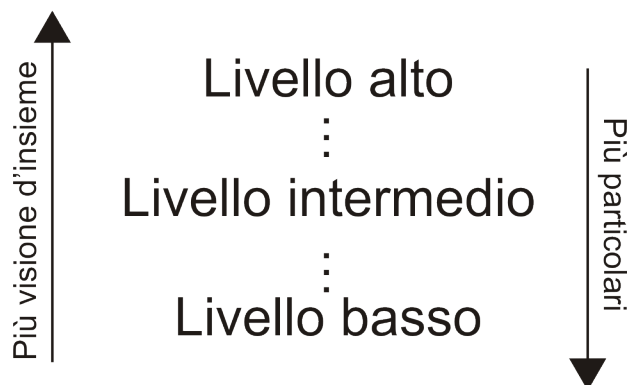


Figura 4: Livelli di descrizione

A questo punto possiamo schematizzare in questo modo:

- i livelli più bassi mostrano più dettagli;
- i livelli più alti offrono una visione d'insieme e una maggiore semplicità descrittiva;
- diversi livelli di descrizione non hanno quasi nessun elemento in comune, non comunicano: per esempio, parlando dell'*interpretazione* del quadro, si può del tutto dimenticare che esso è stato disegnato con dei puntini;
- nonostante la loro differenza, il livello inferiore sostiene interamente quello superiore, tanto da essere in grado, in linea di principio, di descriverlo;
- praticamente il nostro pensiero sfrutta pesantemente diversi livelli di descrizione per conoscere il mondo che ci circonda, preferendo però quelli più alti.

Di sistemi complessi che si adattano a diversi livelli di descrizione se ne possono trovare moltissimi:

un gas :

1. ad un basso livello è un insieme di particelle, ciascuna con propria velocità, velocità angolare, oscillazione;
2. ad un livello più alto è un fluido determinato da certe caratteristiche macroscopiche: volume, pressione, temperatura;

il corpo umano :

1. è un insieme di apparati che comunicano tra loro;
2. è un insieme di organi, ciascuno con una propria funzione;
3. è formato da molti tessuti diversi;
4. è costituito da un'innumerabile quantità di cellule;
5. ancora di più sono le molecole, gli atomi o le particelle subatomiche che lo compongono;

una calcolatrice in attività :

1. esegue un'operazione algebrica;
2. permette a cariche elettriche di attraversare determinati circuiti.

Spesso è utile conoscere tutti i livelli di un sistema, soprattutto quando si tratta di correggere un errore, un malfunzionamento o di riparare un danno. Tuttavia, a volte non è ben chiara la loro distinzione e, specialmente nel caso in cui è possibile descriverli tutti con lo stesso linguaggio (come può essere per il corpo umano il linguaggio medico), si rischia di fare confusione e pervenire a distorte immagini dell'oggetto descritto.

È un luogo comune quello secondo cui 'i calcolatori possono fare soltanto ciò che diciamo loro di fare'. Questo è vero, ma solo ad un livello piuttosto basso, quello in cui si scrive un programma che deve eseguire un determinato compito. Da un lato la macchina segue esattamente tutte le istruzioni nell'ordine in cui sono scritte, senza inventarsi niente; dall'altro, ad elaborazione terminata, l'output comunicato è la soluzione del problema di cui è stata incaricata. Possiamo ragionevolmente affermare che il risultato, di cui il programmatore non era a conoscenza, è stato ottenuto dalla macchina, arrivando così a qualcosa di nuovo.

Alcune volte addirittura si inferisce da questo presupposto la conclusione affrettata che 'le macchine non possono pensare', perché non possono essere in grado di sviluppare ragionamenti propri, dato che *fanno solo quello che diciamo loro di fare*. Come appena detto, il presupposto di questo giudizio è un inganno dovuto ad una facile confusione tra livelli. Il grosso problema qui sta nel capire a che livello interpretare questo *pensiero*; ma quel che è certo è che un qualsiasi ipotetico programma che possa in qualche modo emulare il pensiero umano, certamente non sarà fatto da un grossissimo elenco di pensieri preconfezionati fra cui scegliere quello opportuno a seconda dei diversi input recepiti; avrà piuttosto la forma di un insieme di regole che dovranno descrivere come produrre questi pensieri. Quindi un siffatto programma sarà scritto su un livello più basso di quello in cui si possa interpretare il suo processo, che è lo stesso in cui siamo abituati a pensare.

Se il nostro intento è quello di formalizzare un sistema per poterlo riprodurre con una macchina, dobbiamo essere in grado di esplicitare una gerarchia di definizioni. Allora, l'esistenza di circoli viziosi non è ammessa. L'unico modo per aggirare l'ostacolo è

scendere di livello. Solo così è possibile dare una descrizione senza circolarità, e quindi formalizzabile, del suddetto sistema.

