

---

# Gry

## Przyszłość, wyzwania ...

# Różne rodzaje gier

---

- Gry przygodowe (adventure games)
- Gry strategiczne (RTS games)
- Gry zręcznościowe (skill games)
- War games, FPS, ...
- Planszowe gry umysłowe
  - szachy, warcaby, Othello, Go, shogi, chińskie szachy, trik-trak

# Porównanie popularnych planszowych gier umysłowych

	<b>BF</b>	<b>space</b>	<b>length</b>	<b>tree size</b>
Szachy	35	$10^{50}$	80	$10^{123}$
Warcaby	3	$5 \times 10^{20}$	70	$10^{31}$
Othello	7	$10^{28}$	60	$10^{50}$
Go	250	$10^{172}$	150	$10^{360}$

**Szachy** – „the Drosophila of AI”

**Warcaby** – forsowne bicia

**Othello** – addytywna, o dużej zmienności

**Go** – lokalna, wiele konkurujących ze sobą lokalnych idei/celów

# Wspólne cechy rozważanych gier

---

- Perfect-information (vs. imperfect)
- Two-player (vs. multi-player)
- Zero-sum (vs. expected payoff)
- Deterministic (vs. non-deterministic)
- Turn-based (vs. simultaneously-played)

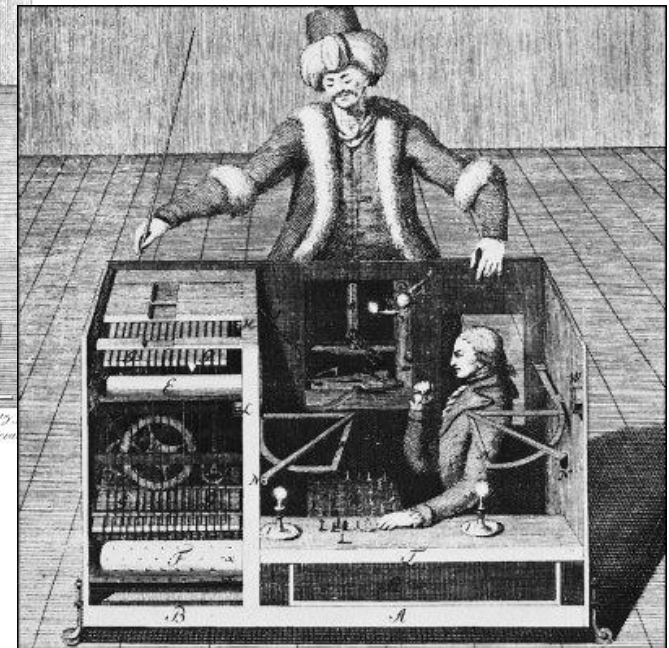
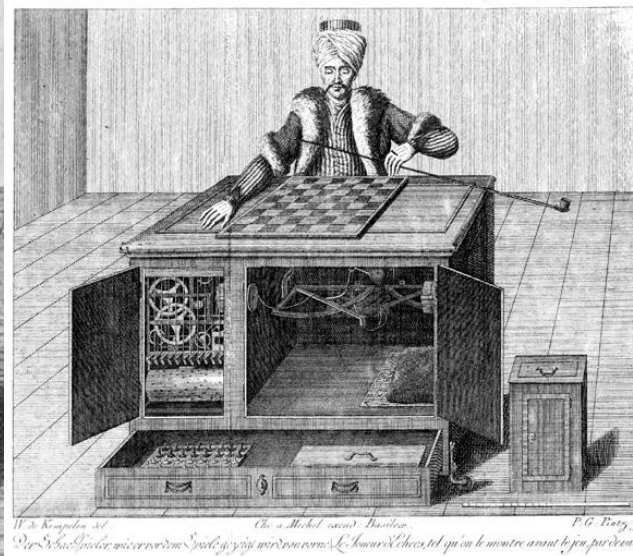
# Dlaczego warto zajmować się grami

---

- Środowiska
  - Powtarzalne
  - Tanie
  - Deterministyczne
- Testy heurystyk
- Testy metod przeszukiwania
- Testy efektywnej reprezentacji inf.
- Aspekt społeczny i mentalny

# Szachy

- *Turek* (Baron Wolfgang von Kempelen, 1769) – Carya Katarzyna, Napoleon, ...



