

Sztuczna inteligencja i inżynieria wiedzy laboratorium

Sprawozdanie 3

Algorytmy rozwiązywania gier

Arkadiusz Marcinowski

228160

W8, Informatyka

1. Wstęp

Celem zadanie było zapoznanie się z wyszukiwaniem strategii gry w jej drzewie stanów. Cel obejmował zapoznanie się z podstawowymi pojęciami związanymi z teorią gier (gra, strategia, drzewo gry, stan, przestrzeń stanów). Zapoznanie się z podstawowymi algorytmami oraz przebadanie ich działania dla gry w Stratego: min-max oraz alfa-beta.

2. Zasady gry Stratego

Stratego to gra turowa, ruchy wykonywane są naprzemiennie przez dwóch graczy.

Zdobywanie punktów:

- Zaznaczony cały wiersz
- Zaznaczona cała kolumna
- Zaznaczona dowolna przekątna o długości większej niż 1

Punktów odpowiadającą ilości zaznaczonych w jednym z powyższych przypadków prostych otrzymuje gracz, który jako ostatni wstawił pionek zamykający prostą.

Zamykając więcej niż jedną prostą w jednym ruchu, punkty się sumują, np. zamykając kolumnę i wiersz jednym pionkiem, na planszy 5x5, gracz otrzymuje 5+5 punktów.

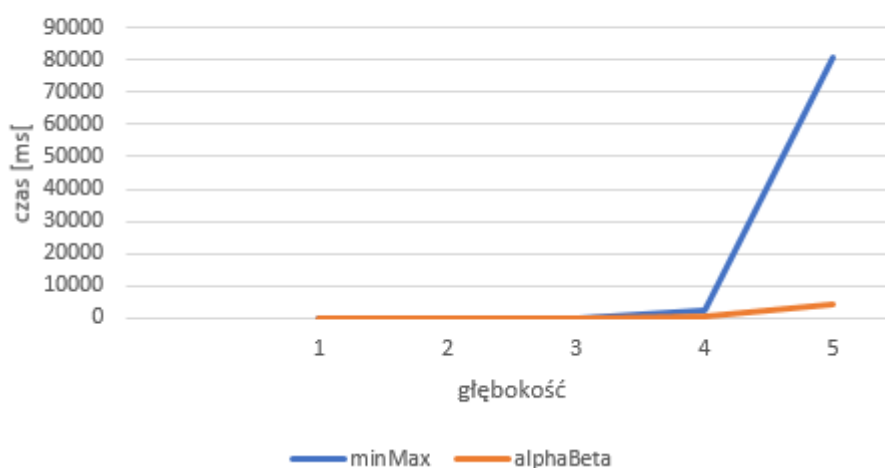
3. Algorytm MinMax, AlphaBeta

3.1. Nieparzysta liczba pól gry '49'

Algorytmy zostały porównane na planszy wielkości 7x7. Zmieniana była jedynie głębokość przeszukiwania dla algorytmów oraz algorytm który zaczynał rozgrywkę.

| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 0 | 102 | 0 | 90 |
| 2 | 20 | 97 | 0 | 95 |
| 3 | 116 | 104 | 40 | 88 |
| 4 | 2325 | 105 | 466 | 87 |
| 5 | 80978 | 118 | 4041 | 74 |

Zależność czasu od głębokości



| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 0 | 90 | 0 | 102 |
| 2 | 6 | 95 | 4 | 97 |
| 3 | 101 | 88 | 81 | 104 |
| 4 | 2056 | 87 | 560 | 105 |
| 5 | 72995 | 74 | 4551 | 118 |

Przedstawione powyżej zestawienia pokazują, że algorytm AlphaBeta jest o wiele bardziej wydajny niż algorytm MinMax. Czas jego działania jest zdecydowanie mniejszy. Oba zestawienia są swoimi odbiciami w zależności od zaczynającego grę algorytmu. Potwierdza to jedynie, że algorytm AlphaBeta działa jak MinMax, z pewną heurystyką ograniczającą czas jego działania, ale **wykonywany ruch będzie w większości przypadków taki sam.**

Należy również zaznaczyć, że zaoszczędzony czas algorytmu AlphaBeta może być zrównoważony przez głębsze przeszukiwanie, co zwiększa efektywność działania algorytmu.