Ci accorgiamo che in questo modo è semplice dare un senso alla litografia di Escher (figura 1): pur non sapendo dire quale delle due mani disegna per prima l'altra, non c'è dubbio che è stato l'artista l'unico autore di entrambe le mani, e lo ha fatto semplicemente con alcuni, opportuni, segni. Così il livello dei segni sul supporto è in grado di sostenere un *circolo vizioso* al livello superiore dell'interpretazione.

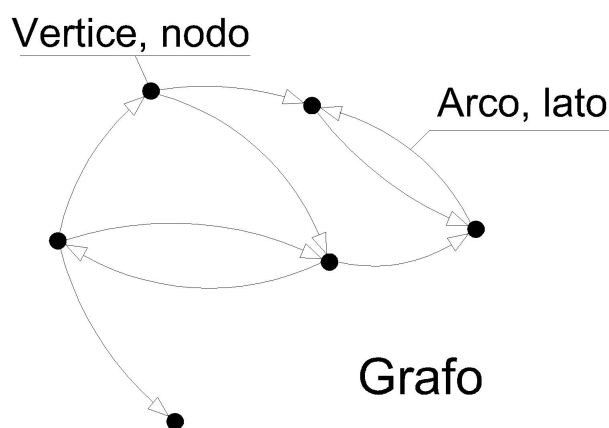
Nell'intento di scrivere un programma che intenda almeno emulare il pensiero umano, dobbiamo seguire questa idea. Infatti è evidente che esso, sostenendo il linguaggio, contiene molteplici *circoli viziosi*.

3 Il modello

3.1 Il grafo

Prima di andare a descrivere il modello proposto sarà bene dare una definizione formale dei concetti usati. Il modello si basa su un *grafo*, oggetto matematico spesso ricorrente in combinatoria e in informatica.

Definizione 1 Un *grafo* è una coppia (V, E) , dove V è l'insieme i cui elementi sono detti *vertici* o *nodi* e $E \subseteq V \times V$ è l'insieme degli *archi* o dei *lati*.



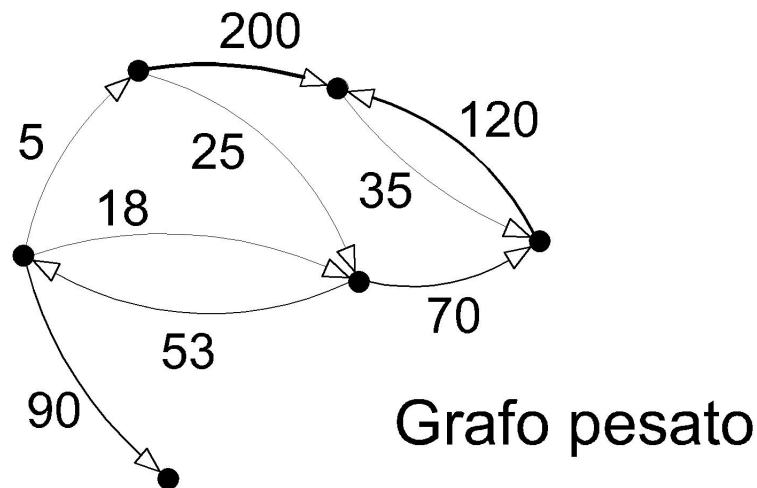
Dobbiamo immaginare un grafo come una rete, proprio come quella stradale o quella telefonica: i vertici sono gli incroci e i lati sono le strade o i cavi. Più specificamente, un arco (a, b) rappresenta il collegamento dall'incrocio a all'incrocio b , non necessariamente viceversa. Se volessimo tutte le strade percorribili in entrambi i sensi, ci viene in aiuto la prossima definizione:

Definizione 2 Un grafo è detto *diretto* (o *orientato*) se i suoi archi sono coppie ordinate; è detto *indiretto* (o *non orientato*) se i suoi archi sono coppie non ordinate, cioè $(a, b) \in E \Rightarrow (b, a) \in E$.

Sempre ricorrendo all'immagine della rete stradale, un grafo indiretto rappresenta un sistema le cui strade sono sempre percorribili in entrambi i sensi; in uno diretto potrebbero esistere anche i sensi unici.

Infine l'ultima definizione:

Definizione 3 Un grafo è detto *pesato* se esiste una funzione $p : E \rightarrow \mathbb{R}$ detta funzione peso.



Qui, la funzione peso può assumere diversi significati in relazione al modello rappresentato. Sempre nell'esempio delle strade, potremmo indicare la lunghezza del tratto o il tempo necessario al suo attraversamento con la funzione p^1 .

Un altro esempio di grafo orientato pesato potrebbe essere un sistema di rete idrica: i vertici rappresentano le cisterne, i lati le condotte da una cisterna all'altra (tenendo presente che in una condotta l'acqua deve muoversi sempre nello stesso senso) e il 'peso' di una condotta rappresenta la sua sezione, cioè la sua portata.

L'utilità di usare un grafo per rappresentare un modello deriva dalla sua *flessibilità*. Infatti non c'è alcun vincolo su cosa siano i vertici, né su come siano disposti gli archi che li collegano. Inoltre, la sua efficacia nasce dalla massima semplificazione degli oggetti che rappresenta: proprio questa mancanza di vincoli permette di spostare l'attenzione dal significato contenuto in ciascun vertice alla posizione che riveste insieme agli altri. Vediamo allora come sfruttare queste potenzialità per modellizzare la conoscenza.

