

Algorytmy rozwiązywania gier

na przykładzie Reversi (Othello)

Mikołaj Robakowski, 212668

Wtorek 7:30

23.05.2016

Wprowadzenie

Reversi

gra planszowa dla dwóch osób, rozgrywana na planszy o wymiarach 8 na 8 pól (jak w szachach i warcabach) przy pomocy 64 białych i czarnych pionów. Należy do gier strategicznych, które charakteryzują się szybkimi zmianami sytuacji i wyników. Gra wymaga myślenia perspektywicznego. Jest znana od końca XVIII wieku, zyskała popularność w połowie XIX wieku w Europie. Największy sukces Polaka na międzynarodowej arenie to zdobycie tytułu Mistrza Europy przez Miłosza Cupiała w 2009 roku.

Źródło [[Wikipedia](#)]

Reversi jest grą o sumie zerowej, tzn. zysk jednego gracza powoduje proporcjonalne straty drugiego gracza. Tworzenie komputerowych graczy dla tego typu gier jest bardzo powszechne i dosyć łatwe, ponieważ ocena ruchu jest stosunkowo prosta (można ją łatwo wyrazić liczbowo). Do wybierania kolejnych ruchów można użyć metod optymalizacji jak algorytm MinMax.

Algorytm MinMax

metoda minimalizowania maksymalnych możliwych strat. Alternatywnie można je traktować jako maksymalizację minimalnego zysku (**maximin**). Wywodzi się to z teorii gry o sumie zerowej, obejmujących oba przypadki, zarówno ten, gdzie gracze wykonują ruchy naprzemiennie, jak i ten, gdzie wykonują ruchy jednocześnie. Zostało to również rozszerzone na bardziej skomplikowane gry i ogólne podejmowanie decyzji w obecności niepewności.

Źródło [[Wikipedia](#)]

Szybszym algorytmem przeszukiwania, który daje nie gorsze rezultaty od oryginalnego MinMax'a jest algorytm Alfa-Beta.

Algorytm Alfa-Beta

algorytm przeszukujący, redukujący liczbę węzłów, które muszą być rozwiązywane w drzewach przeszukujących przez algorytm min-max. Jest to przeszukiwanie wykorzystywane w grach dwuosobowych, takich jak kółko i krzyżyk, szachy, go. Warunkiem stopu jest znalezienie przynajmniej jednego rozwiązania czyniącego obecnie badaną opcję ruchu gorszą od poprzednio zbadanych opcji. Wybranie takiej opcji ruchu nie przyniosłoby korzyści graczowi ruszającemu się, dlatego też nie ma potrzeby przeszukiwać dalej gałęzi drzewa tej opcji. Ta technika pozwala zaoszczędzić czas poszukiwania bez zmiany wyniku działania algorytmu.

Źródło [[Wikipedia](#)]

Opis problemu i sposób realizacji

Celem pracy jest zaprojektowanie i implementacja różnych botów do gry Reversi oraz zbadanie ich jakości (ilość wygranych gier) oraz wydajności (czas oczekiwania na ruch).

Użyte heurystyki oceny stanu gry

Stosunek liczb dysków

Im lepszy stosunek liczby naszych dysków do liczby dysków przeciwnika, tym lepsza ocena stanu gry.

Mobilność

Im lepszy stosunek liczby naszych ruchów do liczby ruchów przeciwnika, tym lepsza ocena stanu gry.

Zajętość rogów

Rogi planszy są inherentnie stabilne – nie można zmienić koloru dysków tam postawionych. Na rogach można budować większe stabilne obszary. Ocena stanu gry to różnica liczby rogów zajętych przez gracza maksymalizującego i gracza minimalizującego. Heurystyka ta jest stosunkowo bezużyteczna gdy stosowana jako jedyna heurystyka oceny stanu gry.

Heurystyki złożone

Zastosowano także dwie heurystyki będące złożeniami wcześniej opisanych heurystyk.

- kombinacja liniowa heurystyk (ustalone wagi)
- kombinacja liniowa heurystyk (wagi zależne od ilości dysków na planszy)

Druga z tych heurystyk wykorzystuje fakt, że bardzo naiwna heurystyka, jaką jest stosunek liczb dysków, jest bardzo skuteczna w późnej grze, lecz bezużyteczna na początku gry.

