Sztuczna inteligencja i inżynieria wiedzy – laboratorium  
  
Sprawozdanie: Algorytmy rozwiązywania gier  
  
  
Kajetan Pynka, 254495

Spis treści

[Wstęp 3](#_Toc104050150)

[Min-max 4](#_Toc104050151)

[Głębokość 2 4](#_Toc104050152)

[Głębokość 3 5](#_Toc104050153)

[Głębokość 4 6](#_Toc104050154)

[Głębokość 5 7](#_Toc104050155)

[Alpha-beta 8](#_Toc104050156)

[Głębokość 2 8](#_Toc104050157)

[Głębokość 3 9](#_Toc104050158)

[Głębokość 4 10](#_Toc104050159)

[Głębokość 5 11](#_Toc104050160)

[Min-max vs alpha-beta 12](#_Toc104050161)

[Wnioski 13](#_Toc104050162)

# Wstęp

Problemem rozważanym w ramach tego zadania jest „rozwiązywanie” czy też innymi słowy skuteczne wygrywanie partii gry w warcaby przez jeden z dwóch algorytmów: min-max oraz alpha-beta. Gra w warcaby została zaimplementowana zgodnie z obowiązującymi zasadami w ramach turniejów pod nadzorem Polskiego Związku Warcabowego. Zmodyfikowane zostały jednak reguły remisów. Remis jest osiągany gdy:

* sumarycznie przez 300 ruchów żadna ze stron nie doprowadzi do wygranej
* którakolwiek ze stron posiadająca jedynie damki nie wygra w ciągu 15 ruchów

Dokument podzielony jest na następujące sekcje:

* Względem algorytmu: „Min-max” lub „Alpha-beta” lub porównanie obu algorytmów
* Względem głębokości używanej do przeglądania drzewa stanów gry przez powyższe algorytmy

Wyniki przedstawiane w tabelach i wykresach są średnią 10 uruchomień dla każdego ustawienia: algorytmu, głębokości, heurystyki grającego białymi, heurystyki grającego czarnymi. Dokładniej średnia liczba tur (Avg Turns) oraz średni czas (Avg Time) to średnia arytmetyczna 10 wyników, natomiast wynik (Score) to rezultaty osiągnięte w ramach tych rozgrywek (w formie W/B/T gdzie W – wygrana białych, B – wygrana czarnych, T – remis). Dla porównania alpha-beta i min-maxa „średnia liczb tur” oraz „średni czas” to średnia 16 tur i czasów w ramach każdej kombinacji heurystyk dla danej głębokości. Czas mierzony w sekundach. Na wykresach górne HX oznacza heurystykę grającego czarnymi a dolne HX heurystykę grającego białymi.

Mówiąc o heurystyce grającego białymi (White Heur) czy czarnymi (Black Heur) mam na myśli heurystykę oceny stanu planszy, którą przyjął odpowiednio grający białymi czy czarnymi. Oznacza to de facto w jaki sposób dany gracz postrzega aktualny stan planszy (w sensie liczbowym, im większy wynik tym lepiej). Do przeprowadzenia badań zaimplementowałem 4 heurystyki:

* H1 – Wartością jest różnica między liczbą pionków gracza a liczbą pionków przeciwnika (niezależnie od tego czy pionki są damkami czy nie)
* H2 – Wartością jest różnica wyników gracza oraz przeciwnika, gdzie na wynik składa się: po 1 pkt za każdego pionka na polach krawędziowych planszy, po 2 pkt za każdego pionka na polach o jeden rząd lub kolumnę bliżej środka, po 3 pkt za każdego pionka na środkowych polach planszy (bez rozróżniania damek)
* H3 – odwrotnie do poprzedniej heurystyki: 3pkt za krawędź, 2pkt za bliżej środka, 1pkt za środek planszy (bez rozróżniania damek)
* H4 – Wartością jest różnica wyników gracza oraz przeciwnika, gdzie na wynik składa się: po 1 pkt za każdego pionka oraz po 5 pkt za każdą damkę

# Min-max

## Głębokość 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| White Heur | Black Heur | Avg Turns | Avg Time [s] | Score |
| H1 | H1 | 70.3 | 0.65 | "7/3/0" |
| H1 | H2 | 86 | 0.66 | "6/0/4" |
| H1 | H3 | 87.1 | 1.06 | "2/2/6" |
| H1 | H4 | 51.5 | 0.51 | "9/1/0" |
| H2 | H1 | 52 | 0.46 | "0/10/0" |
| H2 | H2 | 58.8 | 0.51 | "6/3/1" |
| H2 | H3 | 93.1 | 1.04 | "1/1/8" |
| H2 | H4 | 56.8 | 0.54 | "0/10/0" |
| H3 | H1 | 69.2 | 0.72 | "0/8/2" |
| H3 | H2 | 78.9 | 0.73 | "5/0/5" |
| H3 | H3 | 84.9 | 0.62 | "0/3/7" |
| H3 | H4 | 54.8 | 0.63 | "0/10/0" |
| H4 | H1 | 57.9 | 0.59 | "7/3/0" |
| H4 | H2 | 60.4 | 0.6 | "10/0/0" |
| H4 | H3 | 74.7 | 0.8 | "2/3/5" |
| H4 | H4 | 51.1 | 0.51 | "9/1/0" |
|  |  |  |  |  |

