



# Kognitywne podejście do gry w szachy

Stanisław Kaźmierczak

opiekun naukowy: prof. dr hab. Jacek Mańdziuk



# Agenda

- Motywacja
- Wyniki pewnych badań
- Wcześniejsze próby
- Szczegóły systemu
- Sposób działania
- Wyszukiwanie kluczowych pól
- Wzorce



# 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 wydaje się być uzasadnione przeniesienie nacisku na systemy poznawcze
- 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

- de Groot: skuteczność odtworzenia pozycji (ok. 25 bierek) wśród arcymistrzów wynosiła 93% i malała wraz ze spadkiem umiejętności
- Chase i Simon: wyniki podobne do powyższych, ale różnica ta zaciera się w przypadku pozycji nierealnych
- przewaga lepszych graczy nie wynika z lepszej pamięci, ale z percepcyjnego kodowania pozycji, które występują w rozgrywanych przez nich partiach
- odzwierciedla to głębokie rozumienie różnorodnych detali szachowych
- Mistrzowie szachowi używają wzorców (ang. *chunk*, *template*), które indeksują jako znaczące struktury w pamięci długotrwałej

# Kilka badań

- 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.
- de Groot i Gobet: średni dystans pomiędzy dwoma kolejnymi 'fiksacjami' jest większy w przypadku arcymistrzów niż średniozaawansowanych graczy
- kolejny eksperyment wykazał duże rozrzucenie pierwszych pięciu fiksacji po spojrzeniu na szachownicę
- większy stopień uwagi na istotnych bierkach w przypadku zaawansowanych graczy

# Kilka badań

- badanie zdolności wykrywania szacha – doświadczenie wykazało, że umiejętności szachowe są dużo bardziej związane z doświadczeniem graczy niż ogólnymi zdolnościami percepcyjnymi
- silni gracze potrafią równolegle ekstrahować z pozycji kilka figur, które razem tworzą istotny wzorzec lub stanowią jego część

# CHUMP

- pierwsza istotna próba stworzenia systemu modelującego ludzką percepcję i pamięć w szachach
- implementuje symulator sakadycznych ruchu oczu, który skanuje szachownicę w poszukiwaniu dwudziestu znaczących wzorców
- w fazie nauki zagrany ruch trafia do specjalnej sieci i jest łączy z wzorcem zawierającym ruszoną figurę oraz jej początkowe położenie
- w fazie testu wzorce są wyciągane z danej pozycji; następnie przeszukiwana jest baza w celu znalezienia wyekstrahowanego wzorca wraz z ruchem
- wykonywany jest ruch, który jest skorelowany z największą liczbą wzorców



# CHUMP

- uzyskał poziom średniego amatora w szeroko stosowanym benchmarku Bratko – Kopec' a
- ze względu na brak mechanizmu przeszukiwania system tracił na pozycjach taktycznych, przez co jego ocena gry pozycyjnej powinna być relatywnie wyższa
- główną słabością jest niemożność utrzymania bazy wzorców, która wzrastała liniowo z każdą partią
- pomimo tej wady CHUMP stanowi znaczący przykład szachowego systemu grającego bez żadnych przeszukiwań, kierowanego rozpoznawaniem i selekcją wzorców
- jest to też pierwszy program szachowy modelujący ludzką pamięć i percepcję, który potrafił rozegrać całą partię

# SYLPH

- Finkelstein i Markovitch, 1998
- oparta na wzorcach realizacja ludzkiego procesu rozumowania
- bazuje na *move patterns*, składających się z wzorca i skojarzonego z nim ruchu
- każdy wzorzec posiada wagę wskazującą potencjalny zysk z zastosowania skojarzonego z wzorcem ruchu
- wzorce służą do obcięcia drzewa przeszukiwań przez wybranie tylko najbardziej obiecujących gałęzi do dalszej eksploracji