3.2 La rete della conoscenza

Consideriamo un grafo i cui vertici sono *concetti mentali*. D'ora in poi useremo quest'ultimo termine per descrivere un concetto 'semplice', che non contenga in sé nessuna infor-

¹In questo e negli altri esempi ha poco senso parlare di peso negativo o nullo. Si consideri pure $p: E \rightarrow \mathbb{R}^+$

mazione particolare con la sola eccezione di un *codice identificativo* o un *nome*: si deve poter risalire al vertice corrispondente ad un particolare identificatore in modo univoco.

Gli archi del grafo sono i collegamenti tra i concetti. Il loro ‘peso’ rappresenta l’importanza di quel collegamento. Poiché può accadere che il passaggio da un concetto ad un altro sia più facile in un senso piuttosto che nell’altro, consideriamo in linea di principio diversi pesi tra i collegamenti (a, b) e (b, a) , cioè prendiamo in esame un grafo orientato.

Prima di proseguire con la spiegazione del funzionamento del modello, è doveroso puntualizzare che per *concetto* riferito al nostro pensare comune si può intendere:

- un oggetto reale e tangibile,
- un’immagine,
- un suono o un’altra sensazione,
- un’idea,
- una parola (un concetto per la versione ‘scritta’, uno per la versione ‘sonora’),
- un soggetto,
- un raggruppamento di soggetti legati in qualche senso.

Chiarito il senso che vogliamo attribuire ai concetti, arriviamo a quali vantaggi offra questo modello rispetto ad altre forme di rappresentazione della conoscenza più semplici. Consideriamo a titolo di esempio

- un elenco semplice di proposizioni (le nozioni che si conoscono),
- un elenco di proposizioni catalogate in base alle loro caratteristiche (per esempio per tema).

Il grafo permette notevoli vantaggi:

Una strutturazione delle informazioni : accedervi per tema è più facile che in un elenco; rispetto al catalogo, invece, il vantaggio principale è che non occorre definire a priori le caratteristiche;

Una facile mobilità da una informazione ad una ‘logicamente’ vicina : ciascun arco uscente da un nodo indica un concetto vicino, ed è sufficiente percorrerlo per ottenerlo. In un elenco questo procedimento potrebbe richiedere molti sottopassaggi e sarebbe comunque innaturale e scomodo.

Totale libertà di espressione : nonostante la rete sia parecchio strutturata, non vincola in alcun modo un'aggiunta di informazione. In un catalogo si richiede di identificare tutte le caratteristiche di una proposizione prima di inserirla, ma ciò potrebbe dare origine ad ambiguità, oppure potrebbero essere necessarie nuove modalità di raggruppamento. In ogni caso non sarebbe semplice modificare la conoscenza rappresentata.

Un risparmio di risorse : l'enorme varietà di configurazioni che può assumere la rete le permette di contenere parecchie informazioni con una grande possibilità di sfumature. Inoltre questa struttura è in grado di costruire proposizioni sulle nozioni che conosce al momento del bisogno: ciò permette un enorme risparmio di risorse se confrontata con un elenco di informazioni, dato che dispone solo di proposizioni già costruite.

3.3 Il processo conoscitivo

Cerchiamo di capire come si forma la rete appena descritta. All'origine non sono presenti concetti, il grafo è vuoto. La *sensibilità* è la prima sorgente della conoscenza: per ciascun input dall'esterno viene creato un nodo corrispondente. Successivamente questi faranno da base per crearne altri, sempre più articolati, più specifici e anche più astratti. Man mano che la rete si ingrandisce, la sua capacità di generare pensieri senza partire dai sensi aumenta, cosicché, superata una soglia minima di informazioni contenute, sarà in grado di crearne di nuove solo sulla base di quante ne possiede, procedendo molto più speditamente.

Vediamo ora di capire in dettaglio come funziona il motore che guida la rete, tenendo conto della nostra esperienza personale. Quando pensiamo abbiamo in mente delle immagini, delle parole o anche altro ancora, che pian piano cambiano forma, si spostano, si evolvono. Talvolta più pensieri paralleli partono da uno solo e proseguono anche indisturbati l'uno dall'altro; altre volte interferiscono tra loro creando nuove immagini.

Per formalizzare questo processo ci conviene attribuire una caratteristica dinamica ai concetti: l'*attivazione*. Quando una voce, una parola o un oggetto è 'visibile' nella nostra mente diremo che il concetto corrispondente è attivato; tutti gli altri saranno non attivati. L'insieme dei concetti contemporaneamente attivati rappresenta quindi l'insieme delle immagini del pensiero che stiamo conducendo, che sia esso razionale, irrazionale o inconscio, come in un sogno.

