



POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Wydział Informatyki i Telekomunikacji

Instytut Informatyki

Praca magisterska

*Analiza wpływu stosowania fundamentalnych strategii
szachowych na wyniki rozgrywek*

Autorzy

Mazurowski Wojciech, 140746

Stelmasiak Mateusz, 140783

Promotor

dr inż. Anna Grocholewska-Czuryło

Poznań, 2023

„Podczas głośnego turnieju szachowego w Nowym Jorku w 1924 roku polski szachista Ksawery Tartakower zagrał przeciwko Gwie Maróczyemu nieregularne otwarcie, przesuwając piona z pola b2 na b4. Na pytanie, dlaczego je wybrał, odpowiedział, że był to rezultat konsultacji z orangutanem, przed którego klatką spędził czas podczas przedpołudniowej wycieczki do słynnego zoo na Bronksie. Odtąd nazywał je “debiutem orangutana”.”

~ Kasper Bajon

Abstract

Analysis of the impact of following basic chess principles on game results

This Master's thesis investigates the impact of four fundamental chess strategies: rook(s) on the seventh rank, quick piece development, quick castling, and controlling the center. The heuristics regarding these strategies were obtained from diverse sources including chess literature and online publications. The data for the study was drawn from sub-elite, elite, and chess engine games sourced from platforms such as Lichess and TCEC.

Two primary approaches, namely, the analytical and empirical methods, were employed. The analytical method involved identifying and assessing games where specific heuristics were implemented and their effect on the outcome. The empirical method entailed examining moments in games where a given strategy could have been applied, using the Stockfish chess engine.

The thesis uncovers nuanced dynamics in traditionally espoused strategies of early castling and quick piece development, challenging their presumed efficacy. Conversely, it affirms the positive impact of strategies such as controlling the center and positioning rooks on the seventh rank, in alignment with established chess wisdom.

Despite some limitations related to data diversity and computational challenges, this study offers valuable insights into how basic chess strategies influence game outcomes. The results have implications for the development of more refined chess strategies and the future design of chess engines.

Streszczenie

Analiza wpływu stosowania fundamentalnych strategii szachowych na wyniki rozgrywek

Niniejsza praca magisterska bada wpływ zastosowania czterech fundamentalnych strategii szachowych na wyniki rozgrywek. Są to kolejno: wieża/wieże na siódmce, szybki rozwój figur, szybka roszada i kontrola centrum. Heurystyki dotyczące tych strategii zostały uzyskane z różnych źródeł, w tym z literatury szachowej i publikacji internetowych. Dane do badania zostały zaczerpnięte z gier sub-elitarnych, elitarnych i szachowych pochodzących z platform takich jak Lichess i TCEC. Zastosowano dwa główne podejścia, a mianowicie metodę analityczną i empiryczną. Metoda analityczna polegała na identyfikacji i ocenie gier, w których zastosowano określone heurystyki i ich wpływ na wynik. Metoda empiryczna polegała na badaniu momentów w grach, w których można było zastosować daną strategię, przy użyciu silnika szachowego Stockfish.

Przeprowadzone badania odkryły zniuansowaną dynamikę w tradycyjnie popieranych strategiach wczesnej roszady i szybkiego rozwoju figur, kwestionując ich domniemaną skuteczność. Z drugiej strony, zgodnie z powszechną mądrością szachową praca potwierdza pozytywny wpływ strategii takich jak kontrolowanie centrum i pozycjonowanie wież na siódmej pozycji, na odsetek zwycięstw. Pomimo pewnych ograniczeń związanych z różnorodnością danych i wyzwaniem obliczeniowym, badanie to oferuje cenny wgląd w to, jak podstawowe strategie szachowe wpływają na wyniki rozgrywek.

Spis treści

Wykaz Stosowanych Akronimów	6
1. WSTĘP	7
1.1 Cel i motywacja	7
1.2 Zakres i struktura pracy	8
1.3 Podział prac	9
2. PRZEGLĄD LITERATURY	11
2.1 Podstawy teoretyczne szachów	11
2.2 Czynniki wpływające na wyniki rozgrywek szachowych	12
2.3 Fundamentalne strategie szachowe	13
3. DANE WEJŚCIOWE	17
3.1 Dane graczy sub-elitarnych	17
3.2 Dane graczy elitarnych	19
3.3 Dane silników szachowych	21
3.4 Struktura danych	23
3.5 Ograniczenia danych wejściowych	24
4. METODY ANALIZY	26
4.1 Metoda analityczna	26
4.2 Metoda empiryczna	26
5. IMPLEMENTACJA	28
5.1 Użyte narzędzia i biblioteki języka Python	28
5.2 Silnik szachowy stockfish	28
5.3 Optymalizacja	29
6. ANALIZA WPLYWU HEURYSTYKI ROSZUJ WCZEŚNIE NA WYNIKI ROZGRYWEK SZACHOWYCH	30
6.1 Wprowadzenie teoretyczne	30
6.2 Metoda analityczna – przebieg i wyniki	31
6.2.1 Wyniki dla danych sub-elitarnych	32
6.2.2 Wyniki dla danych elitarnych	33
6.2.3 Wyniki dla danych silników szachowych	34
6.3 Metoda empiryczna – przebieg i wyniki	37
6.4 Porównanie z literaturą	38
6.5 Wnioski	40
7. ANALIZA WPLYWU HEURYSTYKI WIEŻA/WIEŻE NA SIÓDEMCE NA	

WYNIKI ROZGRYWEK SZACHOWYCH	41
7.1 Wprowadzenie teoretyczne	41
7.2 Metoda analityczna	43
7.2.1 Wyniki dla danych sub-elitarnych	43
7.2.2 Wyniki dla danych elitarnych	44
7.2.3 Wyniki dla danych TCEC	45
7.3 Porównanie z literaturą	46
7.4 Wnioski	47
8. ANALIZA WPLYWU HEURYSTYKI ROZWIŃ SWOJE FIGURY WCZEŚNIE NA WYNIKI ROZGRYWEK SZACHOWYCH	49
8.1 Wprowadzenie teoretyczne	49
8.2 Metoda analityczna – przebieg i wyniki	50
8.2.1 Wyniki dla danych sub-elitarnych	51
8.2.2 Wyniki dla danych elitarnych	54
8.2.3 Wyniki dla danych TCEC	56
8.3 Metoda empiryczna – przebieg i wyniki	57
8.3.1 Wyniki dla danych sub-elitarnych	58
8.3.2 Wyniki dla danych elitarnych	58
8.3.2 Wyniki dla danych TCEC	59
8.4 Porównanie z literaturą	59
8.5 Wnioski	60
9. ANALIZA WPLYWU HEURYSTYKI KONTROLUJ CENTRUM NA WYNIKI ROZGRYWEK SZACHOWYCH	62
9.1 Wprowadzenie teoretyczne	62
9.2 Metoda analityczna – przebieg i wyniki	64
9.2.1 Poziom centralizacji	64
9.2.2 Poziom ataku	69
9.3 Metoda empiryczna– przebieg i wyniki	71
9.3.1 Poziom centralizacji	72
9.3.2 Poziom ataku	73
9.4 Wnioski	74
10. PODSUMOWANIE	76
10.1 Propozycje dalszych badań	78
Literatura	79

Wykaz Stosowanych Akronimów

API	ang. <i>Application Programming Interface</i>
CHC	ang. <i>Cattell–Horn–Carroll</i>
CCRL	ang. <i>Computer Chess Rating Lists</i>
FEN	ang. <i>Forsyth–Edwards notation</i> ; Notacja Forsytha-Edwardsa
FIDE	fr. <i>Fédération Internationale des Échecs</i> ; Międzynarodowa Federacja Szachowa
FM	ang. <i>Fide Master</i> ; <i>Mistrz Fide</i>
IM	ang. <i>International Master</i> ; <i>Mistrz Międzynarodowy</i>
ONZ	pl. Organizacja Narodów Zjednoczonych
TCEC	ang. <i>The Top Chess Engine Championships</i>
UCI	ang. <i>Universal Chess Interface</i>

1. WSTĘP

Szachy to jedna z najstarszych i najpopularniejszych gier planszowych na świecie. Jak podaje ONZ, około 70% dorosłych (w USA, UK, Niemczech, Rosji i Indiach) przynajmniej raz w życiu rozegrało partię szachów [83]. Forma gry zmieniała się wielokrotnie od swoich najwcześniejszych postaci, powstałych w Indiach. Zasady, które znamy dzisiaj, zostały unormowane dopiero około XVI wieku [79].

