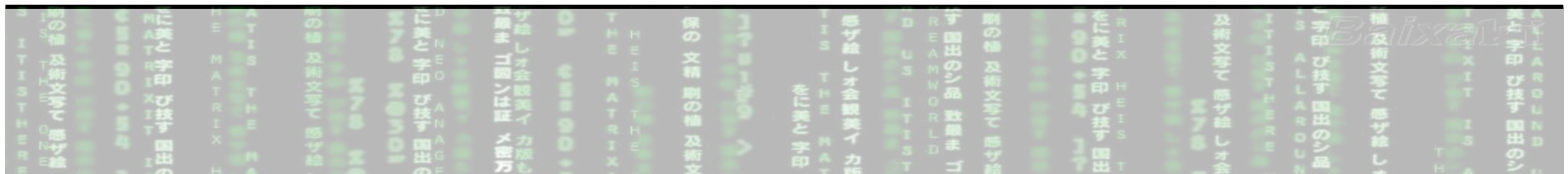


# La mente negli Scacchi

## Riflessioni di un informatico

Paolo Ciancarini  
Università di Bologna

A scuola con i Re  
San Benedetto del Tronto  
22 maggio 2009



## Chi sono io?

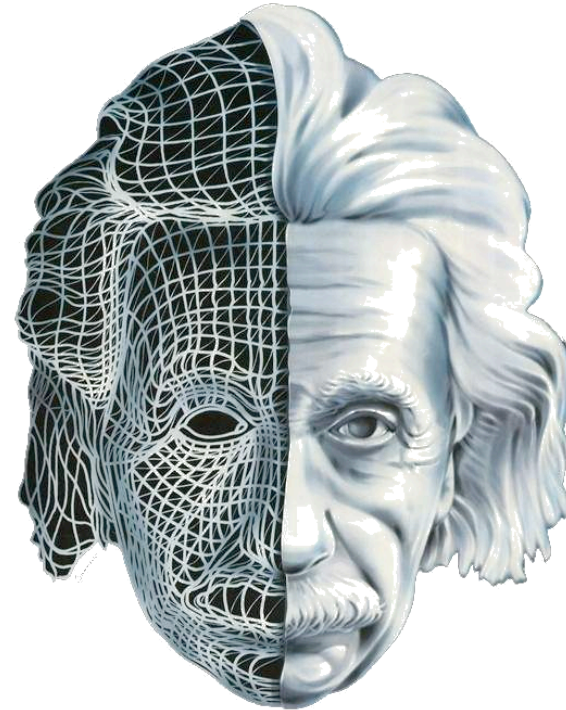
- Ordinario di Informatica, Univ. di Bologna
  - Mi occupo di Informatica Ludica e Agonistica (“Entertainment Computing”) da parecchi anni
  - Ho scritto un libro sull’argomento:  
*Giocatori Artificiali*, Mursia
  - Continuo a fare ricerca sul gioco artificiale e sui giochi digitali
-

# Alcune domande

- Come fa una mente a prendere una decisione?
  - Quali strutture “mentali” hanno a comune giocatori umani e artificiali?
  - Come si impara a giocare?
  - Come si impara a giocare bene?
  - Il talento esiste?
  - Se l’esperienza conta, - e sappiamo che conta molto - perché i giovani scacchisti imparano rapidamente a giocare meglio degli anziani?
-

# Sommario

- Il gioco umano
- Il gioco artificiale
- Studi recenti
- Nuove frontiere



## Il gioco degli Scacchi

- Si gioca a Scacchi da circa 1500 anni: il gioco venne inventato in India, non si sa da chi
  - Il gioco come lo conosciamo oggi è stato codificato verso la fine del XV secolo in Italia
  - Le regole internazionali sono state promulgate nel 1929 dalla FIDE
  - Vengono aggiornate di tanto in tanto da un apposito comitato della FIDE
-

## Chi gioca?

- Giocano a Scacchi milioni di persone
- Alcuni paesi hanno una grande tradizione
- Esiste una letteratura immensa sul gioco, dell'ordine di oltre 100.000 libri, tesi e articoli scientifici
- Il gioco è di solito associato all'intelligenza e come tale si ritrova in molte trame di film



# Persone famose che gioca(va)no a Scacchi



Goethe



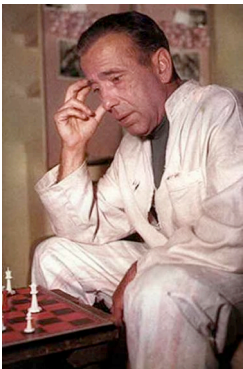
Lenin con Gorkj



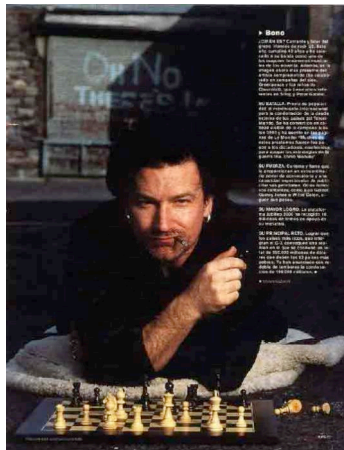
Fischer con FidelCastro



Edgar Davids



Humphrey Bogart



Bono (U2)



Tolstoy



Madonna

NAPOLÉON A L'ILE S<sup>T</sup> HÉLÈNE.



Levellot. Del.



Levellot. Del.



## Memoria, tattica, strategia, psicologia

Come fa un umano a scegliere una mossa?

- Potrebbe scegliere una mossa **a caso**, tra tutte le mosse possibili
  - Potrebbe scegliere giocando “**a memoria**” sequenze di mosse ben studiate
  - Potrebbe scegliere in base a **considerazioni tattiche (calcolate)** o strategiche (**pianificate**)
  - Potrebbe scegliere in base a **considerazioni psicologiche** sull'indole dell'avversario
-

## Muovere a caso?



- Nella posizione iniziale il Bianco ha 20 possibili aperture
  - Il Nero ha 20 possibili risposte, dunque dopo una mossa sono possibili  $20 * 20 = 400$  posizioni
  - Shannon calcolò che le partite possibili degli Scacchi siano dell'ordine di  $10^{120}$
  - Si stima che
    - Dal *Big Bang* siano passati  $10^{26}$  nanosecondi
    - L'universo contenga  $10^{75}$  atomi
-

# Muovere a memoria?



- Gli Scacchi sono il gioco più studiato
  - Esistono oltre 100.000 libri di Scacchi
  - Esistono database contenenti milioni di partite
  - Alcune partite tra maestri seguono percorsi preordinati (“teoria delle aperture” fino alla 30a mossa o più)
  - I migliori maestri “conoscono” fino a 50.000 posizioni
-

