

# **WSI Laboratorium 3 – Dwuosobowe gry deterministyczne**

## **Dawid Bartosiak 318361**

### **1. Wstęp**

Celem laboratorium drugiego było napisanie programu grającego sam ze sobą wykorzystując przy tym algorytm minimax. Grą którą miałem zaimplementować jest Isolation z planszą  $N \times N$ . Użyta została przeze mnie biblioteka pygame, która umożliwiła mi rysowanie gry zadając kolejny ruch przy kliknięciu lewym przyciskiem myszy.

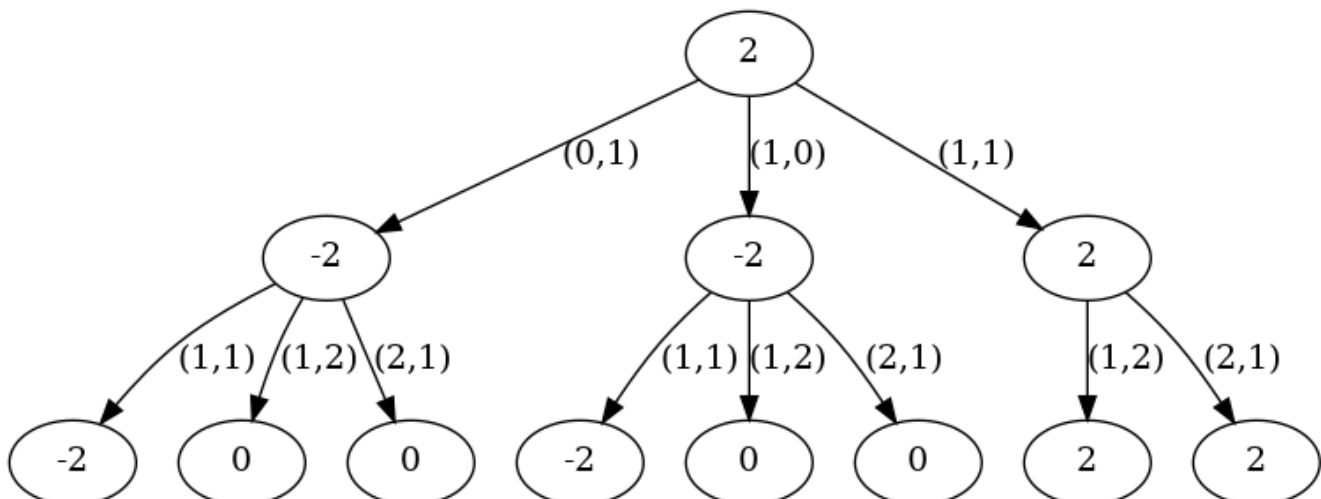
Wprowadzone zostały następujące założenia:

- Gra kończy się remisem gdy po ruchu gracza drugiego żaden z graczy nie ma możliwości ruchu.
- Dla pól o tej samej wartości wybierane jest losowe z nich.

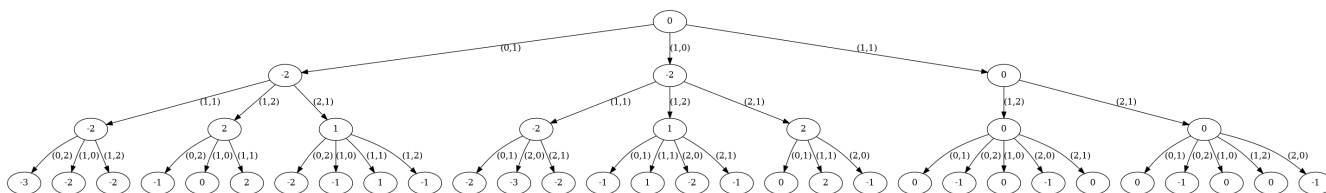
### **2. Implementacja algorytmu**

W mojej implementacji algorytm minimax przeszukuje przestrzeń wokół graczy, zliczając dostępne ruchy, następnie używając różnicy w ilości dostępnych ruchów jako parametru algorytmu minimax. Dodatkowo budowane jest i zapisywane do pliku drzewo programu z punktu startowego gracza pierwszego.

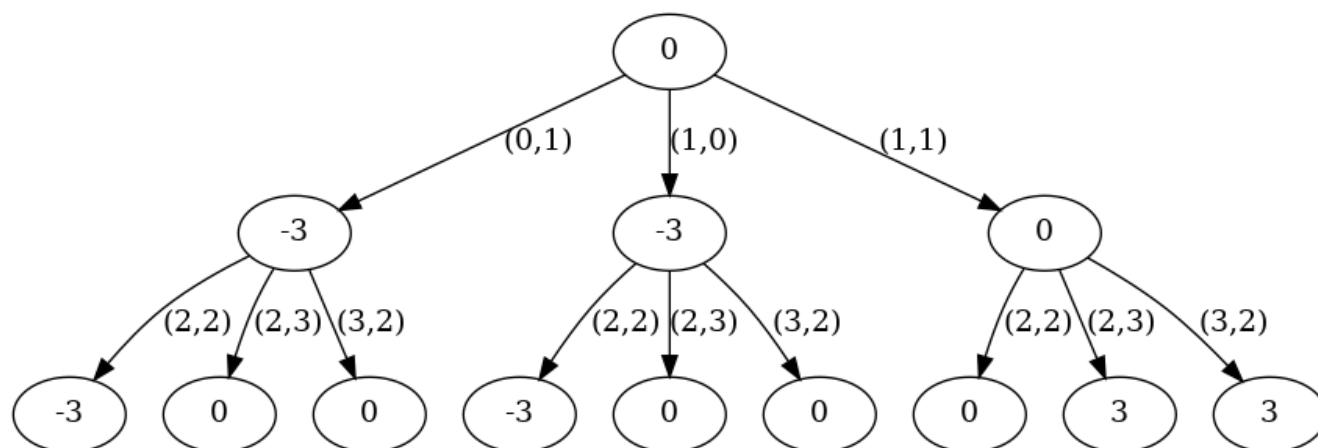
### **3. Przykładowe drzewa decyzyjne**



Zdjęcie 1: Drzewo decyzyjne dla planszy 3x3, graczy w punktach (0, 0) i (2, 2) o głębokości 2



