



Kognitywne podejście do gry w szachy – kontynuacja prac

Stanisław Kaźmierczak

Opiekun naukowy: prof. dr hab. Jacek Mańdziuk



Agenda

- Motywacja
- Kilka badań
- Faza nauki
- Wzorce
- Generowanie ruchów
- Przykłady
- Pomysły

Motywacja

- intuicyjne rozwiązywanie problemów jest cechą charakterystyczną ludzkiego myślenia
- zdolność ta jest nieosiągalna przez systemy AI
- celem projektu jest zmniejszenie przepaści pomiędzy człowiekiem i maszyną w tym obszarze:
 - poszerzenie istniejącej wiedzy intuicyjnego rozwiązywania problemów przez maszyny, naśladowanie ludzkich zdolności poznawczych
 - zaprojektowanie systemu bazującego na intuicji w dziedzinie szachów



Wstęp

- pomimo różnorodnych osiągnięć w tradycyjnym AI, przeniesienie nacisku na systemy poznawcze wydaje się być uzasadnione
- dodanie ludzkich umiejętności do istniejących systemów AI znacząco zwiększyłoby ich możliwości
- ludzka intuicja pozwala podejmować optymalne decyzje bez potrzeby analizy wszystkich możliwych działań
- stworzenie systemu AI (w dziedzinie szachów) pozwalającego podejmować decyzje bez eksploracji wszystkich możliwości może stanowić znaczący krok w kierunku naśladowania ludzkiego myślenia przez komputer w ogólności



Kilka badań

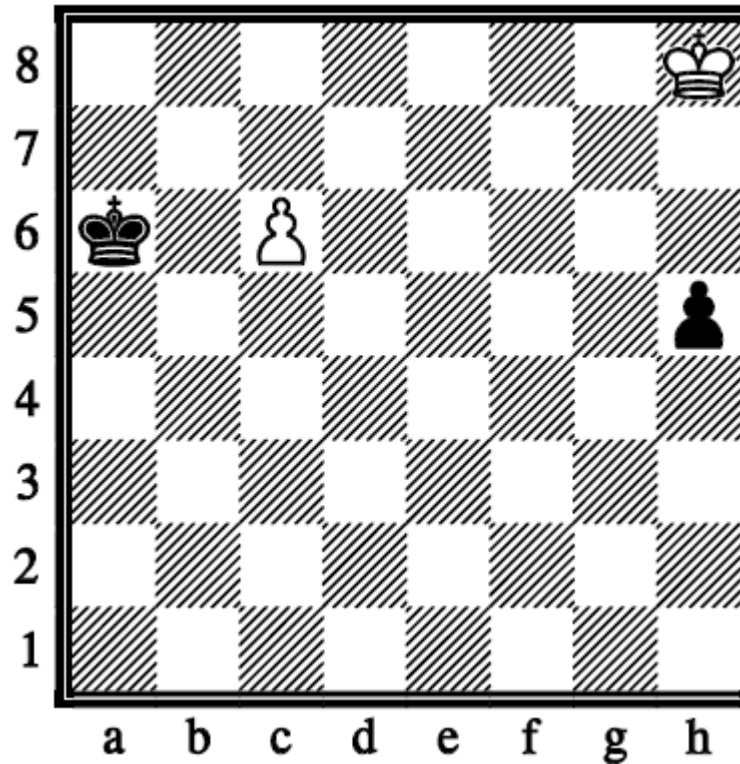
- mistrzowie szachowi używają wzorców (ang. *chunk*, *template*), które indeksują jako znaczące struktury w pamięci długotrwałej
- z każdym wzorcem skojarzony jest ruch, co znacznie redukuje liczbę ruchów potrzebnych do przeanalizowania podczas procesu szukania
- rozmiar biblioteki wzorców szacuje się u arcymistrzów na 300 – 500 tys.
- większy stopień uwagi na istotnych bierkach w przypadku zaawansowanych graczy
- silni gracze potrafią równolegle ekstrahować z pozycji kilka figur, które razem tworzą istotny wzorzec lub stanowią jego część



Założenia

- ogólne wnioski z badań:
 - ludzka intuicja bazuje głównie na doświadczeniu oraz ekspertyzie, co pozwala na podejmowanie decyzji bez potrzeby szerokiej analizy wszystkich możliwości i ich potencjalnych skutków
 - wiedza nabywana jest podczas różnorodnych doświadczeń i gromadzona w postaci hierarchicznie uporządkowanych wzorców
- projekt ma na celu zweryfikować i zastosować powyższe wnioski w odniesieniu systemu AI w dziedzinie szachów
- program naśladowujący człowieka nie ma szans w potyczce z programem bazującym na tradycyjnym AI, ale maksymalizacja siły gry nie jest jedynym celem

Różnica pomiędzy człowiekiem a maszyną



Reti, 1921

Działanie systemu – cele

- wyznacznikiem intuicyjnej siły gry systemu jest zdolność do wskazywania optymalnego ruchu z płytkim przeszukiwaniem (1 pełny ruch) lub bez żadnego przeszukiwania
- system powinien wskazywać kilka najbardziej obiecujących ruchów, wśród których przypuszczalnie znajduje się ruch optymalny
- tego typu wybór ruchów charakteryzuje silnych graczy
- *branching factor* = 35
- pełne drzewo do głębokości 3 pełnych ruchów ma ponad miliard liści
- dla *branching factor* = 3 miliard liści osiągnany jest po ponad 9 ruchach