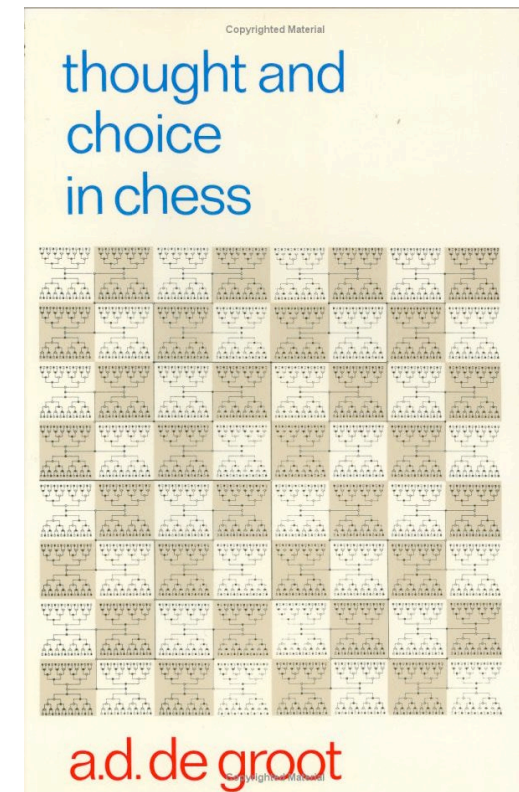
Gli umani sanno giocare alla cieca



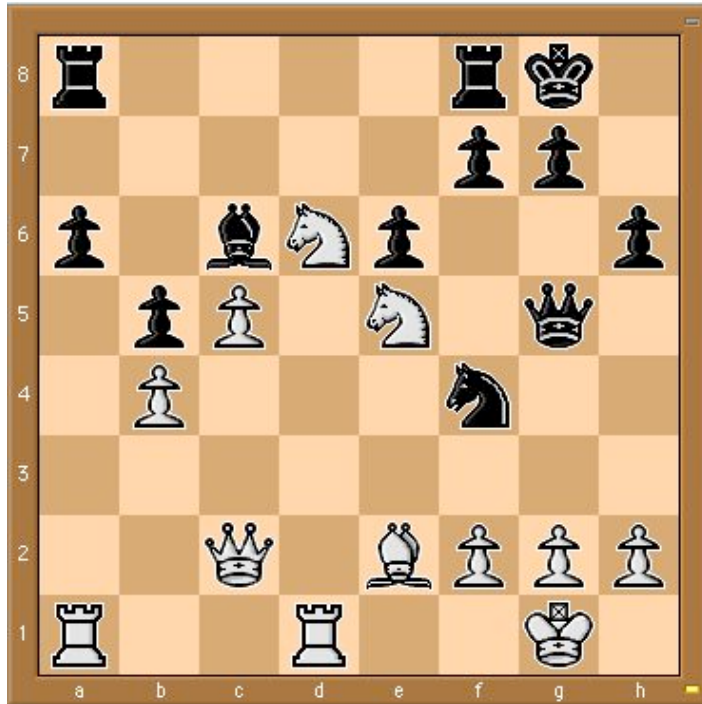
## Le ricerche di DeGroot



- L'olandese DeGroot negli anni '40 studiò i meccanismi di pensiero dei giocatori
- Scrisse nel 1946 la sua tesi di dottorato "Thought and choice in chess", che aprì la strada a molte ricerche di Scienze Cognitive



# Un esperimento di DeGroot



Cosa “vede” un maestro  
in questa posizione?

Cosa “vede” un principiante?

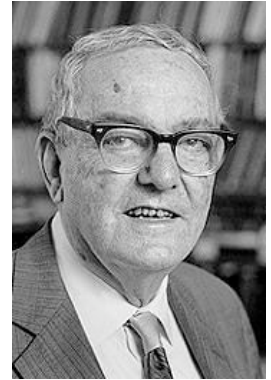
---

# Un esperimento di DeGroot



Movimenti oculari di un dibattito

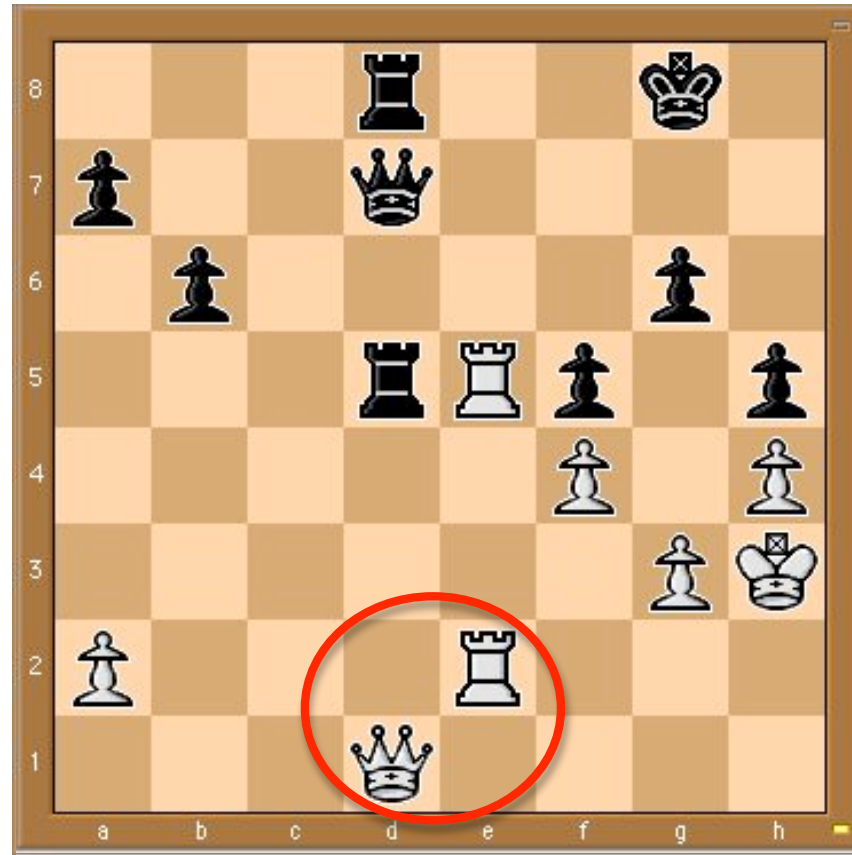
## Le teorie di Simon



- Herbert Simon introdusse la teoria della “razionalità limitata” che spiega il comportamento “parzialmente” razionale
  - Si applica bene agli Scacchi perché l’albero di gioco è enorme, e non si può sperare di conoscerlo tutto
  - I giocatori umani, in mancanza di “conoscenza perfetta”, la approssimano cercando e sfruttando “schemi” (*chunks*)
-



# La memoria “ a pezzetti” (chunks)



---

da Chase e Simon, *The Mind's Eye in Chess*, 1973

## I chunks

- Se la memoria funziona a “pezzetti”, forse anche la percezione lo fa
  - Se la percezione funziona “a pezzetti”, forse anche l’intelligenza lo fa: la definizione di un piano avviene così
  - La differenza tra un giocatore esperto ed uno inesperto dovrebbe stare nel numero e nelle forme dei “pezzetti” conosciuti, sia nel riconoscimento sia nella capacità di pianificare
-

## Memoria a lungo termine

- Giocatori di forza diversa impararono a memoria una partita di 25 mosse, poi gli fu chiesto di ricostruire la posizione in diversi momenti di gioco