Sortowanie węzłów do odwiedzenia

Algorytm Alfa-Beta polega w bardzo wysokim stopniu na kolejności węzłów w odwiedzanym poddrzewie. W celu potencjalnego przyspieszenia działania algorytmu zaproponowana została tania heurystyka oceny ruchu, opierająca się o następującą tablicę:

4	-3	2	2	2	2	-3	4
-3	-4	-1	-1	-1	-1	-4	-3
2	-1	1	0	0	1	-1	2
2	-1	0	1	1	0	-1	2
2	-1	0	1	1	0	-1	2
2	-1	1	0	0	1	-1	2
-3	-4	-1	-1	-1	-1	-4	-3
4	-3	2	2	2	2	-3	4

Źródło [[An Analysis of Heuristics in Othello](#)]

Węzły są sortowane (odpowiednio malejąco lub rosnąco, w zależności czy jesteśmy w węźle min czy max) według wartości obliczanej przez odjęcie od sumy wag pól z dyskami gracza sumy wag z pól z dyskami przeciwnika.

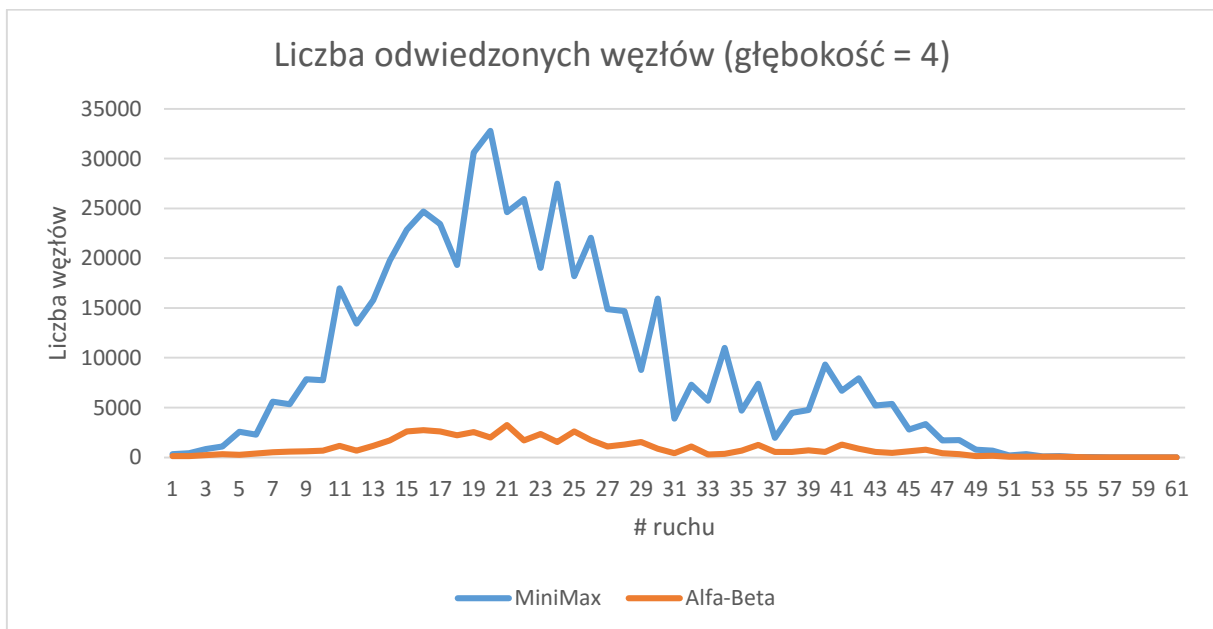
Wartości w tabeli odzwierciedlają ważność każdego z pól i zachęcają by grać w kierunku zdobycia rogów planszy.

