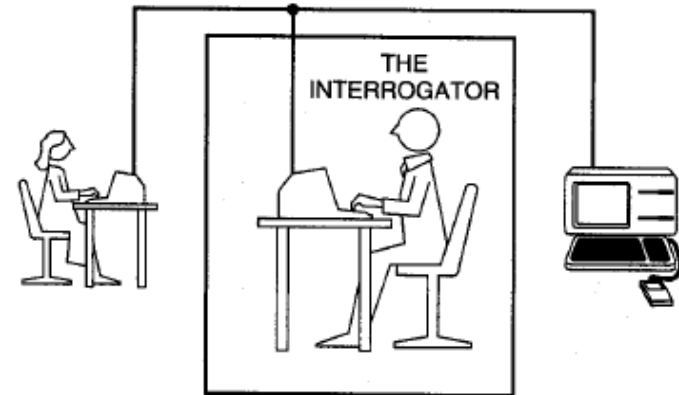


Intelligenza Artificiale: una breve introduzione

Marco Piastra

- Searle, J. R., *Minds, Brain and Science*, 1986 :
 - “Because we do not understand the brain very well we are constantly tempted to use the latest technology as a model for trying to understand it. In my childhood we were always assured that the brain was a telephone switchboard (*‘What else could it be?’*). I was amused to see that Sherrington, the great British neuroscientist, thought that the brain worked like a telegraph system. Freud often compared the brain to hydraulic and electro-magnetic systems. Leibniz compared it to a mill, and I am told some of the ancient Greeks thought the brain functions like a catapult. At present, obviously, the metaphor is the digital computer.”

Can machines think? (Test di Turing)



- “The new form of the problem can be described in terms of a game which we call the ‘imitation game.’ It is played with three people, a man (A), a woman (B), and an interrogator (C) who may be of either sex. The interrogator stays in a room apart from the other two. The object of the game for the interrogator is to determine which of the other two is the man and which is the woman. He knows them by labels X and Y, and at the end of the game he says either ‘X is A and Y is B’ or ‘X is B and Y is A’

The interrogator is allowed to put questions to A and B.

[...] We now ask the question, ‘What will happen when a machine takes the part of A in this game?’ Will the interrogator decide wrongly as often when the game is played like this as he does when the game is played between a man and a woman? These questions replace our original, ‘Can machines think?’ ”

[Turing, A., Computing Machinery and Intelligence, *Mind*, Vol. 59, No. 236, 1950]

Primo uso del termine

- John McCarthy et al., 1955:

- “We propose that a two-month, ten man study of **artificial intelligence** be carried out during the summer of 1956 at Dartmouth College in Hanover, New Hampshire.

The study is to proceed on the basis of the conjecture that every aspect of learning or any other feature of **intelligence** can in principle be *so precisely described* that a machine can be made to *simulate* it.”

- La proposta originale era di John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, and Claude Shannon
- (Altri partecipanti: Trenchard More, Arthur Samuel, Oliver Selfridge, Ray Solomonoff, Alan Newell, and Herbert Simon)

Pensieri e parole, rappresentazione

- (ancora da John McCarthy et al., 1955):

- **“How Can a Computer be Programmed to Use a *Language*”**

It may be speculated that a large part of human thought consists of manipulating **words** according to **rules** of **reasoning** and **rules** of **conjecture**.

- **“Intelligent machine”**

[...] would tend to build up within itself an abstract model of environment in which it is placed. If it were given a problem, it could first explore solutions within the internal abstract model of the environment and then attempt external experiments.

Concetti di base

- **Facoltà cognitive umane**
 - definizione non facile
 - esempio: il gioco degli scacchi
Conta solo l'effetto o anche il modo?
 - (e.g. applicazione di metodi esaustivi sullo spazio delle mosse)
- **Processi computazionali**
 - una definizione precisa è possibile (e.g. algoritmo, macchina di Turing)
 - devono essere affini a quelli umani?
 - (Quindi devono far molta fatica con i calcoli numerici?)
- **Comportamento**
 - qual'è il comportamento osservabile del sistema?
- **Simulare, similitudine**
 - le facoltà cognitive umane spesso sfuggono alle misurazioni effettive
 - in che senso quindi un comportamento è *simile* a quello umano?

Modelli cognitivi

- I **modelli cognitivi *simbolici*** sono teorie descrittive delle *facoltà cognitive umane* tradotte in forma di *programmi* per computer
- Un **modello cognitivo** ha lo scopo di spiegare una particolare facoltà cognitiva nei termini di un insieme di *processi computazionali* di base (*primitive*)
- Ciascun modello svolge uno specifico compito cognitivo producendo un *comportamento* che dovrebbe predire (o essere simile) ad un comportamento *umano*
 - La modellazione delle *facoltà umane* è compito della **psicologia cognitiva**
 - Si usano macchine (software) per *descrivere* e *dimostrare*
 - Lo studio delle *tecniche computazionali* è invece l'ambito dell'**intelligenza artificiale**
 - Si usano macchine (software) per *riprodurre*, *replicare* allo scopo di risolvere problemi pratici

Simboli e processi

- The physical-symbol system hypothesis (PSSH)
 - “A **physical symbol system** consists of a set of entities, called **symbols**, which are physical patterns that can occur as components of another type of entity called an expression (or symbol structure).