Jednak szachy nie przestały wtedy ewoluować. Pod koniec XIX wieku, niedługo po organizacji pierwszych większych turniejów, wprowadzono oficjalny tytuł mistrza świata w szachach. Właśnie wtedy, zaczęło się rozwijać wiele różnorodnych stylów gry [79]. W 2023 roku, pule nagród w turniejach szachowych potrafiły wynosić nawet 2 000 000 euro [41]. Mimo ogromnej popularności szachów, w dzisiejszych czasach zauważalny jest rosnący trend zainteresowania tą grą [34].

To wielkie i stale rosnące zainteresowanie generuje zapotrzebowanie na materiały edukacyjne, które pomogą nowym graczom zrozumieć i opanować tę złożoną grę. W szczególności pożądane są informacje, które są łatwe do zrozumienia i proste do wdrożenia. Często nowym graczom podaje się więc ogólne wytyczne, heurystyki czy „reguły kciuka” (ang. *rules of thumb*) – to właśnie one będą badanymi fundamentalnymi strategiami szachowymi.

1.1 Cel i motywacja

Celem niniejszej pracy magisterskiej jest zbadanie wpływu stosowania fundamentalnych strategii szachowych (dalej nazywanych także heurystykami lub po prostu strategiami) na wyniki rozgrywanych partii.

Szachy są niezwykle złożoną grą, w której wiele strategii i technik może być wykorzystanych w celu uzyskania przewagi nad przeciwnikiem. Przeprowadzone badanie będzie skoncentrowane na analizie tych najbardziej podstawowych, między innymi takich jak utrzymywanie kontroli nad centrum szachownicy, rozwijanie figur czy wczesne roszowanie. Zbadamy wpływ stosowania tych strategii na wyniki rozgrywek.

Przegląd literatury wykazał brak badań naukowych dotyczących wpływu stosowania fundamentalnych strategii szachowych na wyniki rozgrywek. Niemniej jednak, wiele podręczników [18] [57] [69] [72], poradników internetowych [9] [10] [11] [17] [22] [23] [26]

[30] [35] [42] [51] [52] [53] [54] [59] [61] [62] [63] [64] [77] [78] [80], a nawet mentorów takich jak *Levy Rozman* (znany jako *GothamChess*) [66], *Alexandra Botez* (znana jako *BotezLive*) [2] czy *Nelson Lopez* (znany jako *ChessVibes*) [49], zaleca początkującym szachistom przyswojenie co najmniej kilku takich zasad.

Szczególnie zainteresowanie tematem heurystyk wzbudziła konfrontacja z faktem, iż najlepsi szachiści często odbiegają od tych strategii. Zdarza się to nawet w najbardziej prestiżowych partiach [12] [13] [14]. Przykładem może być gra *Ding Liren – Ian Nepomniachtchi* podczas mistrzostw świata w szachach klasycznych 2023. W 9. turze *Ding Liren* porusza się wieżą z pola a1 na pole a2. *Levy Rozman* komentuje to zagranie w następujący sposób – „*What the hell is that move?! If you play that move you should be smacked. Rook a2 is essentially a fascinatingly complex idea where white does not commit any pieces and essentially is bringing his rook behind his forces (...)*” [67]. Komentator ma na myśli, że ruch ten przeczy fundamentalnym założeniom o otwarciach szachowych, odkłada na bok rozwój figur lekkich takich jak gońce i skoczki, oraz wystawia wieże z dala od centrum, w rogu szachownicy. *Rozman* zwraca się bezpośrednio do oglądającego, że gdyby to on zagrał taki ruch, powinien dostać “klapsa”, ponieważ byłby to oczywisty błąd. Ostatecznie jednak stwierdza, że sam ruch jest tak naprawdę fascynującym zagranie, które niesie za sobą skomplikowane, lecz pozytywne skutki. Skłania to do refleksji nad rzeczywistą wartością korzystania z fundamentalnych strategii w kontekście zwiększenia szans na wygraną.

W świetle tego, zdecydowano się przeprowadzić badanie, mające na celu zweryfikowanie wpływu fundamentalnych strategii szachowych na wyniki rozgrywek. Przeanalizowane zostaną dane z partii szachowych na różnych poziomach zaawansowania w celu sprawdzenia, jak wykorzystanie owych strategii wpływa na osiągnięte rezultaty. Taka analiza pozwoli nie tylko na poszerzenie istniejącej wiedzy na temat związku pomiędzy stosowaniem tych strategii a sukcesami szachowymi, ale również na weryfikację praktyk stosowanych podczas nauki gry w szachy.

1.2 Zakres i struktura pracy

Praca obejmuje badania wpływu czterech heurystyk szachowych na wyniki rozgrywek. Opisano kolejno analizy heurystyk:

1. roszuj wcześniej (ang. *castle early*),
2. wieża/wieże na siódemce (ang. *rook(s) on the seventh*),
3. rozwiń swoje figury wcześniej (ang. *develop your pieces quickly*),

4. kontroli centrum (ang. *control the center*).

Każdej analizie towarzyszy wstęp teoretyczny, raport z przeprowadzonych badań, porównanie z literaturą oraz omówienie wyników.

Struktura pracy jest następująca. W rozdziale 2. przedstawiono przegląd literatury. Rozdział 3. jest poświęcony danym wejściowym i ich statystykom. Rozdział 4. skupia się na metodach analizy danych. Rozdział 5. omawia implementację programów wykorzystanych w badaniu. Kolejne rozdziały zawierają analizy konkretnych heurystyk. W rozdziale 6. analizowana jest strategia roszyć wcześniej, 7. wież(y) na siódemce, 8. rozwijania figur przed pionami, 9. kontroli centrum.

1.3 Podział prac

W tabeli Tab. 1. przedstawiono podział prac między członków zespołu projektowego.

Tab. 1. Podział pracy między członków zespołu

Autor	Przydział zadań
Wojciech Mazurowski	1. Wstęp
	2.1 Podstawy teoretyczne szachów
	2.3 Fundamentalne strategie szachowe
	4. Metody analizy
	5. Implementacja
	7. Analiza wpływu heurystyki wieża/wieże na siódemce na wyniki rozgrywek szachowych
	8. Analiza wpływu heurystyki rozwiń swoje figury wcześniej na wyniki rozgrywek szachowych
	10. Podsumowanie
	Implementacja metod oraz przeprowadzenie badań dla heurystyk: <ul style="list-style-type: none">• wieża/wieże na siódemce,• rozwiń figury wcześniej.
	Zebranie danych wejściowych TCEC.
Mateusz Stelmasiak	2.2 Czynniki wpływające na wyniki rozgrywek szachowych

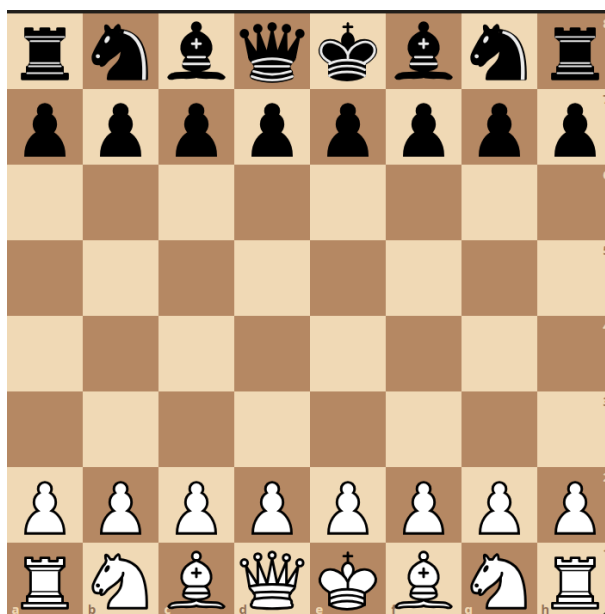
	2.3 Fundamentalne strategie szachowe
	3. Dane wejściowe
	4. Metody analizy
	6. Analiza wpływu heurystyki roszuj wcześniej na wyniki rozgrywek szachowych
	9. Analiza wpływu heurystyki kontroluj centrum na wyniki rozgrywek szachowych
	10. Podsumowanie
	Implementacja metod oraz przeprowadzenie badań dla heurystyk: <ul style="list-style-type: none"> • roszuj wcześniej, • kontroluj centrum.
	Zebranie danych wejściowych sub-elitarnych oraz elitarnych.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

Ponieważ nie znaleziono żadnych badań naukowych dotyczących wpływu stosowania fundamentalnych strategii szachowych na wyniki rozgrywek, postanowiono dokonać przeglądu literatury dotyczącego szerszego kontekstu tworzonej pracy. Analizowana literatura dotyczyła zarówno podstaw związanych z teorią szachów, tego co wpływa na wyniki rozgrywek szachowych jak i fundamentalnych strategii.