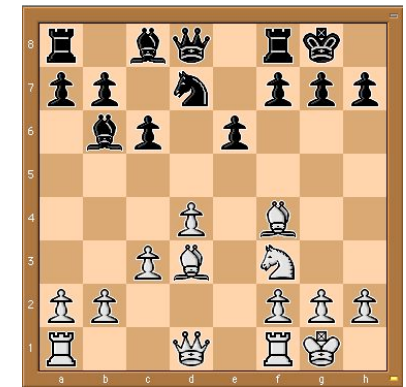
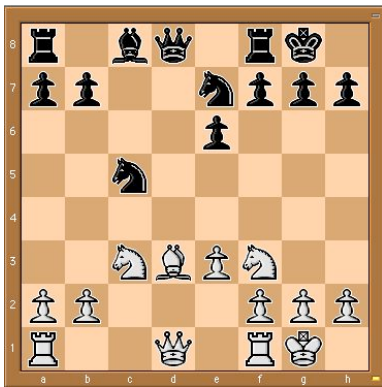
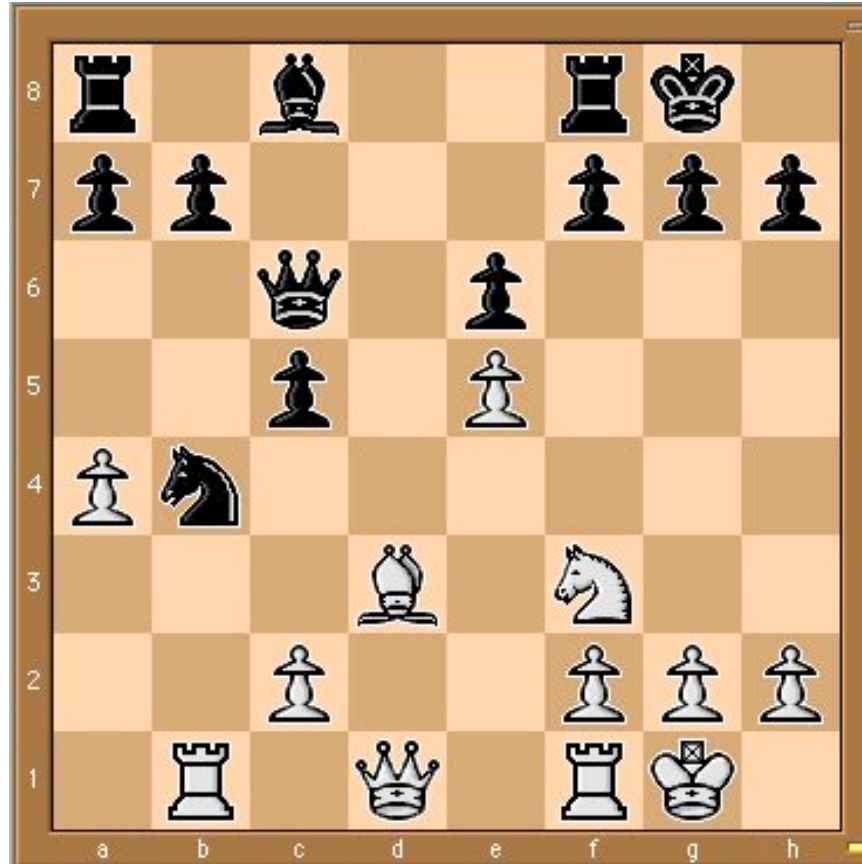
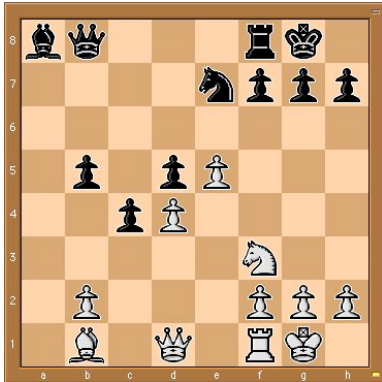
Giocatore	% corretto	pezzi/chunk	chunk/posizione
Maestro	99	4.0	7.7
Classe A	95	2.5	10.5
Principiante	90	1.2	22.8

---

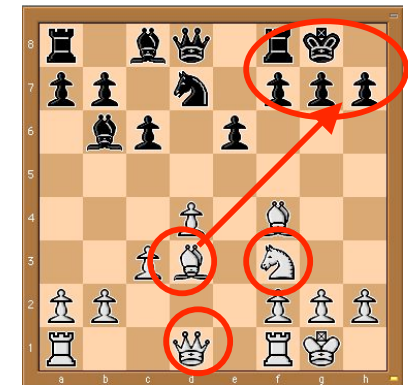
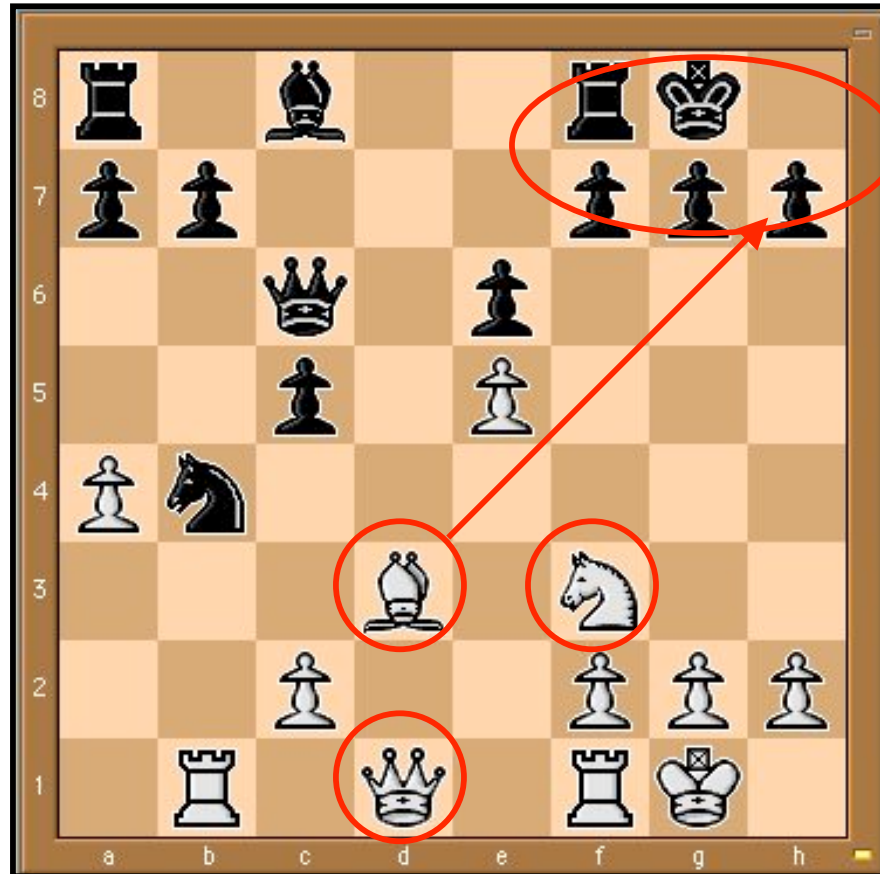
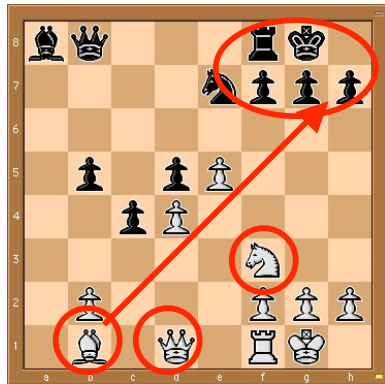
# Diventare un Maestro di Scacchi

- Prima si imparano le *regole* e l'*etichetta* del gioco
    - I nomi dei pezzi, i loro movimenti, il comportamento agonistico, ecc.
  - Poi i *principi strategici e tattici*
    - Il valore relativo dei pezzi, il valore posizionale di alcune case, il potere di una minaccia, ecc.
  - Per diventare un Maestro occorre comunque *studiare* le partite di Maestri
    - Tali partite contengono parecchi schemi che vanno compresi, memorizzati e applicati ripetutamente
  - Esistono *centinaia* di tali schemi
-

# Uno schema tattico



# Un pattern tattico



Soluzione: A:h7+!