Thus, a **symbol structure** is composed of a number of **instances** (or tokens) of symbols related in some physical way (such as one token being next to another).

At any instant of time the system will contain a collection of these symbol structures.

Besides these structures, the system also contains a collection of **processes** that operate on *expressions* to produce other *expressions*: processes of creation, modification, reproduction and destruction.”

[Newell, A., Simon, H., "Computer Science as Empirical Inquiry Symbols and Search," Comm. of the ACM, March 1976, pp 113-126.]

Conoscenza simbolica

- **Fatti:**
 1. Enrico è il genitore di Paolo
 2. Silvia è la genitrice di Giorgio
 3. Silvia è la genitrice di Renato
 4. Enrico è il genitore di Giorgio
 5. Enrico è un essere umano
 6. Paolo è un essere umano
- **Regole:**
 7. Tutti gli esseri umani sono bipedi senza piume
 8. Due cose che hanno gli stessi genitori sono parenti
 9. Chiunque abbia come parente un bipede senza piume è contento

Ragionamento simbolico

- Giorgio è contento?

[da 9] chi è parente di Giorgio?

[da 8] chi è genitrice di Giorgio? Silvia
di chi è genitrice Silvia? Renato

Renato e Giorgio sono la stessa cosa? no

[conclusione da 8]: Renato è parente di Giorgio.

[continua con 9] Renato è un bipede senza piume?

[da 7] Renato è un essere umano? non è noto [fallimento]

[torna a 8] di chi altro è genitrice Silvia? Giorgio

Giorgio e Giorgio sono la stessa cosa? sì [fallimento]

[torna a 8] di chi altro è genitrice Silvia? nessuno [fallimento]

[da 8] chi altro è genitore di Giorgio? Enrico

di chi è genitore Enrico? Paolo

Paolo e Giorgio sono la stessa cosa? no

[conclusione da 8]: Paolo è parente di Giorgio.

[torna a 9] Paolo è un bipede senza piume?

[da 7] Paolo è un essere umano? sì

[conclusione da 7] Paolo è un bipede senza piume.

[conclusione da 9] Giorgio è contento.

- **Fatti:**

1. Enrico è il genitore di Paolo
2. Silvia è la genitrice di Giorgio
3. Silvia è la genitrice di Renato
4. Enrico è il genitore di Giorgio
5. Enrico è un essere umano
6. Paolo è un essere umano

- **Regole:**

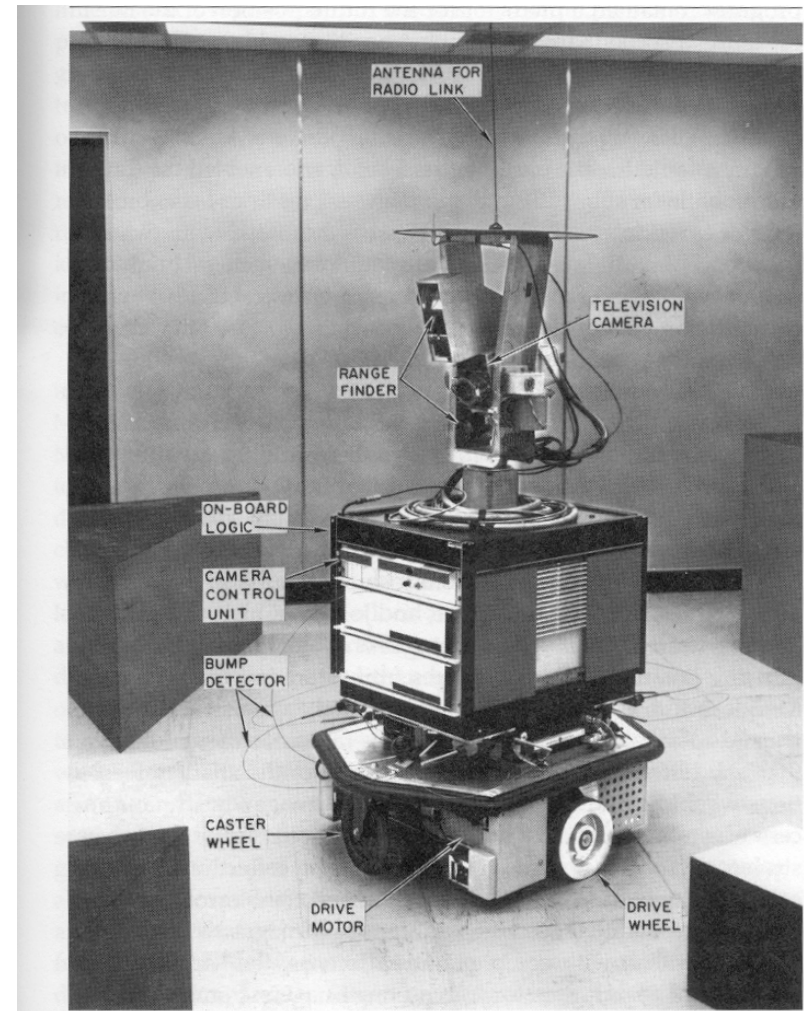
7. Tutti gli esseri umani sono bipedi senza piume
8. Due cose che hanno gli stessi genitori sono parenti
9. Chiunque abbia come parente un bipede senza piume è contento

