Sztuczna inteligencja. Gry

Paweł Rychlikowski

Instytut Informatyki UWr

13 kwietnia 2018

Przykładowa gra

- Gracz **A** wybiera jeden z trzech zbiorów:
  1. $\{-50, 50\}$
  2. $\{1, 3\}$
  3. $\{-5, 15\}$
- Następnie gracz **B** wybiera liczbę z tego zbioru.

Pytanie

Co powienin zrobić **A**, żeby uzyskać jak największą liczbę?

Przykładowa gra

Nasza gra

1. $\{-50, 50\}$
2. $\{1, 3\}$
3. $\{-5, 15\}$

Racjonalny wybór dla **A** zależy od (modelu) gracza **B**

- Współpracujący: Oczywiście 1.
- Losowy (z $p = \frac{1}{2}$)) Wybór 3 (średnio 5)
- „Złośliwy”:wybór 2 (gwarantujemy wartość 1)

Wyszukiwanie w grach

- Nieco inna rodzina zadań wyszukiwania, w których mamy dwóch (lub więcej) agentów.
- Interesy agentów są (przynajmniej częściowo) rozbieżne.
- Rozgrywka przebiega w turach, w których gracze na zmienę wybierają swoje ruchy.

Definicja gry

Definicja

Gra jest problemem przeszukiwania, zadanym przez następujące składowe:

1. Zbiór stanów, a w nim S_0, czyli stan początkowy
2. player(s), funkcja określająca gracz, który gra w danym stanie.
3. actions(s) – zbiór ruchów możliwych w stanie s
4. result(s,a) – funkcja zwracająca stan powstały w wyniku zastosowania akcji a w stanie s.
5. terminal(s) – funkcja sprawdzająca, czy dany stan kończy grę.
6. utility(s, player) – funkcja o wartościach rzeczywistych, opisująca wynik gry z punktu widzenia danego gracza.

Gra o sumie zerowej

Definicja

W grze o sumie zerowej suma wartości stanów terminalnych dla wszystkich graczy jest stała (niekonieczne zera, ale...)

Konsekwencje:

- Zysk jednego gracza, jest stratą drugiego.
- Kooperacja nic nie daje.

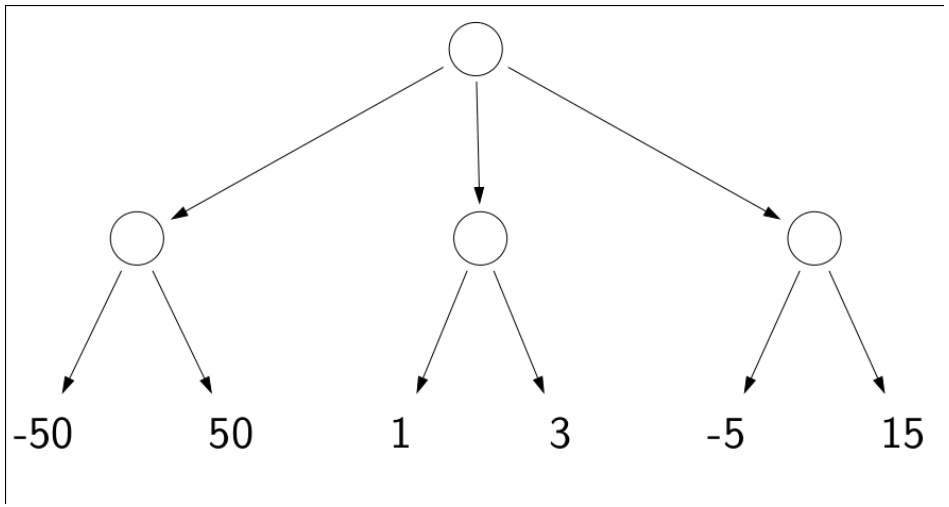
Uwaga

Zaczniemy od gier o sumie zerowej i gracza, wcześniej nazwanego złośliwym (lepiej go nazwać racjonalnym)

