WSI MinMax with alpha-beta prunning sprawozdanie

Małgorzata Grzanka

13.04.2024

Spis treści

1 Wstep

Celem zadania było zaimplementowanie algorytmu MinMax z mechanizmem przycinania alpha-beta w jezyku python. Do analizy działania algorytmu wykorzytam zaimplementowana przez siebie gre Dots and Boxes, która do ruchu bota wykorzystuje właśnie ten algorytm.

2 Sposób działania algorytmu

Algorytm Min-Max wykorzystywany jest przy programowaniu botów w deterministycznych grach dwuosobowych. Działa rekurencyjnie, wywołujac sie na kolejnych możliwych stanach gry do zadanej w hiperparametrach głebokości (aby w bardziej skomplikowanych grach rekurencja nie siegneła za daleko), tworzac drzewo gry. Każdy stan podlega ocenie za pomoca funkcji herystycznej. W algorytmie wyróżanimy dwóch draczy - Max oraz Min. Gracz Max daży do wybierania stanów o najwiekszej możliwej heurytyce, podczas gdy Min przeciwnie, wybiera stany o jak najmniejszej heurytyce.

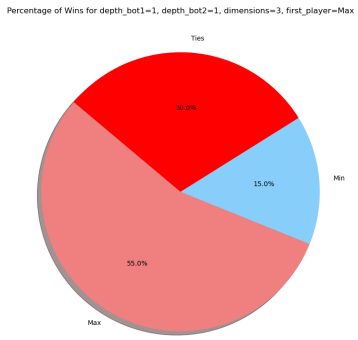
Budowanie drzewa gry, nawet ograniczajac głebokość, może być bardzo kostowne czasowo (zwłaszcza dla bardziej skomplikowanych gier, gdzie różnych możliwości ruchu jest dużo i heurytyka jest skomplikowana). Z tego powodu powszechnym jest stosowanie metody optymalizacyjnej - obcinania alpha-beta (alpha-beta pruning). Bazuje ona na tym, że każdy gracz robi najbardziej optymalny ruch. Alpha reprezentuje maksymalna wartość heurytyki dla Max, a beta - minimalna dla Min (a wiec dpowiednio najlepszy możliwy ruch dla tych dwóch graczy). Załóżmy, że rozpartujemy wezeł ruchu gracza Min. Z jednej gałezi heurstyka wyrzuciła wynik $\beta = 3$, a przy przeszukiwaniu nastepnej, wezeł gracza Max znajduje najlepsza dla siebie wartość $\alpha = 5$. Oznacza to, że Max wybierze wartość $>= 5$, ale Min nigdy do tej gałezi nie dopości, bo ma inna, lepsza dla siebie głaź z ocena $\beta = 3$ ($\alpha >= \beta$). Zatem odrzucamy dalsze rozpatrywanie gałezi $\alpha = 5$, uznajac to z strate czasu.

3 Hiperparametry

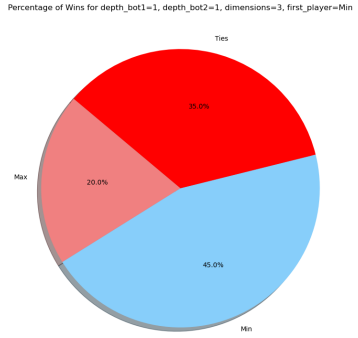
Najważniejszym hiperparametrem algorytmu jest głebokość przeszukiwania drzewa, której wpływ na wynik jego działania bede analizować, rozpatrujc gre Dots and Boxes dwóch botów korzystajacych z Min-Max o różnych głebokościach przeszukiwania.