# SYLPH

- dzięki temu zawęża się przestrzeń przeszukiwań, ale zwiększona zostaje ich głębokość
- wzorce są wyciągane głównie podczas gier z nauczycielem, którym może być człowiek, program komputerowy lub kopia siebie samego
- wzorce materialne – ocena przed wykonaniem ruchu i po odpowiedzi przeciwnika znacząco się różni; waga odzwierciedla różnicę materiału
- wzorce pozycyjne – tworzone podczas partii z silnymi przeciwnikami; waga jest proporcjonalna do częstości użycia wzorca przez nauczyciela

# SYLPH

- dobrze zapowiadający się stupartiowy trening
- proces uczenia przeprowadzony został jedynie z podstawową wiedzą szachową: zasady, szacowane wartości figur, podstawowe relacje
- dalsze prace nad programem nie zostały podjęte
- jedną z przyczyn mógł być problem z utrzymaniem rosnącej bazy wzorców: 4 tys. po 100 partiach

# 'System L'

- najbardziej rozwinięta i ugruntowana próba realizacji ludzkiej intuicji przez maszynę grającą w szachy
- wg. Autora (A. Linhares) system opiera się na wiarygodności i zgodności z eksperymentalnymi dowodami dotyczącymi percepcji i zapamiętywania przez arcymistrzów pozycji szachowych
- *Multi-level distance-based representation*
- dystans pomiędzy figurą X a Y – najmniejsza liczba ruchów, w których figura X może zająć pole zajmowane przez Y
- jest to podstawowa różnica względem innych tego rodzaju systemów
- funkcja dystansu zdefiniowana jest na pięciu różnych poziomach dokładności

# 'System L'



Aleksandre Linhares, *An Active Symbols Theory of Chess Intuition*

# Projekt

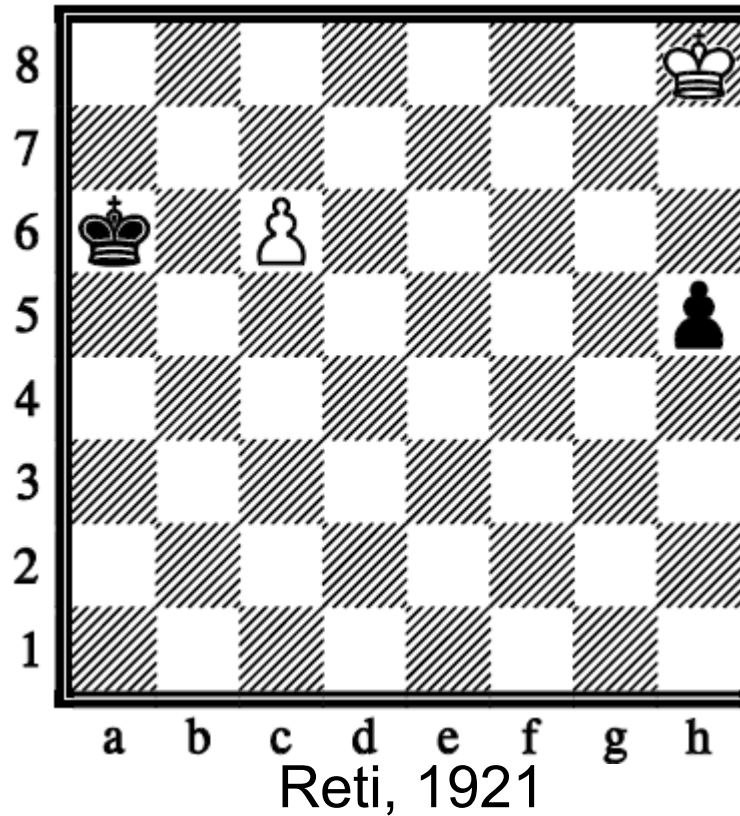
- realizowany projekt będzie łączył ze sobą dotychczas zaproponowane rozwiązania z całkiem nowymi pomysłami
- system będzie opierał się na wzorcach
- istotne będą następujące aspekty, które w znacznej części nie zostały uwzględnione we wcześniejszych podejściach:
  - znaczenie współdziałania figur i ich zdolność do kontroli / wywierania wpływu na poszczególne części szachownicy
  - większe znaczenie częściowo nadzorowanego procesu uczenia w przypadku graczy nie będącymi ekspertami
  - bazujący na sekwencjach ruchów proces uczenia uwzględniający różnice we właściwościach pozycji podczas przechodzenia z jednej do drugiej