Różnice między grami a zwykłym przeszukiwaniem

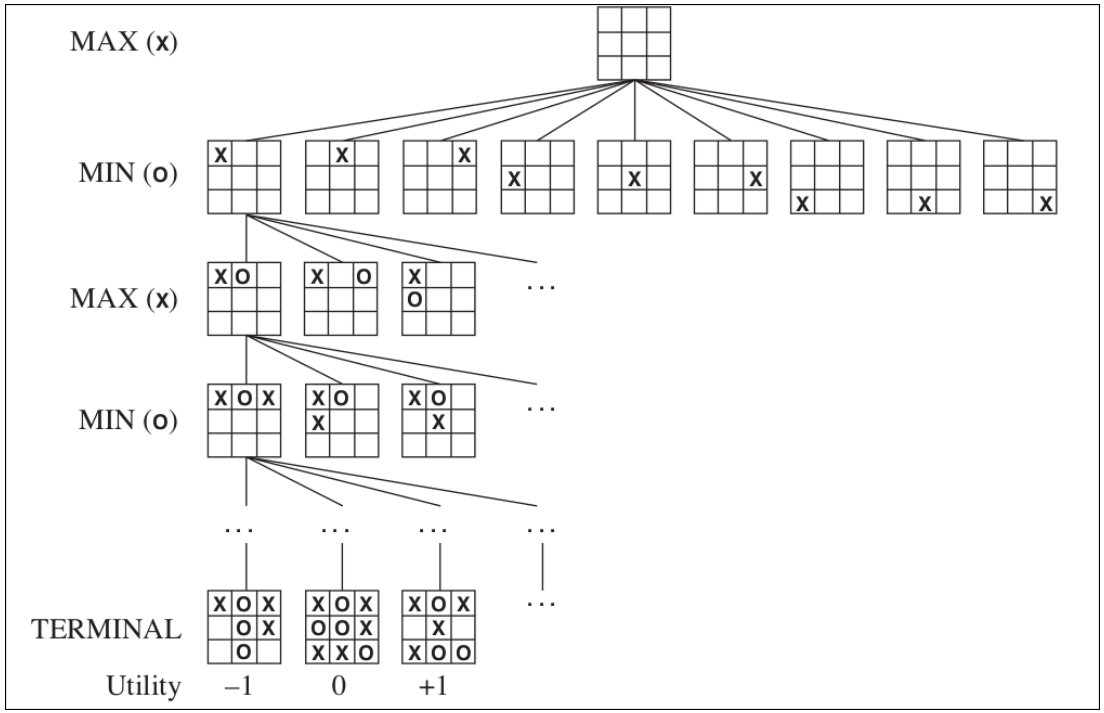
1. Mamy graczy: stan gry wskazuje na gracza, który ma się ruszać.
2. Stany końcowe mają wartości, różne dla różnych graczy.
3. Koszt jest zwykle jednostkowy (inny można uwzględnić w końcowej wypłacie, dodając do stanu „finanse” gracza)

Drzewo gry



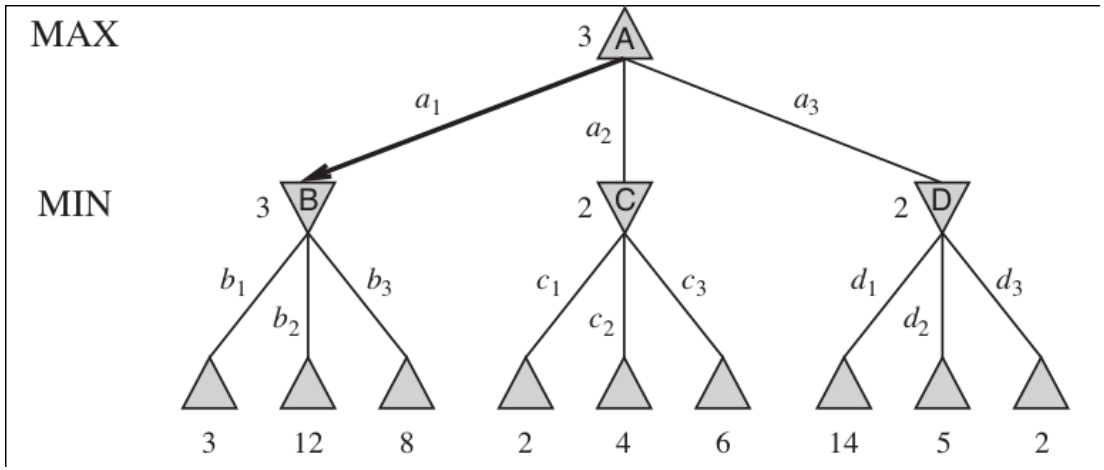
Kółko i krzyżyk. Drzewo gry

Fragment drzewa dla prawdziwej gry



Drzewo gry (2)

- Mamy dwóch graczy Max i Min (jeden chce maksymalizacji, drugi minimalizacji).
- Wartość dla Max-a to liczba przeciwna wartości dla Min-a.
- Mamy dwa ruchy, zaczyna gracz maksymalizujący.



Algorytm MinMax

```
MAX = 1
MIN = 0

def decision(state):
    """decision for MAX"""
    return max(a for actions(state),
       key = lambda a : minmax(result(a,state), MIN))

def minmax(state, player):
    if terminal(state): return utility(state)

    values = [minmax(result(a,state), 1-player) for a in actions(state)]
    if player == MIN:
        return min(values)
    else:
        return max(values)
```

Algorytm MinMax

- O(d) – pamięć
- $O(b^{2d})$ czas, gdzie d jest liczbą ply's (półruchów)
- Dla szachów $b \approx 35$, $d \approx 50$
- Dla go: 250, 150

Algorytm MinMax (wersja realistyczna)

- Algorytm MinMax działa jedynie dla bardzo małych, sztucznych gier (ewentualnie dla końcówek prawdziwych gier).
- Żeby go uczynić realistycznym, musimy:
  a) Przerwać poszukiwania na jakiejś głębokości.
  b) Umieć szacować wartość nieterminalnych sytuacji na planszy.