4 Mała, taka sama głebokość

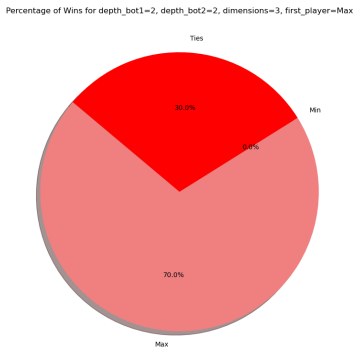
4.1 Wyniki



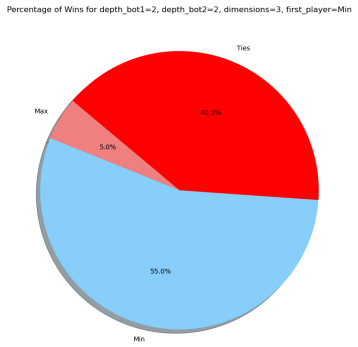
Rysunek 1: Procent wygranych dla głebokości Max = 1, głebokości Min = 1, wymiar planszy = 3, pierwszy ruch Max



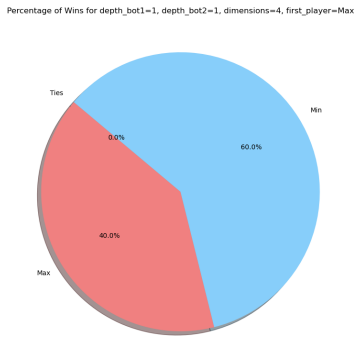
Rysunek 2: Procent wygranych dla głebokości Max = 1, głebokości Min = 1, wymiar planszy = 3, pierwszy ruch Min



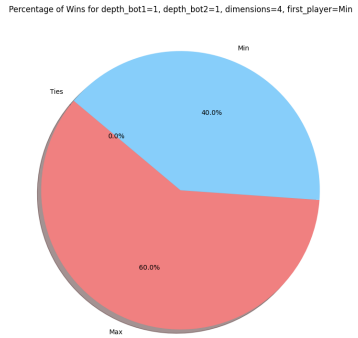
Rysunek 3: Procent wygranych dla głebokości Max = 2, głebokości Min = 2, wymiar planszy = 3, pierwszy ruch Max



Rysunek 4: Procent wygranych dla głebokości Max = 2, głebokości Min = 2, wymiar planszy = 3, pierwszy ruch Min



Rysunek 5: Procent wygranych dla głebokości Max = 1, głebokości Min = 1, wymiar planszy = 4, pierwszy ruch Max



Rysunek 6: Procent wygranych dla głebokości bot1 = 1, głebokości bot2 = 1, wymiar planszy = 4, pierwszy ruch Min

4.2 Wnioski

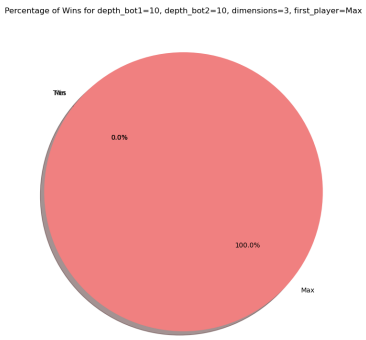
Dla bardzo małej głebokości (w tym wypadku 1 oraz 2), przeszukiwanie odbywa sie jedynie jeden, dwa ruchy do przodu. Oznacza to, że funkcja herystyczna oceniajaca dany ruch dla wiekszości poczatkowych ruchów zwraca ta sama wartość (dla heurytyki tej gry wynosi ona 0). Zatem wiekszość poczatkowych ruchów algorytmu jest zupełnie losowa. Oba boty używaja tego samego algorytmu, pracujacego na tej samej głebokości, zatem to, kto wygra, zależy od czynnika losowego. Po odpowiedniej ilości ruchów, gra osiaga stan, w którym mała głebokość cokolwiek przewiduje. To, kto wiecej razy zwycieżył (pierwszy czy drugi gracz), zależy od tego, ile każdy z graczy ma sprzyjajacych kombinacji po osiagnieciu tego stanu planszy (oba gracze ruszaja sie optymlanie).