# Szczegóły

- ludzka intuicja bazuje głównie na doświadczeniu i 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 powyższe badania w odniesieniu systemu AI w dziedzinie szachów
- *The Drosophila of Artificial Intelligence*
- program naśladujący 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



# Wzorce

- solidny mechanizm ekstrakcji istotnych wzorców jest jedną z kluczowych części systemu
- związane jest to z wynikami badań neurobiologicznych przedstawionych wcześniej
- wzorce będą ekstrahowane z partii silnych graczy (ELO > 2400) głównie na podstawie trajektorii ruchu figur oraz ich szacowanej wartości
- początkową wiedzę systemu stanowią tylko zasady i cel gry oraz aproksymowana waga figur
- 2 istotne aspekty świadczące o efektywnej grze:
  - - współdziałanie figur
  - - zdolność wywierania nacisku na konkretne części szachownicy

# Częściowo nadzorowana nauka

- początkujący gracz w procesie nauki jest na ogół kierowany przez innego człowieka albo uczy się z literatury lub rozwiązuje zadania nastawione na osiągnięcie konkretnego celu
- stworzona zostanie funkcja uogólniająca, która będzie dostawała wiele pozycji z tym samym motywem i tworzyła jeden uogólniony wzorzec
- przykładowe grupy motywów:
  - 1. bateria złożona z hetmana i gońca, dwie wieże w tym samym rzędzie/kolumnie, łańcuch wzajemnie broniących się pionków
  - 2. pozycje 'szachowe' stwarzające bezpośrednie zagrożenie dla króla przeciwnika
  - 3. podwójny atak, np. widełki

# Częściowo nadzorowana nauka

- bezpośrednie (jak wcześniej) i pośrednie motywy ataku, np. atak z odsłony
- istotne będą również statyczne elementy pozycji, np. 'zdrowa' struktura pionów, możliwość roszady
- po nadzorowanej części procesu uczenia nastąpi faza ekstrakcji wzorców z partii silnych szachistów
- wzorce tworzone są wokół pól, na które wywierany jest duży nacisk
- do wzorca dołączana będzie informacja o szacowanej sile pozycji i wyniku partii, co stanowić będzie o wartości wzorca
- badania pokazały, że warto rozpatrywać tylko ruchy/pozycje strony, która wygrała

# 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
- połączenia wzorców razem ze sobą występujących stworzy warstwę poziomą
- wagą ich połączenia będzie wzajemna korelacja
- branie pod uwagę wzorców występujących razem stanowi kolejną różnicę względem innych systemów z kognitywnym podejściem
- dodatkowo wszystkie wzorce występujące w jednej partii zostaną połączone ze sobą, co być może pozwoli na generowanie prostych planów taktycznych

# Działanie systemu

- o sile intuicyjnej gry systemu stanowić będzie jego zdolność do wskazywania optymalnego ruchu z płytkim przeszukiwaniem (1 pełny ruch) lub bez żadnego przeszukiwania
- system będzie wskazywał 2 – 3 najbardziej obiecujące ruchy, 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