Algorytm MinMax z głębokością

```
def decision(state):
    return max(a for actions(state),
       key = lambda a : minmax(result(a,state), MIN), 0)

def minmax(state, player, depth):
    if terminal(state): return utility(state)
    if cut_off_test(state, depth):
        return heuristic_value(state)

    values = [minmax(result(a,state), 1-player, depth+1) for a in actions(state)]
    if player == 0:
        return min(values)
    else:
        return max(values)
```

Dwa parametry algorytmu wyszukiwania

1. cut_off_test: kiedy kończymy przeszukiwanie
   - najłatwiej: jak osiągniemy maksymalny poziom, biorąc pod uwagę możliwości
   - Nie jest to jedyne wyjście (ani najlepsze)
2. Co to znaczy funkcja heuristic_value

Jak szacować wartość sytuacji?

Wariant 1

Korzystamy z wiedzy eksperta, próbując ją sformalizować.

Wariant 2

Próbujemy zaprząc jakiś mechanizm uczenia (lub przeszukiwania), żeby tę funkcję wybrać.

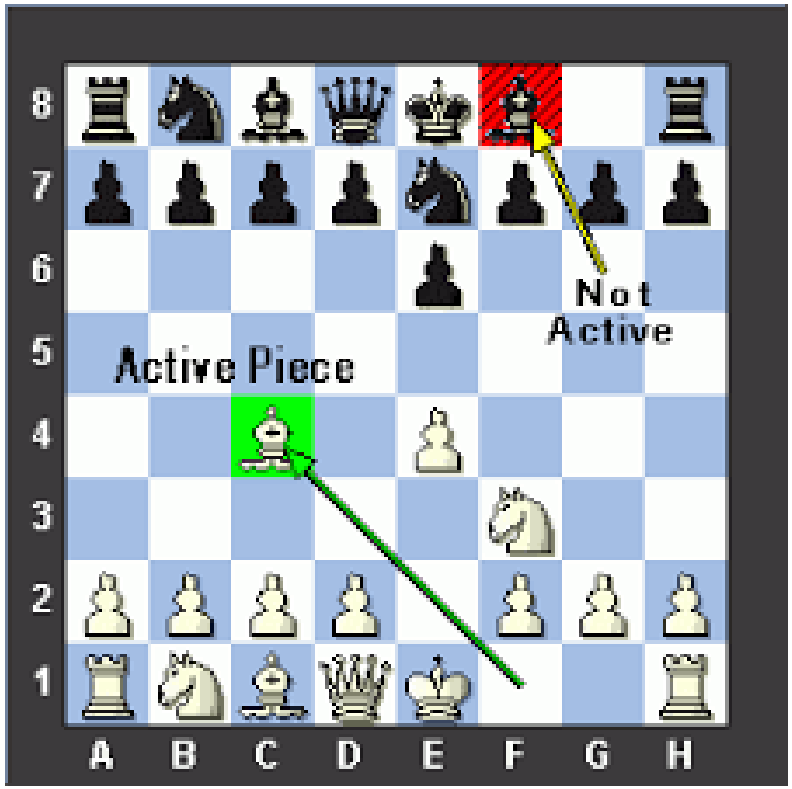
Jak szacować wartość sytuacji? (2)

Generalne wskazówki:

1. Przewaga materialna (więcej, lepszych figur)
2. Ustawienie figur (ruchliwość – liczba możliwych ruchów)
3. Szacowana liczba ruchów do zwycięstwa (zagrożony król, itp).
4. Ochrona naszych figur (jak mnie zbijesz, to ja cię zaraz zbiję)

Aktywny goniec

Biały goniec wprowadzony do gry, czarny nie może nic zrobić.



Przewaga materialna

- Wartość materialną liczą powszechnie szachiści:
  a) pion: 1
  b) skoczek, goniec: 3
  c) wieża: 5
  d) hetman: 9
- Sprawdzono doświadczalnie, że te wartości są dobrze dobrane (jak sobie wyobrazić taki eksperyment?)

Uwaga

Nawet nie wiedząc nic o uczeniu, możemy sobie wyobrazić łatwo jakąś procedurę wyznaczania tych wartości. Na przykład:

1. Losujemy 100 zestawów:
   (1, wartość-gońca, wartość-skoczka, wartość-wieży, wartość-hetmana).
2. Przeprowadzamy pojedynki każdy z każdym.
3. Wybieramy zwycięzcę.