Un concetto attivato, mentre rimane tale, influenza tutti i vertici vicini, ma non per forza tutti allo stesso modo: più un certo collegamento è importante tantopiù il concetto relativo verrà sollecitato. Più concetti attivi contemporaneamente possono influenzare uno stesso nodo della rete. Se questo è attivo, rimane tale a patto che il livello di attivazione in ingresso superi una soglia minima, altrimenti si spegne; se non è attivo può invece attivarsi.

Un altro modo per attivare concetti, oltre la mutua influenza, è lo stimolo esterno proveniente dai sensi. Le immagini o i suoni che recepiamo stimolano l'associazione con i relativi concetti che in questo modo possono dare inizio ad una cascata di attivazioni.

Per esempio: guardando una parola i nostri occhi fanno pervenire al cervello dei semplici 'puntini' colorati. Interpretando il funzionamento di quest'ultimo con il modello descritto, vengono a crearsi delle immagini di lettere, cioè si attivano i relativi concetti. La lettura della parola però informa anche dell'ordine di come sono scritti i caratteri, così viene ad attivarsi il concetto che rappresenta quella successione di lettere, dato che è influenzato dall'attivazione in contemporanea di tutte le lettere che lo compongono e dal loro ordine. Inoltre, se riconosciamo il significato di quella parola è perché esiste un importante collegamento tra il concetto letterale e quello dell'immagine. E l'associazione col giusto significato di quella parola in relazione alla frase dov'è posta è possibile grazie alla stimolazione dei concetti che sono stati attivati dagli altri complementi appena letti, oltre che all'uso – quasi inconscio – di regole sintattiche che ricostruiscono mentalmente la struttura globale della frase e collocano nella giusta posizione quella appena letta. Tutto ciò funziona con una continua serie di attivazioni e disattivazioni di concetti, del tutto naturale, ed ecco che ci appare il significato e il contenuto di tutto un discorso.

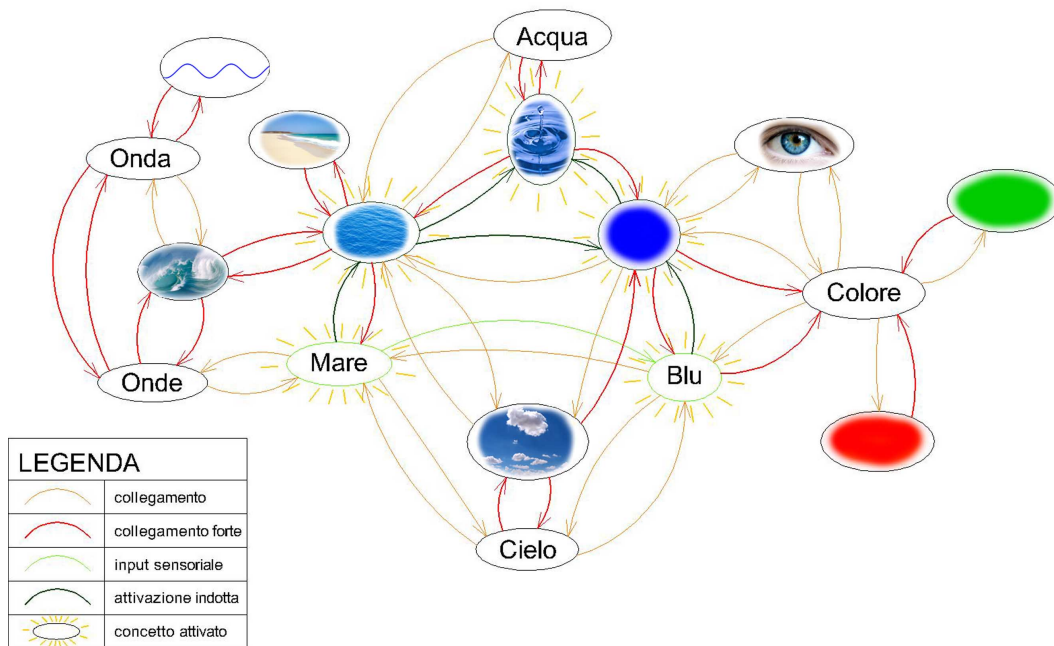


Figura 5: *Esempio di rete della conoscenza*: dopo aver letto la frase **‘Il mare è blu’**, si sono attivati i concetti relativi al mare, al blu e all’acqua che è fortemente legata ad entrambi.

Un altro importante fattore del funzionamento della rete è la sua capacità di *modificarsi* mentre lavora. Supponiamo per esempio di leggere questo paragrafo:

Questa proposizione fa parte di una normalissima tesina di uno studente qualsiasi: non ha alcuna importanza propria. Questa proposizione fa parte di una normalissima tesina di uno studente qualsiasi: non ha alcuna importanza propria. Questa proposizione fa parte di una normalissima tesina di uno studente qualsiasi: non ha alcuna importanza propria. Questa proposizione fa parte di una normalissima tesina di uno studente qualsiasi: non ha alcuna importanza propria. Questa proposizione fa parte di una normalissima tesina di uno studente qualsiasi: non ha alcuna importanza propria. Questa proposizione fa parte di una normalissima tesina di uno studente qualsiasi: non ha alcuna importanza propria. Questa proposizione fa parte di una normalissima tesina di uno studente qualsiasi: non ha alcuna importanza propria.

