

Caos , Percezione e Linguaggio: dinamica dei processi cognitivi

F.Tito Arecchi

Università di Firenze e INO-CNR, Firenze; e-mail:tito.arecchi@ino.it

Il nome di ***Caos deterministico*** è stato attribuito al fatto che il modello matematico di un sistema fisico, anche se apparentemente semplice perché consiste di poche equazioni, non garantisce una soluzione che preveda il futuro remoto, in quanto l'informazione si "consuma" al passare del tempo e va rimpiazzata da nuova informazione. Il tempo entro cui il grosso dell'informazione si perde dipende dal sistema: nel caso del sistema solare, esso è attorno al milione di anni (è perciò che il sistema solare ci appare stabile) ma nel caso degli impulsi elettrici (detti spikes) con cui i neuroni del cervello comunicano fra di loro, è solo 2 millesimi di secondo.

Qui occorre distinguere fra due tipi di caos: un caos *geometrico*, per cui il punto rappresentativo di un evento si scosta da una traiettoria "semplice" ed esegue figure non prevedibili (il cosiddetto "**effetto farfalla**" dei modelli meteorologici) e un caos *temporale* per cui una forma stereotipata (un impulso di forma fissa) si ripete a tempi imprevedibili .Questo secondo tipo è detto "**caos omoclinico**" perché consiste nel ritorno di un punto alla stessa posizione (come la lancetta dei secondi dell'orologio che ritorna ogni minuto alle 12) ma se ne diparte con tempi non uguali l'uno all'altro.

Un vivente si mantiene con successo perché all'arrivo di uno stimolo sensorio reagisce con una adeguata risposta motoria. In un monocellulare si tratta di un riflesso (le ciglia del paramecio stimolato da un segnale chimico o luminoso), in un animale con cervello, il codice dello stimolo viene confrontato con il codice di memorie pregresse e ne consegue una "interpretazione", cioè una **percezione**.

Ma perché ciò avvenga, occorre sincronizzare le spikes di folle di neuroni, perché si adeguino allo stesso codice (la sincronizzazione si raggiunge quando ad esempio una folla batte le mani all'unisono). Ciò richiede un certo numero di millisecondi (qualche centinaio, fino a 1 secondo), ben oltre i 2 millisecondi entro cui il caos cancella l'informazione di una spike.

La sincronizzazione si configura dunque come un "**controllo del caos**"; senza di questo, saremmo condannati a non "capire" niente del mondo che ci circonda.

Se ora passiamo a noi umani, qui c'è una novità legata al **linguaggio**, per cui la coppia "stimolo-memoria" della percezione diventa la coppia "1° brano-2° brano" di un testo linguistico (letterario, musicale ecc) e al posto della risposta motoria qui abbiamo un "**giudizio**" cioè decidiamo sulla concordanza dei significati del 2° brano in base ai significati del 1° brano.

L'esplorazione dei possibili significati del 1° brano, per scegliere quelli che più si conformino al 2°, corrisponde a prospettarsi diverse sequenze di spikes fino a scegliere quella che assicura la migliore sincronizzazione.

Qui interviene un elemento nuovo, cioè la *coscienza di se stesso*: colui che sceglie il significato del 1° brano deve essere consapevole di essere lo stesso cui si presenta il 2°. Questa coscienza è ben distinta dalla semplice *consapevolezza* di essere esposti a un certo stimolo da cui nasce la percezione e la corrispondente risposta motoria in un animale.

Nella esplorazione di procedure linguistiche, piuttosto che risolvere modelli di reti di neuroni accoppiati da sincronizzazione, si ricorre a una spiegazione olistica, che tratti il problema da un punto di vista globale. Precisamente, nei processi percettivi, si ricorre alla “*inferenza di Bayes*”; essa presuppone l’esistenza di algoritmi appropriati nella memoria. E’ una strategia rapida ma che vale solo per un mondo *semplice*.

Per contro in presenza della “*complessità*”, gli algoritmi preesistenti non sono applicabili e occorre costruirne “ad hoc” di nuovi. Si mostra come la “*inferenza di Bayes inversa*” permetta la costruzione di nuovi algoritmi.