## Macchine che giocano



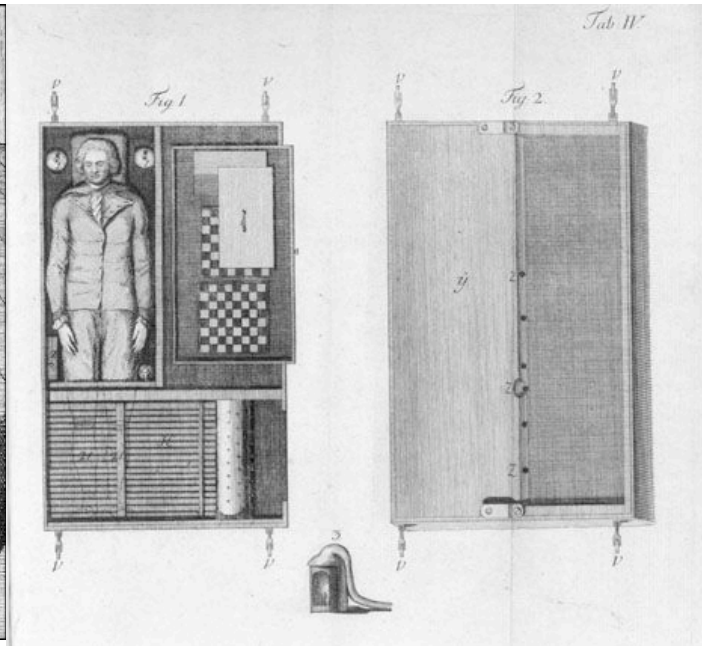
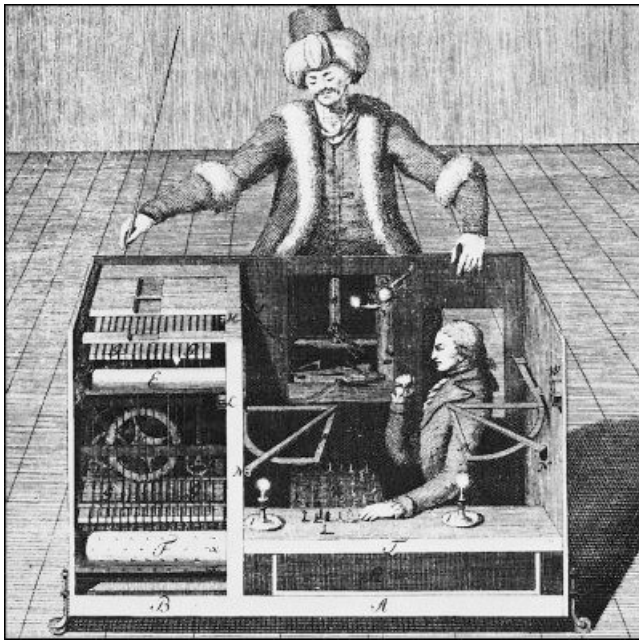
## Il Turco

- Costruito nel 1769 dall'ungherese von Kempelen (1734-1804) per la regina Maria Teresa d'Austria
- Mostrato in tutte le corti d'Europa ed esibito al grande pubblico
- Distrutto verso il 1870, ricostruito di recente





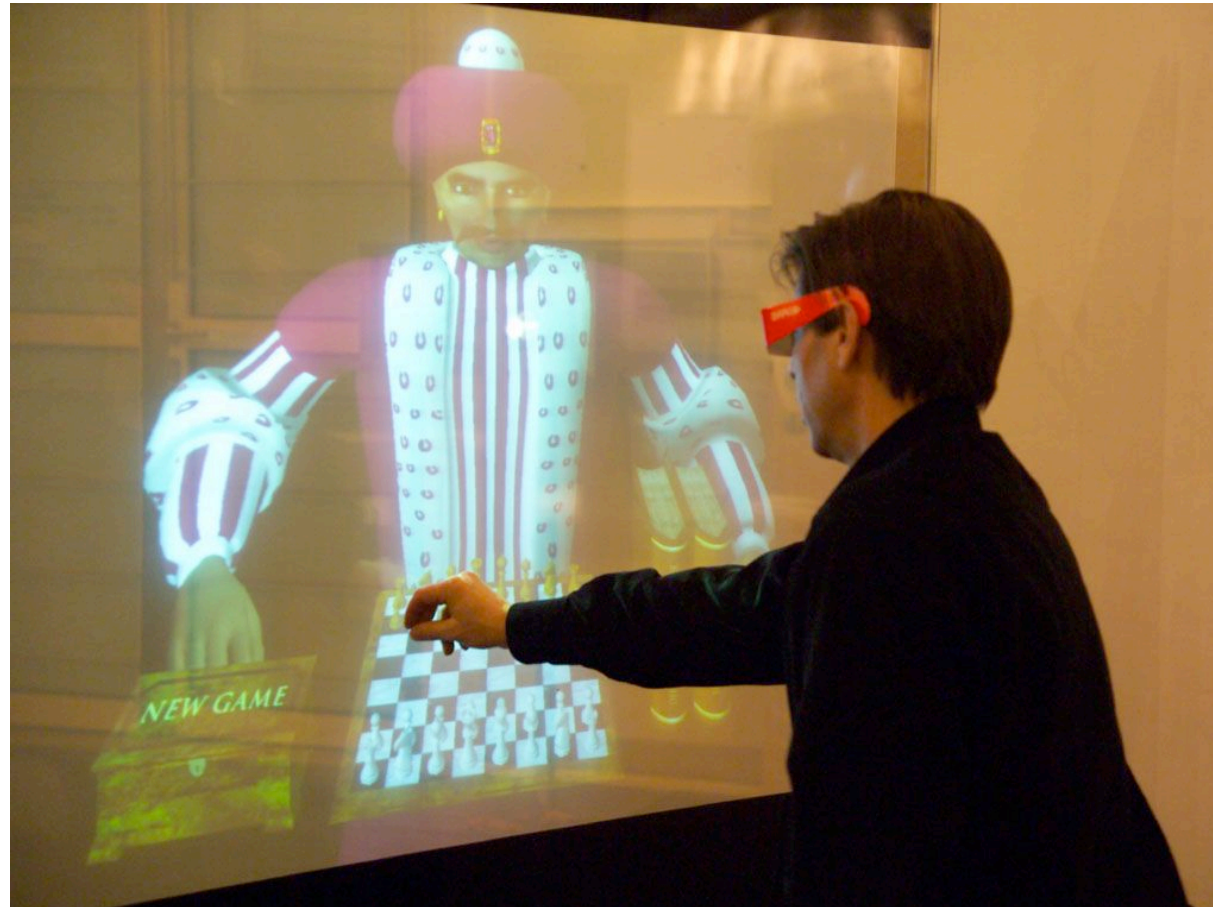
# Il Turco



Il Turco giocava a Scacchi molto bene perché la sua intelligenza era... umana: la macchina conteneva un giocatore ben nascosto. Tuttavia esibiva alcuni accorgimenti meccanici d'avanguardia.

---

## Il Turco virtuale (olografia 3D)

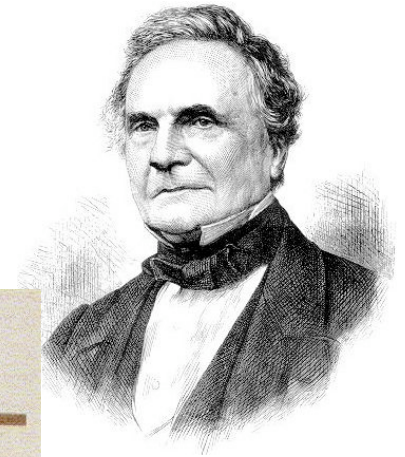
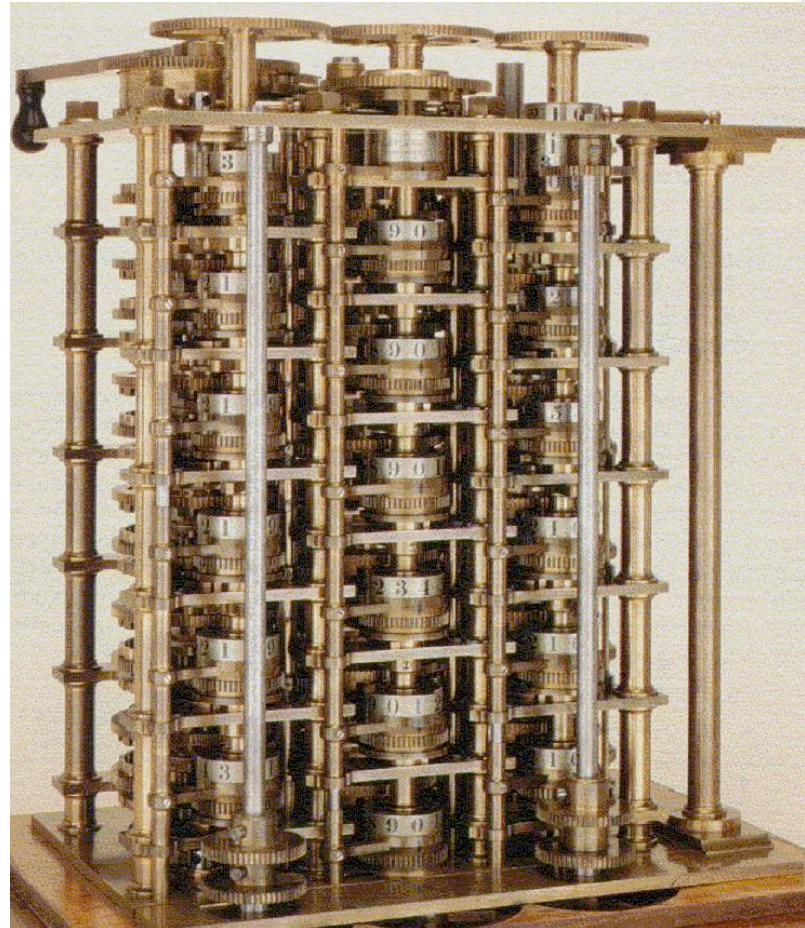