Già leggendo la seconda proposizione ci si accorge che è una copia della prima e nessuno si metterebbe a leggere totalmente le altre. Questo perché la nostra mente si accorge delle ripetizioni, anche se non le aveva mai viste prima. In generale è difficile formalizzare questo processo, ma possiamo ritenere che questo faccia intrinsecabilmente parte del nostro pensare. Allora l'idea è ancora una volta quella di scendere di livello e aggiungere delle regole al funzionamento della rete che considerino elementi più semplici. Per avere degli strumenti che permettano di riconoscere ripetizioni come queste basta aggiungere la capacità di *automodificarsi* alla rete mentre questa sta lavorando. In altre parole, l'attivazione di concetti permette l'aumento di importanza dei collegamenti usati. Inoltre una prolungata attivazione di un certo gruppo di concetti permette la creazione di un nuovo nodo che va a raggrupparli in sé, ed è quindi fortemente collegato a questi.

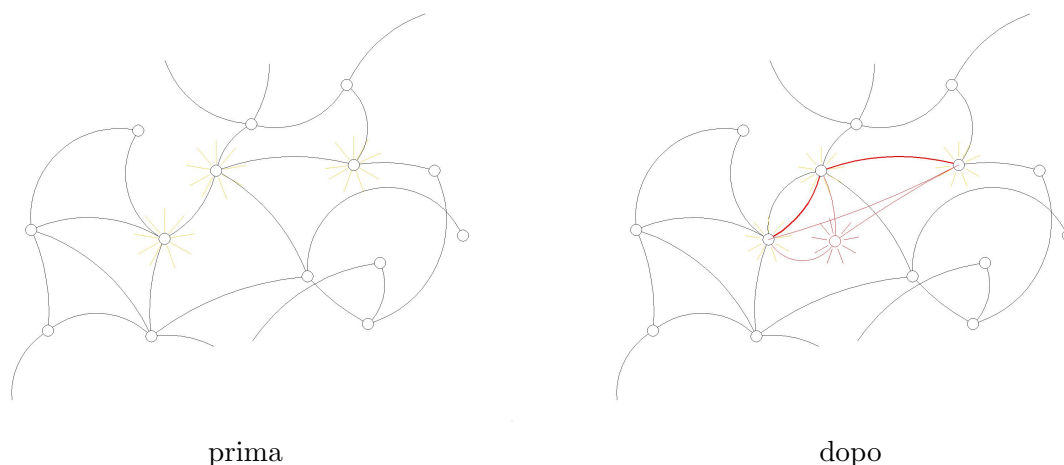


Figura 6: l'attivazione rafforza collegamenti già esistenti, ne crea di nuovi e produce altri concetti

Ora, anche se la frase *‘Questa proposizione fa parte di una normalissima tesina di uno studente qualsiasi: non ha alcuna importanza propria.’* non era mai stata vista, già dopo la prima lettura se ne ha un concetto; e dopo la seconda ci si accorge che è appena

stato formato uno del tutto uguale a quello che si sta leggendo. Simili processi sono frequentissimi nel pensiero di tutti i giorni.

3.4 Cardini del modello

Ora che abbiamo esposto il modello e il suo funzionamento vediamo di mettere in luce i pilastri su cui si fonda.

1. Per prima cosa esso deve avere una **conferma sperimentale** che ne approvi la validità. Bisogna quindi scrivere un'algoritmo che svolga questo compito, metterlo in una macchina, farlo eseguire (anche parecchie volte) e osservare i risultati. Solo se questi saranno soddisfacenti potremo decretare la validità del modello.
2. Inoltre, punto fondamentale è la **formalizzazione** (o almeno la possibilità di darne una), perché come abbiamo spiegato, è l'unico modo per poter trasferire la rete della conoscenza su una macchina e quindi assicurare il punto primo. Chiariamo come sia possibile descriverlo su leggi semplici e meccanicistiche:
 - il modello del grafo è già formalizzato, quindi semplice da automatizzare;
 - il processo di attivazione e disattivazione – per quanti dati possa aver bisogno in ogni momento – si basa su semplici regole, che sono meccanicistiche, perché fanno riferimento solo ad uno *stato precedente*;
 - il processo di modifica in corso è anch'esso semplice e si basa solo sullo stato di attivazioni in un certo momento.
3. Un altro punto cardine del modello, che ha fatto da guida nella stesura, è parte della **concezione kantiana della gnoseologia**. Secondo il filosofo tedesco (1724-1804), tutta la conoscenza si basa sull'esperienza. Ed è ciò che abbiamo descritto in questo elaborato, dato che i primi concetti che vengono creati e attivati derivano unicamente dai sensi. Poi da questi si possono costruire tutti gli altri. Inoltre il compito dell'intelletto in Kant è quello di organizzare l'esperienza secondo delle forme a priori, che sono le modalità di organizzare i dati, chiamate *categorie*. In questo sistema esse sono rappresentate dalle leggi di attivazione dei concetti e da quelle di creazione e trasformazione di nodi e vertici del grafo. Come nella concezione di Kant, queste sono *a priori* perché non dipendono dalla singola esperienza, ma esistono insieme ad essa.
4. Infine, l'utilità fondamentale di questo modello è la possibilità di '*leggerlo*' ad un **livello più alto** di un grafo che soggiace a regole meccanicistiche. Infatti, nonostante il sistema di attivazioni/disattivazioni sia di questo tipo, possiamo descriverlo come una successione di immagini e simboli che si avvicina alla modalità del nostro pensiero.

