



# MAGICIAN

czyli

General Game Playing w praktyce

Karol Walędzik



# General Game Playing



## General Game Playing?

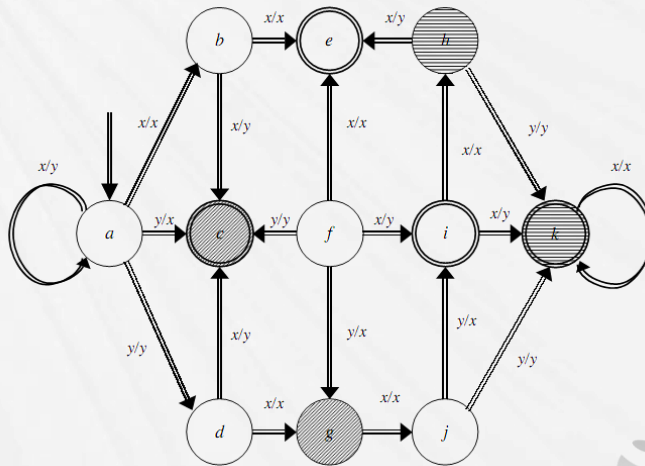
- ❖ Cel:
  - ◆ stworzenie systemu umięjącego grać/nauczyć się grać we „wszystkie” gry
- ❖ Turniej w ramach AAAI National Conference
  - ◆ corocznie od 2005 roku
- ❖ Przebieg rozgrywki w ramach turnieju:
  - ◆ prezentacja zasad i czas na ich analizę (np. 5m)
  - ◆ rozgrywka z ograniczeniem czasowym na wykonanie pojedynczego ruchu



## Model gry

- ❖ Skończona
- ❖ Skończona liczba graczy
  - ◆ w tym 1
    - ◆ czyli *de facto* łamigłówka
- ❖ synchroniczna
  - ◆ wszyscy gracze ruszają się równocześnie (ale dopuszczalne ruchy typu *noop*)
- ❖ skończona liczba legalnych ruchów w każdym ze skończonej liczby stanów
- ❖ zmiany stanu tylko w wyniku ruchów
- ❖ → maszyna stanowa

## Model gry c.d.



M. Genesereth, N. Love, and B. Pell. General Game Playing: Overview of the AAAI Competition. AI Magazine, 26(2):62-72, 2005.

## Game Definition Language (GDL)

- ❖ Opis gry jako maszyny stanowej: zbyt rozwlekły
- ❖ Krótszy sposób opisu: Game Definition Language (GDL)
  - ♦ opis gry za pomocą formuł logicznych
  - ♦ język bazujący na zmodyfikowanym Datalogu
    - ♦ Datalog to podzbiór Prologa
  - ♦ podstawowe relacje:
    - ♦ *role, true, init, next, legal, does, goal, terminal*



## GDL: Tic-Tac-Toe

```
1. (role xplayer)
2. (role oplayer)
3. (init (cell 1 1 b))
4. (init (cell 1 2 b))
...
5. (init (cell 3 3 b))
6. (init (control xplayer))
7. (<= (next (cell ?m ?n x))
8.   (does xplayer (mark ?m ?n))
9.   (true (cell ?m ?n b)))
10. (<= (next (control xplayer))
11.   (true (control oplayer)))
...
13. (<= (row ?m ?x)
14.   (true (cell ?m 1 ?x))
15.   (true (cell ?m 2 ?x))
16.   (true (cell ?m 3 ?x)))
17. (<= (line ?x)
18.   (row ?m ?x))
...
19. (<= (legal ?w (mark ?x ?y))
20.   (true (cell ?x ?y b))
21.   (true (control ?w)))
22. (<= (legal xplayer noop)
23.   (true (control oplayer)))
...
24. (<= (goal xplayer 0) (line o))
25. (<= (goal oplayer 100) (line o))
...
26. (<= terminal (line x))
```

J. Reisinger, E. Bahceci, I. Karpov, and R. Miikkulainen. Coevolving strategies for general game playing. In Proceedings of the IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games (CIIG 2007), 320-327, Honolulu, Hawaii, 2007. IEEE Press.



**M**ulti-  
**A**pproach  
**G**ame  
**I**ndependent  
**C**unningly  
**I**ntelligent  
**A**rch-  
**N**emesis





## UCT Guided UCT



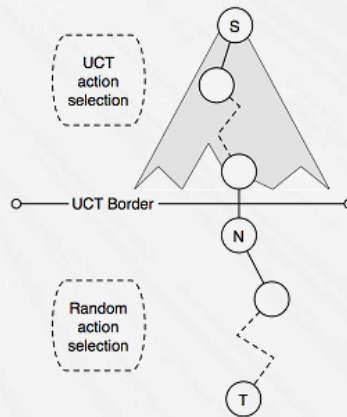
## UCT

- ❖ Sposób wybierania kolejnego ruchu podczas symulacji (UCT):

$$a^* = \underset{a \in A(s)}{\operatorname{argmax}} \left\{ Q(s, a) + C \sqrt{\frac{\ln N(s)}{N(s, a)}} \right\}$$

- ♦  $Q(s, a)$  – średni dotychczasowy wynik pary stan-ruch
- ♦  $N$  – liczba wizyt w danym stanie/wykonania danej akcji
- ♦ akcje nigdy nie wykonane wybierane są w pierwszej kolejności