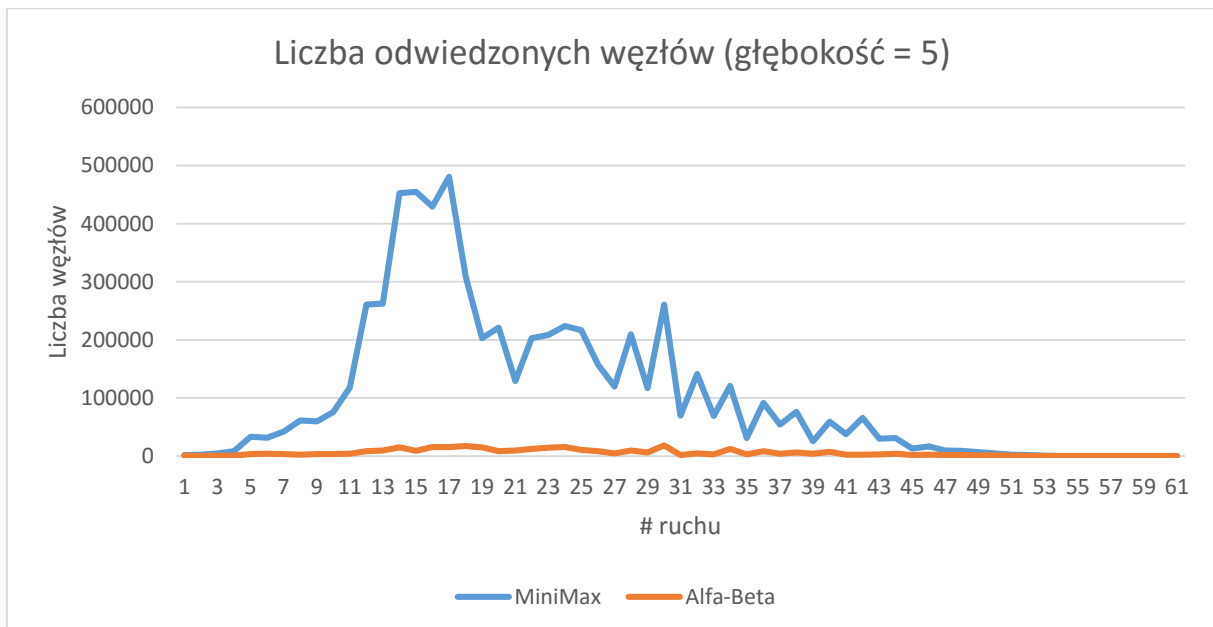
Wyniki i wnioski

Szybkość działania

Poniżej przedstawiono szybkości działania i ilości odwiedzonych węzłów w grach granych przez boty bazowane na algorytmie MiniMax i Alpha-Beta. W każdej grze udział brały dwa takie same boty. Zbadano drzewa o głębokościach 4 i 5. Wszystkie boty używały heurystyki hybrydowej z wagami zależnymi od liczby dysków na planszy.

Algorytm (głębokość)	Całkowity czas [ms]	Średni czas	Suma odwiedzonych węzłów	Średnia liczba odwiedzonych węzłów
MiniMax (4)	27587	452,25	542904	8900,07
Alfa-Beta (4)	3037	49,79	53725	880,74
MiniMax (5)	330372	5415,934	6320086	103608
Alfa-Beta (5)	17362	284,62	320390	5252,29