2.1 Podstawy teoretyczne szachów

Szachy to strategiczna gra planszowa, rozgrywana na szachownicy – kwadratowej planszy podzielonej na 64 pola w dwóch kontrastujących kolorach. Plansza ta jest zorganizowana w osiem rzędów, oznaczonych cyframi od 1 do 8, oraz osiem kolumn, oznaczonych literami od “a” do “h”. W każdej partii szachów, dwóch graczy rywalizuje ze sobą, wykorzystując zestaw 16 bierek, które na początku są ustawione w określonym porządku (patrz rysunek Rys. 1.).



Rys. 1. Początkowe ułożenie bierek na szachownicy

Zestaw bierek, do dyspozycji każdego z graczy, składa się z ośmiu pionów, dwóch wież, dwóch gońców, dwóch skoczków, hetmana oraz króla. Partię zawsze rozpoczyna gracz grający białymi, co jest ustalane na drodze losowania przed rozpoczęciem gry.

Każdy z sześciu dostępnych w grze rodzajów bierek posiada unikalne zasady ruchu. Skoczek, jako jedyny, może poruszać się przez inne bierki. Wszystkie bierki nie mogą

zajmować pól już zajętych przez inne bierki tej samej barwy. W sytuacji, kiedy bierka przemieszcza się na pole, na którym znajduje się bierka przeciwnika, „zbija” ją, czyli usuwa z planszy. Szczegółowe zasady ruchu dla poszczególnych bierek można znaleźć w literaturze na temat szachów [24] [40].

Poniżej przytoczono artykuły przedstawiające nie tylko reguł gry, ale również wyjaśniające podstawy teoretyczne niezbędne do omawiania rozgrywek. Między innymi wyjaśniona w nich zostanie szachowa notacja algebraiczna, wykorzystywana przez Międzynarodową Federację Szachową (fr. *Fédération Internationale des Échecs*, w skrócie *FIDE*), pozwalającą na jednoznaczny zapis wszystkich ruchów wykonanych w rozgrywkach [25] [40]. W tej notacji dwa naprzemienne ruchy bierkami, raz białymi, raz czarnymi nazywane są jedną turą. Analogicznie, w pisanej pracy przez ruch będzie rozumiane jedno poruszenie bierką przez dany kolor. Turą natomiast będą dwa ruchy.

Aby móc zbadać wpływ wykorzystywania strategii na rezultaty rozgrywek, w pracy użyty zostanie system ELO – numeryczny system oceny, od dawna służący do pomiarów względnej siły szachistów. Proces aktualizacji punktów w systemie polega na obliczeniu spodziewanego wyniku rozgrywki na podstawie aktualnej liczby punktów ELO graczy oraz porównaniu tych obliczeń z realnym wynikiem gry. Jeżeli zawodnik uzyskał lepszy wynik niż oczekiwany jego ranking powinien wzrosnąć, jeżeli gorszy to jego ranking powinien zmaleć [31]. W dzisiejszych czasach system ELO został rozbudowany do takich systemów jak GLICKO-1 i GLICKO-2, w których brane pod uwagę jest więcej parametrów [32].

2.2 Czynniki wpływające na wyniki rozgrywek szachowych

Od dawna badane są cechy, które odróżniają mistrzów szachów od innych graczy. To ogromne pole badań istnieje nie tylko w celu zrozumienia samej gry szachowej, ale również z nadzieją, że odkrycia mogą zostać zgeneralizowane do cech wpływających na łatwość rozwiązywania innych złożonych problemów. Szachy są wyjątkowo atrakcyjne dla badaczy w tej domenie, przez ich konkretne zasady i jasno określony cel oraz fakt, iż gracze są oceniani za pomocą systemu, który dostarcza precyzyjnej, kwantyfikowalnej miary umiejętności (punktacji ELO).

Wielokrotnie analizowano związek pomiędzy zdolnościami poznawczymi a umiejętnościami szachowymi [1] [36] [68]. W metaanalizie przeprowadzonej przez *Alexander'a Burgoyne'a* i innych, na podstawie dziewiętnastu badań, umiejętności szachowe wykazały silną korelację z wieloma aspektami inteligencji w teorii *CHC* (ang. *Cattell-Horn-Carroll*) [60]. Dokładnie, z płynną inteligencją, skryształizowaną inteligencją, pamięcią krótkotrwałą i prędkością przetwarzania informacji. We wspomnianej teorii, płynna inteligencja odnosi się do zdolności rozwiązywania nowych problemów, używania logiki i identyfikowania wzorców. Z drugiej strony, skryształizowana inteligencja odnosi się do zdolności wykorzystania zdobytej wiedzy i doświadczenia. W szachach, płynna inteligencja może pomóc graczom w identyfikowaniu i adaptowaniu się do nowych sytuacji, podczas gdy skryształizowana inteligencja pozwala na wykorzystanie wcześniej nauczonych strategii i taktyk. Co ciekawe, w tej samej pracy, umiejętności szachowe zostały znacznie silniej skorelowane z umiejętnościami numerycznymi niż werbalnymi czy wzrokowo-przestrzennymi. Warto także zwrócić uwagę na fakt, że korelacje te są bardziej znaczące dla młodszych oraz mniej zaawansowanych graczy i zauważalnie słabną wraz ze wzrostem umiejętności [3].

Badano także wpływ celowej praktyki (ang. *deliberate practice*) [27] na umiejętności szachowe. W kontekście szachów, celowa praktyka odnosi się do czasu spędzonego samemu doskonaląc swoje umiejętności (np. czytając poradniki szachowe czy analizując gry). *Charness* wraz ze swoim zespołem wykazał, że arcymistrzowie poświęcają na celowy trening około 5000 godzin w ciągu pierwszej dekady nauki gry. To prawie pięć razy więcej niż pozostała część badanych, którą zrekrutowano za pomocą ogłoszeń prasowych, kontaktów osobistych oraz ogłoszeń w klubach i na turniejach szachowych [6].

Oprócz zdolności poznawczych, doświadczenia i celowej praktyki, istnieje wiele innych czynników, które mogą wpływać na wyniki graczy. Na przykład, badania wykazały, że zdrowie fizyczne i psychiczne, poziom stresu, a nawet dieta i nawyki snu mogą wpływać na poziom rozgrywki szachisty [8].

2.3 Fundamentalne strategie szachowe

Analizowane w pracy heurystyki pozyskano zarówno z literatury [18] [28] [57] [69] jak i z internetu. Przejrzano szeroki chronologicznie zakres źródeł (z pomiędzy 1926 a 2023 roku), w których udzielane są rady graczom, szczególnie tym początkującym. Najstarsze z

wykorzystanych źródeł, *My System Nimzowitsch*'a zostało opisane w publikacji *The Week in Chess* jako „one of the great masterpieces of chess literature, compulsory reading for generations of players” [85]. Opierano się także na książce przeznaczonej dla najmłodszych graczy, nazwanej trafnie „*Winning Chess Strategy for Kids*”. W źródłach poszukiwano heurystyk ujętych w precyzyjny i prosty sposób, szczególnie tych sformatowanych w postaci listy.

Jeżeli chodzi o strategię gry początkowej, taka lista widnieje w dziele Fine'a „*The ideas behind the chess openings*”. Już na 2. stronie autor pisze – „(...) there are 10 practical rules which are usually worth sticking to. This rules are:” wymieniając dalej heurystyki polecane na grę początkową.