Nella lettura di un testo (letterario, musicale, pittorico) il nuovo algoritmo connette i brani del testo, interpretando il successivo in termini del precedente. Nella esplorazione cognitiva del mondo, l’algoritmo che interpreta situazioni diverse ma legate da un filo comune (analogia) è il “*concetto*” che ha perciò un base ontologica e non è una pura invenzione mentale.

Ciò premesso, illustriamo i punti salienti con una serie di Figure.

Due modi di leggere il mondo:

i) XVI- XX sec.(riduzionistico) spezza il mondo in frammenti elementari e studia il singolo pezzo; poi li ricombina logicamente Comincia con Galileo e Newton, è ideologizzato da Laplace e Carnap, è stato la base della biologia post-darwiniana (dogma della biologia molecolare) e del cognitivismo (mente = cervello).

ii) XXI sec. (olistico):

Quantum entanglement (parti diverse e lontane di mondo sono inestricabilmente legate);

Epigenetica (lo stesso gene può esprimersi in modi diversi a seconda delle circostanze);

Linguaggio umano: giudizio (creativo) >> semplice percezione (basata su algoritmi memorizzati)

Fig.1-La rivoluzione scientifica del XXI sec.

La dinamica di Newton

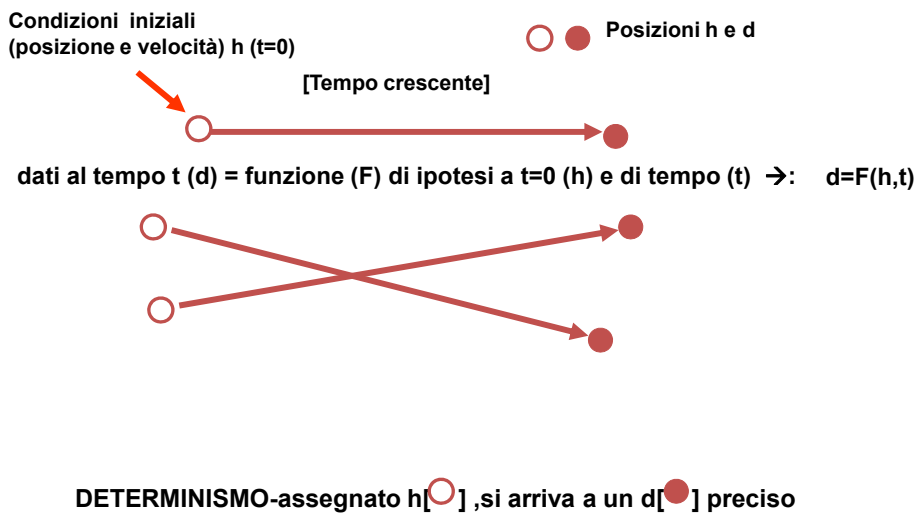
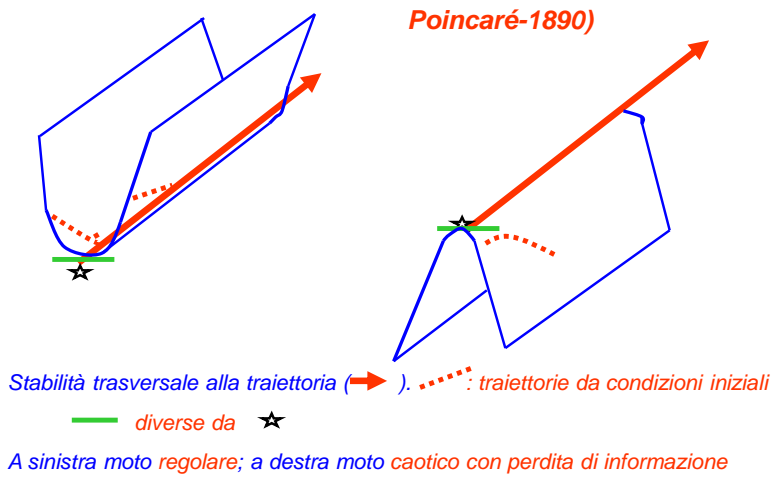


Fig.2 –Il paradigma di Newton : dinamica determinata dalle posizioni e velocità iniziali

Stabilità del moto (nascita del CAOS DETERMINISTICO)



Caos deterministico : il modello matematico di un sistema fisico, anche se consiste di poche equazioni, non prevede il futuro remoto, in quanto l'informazione si "consuma" al passare del tempo e va rimpiazzata da nuova informazione.