Zdjęcie 2: Drzewo decyzyjne dla planszy 3x3, graczy w punktach (0, 0) i (2, 2) o głębokości 3

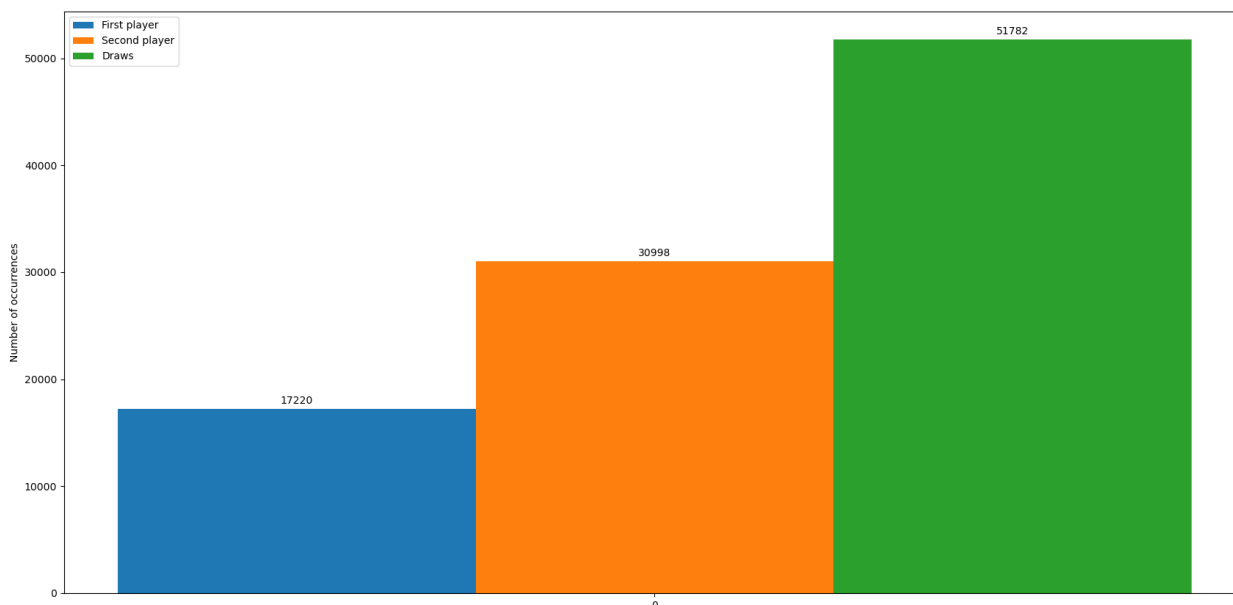


Zdjęcie 3: Drzewo decyzyjne dla planszy 4x4, graczy w punktach (0, 0) i (3, 3) o głębokości 2

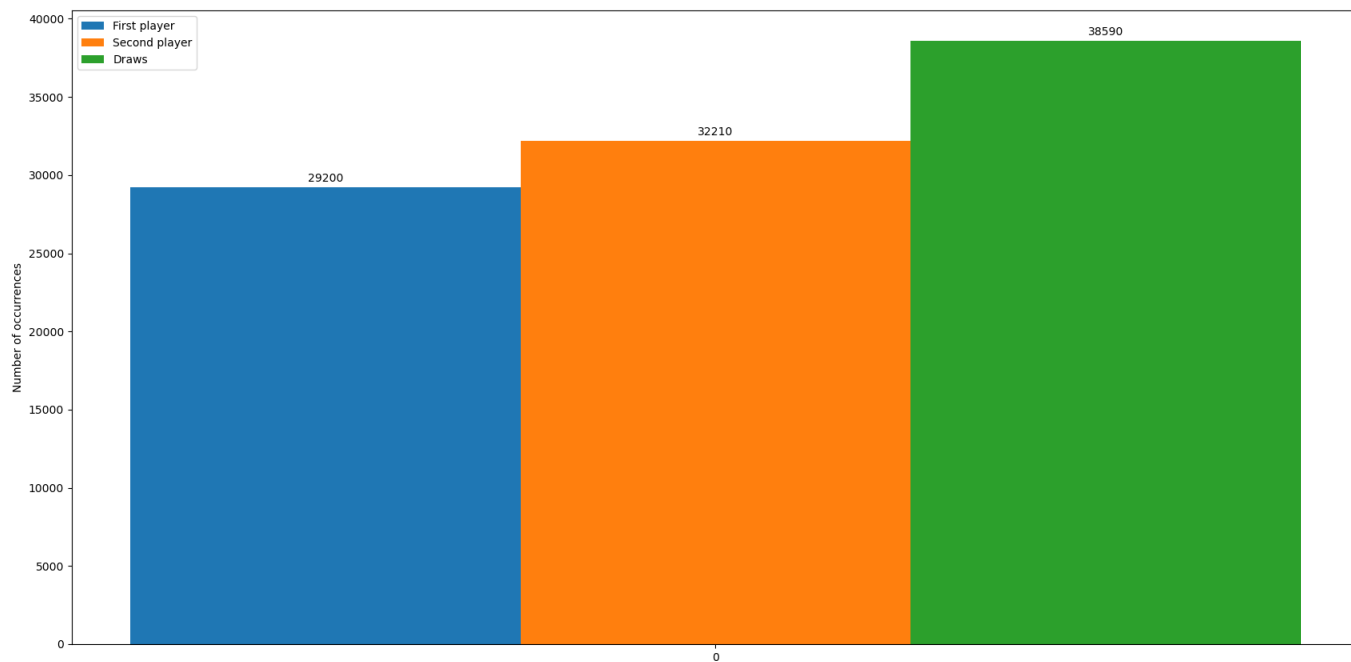
Jak można zauważyć na powyższych przykładach drzewo decyzyjne dla większej głębokości przeszukiwania niż 2 robi się nieczytelne w obrębie dokumentu, dlatego w plikach sprawozdania załączam także pełne drzewo decyzyjne dla planszy 3x3 (gdyż dla 4x4 okazało się zbyt duże).

