**Wprowadzenie do Sztucznej Inteligencji**

**Laboratorium 3**

Minmax

Piotr Niedziałek

304474

1. **Wprowadzenie**

Minmax jest to algorytm poszukiwania strategii dla dwuosobowych gier deterministycznych z pełną informacją. Pozwala on wybrać ruchy w sposób optymalny, patrząc na d ruchów naprzód, zakładając, że przeciwnik gra optymalnie.

Alpha pruning jest ulepszeniem algorytmu minmax i pozwala ograniczyć liczbę odwiedzanych węzłów drzewa gry i zaoszczędzić czas i moc obliczeniową.

1. **Zadanie**

Należało zaimplementować grę w kółko i krzyżyk z komputerem przy wykorzystaniu obu algorytmów oraz przeprowadzić badania liczby odwiedzonych węzłów, czasu wykonania oraz głębokości drzewa dla obu algorytmów.

1. **Implementacja**

Plansza gry drukowana jest w terminalu, użytkownik musi wybrać pole, w którym chce wstawić „X” używając cyfr od 1-9. Komputer wykonuje ruchy „O” i drukuje wynik rozgrywki.

A screenshot of a computer

Description automatically generatedA screenshot of a computer

Description automatically generatedA screen shot of a computer

Description automatically generated

1. **Wyniki**

A graph of a game

Description automatically generatedWykres zależności czasu wykonania algorytmu dla pojedynczego ruchu w zależności od postępu w grze z i bez alpha pruningu:

Pomiar czasu wykonania algorytmów dla wybranego stanu:

Badany stan:

A black background with white lines

Description automatically generated

|  |  |
| --- | --- |
| **Minimax** | **Alpha-beta** |
| 0.0165 | 0.00200 |
| 0.0162 | 0.00114 |
| 0.0159 | 0.00138 |
| 0.0163 | 0.00151 |
| 0.0156 | 0.00101 |
| 0.0155 | 0.00200 |
| 0.0158 | 0.00101 |
| 0.0155 | 0.00051 |
| 0.0158 | 0.00101 |
| 0.0165 | 0.00128 |
| **Wartość średnia:** | |
| 0.0156 | 0.00128 |
| **Odchylenie standardowe:** | |
| 0.000383 | 0.000465 |

Badanie liczby odwiedzonych węzłów i głębokości drzewa:

9 stanów początkowych

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Minimax** | | **Alpha-beta** | |
| Odwiedzone węzły | | Odwiedzone węzły | Średnia głębokość |
| 48437 | | 2137 | 6.313 |
| 55577 | | 3849 | 6.447 |
| 48437 | | 2500 | 6.296 |
| 55577 | | 3304 | 6.366 |
| 40721 | | 1824 | 6.105 |
| 55577 | | 2964 | 6.311 |
| 48437 | | 2429 | 6.195 |
| 55577 | | 2961 | 6.277 |
| 48437 | | 3724 | 6.253 |
| **Wartość średnia** | | | |
| 50753 | 2854.667 | | 6.285 |
| **Odchylenie standardowe** | | | |
| 5186.284 | 694.073 | | 0.097 |

3 stany środkowe

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 744 | 126 | 4.160 |
| 1 | 1 | 2.7 |
| 1097 | 265 | 4.477 |

1. **Wnioski**

Oba algorytmy pozwalają na osiągnięcie optymalnej strategii gry. Algorytm minmax jednakże potrzebuje do tego ponad 10 krotnie więcej czasu – szczególnie widoczne jest to dla początkowego stanu gry, gdy jest bardzo wiele węzłów do przeszukiwania. Wykres zależności czasu przeszukiwania od stanu gry pokazuje, że w dalszych etapach różnica czasu staje się niewielka – algorytm alfa-beta ma mniej węzłów do pominięcia.

Badanie liczby odwiedzonych węzłów pokazuje skąd wynika różnica w czasie wykonania algorytmów. Dla 9 początkowych stanów gry algorytm alfa beta odwiedza często 20 krotnie mniej węzłów.

Średnia głębokość przeszukiwania dla algorytmu alfa beta wyniosła około 6.3, co również pokazuje przewagę nad zwykłym algorytmem minmax, którego głębokość przeszukiwania zawsze wyniesie 9 (chyba, że natrafi wcześniej na stan końcowy gry).