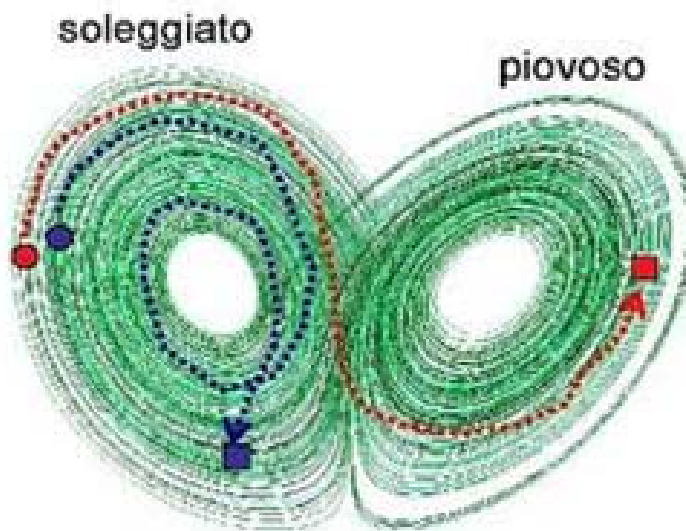
Il tempo entro cui si perde dipende dal sistema: nel caso del sistema solare, è sul milione di anni , ma nel caso degli impulsi elettrici (spikes) con cui i neuroni del cervello comunicano fra di loro , è solo 2 millesimi di secondo.

Fig. 3-Come nasce il caos deterministico con Poincaré-1890. Tempo di perdita dell'informazione .

due tipi di caos:

- **caos geometrico**, il punto rappresentativo di un evento si scosta da traiettoria "semplice" ed esegue figure non prevedibili ("effetto farfalla")

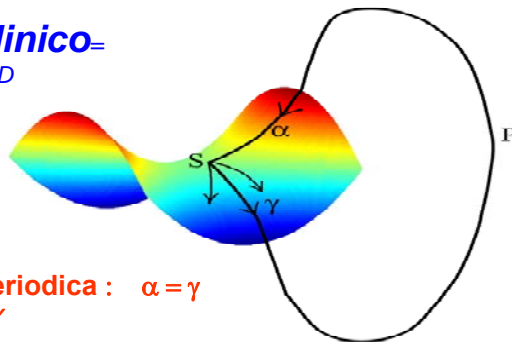
- **caos temporale**: una forma stereotipata (un impulso di forma fissa = spike) si ripete a tempi imprevedibili ; il punto ritorna sempre alla stessa posizione (come la lancetta dell'orologio) ma se ne diparte con tempi non uguali l'uno all'altro.



Effetto farfalla in modello meteorologico

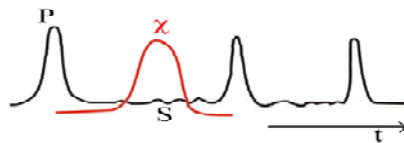
Caos omoclinico=

ritorno a sella S in 3D



Oscillazione periodica : $\alpha = \gamma$

Caos: $\alpha < \gamma$



Suscettibilità χ = risposta ad uno stimolo esterno

Fig.4-Due tipi di caos: geometrico (effetto farfalla) e temporale (orologio con tempi variabili)

<i>Ritmi neuronali</i>	<i>0.01-10 s</i>
<i>Ritmo cardiaco</i>	<i>1 s</i>
<i>Oscillazioni Calcio</i>	<i>1 s a parecchi minuti</i>
<i>Oscillazioni biochimiche</i>	<i>1-20 min</i>
<i>Ciclo mitotico</i>	<i>10 min a 24 h</i>
<i>Ritmi ormonali</i>	<i>10 min a parecchie ore</i>
<i>Ritmi circadiani</i>	<i>24 h</i>
<i>Ciclo ovario</i>	<i>28 d (umano)</i>
<i>Ritmi annuali</i>	<i>1 anno</i>
<i>Oscillazioni ecologiche</i>	<i>anni</i>

Fig.5-Tempi di alcuni orologi biologici

Un vivente reagisce a stimolo sensorio con risposta motoria. Nel cervello, il codice dello stimolo [sequenza di spike] viene confrontato con il codice di memorie pregresse e ne consegue una “interpretazione” in base a cui si reagisce, cioè una percezione.