#### 4. Doświadczenia

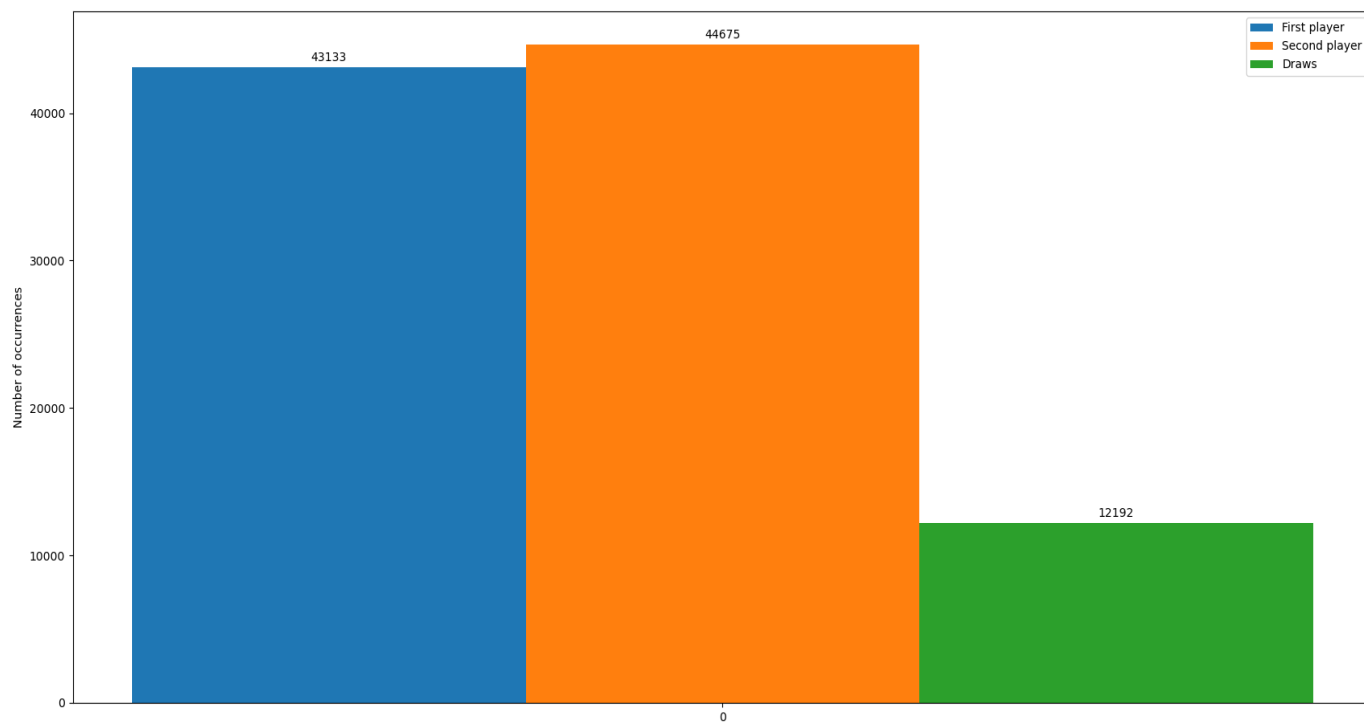
Pierwszą z rzeczy przeze mnie testowaną jest szansa na zwycięstwo graczy losowych w zależności od miejsca początkowego na planszy oraz wielkości planszy.



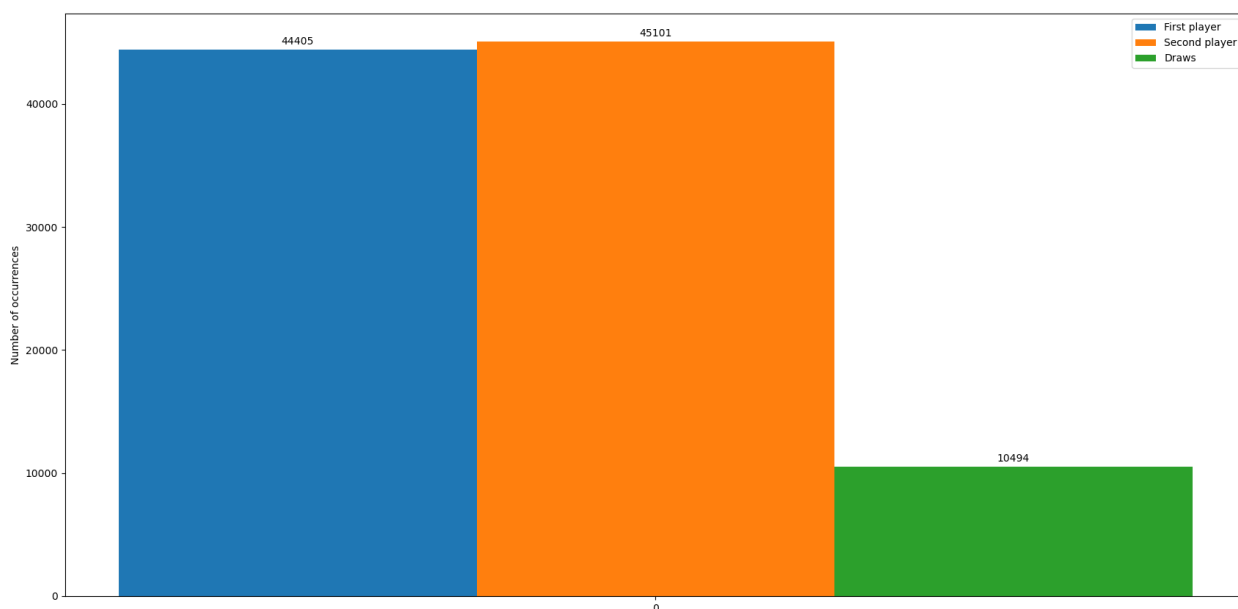
Zdjęcie 4: Porównanie wyników 100 000 odpaleń dla dwóch graczy losowych, plansza 3x3 startując w rogach.