1. Otwieraj pionem sprzed króla lub pionem sprzed hetmana.
2. Gdy to tylko możliwe, wykonaj dobry ruch rozwijający, który czemuś zagraża.
3. Rozwijaj skoczki przed gońcami.
4. Wybierz najodpowiedniejsze pole dla piona i rozwiń go tam raz na zawsze.
5. W otwarciu wykonaj jeden lub dwa ruchy pionem, nie więcej.
6. Nie wyprowadzaj królowej zbyt wcześnie.
7. Roszuj jak najszybciej, najlepiej po stronie króla.
8. Graj tak, aby uzyskać kontrolę nad centrum.
9. Zawsze staraj się utrzymać przynajmniej jednego piona w centrum.
10. Nie poświęcaj bierki bez wyraźnego i odpowiedniego powodu [29].

Podobną merytorycznie, jednak dużo bardziej urozmaiconą wizualnie, sekcję możemy znaleźć w książce „*Winning Chess Strategy for Kids*”. Autorzy podają tam 15 podstawowych zasad gry początkowej.

1. Używaj wszystkich bierki.
2. Nie blokuj swoich bierki.
3. Nie blokuj swoich środkowych pionków.
4. Zawsze trzymaj pionka w centrum.
5. Scentralizuj swoje bierki.
6. Roszuj.
7. Nie przesuwaj pionków przed zroszowanego króla.
8. Rozwijaj swoje bierki.
9. Daj swoim pionom swobodę.
10. Nie ruszaj zbyt wielu pionków.

11. Użyj każdego ruchu, aby poprawić swoją pozycję.
12. Rozwijaj się w odpowiednim tempie.
13. Nie przesuwaj dwa razy tego samego piona.
14. Rozwijaj się atakując pola.
15. Osłabiaj obronę króla przeciwnika [18].

Dodatkowo istnieją ogromne ilości internetowych źródeł rad co do strategii, które powinni stosować początkujący gracze [9] [10] [11] [17] [22] [23] [26] [30] [35] [42] [51] [52] [53] [54] [59] [61] [62] [63] [64] [77] [78] [80]. Postanowiono przejrzeć dostępne źródła i skompilować najczęściej pojawiające się w nich heurystyki. Przeprowadzono więc wyszukiwanie *google* dla fraz: *chess principles*, *chess strategies for beginners*, *chess opening principles*, *chess midgame principles*, *chess endgame principles*. Dla każdej z nich zebrano osiem pierwszych wyników, uzyskując w sumie 40 różnych artykułów.

Następnie przeprowadzono selekcję źródeł, eliminując te, które nie przedstawiały konkretnych zasad czy wskazówek, lub wydawały się mało wiarygodne. W wyniku tej selekcji, pozostały 22 artykuły. W dalszej kolejności wydobyto z pozostałych artykułów wszystkie polecane strategie, tworząc listę 212 heurystyk. Usunięto jednak te, które dotyczyły aspektów poza samą rozgrywką, na przykład „naucz się otwarc” (ang. „*learn common openings*”). Wyeliminowano też te, które były zbyt ogólne, jak „bądź konkretny i licz warianty” (ang. „*be concrete & calculate!*”), czy „wiedz kiedy wymieniać bierki” (ang. „*know when to trade pieces*”). Ostatecznie, pozostało 191 strategii.

Przefiltrowane heurystyki pogrupowano. Do jednej kategorii trafiały te, które zalecały użycie podobnej strategii ale w różnych słowach. W tabeli tab. 2. przedstawiono heurystyki, które wystąpiły co najmniej pięciokrotnie. Najczęściej pojawiały się takie sugestie jak: kontroluj centrum, rozwiń swoje figury, skup się na strukturze pionów, twórz i używaj przechodnich pionów, unikaj wczesnych ruchów pionami czy nie ruszaj tej samej bierki dwukrotnie przed 10 ruchem.

Tab. 2. Skategoryzowane heurystyki znalezione w artykułach internetowych

Nazwa heurystyki	Liczba wystąpień
kontroluj centrum (ang. <i>control the center</i>)	19
rozwiń swoje figury (ang. <i>develop your pieces early</i>)	17
skup się na strukturze pionów (ang. <i>focus on pawn structure</i>)	16
twórz i używaj przechodnich pionów (ang. <i>create and utilize passed pawns</i>)	8
unikaj wczesnych ruchów pionami (ang. <i>avoid early pawn moves</i>)	7
nie ruszaj tej samej bierki dwukrotnie przed 10 ruchem (ang. <i>don't move the same piece twice before move 10</i>)	7
broń swojego króla (ang. <i>protect your king</i>)	7
roszuj wcześnie (ang. <i>castle early</i>)	6
połącz wieże (ang. <i>connect the rooks</i>)	6
nie wysuwaj hetmana wcześnie (ang. <i>don't bring out the queen early</i>)	5
aktywuj króla w grze końcowej (ang. <i>activate the king in the endgame</i>)	5

Zawartość tabeli zobrazowano także tworząc chmurę słów (patrz rysunek Rys.2.).



Rys. 2. Chmura słów z heurystyk proponowanych w internetowych poradnikach

3. DANE WEJŚCIOWE

Jednym z założeń pracy było zbadanie efektywności stosowania określonych heurystyk na różnych poziomach gry. W tym celu zebrano i przeanalizowano dane dotyczące rozgrywek na trzech poziomach zaawansowania.

1. Rozgrywki graczy sub-elitarnych – czyli wszystkich o rankingu niższym niż 2300 ELO. Ten szeroki zakres obejmuje rozgrywki zarówno początkujących jak i bardziej zaawansowanych graczy.
2. Rozgrywki graczy elitarnych – czyli tych o rankingu wyższym niż 2300 ELO.
3. Rozgrywki silników szachowych – biorących udział w turniejach silników szachowych, gdzie średni ranking wynosił 3409 punktów ELO.

Dodatkowo, z badania wykluczono gry, w których różnica ELO pomiędzy rozgrywającymi była większa niż 300 punktów. W ten sposób można było założyć, że umiejętności obu graczy są na podobnym poziomie, przez co analiza wpływu zastosowania konkretnych strategii na wynik gry stawała się bardziej wiarygodna i miarodajna. Przekroczenie różnicy 300 punktów ELO oznaczałoby w teorii, że prawdopodobieństwo wygranej silniejszego z graczy wynosi aż 85% [39].

3.1 Dane graczy sub-elitarnych

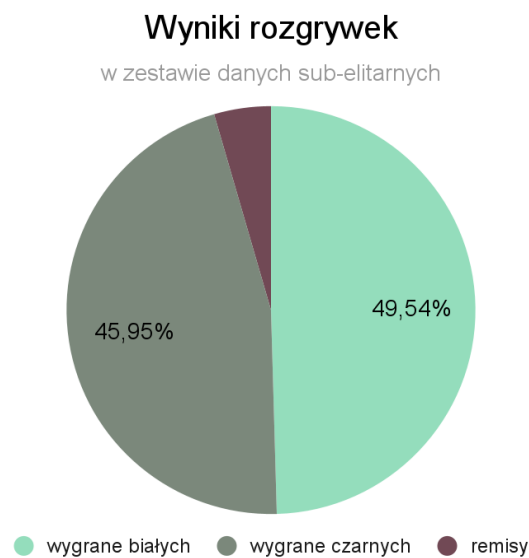
Jako źródło danych o przebiegu rozgrywek graczy sub-elitarnych wybrano bazę serwisu *lichess.org* (dalej *Lichess*). Jest to jedno z największych ogólnodostępnych źródeł danych o partiach szachowych, zawierające informacje z ponad 4,5 miliardów rozgrywek [46]. Wybór ten został podyktowany nie tylko skalą tej bazy, ale także faktem, iż udostępnia ona wszystkie informacje niezbędne do przeprowadzenia badań.

Lichess oferuje możliwość pobrania plików danych ze wszystkimi partiami rozegranymi w serwisie w ciągu danego miesiąca, począwszy od stycznia 2013. Założono niezależność wyników analizy od okresu, z którego pochodziły dane i wybrano zestaw z maja 2023 roku, zawierający 104 193 153 rozgrywki. Następnie przystąpiono do odfiltrowania gier, które nie spełniały ustalonych założeń lub mogły negatywnie wpłynąć na wiarygodność analizy.

Na początku wyeliminowano partie typu *Bullet*, czyli takie, w których każdy z graczy otrzymuje jedną minutę czasu zegarowego (ang. *one minute-per-player*). W przypadku tak

szybkich gier, nadmierna presja czasu mogła wpływać na decyzje graczy, wprowadzając dodatkowe zmienne do analizy [84]. Kolejnym etapem było odfiltrowanie wszystkich partii graczy o nieokreślonym rankingu. Następnie, odfiltrowano wszystkie partie, gdzie któryś z graczy przekraczał granicę 2300 ELO. Na końcu odrzucono partie, w których różnica ELO pomiędzy rozgrywającymi była większa niż 300 punktów.