Sistema cognitivo simbolico

- Simboli
 - hanno una loro *fisicità* (rappresentazione), che ne consente la manipolazione
 - possono avere *relazioni* con altri simboli
- Elaborazione
 - il sistema di elaborazione utilizza *simboli* e *relazioni*: opera solo sulla dimensione *fisica*
 - (è ignaro del *significato* dei simboli)
- Macchina
 - l'implementazione è irrilevante
 - il processo di ragionamento è totalmente indipendente dalla 'tecnologia' utilizzata (*disembodiment*)
 - (il pensiero senza pensatore?)

Una vecchia gloria: Shakey (1969)

- In grado di pianificare e muovere blocchi per raggiungere uno scopo prefissato (goal)



Ma Deep Blue è intelligente?

- Computer e scacchi
 - nel 1945 Alan Turing cita il gioco degli scacchi come un esempio di un'attività che le macchine potrebbero un giorno svolgere
 - nel 1950 Turing definisce il primo algoritmo per il gioco degli scacchi
 - [...]
 - nel 1997 il computer Deep Blue di IBM batte l'allora campione mondiale Gary Kasparov
- Deep Blue
 - 500 processori, 1 Tflop/s
 - in grado di valutare 200 milioni di mosse al secondo
 - Il gioco degli scacchi ammette circa 30 mosse legittime, 1000 diramazioni in media ad ogni mossa e contromossa
- E` intelligente?
 - o solo un 'velocissimo idiota'?

Intelligenza, immaginazione e caso

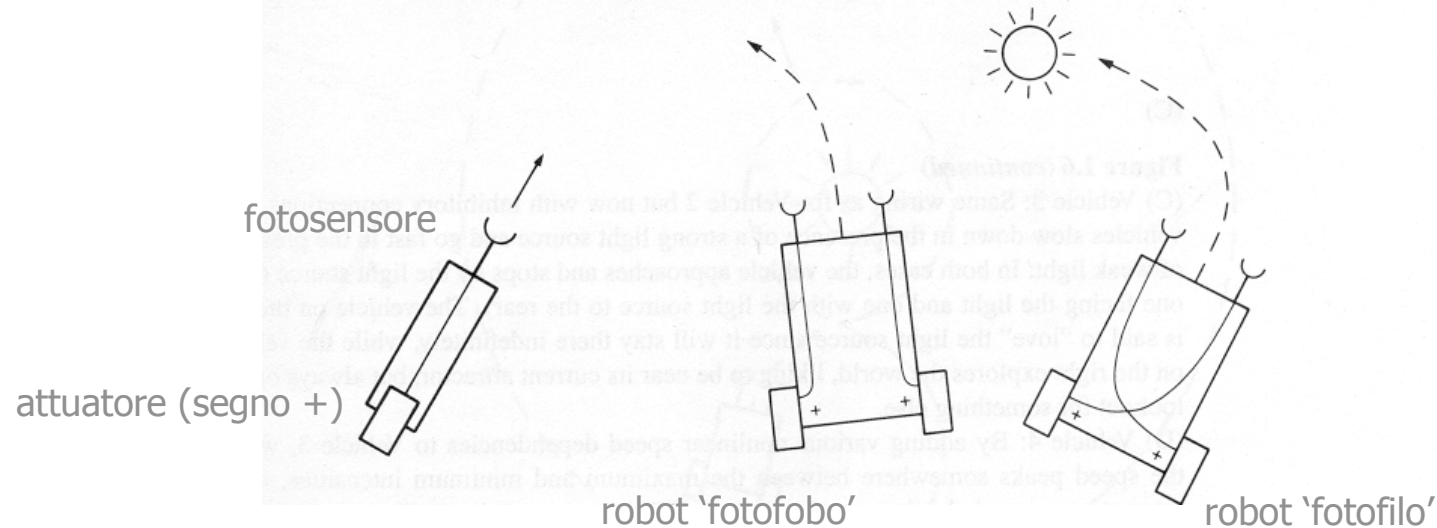
- (ancora da John McCarthy et al., 1955):

- **“Randomness and Creativity”**

A fairly attractive and yet clearly incomplete conjecture is that the difference between **creative** thinking and **unimaginative** competent thinking lies in the injection of a some **randomness**. The randomness must be guided by intuition to be efficient. In other words, the educated guess or the hunch include controlled randomness in otherwise orderly thinking.