Zdjęcie 5: Porównanie wyników 100 000 odpaleń dla dwóch graczy losowych, plansza 4x4 startując w rogach.



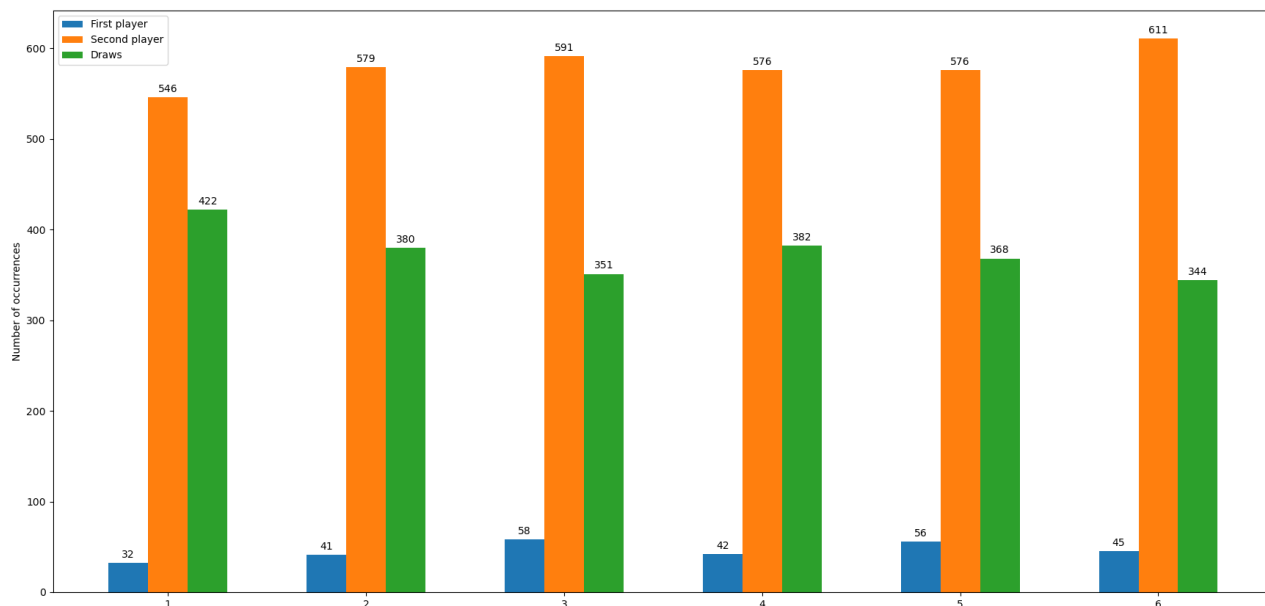
Zdjęcie 6: Porównanie wyników 100 000 odpaleń dla dwóch graczy losowych, plansza 8x8 startując w rogach.



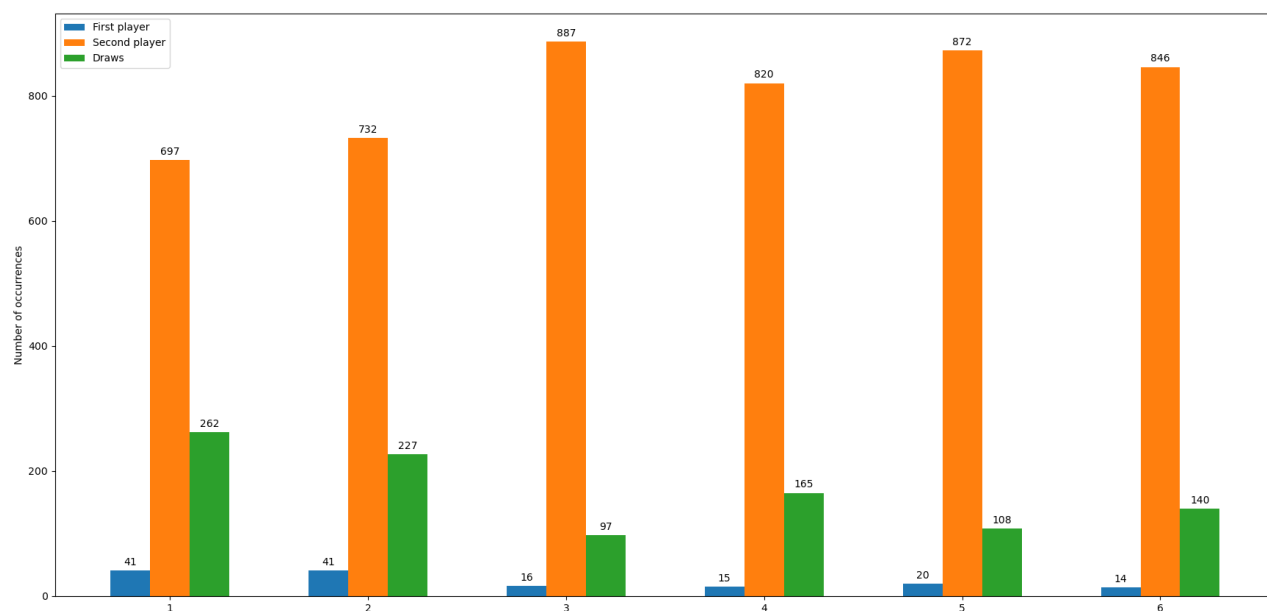
Zdjęcie 7: Porównanie wyników 100 000 odpaleń dla dwóch graczy losowych, plansza 8x8 z losowymi punktami startowymi.