# Działanie systemu

1. System ekstrahuje wszystkie istotne wzorce z danej pozycji
2. Porównuje je z bazą wzorców stworzoną w fazie nauki
3. Poszukiwanie optymalnego ruchu będzie wykonywane w kilku etapach odnoszących się do poziomów hierarchii wzorców
4. Na początku wzorce szukane będą w najwyższym poziomie bazy zawierającej złożone i abstrakcyjne wzorce składające się z kilku wzorców niższego poziomu
5. W zależności od wyniku system będzie stopniowo szukał wśród niższych poziomów bazy

# Działanie systemu

6. Najlepiej dopasowane wzorce będą wskazywały pozycję, z której zostały wyekstrahowane

7. Ruchy zagrane w tych pozycjach będą kandydatami do zagrania

- powyższy proces może być ulepszony przez płytkie wyszukiwanie
- w tym przypadku wzorce zostaną użyte jako ograniczenia w procesie przeszukiwania zostawiając tylko kilka gałęzi do eksploracji
- do benchmarku systemu użyty zostanie GNU Chess





# Realizacja projektu

- implementacja logiki szachów
- parser gier z formatu PGN
- algorytm wyszukiwania pól, wokół których tworzony jest wzorzec
- ekstrahowanie wzorców z pozycji

# 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 pomycie 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  $\Rightarrow$  kontrola = 0
- biała figura jest broniona i nie jest atakowana  $\Rightarrow$  kontrola = 1
- sprawa staje się bardziej złożona, jeżeli figura jest zarówno atakowana, jak i broniona

# Algorytm kontroli pola

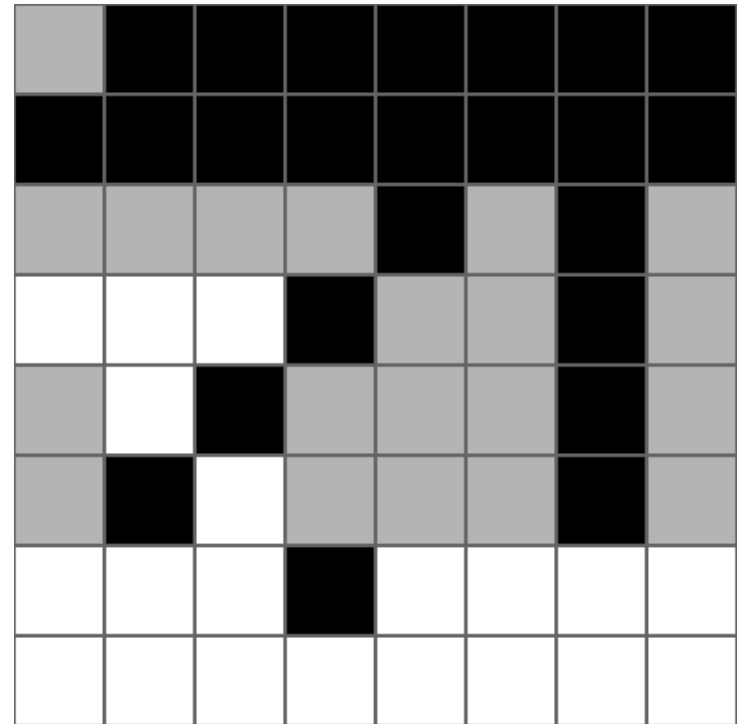
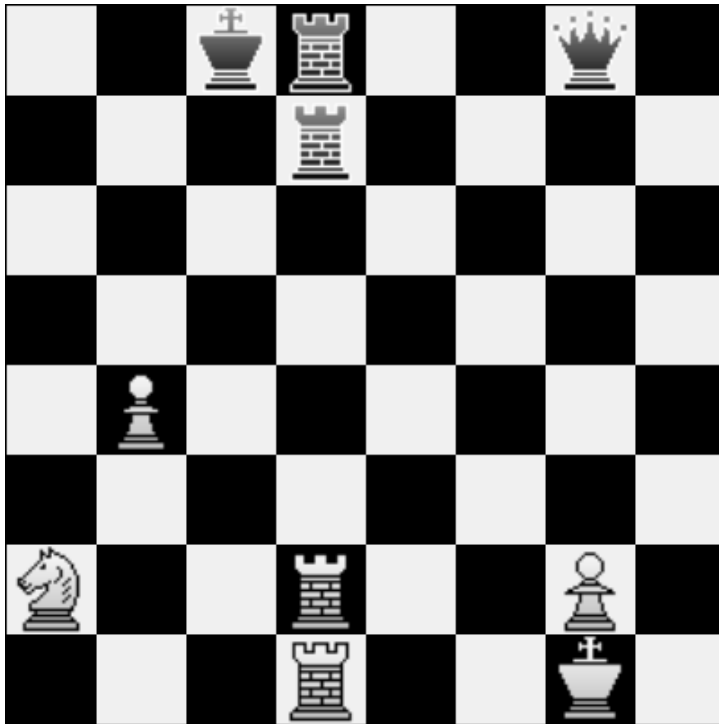
- tworzona jest symulacja wymian na danym polu
- jeżeli czarne mogą zdobyć pole, ale tracą przy tym materiał, wtedy pole jest pod kontrolą białych
- jeżeli czarne zyskują materiał podczas wymiany, wtedy pole jest pod ich kontrolą
- jeżeli czarne ani nie zyskują, ani nie tracą, wtedy pole jest neutralne
- 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



