

WSI Laboratorium 3 Raport

Algorytm minimax

Miłosz Andryszczuk 331355

1. Wykorzystane biblioteki

Do przeprowadzenia eksperymentu zostały wykorzystane następujące biblioteki:

- matplotlib
do rysowania wykresów
<https://matplotlib.org/stable/index.html>
- numpy
do obsługi operacji matematycznych
<https://numpy.org/doc/>

2. Opis eksperymentu

W ramach tego eksperymentu zbadano działanie algorytmu minimax, który pozwala na znajdowanie możliwie jak najlepszych ruchów w 2-osobowej grze.

Algorytm wciela się na przemian w dwóch graczy i stara się znajdować jak najlepsze ruchy dla obu stron. W tym celu analizuje ruchy, które są możliwe do wykonania z danej pozycji i wybiera te, które doprowadzają do najlepszej pozycji dla danego gracza. Liczba analizowanych ruchów jest ograniczona przez głębokość przeszukiwania (depth).

Celem eksperymentu było zbadanie jakości działania algorytmu dla różnych głębokości, przez zestawienie ze sobą dwóch „graczy” o różnych wartościach depth.

W tym zadaniu wykorzystano grę Nim, zaimplementowaną w poniższym repozytorium:

<https://github.com/lychanl/two-player-games/tree/main>

3. Przebieg Eksperymentu

3.1. Pojedynek graczy o różnych głębokościach przeszukiwania

W pierwszej kolejności zestawiono ze sobą 2 graczy o różnych wartościach głębokości. Głębokości znajdowały się w przedziale [1;15]. Eksperyment przeprowadzono dla różnych wielkości stosów (ilości zapatek w poszczególnych grupach).

Wyniki przedstawiono na heatmapie obrazującej procent wygranych danego gracza w zależności od głębokości przeszukiwania dla obu graczy.

Gry wykonano po 100 razy dla każdej kombinacji głębokości w celu większej dokładności.

3.2. Pojedynek gracza minimax z graczem z losowymi wyborami

Następnie porównano skuteczność gracza posługującego się algorytmem minimax z różnymi wartościami głębokości w starciu z graczem, który wykonywał losowe ruchy.

Wyniki przedstawiono na wykresie (procent wygranych gier przez gracza z minimax w zależności od głębokości przeszukiwania).

3.3. Badanie wpływu głębokości na czas wykonania

Na koniec zbadano wpływ wartości głębokości przeszukiwania na czas wykonywania algorytmu. Zestawiano ze sobą dwóch graczy o tych samych wartościach głębokości i mierzono czas rozgrywki.

Wyniki również przedstawiono na wykresie (czas zależny od głębokości).

4. Wyniki

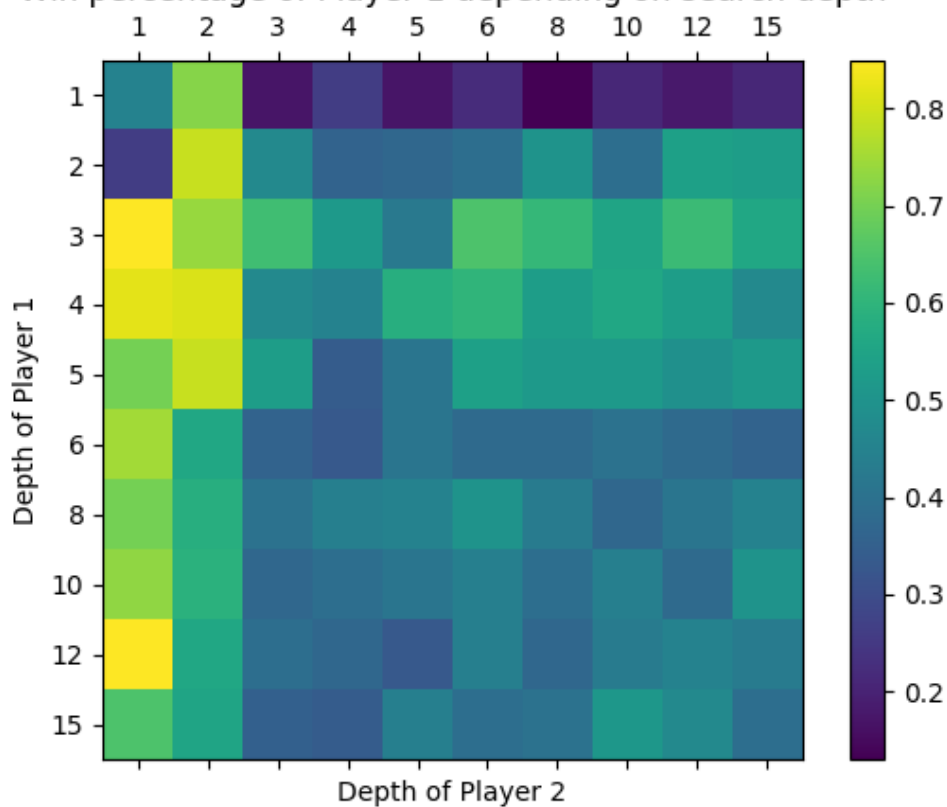
4.1. Pojedynek graczy o różnych głębokościach przeszukiwania