# Kamienie milowe

- Torres y Quevedo (ok. 1890), KW vs. K
- von Neumann i Morgenstern (1944) – minimax (bez obcięcia głębokości)
- Claude Shannon (1950) – minimax z ustaleniem głębokości, alg. typu A (BF) i typu B; liniowa, ważona funkcja oceny
- Alan Turing (1953) – pierwszy program szachowy
- Newell, Simon i Shaw (1958) – alpha-beta (rozwinięcie Knuth, 1975),

# Szachy

---

- Deep Blue II (1997 - rewanż)
- Funkcja oceny składająca się z 8000 cech
- Równoległe przeszukiwanie w oparciu o 480 specjalizowanych kości (chess chips)
  - Klaster 30-nodowy
  - 100-330 mln. pozycji /sek. (50 bln/3 min.)
- NegaScout + TT + ItDeep + QuisSearch
- Baza debiutów i baza końcówek
- Ręcznie dopasowywane parametry funkcji oceniającej – pod konkretnego przeciwnika



# Szachy

---

- Junior
- Shredder
- Hydra
- ...
- Komodo, Houdini, Stockfish, Deep Fritz, Rybka (Vasik Rajlich i Iweta Rajlich z domu Radziewicz)
  - Powyżej 3300 ELO na maszynie wieloprocessorowej
  - Około 3000 ELO na jednoprocessorowym PC

Giraffe – Matthew Lai (2015) – Deep RL  $\sim$  IM level

# Warcaby (amerykańskie)

---

- Program Samuela (1959)
  - 22 elementy funkcji oceny
  - Prekursor metod TD
- Chinook (1994)
  - 4 fazy gry, w każdej 25 elementów podstawowych w funkcji oceny
  - Każdy z nich oparty o wiele parametrów wewnętrznych
  - Dr Marion Tinsley, przegrał 7 partii w okresie 40 lat jako mistrz świata (w tym 2 z systemem Chinook)

# Warcaby (amerykańskie)

---

- Warcaby zostały rozwiązane (*Science*, 2007)
  - Pełna baza końcówek z 10 bierkami
  - Przeliczenie możliwych wariantów
  - Remis przy optymalnej grze obu stron

# Othello

---

- Logistello (1997)
  - Logistello vs. Takeshi Murakami (6:0)
  - Program nie był ani przez chwilę zagrożony
- Metody CI
  - Automatyczna budowa bazy debiutów
    - Logistello przechowywał drzewo gry (budowane na podstawie poprzednich gier), w których etykietował poszczególne ruchy wynikami rozegranych partii.
    - W każdym wierzchołku drzewa przechowywany był dodatkowo alternatywny ruch zaproponowany podczas przeszukiwania minimax.
    - Te „zapasowe” ruchy pełniły rolę ruchów-kandydatów, do rozważenia w przyszłych partiach.

# Othello

---

- Metody CI
  - Automatyczny tuning funkcji oceniającej (GLEM) – funkcja w postaci kombinacji boolowskich wielu cech bazowych
    - Zbiór pre-definiowanych cech boolowskich.
    - Dobór cech i ich wag poprzez regresję liniową na podstawie milionów pozycji treningowych (self-play).
    - Logistello wykorzystywał 13 takich funkcji zależnie od fazy gry.
  - METODY (w dużym stopniu) NIEZALEŻNE OD WYBORU GRY

# Go

- MoGo, Fuego, CrazyStone, GoIntellect, Indigo, Golois, ...
- Problem z budową efektywnej funkcji oceny pozycji w grze środkowej (ocena końcowa – łatwa).
- Due to variety of positional and tactical threats it is highly probable that „**no simple yet reasonable evaluation function will ever be found for Go**”  
– M. Muller
- Metody MCTS ( m. in. UCT)

AlphaGo – DeepMind (2016) – SN/DL + MC

AlphaGo Zero – DeepMind (2017) – SN/DL+MC+**RL+self-play**

AlphaZero – DeepMind (2017) – SN/DL+MC+**RL+self-play**

# Podsumowanie

- Lata 40-60 XX w
  - Początkowa fascynacja grami,
  - Dostęp do pierwszych maszyn obliczeniowych
- Lata 60-75 XX w
  - Alpha-beta
  - Próby „inteligentnego” przeszukiwania
- Lata 75-95 XX w
  - Brute force
  - Największe osiągnięcia
- Ostatnie 20 lat
  - Pogłębiająca się przewaga maszyn
  - Nowe gry (BF): Arimaa (2003), Amazons , ...