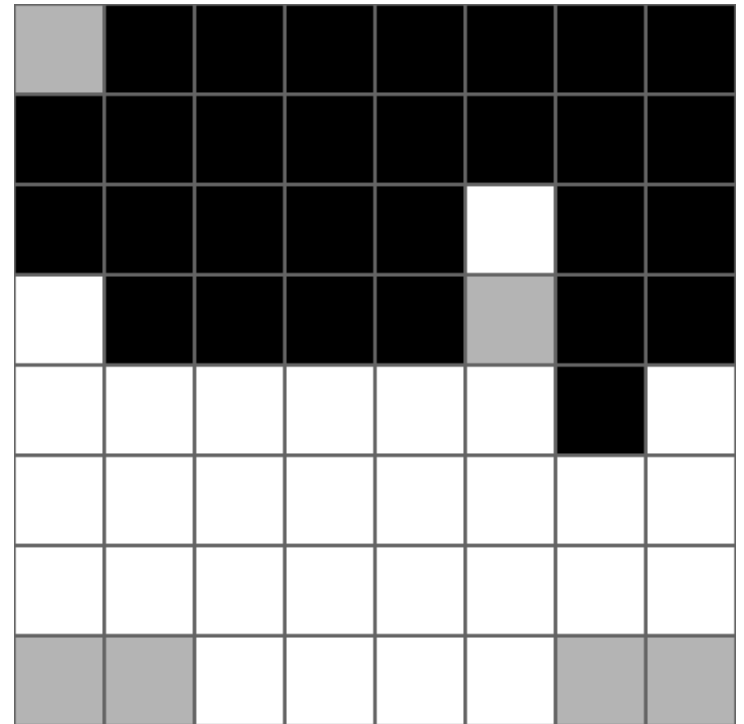
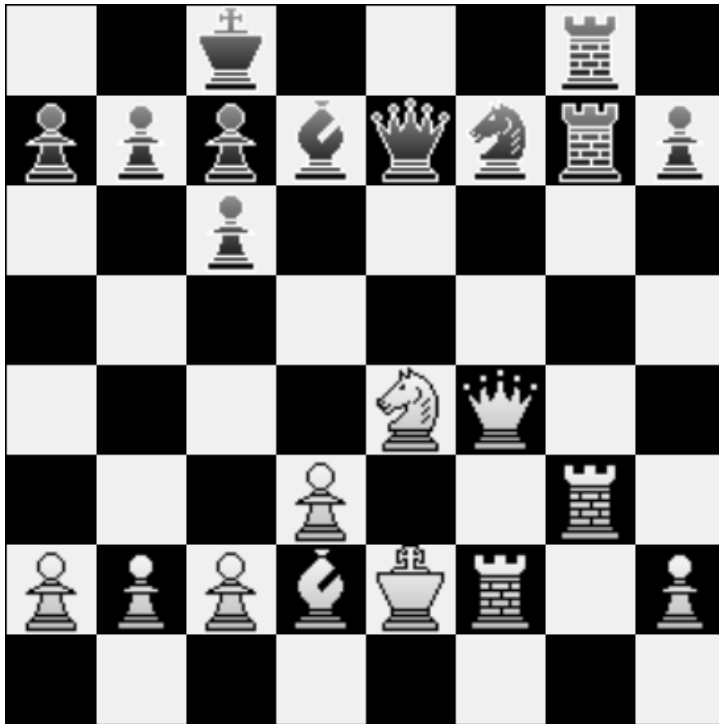
# Algorytm kontroli pola