Faza nauki

- 1000 partii Kasparova, ELO przeciwników > 2400
- pozycje pomiędzy 15-tym a 40-tym ruchem
- 43000 wzorców
- Działanie:
 - dla każdej pozycji z każdej partii znajdź *kluczowe pola*
 - utwórz wzorzec wokół tego pola wraz ze skojarzonym z nim ruchem
 - wzorce układane są hierarchicznie (partie zawierają sekwencje pozycji, pozycje zawierają wzorce)



Wyszukiwanie kluczowych pól

Ocena pola tworzona jest z punktu widzenia gracza mającego wykonać ruch. Mają na nią wpływ następujące czynniki (z różnymi wagami):

- suma figur atakujących i broniących
- różnica figur atakujących i broniących
- kontrola pola
- odległość od króla przeciwnika
- odległość od hetmana przeciwnika



Algorytm kontroli pola

Algorytm opiera się na pomysle zaczerpniętym z artykułu:

Kieran Greer, *Computer chess move-ordering schemes using move influence*, *Artificial Intelligence*, Vol. 120, No. 2. (July 2000), pp. 235-250.

- każde pole może być kontrolowane przez białe (1), przez czarne (-1) bądź być neutralne (0)
- dwa przypadki: pole jest puste bądź zajęte
- biała figura zajmuje pole i nie jest ono ani atakowane ani bronione => kontrola = 0
- biała figura jest broniona i nie jest atakowana => kontrola = 1
- sprawa staje się bardziej złożona, jeżeli figura jest zarówno atakowana, jak i broniona



Algorytm kontroli pola

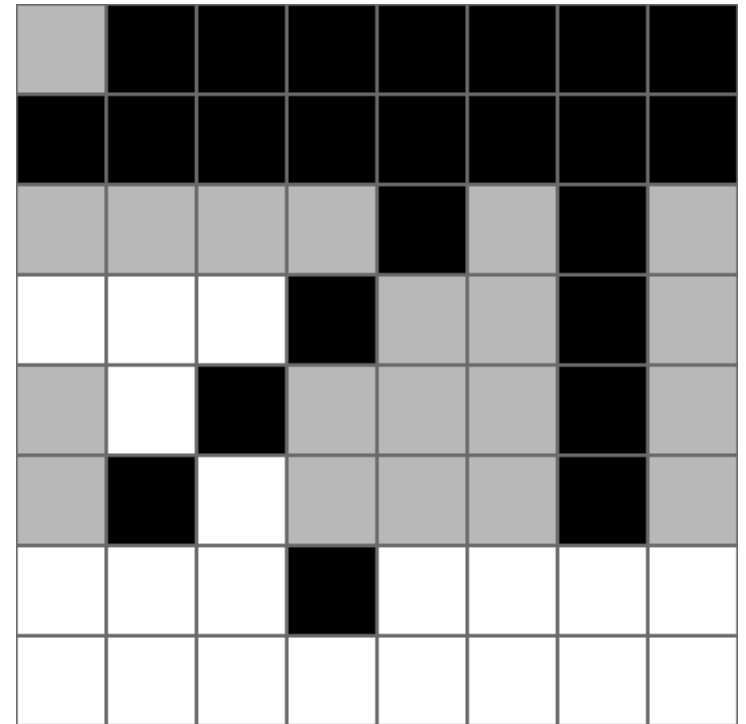
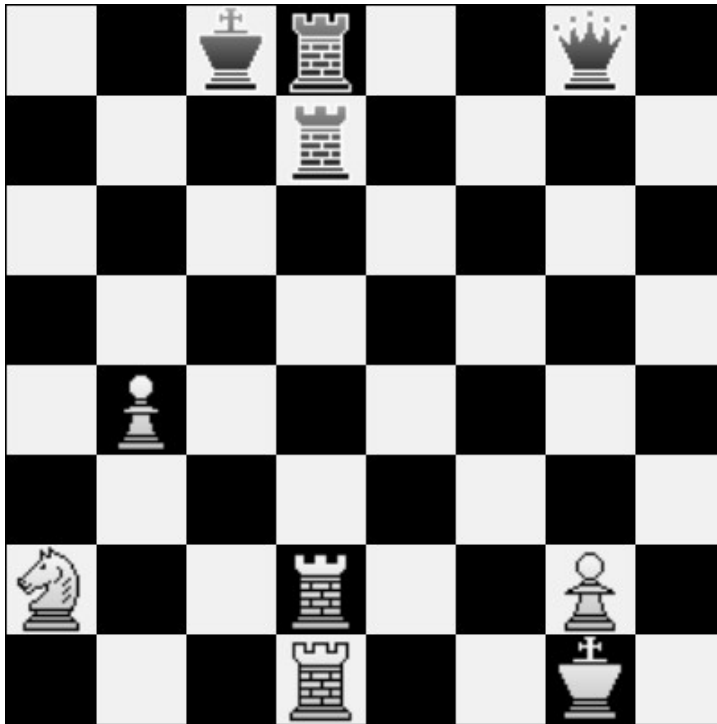
- tworzona jest symulacja wymian na danym polu
- jeżeli czarne mogą zdobyć pole, ale tracą przy tym materiał, wtedy pole jest pod kontrolą białych
- jeżeli czarne zyskują materiał podczas wymiany, wtedy pole jest pod ich kontrolą
- jeżeli czarne ani nie zyskują, ani nie tracą, wtedy pole jest neutralne
- analogiczne zasady dla pola zajmowanego przez czarną figurę
- jeżeli pole jest puste i białe mogą je zająć bez straty materiału “cięższą” figurą => kontrola = 1
- jeżeli pole jest puste i czarne mogą je zająć bez straty materiału “cięższą” figurą => kontrola = -1