## Głębokość 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| White Heur | Black Heur | Avg Turns | Avg Time [s] | Score |
| H1 | H1 | 62.5 | 2.3 | "1/1/8" |
| H1 | H2 | 61.7 | 2.52 | "2/1/7" |
| H1 | H3 | 66.4 | 2.18 | "5/0/5" |
| H1 | H4 | 64.5 | 2.58 | "0/0/10" |
| H2 | H1 | 50.1 | 1.82 | "3/3/4" |
| H2 | H2 | 52.6 | 1.65 | "6/0/4" |
| H2 | H3 | 56 | 2.09 | "0/3/7" |
| H2 | H4 | 52.8 | 1.86 | "2/5/3" |
| H3 | H1 | 47.3 | 1.71 | "0/1/9" |
| H3 | H2 | 77.9 | 1.9 | "0/0/10" |
| H3 | H3 | 83.5 | 2.24 | "2/1/7" |
| H3 | H4 | 54.7 | 1.78 | "0/0/10" |
| H4 | H1 | 56.2 | 2.02 | "0/5/5" |
| H4 | H2 | 62.7 | 2.45 | "0/1/9" |
| H4 | H3 | 71.3 | 2.23 | "0/0/10" |
| H4 | H4 | 51.7 | 2.1 | "0/5/5" |

## Głębokość 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| White Heur | Black Heur | Avg Turns | Avg Time [s] | Score |
| H1 | H1 | 84.8 | 15.19 | "0/5/5" | |
| H1 | H2 | 82.2 | 9.37 | "6/0/4" | |
| H1 | H3 | 90 | 24.55 | "6/0/4" | |
| H1 | H4 | 78.5 | 14.63 | "3/4/3" | |
| H2 | H1 | 60.4 | 10.31 | "0/0/10" | |
| H2 | H2 | 57.4 | 9.75 | "0/10/0" | |
| H2 | H3 | 66.9 | 14.19 | "0/8/2" | |
| H2 | H4 | 64 | 11.27 | "0/0/10" | |
| H3 | H1 | 106.4 | 11.8 | "0/3/7" | |
| H3 | H2 | 80.1 | 12.65 | "0/0/10" | |
| H3 | H3 | 87 | 24.37 | "2/1/7" | |
| H3 | H4 | 99 | 12.08 | "0/4/6" | |
| H4 | H1 | 85.5 | 17.25 | "0/0/10" | |
| H4 | H2 | 48.6 | 9.72 | "10/0/0" | |
| H4 | H3 | 76.2 | 17.84 | "4/2/4" | |
| H4 | H4 | 84.3 | 15.48 | "1/0/9" | |

## Głębokość 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| White Heur | Black Heur | Avg Turns | Avg Time [s] | Score |
| H1 | H1 | 58.4 | 98.45 | "0/0/10" |
| H1 | H2 | 65.4 | 86.16 | "2/0/8" |
| H1 | H3 | 58.2 | 118.89 | "1/0/9" |
| H1 | H4 | 57 | 77.99 | "3/0/7" |
| H2 | H1 | 69.5 | 70.5 | "3/0/7" |
| H2 | H2 | 65.9 | 105.02 | "0/0/10" |
| H2 | H3 | 61 | 89.9 | "2/0/8" |
| H2 | H4 | 63.5 | 95.21 | "0/2/8" |
| H3 | H1 | 61 | 77.06 | "0/0/10" |
| H3 | H2 | 71.8 | 123.2 | "3/0/7" |
| H3 | H3 | 60 | 86.01 | "0/0/10" |
| H3 | H4 | 70.1 | 84.07 | "1/5/4" |
| H4 | H1 | 54.1 | 91.5 | "1/2/7" |
| H4 | H2 | 57.8 | 101.16 | "2/0/8" |
| H4 | H3 | 58.3 | 100.62 | "3/0/7" |
| H4 | H4 | 49.9 | 83.65 | "0/0/10" |

# Alpha-beta

## Głębokość 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| White Heur | Black Heur | Avg Turns | Avg Time [s] | Score |
| H1 | H1 | 83.8 | 0.76 | "7/0/3" |
| H1 | H2 | 73 | 0.63 | "8/0/2" |
| H1 | H3 | 87.2 | 0.93 | "1/3/6" |
| H1 | H4 | 51.2 | 0.55 | "10/0/0" |
| H2 | H1 | 55.2 | 0.47 | "0/10/0" |
| H2 | H2 | 57 | 0.55 | "6/3/1" |
| H2 | H3 | 87.6 | 0.99 | "0/4/6" |
| H2 | H4 | 51.6 | 0.46 | "0/10/0" |
| H3 | H1 | 75 | 0.9 | "0/6/4" |
| H3 | H2 | 78.9 | 0.79 | "5/0/5" |
| H3 | H3 | 82.1 | 0.71 | "0/2/8" |
| H3 | H4 | 54.2 | 0.65 | "0/10/0" |
| H4 | H1 | 66.9 | 0.68 | "7/1/2" |
| H4 | H2 | 63.6 | 0.72 | "10/0/0" |
| H4 | H3 | 70.2 | 0.75 | "6/1/3" |
| H4 | H4 | 51.9 | 0.51 | "9/1/0" |