4 Importanti questioni

La scelta del modello della rete di conoscenza presenta, come visto, diversi vantaggi nel tentativo di emulare il nostro pensiero. Tuttavia, non è detto che il nostro pensiero funzioni proprio così, dato che è complicato capire come agisca esattamente la nostra mente.

Senza arrivare a testare il modello su una macchina, possiamo comunque cercare qualche conferma teorica sulla sua funzionalità e quindi rispondiamo ad alcuni importanti interrogativi.

4.1 Cos'è il pensiero?

Dopo aver già spiegato il funzionamento del sistema di attivazioni, dobbiamo capire come questo processo possa essere interpretabile come *un pensiero*. Il punto fondamentale sta nella modalità con cui ciò avviene. Poiché i concetti si attivano a vicenda solo se sono adiacenti, allora l'evolversi del processo avviene seguendo un certo percorso, passo passo, senza mai 'saltare' improvvisamente da un punto all'altro della rete. Anche matematicamente viene descritto questo fenomeno: si parla di *cammino* lungo il grafo.

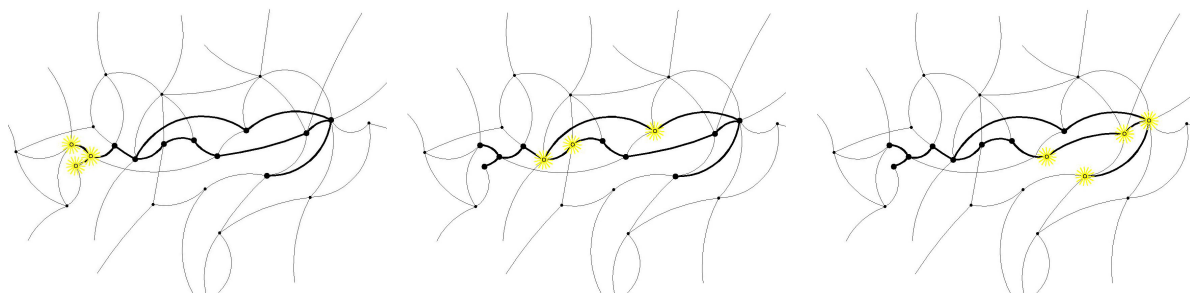


Figura 7: successivi momenti di un pensiero

Questo processo può somigliare ad un pensiero perché, come questo, si sposta da un'immagine, un suono, un simbolo ad un altro con cui abbia una qualche attinenza logica o analogica. L'importante è che esista il collegamento tra i due concetti. In questo modo si possono formare diverse tipologie di pensiero:

ragionamento logico : quando vengono ammessi solo collegamenti che rispettino un certo numero di regole prefissate (le regole d'inferenza);

osservazione o contemplazione : quando l'attivazione dei concetti è affidata agli input sensoriali e non si cerca l'approfondimento ragionato;

ricordo : quando si lascia che il processo di attivazione segua l'ordine con cui la mente ricorda un episodio e così lo riviva;

fantasia : quando l'uso dei collegamenti non viene vincolato da nessuna regola;

sogno : quando è l'inconscio a governare il pensiero, in modo simile alla fantasia.

Il fatto che il pensiero sia molto più libero di quanto si creda, soprattutto riferendoci alla ragione critica, era ben noto agli scrittori di inizio Novecento quando elaborarono la teoria del *flusso di coscienza*. Influenzati dallo studio di Freud (famoso neurologo e psicoanalista austriaco, 1856-1939), autori come Virginia Woolf (1882-1941), ma soprattutto James Joyce (1882-1941) sperimentarono la tecnica del *monologo interiore* in cui vengono abolite le barriere tra percezione sensibile e rielaborazione interiore. Secondo questi autori, un romanzo è realistico quando si riesce ad esprimere l'interiorità dei personaggi, le loro emozioni e i loro sentimenti, ma soprattutto le loro contraddizioni e i conflitti interiori. Senza la rielaborazione sintattica e grammaticale, le proposizioni procedono più libere e più simili ad un processo interiore, come quello che può essere rappresentato dalla rete della conoscenza.