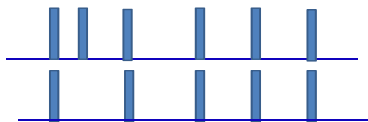
Occorre sincronizzare le spike di folle di neuroni, perché si adeguino allo stesso codice (sincronizzazione → una folla che batte le mani all’unisono). Ciò richiede qualche centinaio di millisecondi (fino a 1 secondo), ben oltre i 2 millisecondi entro cui il caos cancella l’informazione di una spike.

La sincronizzazione implica dunque un “controllo del caos”; senza di questo , saremmo condannati a non “capire” niente del mondo che ci circonda.

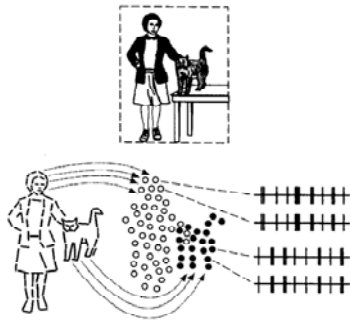
Comunicazione fra Neuroni = sincronizzazione

**Codice Neuronale = treno spike elettriche, ciascuna 100mV, 1ms;
separazione min. (bin) 3ms;**

Separazione media (nella banda gamma dello EEG) 25 ms

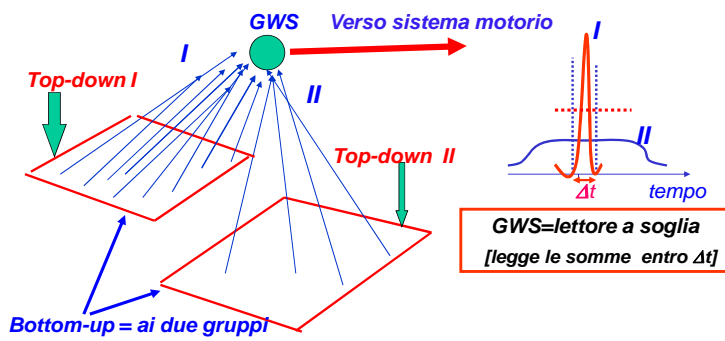


Feature binding (legame di configurazione)



Ogni cerchietto rappresenta un campo ricettivo che isola dettagli specifici (ad es. barra verticale).

**Implementazione dinamica del Global Workspace (GWS)
[competizione fra due interpretazioni top-down]**



2 gruppi di neuroni eccitati da uguale stimolo sensorio bottom-up, ma con diversi top-down. In I, i neuroni sono sincronizzati entro il tempo Δt , in II invece non sincronizzati \rightarrow prevale I

Fig.6-Cos'è la percezione e come viene elaborata nel cervello

Dinamica cognitiva: due scale temporali

A) PERCEZIONE; t circa 1sec

Cfr fra stimolo e memoria (= inferenza di Bayes) in grado di indurre *reazione motoria*.

Procedura a repertorio finito, comune agli animali

B) GIUDIZIO; $t > 3$ sec confronto linguistico

fra il brano presente e la memoria del precedente;

i due eventi codificati nello stesso linguaggio e sottoposti allo stesso giudice (coscienza di sé). Si sceglie il "modello" per Bayes inverso

Procedura libera, creativa, solo umana

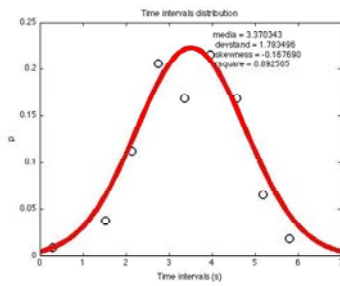
Fig. 7-Le due procedure cognitive: percezione (in tutti gli animali con cervello) e giudizio (solo negli umani, risulta da un confronto linguistico).