Po zastosowaniu wszystkich tych filtrów, z pozostałego zestawu danych wylosowano 100'000 gier do dalszej analizy.

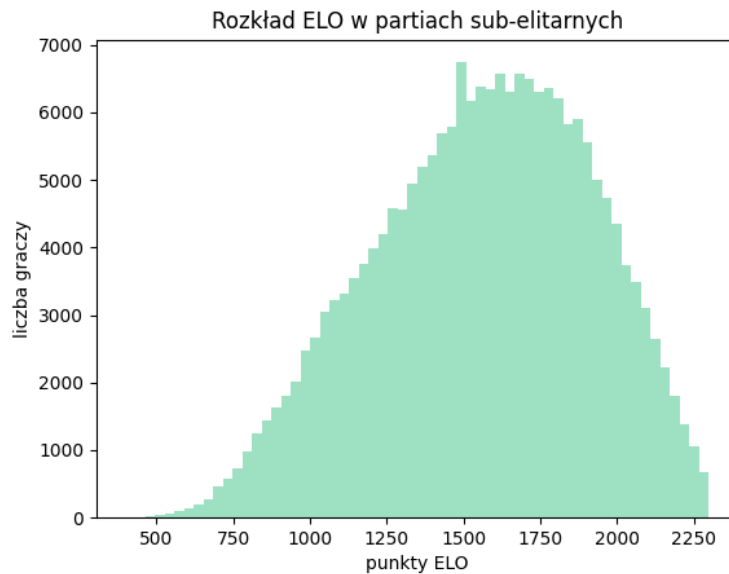


Rys. 3. Wyniki rozgrywek w partiach sub-elitarnych

Następnie ustalono statystyki wyników rozgrywek. Wygrane białych stanowiły 49,54% wszystkich partii, czarnych 45,95% natomiast remisy 4,49% (patrz rysunek Rys. 3.).

Dane te ukazują tendencję, znaną w świecie szachów, zgodnie z którą białe wygrywają więcej gier niż czarne – w tym przypadku prawie 5% więcej. Przewaga ta jest często przypisywana tzw. „przewadze pierwszego ruchu” (ang. *first move advantage*), która daje białym inicjatywę od samego początku gry.

Fenomen ten znany był już w 1946 roku, wtedy W.F. Streeter zbadał wyniki 5598 gier rozegranych w 45 międzynarodowych turniejach szachowych między 1851 a 1932 rokiem. Odkrył on, że w 38,12% przypadków wygrały białe, podczas gdy czarne triumfowały jedynie w 31,31% gier [37]. Pomimo zmian, które zaszły w rozgrywkach szachowych od tamtego czasu, przewaga pierwszego ruchu nadal ma swoje odzwierciedlenie w statystykach [65] [86]



Rys. 4. Rozkład ELO w partiach sub-elitarnych

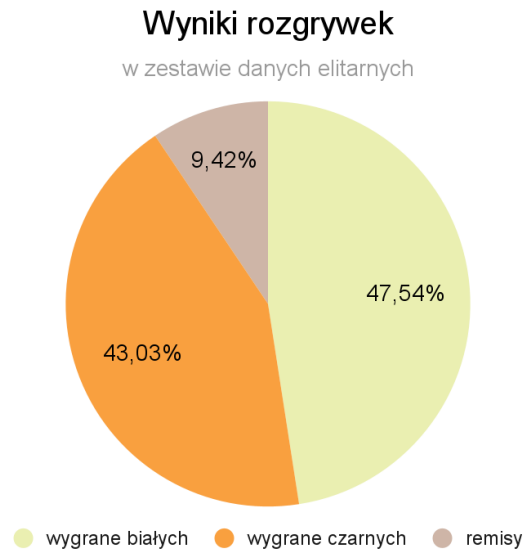
Średni ranking ELO w próbce wynosił 1562, z odchyleniem standardowym 354. Porównanie średnich ELO dla białych i czarnych nie wykazało znaczącej różnicy. Dla białych średni ranking wyniósł 1561,68 (odchylenie standardowe 354,17), natomiast dla czarnych - 1561,35 (odchylenie standardowe 354,27). Rozkład ELO w analizowanym zestawie danych przedstawiono na rysunku Rys. 4. Najniższym zanotowanym rankingiem ELO dla graczy białych był 434, natomiast dla graczy czarnych - 400. W przypadku najwyższego odnotowanego ranking, zestaw danych prezentuje wartość 2399 ELO, zarówno dla graczy białych, jak i czarnych.

3.2 Dane graczy elitarnych

Dane dotyczące rozgrywek elitarnych graczy pozyskano z bazy danych *Lichess Elite Database* [45]. Zbiór ten stanowi selekcję rozgrywek z bazy danych serwisu *Lichess*, przefiltrowanych przez osobę trzecią. Począwszy od grudnia 2021 roku obejmuje on jedynie rozgrywki graczy o rankingu ELO 2300 i wyższym (wcześniej próg wynosił 2200 ELO). Dodatkowo, baza ta już na etapie tworzenia odfiltrowuje partie typu *Bullet*.

Według danych o dystrybucji ELO w serwisie *Lichess*, gracze z rankingiem wyższym niż 2300 ELO stanowią około 2% wszystkich w trybie *blitz* [47] i mniej niż 1% w trybie *classical* [48] (stan na 1 czerwca 2023).

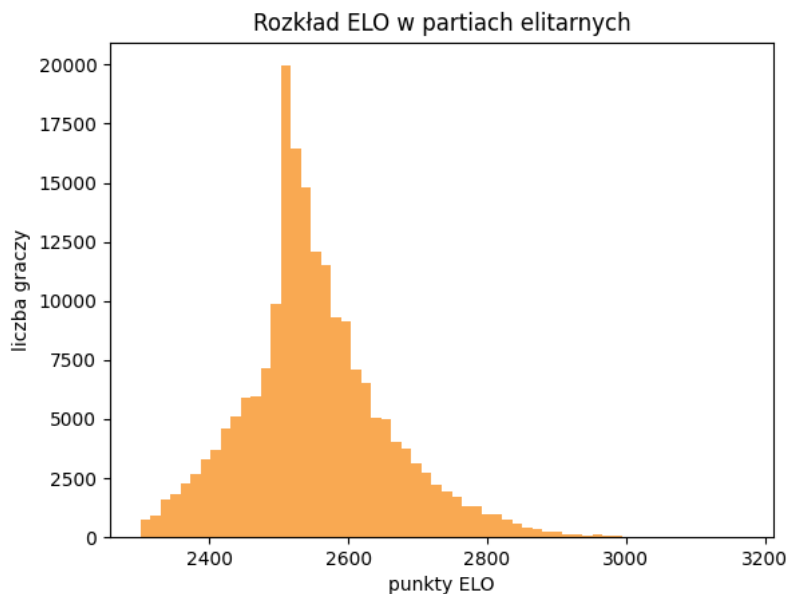
Do analizy pobrano dane z okresu od grudnia 2021 (od wprowadzenia progu 2300 ELO) do kwietnia 2023, co poskutkowało uzyskaniem 6 137 328 partii. Podobnie jak w przypadku danych graczy "sub-elitarnych" odrzucono partie, w których różnica ELO pomiędzy graczami była większa niż 300 punktów. Z pozostałego zestawu danych wylosowano 100 000 gier do dalszej analizy.



Rys. 5. Wyniki rozgrywek w partiach elitarnych

Przeprowadzona analiza statystyczna wyników rozgrywek wykazała, że w 47,54% przypadków gry wygrywali gracze grający białymi, natomiast w 43,03% rozgrywek zwyciężyli gracze sterujący czarnymi. Remis zanotowano w pozostałych 9,42% partii (patrz Rysunek Rys. 5.).