# Quo vadis?

---

- Praktycznie brak szans na dorównanie maszynom w szachach, warcabach, Othello czy Go
- Brydż - porównywalny z ludźmi poziom gry
- Poker - przewaga ludzi już jedynie w wariancie No Limit – już nie
- DeepStack (2017) – turniej vs 30 graczy



# Próba podejścia typowo ludzkiego (HLI, AGI)

---

- Ograniczone korzystanie z baz debiutów i baz końcówek
- Nauka na podstawie doświadczeń
  - Gra z samym sobą (self-play)
  - Gra z przeciwnikiem zewnętrznym
  - Analiza partii mistrzowskich
- Umiejętność adaptacji do (stylu gry) konkretnych przeciwników
- Przeszukiwanie selektywne
  - Ograniczona liczba rozważanych wariantów
  - Przeliczanie jedynie wariantów najbardziej obiecujących
- Wariant rygorystyczny: **Dostępne są jedynie formalne zasady gry**

# Problemy, **wyzwania**

---

- Automatyczny dobór współczynników funkcji oceniającej
- Modelowanie stylu gry przeciwnika
- **Intuicja**
- **Kreatywność**
- **Wielozadaniowość (multigame playing)**

# Automatyczny dobór współczynników funkcji oceniającej

---

- Dane są elementy składowe funkcji oceniającej
  - materialne (liczba bierek każdego rodzaju),
  - pozycyjne (formacje utworzone przez bierki, mobilność, tempo, możliwości ataku, zagrożenia, itd.)
- Zadanie polega na dobraniu wag tych składowych dla funkcji
  - W postaci liniowej kombinacji
  - W postaci sieci neuronowej
  - WPC
- Zwykle współczynniki są zmienne w czasie i zależą od fazy gry (definiowanej poprzez liczbę bierek obu graczy)

# Automatyczny dobór współczynników funkcji oceniającej

---

- Metody TD( $\lambda$ ), TDLeaf( $\lambda$ )
- Metody ewolucyjne (głównie koewolucyjne)
- Uczenie sieci neuronowych
- Program Samuela (1959)
- TD-Gammon (1992-1998)
- KnightCap (1998-2000)
- Blondie24 (1998-2001), Blondie25 (2004, szachy)
- Brunette24 (2005)
- i inne ...

# Modelowanie stylu gry przeciwnika

---

- Jedno z kluczowych zagadnień w przypadku gier z niepełną informacją polegających na blefowaniu czy intencyjnym wprowadzaniu w błąd.
- RoShamBo
- Mniej istotne w grach z pełną informacją przeciwko maszynom, ale ma pewne znaczenie podczas gry z ludźmi (expected payoff vs. Minimax)

# INTUICJA w dziedzinie gier.

## Przegląd zagadnień

# Intuicja – znaczenie

---

*“The intuitive mind is a sacred gift and the rational mind is a faithful servant. We have created a society that honors the servant and has forgotten the gift”.*

[Albert Einstein (1931)]

# Intuicja – możliwa do implementacji (?)

---

- Herbert Alexander Simon (m. in. noblista w dziedzinie ekonomii) twierdził, że intuicja nie jest niczym mistycznym i sprowadza się do *subconscious pattern recognition process able to immediately provide appropriate pattern(s) among those stored in the memory, based on our knowledge and experience* (1987)
- Powyższe stwierdzenie ma oczywiście charakter daleko bardziej uniwersalny niż li tylko dziedzina gier umysłowych.
- Simon był optymistą w zakresie tytułowego pytania. Uważał, że jesteśmy (w sensie badawczym) już przygotowani do poznawania jej istoty (Simon, 1995).