---

<http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/virtualshowcase/>

# La macchina di Babbage

- Charles Babbage (1791-1871) progettò la prima macchina meccanica programmabile
- Descrisse come programmarla per giocare a Scacchi
- Non costruì mai la macchina (ricostruzioni vennero fatte nel '900)





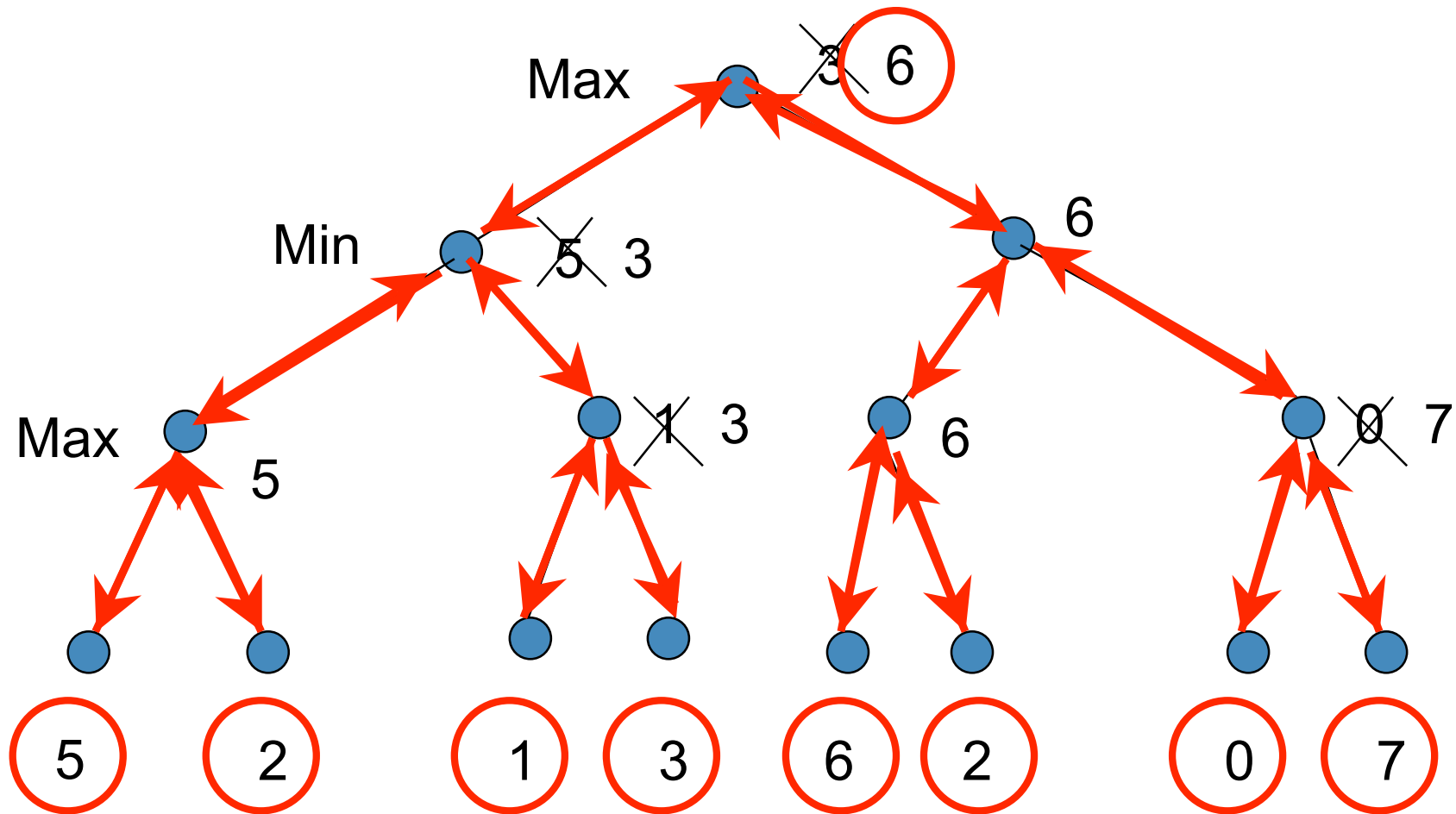
## Teorema del minimax

(Von Neumann and Morgenstern, 1944)



- Teorema del minimax: costruzione di strategia vincente nei giochi simili agli Scacchi
- Struttura dati: **Albero di gioco**
- Si costruisce dalla radice, posizione iniziale
  - Livelli pari: muove Max
  - Livelli dispari: muove Min
- I nodi foglia sono chiamati “posizioni terminali”; le regole di gioco definiscono il valore delle foglie

# Minimax - Animazione



# Esplosione combinatoria

- Il Teorema del Minimax garantisce che si possa giocare la partita perfetta, *in teoria*
  - Impossibile da applicare nella pratica di gioco degli Scacchi perché l'albero di gioco completo è troppo grande (**esplosione combinatoria**)
    - Un albero profondo 10 mosse contiene circa  $10^{30}$  posizioni
-

## Il gioco artificiale

- Shannon e Turing descrissero sin dal 1950 come programmare un computer per giocare a Scacchi
  - I primi programmi completi furono realizzati all'inizio degli anni '60
  - Nel 1967 ci fu una sfida tra programmi USA vs. URSS che venne vinta dai sovietici
  - Solo nel 1988 le macchine iniziarono a battere i migliori Gran Maestri
-

# Il programma di Turing



- Alan Turing (1912-1954) scrisse nel 1948 un programma per giocare a Scacchi
- A quei tempi Turing non aveva un calcolatore!
- Turing agì come “elaboratore umano”, ma gli occorrevano circa 30' decidere la mossa, dopo aver esplorato un albero profondo solo due mosse
- Giocò una sola partita, persa, contro un amico