Drobna uwaga o ewolucji

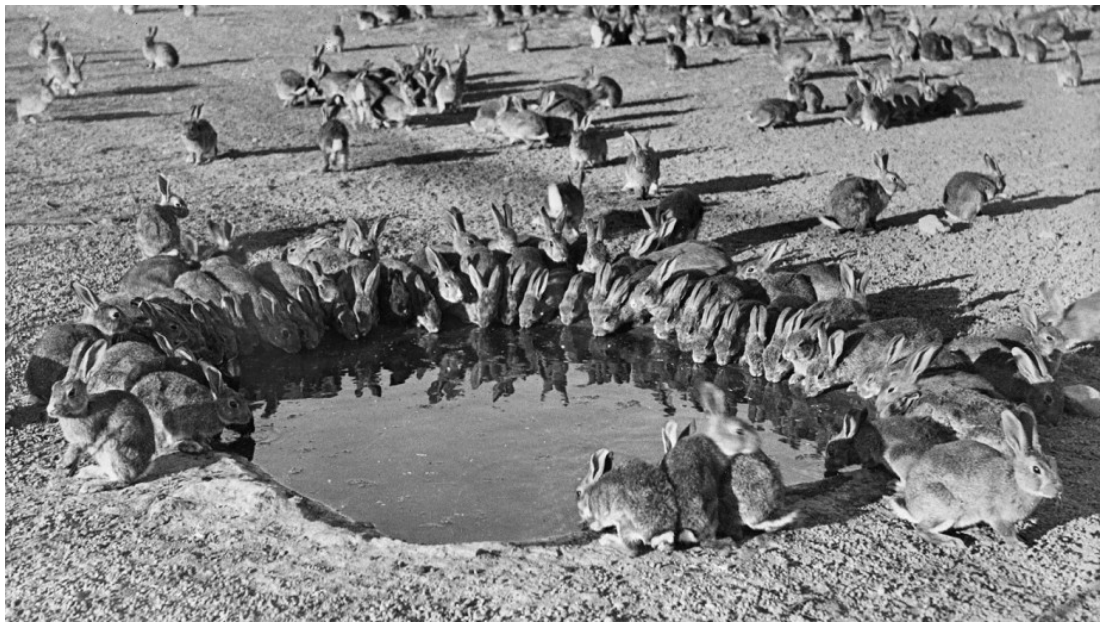
- Istnieje pokusa, żeby zastosować algorytmy ewolucyjne (bo zadanie przypomina ewolucje, w której osobniki toczą ze sobą walkę).
- **Problem:** Jak wyznaczyć funkcję celu?
  a) Rozgrywać turnieje, przystosowaniem jest średni wynik.
  b) Wybrać grupę przeciwników (stałą), przystosowaniem X-a będzie średni wynik z tymi przeciwnikami.

Drobna uwaga o ewolucji

Uwaga

Opcja pełnej ewolucji trochę niebezpieczna, często łączy się oba warianty.

Króliczki w Australii (obok australijskiej ewolucji):



AlphaGo zachowywało swoje poprzednie wersje i pilnowało, by kolejna wersja ciągle umiała pokonać starsze modele

Dobre wzorce ustawienia bierek

Dobra struktura pionów.

Connect 4

- Prosty, a zarazem grywalny wariant kółka i krzyżyka
- Dodatkowe elementy: mamy ciążenie i piony spadają, gramy do 4 w wierszu, kolumnie lub na przekątnej

Connect 4

- Prosty, a zarazem grywalny wariant kółka i krzyżyka
- Dodatkowe elementy: mamy ciążenie i piony spadają, gramy do 4 w wierszu, kolumnie lub na przekątnej

Co to znaczy wzorzec w Connect 4?

- **Podejście 1**: liczymy 1-ki, 2-ki, 3-ki i 4-ki w rzędzie, kolumnie i po przekątnej
  - Jedynki: `..o.`, `.x..`, ...
  - Dwójki: `.oo.`, `o.o.`, `x..x`, ...
  - Trójki: `ooo.`, `xx.x` ...
  - Czwórki: `oooo`, `xxxx` ...
  - Układy bezwartościowe: `o..x`, `ooox`, ... – liczymy jako zera, bo nie rozwiną się do układu wygrywającego.
- Można różnicować na kierunki.
- Można inaczej traktować `ooo.` oraz `oo.o`

Większe wzorce w C4

- Możemy nie ograniczać się do wzorców w linii
- Przykład prawie wygrywającego wzorca na tablicy

Uwaga

Całkiem dobrze z wykrywaniem wzorców radzą sobie konwolucyjne sieci neuronowe (CNN), używane do rozpoznawania obrazów, o których sobie jeszcze powiemy.