Comportamento ed ambiente

- Robot minimali (Braitenberg, 1986)



- Ambiente e complessità

- Robot 'fotofili' che si muovono in un ambiente accidentato mostrano un comportamento (percorso) molto complesso e difficile da descrivere
- (esempio di H. Simon della formica sulla spiaggia, 1981)
- Ma il 'programma' è lo stesso

E gli elefanti giocano a scacchi?

- da [Brooks, R., "Elephants Don't Play Chess", *Robotics and Autonomous Systems*, 6, 1990]

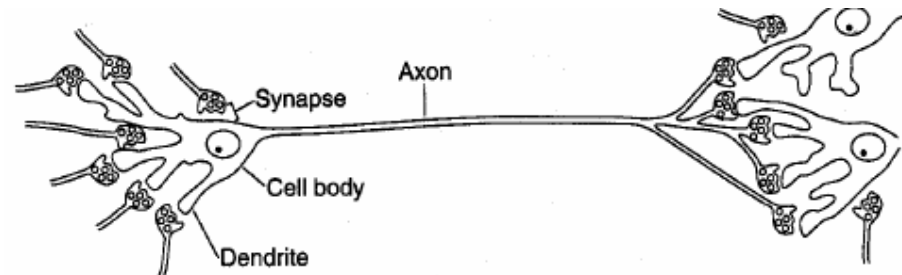
- Critica della PSSH

- un modello 'monolitico' di rappresentazione interna
(gli esseri umani non fanno così – fenomeno della *change blindness*)
- un unico sistema (sincrono) di controllo
(gli studi sulle lesioni cerebrali suggeriscono il contrario)
- un sistema *general purpose*
(lo studio della percezione rivela la 'propensione' a preferire alcune interpretazioni rispetto ad altre)
- totale separazione di mente e corpo (*disembodiment*)
(disconoscendo così le forme di intelligenza non simbolica)
- (Come avrà potuto evolversi, una simile forma di intelligenza?)

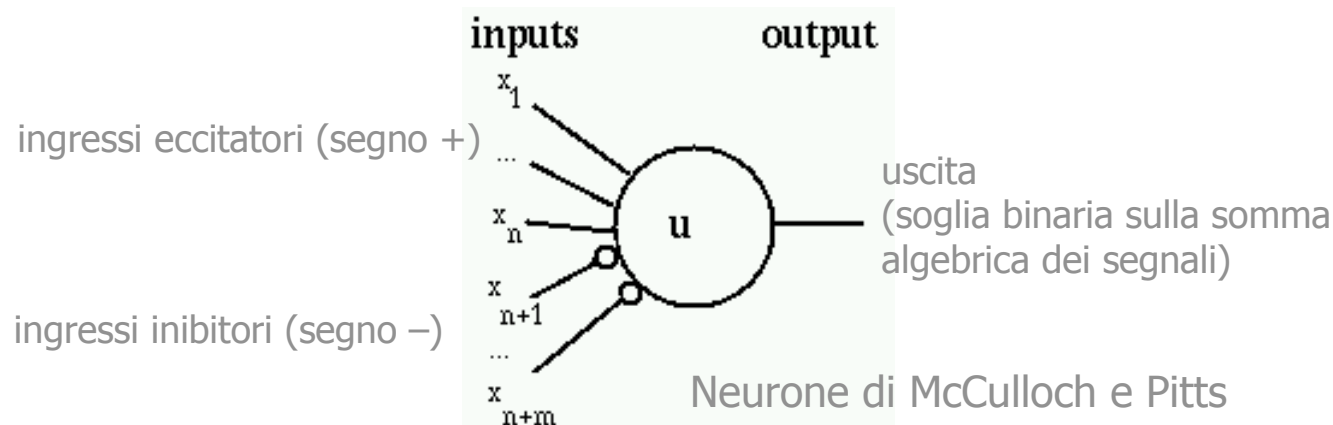
Intelligenza come proprietà emergente

- Si manifesta attraverso le interazioni
 - con l'ambiente circostante
 - con altri agenti in una società di qualche genere
 - in base alle conoscenze ed alla storia collettiva
- Somma di abilità diverse
 - **Sviluppo**, capacità di acquisire nuove conoscenze
 - **Interazione sociale**, trasferimento ed aiuto reciproco
 - **Corporeità** (*embodiment*) e **contesto fisico** (*physical coupling*)
uso il proprio corpo e dell'ambiente circostante come strumento
 - **Integrazione**, tra abilità e comportamenti diversi
- *'Patchwork of behaviors'*
 - stratificazione (*subsumption*) di comportamenti che legano percezioni ad azioni