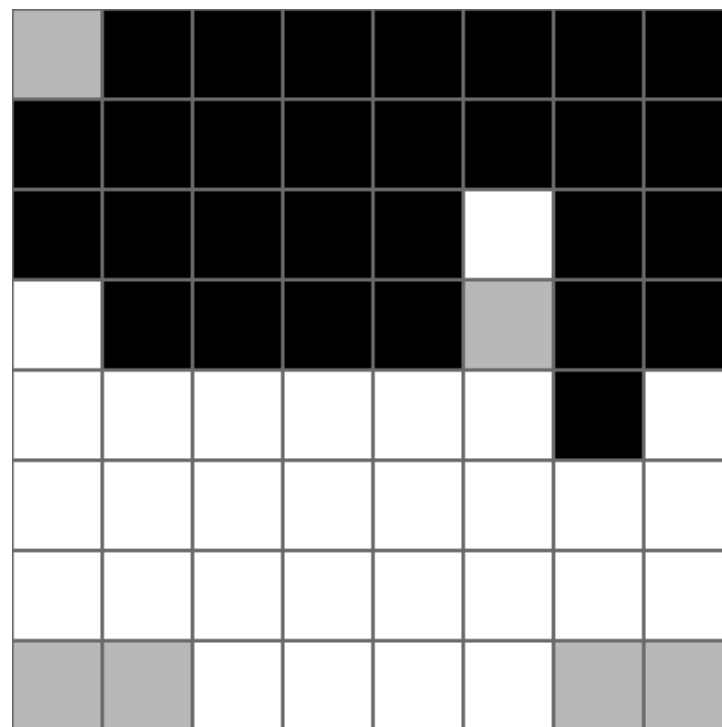
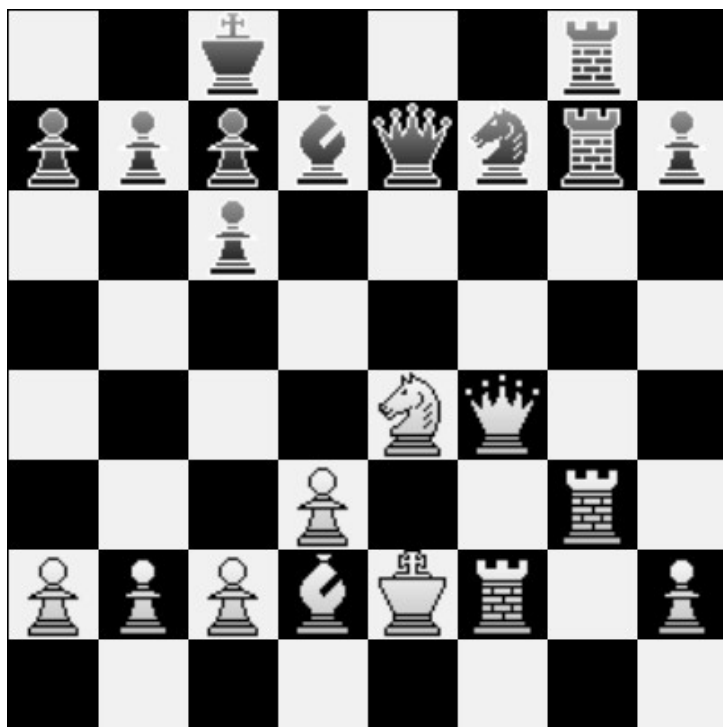
Algorytm kontroli pola

- pole jest neutralne jeżeli obie strony mogą zająć je bierką tej samej wagi bez straty materiału bądź żadna ze stron nie może zająć pola
- sekwencje wymian są wykonywane zgodnie z rosnącą wagą figur (pionek pierwszy, król ostatni)
- sekwencja wymian może być przerwana w trakcie jej wykonywania, jeżeli strona mająca wykonać ruch osiągnęła już zysk materialny
- podczas sprawdzania kontroli każde pole jest rozpatrywane oddzielnie, niezależnie od tego, jak sekwencja wymian na danym polu wpłynie na inne