Uwaga 2

Są one (częściowo) odpowiedzialne za sukces programy AphaGo

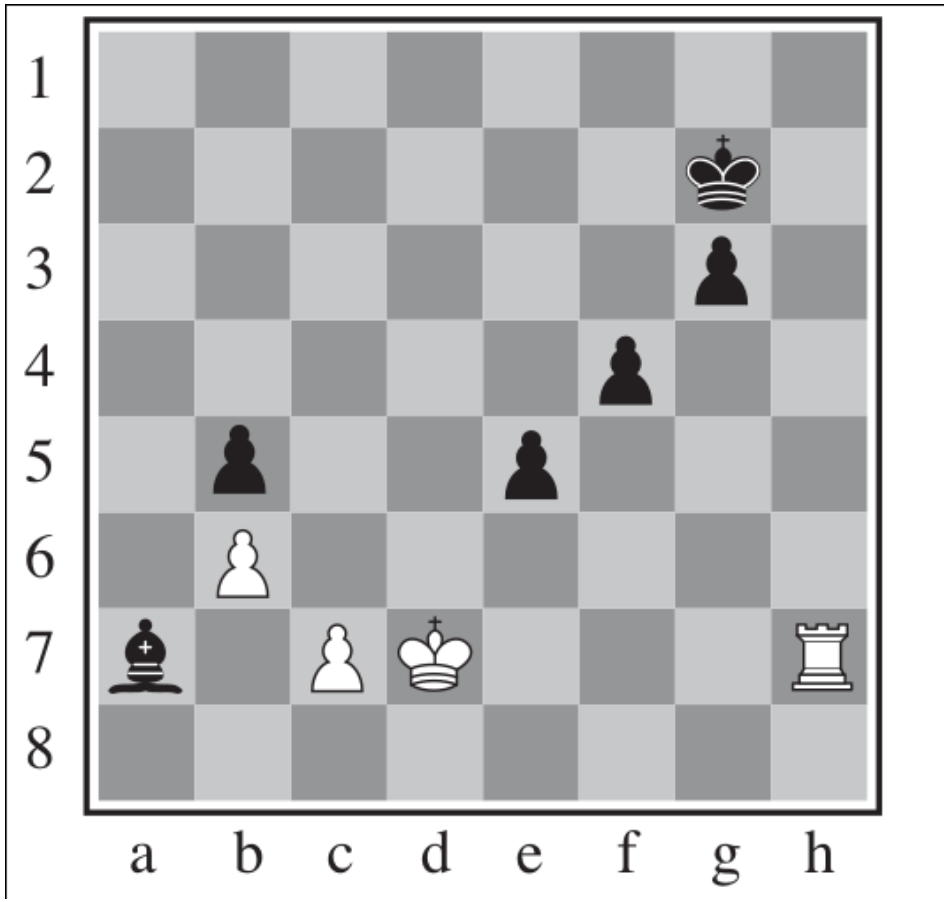
Ewaluacja z wzorców

- Funkcja oceny może być ważoną sumą zaobserwowanych wzorców.
- WagaWzorcaA * LiczbaWzorcówA + WagaWzorcaB * LiczbaWzorcówB + ...
- Niektóre wagi są dodatnie (mój dobry wzorzec, słabe ustawienie oponenta), inne ujemne.