Z przeprowadzonych tutaj doświadczeń możemy dowiedzieć się informacji o samej grze. Gra nie jest do końca sprawiedliwa – drugi gracz ma większą szansę na wygraną, a na dodatek ta różnica jest tym większa im większa jest odległość między graczami, oraz jest odwrotnie proporcjonalna do wielkości planszy. Kolejną zależnością jest ilość remisów w zależności od wielkości planszy – im większa plansza tym mniej remisów.

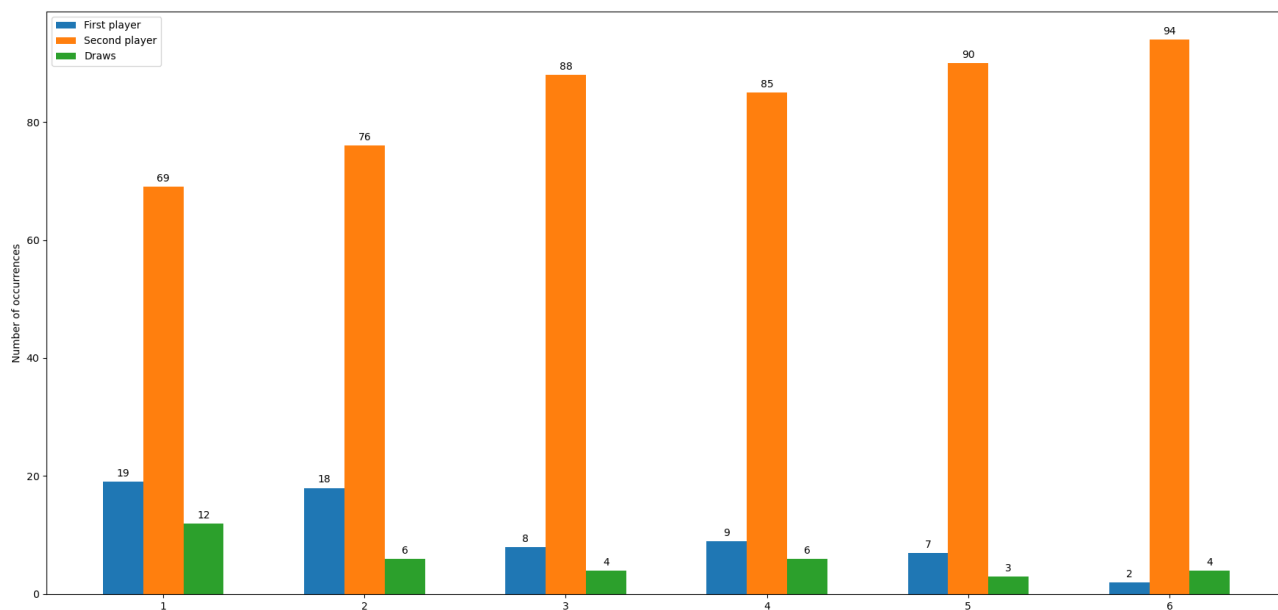
**Test szansy na zwycięstwo gracza minimaxowego przeciwko graczowi losowemu w zależności od głębokości przeszukiwania i rozmiaru planszy.**



Zdjęcie 8: Porównanie wyników 1000 odpaleń dla gracza losowego i minimax, plansza 3x3 z losowymi punktami startowymi w zależności od głębokości przeszukiwania.



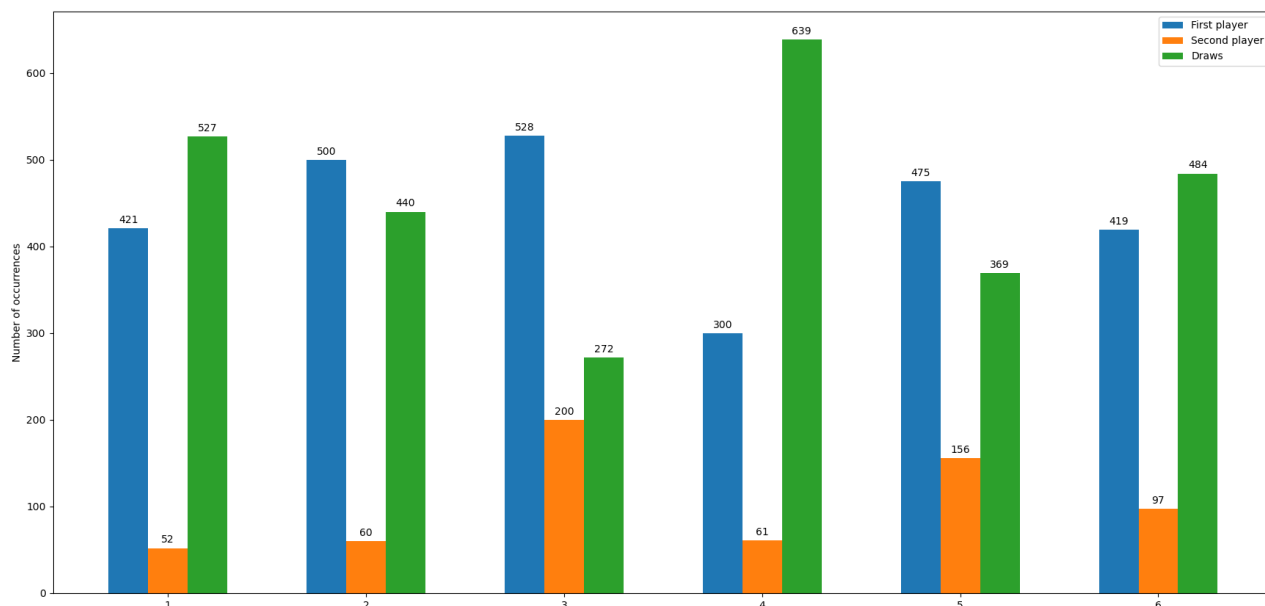
Zdjęcie 9: Porównanie wyników 1000 odpaleń dla gracza losowego i minimax, plansza 4x4 z losowymi punktami startowymi w zależności od głębokości przeszukiwania.