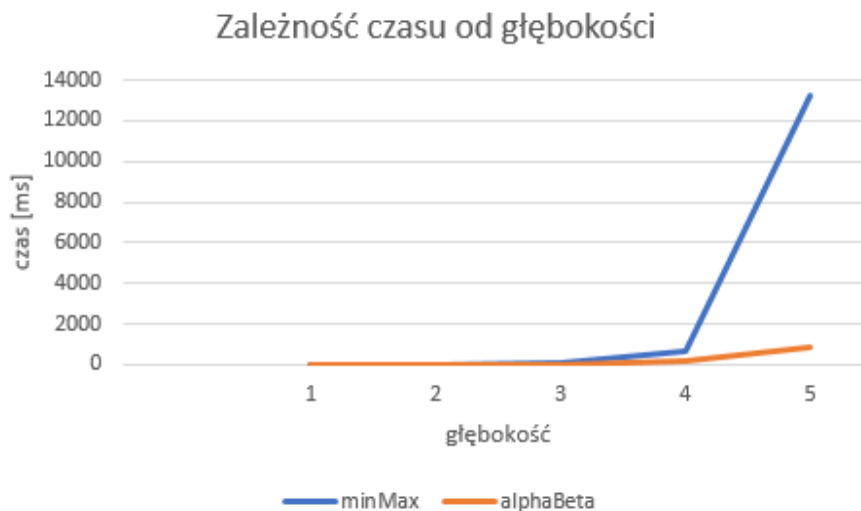
Przewaga algorytmu zaczynającego rozgrywkę jest jednak tak znacząca z uwagi na nieparzystą ilość pól gry.

3.2. Parzysta liczba pól gry '36'

Algorytmy zostały porównane na planszy wielkości 6x6. Zmieniana była jedynie głębokość przeszukiwania dla algorytmów oraz algorytm który zaczynał rozgrywkę.

| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 1 | 65 | 1 | 75 |
| 2 | 5 | 61 | 5 | 79 |
| 3 | 48 | 74 | 30 | 66 |
| 4 | 701 | 68 | 162 | 72 |
| 5 | 13229 | 62 | 870 | 78 |

| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 1 | 75 | 1 | 65 |
| 2 | 5 | 79 | 5 | 61 |
| 3 | 42 | 66 | 27 | 74 |
| 4 | 527 | 72 | 166 | 68 |
| 5 | 10959 | 78 | 1041 | 62 |



Przedstawione powyżej zestawienia pokazują, że algorytm AlphaBeta jest o wiele bardziej wydajny niż algorytm MinMax. Czas jego działania jest zdecydowanie mniejszy. Oba zestawienia są swoimi odbiciami w zależności od zaczynającego grę algorytmu. Potwierdza to jedynie, że algorytm AlphaBeta działa jak MinMax, z pewną heurystyką ograniczającą czas jego działania.

Należy również zaznaczyć, że zaoszczędzony czas algorytmu AlphaBeta może być zrównoważony przez głębsze przeszukiwanie, co zwiększa efektywność działania algorytmu.

Większe szanse na wygraną ma algorytm zaczynający rozgrywkę jako drugi, z uwagi na to, że drzewo rozgrywki jest już ograniczone przez ruch przeciwnika.

4. MinMax, AlphaBeta, heurystyki kolejności wyszukiwania

Algorytmy zostały porównane na planszy wielkości 7x7 oraz 6x6. Zmieniana była jedynie głębokość przeszukiwania dla algorytmów oraz algorytm który zaczynał rozgrywkę.

4.1. Proponowane heurystyki

Heurystyka Narożna sortuje zestaw możliwych ruchów w taki sposób, by najpierw sprawdzane były pola które leżą najdalej od środka planszy.

Heurystyka Środka sortuje zestaw możliwych ruchów w taki sposób, by najpierw sprawdzane były pola które leżą najbliżej środka planszy.

4.2. Nieparzysta liczba pól gry '49'

Przewaga algorytmu zaczynającego rozgrywkę jest jednak tak znacząca z uwagi na nieparzystą ilość pól gry.