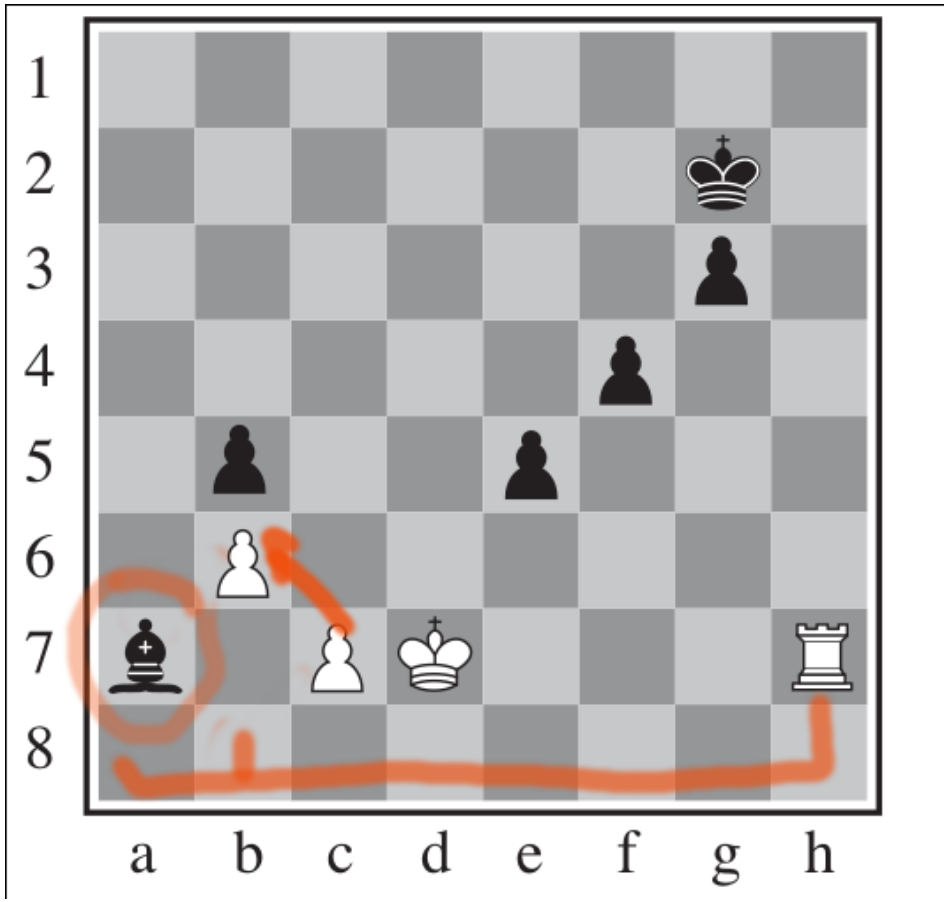
Przerywanie przeszukiwania

- Są dwa problemy związane z przerywaniem przeszukiwania:
  1. Przerwanie w niestabilnej sytuacji (na przykład w środku wymiany hetmanów)
  2. Tzw. efekt horyzontu (czyli widzimy, że coś się zdarzy, ale w odległej perspektywie)

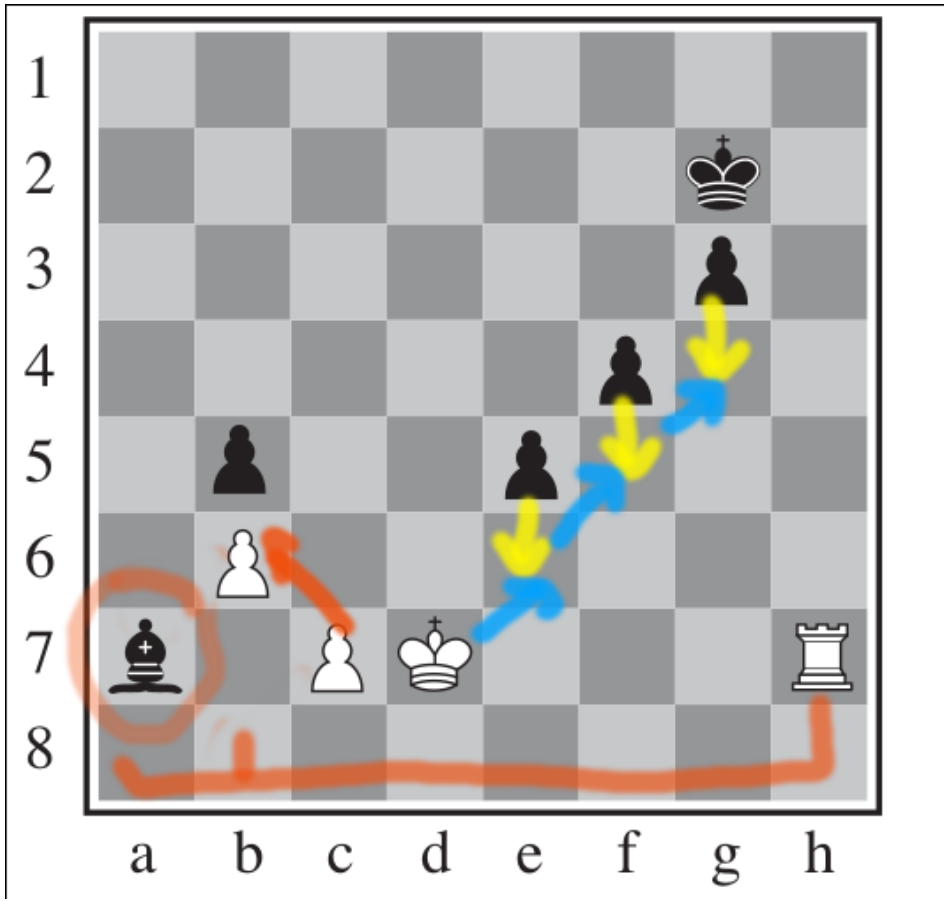
Efekt horyzontu



Efekt horyzontu



Efekt horyzontu



Kończenie przeszukiwań w praktyce

- Nieprzerywanie, jeżeli przeciwnik ma bicie.
- Ogólniej: powyżej jakiejś głębokości rozważamy tylko ruchy mocno zmieniające sytuację

Definicja

W przeszukiwaniu z bezruchem (quiescence search) możemy skończyć poszukiwanie **tylko** gdy sytuacja jest statyczna.

Kończenie przeszukiwań w praktyce

- Można też stosować jakąś wersję *local beam search* (od któregoś momentu ograniczając mocno rozgałęzienie drzewa)
- Rozważa się warunek singular extension, czyli istnienie jednego ruchu, który jest wyraźnie (na oko) lepszy od innych. Takie ruchy zawsze wykonujemy, zwiększając głębokość, a nie zwiększając rozgałęzienia.