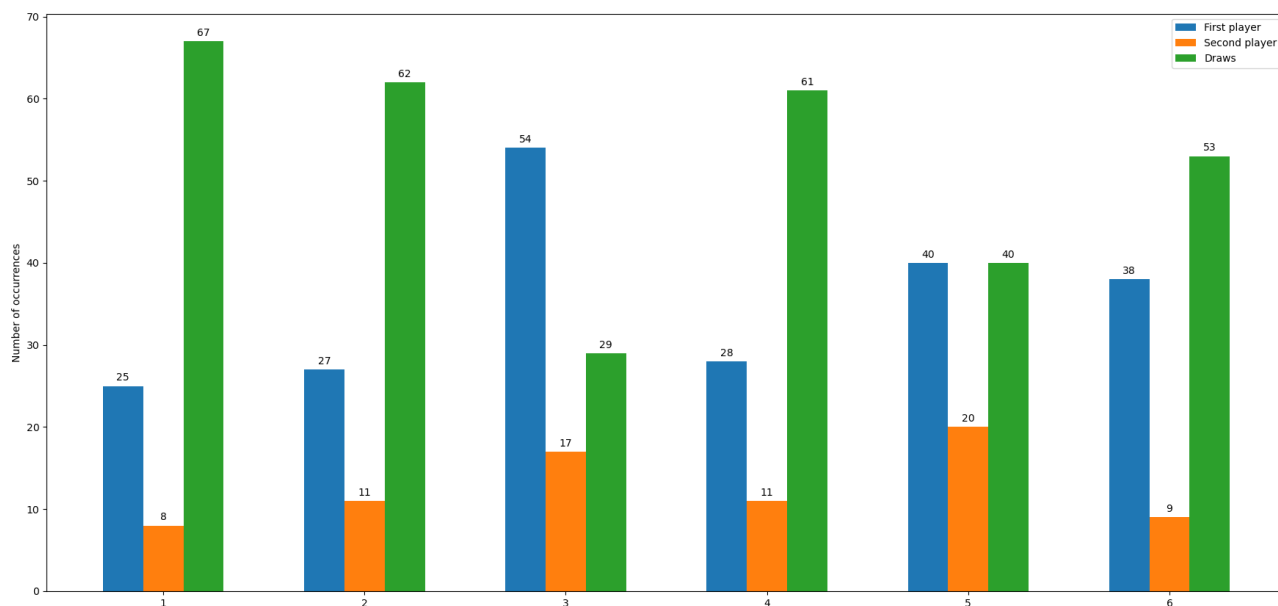
Zdjęcie 10: Porównanie wyników 100 odpaleń dla gracza losowego i minimax, plansza 8x8 z losowymi punktami startowymi w zależności od głębokości przeszukiwania.

Niestety nie udało się tutaj rozpatrzyć także 1000 przypadków z uwagi na znaczny wzrost czasu wykonania programu (głębokość 4 – 40s, głębokość 5 – 180s, głębokość 6 - 700s). Wnioski jednak pozostają takie same nawet dla mniejszej próby, chociaż są obarczone większym błędem. Im większa głębokość przeszukiwania tym większa szansa na zwycięstwo. Dodatkowo poprzednio otrzymane wnioski odnośnie wpływu wielkości planszy zostały tutaj potwierdzone. Mając zatem pewną wiedzę odnośnie działania algorytmu i gry możemy przejść do ostatnich pomiarów.

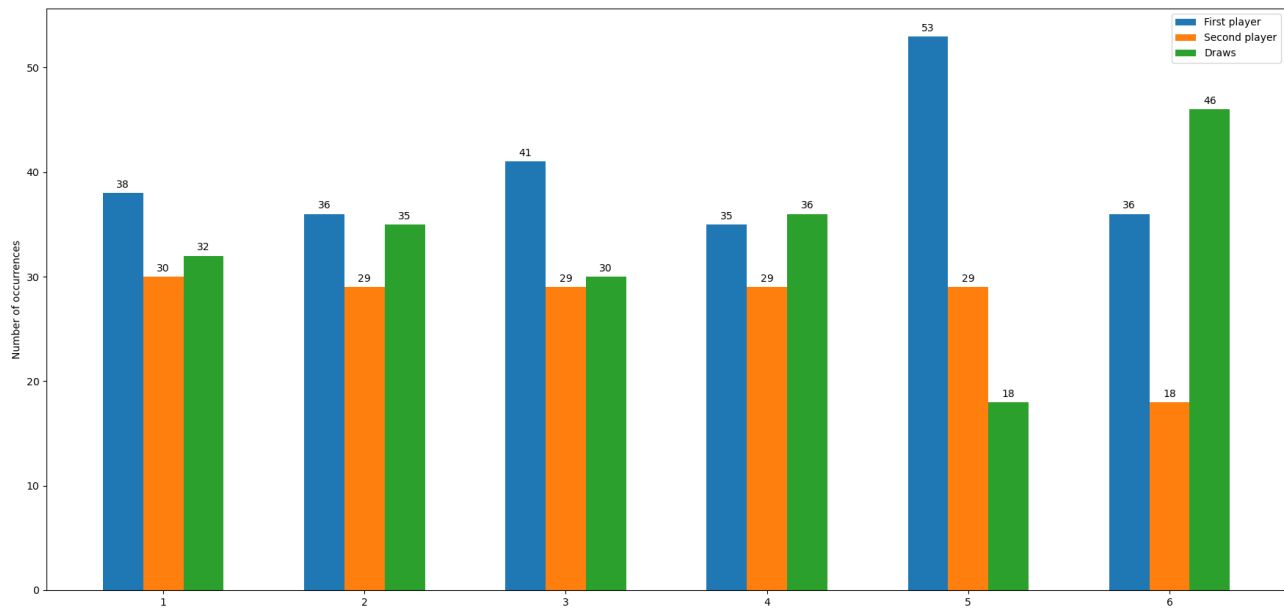
### Test szansy na zwycięstwo dwóch graczy minimaxowych w zależności od głębokości przeszukiwania i rozmiaru planszy.