Metodi di osservazione

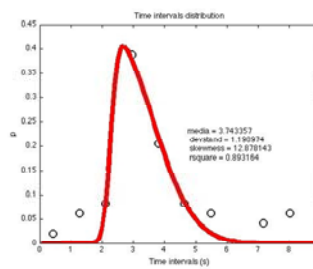
- Sneecock uno studioso dell'Università di Cambridge, non improvvisamente sono scritte le parole, tutte le lettere possono essere al posto sbagliato, è importante solo che la prima e l'ultima lettera siano al posto giusto, il resto non conta. Il cervello è comunque sempre in grado di decifrare tutto questo caos, perché non legge ogni singola lettera, ma legge la parola nel suo insieme..

Fig.8-Non attribuiamo un senso alla singola parola, ma al contesto, cioè al confronto fra una parola e le vicine.

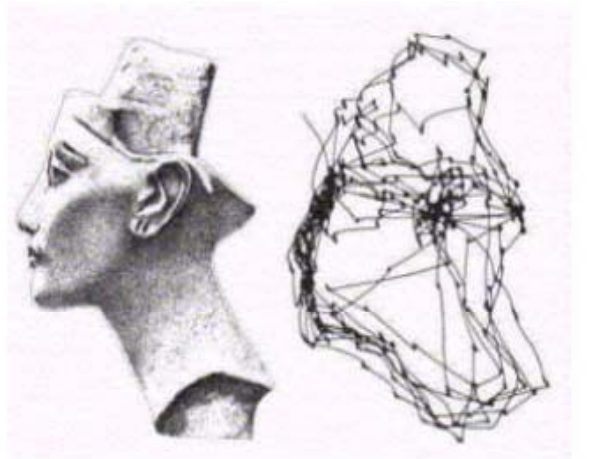
Benigni XXXIII Inferno



Ascolto V Beethoven(1 soggetto)



**Tempi di pausa mediati su molti soggetti
(brani poetici o brani musicali)**



Sequenza di fissazioni oculari (cerchi neri) guardando Nefertiti

Fig. 9 –Ogni elaborazione linguistica (poesia, musica,arti figurative) implica il confronto fra due brani successivi, che richiede in media 3 secondi.