Un altro importante vantaggio che permette questo modello è la capacità di *modificarsi in corso d'opera*, senza schemi predefiniti. Questa operazione deriva dallo stesso processo dello sviluppo del pensiero. Ogni cammino che si percorre nella rete, rinforza i collegamenti che si usano ed è in grado di costruire nuovi concetti che hanno il significato di raggruppare quelli che sono stati attivati durante il pensiero effettuato. E se questo andava ad attivare zone lontane della rete, allora vengono a formarsi *ponti* che mettono in comunicazione tali aree. Il risultato è la possibilità di associare degli oggetti e delle immagini a significati che hanno molto poco a che fare logicamente con quelli da cui sono partiti.

Un simile fenomeno è stato osservato da alcuni poeti francesi della seconda metà Ottocento, che hanno fondato il movimento culturale del Simbolismo. La figura principale del movimento, teorizzata da Rimbaud (1854-1891), è il *poeta* che deve farsi *veggente* esplorando l'ignoto, inventandosi un nuovo linguaggio con nuove forme e usando i sensi in modo non convenzionale. Il fine della poesia non è descrivere la realtà ma penetrare l'intima essenza delle cose. Emblematico è l'uso di elementi di cui si vuole esplicitare un significato profondo (*i simboli*) nella poesia '*Le vocali*' dello stesso Rimbaud.

*A nera, E bianca, I rossa, U verde, O blu: vocali,
Io dirò un giorno le vostre nascite latenti:
A, nero corsetto villosa di mosche splendenti
Che ronzano intorno a crudeli fetori,*

*Golfe d'ombra; E, candori di vapori e tende,
 Lance di fieri ghiacciai, bianchi re, brividi d'umbelle;
 I, porpora, sangue sputato, risata di belle labbra
 Nella collera o nelle ubriachezze penitenti;*

*U, cicli, vibrazioni divine dei verdi mari,
 Pace di pascoli seminati d'animali, pace di rughe
 Che l'alchimia imprime nelle ampie fronti studiose;*

*O, suprema Tromba piena di strani stridori,
 Silenzi attraversati da Angeli e Mondi:
 – O l'Omega, raggio viola dei suoi Occhi!*

4.2 Dove risiede il significato dei concetti?

Un altro punto da chiarire è come i concetti possano esprimere un loro significato in questo modello. Infatti, per come abbiamo definito la rete della conoscenza, i concetti non contengono in sé nessuna informazione riguardo ciò che sono. D'altra parte, un pensiero, cioè un percorso lungo i concetti, deve presupporre che questi ne abbiano un significato per avere senso.

Allora sapendo che i concetti non contengono in sé un significato, ma un pensiero che li coinvolge lo conosce, possiamo ragionevolmente affermare che esso sta nella globalità della rete. Più precisamente, diremo che il significato di un nodo è rappresentato dalla posizione che riveste nel grafo.

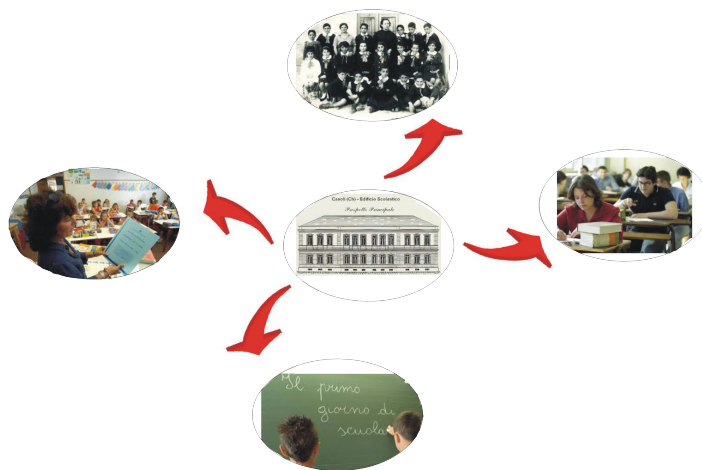


Figura 8: il concetto di scuola

Questa osservazione risulterà più chiara se esemplificata da un concetto articolato, come potrebbe essere *la scuola* (intesa non come sequenza di lettere, ma come istituzione

destinata all'educazione e all'istruzione). Quando abbiamo in mente questo termine è probabile che subito si pensi ad un edificio, alle lezioni, ai compagni o ai colleghi, alle esperienze personali che ci hanno coinvolto entro quell'ambiente. È proprio questo che intendiamo con il significato rappresentato dalla posizione nella rete: parlando di scuola si intende cos'è perché si pensa a quanto vi è collegato nella nostra mente, le si dà un senso in relazione agli elementi strettamente collegati. Potremmo addirittura affermare che il concetto *scuola* è il raggruppamento di tutti gli elementi che abbiamo elencato e di tutti quelli che la nostra mente gli associa direttamente.

Interessante è il fatto che ciò è vero per tutti i concetti di cui disponiamo. Quindi l'assegnazione del significato ai termini che usiamo nel nostro pensiero presenta secondo questo modello una struttura altamente ricorsiva, dove però, non essendoci un punto di partenza, vengono a crearsi parecchie situazioni di *circoli viziosi*. Ciò è in accordo con quanto detto e con quanto comunemente accettiamo a proposito delle definizioni delle parole della lingua. Possiamo perciò considerarla una conferma della funzionalità del modello, dato che il livello più alto contiene strutture aggrovigliate nonostante quello inferiore sia governato interamente da leggi meccaniche.