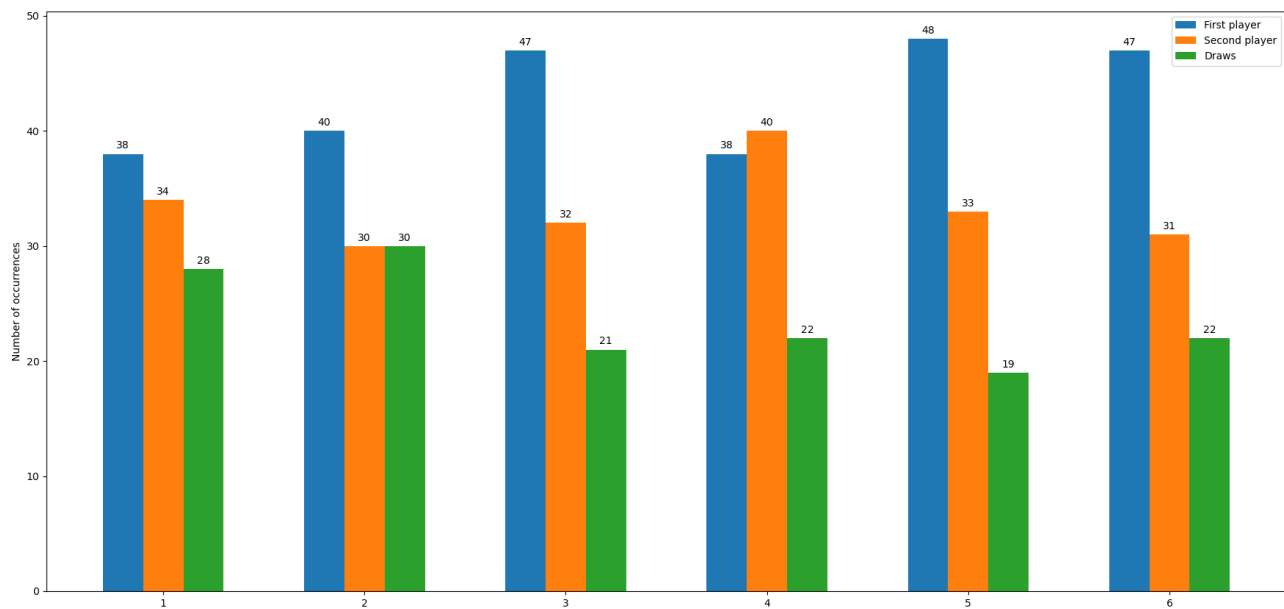
Zdjęcie 11: Porównanie wyników 100 odpaleń dla gracza minimax i minimax, plansza 3x3 z losowymi punktami startowymi w zależności od głębokości przeszukiwania.



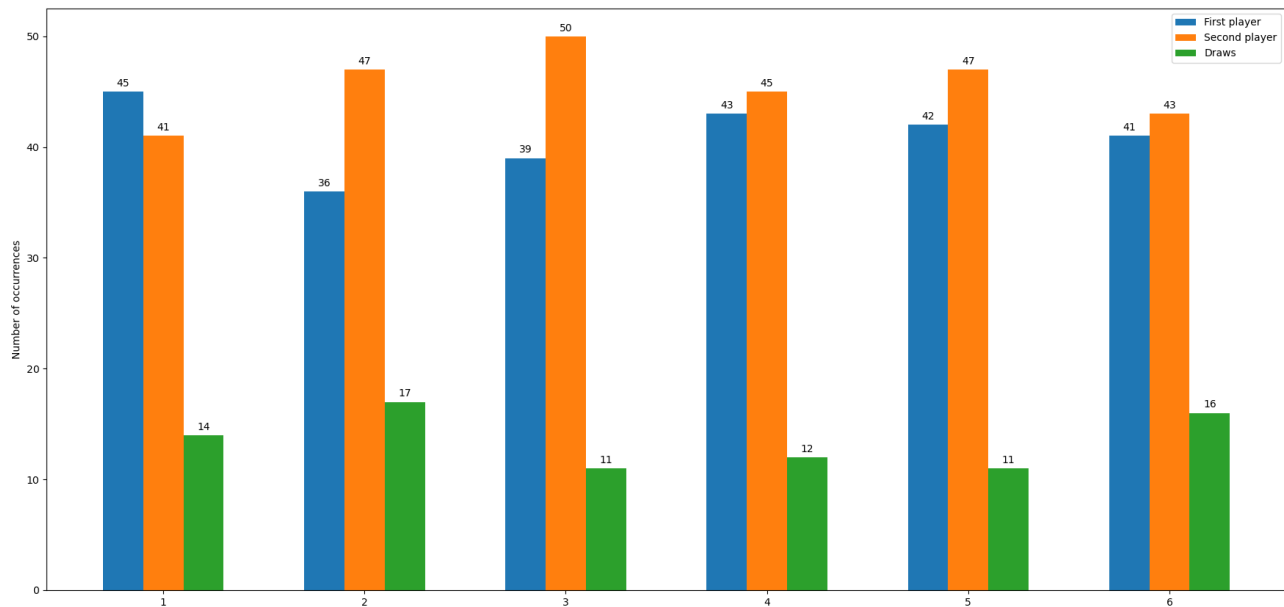
Zdjęcie 12: Porównanie wyników 100 odpaleń dla gracza minimax i minimax, plansza 4x4 z losowymi punktami startowymi w zależności od głębokości przeszukiwania