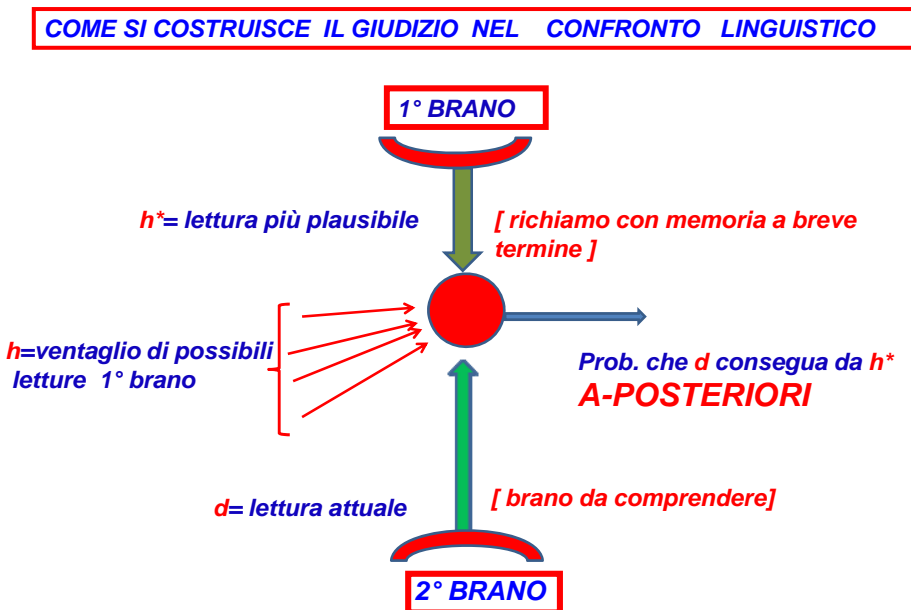
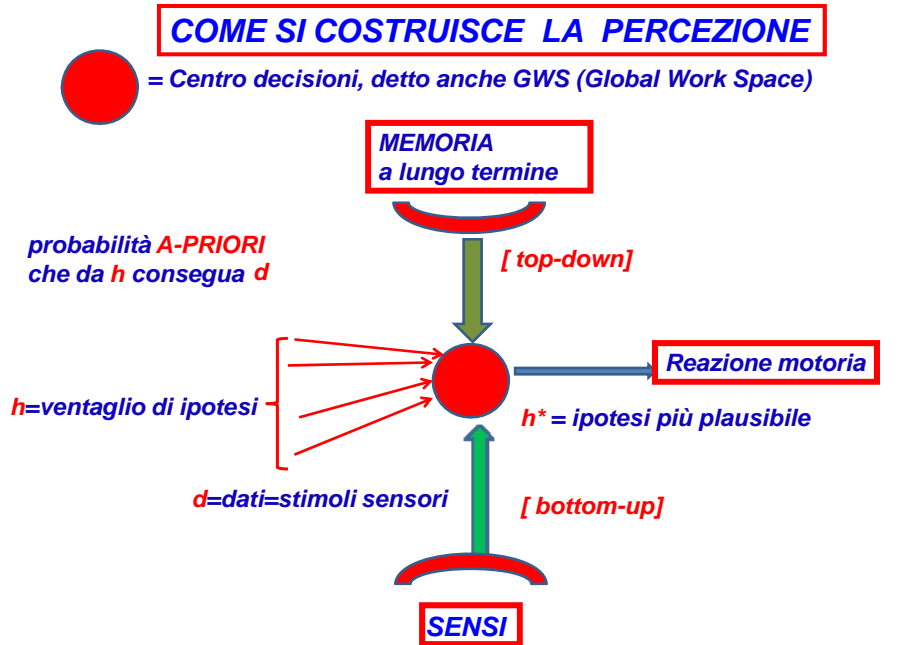
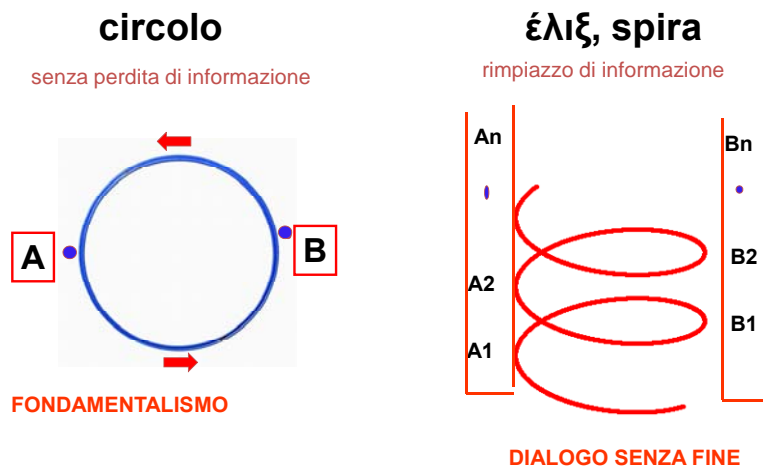


Fig. 10-Descrizioni globali dei due processi cognitivi, percezione e giudizio; nel secondo caso , è cruciale la “coscienza di se stessi” (autocoscienza): colui che sceglie il significato del 1° brano deve essere consapevole di essere lo stesso cui si presenta il 2°.

**Confronto tra A e B -
Due tipi di ermeneutica: ripetitiva; creativa**



Nell'ermeneutica creativa, c'è il confronto tra A e B, dove B è la realtà esterna che limita e guida le scelte successive di A .
Invece nella dialettica di Hegel, lo Spirito evolve, ma senza un referente esterno; lo stesso nel "pensiero debole"

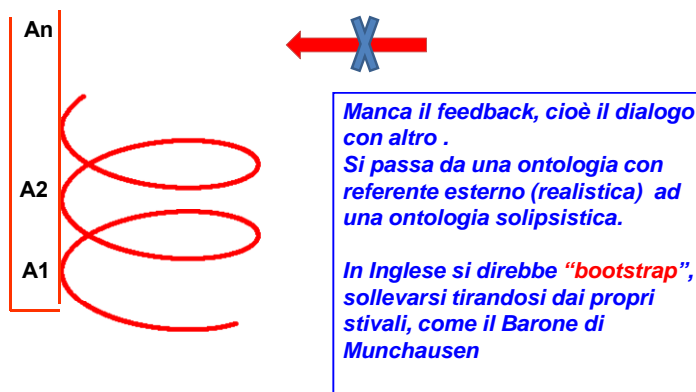


Fig.11-Due ermeneutiche: a) computazionale, che attribuisce un senso invariante agli oggetti; il senso è fissato da una singola operazione di misura;

b) creativa: il senso si raffina nel confronto linguistico;

c) l'ermeneutica creativa è realistica se implica un referente esterno, idealistica se si sviluppa per pura crescita interna , senza un referente: parleremo di "bootstrap" (salire tirandosi dagli stivali) come fece il Barone di Munchausen nella sua ascesa alla luna.