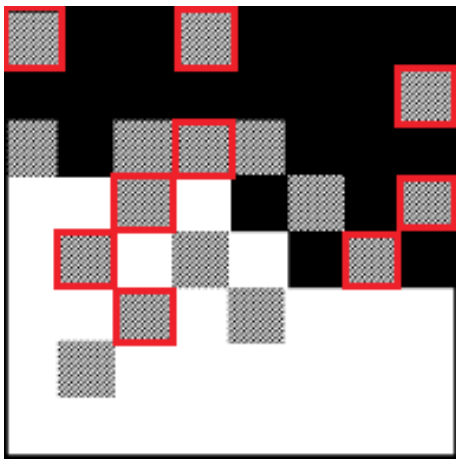
Algorytm kontroli pola



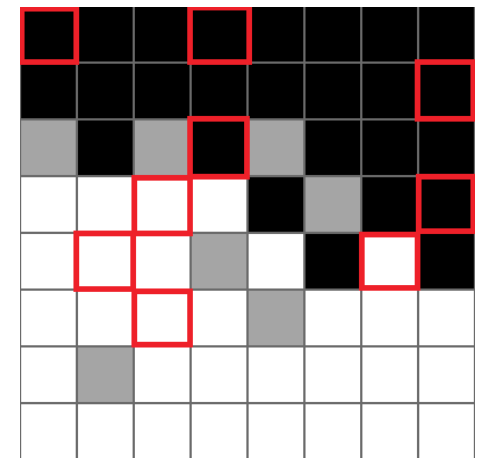
Algorytm kontroli pola



Algorytm kontroli pola



Greer



projekt

Wzorzec

- pewna abstrakcja istotnych cech wzajemnego układu bierek
- wzorce tworzone są wokół pól, na które wywierany jest duży nacisk
- funkcja uogólniająca, która będzie dostawała wiele pozycji z tym samym motywem i tworzyła jeden uogólniony wzorzec
- wiedzę systemu stanowią tylko zasady i cel gry oraz aproksymowana waga figur
- wzorce odzwierciedlają:
 - współdziałanie figur
 - zdolność wywierania nacisku na konkretne części szachownicy



Wzorzec

- składa się z:
 - pola P , wokół którego jest tworzony
 - pól i figur na nich stojących atakujących pośrednio lub bezpośrednio pole P
 - ruchu, który został wykonany w pozycji, z której wzorzec został zaczerpnięty (wybrane zostały tylko te wzorce, dla których ruch figury wykonany jest po trajektorii: pole, na którym stoi figura oraz pole P)
 - położenie wzorca względem lewego dolnego rogu szachownicy (obecnie nieużywane)
- co najmniej 2 figury
- dany wzorzec może posiadać wiele różnych realizacji w konkretnych pozycjach szachowych

Wzorzec



-12	-25	-24	-14	-20	-19	-18	-7
-12	-4	3	-22	-6	-12	-6	-14
7	-25	-5	-23	6	-8	-15	4
-12	46	7	-5	35	-10	22	-11
32	25	19	38	-7	32	-13	32
25	19	32	32	32	12	32	32
45	6	0	32	58	19	19	32
6	32	19	45	32	45	32	6

Dla progu równego 35 tworzone są wzorce wokół pól: d1, f1, a2, e2, d4, b5, e5



Równość wzorców

- Rodzaj 1: jeden wzorec zawarty jest w drugim (w dowolną stronę)
- Rodzaj 2: możliwa różnica jednej figury
- Rodzaj 3: identyczność



Generowanie i sortowanie ruchów

- sposoby generowania ruchów:
 - wokół wzorca
 - wszystkie ruchy (i odpowiednie ich posortowanie)
- sortowanie po liczbie:
 - nowopowstałych wzorców na szachownicy
 - nowopowstałych wzorców będących w bazie
 - odpowiadających sekwencji w bazie (2 warianty)



Wokół wzorca – wyniki

- zbiór testowy: Kramnik 200 partii
- bliskie losowych
- dużym problemem jest liczba generowanych ruchów

Rodzaj 1	Rodzaj 2	Rodzaj 3
61,46% trafionych 16,53 ruchów	61,83% trafionych 16,74 ruchów	53,98 % trafionych 14,87 ruchów



Sortowanie ruchów

- każdy ruch jest oceniany według 4 kryteriów (4 niezależne klasyfikacje)
- ruchy mogą być jednakowo ocenione
- Kryterium 1: liczba powstałych na szachownicy wzorców, które jednocześnie znajdują się w bazie
- Kryterium 2: liczba odniesień do bazy wśród nowopowstałych wzorców

Sortowanie ruchów – kryterium 3 i 4

- idea: nowopowstające wzorce mają potwierdzone 'uzasadnienie' w pozycji poprzedniej
- pozycja P_1 (poprzednik): wzorce $\{w_1, \dots, w_k\}$
- pozycja P_2 (następnik): wzorce $\{w_1, \dots, w_k\}$ ($1 \leq k$) oraz nowopowstałe $\{v_1, \dots, v_m\}$
- punktowane jest takie wystąpienie sąsiednich wzorców w bazie, w których w pozycji poprzedzającej występuje jeden z wzorców $\{w_1, \dots, w_k\}$, a w drugiej pozycji jeden z nowych wzorców $\{v_1, \dots, v_m\}$

