

# Sprawozdanie z laboratorium PAiMSI

## Wstęp

Testowaną grą jest kółko i krzyżyk. Zastosowane algorytmy SI dają złudzenie posiadania przez komputer własnej inteligencji, dzięki podejmowaniu przez niego słusznych decyzji spośród wielu możliwych.

## Kółko i krzyżyk

Kółko i krzyżyk jest dwuosobową grą o sumie zerowej. Oznacza to, że każdy ruch gracza, będący dla niego zyskiem jest stratą drugiego gracza, równą co do wartości bezwzględnej zyskowi pierwszego. Z tego powodu, w każdym momencie gry, suma zysków jednego oraz strat drugiego gracza jest zawsze równa zero.

Grę w kółko i krzyżyk można reprezentować w programie komputerowym jako zbiór wszystkich możliwych stanów gry powiązanych ze sobą w sposób hierarchiczny za pomocą odpowiedniej struktury danych, która dla gier jest drzewem nazywanym drzewem rozwiązań gry. Stanem gry w kółku i krzyżyk jest rozmieszczenie symboli obu graczy na planszy 3 x 3 oraz nr ID gracza, który ma wykonać następny ruch.

Drzewo rozwiązań jest budowane przez stworzenie węzła-korzenia zawierającego początkowy stan gry a następnie dodawanie do każdego jego węzła węzłów podrzędnych przechowujących stany gry osiągalne z poprzedniego stanu po wykonaniu przez gracza jednego ruchu.

Stosowane techniki SI mają za zadanie zaplanować rozgrywkę dla komputera w taki sposób, aby doprowadzić do jego wygranej lub przynajmniej uchronić go przed porażką.

## Stosowane techniki SI

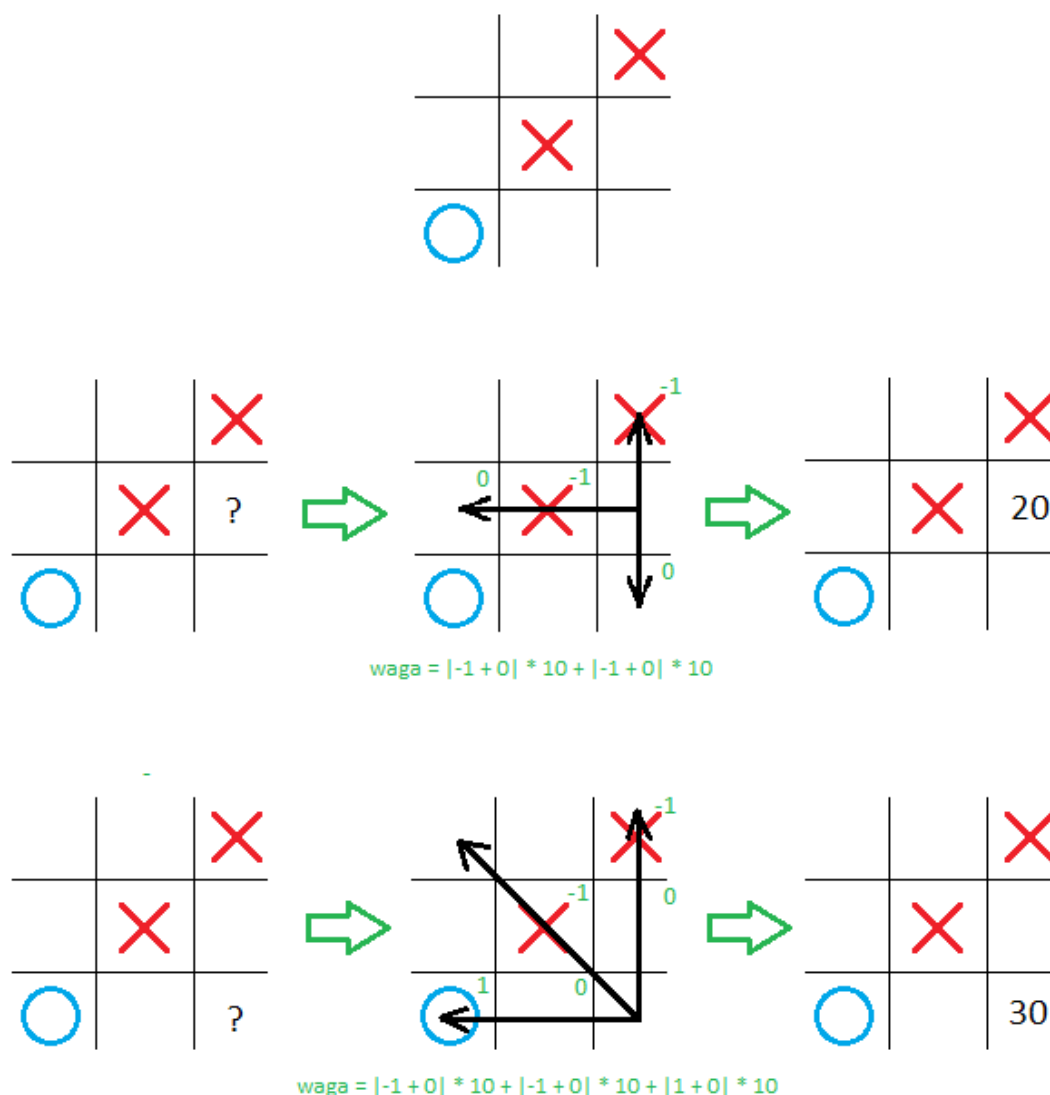
W grze wykorzystano zarówno całe jej rozwiązanie, czyli stworzone drzewo gry o pełnej wysokości, jak i ograniczony głębokością jego przeszukiwań algorytm minimax.

