



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA
W KRAKOWIE**

WYDZIAŁ GEOLOGII, GEOFIZYKI I OCHRONY ŚRODOWISKA

KATEDRA GEOINFORMATYKI I INFORMATYKI STOSOWANEJ

Praca dyplomowa

Projekt silnika szachowego z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji

Chess engine design using artificial intelligence methods

Autor: **Bartłomiej Kózka**

Kierunek studiów: *Inżynieria i Analiza Danych*

Opiekun pracy: *Prof. dr hab. inż. Norbert Skoczylas*

Kraków, 2025

Spis treści

Spis ilustracji	2
1 Wstęp	3
2 Cel pracy	5
3 Zasady gry w szachy	6
4 Projekt silnika szachowego	7
5 Użyte technologie	8
6 Implementacja silnika	9
7 Analiza rezultatów i wydajności poszczególnych wersji silnika	10
8 Wnioski	11

Spis rysunków

1. Wstęp

Sztuczna inteligencja (SI) stała się nieodłącznym elementem współczesnej technologii, wpływając na niemal każdy aspekt życia codziennego. Choć obecnie największą uwagę mediów i badaczy przyciągają generatywne modele językowe, nie należy zapominać o fundamentalnych metodach, które ukształtowały tę dziedzinę. Jednym z kluczowych obszarów, znajdującym szerokie zastosowanie w grach logicznych, jest przeszukiwanie przestrzeni stanów. Metody te stanowią podwaliny klasycznej sztucznej inteligencji, co zauważać można już w pionierskich pracach Allena Newella i Herberta Simona. Stworzyli oni "General Problem Solver"(GPS) – program zaprojektowany do rozwiązywania dowolnego problemu, który da się zdefiniować za pomocą skończonego zbioru reguł formalnych.

Szachy to deterministyczna, strategiczna gra planszowa o tzw. pełnej informowalności, pozbawiona elementów losowych. Jej geneza sięga VII wieku i indyjskiej gry Czaturanga. Po dotarciu do Europy gra ewoluowała, przyjmując współczesny system poruszania się figur pod koniec XV wieku, natomiast ostateczna standaryzacja reguł turniejowych nastąpiła w drugiej połowie XIX wieku. Obecnie szachy są jedną z najbardziej rozpowszechnionych gier logicznych na świecie, angażującą miliony graczy i stanowiącą idealne środowisko do badań nad sztuczną inteligencją.

Trafność wyboru tej gry jako domeny badawczej podkreślił rosyjski informatyk Alexander Kronrod, wypowiadając słynne zdanie: „Szachy są drozofilą sztucznej inteligencji”. Przez to porównanie do muszki owocowej – organizmu modelowego w genetyce – wskazał on na szachy jako idealne środowisko do izolowania i badania mechanizmów intelektualnych. Kronrod przestrzegał jednak, aby rozwój dziedziny nie zmienił się w „wyścigi muszek owocowych”, gdzie nacisk kładziony jest wyłącznie na wynik, a nie na zrozumienie procesów myślowych. Historia pokazała jednak, że to właśnie surowa siła obliczeniowa stała się kluczem do dominacji maszyn. Punktem zwrotnym w historii tej dyscypliny był rok 1997, kiedy to superkomputer "Deep Blue" firmy IBM pokonał urzędującego mistrza świata, Garriego Kasparowa. Był to pierwszy przypadek w historii, gdy maszyna wygrała mecz z najlepszym szachistą globu w standardowych warunkach turniejowych. Wydarzenie to uznawane jest za kamień milowy w rozwoju informatyki, symbolicznie otwierający nową erę. Od tego momentu silniki szachowe przestały być postrzegane wyłącznie jako ciekawostka technologiczna, stając się potężnymi narzędziami analitycznymi, które dziś nie tylko przewyższają człowieka zdolnościami obliczeniowymi, ale także służą do treningu i podnoszenia poziomu gry zawodników.

Kluczowym wyzwaniem w projektowaniu współczesnych silników szachowych jest optymalizacja procesu decyzyjnego. Ze względu na tzw. eksplozję kombinatoryczną, liczba możliwych wariantów partii przekracza możliwości obliczeniowe jakiegokolwiek komputera, co uniemożliwia pełne przeszukanie drzewa gry. Z tego powodu nowoczesne silniki nie analizują każdej możliwości, lecz wykorzystują zaawansowane heurystyki, pozwalające na "odcinanie" nieperspektywicznych gałęzi (pruning). Takie podejście umożliwia znalezienie optymalnego lub bliskiego optymalnemu ruchu w ścisłe ograniczonym czasie, co jest warunkiem koniecznym w rozgrywkach turniejowych. Efektywność tych algorytmów decyduje o "sile" silnika szachowego znacznie bardziej niż surowa moc obliczeniowa sprzętu.

Reasumując, zastosowanie metod sztucznej inteligencji, a w szczególności algorytmów przeszukiwania przestrzeni stanów w grach takich jak szachy, pozostaje kluczowym obszarem badań w informatyce. Gry te stanowią doskonałe środowisko do weryfikacji efektywności algorytmów, łącząc teorię z praktycznymi wyzwaniami optymalizacyjnymi. Projektowanie silnika szachowego nie jest zatem jedynie próbą stworzenia wirtualnego przeciwnika, lecz przed wszystkim ambitnym zadaniem inżynierskim, pozwalającym na praktyczne zmierzenie się z problemem wysokiej złożoności obliczeniowej.

2. Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest zaprojektowanie i implementacja silnika szachowego wykorzystującego metody sztucznej inteligencji. Kluczowym elementem badań jest analiza wpływu wybranych algorytmów optymalizujących przeszukiwanie drzewa gry na wydajność obliczeniową programu. Ponadto, praca obejmuje porównanie różnych wariantów heurystycznych funkcji oceny pozycji oraz zbadanie, w jaki sposób zastosowane metody przekładają się na ostateczną siłę gry silnika.

Układ pracy odzwierciedla przyjętą metodologię badawczą i został podzielony na część teoretyczną oraz praktyczną. Część teoretyczna zawiera szczegółowy opis algorytmu Minimax, stanowiącego fundament działania silnika szachowego. W dalszej kolejności omówiono kluczowe algorytmy optymalizacyjne, takie jak odcięcia Alpha-Beta (Alpha-Beta Pruning), pogłębianie iteracyjne (Iterative Deepening) oraz przeszukiwanie wyciszeń (Quiescence Search). Rozdział ten zamyka charakterystyka funkcji heurystycznych wykorzystywanych do statycznej oceny pozycji.

Część praktyczna koncentruje się na weryfikacji eksperymentalnej zaimplementowanego rozwiązania. Siła gry silnika została zmierzona na podstawie serii turniejów rozegranych z innymi silnikami szachowymi. Przeprowadzono również analizę porównawczą, badającą wpływ poszczególnych metod optymalizacji oraz wariantów funkcji oceny na ostateczną skuteczność i ranking silnika.

3. Zasady gry w szachy

4. Projekt silnika szachowego

5. Użyte technologie

6. Implementacja silnika

7. Analiza rezultatów i wydajności po- szczególnych wersji silnika

8. Wnioski