Sortowanie ruchów – kryterium 3

- za każdą znaną parę stawiamy plus
- przykład:
 - mamy dwa wzorce w_1 i w_2 oraz wykonujemy ruch, po którym otrzymujemy wzorce: w_1 i v_1
 - stawiamy plus za odnalezienie w bazie każdej pary pozycji, w której mamy w_1 w poprzedniku a v_1 w następniku oraz każdej pary, w której mamy w_2 w poprzedniku i v_1 w następniku
 - w szczególności jeżeli występują w_1 i w_2 jednocześnie to otrzymujemy dwa plusy



Sortowanie ruchów – kryterium 4

- stawiamy plus za każdy wzorzec v_i niezależnie od tego, ile wzorców w_j było w pozycji poprzedzającej (co najmniej jeden musi być)
- przykład:
 - mamy dwa wzorce w_1 i w_2 oraz wykonujemy ruch, po którym otrzymujemy wzorce: w_1 i v_1
 - stawiamy plus za odnalezienie w bazie każdej pary pozycji, w której mamy w_1 lub w_2 w poprzedniku a v_1 w następniku
 - w szczególności jeżeli występują w_1 i w_2 jednocześnie, to mamy jeden plus

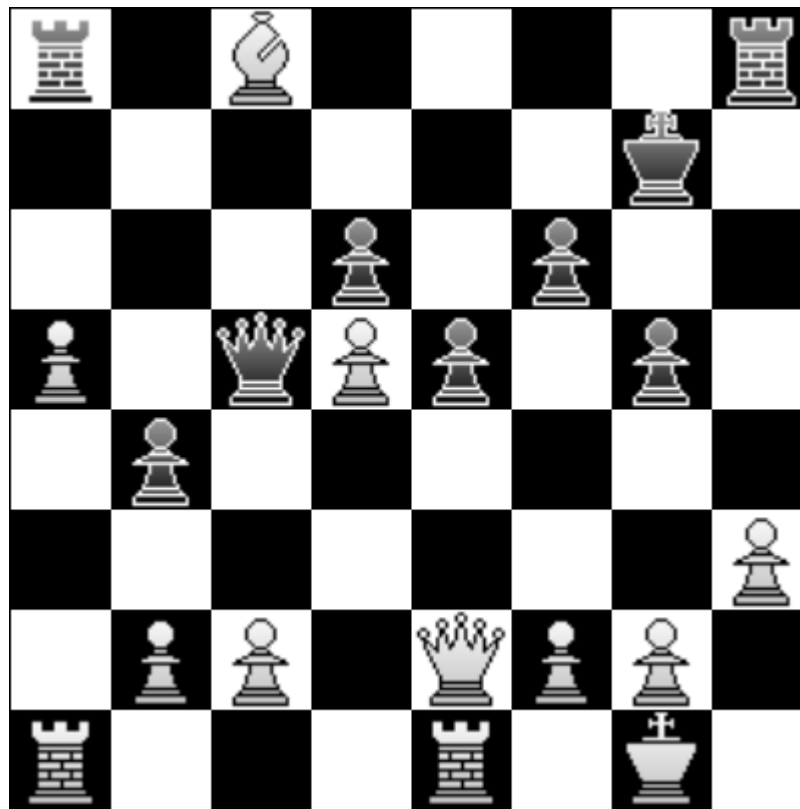


Sortowanie – wyniki

- duże zróżnicowanie w zależności od pozycji
- 4 kryteria sortowania, 3 rodzaje zawierania

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Dowolna inkluzja	[13.6 – 21.6]	[15.7 – 19.2]	[15.5 – 19.3]	[15.4 – 19.3]
Różnica jednej figury	[10.1 – 23.6]	[12.4 – 22.1]	[11.5 – 21.4]	[11.5 – 21.4]
Identyczność	[15.0 – 20.4]	[16.6 – 18.5]	[16.1 – 19.4]	[16.1 – 19.4]