Na osi pionowej wykresów znajduje się głębokość przeszukiwania dla gracza numer 1, a na osi poziomej – gracza numer 2. Kolor poszczególnych kwadratów wskazuje na procent wygranych gier przez gracza wskazanego w tytule wykresu (jasny kolor oznacza większą ilość wygranych gier przez tego gracza).

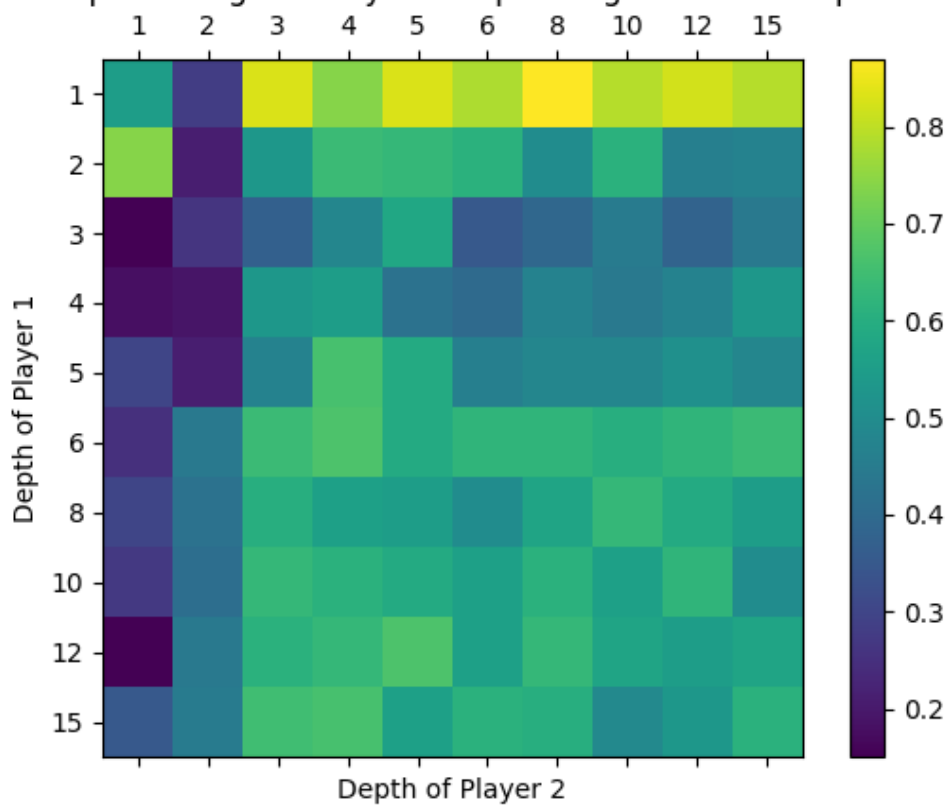
Wykresy wykazują, że głębokość przeszukiwania ma kluczowy wpływ na wynik gry. Gracz z większą głębokością przeszukiwania wyraźnie dominuje nad graczem o mniejszej głębokości, co prowadzi do większej liczby wygranych. Głębsze przeszukiwanie pozwala na lepsze przewidywanie i planowanie ruchów. Różnica ta jest najbardziej widoczna w przypadku, kiedy jeden gracz posiada głębokość równą 1 lub 2. Przy wyrównanych głębokościach przeszukiwania wyniki są bardziej zrównoważone, ale wciąż zauważalna jest lekka przewaga gracza, który posługuje się większą głębokością szczególnie w przypadku początkowych stosów o wielkościach 1, 3, 5.