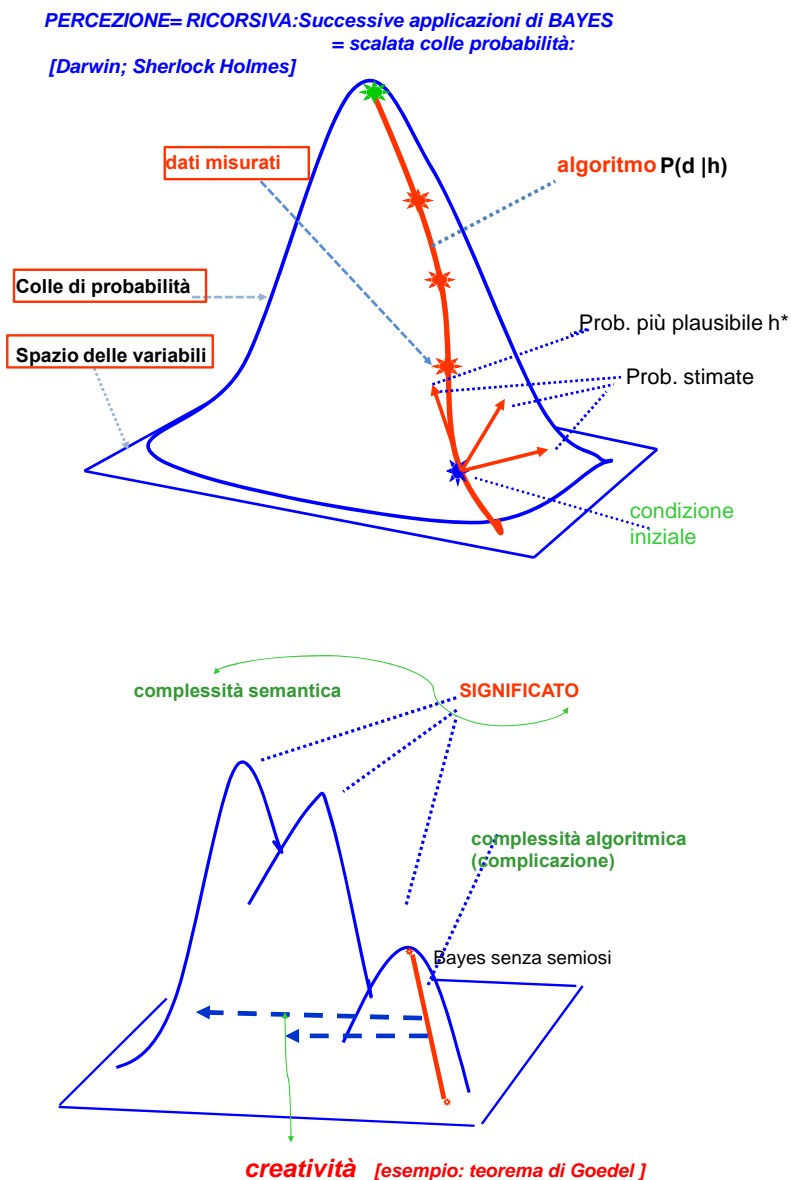


Fig.12- Confronto fra percezione come procedura ricorsiva (in orizzontale uno spazio di variabili, in verticale un colle di probabilità crescenti) fatta di successive inferenze di Bayes che si appoggiano ad un algoritmo o modello.

Per contro, la complessità implica la coesistenza di modelli (colli) differenti. La scelta di un colle è una procedura creativa, non-algoritmica.

Si sta oggi investigando il ruolo quantistico di questa procedura che va oltre il computer classico (macchina di Turing) e che è peculiare del linguaggio umano.