Un'altra osservazione doverosa da far notare è che una rete i cui concetti sono congegnati in questo modo, permette la lettura del contenuto a molti livelli diversificati. Infatti, se un insieme di concetti si riferisce tutto allo stesso ambito, è possibile creare un concetto che li raggruppi tutti, e questo è già un livello superiore, in cui si vedono meno i particolari, ma si riconosce come unitario tutto un gruppo di elementi simili.

Addirittura, il funzionamento *per raggruppamento* sembra essere il modo più naturale che questo modello ha per rappresentare la conoscenza, cosa che si avvicina parecchio alla nostra naturale visione del mondo. Questo pare un buon motivo per sostenerne la validità.

4.3 Come può contenere una grande complessità?

Un dubbio che potrebbe legittimamente sorgere è se sia effettivamente possibile contenere in una struttura a rete come questa tutta la conoscenza di cui disponiamo. Infatti, nell'intento di trasferire questo modello su una macchina, dobbiamo tenere conto di una limitazione delle risorse disponibili (memoria, tempo di esecuzione): il problema sta nel capire se con questi vincoli si possa disporre di tutte queste informazioni.

La risposta sta in una semplice osservazione di carattere combinatorio, dopo che si è constatato che il significato dipende, più che da un concetto in particolare, dai collegamenti che esso ha con i vicini.

Supponiamo di avere un grafo con n vertici. Quanti archi distinti si possono tracciare al massimo? La risposta è uno per ogni coppia. E le possibili coppie sono

$$\binom{n}{2} = \frac{n^2 - n}{2},$$

che è una funzione quadratica nel numero di vertici. Questo significa che il numero di archi rispetto al numero di vertici può diventare grande a piacere (a patto di considerare abbastanza vertici). Questo ci dice che per contenere anche una grande quantità di informazioni è sufficiente un numero limitato di vertici. Inoltre più grande è il grafo, più informazioni può contenere con l'aggiunta anche di un solo nodo.

Allora possiamo concordare che qualsiasi quantità di conoscenza desideriamo inserire in una rete, essa potrà contenerla usando sufficientemente poche risorse.

4.4 Che posto spetta all'autocoscienza?

Il ragionamento di Cartesio (1596-1650) del *cogito ergo sum*, ripreso poi anche dall'entità unificatrice kantiana dell'*io penso*, mette in chiara luce il fatto che noi abbiamo coscienza del fatto di pensare. Fatto che non è per nulla facile da inquadrare, tanto che per il primo era sufficiente per concludere 'allora so di esistere', per il secondo serviva a giustificare l'universalità delle *categorie del pensiero*.

La soluzione più logica, anche se poco soddisfacente, è ritenere la coscienza di sé come un concetto interno alla rete, ove però riveste un ruolo centrale. Possiamo pensarla come un raggruppamento il più generale possibile o come il più alto livello in cui analizzare e descrivere il nostro pensiero. Dovremmo ritenere, quindi, che si riferisca alla rete stessa, e per questo venga attivato spesso, se non ogni volta, che si inizia un pensiero. Perciò, essendo questo un cammino tra concetti e l'autocoscienza un elemento che rappresenta i concetti in generale, è probabile che ad ogni pensiero corrisponda una sua attivazione: il senso da attribuirle sarebbe proprio '*sono cosciente di essere io che sto pensando*'.

Riferimenti bibliografici

- [1] Douglas R. Hofstadter. *Godel, Escher, Bach*. Gli Adelphi, 1984
- [2] N. Abbagnano, G. Fornero. *Protagonisti e Testi della Filosofia*, vol. B tomo 2. Paravia, 2001
- [3] R. Luperini, P. Cataldi, L. Marchiani, F. Marchese. *La scrittura e l'interpretazione*, vol. 3 tomo I. Palumbo, 2001
- [4] *Grafo*, it.wikipedia.org
- [5] *Kant*, it.wikipedia.org
- [6] *Flusso di coscienza*, it.wikipedia.org
- [7] *Simbolismo*, it.wikipedia.org

Indice

1	Introduzione	1
1.1	Motivazioni	1
1.2	Mappa Concettuale	2
2	Sistemi complessi	3
2.1	Formalizzare	3
2.2	Circoli viziosi	3
2.3	Livelli di descrizione	4
3	Il modello	9
3.1	Il grafo	9
3.2	La rete della conoscenza	10
3.3	Il processo conoscitivo	12
3.4	Cardini del modello	15
4	Importanti questioni	16
4.1	Cos'è il pensiero?	16
4.2	Dove risiede il significato dei concetti?	18
4.3	Come può contenere una grande complessità?	19
4.4	Che posto spetta all'autocoscienza?	20
	Bibliografia	21