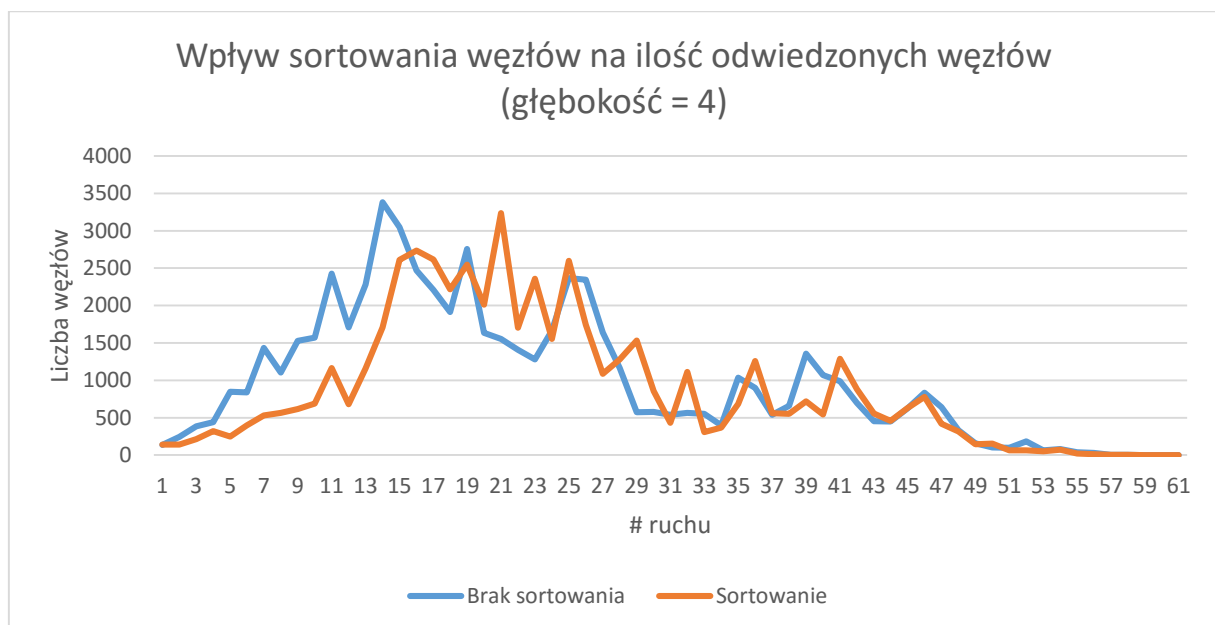
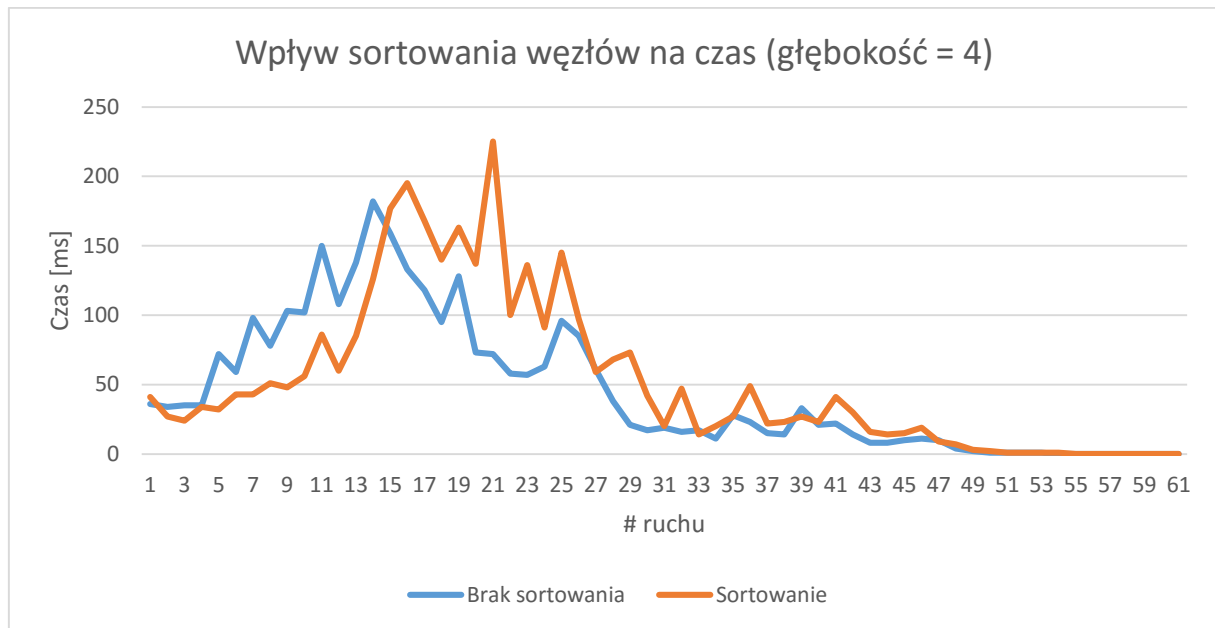