4.2.1. Heurystyki przeciwko czystym algorytmom

W tym przypadku nie występuje powtarzalność punktów, zróżnicowana jedynie tym, który gracz zaczyna. Zaczynający gracz wciąż w większości przypadków wygrywa.

Porównując z wynikami z punktu 3:

- Heurystyka Narożna zwiększa szansę na wygraną.
- Heurystyka Środkowa zmniejsza szansę na wygraną.
- Algorytmy oparte na heurystykach działają dłużej z uwagi na złożoność obliczeniową sortowania możliwych ruchów

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | Narożna | | | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 52 | 110 | 4 | 82 |
| 2 | 67 | 112 | 10 | 80 |
| 3 | 190 | 111 | 55 | 81 |
| 4 | 2609 | 120 | 557 | 72 |
| 5 | 86956 | 120 | 3294 | 72 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
| Heurystyka: | Narożna | | | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 62 | 98 | 0 | 94 |
| 2 | 68 | 78 | 5 | 114 |
| 3 | 212 | 82 | 91 | 110 |
| 4 | 2270 | 77 | 629 | 115 |
| 5 | 80126 | 77 | 3576 | 115 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | Środkowa | | | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 52 | 108 | 0 | 84 |
| 2 | 60 | 103 | 4 | 89 |
| 3 | 185 | 122 | 59 | 70 |
| 4 | 2475 | 129 | 454 | 63 |
| 5 | 87187 | 104 | 3147 | 88 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
| Heurystyka: | Środkowa | | | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 53 | 97 | 0 | 95 |
| 2 | 75 | 97 | 8 | 95 |
| 3 | 196 | 81 | 73 | 111 |
| 4 | 2279 | 73 | 533 | 119 |
| 5 | 76939 | 78 | 3718 | 114 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | | | Narożna | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 0 | 94 | 60 | 98 |
| 2 | 6 | 114 | 66 | 78 |
| 3 | 120 | 110 | 130 | 82 |
| 4 | 2455 | 115 | 594 | 77 |
| 5 | 86976 | 115 | 3234 | 77 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
| Heurystyka: | | | Narożna | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 1 | 82 | 51 | 110 |
| 2 | 8 | 80 | 67 | 112 |
| 3 | 113 | 81 | 146 | 111 |
| 4 | 2220 | 72 | 648 | 120 |
| 5 | 78195 | 72 | 3905 | 120 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | | | Środkowa | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 0 | 95 | 57 | 97 |
| 2 | 5 | 95 | 59 | 97 |
| 3 | 106 | 111 | 112 | 81 |
| 4 | 2388 | 119 | 542 | 73 |
| 5 | 85724 | 114 | 3341 | 78 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
| Heurystyka: | | | Środkowa | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 1 | 84 | 50 | 108 |
| 2 | 8 | 89 | 59 | 103 |
| 3 | 120 | 70 | 136 | 122 |
| 4 | 2191 | 63 | 627 | 129 |
| 5 | 75266 | 88 | 3446 | 104 |

4.2.2. Heurystyki przeciwko heurystykom

Obserwując wyniki, można zauważyć potwierdzenie wcześniejszego spostrzeżenia mówiącego że Heurystyka Narożna poprawia działanie algorytmu. Dla wszystkich testów, przy głębokości przeszukiwania równej 1, algorytm z heurystyką narożną wygrywał pojedynek, niezależnie od tego kto zaczynał rozgrywkę. Nie miało to miejsca przy czystych algorytmach.