Uwagę zwraca znaczny wzrost odsetka partii kończących się remisem w porównaniu do partii sub-elitarnych (różnica około 5 punktów procentowych). Istnieje kilka możliwych przyczyn tego zjawiska. Po pierwsze, na tym poziomie gracze są znacznie bardziej ostrożni i zazwyczaj unikają ryzykownych ruchów, które mogłyby ich narażać na straty. Dodatkowo, strategie wykorzystywane przez graczy na poziomie elitarnym są zwykle bardzo dobrze opracowane i testowane. W efekcie, w grach między tymi graczami częściej dochodzi do remisów, ponieważ obaj są w stanie przewidzieć i uniknąć potencjalnych pułapek przeciwnika.



Rys. 6. Rozkład ELO w partiach elitarnych

Analiza rankingów ELO w badanej próbie wykazała, że średni ranking wynosił 2551 punktów, przy odchyleniu standardowym 104 punktów. Średnie wartości ELO dla białych i czarnych były do siebie zbliżone, wynosząc odpowiednio 2551,99 (odchylenie standardowe 104,64) i 2551,91 (odchylenie standardowe 104,49). Najniższym zanotowanym rankingiem ELO zarówno dla graczy białych jak i czarnych był 2300. Natomiast najwyższym odnotowanym rankingiem ELO w naszym zestawie danych były 3169 dla graczy białych oraz 3154 dla graczy czarnych. Rysunek Rys. 6. przedstawia rozkład ELO w badanym zbiorze danych.

3.3 Dane silników szachowych

Dane pozyskane do tej części badania pochodzą z Mistrzostw Najlepszych Silników Szachowych (dalej TCEC – ang. *The Top Chess Engine Championships*).

Gry w TCEC rozgrywane są wyłącznie pomiędzy komputerowymi silnikami szachowymi. Każdy sezon jest podzielony na kilka etapów i trwa zazwyczaj od 3 do 4 miesięcy a jego zwycięzca otrzymuje tytuł Wielkiego Mistrza TCEC. W przeszłości tego zaszczytu dostąpiły między innymi takie silniki szachowe jak *Stockfish*, *LCZero*, *Komodo* czy *Houdini* [81].

Każda rozgrywka jest ograniczona czasowo, a dostępny czas jest zwiększany w miarę postępu sezonu. Na przykład, w Superfinale, ostatnim etapie turnieju, silniki mają do

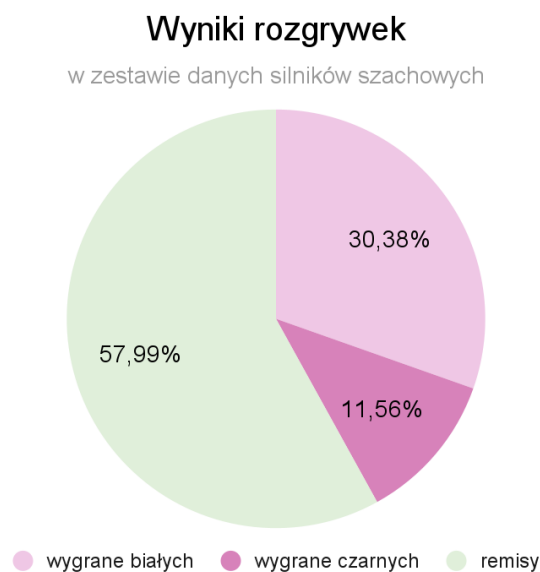
dyspozycji po 120 minut + 12 sekund dodatku za każdy ruch [88]. W tak długim czasie silniki są w stanie wykonać bardzo optymalne ruchy, na przykład przeszukując bardzo głęboko drzewo możliwych ruchów, co gwarantuje, że dane pozyskane z TCEC są wysokiej jakości.

Dodatkowo, w TCEC gry nie zaczynają się od standardowej pozycji startowej. Zamiast tego, wprowadzane są różne otwarcia, które grają oba silniki. Ta praktyka nie tylko sprawia, że turnieje są ciekawsze dla widzów ale również zmusza silniki do radzenia sobie z nieprzewidywalnymi i różnorodnymi sytuacjami, co pozwala na lepszą ocenę ich zdolności do adaptacji i strategii [87].

Jednakże, ta specyfika TCEC ma wpływ na możliwość analizy niektórych heurystyk. Na przykład, heurystyki takie jak roszuj jak najwcześniej (patrz 2.3), które są wykorzystywane jedynie w początkowych fazach gry, mogą nie być w pełni reprezentowane w danych z TCEC.

Do analizy pobrano partie rozgrywane na przestrzeni wszystkich 24 sezonów turnieju, dostępne na stronie TCEC [81]. Nie pominięto żadnych etapów, włączając te bonusowe oraz testowe, co skutkowało wyodrębnieniem łącznie 27 976 partii.

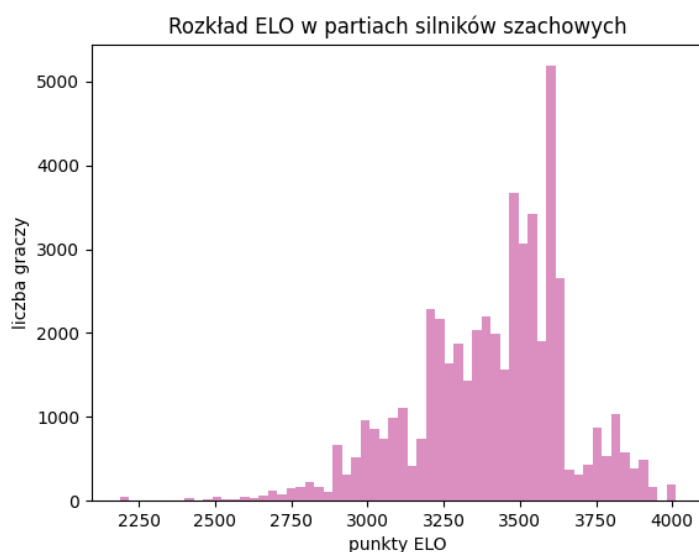
W celu zapewnienia jak najbardziej wiarygodnych wyników, odrzucono partie, w których różnica ELO pomiędzy silnikami była większa niż 300 punktów. Po przeprowadzeniu tego procesu, pozostało 25 569 partii do analizy.



Rys. 7. Wyniki rozgrywek w partiach silników szachowych

Następnie, analiza statystyczna otrzymanego zestawu danych wykazała, że białe wygrały 30,38% partii, czarne triumfowały w 11,56% rozgrywek, natomiast remis zanotowano w 57,99% przypadków (patrz rysunek Rys. 7).

Tak duża liczba remisów, najprawdopodobniej wynika ze stopnia w jakim silniki są w stanie dokładnie analizować i przewidywać dużą liczbę możliwych ruchów. Tak dogłębna analiza z obu stron może prowadzić do sytuacji, gdzie żaden z graczy nie jest w stanie zyskać znacznej przewagi. Ponadto, silniki szachowe są zazwyczaj zaprojektowane do minimalizowania błędów, co również przyczynia się do wzrostu liczby remisów.



Rys. 8. Rozkład ELO w danych silników szachowych

Średni ranking ELO w próbce wynosił 3409, z odchyleniem standardowym 253. Najniższym zanotowanym rankingiem ELO było 2187 zarówno dla graczy białych jak i czarnych. Natomiast najwyższy odnotowany ranking ELO w zestawie danych, również dla obu kolorów, wynosił 4013. Rozkład rankingu ELO w analizowanym zestawie danych przedstawiono na Rysunku Rys. 8.

3.4 Struktura danych

Z każdego zestawu danych wyodrębniono następujące atrybuty rozgrywek:

- ELO białego,
- ELO czarnego,
- wynik (“1-0” wygrana białych, “0-1” wygrana czarnych, “1/2-1/2” remis),
- tablicę ruchów w notacji UCI (przykładowo “[’g1f3’, ’b7b6’, ’g2g3’, ’c8b7’, ’f1g2’, ’g8f6’, ’e1g1’, ’b8c6’]”).

3.5 Ograniczenia danych wejściowych

Podczas realizacji niniejszej pracy napotkano pewne ograniczenia danych wejściowych, które są istotne do uwzględnienia podczas interpretacji wyników. Przedstawione poniżej trudności wynikają z różnic w źródłach danych oraz braku niektórych parametrów, które mogłyby dostarczyć dodatkowych informacji na temat analizowanych partii szachowych.