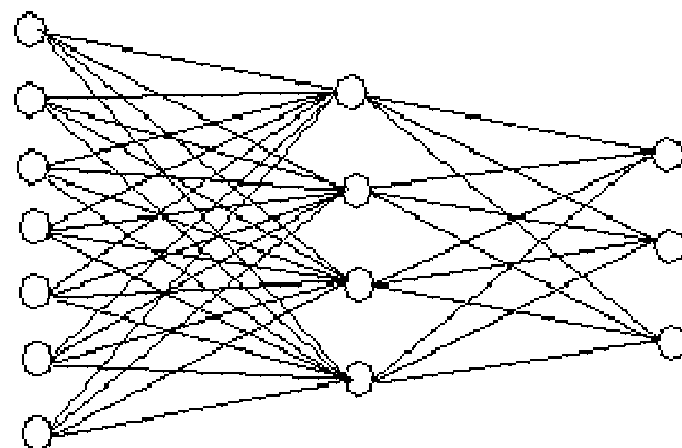
Connessionismo



- “Occorre considerare anche il *cervello*, non solo la mente”
 - un’ipotesi opposta al *disembodiment* tipico del ragionamento simbolico
- Un fondamento di bio-affinità
 - nel 1943, Mc Culloch e Pitts descrivono un modello computazionale basato su una rete di neuroni a soglia binaria
 - dimostrano il comportamento della rete può essere descritto in termini di formule simboliche (logica del primo ordine)
 - (ma la rete neurale ‘non lo sa’)



Dal simbolico al sub-simbolico



- Elaborazione di segnali
 - la **macchina** che realizza il *comportamento* è fondamentale
 - il modello è fondato sulla fisicità dei **segnali** e non su quella del simbolo
 - il simbolo esiste solo nell'ambito del *comportamento osservabile*
- Rappresentazione distribuita e sistemica
 - dalla atomicità dei simboli
alla distribuzione della rappresentazione nella rete neurale
 - il riconoscimento di un input (e.g. una parola)
comporta la stimolazione di gran parte dei nodi della rete

Influenze top-down

- Interazione tra modello cognitivo e comportamento
 - gli aspetti cognitivi possono influenzare il livello neuro-motorio
- Attenzione visiva: gli *saccades*
 - gli esseri umani effettuano piccoli movimenti a scatti con gli occhi, ad intervalli brevissimi e variabili (tipicamente ~ 50 msec)
 - non ne siamo consapevoli: la cosa fu studiata solo alla fine degli anni '60 [Yarbus, A., *Eye Movements and Vision*, Plenum Press, 1967]