## UCT c.d.



## UCT c.d.

- ❖ Ograniczanie zużycia pamięci:
  - ♦ usuwanie danych o węzłach powyżej aktualnego po każdym (realnie) wykonanym ruchu
    - ♦ co z pozycjami powtórzonymi w drzewie gry
      1. duplikowanie
      2. inteligentne wykrywanie, kiedy można je usunąć z pamięci
  - ♦ dodawanie tylko jednego nowego węzła per symulacja
- ❖ Modelowanie przeciwnika
  - ♦ każdy przeciwnik ma przydzielony swój własny model (*Cadia*)
  - ♦ przeciwnicy podejmują losowe decyzje



## UCT - usprawnienia

- ❖ CADIAPlayer:
  - ◆ *history heuristic*
    - ◆ modyfikuje prawdopodobieństwo wybrania niewypróbowanej akcji (zarówno w fazie UCT, jak i MC)



## Guided UCT

- ❖ Guided UCT + funkcja ewaluacyjna
- ❖ Gdzie ta funkcja ewaluacyjna?
  1. W fazie MC:
    - a) całkowite zastąpienia fazy
      - ◆ (z zadaniem prawdopodobieństwem)
    - b) zakończenie symulacji przed osiągnięciem końca gry
      - ◆ z zadaniem prawdopodobieństwem w każdym węźle drzewa



# Guided UCT

- ❖ Guided UCT + funkcja ewaluacyjna
- ❖ Gdzie ta funkcja ewaluacyjna?
  2. W fazie UCT:
    - a) jako wstępne sortowania ruchów nigdy nie wypróbowanych
    - b) jako startowy szacunek wartości ruchów z wagą odpowiadającą  $n$  symulacjom
- ◆ Problem:
  - ◆ porównywanie bardzo podobnych pozycji (różniących się tylko ostatnim ruchem)



## Funkcja ewaluacyjna



## Generowanie komponentów

- ❖ Lista podstawowa:
  - ♦ wyrażenia występujące w opisie gry
    - ♦ cechy nie muszą być binarne
      - ♦ zliczanie sposobów rozwiązania zmiennych w wyrażeniu
- ❖ Uzupełnianie listy:
  - ♦ uogólniane przez podstawianie zmiennych za stałe i możliwych stałych za zmienne

`cell(1, 1, x)`

`cell(1, 1, ?)`

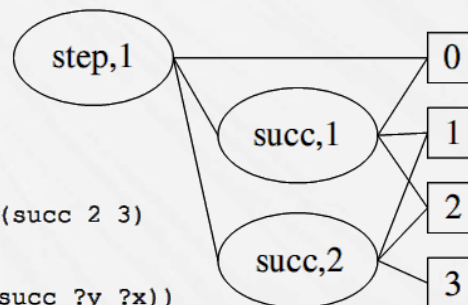
`cell(?, ?, x)`

`cell(1, ?, x)`

## Generowanie komponentów c.d.

- ❖ „Podstawianie stałych za zmienne”
  - ♦ Wszystkich??
    - ♦ Wyznaczanie dziedzin argumentów predykatów/funkcji:

```
(succ 0 1) (succ 1 2) (succ 2 3)
(init (step 0))
(<= (next (step ?x))
  (true (step ?y)) (succ ?y ?x))
```





## Analiza statystyczna komponentów

- ❖ Pula przykładowych sekwencji
  - ♦ ok. 100
  - ♦ początek sekwencji: wynik losowej gry
  - ♦ długość: do 5 pozycji
  - ♦ odległość między pozycjami: 1-2 ruchy
  - ♦ generowanie sekwencji: losowe ruchy
  - ♦ powiązanie sekwencji ze średnim wynikiem: symulacje Monte Carlo (~10)



## Analiza statystyczna komponentów c.d.

- ❖ Średnie wartości i wariancje wartości komponentów
  - ♦ dla całej gry
    - ♦ uwzględnia tylko pierwszą pozycję z każdej sekwencji
  - ♦ dla poszczególnych sekwencji
- ❖ Korelacja wartości komponentów z wynikiem gry
  - ♦ brana pod uwagę średnia wartość komponentu w sekwencji
- ❖ Stabilność wartości komponentów
  - ♦ iloraz wariancji między początkami sekwencji oraz średniej wariancji w ramach sekwencji



# Testy

## ❖ Guided UCT

- ◆ ręcznie stworzona funkcja ewaluacyjna
  - ◆ różnica w liczbie kamieni i damek
- ◆ modyfikacje fazy MC
  - ◆ pozytywny efekt niezależnie od konkretnych ustawień 😊



# Testy

## ❖ Heurystyczne\* generowanie funkcji ewaluacyjnej:

- ◆ Connect4: +
- ◆ Warcaby: -
- ◆ Wykryte niedociągnięcia w analizatorach... 😞

\* - bardzo uproszczone



## Co dalej?

- ❖ *History heuristic*
- ❖ MIO zaaplikowane do generowania funkcji ewaluacyjnej z wstępnie wyselekcjonowanych komponentów
- ❖ Generowanie bardziej złożonych komponentów