- 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

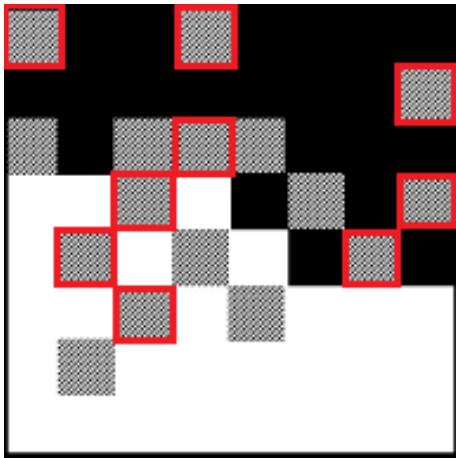
# Algorytm kontroli pola



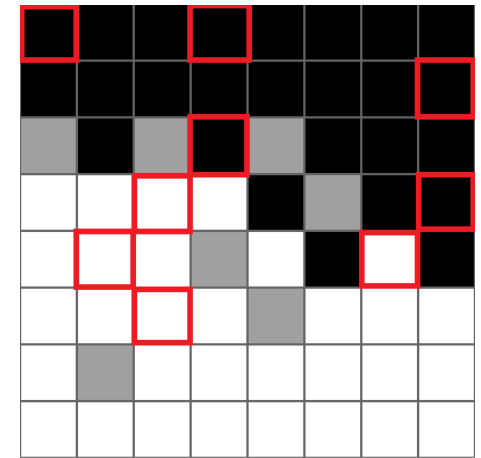
# Algorytm kontroli pola



# Algorytm kontroli pola



Gree  
r



projekt



# Wzorzec

- pewna abstrakcja istotnych cech wzajemnego układu bierek
- składa się z:
  - - pola  $P$ , wokół którego jest tworzony
  - - pól i figur na nich stojących powiązanych z polem  $P$
  - - ruchu, który został wykonany w pozycji, z której wzorzec został zaczerpnięty
  - - położenie wzorca względem lewego dolnego rogu szachownicy
- dany wzorzec może posiadać wiele różnych realizacji w konkretnych pozycjach szachowych

# Wzorzec – możliwe uogólnienia

Dwa układy bierek tworzą ten sam wzorzec, jeżeli jeden da się przekształcić w drugi poprzez wykonanie operacji podanych poniżej:

- król – przesunięcie na dowolne pole, z którego  $P$  jest dalej atakowane
- hetman – przesunięcie na dowolne pole z trajektorii wyznaczonej przez  $P$  i pole, na którym stoi hetman
- wieża, goniec – analogicznie do hetmana
- skoczek – przesunięcie na dowolne pole, z którego  $P$  jest dalej atakowane
- pionek – przesunięcie na drugie pole, z którego  $P$  jest atakowane