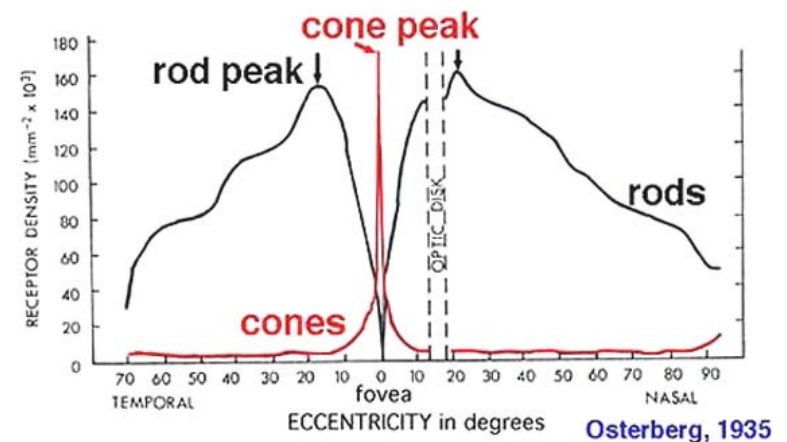
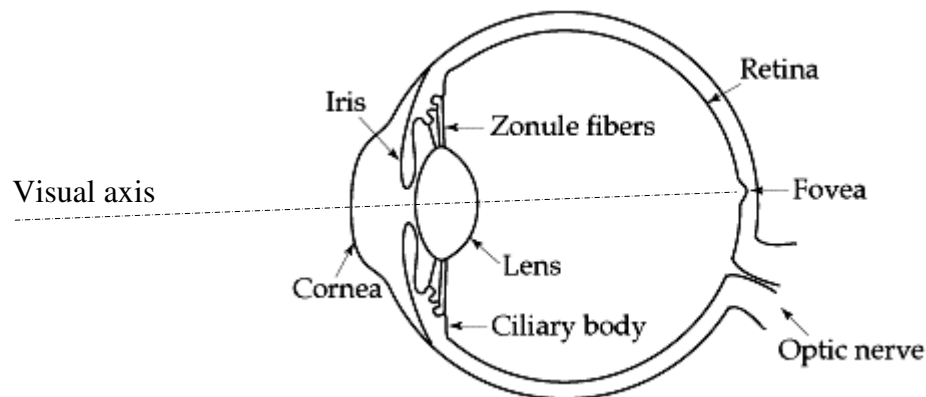
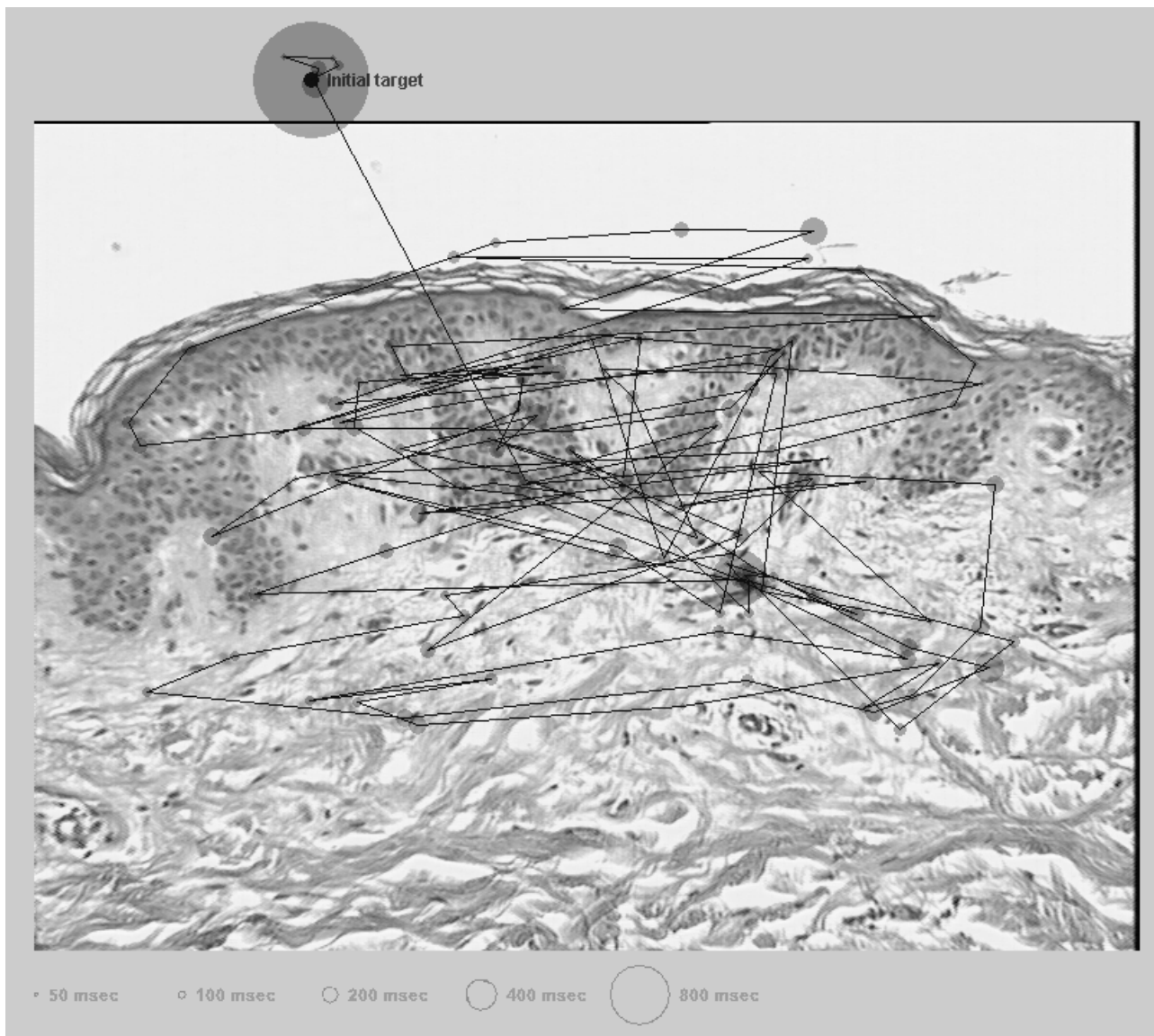
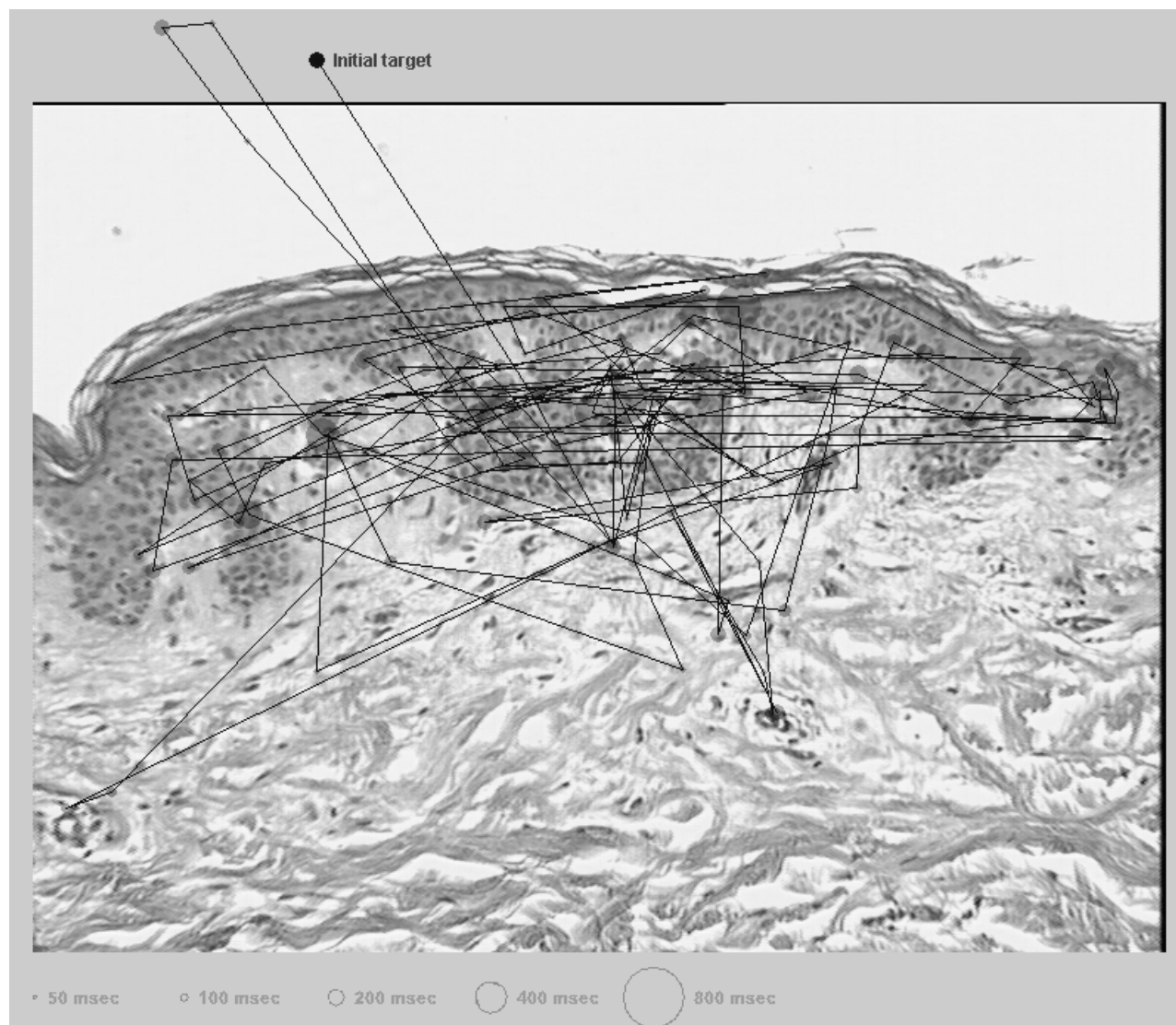