Losowość w grach

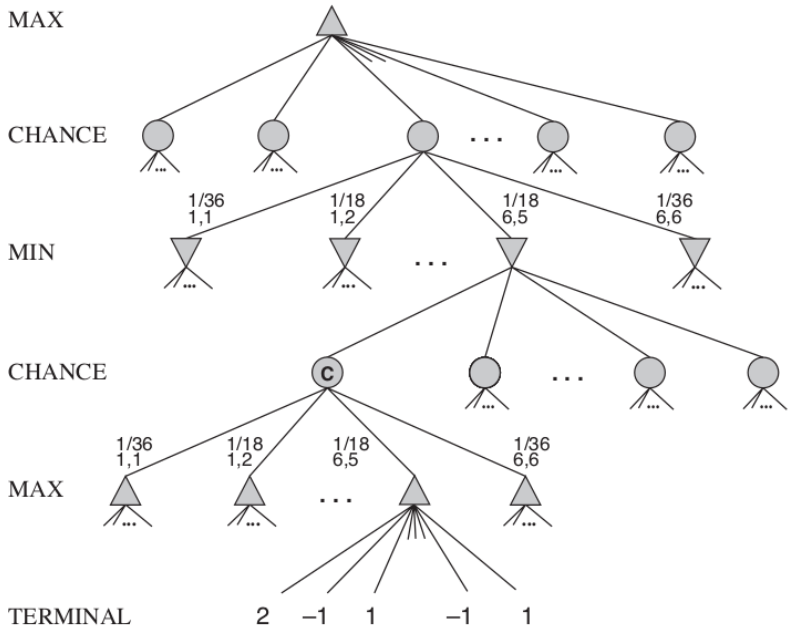
- W niektórych grach (i w życiu) mamy element losowy.
- Prosty przykład: szachy z kostką:
  - Przed ruchem wykonujemy rzut kostką, który determinuje czym możemy się ruszyć,
  - 1 -pionek, 2 - skoczek, 3 - goniec, 4 – wieża, 5 – hetman, 6 – król
  - Gramy do zbicia króla.

Pytanie

Losowość ułatwia czy utrudnia?

Losowość w grach

- Wprowadzamy dodatkowe węzły, czyli chance nodes.
- Przykładowe drzewo gry (dla losowania przy użyciu dwóch kości):



Expectimax

- Minimax, do którego dołożono węzły losowe.
- W węzłach losowych mamy wybór wartości oczekiwanej (sumowanie)

```
def emm(state, player):
    if terminal(state): return utility(state)
    if player == MIN:
        return min( emm(result(state, a), next(player)) for a in actions(state))
    if player == MAX:
        return max( emm(result(state, a), next(player)) for a in actions(state))
    if player == CHANCE:
        return sum( P(r) * emm(result(state, r), next(player)) for r in actions(state))
```

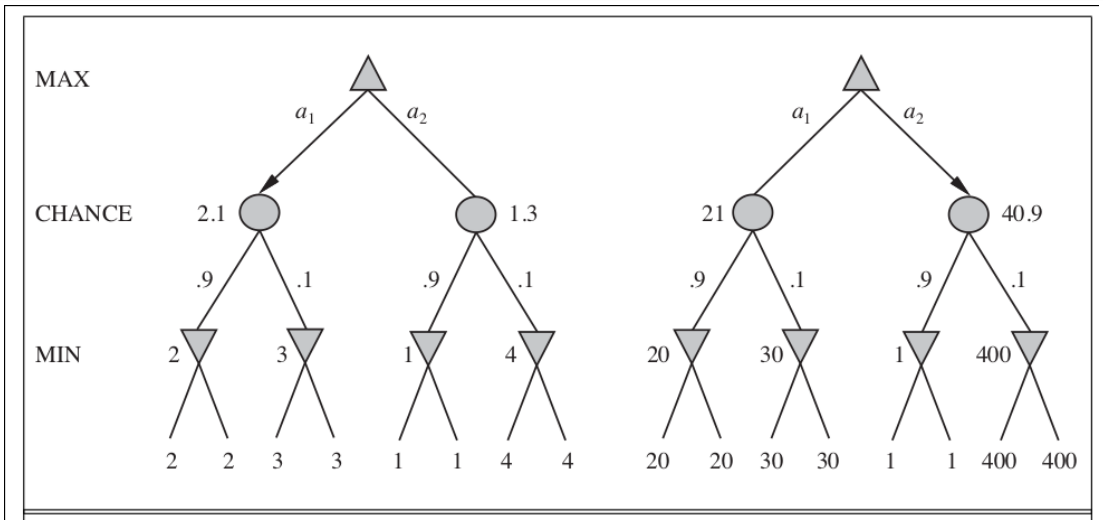
Przybliżona wartość sytuacji

Uwaga 1

Dowolne monotoniczne przekształcenie nie zmienia ruchów wybieranych przez minimax!

Uwaga 2

W grach z losowością powyższe zdanie przestaje być prawdziwe.



Monte Carlo Simulation

- Analiza gier z losowością jest nieco trudniejsza.
- Możemy skorzystać z następującej idei:

  Oceniamy sytuację przeprowadzając dużo losowych gier rozpoczynających się w danej sytuacji

- **Uwaga:** dwa rodzaje losowości: jeden związany z węzłami losowymi (dany przez grę), drugi związany z węzłami min/max – zamiast wyliczać ruch wykonujemy ruch losowy.