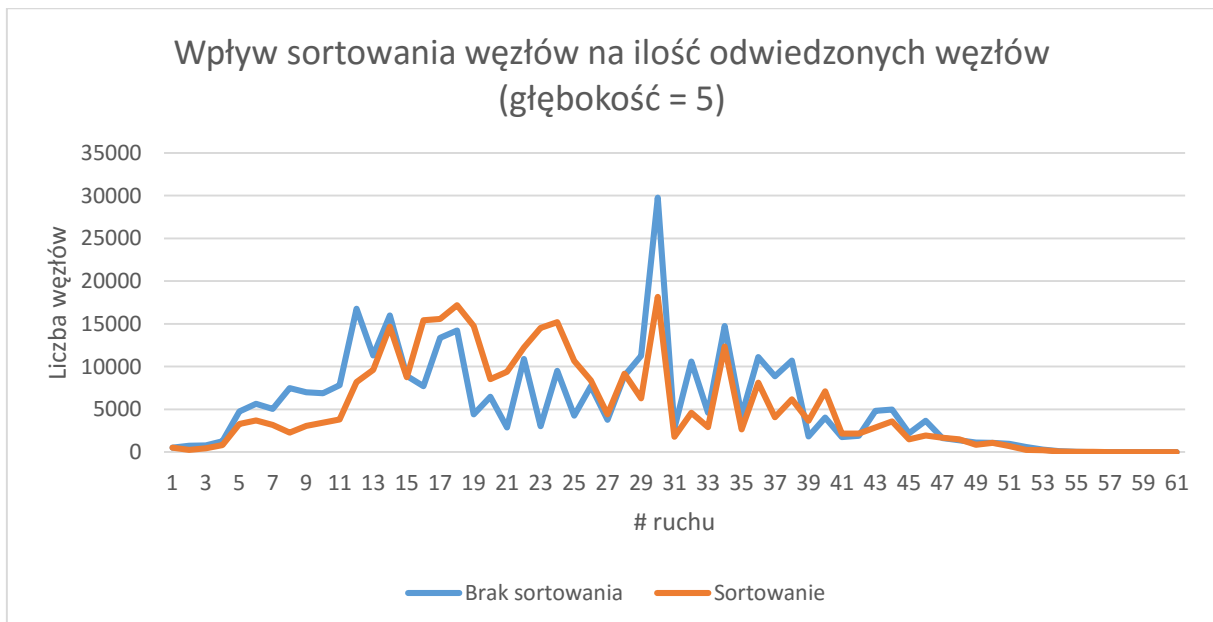
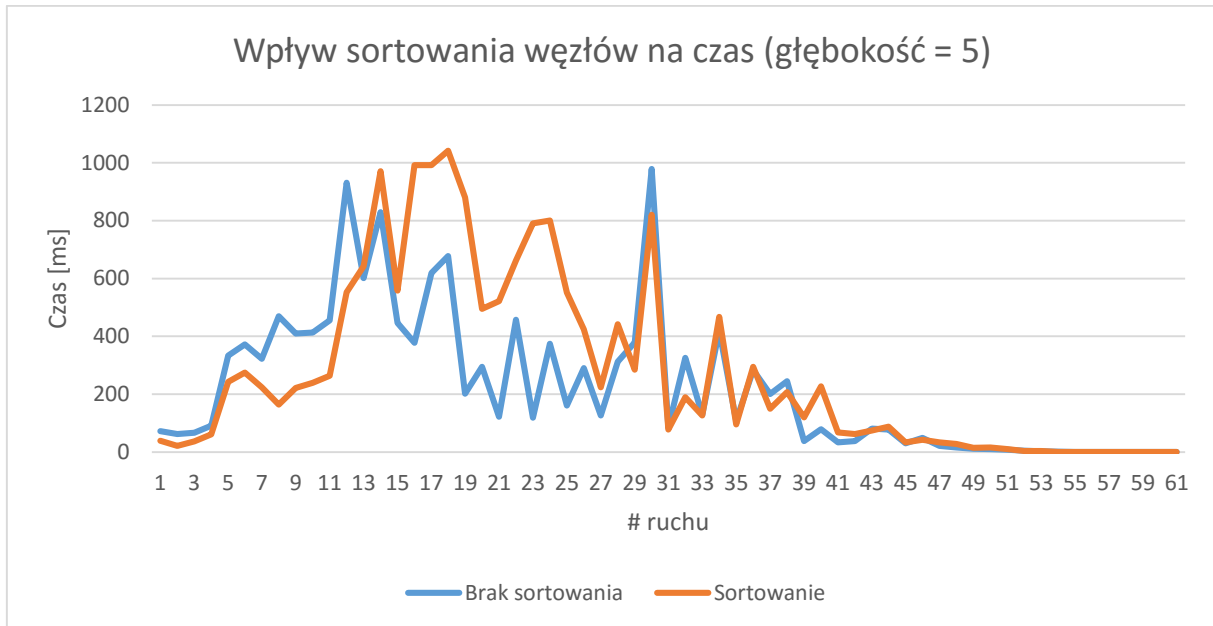


Z powyższych wyników można zaobserwować, że algorytm Alfa-Beta jest zawsze dużo lepszym wyborem. Widzimy także jak przesuwa się maksimum liczby odwiedzonych węzłów w zależności od lookaheadu, co pokrywa się z intuicją – im większy lookahead, tym wcześniej koniec drzewa stanu gry będzie bliżej niż wielkość danego lookaheadu, co skutkuje przesunięciem maksimum w stronę wcześniejszych ruchów.