Mimo, iż potocznie wszystkie metody oceny umiejętności szachowych graczy nazywa się "systemami ELO", w rzeczywistości istnieje wiele odmian tego systemu. Powszechnie wykorzystywane są trzy główne:

- system ELO – jest to stosunkowo stary i matematycznie prosty system rankingowy, który nadal jest używany przez wiele federacji, w tym przez FIDE (Międzynarodowa Federacja Szachowa, fr. *Fédération Internationale des Échecs*). W systemie ELO nie ma zalecanego początkowego rankingów [31].
- system Glicko-1 – ma większą dokładność prognozowania niż ELO, ale jest bardziej skomplikowany matematycznie. W systemie Glicko rankingi zaczynają się od 1500 punktów [32].
- system Glicko-2 – jest to ulepszenie systemu Glicko-1, które wprowadza pojęcia zmienności rankingów, co zwiększa dokładność. Rankingi nadal zaczynają się od 1500 punktów [33].

Dane ELO dla gier sub-elitarnych i elitarnych pochodziły z platformy *Lichess*, natomiast dane dotyczące silników szachowych były czerpane z TCEC. Obie te platformy wykorzystują różne systemy rankingowe.

Lichess korzysta z systemu rankingowego Glicko-2 [43], natomiast TCEC używa zmodyfikowanego systemu ELO, dostosowanego do specyfiki silników szachowych. Porównywanie rankingów między różnymi systemami rankingowymi jest trudne i może prowadzić do błędnych interpretacji. Bezpośrednie porównanie liczb jest niemożliwe, ponieważ różne systemy rankingowe różnią się nie tylko matematycznymi formułami obliczania rankingów, ale również sposobem ich implementacji. Bardziej złożone porównania musiałyby uwzględniać różnice w pulach graczy w każdym zestawie danych.

Dodatkowym ograniczeniem danych wejściowych jest brak parametrów Glicko-2, takich jak wariancja czy szybkość zmiany rankingów. System rankingowy Glicko-2 jest

rozszerzeniem systemu ELO i poza oceną siły gracza uwzględnia również niepewność tej oceny (wariancję) oraz tempo, w jakim gracz zdobywa doświadczenie (szybkość zmiany rankingu). Innymi słowy, wariancja wskazuje jak bardzo “rzeczywisty” ranking gracza może różnić się od tego obliczonego. Wysoka wariancja może wynikać, na przykład, z rzadkiego rozgrywania partii lub nieregularności w osiąganiu wyników. Gracz o wysokiej wariancji mógłby mieć rangę 1500, podczas gdy jego “rzeczywisty” ranking znajduje się, na przykład, gdzieś w zakresie od 1300 do 1700.

W praktyce, znajomość wariancji mogłaby pomóc w bardziej precyzyjnym zrozumieniu siły graczy. Byłoby to szczególnie pomocne podczas wykluczania z zestawu danych rozgrywek gdzie rozbieżność między rankingiem graczy jest zbyt duża.

4. METODY ANALIZY

W celu zbadania wpływu wybranych podstawowych strategii szachowych na wyniki rozgrywek, zastosowano dwa główne podejścia, nazywane dalej: metodą analityczną oraz metodą empiryczną. Warto podkreślić, iż każda z tych metod pełniła funkcję szkieletu badań i była indywidualnie dostosowywana do konkretnej analizowanej heurystyki. W ten sposób dążono do zebrania jak najbardziej wiarygodnych i reprezentatywnych wyników.

4.1 Metoda analityczna

Metoda nazwana przez nas “analityczną” opierała się na zidentyfikowaniu w zestawie danych partii, w których jeden z graczy zastosował daną heurystykę, a następnie na ocenie wpływu jej zastosowania na szanse zwycięstwa. Przy przeprowadzaniu badań tą metodą postępowano według następującego algorytmu:

1. Wyodrębnienie z zestawu danych partii, w których została zastosowana dana heurystyka.
2. Podzielenie wyodrębnionych partii na dwie grupy, w zależności od koloru bierek gracza, który zastosował daną heurystykę.
3. Dla każdej grupy (białych i czarnych), obliczenie liczby partii wygranych oraz przegranych.
4. Obliczenie odsetek wygranych dla każdej grupy.
5. Porównanie obliczonych wyników z proporcją wygranych w całym zestawie danych.

Analiza danych w ten sposób wiąże się jednak z szeregiem ograniczeń. Mogła ona nie uwzględniać niektórych niuansów rozgrywki, takich jak style gry poszczególnych graczy czy okoliczności konkretnych partii, co może wpłynąć na wiarygodność wyników.

4.2 Metoda empiryczna

Metoda empiryczna, drugie z zastosowanych podejść, opierała się na identyfikacji i badaniu momentów gier, w których możliwe było zastosowanie określonej strategii. Przy przeprowadzaniu badań tą metodą postępowano według następującego algorytmu:

1. Przeiterowanie przez tablicę ruchów wykonanych w każdej z partii w zestawie danych w celu znalezienia momentów kiedy zastosowanie danej strategii było możliwe.

2. Wyodrębnienie tur, w których najlepszym ruchem sugerowanym przez silnik szachowy *Stockfish* było zastosowanie danej strategii.
3. Obliczanie proporcji liczby ruchów wyodrębnionych w kroku drugim do liczby wszystkich znalezionych w kroku pierwszym.

Opisana metoda nie jest jednak bez wad, towarzyszą jej te same ograniczenia co metodzie analitycznej (patrz. 4.1), ale także ograniczenia wynikające z wykorzystania *Stockfish*'a. Ze względu na obliczeniowe i czasowe wyzwania związane z tym badaniem, głębokość przeszukiwania silnika musiała zostać ustawiona na skończony, z góry określony poziom, równy 20. Choć mogło to wpłynąć na precyzję ocen poszczególnych ruchów, była to konieczna adaptacja, aby umożliwić efektywną analizę dużej liczby partii. Warto jednak podkreślić, że nawet przy tych ograniczeniach, *Stockfish* zapewniał niezwykle wysoką jakość analizy, przewyższającą nawet możliwości arcymistrza szachowego.

5. IMPLEMENTACJA

Projekt został zrealizowany przy użyciu języka *Python*, który jest szeroko stosowany w przetwarzaniu i analizie danych. Wybierany ze względu na swoją prostotę, łatwość użycia oraz biblioteki umożliwiające manipulację danymi. Te zalety w połączeniu z dynamicznym typowaniem i czytelną składnią, sprawiły, że *Python* został wybrany jako narzędzie adekwatne do realizowanego zadania.

5.1 Użyte narzędzia i biblioteki języka *Python*

Podczas realizacji projektu wykorzystano następujące narzędzia i biblioteki dostępne w języku *Python*:

- *python-chess* – biblioteka do szachów, która wspomaga obsługę ruchów oraz zapisy pozycji szachowych. W projekcie była wykorzystywana do zarządzania stanem szachownicy, wykonywania ruchów, generowaniem legalnych ruchów czy sprawdzania warunków zakończenia gry.
- *pandas* - biblioteka dostarczająca wydajne, łatwe w użyciu struktury i narzędzia do analizy danych. *Pandas* była używana do manipulacji danymi i przeprowadzania analiz statystycznych.
- *multiprocessing* - moduł *Python*, który obsługuje tworzenie procesów, oferując API oparte na wątkach. W projekcie był używany do obsługi wielowątkowości, szczególnie przy korzystaniu z silników szachowych, co znacząco przyspieszyło czas obliczeń.
- *chess.engine* - moduł z biblioteki *chess*, który umożliwia komunikację z silnikami szachowymi, które wspierają protokół *UCI* (ang. *Universal Chess Interface*). W projekcie wykorzystywany do komunikacji z silnikiem szachowym *Stockfish*, w ramach ewaluowania poszczególnych ruchów.

5.2 Silnik szachowy *stockfish*

Do ustalenia najbardziej efektywnych ruchów szachowych, posłużono się *Stockfish*'em. Pierwotnie skonstruowanym przez *Tord'a Romstad'a*, *Marco Costalb'a* i *Joon'a Kiiski'ego*, obecnie jednym z najsilniejszych otwartoźródłowych silników szachowych [5]. Siła i efektywność *Stockfish*'a wynika z zaawansowanego algorytmu przeszukiwania *Alpha-Beta*, który pozwala na szybkie poszukiwanie optymalnych posunięć nawet przy dużej głębokości

analizy. Taka wydajność jest możliwa dzięki zastosowaniu agresywnych strategii przycinania (ang. *pruning*) w algorytmie *Alpha-Beta* i techniki zwanej *late move reductions*.