Zdjęcie 13: Porównanie wyników 100 odpaleń dla gracza minimax i minimax, plansza 5x5 z losowymi punktami startowymi w zależności od głębokości przeszukiwania



Zdjęcie 14: Porównanie wyników 100 odpaleń dla gracza minimax i minimax, plansza 6x6 z losowymi punktami startowymi w zależności od głębokości przeszukiwania



*Zdjęcie 15: Porównanie wyników 100 odpaleń dla gracza minimax i minimax, plansza 8x8 z losowymi punktami startowymi w zależności od głębokości przeszukiwania*

Dla dwóch graczy minimax wyniki zmieniły się znacząco. Gdy gracze nie wykonują losowych ruchów gra faworyzuje gracza pierwszego. Możliwe że jest to jedynie kwestia działania algorytmu, nie samej gry, jednak różnica ta zaciera się wraz ze zwiększaniem planszy, a w pewnym momencie więcej zwycięstw odnosi gracz drugi. Program wykonuje się jeszcze dłużej (plansza 4x4 – 30s, 5x5 – 164s, 6x6 – 514s, 8x8 – 2100s) Co pokazuje że algorytm minimax jest bardzo wymagający obliczeniowo w zastosowaniach które dotyczą bardziej złożonych problemów.



## 5. Wnioski

### Skuteczność algorytmu minimax:

- Algorytm minimax, który został zaimplementowany do gry Isolation, wydaje się być skutecznym narzędziem do podejmowania decyzji w grze między dwoma graczami.
- Wprowadzone założenia dotyczące zakończenia gry remisem w przypadku braku możliwości ruchu dla obu graczy oraz losowego wyboru pola o tej samej wartości dodają elementy losowości do gry.

### Czytelność drzewa decyzyjnego:

- Drzewa decyzyjne generowane przez algorytm minimax mogą stać się nieczytelne przy większych głębokościach przeszukiwania. W związku z tym warto rozważyć alternatywne metody wizualizacji lub analizy drzewa decyzyjnego.

### Analiza szansy na zwycięstwo dla graczy losowych:

- Gry pomiędzy dwoma graczami losowymi wykazują pewne niesprawiedliwości, gdzie drugi gracz ma większą szansę na zwycięstwo. Ta nierówność jest większa, gdy odległość między graczami jest większa, a także jest odwrotnie proporcjonalna do wielkości planszy.
- Dodatkowo zauważyć można, że na większych planszach występuje mniej remisów, co może wynikać z większej ilości możliwych ruchów.

### Analiza szansy na zwycięstwo dla gracza minimax przeciwko graczowi losowemu:

- Wartości szansy na zwycięstwo gracza minimaxowego rosną wraz z głębokością przeszukiwania. Jednakże, ze względu na wzrost czasu wykonania programu, istnieje pewne ograniczenie głębokości, które można zastosować w praktyce.
- Wnioski dotyczące wpływu wielkości planszy na wyniki potwierdzają wcześniejsze obserwacje.

### Analiza szansy na zwycięstwo dwóch graczy minimaxowych:

- W przypadku gry dwóch graczy korzystających z algorytmu minimax ciężko jest określić dokładnie zależności od głębokości przeszukiwań – raz więcej wygrywa gracz pierwszy a innym razem gracz drugi. Możliwe że jest to spowodowane małą próbą, która obarczona jest dużymi błędami statystycznymi. Również tutaj istnieje ograniczenie związane z czasem wykonania programu i jest ono jeszcze większe.
- Wnioski dotyczące wpływu wielkości planszy są tutaj inne i prawdopodobnie skorelowane z głębokością przeszukiwania planszy. Dodatkowo widoczny jest związek z wzrostem szansy na zwycięstwo gracza drugiego w stosunku do gracza pierwszego wraz ze wzrostem wielkości planszy.

### Podsumowanie:

- Algorytm minimax wydaje się być skutecznym narzędziem w grze Isolation, ale istnieją znaczne problemy związane z czasem wykonania w przypadku głębszych przeszukiwań i większych planszy.
- Nierówności w szansie na zwycięstwo pomiędzy graczami oraz wpływ wielkości planszy na wyniki stanowią istotne czynniki do uwzględnienia przy dalszych eksperymentach i optymalizacjach algorytmu. Szczególnie jeśli weźmiemy pod uwagę że dla dużych plansz z dwoma graczami minimax gra była częściej wygrywana przez gracza drugiego a dla mniejszych plansz przez gracza pierwszego, czego nie było w przypadkach gdzie występował gracz losowy, a możliwe jest że wynika to z początkowych ruchów które robi algorytm minimax i są one losowe (więc prawdopodobnym jest, że przy stałej głębokości przeszukiwań dostalibyśmy dla dużych plansz wykresy minimalnie zbliżone do wykresów dwóch graczy losowych, ale sprawdzenie tego wymaga zbyt dużego czasu na obliczenia).