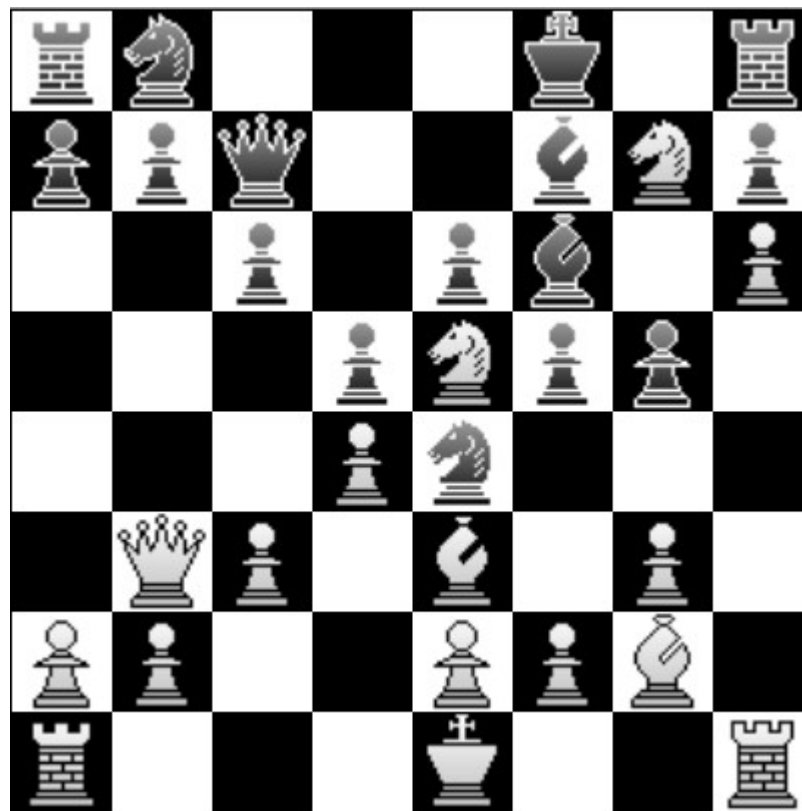
Przykład (dobry) I



W_hc₈

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Dowolna inkluzja	[1 – 1]	[2 – 2]	[1 – 1]	[1 – 1]

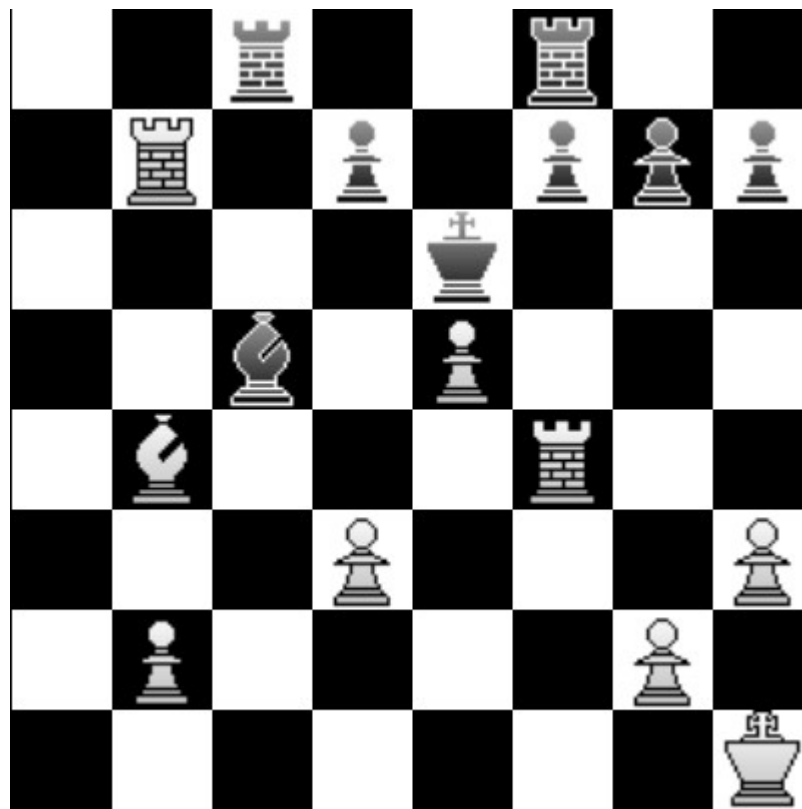
Przykład (dobry) 2



Sd7

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Dowolna inkluzja	[2 – 4]	[2 – 2]	[2 – 2]	[2 – 2]

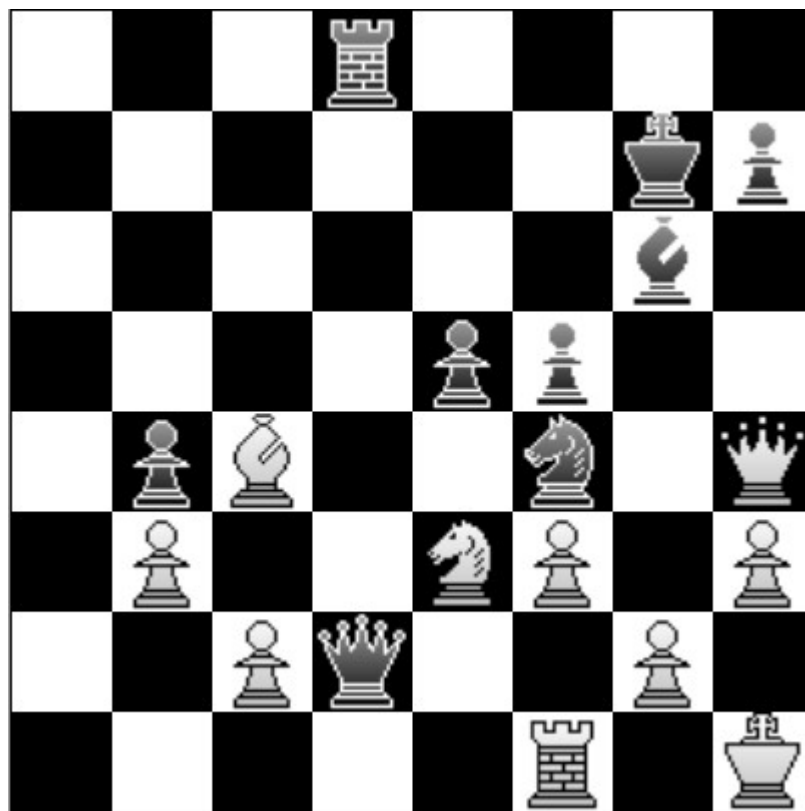
Przykład (dobry) 3



G:b4

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Dowolna inkluzja	[1 – 3]	[2 – 3]	[2 – 2]	[2 – 2]