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | Narożna | | Środkowa | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 57 | 114 | 5 | 78 |
| 2 | 62 | 118 | 6 | 74 |
| 3 | 196 | 112 | 68 | 80 |
| 4 | 2514 | 131 | 511 | 61 |
| 5 | 87065 | 104 | 3898 | 88 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
| Heurystyka: | Narożna | | Środkowa | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 6 | 102 | 57 | 90 |
| 2 | 9 | 93 | 69 | 99 |
| 3 | 134 | 70 | 142 | 122 |
| 4 | 2250 | 83 | 687 | 109 |
| 5 | 75563 | 88 | 4498 | 104 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | Środkowa | | Narożna | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 58 | 90 | 2 | 102 |
| 2 | 67 | 99 | 7 | 93 |
| 3 | 221 | 122 | 81 | 70 |
| 4 | 2508 | 109 | 469 | 83 |
| 5 | 87542 | 104 | 3761 | 88 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
| Heurystyka: | Środkowa | | Narożna | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 2 | 78 | 71 | 114 |
| 2 | 7 | 74 | 72 | 118 |
| 3 | 111 | 80 | 147 | 112 |
| 4 | 2140 | 61 | 652 | 131 |
| 5 | 77593 | 88 | 3947 | 104 |

4.3. Parzysta liczba pól gry '36'

Większe szanse na wygraną ma algorytm zaczynający rozgrywkę jako drugi, z uwagi na to, że drzewo rozgrywki jest już ograniczone przez ruch przeciwnika.

4.3.1. Heurystyki przeciwko czystym algorytmom

W tym przypadku nie występuje powtarzalność punktów, zróżnicowana jedynie tym, który gracz zaczyna. Zaczynający gracz w większości przypadków przegrywa z uwagi na to że gracz wykonujący ruch jako drugi ma już ograniczone drzewo decyzyjne.

Analogicznie jak przy rozgrywce dla czystych algorytmów, ruch dla danych algorytmów z tymi samymi heurystykami pozostaje taki sam, więc z poniższych 8 zestawień, 4 są analogiczne.

Porównując z wynikami z punktu 3:

- Heurystyka Narożna zwiększa szansę na wygraną, pozwala nawiązać kontakt punktowy, a nawet wygrać pomimo rozpoczęcia rozgrywki
- Heurystyka Środkowa zmniejsza szansę na wygraną.
- Algorytmy oparte na heurystykach działają dłużej z uwagi na złożoność obliczeniową sortowania możliwych ruchów

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | Narożna | | | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 50 | 65 | 0 | 75 |
| 2 | 56 | 50 | 3 | 90 |
| 3 | 103 | 61 | 25 | 79 |
| 4 | 692 | 73 | 153 | 67 |
| 5 | 13109 | 61 | 827 | 79 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
| Heurystyka: | Narożna | | | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 48 | 80 | 0 | 60 |
| 2 | 57 | 93 | 4 | 47 |
| 3 | 96 | 94 | 27 | 46 |
| 4 | 559 | 91 | 163 | 49 |
| 5 | 10712 | 90 | 935 | 50 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | Środkowa | | | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 57 | 65 | 1 | 75 |
| 2 | 59 | 58 | 7 | 82 |
| 3 | 99 | 55 | 30 | 85 |
| 4 | 639 | 63 | 125 | 77 |
| 5 | 12677 | 48 | 700 | 92 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
| Heurystyka: | Środkowa | | | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 52 | 70 | 1 | 70 |
| 2 | 63 | 82 | 4 | 58 |
| 3 | 95 | 76 | 24 | 64 |
| 4 | 568 | 71 | 138 | 69 |
| 5 | 10805 | 83 | 959 | 57 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | | | Narożna | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 0 | 60 | 52 | 90 |
| 2 | 4 | 47 | 59 | 93 |
| 3 | 45 | 46 | 108 | 94 |
| 4 | 626 | 49 | 196 | 91 |
| 5 | 12808 | 50 | 827 | 90 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
| Heurystyka: | | | Narożna | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 0 | 75 | 52 | 65 |
| 2 | 3 | 90 | 57 | 50 |
| 3 | 41 | 79 | 84 | 61 |
| 4 | 352 | 67 | 233 | 73 |
| 5 | 10668 | 79 | 934 | 61 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | | | Środkowa | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 1 | 70 | 51 | 70 |
| 2 | 3 | 58 | 53 | 82 |
| 3 | 38 | 64 | 93 | 76 |
| 4 | 589 | 69 | 216 | 71 |
| 5 | 13168 | 57 | 832 | 83 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
| Heurystyka: | | | Środkowa | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 1 | 75 | 48 | 65 |
| 2 | 5 | 82 | 59 | 58 |
| 3 | 45 | 85 | 82 | 55 |
| 4 | 486 | 77 | 221 | 63 |
| 5 | 11050 | 92 | 919 | 48 |

4.3.2. Heurystyki przeciwko heurystykom

Jak w przypadku 4.2.2 oraz zauważeniu zależności w 4.3.1, przeprowadzone zostały tylko dwa zestawienia. Kolejne dwa miałyby analogiczne wyniki.