Immagine al microscopio di una sezione di cute opportunamente trattata

Lo scopo dell'osservazione è una *diagnosi*

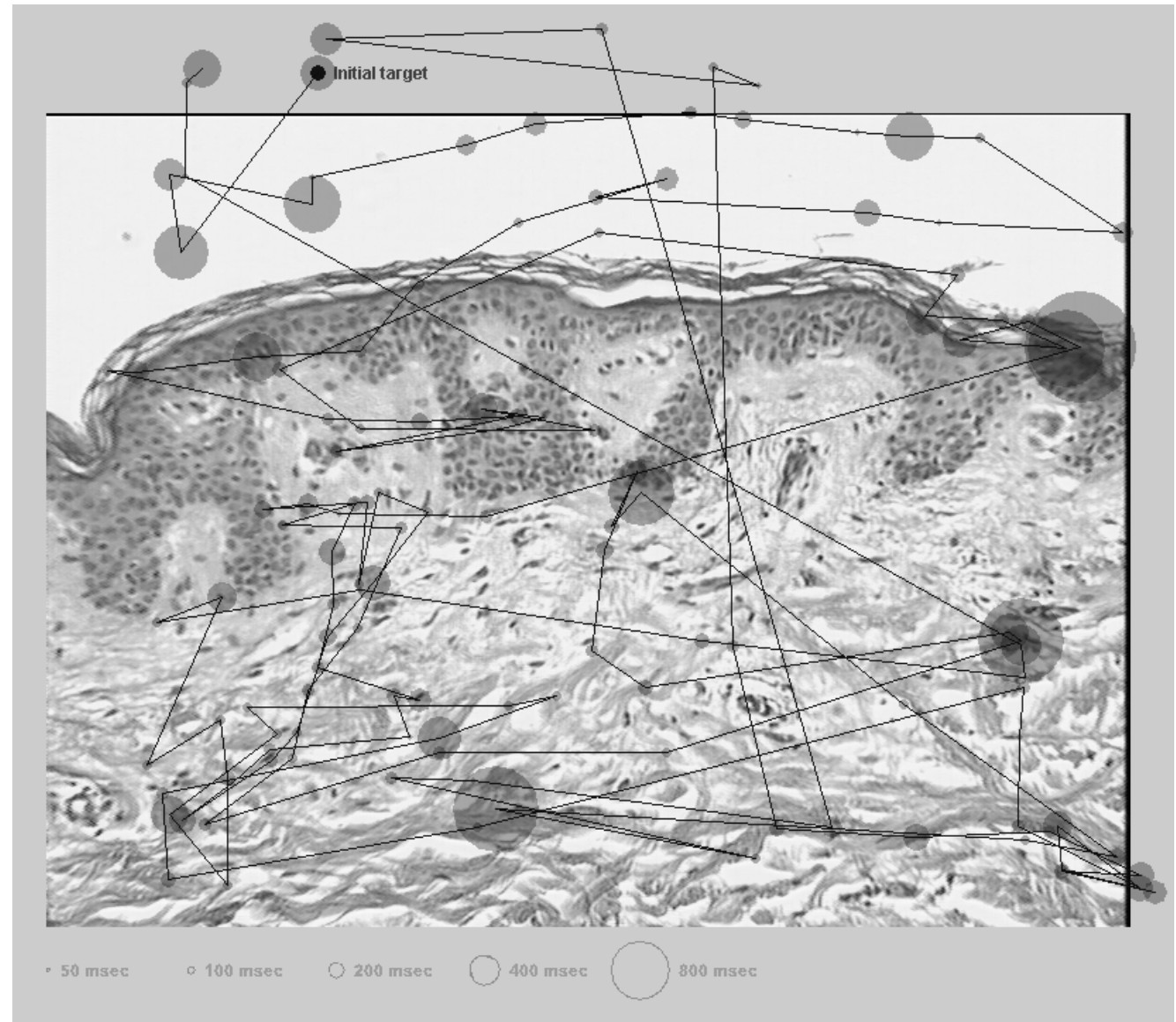
Lo *scanpath* qui tracciato è di un giovane medico (durata: 45 sec)