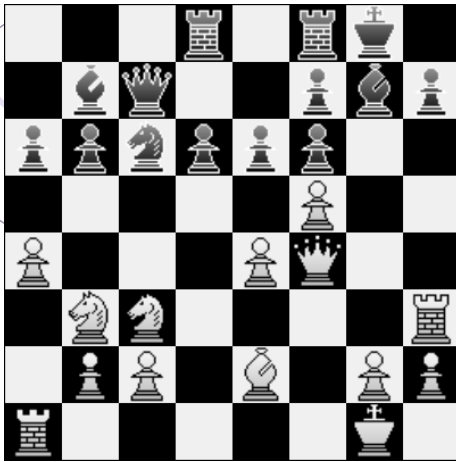
# Wzorzec



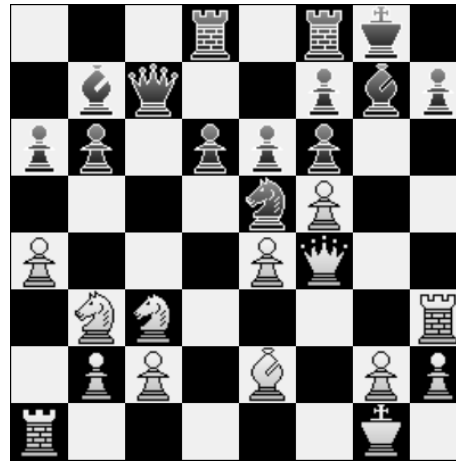
-12	-25	-24	-14	-20	-19	-18	-7
-12	-4	3	-22	-6	-12	-6	-14
7	-25	-5	-23	6	-8	-15	4
-12	46	7	-5	35	-10	22	-11
32	25	19	38	-7	32	-13	32
25	19	32	32	32	12	32	32
45	6	0	32	58	19	19	32
6	32	19	45	32	45	32	6

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

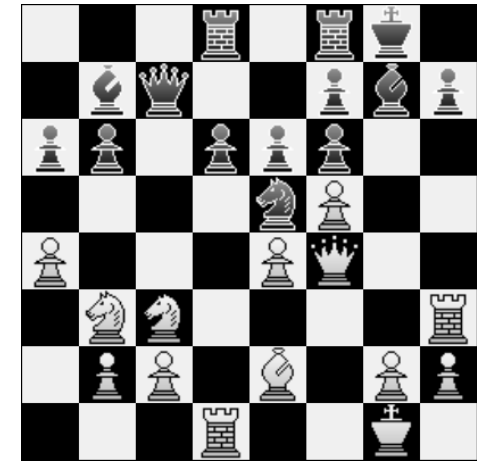
# Baza wzorców



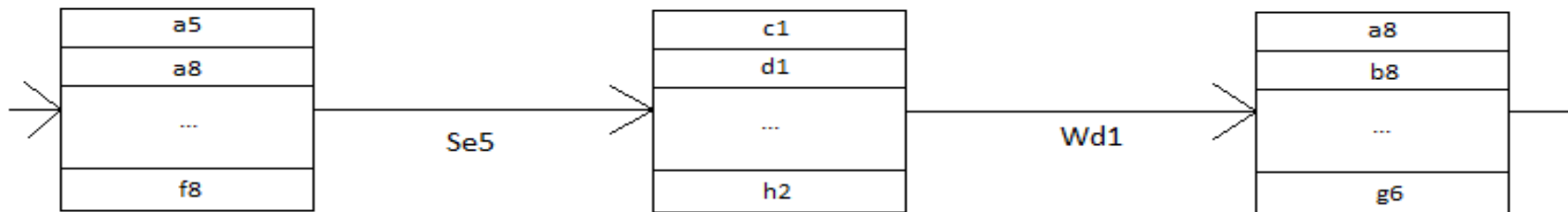
45	58	58	45	32	45	32	32
19	19	9	35	35	48	22	15
12	19	35	31	18	25	25	11
38	-8	22	11	73	2	15	-14
-20	19	-10	12	-11	6	-11	-14
-20	-13	-17	-21	-11	-25	-18	-7
-20	-6	-3	-14	-7	-14	-7	-21
-13	-20	-24	-24	-10	-31	-10	-10