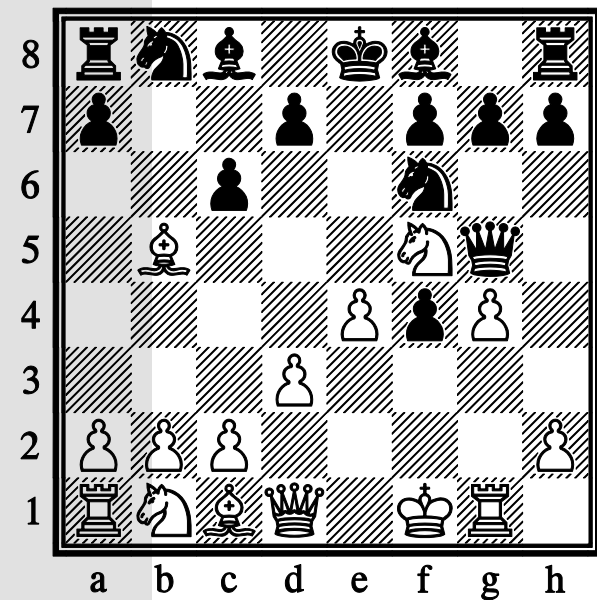


# Intuicja w grach – jak się przejawia?

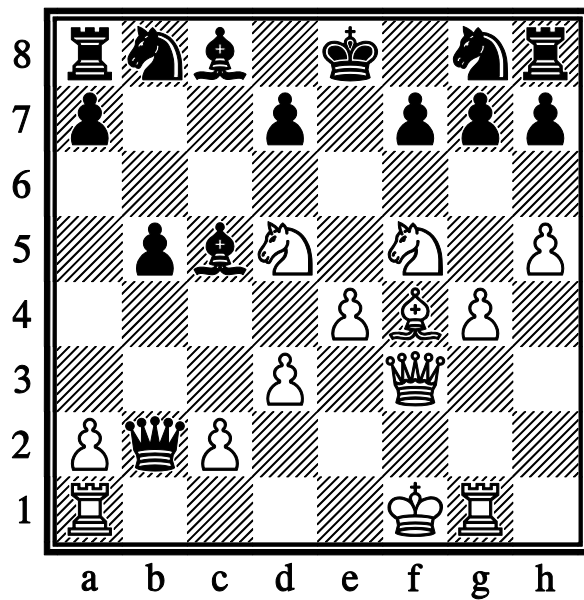
---

- „Natychmiastowy” ranking posunięć (ogólniej: gra z (bardzo) selektywnym przeszukiwaniem)
- Koncentracja na celach / planach gry (nie na konkretnych posunięciach)
- Umiejętność długofalowego poświęcenia materiału w zamian za wartości pozycyjne (bez precyzyjnej weryfikacji / przeliczenia poprawności)