Algorytm minimax wykorzystywany do rozwiązywania gier o sumie zerowej operuje na drzewie rozwiązań gry. Jego działanie opiera się na wyborze następnego stanu gry według jakiegoś kryterium jakości, przypisanego każdemu stanowi. W przypadku algorytmu minimax, każdemu przejściu z dowolnego węzła drzewa do węzła z niższego poziomu można przypisać pewną liczbę całkowitą zwaną wagą. Dla graczy waga oznacza zysk lub stratę, przy czym zysk jednego gracza jest zawsze stratą drugiego. Algorytm minimax, wyznaczając najbardziej prawdopodobny przebieg gry, zakłada, że każdy z graczy dokona dla siebie najlepszego wyboru. Z tego powodu, na każdym poziomie drzewa rozwiązań wybiera on najlepszy stan zarówno dla gracza-człowieka jak i dla komputera.

Dla rozwiązania pełnego, gdy komputer ma do dyspozycji pełne drzewo gry, drzewo to zostaje przeszukane za pomocą algorytmu przeszukiwania wszerz, omijając w trakcie działania węzły prowadzące do porażki, jednocześnie szukając węzła wygrywającego. Takie działanie chroni komputer przed porażką w rozgrywce, gwarantując mu zawsze remis (gdy gracz-człowiek nie popełni błędu) lub wygraną.

W przypadku ograniczenia głębokości przeszukiwania drzewa, po przeszukaniu gra może nadal być nierozstrzygnięta. Oznacza to, że żaden węzeł nie prowadził do wygranej, a węzły końcowe nie oznaczały remisu. W takiej sytuacji rozwiązanie musi być ustalone przez zastosowanie algorytmu, który rozstrzygnie, jaki stan gry, spośród możliwych do wyboru, jest najlepszy. Aby to określić konieczne jest zastosowanie kryterium jakości, charakteryzującego stan gry. W tym celu użyto algorytmu minimax.

Algorytm do określenia jakości każdego stanu wykorzystuje funkcję ewaluacyjną  $F: S \rightarrow N$ , gdzie  $S$ , to zbiór możliwych stanów gry. Funkcja ta przyjmuje stan gry jako argument i zwraca liczbę całkowitą, będącą jego wagą (kryterium jakości). Zasady określania wagi są jednakowe zarówno dla gracza-człowieka jak i komputera. Na rysunku pokazano przykład wyznaczania wag dla stanu gry (ruch komputera - O):



Wyznaczanie wag zachodzi przy pierwszym przejściu przez drzewo jeszcze przed użyciem algorytmu minimax. Algorytm ten, podczas przechodzenia wstecz, na każdym poziomie drzewa wybiera węzeł o największej (poziom komputera) lub najmniejszej wadze (poziom gracza-człowieka). Po wybraniu węzła zadanie powtarza się dla węzłów podrzędnych ostatniemu wybranemu, aż do dojścia do ostatniego poziomu przeszukiwania.

## Podsumowanie

Gra w kółko i krzyżyk może zostać rozwiązana (mogą zostać wyznaczone wszystkie jej możliwe stany) na komputerze osobistym w rozsądnym czasie. Ilość możliwych stanów gry jest nie większa niż  $9! = 362880$ , ponieważ rozgrywka kończy się często przed dziewiątym ruchem.

Poziom inteligencji komputera przy ograniczonym przeszukiwaniu drzewa rozwiązań jest zależny od implementacji funkcji ewaluacyjnej. Zasady obliczania kryterium jakości, ustalone przez programistę gry determinują to, czy komputer wykona właściwy ruch, czy doprowadzi do swojej przegranej.

## Materiały

Andrzej Kisielewicz, *Sztuczna Inteligencja i Logika*, wydawnictwo WNT, Warszawa 2014

<http://lukasz.jelen.staff.iiar.pwr.wroc.pl/downloads/page1.html>

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Algorytm\\_min-max](https://pl.wikipedia.org/wiki/Algorytm_min-max)

[https://pl.wikipedia.org/wiki/Przeszukiwanie\\_wszerz](https://pl.wikipedia.org/wiki/Przeszukiwanie_wszerz)

<https://www.khanacademy.org/computing/computer-science/algorithms/breadth-first-search/a/the-breadth-first-search-algorithm>