Wpływ sortowania węzłów

W tej sekcji przedstawiono jaki wpływ ma sortowanie węzłów w algorytmie Alfa-Beta na czas wykonania i ilość odwiedzonych węzłów.





Na podstawie uzyskanych wyników można zaobserwować, że w przypadku tego problemu i dobranych heurystyk, stosowanie sortowania odwiedzanych węzłów nie ma sensu – co prawda zmniejsza ono sumę odwiedzonych węzłów (nieznacznie), ale zwiększa także nakład czasowy, przez co staje się nieopłacalne.

Porównanie jakości botów

Jako, że zarówno MiniMax jak i Alfa-Beta podejmują te same decyzje (lecz w różnym czasie) wszystkie gry zostały przeprowadzone z użyciem botów bazowanych na algorytmie Alfa-Beta, z różnymi wielkościami lookaheadu i różnymi heurystykami.

Strategia białego	Gł. b.	Strategia czarnego	Gł. c.	W. b.	W. c.
Zależna od ilości dysków	4	Zależna od ilości dysków	4	15	48
Zależna od ilości dysków	4	Kombinacja liniowa	4	8	56
Zależna od ilości dysków	4	Mobilność	4	56	4
Zależna od ilości dysków	4	Stosunek dysków	4	53	11
Kombinacja liniowa	4	Kombinacja liniowa	4	39	25
Kombinacja liniowa	4	Mobilność	4	58	6
Kombinacja liniowa	4	Stosunek dysków	4	56	8
Mobilność	4	Mobilność	4	1	53
Mobilność	4	Stosunek dysków	4	29	35
Stosunek dysków	4	Stosunek dysków	4	1	59
Zależna od ilości dysków	4	Zależna od ilości dysków	5	18	46
Zależna od ilości dysków	4	Kombinacja liniowa	5	20	44
Zależna od ilości dysków	4	Mobilność	5	50	14
Zależna od ilości dysków	4	Stosunek dysków	5	54	10
Kombinacja liniowa	4	Kombinacja liniowa	5	27	37
Kombinacja liniowa	4	Mobilność	5	49	15
Kombinacja liniowa	4	Stosunek dysków	5	49	15
Mobilność	4	Mobilność	5	24	40
Mobilność	4	Stosunek dysków	5	44	20
Stosunek dysków	4	Stosunek dysków	5	47	17
Zależna od ilości dysków	5	Zależna od ilości dysków	4	37	27
Zależna od ilości dysków	5	Kombinacja liniowa	4!!	20	44
Zależna od ilości dysków	5	Mobilność	4	63	0
Zależna od ilości dysków	5	Stosunek dysków	4	60	4
Kombinacja liniowa	5	Kombinacja liniowa	4	34	30
Kombinacja liniowa	5	Mobilność	4	60	4
Kombinacja liniowa	5	Stosunek dysków	4	57	7
Mobilność	5	Mobilność	4	50	14
Mobilność	5	Stosunek dysków	4	54	10
Stosunek dysków	5	Stosunek dysków	4	43	21
Zależna od ilości dysków	5	Zależna od ilości dysków	5	38	25
Zależna od ilości dysków	5	Kombinacja liniowa	5	57	6
Zależna od ilości dysków	5	Mobilność	5	45	19
Zależna od ilości dysków	5	Stosunek dysków	5	53	11
Kombinacja liniowa	5	Kombinacja liniowa	5	36	28
Kombinacja liniowa	5	Mobilność	5	47	17
Kombinacja liniowa	5	Stosunek dysków	5	55	9
Mobilność	5	Mobilność	5	38	26
Mobilność	5	Stosunek dysków	5	29	35
Stosunek dysków	5	Stosunek dysków	5	38	26

Z uzyskanych wyników można zaobserwować, że najlepszymi heurystykami są heurystyki złożone. Co ciekawe, prostsza z heurystyk złożonych (wagi niezależne od stanu gry) pobiła bardziej skomplikowaną przy lookaheadzie 4 ruchów do przodu. Jest to prawdopodobnie spowodowane niestarannym dobraniem wag i zależności wag od stanu gry.