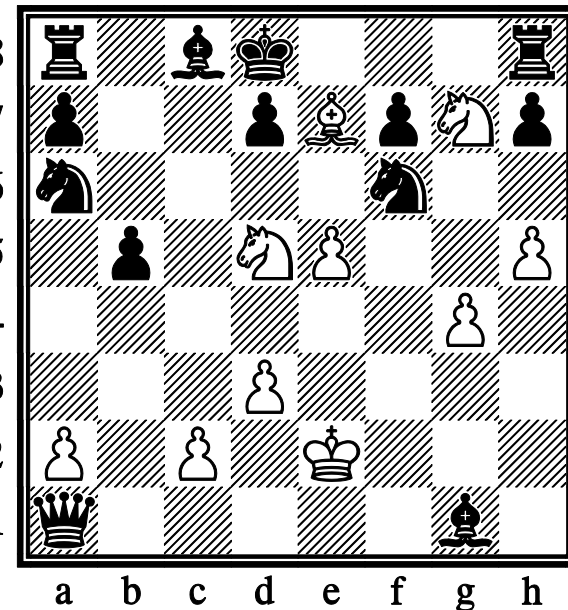
# Intuicja – *nieśmiertelna partia*



11. Wg1 ...



17. ... Hxb2



23. Ge7++

*Nieśmiertelna partia,*

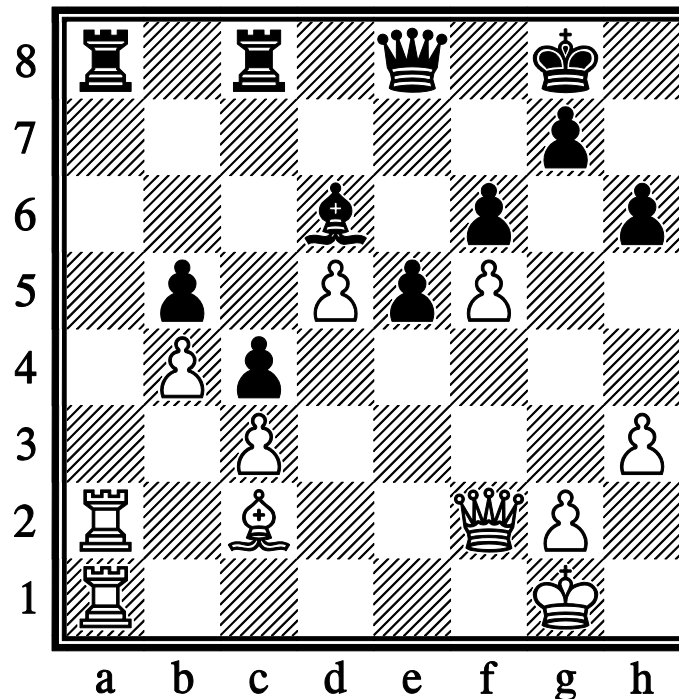
Anderssen vs. Kieseritzky, Londyn 1851

## Intuicja (jako „efekt uboczny”)

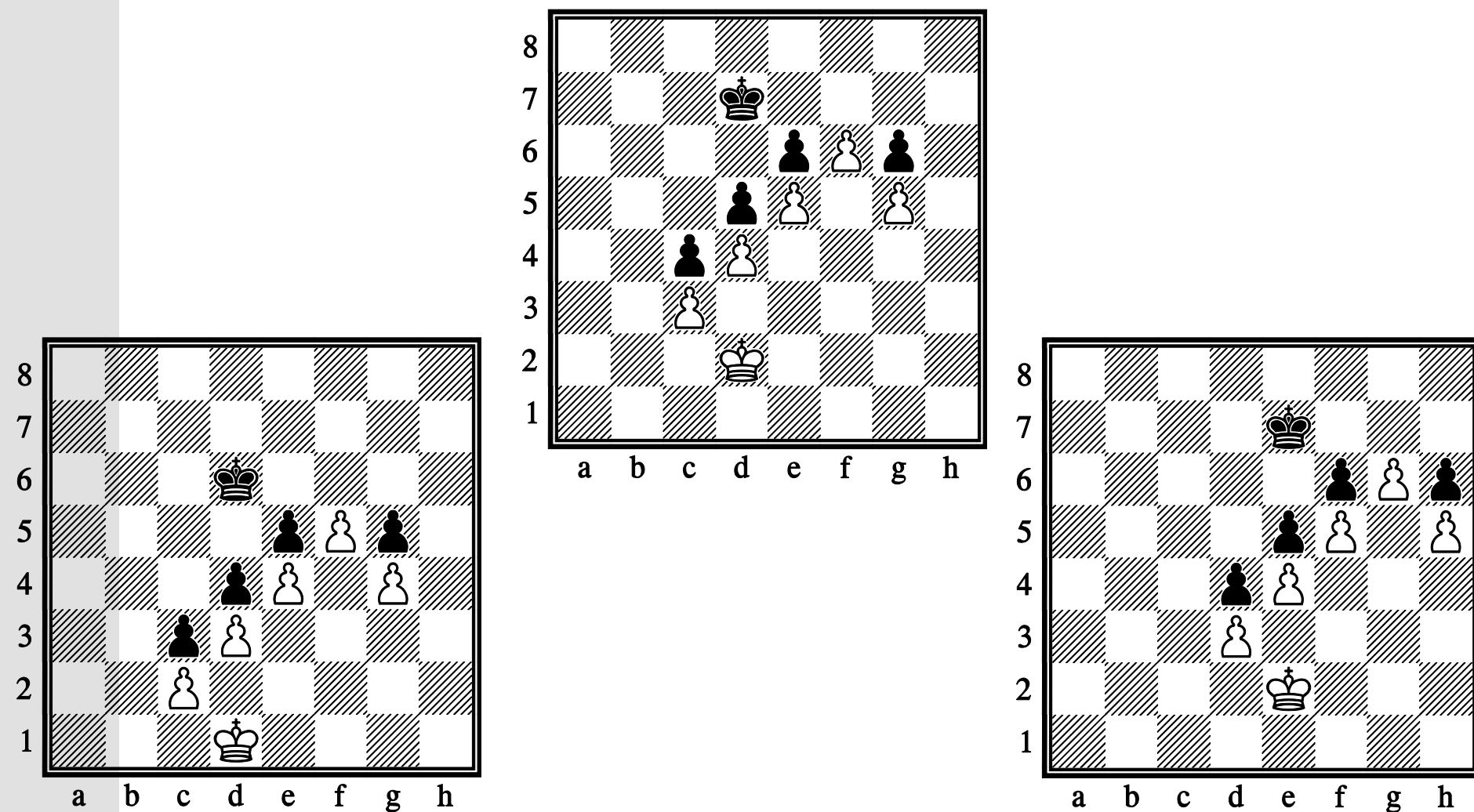
- ## ■ Deep Blue II vs. Kasparov (NY, 1997, partia 2)

Po 36...axb5 komputer zagrał „głęboko strategiczny”, intuicyjny ruch 37. Ge4!!, pomimo narzucającego się 37. Hb6.