Lo *scanpath* qui tracciato è di un medico molto esperto

Lo *scanpath* prodotto da un ingegnere (non conosce l'argomento)



Sistematicità

- Senza ricorrere al livello simbolico è difficile spiegare la *sistematicità* di molti fenomeni linguistici
 - “Non è solo *pattern-matching*”
 - una persona che comprende l’italiano non può comprendere
 - “Silvia ama Enrico”
 - senza al tempo stesso comprendere
 - “Enrico ama Silvia”
 - così come qualsiasi frase del tipo
 - “X ama Y”
 - dove X ed Y possono essere nomi o descrizioni definite qualsiasi
 - “L’amica di Renato ama il gatto di Paolo”

Rappresentazioni diverse

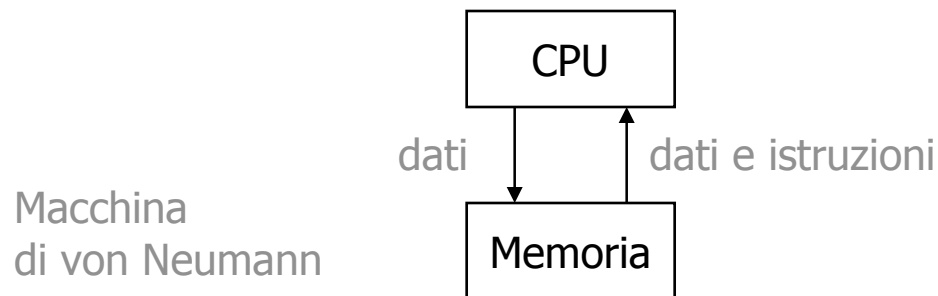
- Fenomeni di sistematicità possono ricorrere anche tra forme di rappresentazione diverse



- una volta 'capito il trucco', qualsiasi forma analoga diventa immediatamente riconoscibile (G. Kanisza, 1985)

Tecniche computazionali e obiettivi

- In ambito teorico:
 - l'**intelligenza artificiale** è lo studio delle *tecniche computazionali* che permettono di descrivere (o di riprodurre) alcune facoltà cognitive umane
- In ambito industriale:
 - l'**intelligenza artificiale** è lo studio delle *tecniche computazionali* che riproducono le facoltà cognitive umane al fine di risolvere problemi pratici
- Più di recente:
 - l'**intelligenza artificiale** include in generale anche i metodi di calcolo che non sono basati sul principio delle architetture di von Neumann



1. carica un'istruzione dalla memoria
2. carica i dati richiesti dalla memoria
3. esegui l'istruzione
4. registra il risultato in memoria
5. torna al punto 1.

Logica simbolica come riferimento teorico

- Una tradizione millenaria
 - il tentativo di raggiungere un grado estremo di precisione formale nella rappresentazione del ragionamento (vedi: sistematicità)
 - già oggetto di studio nell'antica Grecia e durante tutto il medioevo
- Un tentativo di definire un 'linguaggio perfetto'
 - ovvero il 'linguaggio della scienza' (G. Frege, 1879)
 - un linguaggio senza ambiguità di significato
 - che permette di distinguere in modo meccanico i ragionamenti validi (o fondati) da quelli che non lo sono (e.g. dimostrazioni matematiche)
- Un sistema di ragionamento simbolico automatico
 - "Algorithm = Logic + Control" (Kowalski, 1979)
 - "Algorithm + Data Structures = Programs" (Wirth, 1975)
 - programmazione logica