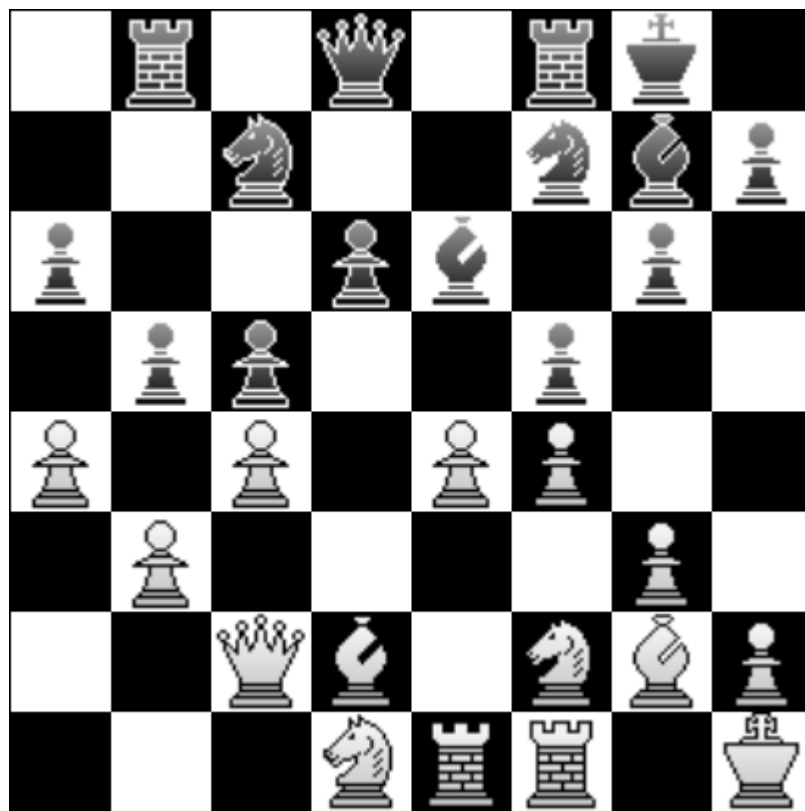
Przykład (zły) 4



We8

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Dowolna inkluzja	[30 – 41]	[30 – 41]	[30 – 41]	[30 – 41]

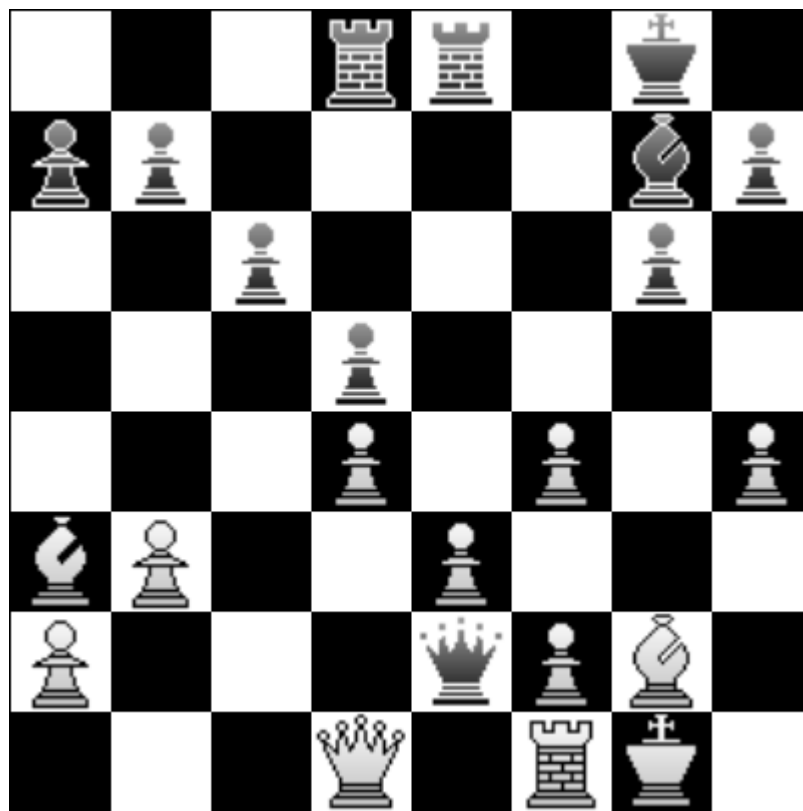
Przykład (zły) 5



b:a4

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Dowolna inkluzja	[37 – 41]	[37 – 41]	[37 – 41]	[37 – 41]

Przykład (zły) 6



	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Dowolna inkluzja	[23 – 43]	[23 – 43]	[23 – 43]	[23 – 43]