# Kasparov oskarżył drużynę Deep Blue o oszustwo!



# Intuicja – realizacja – **cele i plany gry**



# Intuicja – jak ją implementować?

---

- „Podglądanie” procesu analizy realizowanego przez szachistów:
  - Percepcja pozycji szachowej (lub w innej grze)
  - Aktywność obszarów mózgu - obrazowanie za pomocą rezonansu magnetycznego
- Percepcja [de Groot, 1965]
  - Pozycja szachowa złożona z ok. 25 bierek
  - 3-15 sekund
  - Rekonstrukcja (93% arcymistrzowie i stopniowa degradacja wyniku)

# Intuicja – jak ją implementować?

---

- Percepcja [Chase and Simon, 1973]
  - Potwierdzenie wyników de Groot'a
  - Ekspozycja 5 sekundowa
  - Znacznie wyższa umiejętność odtwarzania pozycji u arcymistrzów niż u średnich graczy czy nowicjuszy, ale
  - Nie dla pozycji losowych (!)
  - → nie jest to funkcja osobnicza ani nie jest to związane z treningiem
  - → jest to efekt innej wewnętrznej reprezentacji pozycji szachowej (*chunks of information/templates*), którymi indeksowana jest pamięć (a w niej skojarzone ze wzorcem ruchy)
  - Biblioteka wzorców arcymistrzów szacowana od 300K do 500K

# Intuicja – jak ją implementować?

---

- Analiza ruchów sakadycznych [de Groot and Gobet, 2002]
  - Mistrzowie – koncentracja na krawędziach, słabsi gracze na polach
  - Mistrzowie – większy zasięg (średnia odległość pomiędzy kolejnymi fiksacjami)
  - → silni gracze, podczas jednej fiksacji dekodują 2-3 bierki (fragment template'u?) a nie pojedynczy element
  - Analiza pierwszych 5 fiksacji w zadaniu znalezienia najlepszego ruchu
  - → silni gracze znacznie częściej koncentrowali się na bierkach znaczących (dla danej pozycji)

# Intuicja – jak ją implementować?

---

- Check detection [Reingold and Charness, 2005]
  - Pozycje 3x3 lub 5x5, król i jedna lub dwie figury przeciwnika (potencjalnie atakujące)
  - Jedna z figur może być pokolorowana
  - Arcymistrzowie – taki sam czas średni, nowicjusze – szybciej w sytuacji jednej bierki lub pokolorowania bierki atakującej
  - ➔ potwierdzenie równoległej analizy zależności pomiędzy kilkoma bierkami tworzącymi istotny związek (meaningful chunk)



# Intuicja – jak ją implementować?

---

- Obrazowanie za pomocą rezonansu magnetycznego
- Go vs. szachy
- Eksperymenty z amatorami (znają zasady, grają okazjonalnie)
- Szachy: pusta szachownica (koncentracja na środku szachownicy) vs. pozycja ze źle ustawionymi bierkami (kilka z nich oznaczone małą gwiazdką) vs. pozycja z ok. 25 bierkami (wskazanie następnego ruchu)
- Go: pusta plansza (koncentracja na środku) vs. pozycja z nieprawidłowo położonymi bierkami – poszukiwanie 6 wyróżnionych kamieni vs. plansza z rzeczywistą pozycją
- W obu grach każda ekspozycja o długości 30 sekund

# Intuicja – jak ją implementować?

---

- Dla każdego z trzech typów pozycji w obu grach obserwowano inny zakres aktywacji neuronalnej
- Pewne różnice Go vs. szachy
- W przypadku pozycji Go (rzeczywistych) znacznie większe zaangażowanie prawej półkuli (relacje przestrzenne)
- W przypadku szachów: większe zaangażowanie „analitycznej” lewej półkuli
- Rezultaty trudne do powtórzenia – częściowo kwestionowane przez innych badaczy

# Intuicja – SYLPH

---

- SYLPH [Finkelstein and Markovitz, 1998]
- Wykorzystuje tzw. *move patterns* (wzorce w danej pozycji + wykonany ruch)
- Pozycje szachowe reprezentowane w postaci multi-grafów: wierzchołki to pola (z bierkami lub puste); (multi)-krawędzie to relacje między polami (także pomiędzy polami pustymi!)
- Relacje: bierka kontroluje pole, bierka atakuje bezpośrednio pole/inną bierkę, bierka atakuje pośrednio pole/inną bierkę, atak podwójny, itd.
- Bardziej skomplikowane relacje dotyczyły jednocześnie 4-5 bierek/pól (wierzchołków)