-25	-24	-31	-15	-14	-20	-12	-14
2	-10	-2	-22	-7	-27	-7	6
2	-10	-24	-15	6	-8	-4	17
1	34	-6	10	-17	28	8	34
33	1	-6	20	26	7	25	32
32	19	25	38	32	51	45	19
32	6	6	32	19	32	19	45
19	32	45	45	19	58	19	19



45	45	58	32	32	45	32	32
0	19	9	48	22	61	22	15
12	19	48	31	18	25	38	11
25	-8	35	17	60	2	15	-14
-13	0	28	-14	2	6	2	-14
-13	-13	-4	-15	-11	-12	-18	-7
-13	-6	-3	-21	-7	-14	-7	-21
-20	-20	-24	-17	-10	-31	-10	-10



# Wzorzec – drugi rodzaj

- wzorce, o których była mowa do tej pory tworzone są wokół pól z wysoką oceną
- a może tworzyć również wzorce wokół pola, na które jest wykonywane posunięcie?

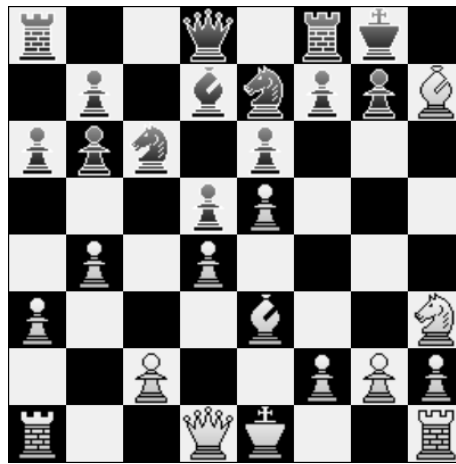


-19	-32	-38	-21	-27	-19	-25	-7
-19	-4	-10	-8	-13	-12	-6	6
-6	-11	-25	23	-14	6	-9	4
-13	7	33	-17	15	-11	35	21
6	12	12	12	6	32	19	0
19	32	6	32	19	32	32	19
19	0	32	45	45	45	6	19
19	32	45	32	45	45	32	6

# Baza wzorców



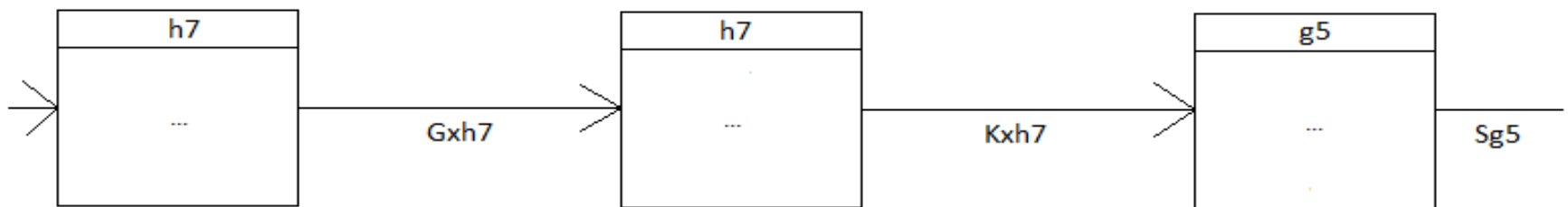
-19	-32	-38	-21	-27	-19	-25	-7
-19	-4	-10	-8	-13	-12	-6	6
-6	-11	-25	23	-14	6	-9	4
-13	7	33	-17	15	-11	35	21
6	12	12	12	6	32	19	0
19	32	6	32	19	32	32	19
19	0	32	45	45	45	6	19
19	32	45	32	45	45	32	6



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





Dziękuję za uwagę