## Głębokość 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| White Heur | Black Heur | Avg Turns | Avg Time [s] | Score |
| H1 | H1 | 59.9 | 1.21 | "1/1/8" |
| H1 | H2 | 50.9 | 1.39 | "3/4/3" |
| H1 | H3 | 57.7 | 1.16 | "2/2/6" |
| H1 | H4 | 60.9 | 1.29 | "0/0/10" |
| H2 | H1 | 47.1 | 1.08 | "4/1/5" |
| H2 | H2 | 63.1 | 1.44 | "0/0/10" |
| H2 | H3 | 56.6 | 1.4 | "0/3/7" |
| H2 | H4 | 55.6 | 1.25 | "1/3/6" |
| H3 | H1 | 54.5 | 1.05 | "0/2/8" |
| H3 | H2 | 58.5 | 1.21 | "0/0/10" |
| H3 | H3 | 58.1 | 1.2 | "1/5/4" |
| H3 | H4 | 48.3 | 0.92 | "0/0/10" |
| H4 | H1 | 61 | 1.36 | "0/6/4" |
| H4 | H2 | 50.2 | 1.32 | "0/5/5" |
| H4 | H3 | 91.3 | 1.27 | "0/0/10" |
| H4 | H4 | 53.1 | 1.18 | "0/6/4" |

## Głębokość 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| White Heur | Black Heur | Avg Turns | Avg Time [s] | Score |
| H1 | H1 | 85.8 | 6.23 | "0/1/9" |
| H1 | H2 | 69.8 | 4.14 | "8/0/2" |
| H1 | H3 | 87.5 | 9.32 | "5/1/4" |
| H1 | H4 | 80.8 | 5.4 | "2/4/4" |
| H2 | H1 | 61 | 5.08 | "0/0/10" |
| H2 | H2 | 59.2 | 5.19 | "0/10/0" |
| H2 | H3 | 83.7 | 6.19 | "0/2/8" |
| H2 | H4 | 64.4 | 5.44 | "0/2/8" |
| H3 | H1 | 116.7 | 5.26 | "0/1/9" |
| H3 | H2 | 79.4 | 5.79 | "0/0/10" |
| H3 | H3 | 79.8 | 8.89 | "5/1/4" |
| H3 | H4 | 92.8 | 5.23 | "0/5/5" |
| H4 | H1 | 91.2 | 6.78 | "0/0/10" |
| H4 | H2 | 52.4 | 4.44 | "6/0/4" |
| H4 | H3 | 77.1 | 7.57 | "3/3/4" |
| H4 | H4 | 78.7 | 5.42 | "3/0/7" |

## Głębokość 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| White Heur | Black Heur | Avg Turns | Avg Time [s] | Score |
| H1 | H1 | 55.7 | 12 | "0/0/10" |
| H1 | H2 | 64.8 | 14.87 | "2/0/8" |
| H1 | H3 | 54.8 | 12.46 | "4/0/6" |
| H1 | H4 | 58.4 | 12.68 | "1/0/9" |
| H2 | H1 | 79.9 | 13.1 | "1/0/9" |
| H2 | H2 | 73.2 | 16.92 | "2/0/8" |
| H2 | H3 | 62 | 15.76 | "0/0/10" |
| H2 | H4 | 69.1 | 17.38 | "2/2/6" |
| H3 | H1 | 67.5 | 9.48 | "0/0/10" |
| H3 | H2 | 65.4 | 17.02 | "1/0/9" |
| H3 | H3 | 62 | 14.25 | "0/0/10" |
| H3 | H4 | 70.7 | 12.57 | "2/2/6" |
| H4 | H1 | 49.2 | 10.77 | "0/0/10" |
| H4 | H2 | 63.5 | 14.72 | "2/0/8" |
| H4 | H3 | 58.6 | 14.04 | "3/0/7" |
| H4 | H4 | 49.4 | 10.19 | "1/0/9" |

# Min-max vs alpha-beta

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Depth | Min-max | | Alpha-beta | |
| Avg turns [n] | Avg time [s] | Avg turns [n] | Avg time [s] |
| 2 | 67.96875 | 0.664375 | 68.0875 | 0.690625 |
| 3 | 60.74375 | 2.089375 | 57.925 | 1.233125 |
| 4 | 78.20625 | 14.403125 | 78.76875 | 6.023125 |
| 5 | 61.36875 | 93.086875 | 62.7625 | 13.638125 |

# Wnioski

Coś tam coś tam

Co do heurystyk:

* Coś tam coś tam