Dla małej planszy (wymiar planszy = 3), losowe ruchy zajmuja wiekszość planszy, wiec ilość remisów jest duża. W wygranych przoduje gracz ruszajacy sie jako pierwszy, ponieważ ilość sprzyjajacych mu kombinacji poczatkowych, losowych ruchów jest wieksza. Warto zaznaczyć, że po zwiekszeniu głebokości, ilość zwyciestw gracza zaczynajacego gre sie zwieksza (gra faworyzuje jego, przy braku czynnika losowego to on bedzie zawsze wygrywał).

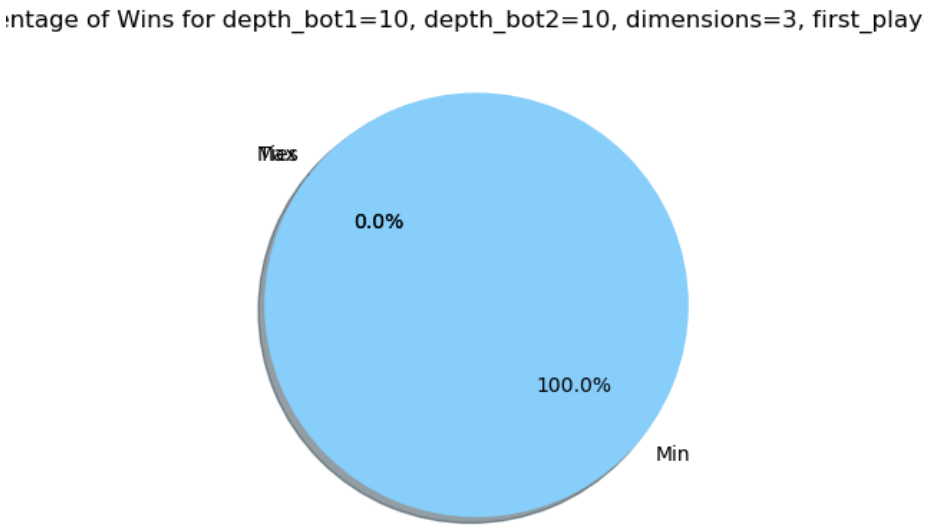
Dla planszy wiekszej (wymiar planszy = 4), losowe ruchy nie zajmuja wiekszości gry, przez co ilość remisów znaczaco maleje. Wiecej wygranych (choć niewiele, w tym wypadku procent wygranych prawie sie stabilizuje), uzyskuje gracz zaczynajacy gre jako drugi. W tym wypadku to on ma wiecej sprzyjajacych mu losowych kombinacji poczatkowych planszy.

5 Duża, taka sama głębokość

5.1 Wyniki



Rysunek 7: Procent wygranych dla głębokości Max = 10, głębokości Min = 10, wymiar planszy = 3, pierwszy ruch Max



Rysunek 8: Procent wygranych dla głebokości Max = 10, głebokości Min = 10, wymiar planszy = 3, pierwszy ruch Min

5.2 Wnioski

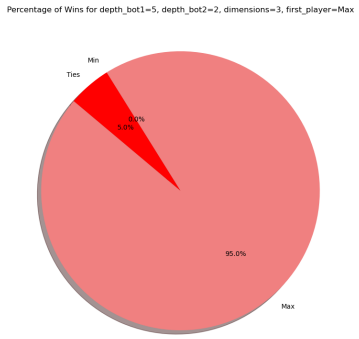
Dla planszy o rozmiarze 3x3 głebokościa, dla której żadny poczatkowy ruch nie jest losowy, jest głebokość równa 10. Dla wiekszych planszy, ze wzgledu na wieksza ilość pól do przewidzenia, liczba ta może wzrastać.

Przy braku losowych ruchów poczatkowych, zwyciesca jest zawsze tylko jeden i jest on zależny od rodzaju planszy (w tym przypadku, jej rozmiaru). Jak widać na wykresie powyżej, przy głebokości 10, dla planszy o wymiarach 3x3, zawsze zwycieża gracz, który zaczyna gre jako pierwszy. Dla małych głebokości, to on wygrywał najcześciej, ale czynnik losowy prowadził także do remisów i wygranych przeciwnego gracza.