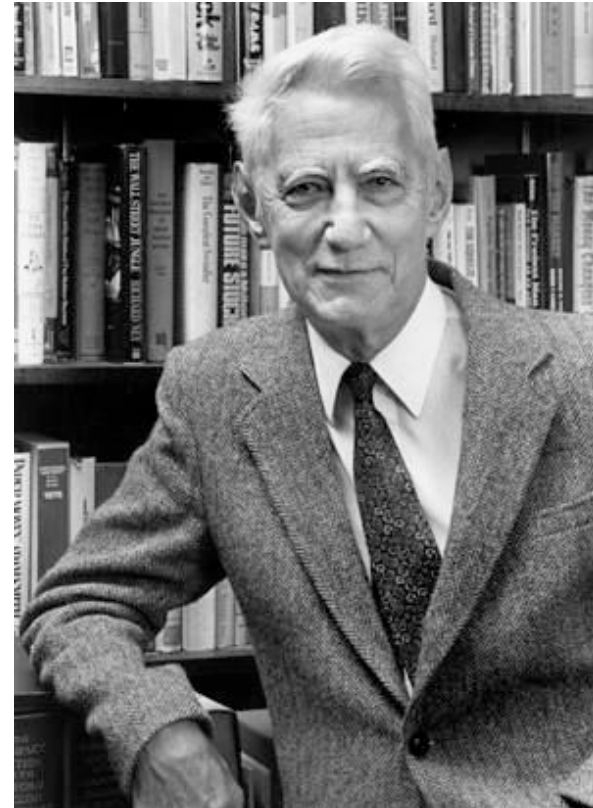
---

A. Turing, Digital Computers Applied to Games: Chess. in  
Bowden, ed., *Faster than Thought*, 1953



## La visione di Shannon

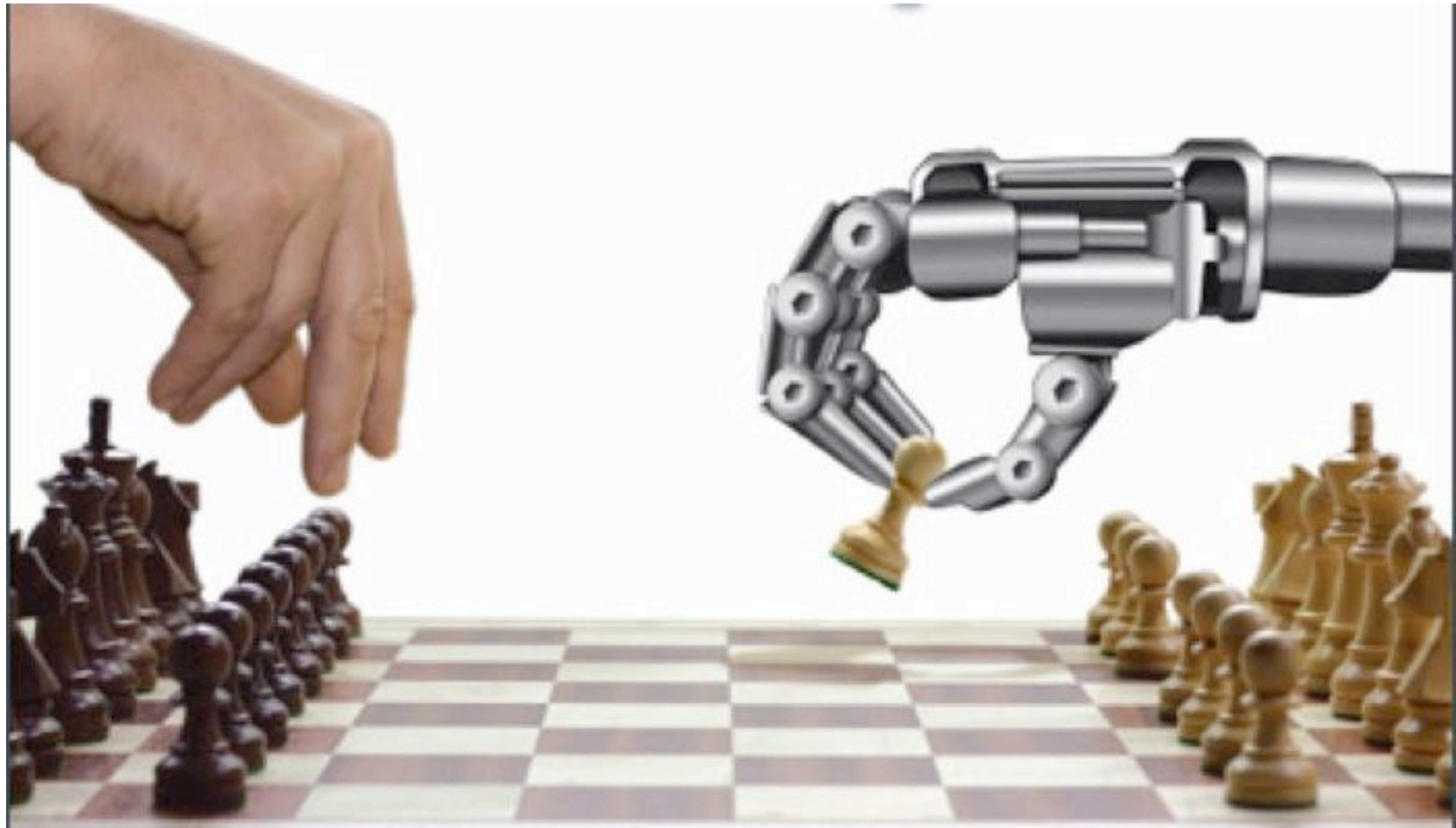
- Claude Shannon (1916-2001): padre della Teoria dell'Informazione
- Scrive nel 1950 il primo articolo scientifico su come programmare una macchina scacchistica
- Influenza tutta la letteratura successiva