Początkowe wielkości stosów: 1, 3, 5

Win percentage of Player 1 depending on search depth

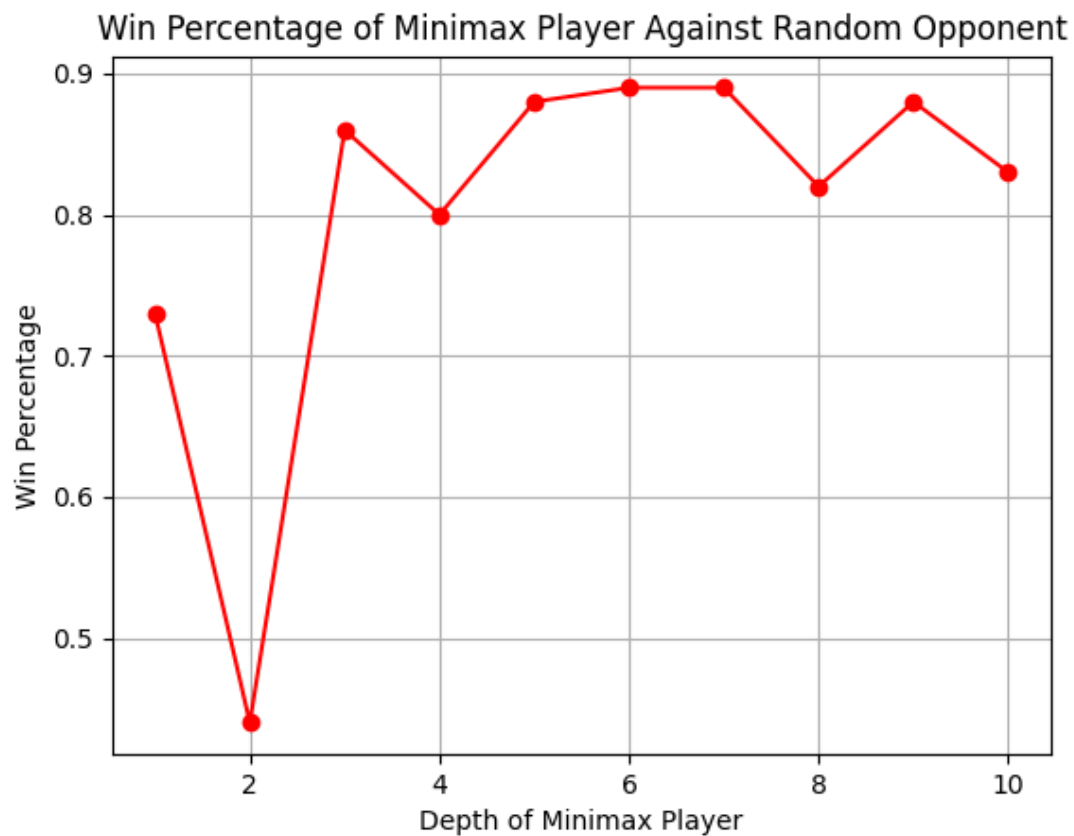


Win percentage of Player 2 depending on search depth



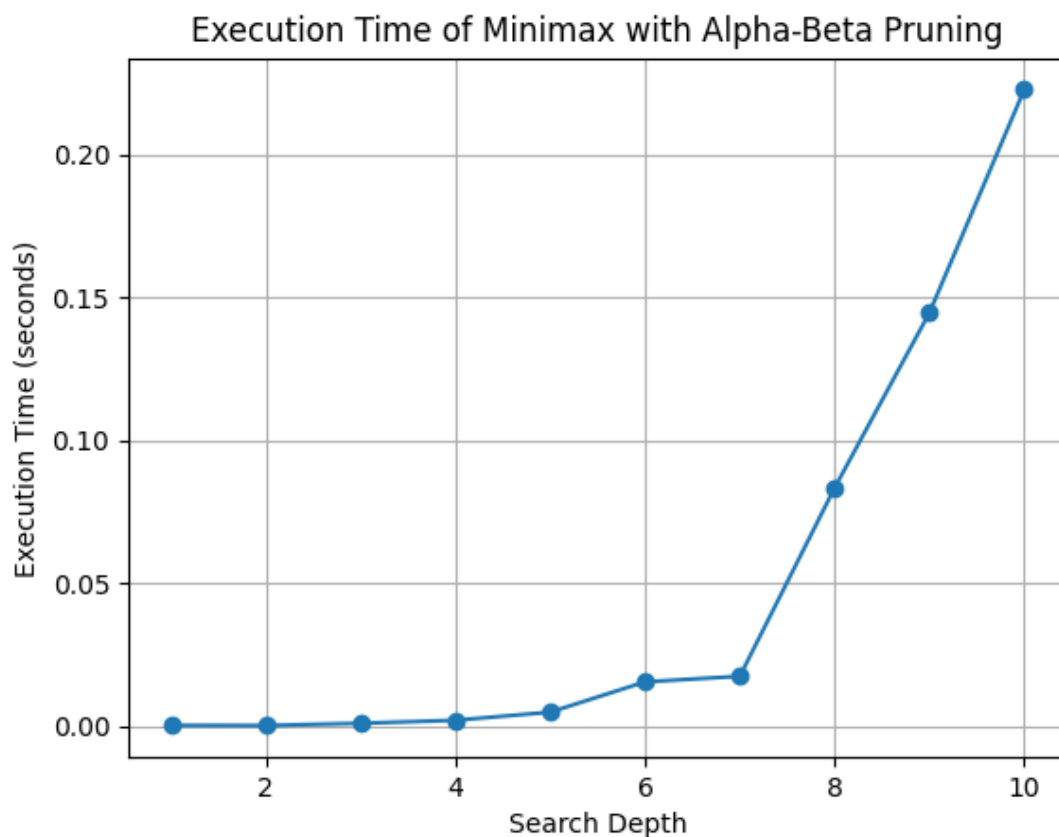
4.2. Pojedynek gracza minimax z graczem z losowymi wyborami

Wykres przedstawia, że minimalna głębokość przeszukiwania algorytmu minimax ma duży wpływ na wygralność przeciwko losowemu przeciwnikowi. Dla bardzo małych wartości głębokości algorytm może radzić sobie trochę gorzej, choć mimo to w większości przypadków i tak radzi sobie lepiej niż przeciwnik z losowymi wyborami. Natomiast dla głębokości 3 i większej, algorytm minimax osiąga stabilny wskaźnik wygranych powyżej 80%, co pokazuje, że nawet umiarkowana głębokość przeszukiwania pozwala na skuteczne pokonanie losowego przeciwnika.



4.3. Badanie wpływu głębokości na czas wykonania

Wykres pokazuje, że czas wykonania algorytmu minimax z obcinaniem α - β rośnie wykładniczo wraz ze wzrostem głębokości przeszukiwania. Dla głębokości do 6 czas wykonania jest praktycznie niezauważalny, jednak powyżej tej wartości widać znaczący wzrost. Dla głębokości 10 czas wykonania jest już zauważalnie większy, co może powodować, że korzyści wynikające z wysokich wartości depth mogą nie być opłacalne ze względu na ograniczenia sprzętowe lub czasowe.



5. Wnioski

Wyniki eksperymentu wykazały, że głębokość przeszukiwania w algorytmie minimax z obcinaniem α - β ma kluczowe znaczenie dla skuteczności rozgrywki w grach dwuosobowych, takie jak Nim. Gracze korzystający z większej głębokości przeszukiwania mieli przewagę nad przeciwnikami, którzy przeszukiwali płycej, ponieważ byli w stanie skuteczniej przewidywać ruchy przeciwnika i odpowiednio wcześniej dobierać swoje.

Eksperymenty przeciwko losowemu przeciwnikowi pokazały, że już przy umiarkowanej głębokości, takiej jak 3, algorytm minimax odnosi wyraźne sukcesy. Dla wyższych wartości wykres stabilizował się, co świadczy o tym, że nawet podstawowa implementacja algorytmu minimax potrafi być bardzo efektywna.

Jednakże, zwiększenie głębokości przeszukiwania wiąże się z wyraźnym kosztem obliczeniowym, który rośnie wykładniczo wraz z głębokością. W przypadku ograniczeń czasowych lub sprzętowych konieczne jest kompromisowe dobranie głębokości przeszukiwania, aby osiągnąć jak najlepszą równowagę pomiędzy jakością rozwiązań a czasem ich wyliczenia.