# Intuicja – SYLPH

- Podstawowy tryb uczenia:
  - gra z nauczycielem (człowiekiem, programem GNU Chess lub kopią samego siebie).
- *Material patterns* mają przyporządkowane wagi odpowiadające różnicy w posiadanym materiale (dotyczą ruchów „z biciem”)
- *Positional patterns* – waga jest proporcjonalna do częstości wykorzystywania ruchu (związanego z danym wzorcem) w dotychczasowych grach treningowych
- Dodatkowo stosowany jest „proces wzmocnienia” – (bierna) obserwacja (ekstrakcja wzorców z) partii granych przez dwie kopie nauczyciela lub analiza partii mistrzowskich
- Wagi służyły do zawężenia przestrzeni przeszukiwania drzewa gry

# Intuicja – SYLPH - wyniki

---

- SYLPH miał wbudowaną formalną wiedzę odnośnie reguł gry
- 100 partii rozegranych przeciwko GNU Chess + *wzmocnienie*: 50 partii granych przez GNU Chess z samym sobą → 4614 wzorców
- Test (zachowań intuicyjnych) polegał na wskazaniu w danej pozycji testowej najlepszego ruchu.
- Filtr\_t\_k:  $1 \leq k \leq 10$ : wyseparowanie k najlepszych ruchów.
- Filtr\_g\_f:  $0.1 \leq f \leq 1.0$ : wyseparowanie ułamka f najlepszych ruchów.
- W obu przypadkach sukces wtw. wśród wyfiltrowanych ruchów znajduje się ruch najlepszy.

# Intuicja – SYLPH - wyniki

---

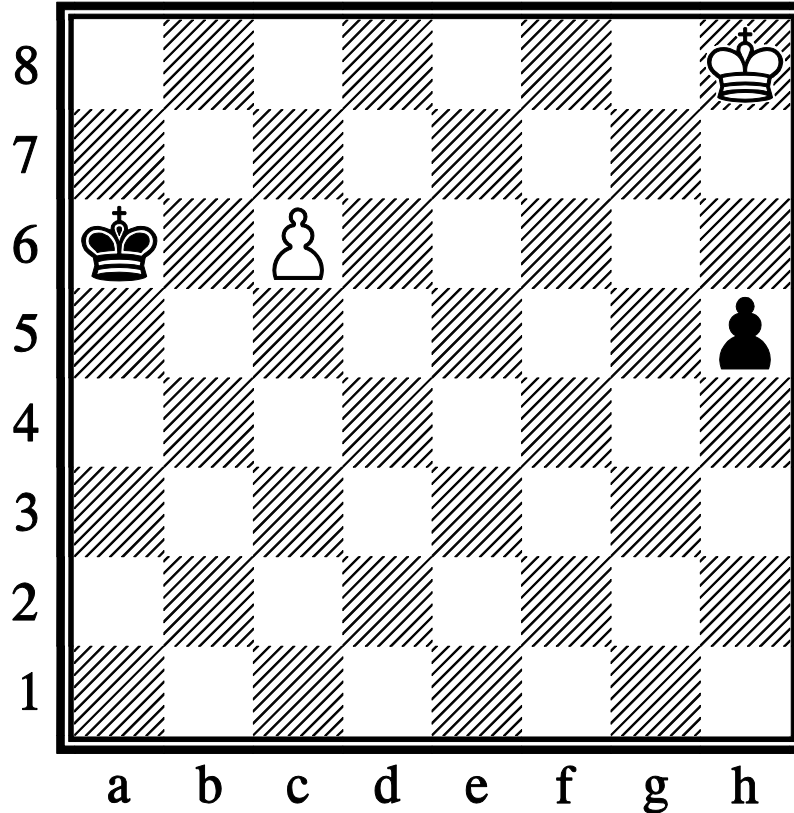
- Wygenerowano kilka tysięcy sytuacji testowych w ramach kilkuset partii rozegranych przez dwie kopie GNU Chess.
- Dla  $f=1/3$ , system był skuteczniejszy niż alfa-beta z  $d=4$  (!) (z funkcją opartą jedynie o materiał)
- Test na zbiorze 3830 pozycji ekstrahowanych ze 100 partii (nieznanych systemowi) rozegranych przez Michaila Tała: wyniki podobne do uzyskanych w teście z GNU Chess → dobre własności generalizacyjne
- Np. dla  $k=4$ , skuteczność 0,557
- *Problemem był brak mechanizmu usuwania nieistotnych/nadmiarowych wzorców (szybki przyrost bazy)*

