

# Zadanie 3

## Algorytm MinMax

Kacper Kania

26.03.2024

### Treść zadania

W tym zadaniu zajmiecie się Państwo implementacją algorytmu MinMax dla gry „Kółko i krzyżyk”. MinMax jest jedną z metod przeszukiwania przestrzeni stanów gry, która pozwala wybierać ruchy w sposób optymalny dla danego stanu gry. Przykładowo, MinMax jest wykorzystywany w silniku Stockfish to gry w szachy (występuje tam ogrom innych optymalizacji pod szachy, ale idea pozostaje ta sama).

Państwa zadaniem jest:

- Implementacja logiki gry „Kółko i krzyżyk”.
- Implementacja algorytmu MinMax, który przyjmuje stan gry, akcję (oraz opcjonalnie czy w danym kroku funkcja jest maksymalizowana czy minimalizowana).
- Implementacja heurystyki *alpha pruning* (na wykładzie nazywa się algorytmem  $\alpha - \beta$ ).
- Zbadanie własności algorytmu opisanych poniżej.

Program można zaimplementować w formie konsolowej (prezentacja planszy ASCII) lub dowolnej biblioteki graficznej (np. PyGame). Gra musi być interaktywna (np. wprowadzając współrzędne z konsoli). Postarajcie się jak najmniej czasu spędzić na implementacji logiki gry.

### W sprawozdaniu

Należy:

- Zbadać liczbę odwiedzonych węzłów oraz głębokość drzewa dla wszystkich możliwych początkowych stanów gry (9 opcji) oraz 3 wybranych stanów „ze środka” gry. Należy zbadać również jak *alpha pruning* wpływa na głębokość drzewa i liczbę odwiedzanych węzłów.
- Zamieścić wykres zależności czasu wykonania algorytmu dla pojedynczego ruchu w zależności od postępu w grze z i bez *alpha pruningu*.

- Zamieścić „screenshoty” z gry.
- Napisać wnioski.

## Sugerowane sygnatury głównych metod

```
def evaluate_game(state: np.ndarray) -> int:  
    raise NotImplementedError
```

```
def minmax(  
    state: np.ndarray,  
    action: tuple[int, int],  
    maximizing: bool,  
) -> int:  
    raise NotImplementedError
```

```
def alpha_pruning(  
    state: np.ndarray,  
    action: tuple[int, int],  
    maximizing: bool,  
    alpha: int,  
    beta: int,  
) -> int:  
    raise NotImplementedError
```

Algorytm najłatwiej zaimplementować rekurencyjnie (wtedy `minmax` oraz `alpha_pruning` zawierają także parametr `depth` odpowiadający za aktualnie rozważaną głębokość drzewa).