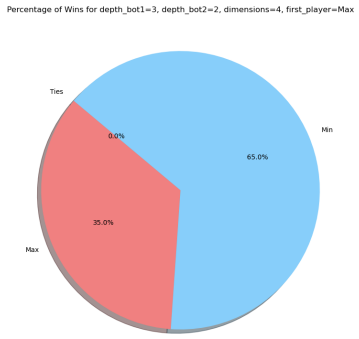
6 Nierówna głebokość przeszukiwania

6.1 Głebokość pierwszego gracza wieksza

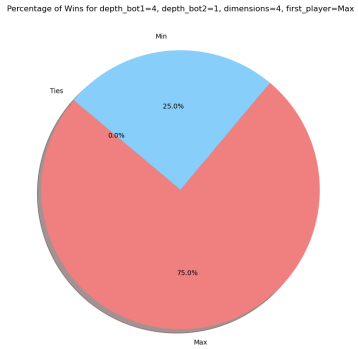
6.1.1 Wyniki



Rysunek 9: Procent wygranych dla głebokości Max = 5, głebokości Min = 2, wymiar planszy = 3, pierwszy ruch Max



Rysunek 10: Procent wygranych dla głebokości Max = 3, głebokości Min = 2, wymiar planszy = 4, pierwszy ruch Max



Rysunek 11: Procent wygranych dla głebokości Max = 4, głebokości Min = 1, wymiar planszy = 4, pierwszy ruch Max

6.1.2 Wnioski

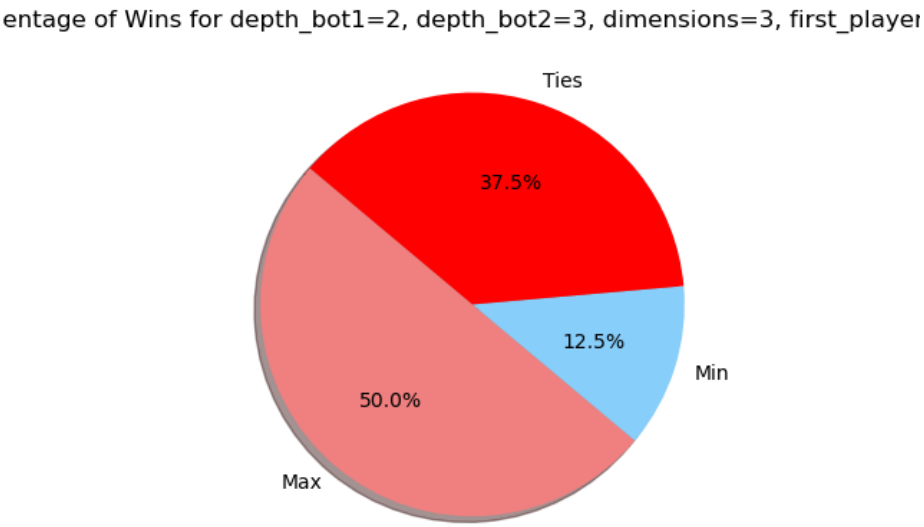
W przypadku małych głebokości, losowość na planszy 3x3 prowadziła do wiekszej ilości wygranych gracza zaczynajacego gre. W tym wypadku, posiada on jeszcze dodatkowo wieksza głebokość, wiec wygrywa jeszcze wiecej razy. Jego herystyka szybciej zaczyna dawać jakieś predykcje i może korzytać na, najcześciej błednych, losowych ruchach przeciwnkia. Tak wiec sprzyja mu zarówno plansza, jak i głebokość.

Jeśli chodzi o plansze 4x4, w tym przypadku kombinacje losowych poczatkowych ruchów były bardziej korzystne dla gracza drugiego. Po zwiekszeniu głebokości dla gracza pierwszego do 3, nic to nie pomogło - kombinacje na planszy, które były uzyskiwane przed tym, jak jego heurystyka zaczeła zwracać jakieś wartości, dalej graczowi pierwszemu nie sprzyjały. Dopiero dla głebokości 4 (głebokość drugiego zmniejszono na 1) pierwszy gracz zaczał cześciej wygrywać.