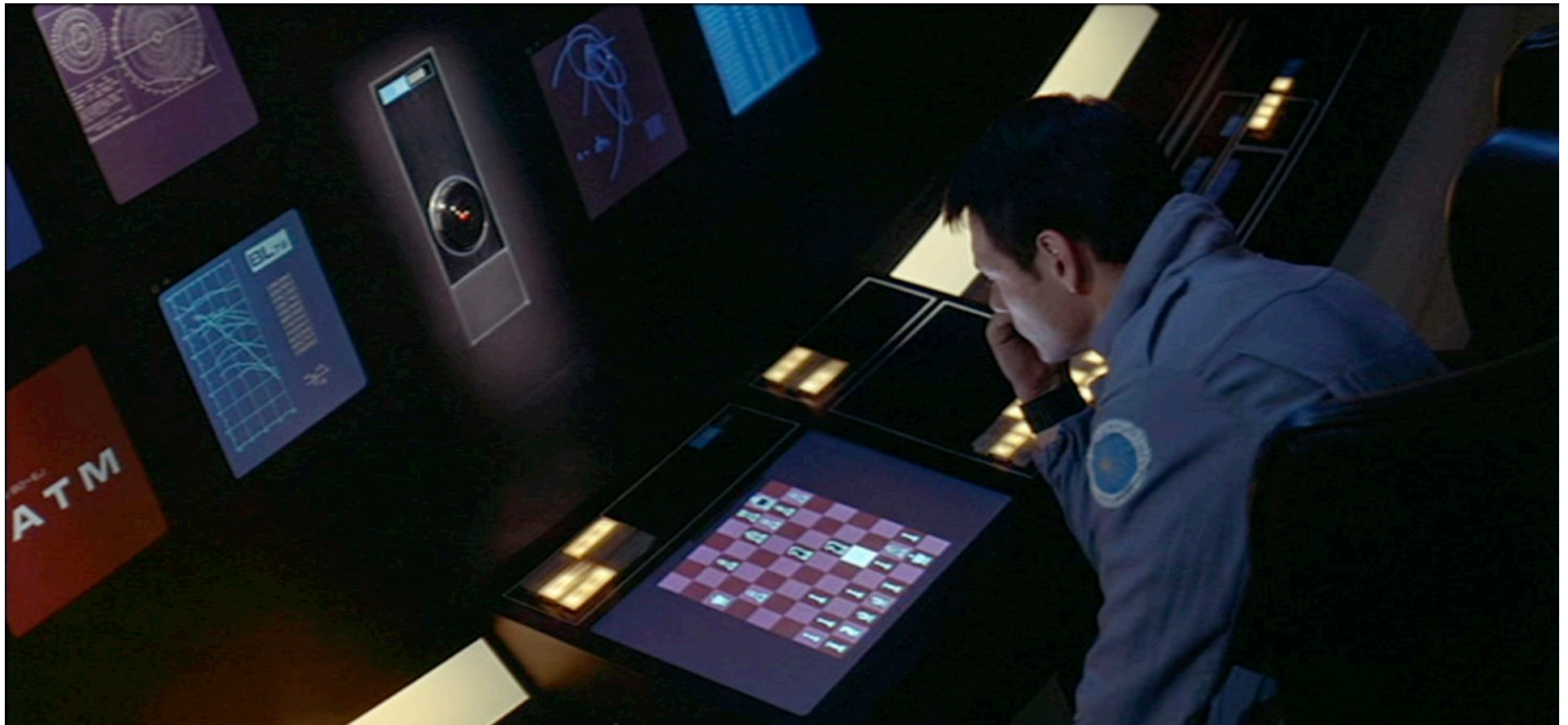
---

C. Shannon, Programming a computer for playing chess, *Philosophical Magazine*, 1950

## Lo stato dell'arte



# Primo scontro










# La prima volta

Nel 1997, Deep Blue sconfisse il Campione del Mondo Garry Kasparov



# Campioni del Mondo

• Kaissa		1974	Stoccolma
• Chess		1977	Toronto
• Belle		1980	Linz
• Cray Blitz		1983	New York
• Cray Blitz		1986	Colonia
• Deep Thought		1989	Edmonton
• Rebel		1992	Madrid
• Fritz		1995	Hong Kong
• Shredder		1999	Paderborn
• Junior		2002	Maastricht
• Shredder		2003	Graz
• Junior		2004	TelAviv
• Zappa		2005	Reykjavik
• Junior		2006	Torino
• Rybka		2007	Amsterdam
• Rybka		2008	Pechino
• Rybka		2009	Pamplona



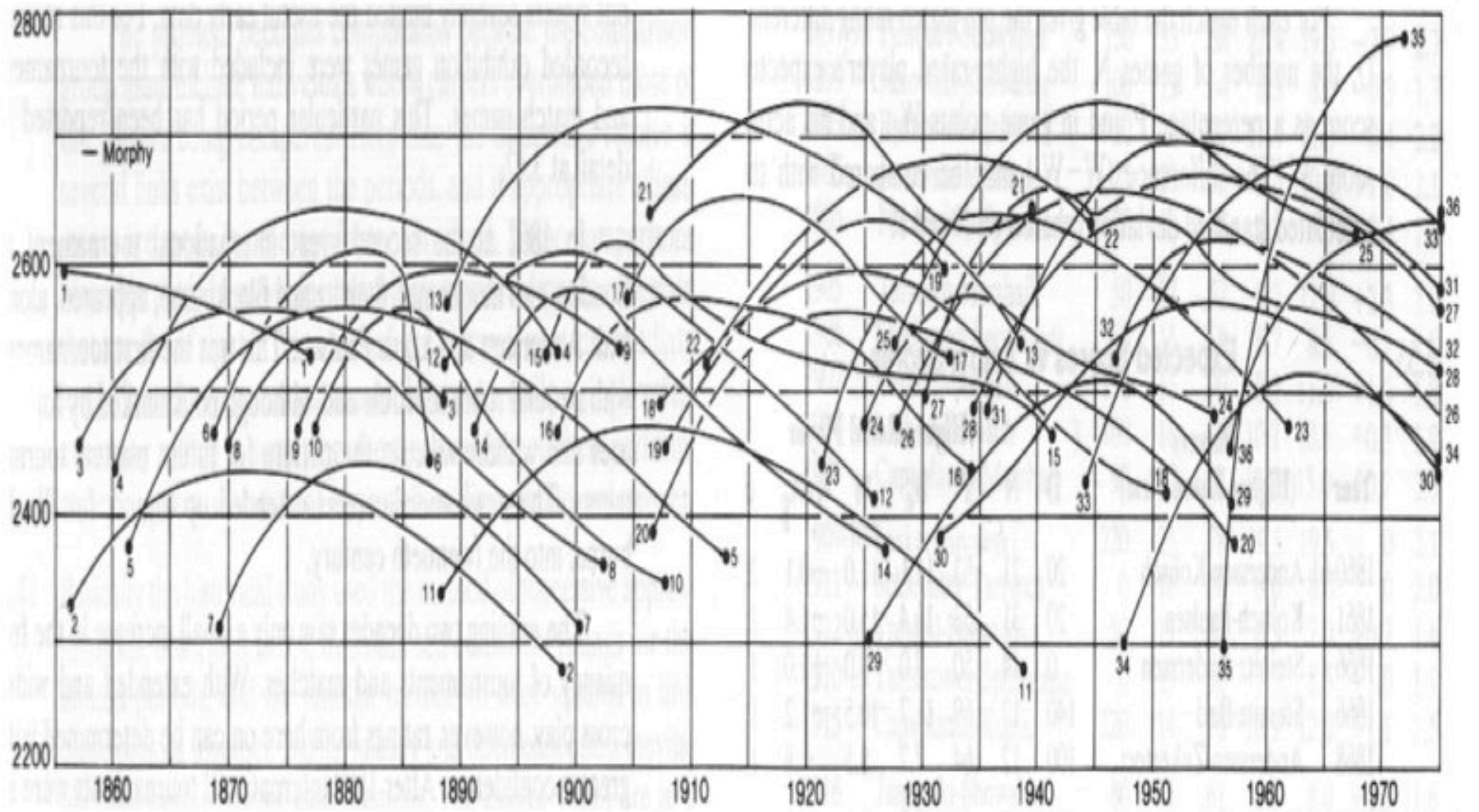
Il Trofeo Shannon, che va  
all'autore del programma  
Campione del Mondo

## La lista svedese

		Rating	+	-	Games Won	Av.opp
1	Deep Rybka 3 x64 2GB Q6600 2,4 GHz	3224	31	-28	803	84% 2941
2	Naum 4 x64 2GB Q6600 2,4 GHz	3134	29	-27	714	74% 2955
3	Zappa Mexico II x64 2GB Q6600 2,4 GHz	3073	30	-29	568	63% 2976
3	Deep Rybka 3 256MB Athlon 1200 MHz	3073	44	-44	253	55% 3039
5	Deep Fritz 11 2GB Q6600 2,4 GHz	3071	25	-24	904	68% 2937
6	Naum 3.1 x64 2GB Q6600 2,4 GHz	3047	33	-32	467	60% 2977
7	Deep Shredder 11 x64 2GB Q6600 2,4 GHz	3043	29	-28	604	62% 2956
8	Deep Hiarcs 12 2GB Q6600 2,4 GHz	3038	26	-25	781	64% 2934
9	Hiarcs 11.2 MP 2GB Q6600 2,4 GHz	3011	29	-29	588	55% 2976
10	Naum 4 256MB Athlon 1200 MHz	3004	47	-47	223	50% 3004
11	Deep Junior 10.1 2GB Q6600 2,4 GHz	2980	29	-29	564	49% 2985
12	Rybka 2.3.1 Arena 256MB Athlon 1200 MHz	2923	23	-23	920	53% 2904
13	Fritz 11 256MB Athlon 1200 MHz	2913	29	-29	584	49% 2920
14	Deep Fritz 8 2GB Q6600 2,4 GHz	2910	27	-28	669	39% 2987
15	Deep Shredder 11 256MB Athlon 1200	2908	33	-33	450	46% 2936