Obserwując wyniki, można zauważyć potwierdzenie wcześniejszego spostrzeżenia mówiącego że Heurystyka Narożna poprawia działanie algorytmu.

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | Narożna | | Środkowa | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 51 | 54 | 1 | 86 |
| 2 | 53 | 56 | 4 | 84 |
| 3 | 95 | 61 | 33 | 79 |
| 4 | 688 | 63 | 135 | 77 |
| 5 | 12880 | 57 | 897 | 83 |

| | | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
| Heurystyka: | Środkowa | | Narożna | |
| Głębokość | minMax | | alphaBeta | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 48 | 50 | 2 | 90 |
| 2 | 51 | 56 | 6 | 84 |
| 3 | 88 | 49 | 22 | 91 |
| 4 | 659 | 50 | 129 | 90 |
| 5 | 12997 | 51 | 848 | 89 |

5. Heurystyki oceny stanu gry

5.1. Heurystyka losowa

Heurystyka ocenia stan gry przez brak analizy jego stanu i wybór losowy.

W tym przypadku nigdy nie wygrywa algorytm losowy. Osiąga on jednak zaskakująco wysokie wyniki, jeśli zaczyna rozgrywkę. Wynika to z faktu, iż plansza 7x7 zawiera 49 pól, więc zaczynający algorytm wykonuje jeden ruch więcej.

Dla planszy parzystej 6x6, algorytm randomowy nawet nie zbliża się punktowo do innych algorytmów.

| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Głębokość | minMax | | random | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 65 | 127 | 1 | 65 |
| 2 | 66 | 143 | 0 | 49 |
| 3 | 178 | 118 | 0 | 74 |
| 4 | 2557 | 131 | 1 | 61 |

| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Głębokość | minMax | | random | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 55 | 114 | 2 | 78 |
| 2 | 66 | 112 | 1 | 80 |
| 3 | 192 | 104 | 1 | 88 |
| 4 | 2284 | 112 | 1 | 80 |

| Pierwszy ruch: | TAK | | | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Głębokość | alphaBeta | | random | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 67 | 142 | 1 | 50 |
| 2 | 65 | 126 | 0 | 66 |
| 3 | 144 | 129 | 1 | 63 |
| 4 | 745 | 116 | 3 | 76 |

| Pierwszy ruch: | | | TAK | |
|----------------|-----------|------|-----------|------|
| Głębokość | alphaBeta | | random | |
| | czas [ms] | pkt. | czas [ms] | pkt. |
| 1 | 56 | 112 | 0 | 80 |
| 2 | 68 | 109 | 1 | 83 |
| 3 | 146 | 118 | 2 | 74 |
| 4 | 794 | 137 | 1 | 55 |

6. Podsumowanie

Algorytm MinMax oraz AlphaBeta są bardzo ciekawymi sposobami rozwiązania przedstawionego zadania. Algorytmy znacznie różnią się od siebie czasem przeszukiwania drzewa gry.

Badania dla planszy gry o 49 polach pokazują, że zaczynający gracz ma przewagę. Wynika to z faktu, że wykonuje jeden ruch więcej, co zapewnia mu więcej punktów. Heurystyka narożna zwiększa szansę na wygraną, a środkowa zmniejsza szansę.

Dla planszy gry o 36 polach, wygrywa zwykle gracz zaczynający jako drugi. Wynika to z faktu, że dzięki wcześniejszemu ruchowi przeciwnika, otrzymuje już ograniczone drzewo rozgrywki. Zastosowanie heurystyki narożnej zwiększa szansę na wygraną, a środkowej zmniejsza szansę.

Heurystyka losowa nie stanowi zagrożenia dla wygranej dzięki innym algorytmom.