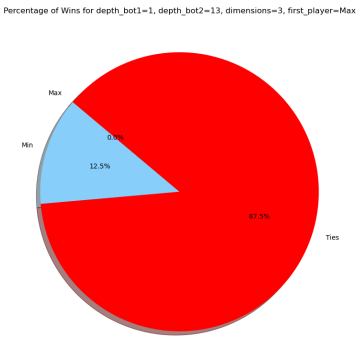
Dla planszy 3x3 i dużych głebokości, nawet przy takiej samej wartości głebokości zawsze wygrywał gracz zaczynajacy gre, zatem podobnie jest, gdy to on ma wieksza głebokość.

6.2 Głebokość drugiego gracza wieksza

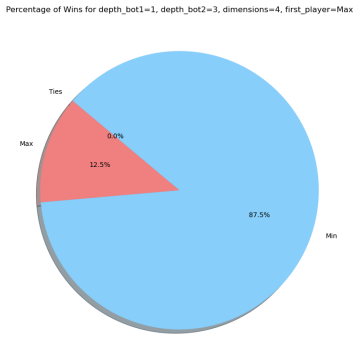
6.2.1 Wyniki



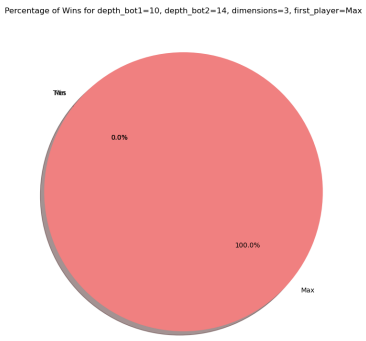
Rysunek 12: Procent wygranych dla głebokości Max = 2, głebokości Min = 3, wymiar planszy = 3, pierwszy ruch Max



Rysunek 13: Procent wygranych dla głebokości Max = 1, głebokości Min = 13, wymiar planszy = 3, pierwszy ruch Max



Rysunek 14: Procent wygranych dla głebokości Max = 1, głebokości Min = 3, wymiar planszy = 4, pierwszy ruch Max



Rysunek 15: Procent wygranych dla głebokości Max = 10, głebokości Min = 14, wymiar planszy = 4, pierwszy ruch Max

6.2.2 Wnioski

W przypadku małych głebokości, losowość na planszy 3x3 prowadziła do wiekszej ilości zwyciestw gracza zaczynajacego. Po ustawieniu głebokości dla gracza 1 wynoszacej 2, a dla gracza 2 wynoszacej 3, nic sie nie zmieniło - kombinacje na planszy, które były uzyskiwane przed tym, jak heurystyka drugiego zaczeła zwracać jakieś wartości, dalej mu nie sprzyjały. Wzrost zwyciestw gracza drugiego w stosunku do zwyciestw gracza pierwszego zaczał być dopiero widoczny dla ustawieniu jego głebokości na 13, a głebokości pierwszego na 1 - pomimo złych poczatkowych kombinacji, heurytyka dla gracza drugiego zaczeła szybciej identyfikować dobre ruchy i przynajmniej zapobiegała zwyciestwu pierwszego (ogromna wiekszość to remisy).

Dla planszy 4x4 czesciej wygrywał gracz drugi, wiec po zwiekszeniu jego głebokości przeszkiwania wzgledem pierwszego, zaczał wygrywać jeszcze wiecej razy.

Dla planszy 3x3 i dużych głebokości (takich, które likfidowały losowy element poczatkowych ruchów), wygrywał gracz zaczynajacy gre. Zwiekszajac głebokość drugiego gracza do 14, można zauważyć, że i tak zwycieża gracz zaczynajacy gre - plansza 3x3, zakładajac że oba graja optymalnie, to właśnie jego faworyzuje.