# Intuicja – **trajektorie rozwiązań** – Pioneer i Linguistic Geometry

- Michaił Botvinnik i grupa współpracowników
- Metody przeszukiwania kilkukrotnie zawężające drzewo gry
- Cel: abstrakcja istotnych cech w danej pozycji, a następnie ich generalizacja w celu znalezienia „obiecujących” trajektorii rozwiązań (zamiast systematycznego przeszukiwania drzewa gry) – **tak jak to czynią ludzie**
- Kontynuacja i uogólnienie w projekcie LG – wykorzystanie także militarne

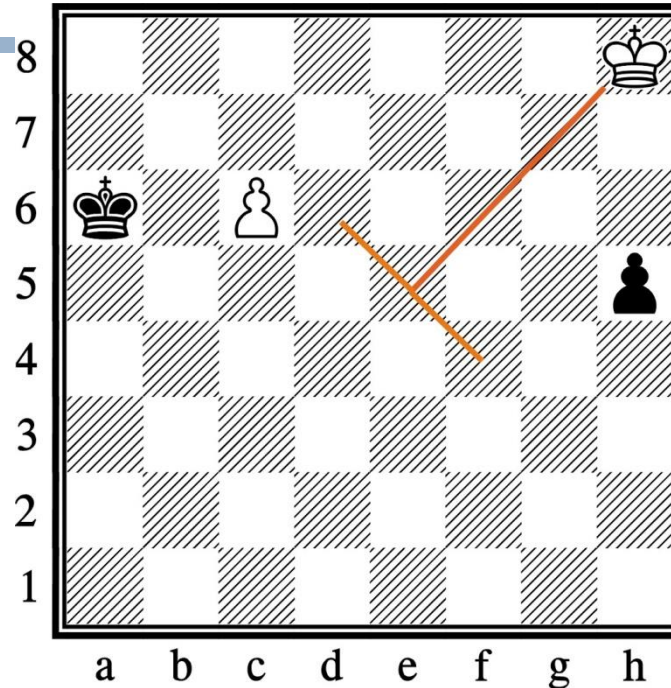
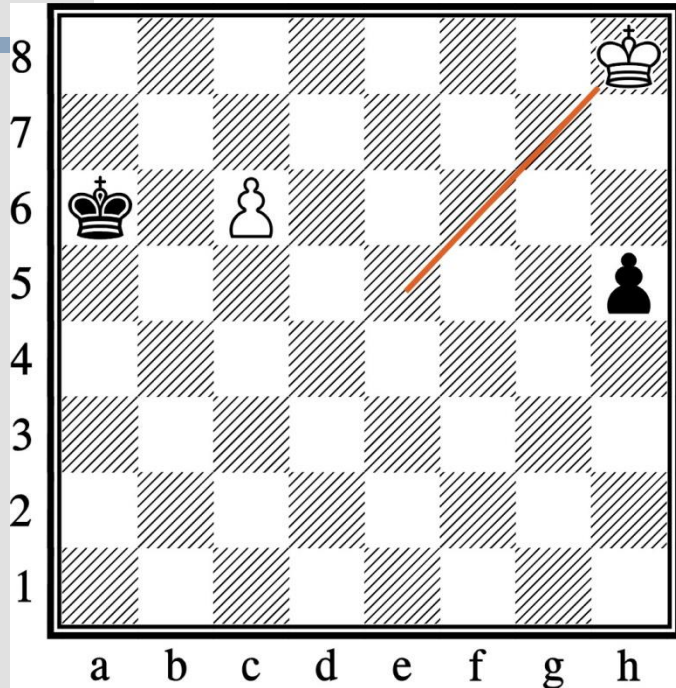
# Intuicja – **trajektorie rozwiązań**– *końcówka Reti'ego*

Białe zaczynają i remisują





# Intuicja – trajektorie rozwiązań – końcówka Reti'ego



**A na szachownicy  
100 x 100?**

d=6:

Pełne drzewo:  $10^6$  wierzch.

Pioneer: 54 wierzch., av. bf.=1.68

# Intuicja - podsumowanie

---

- Gra intuicyjna stanowi jedno z wyzwań HLI/AGI w obszarze gier (nie tylko tradycyjnych) – inteligentne boty w grach RTS
- W grach planszowych – biblioteka wzorców i skojarzonych z nimi ruchów
- Problemy techniczne związane z efektywnym zarządzaniem dużą liczbą wzorców

# Pytania?