Uwaga

To dotyczy nie tylko gier z losowością!

Gry częściowo obserwowalne

- Ciekawe do analizy są gry, w których agenci nie mają pełnej wiedzy o świecie.
- Klasyczne przykłady to gry karciane, ale nie tylko.

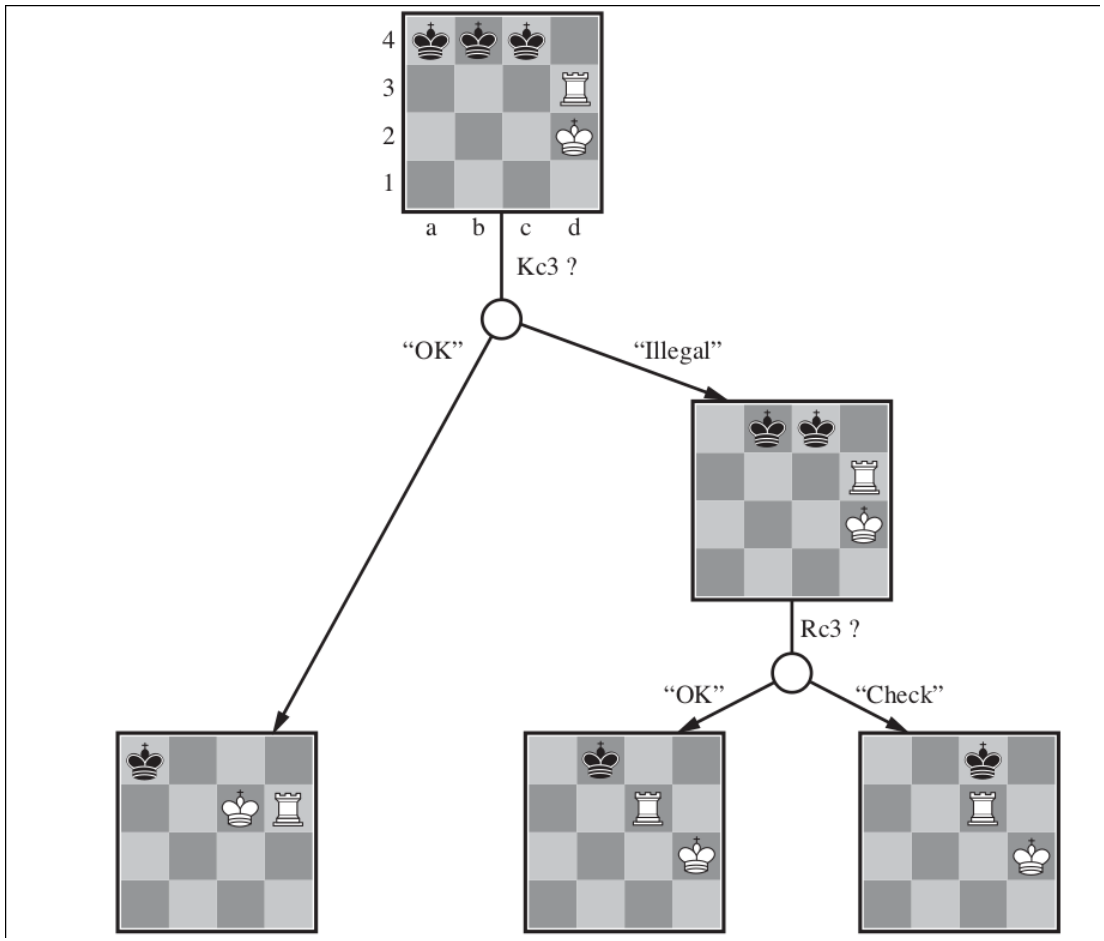
Kriegspiel

- Mamy dwóch graczy, arbitra i 3 szachownice.
- Gracze widzą na szachownicy swoje pionki, mogą tworzyć też hipotezy o bierkach przeciwnika.
- Arbiter zna położenie wszystkich figur i udziela graczom pewnych (skąpych) informacji.
  a) przede wszystkim ocenia, czy ruch jest możliwy (komunikacja osobista, dobry ruch jest od razu wykonywany, w przypadku złego, gracz proponuje kolejny, aż do skutku)
  b) odpowiada na pytanie: „czy ja (gracz) mam jakieś bicie?"
  c) informuje obu graczy, że „na polu X zbito bierkę" (nie podając jaka bierka jest zbita, a jaka biła)
  d) Mówi o szachu (do ubu graczy), dodając, że zagrożenie jest w wierszu, kolumnie, przekątnej lub przez skoczka
- Tak poza tym, to całkiem normalne szachy.

Podobno ludzie radzą sobie z tą grą całkiem nieźle...

Końcówka w Kriegspiel

Przykładowa końcówka, gracz biały dowiedział się, że czarnemu został tylko król i jest on na jednym z 4 pól.



Uwaga 1

W stanie gry powinniśmy umieścić możliwe ustawienia bierek przeciwnika

Trochę jak z komandosem...