Pomysł – hierarchiczna baza wiedzy

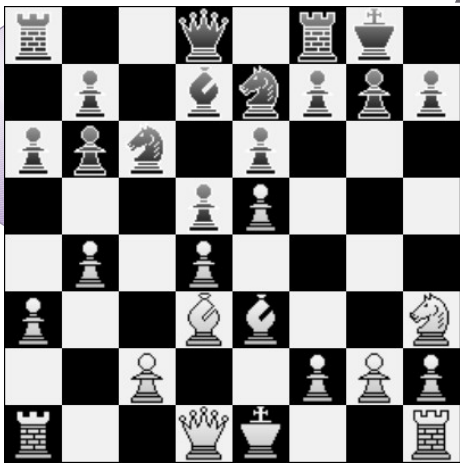
- wyekstrahowane wzorce stworzą wielopoziomową bazę, w której niskopoziomowe wzorce będą tworzyły większe wzorce i wyższe poziomy (warstwa pionowa)
- 2 – 4 poziomy o różnym stopniu dokładności reprezentowania wzorca (szukanie wzorców od góry do dołu)
- połączenia wzorców razem ze sobą występujących tworzy warstwę poziomą
- wagą ich połączenia będzie wzajemna korelacja
- branie pod uwagę wzorców występujących razem stanowi różnicę względem innych systemów z kognitywnym podejściem
- dodatkowo wszystkie wzorce występujące w jednej partii są połączone ze sobą, co być może pozwoliłoby na generowanie prostych planów taktycznych

Pomysł – wzorce dwukolorowe

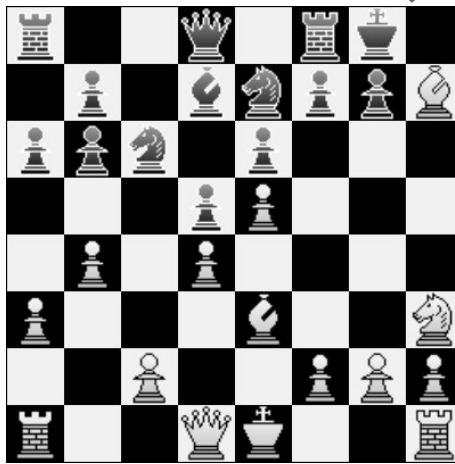


-19	-32	-38	-21	-27	-19	-25	-7
-19	-4	-10	-8	-13	-12	-6	6
-6	-11	-25	23	-14	6	-9	4
-13	7	33	-17	15	-11	35	21
6	12	12	12	6	32	19	0
19	32	6	32	19	32	32	19
19	0	32	45	45	45	6	19
19	32	45	32	45	45	32	6

Pomysł – sekwencje ruchów



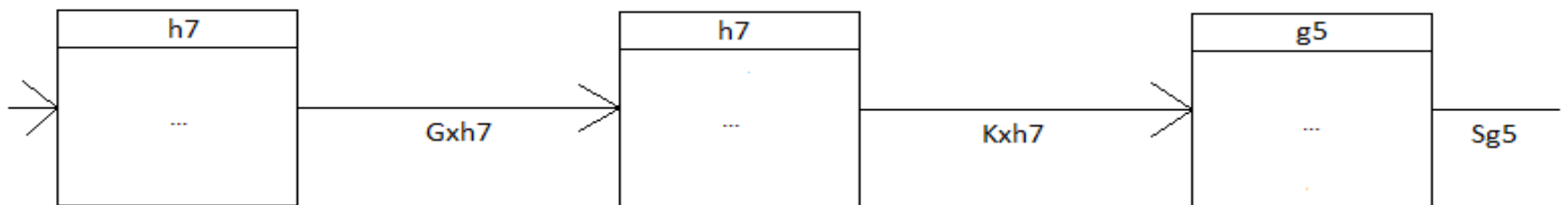
-19	-32	-38	-21	-27	-19	-25	-7
-19	-4	-10	-8	-13	-12	-6	6
-6	-11	-25	23	-14	6	-9	4
-13	7	33	-17	15	-11	35	21
6	12	12	12	6	32	19	0
19	32	6	32	19	32	32	19
19	0	32	45	45	45	6	19
19	32	45	32	45	45	32	6



32	52	65	45	52	45	39	19
26	6	13	19	32	32	19	19
32	19	45	-13	32	0	19	0
26	7	-14	32	0	32	-20	-13
-3	3	10	-4	9	-17	-10	0
-10	-14	0	-21	-7	-14	-17	-13
-10	6	-11	-18	-11	-21	-3	-13
-10	-14	-18	-8	-18	-14	-17	-6



-19	-32	-38	-23	-29	-14	-34	-28
-19	-4	-10	-10	-15	-7	-6	2
-19	-11	-25	21	-16	6	-20	5
-13	-12	33	-19	15	-22	37	23
6	12	-7	25	-11	34	21	2
19	32	6	32	19	32	32	19
19	0	19	45	32	45	6	19
19	32	45	32	45	32	32	6



Inne pomysły

- inaczej zdefiniować wzorzec (np. dołożyć odległości figur)
- więcej wzorców w bazie (zmniejsza przedział oceny ruchu)
- do wzorca dołączać informacje o np. szacunkowej sile pozycji, wyniku partii → siła (ocena wzorca)
- płytkie przeszukiwanie
- badanie pokazały, że warto rozpatrywać tylko pozycje/ruchy strony, która wygrała



Dziękuję za uwagę