---

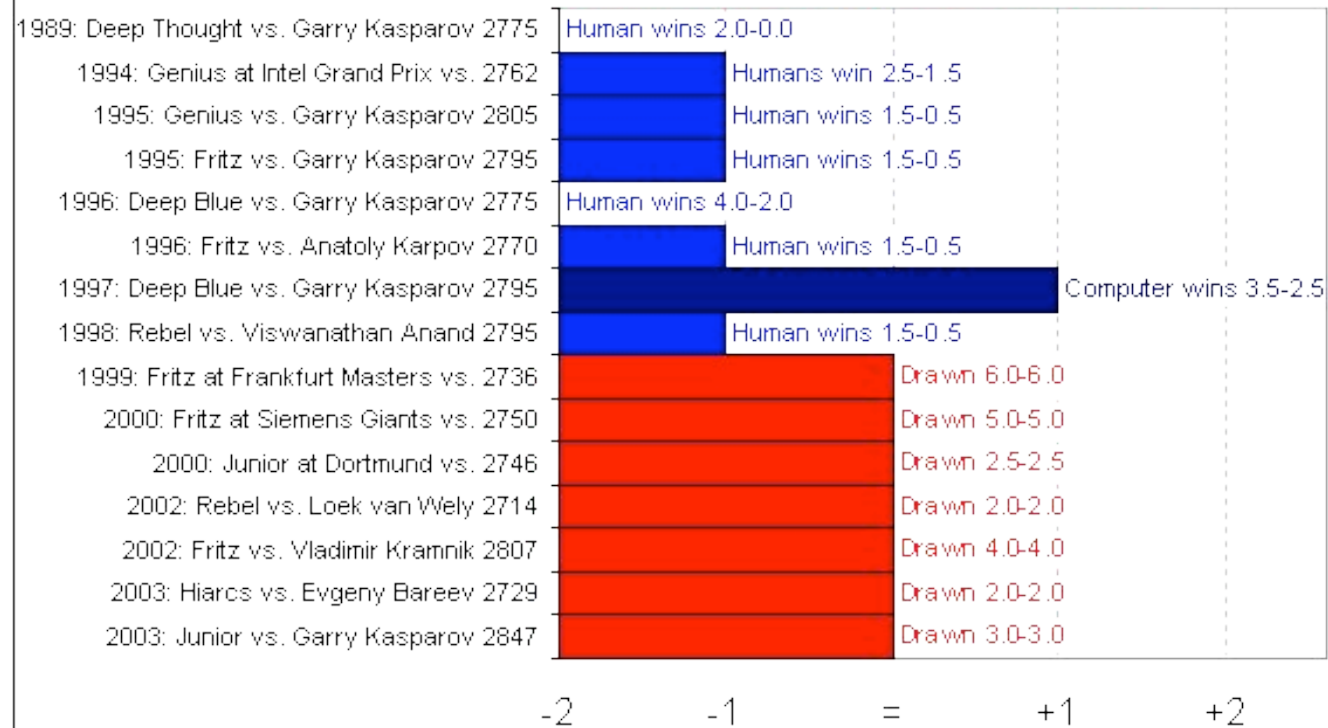
<http://ssdf.bosjo.net/list.htm>, 10.4.2009



# Chi gioca meglio?

## Computer results vs. humans with 2700+FIDE ratings

Kasparov-Deep Blue II (1997) was the only event in history where a computer had a plus score against 2700+ opposition. The last seven events involving computers against 2700+ humans have ended drawn.



Includes all events, where each side had at least 20 minutes total for all their moves, where a computer played at least two games against humans with FIDE ratings of 2700 or more. Does not include any games against humans with FIDE ratings below 2700.



## Risultati recenti dei match uomo-macchina

- 2005: Hydra-Adams 5½-½
- 2006: Fritz-Kramnik 4-2
- 2008: Rybka gioca vari match con handicap



# Nuove frontiere



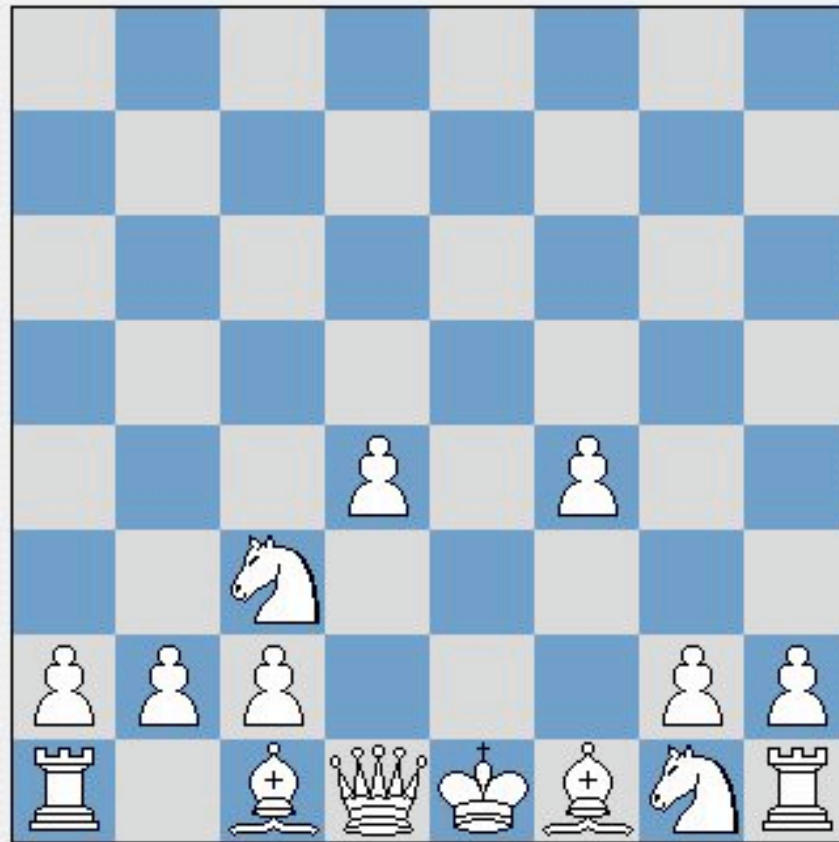
# Nuove frontiere

- Uomo+computer vs uomo+computer
    - Advanced chess
  - Varianti del gioco
    - Partite con handicap
    - Posizione iniziale casuale (Fischer random)
    - Kriegspiel
-

# Gli umani sanno giocare a Kriegspiel



Persone che giocano a Kriegspiel al Gambit Club di Londra, 1946



Show Opponent

White	Black

- 6. White's turn; Pawn xe5; 2 Tries;
- 5. Black's turn; 2 Tries;
- 5. White's turn;
- 4. Black's turn;
- 4. White's turn;
- 3. Black's turn;



## Kriegspiel (wargame)

- 2006: Un programma italiano, Darkboard (Univ. di Bologna), sconfigge un programma americano (Univ. of Maryland) alle Olimpiadi degli Scacchi di Torino
- 2009: Darkboard si ripete e vince a Pamplona
- Sono i primi programmi capaci di giocare a Kriegspiel
- Gli umani sono molto superiori

## Conclusioni

- Gli Scacchi sono ancora un fertile campo di ricerca scientifica, specie nell'ambito delle scienze cognitive e della psicologia
  - Non è chiara la connessione tra capacità di gioco, intelligenza e memoria
  - Dal punto di vista tecnologico la competizione è sul piano commerciale
  - La ricerca informatica esplora nuove varianti di gioco
-

## Riferimenti

- Simon, *Models of Thought*, Yale Univ. Press, 1979
  - Ciancarini, *Giocatori Artificiali*, Mursia, 1992
  - deGroot e Gobet, *Perception and Memory in Chess*, VanGorcum, 1996
  - Gobet, deVoogt e Retschitzki, *Moves in Mind: The Psychology of Board Games*, Psychology Press, 2004
  - Ciancarini e Favini, Representing Kriegspiel States with Metapositions, IJCAI 2007, India
  - Ciancarini e Favini, Montecarlo Tree Search Techniques in Kriegspiel, IJCAI 2009, California
-





# Grazie per l'attenzione! Domande?

Paolo Ciancarini  
Università di Bologna

A scuola con i re  
San Benedetto del Tronto  
22 Maggio 2009