Wszystkie te elementy strategii ewaluacyjnej stosowanej przez *Stockfish*'a pozwalają skutecznie skrócić czas wykonywania algorytmu, umożliwiając głębszą penetrację kluczowych gałęzi drzewa poszukiwań. Efektywność *Stockfish*'a jest widoczna również w praktycznych zastosowaniach. W ciągu ostatnich 13 edycji Mistrzostw Najlepszych Silników Szachowych, *Stockfish* zdobył pierwsze miejsce aż 11 razy, utrzymując nieprzerwaną serię zwycięstw przez ostatnie siedem edycji [82]. Zgodnie z listą rankingową silników szachowych *CCRL (Computer Chess Rating Lists)*, ELO *Stockfish*'a jest szacowane na około 3500 punktów [5]. Dla porównania, aktualnie najwyżej oceniany arcymistrz szachowy, Magnus Carlsen, posiada 2853 punkty ELO [38]. Te statystyki potwierdzają niewiarygodną moc i efektywność *Stockfish*'a.

5.3 Optymalizacja

Podczas prowadzenia badań, istotną częścią procesu była optymalizacja, która umożliwiła efektywne przeprowadzenie analiz. Zastosowano kilka technik, które pomogły zwiększyć szybkość przetwarzania.

Pierwszym krokiem było wdrożenie techniki filtrującej, która eliminowała pozycje, w których strategię nie mogły być zastosowane. Na przykład, podczas analizy ruchów związanych z roszadą, omijano pozycje przed czwartym ruchem, gdyż roszada nie była wtedy jeszcze możliwa do wykonania. Podobne optymalizacje zostały przeprowadzone w przypadku pozycji, w których jeden z króli był w szachu, uniemożliwiając wykonanie roszady.

Najbardziej czasochłonnymi częściami badań były te wymagające otrzymania najlepszego możliwego ruchu dla danej pozycji przy użyciu silnika szachowego *Stockfish*. Aby przyspieszyć ten proces, zdecydowano się na zastosowanie techniki memoizacji. Polegała ona na zapisywaniu najlepszego ruchu od uzyskanego od *Stockfish*'a oraz stanu planszy do pliku. Następnie, przed wywołaniem *Stockfish*'a sprawdzano czy aktualny stan planszy nie był już wcześniej ewaluowany. Jeżeli tak, to wykorzystywano zapisane informacje, co eliminowało potrzebę marnowania czasu na ponowną ewaluację.

Ostatnim, ale nie mniej ważnym krokiem w procesie optymalizacji, było wykorzystanie *multiprocessing*'u. Jest to technika umożliwiająca równoległe przetwarzanie wielu procesów, co pozwoliło na jednoczesne uruchomienie kilku instancji silnika *Stockfish*.

6. ANALIZA WPŁYWU HEURYSTYKI ROSZUJ

WCZEŚNIE NA WYNIKI ROZGRYWEK SZACHOWYCH

6.1 Wprowadzenie teoretyczne

Według strategii roszuj wcześnie (ang. *castle soon*) gracze, niezależnie od koloru, powinni starać się przeprowadzać roszady w początkowej fazie gry. Jest to strategia tak szeroko uznawana za słuszną, iż *Jeremy Silman* (IM) w swojej książce „*The Amateur's Mind—Turning Chess Misconceptions Into Chess Mastery*” zawarł ją w definicji gry początkowej [76].

Wspomniana heurystyka jest polecana początkującym, a nawet najmłodszym, graczom. W książce „*Winning Chess Strategy for Kids*” autorzy wymieniają ją jako jedną z 15 podstawowych zasad gry początkowej. Według nich zastosowanie tej strategii wiąże się z dwojaką korzyścią dla gracza:

1. zwiększenie bezpieczeństwa króla przez odsunięcie go od centrum szachownicy,
2. rozwinięcie pozycji jednej z wież [21].

Podobne uzasadnienia wykorzystania tej strategii można znaleźć także w wielu internetowych poradnikach [35] [63] [77].

Aby zbadać wpływ analizowanej heurystyki na wyniki gier, niezbędne było zdefiniowanie, co rozumiemy przez "wcześnie", a dokładniej, które tury gry można nadal uznawać za wczesne. W większości przypadków, gracze zalecający tę strategię słowem "wcześnie" odnoszą się do początkowej fazy gry. Jednak to także jest termin dość niejednoznaczny. Jak pisze *Silman* – „*Opening (...) usually encompasses the first dozen moves but it can easily go much further*” [75]. Inni autorzy podają liczbę około 10 ruchów [19]. Biorąc pod uwagę te niejasności oraz ograniczenia mocy komputerowej, zdecydowano się zdefiniować “wcześnie” dość szeroko, czyli jako przed 20. turą.

Warto także dodać, że najwcześniej gracze mogą dokonać roszady krótkiej w 4. turze a długiej w 5. Wcześniej niemożliwe jest uzyskanie stanu planszy umożliwiającego odpowiedni typ roszady.

6.2 Metoda analityczna – przebieg i wyniki

W celu zbadania omawianej heurystyki przeanalizowano każdą rozgrywkę do 20. tury. W trakcie tej analizy, dla każdej partii, określono tury oraz typy przeprowadzanych przez graczy roszad (jeżeli takie miały miejsce).

Tab. 4. Częstość i typ roszad we wczesnej fazie gry w różnych zestawach danych

Zestaw danych	Partie z roszadami <u>białych</u> (w tym krótkie / w tym długie)	Partie z roszadami <u>czarnych</u> (w tym krótkie / w tym długie)
sub-elitarne	75,77% (85,17% / 16,15%)	70,26% (84,39% / 15,61%)
elitarne	86,57% (85,17% / 14,83%)	82,35% (91,48% / 8,52%)
silników szachowych	79,44% (82,76% / 17,24%)	75,55% (91,98% / 8,02%)

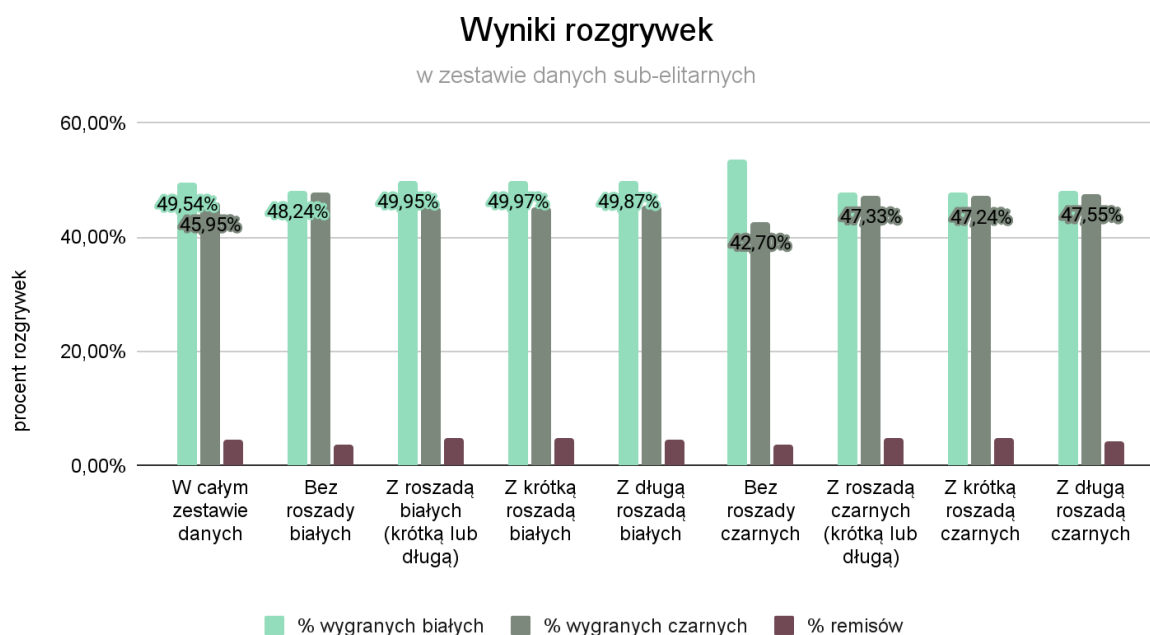
Na podstawie zebranych wyników zbadano częstość oraz typ wykonywanych roszad we wczesnej fazie gry w zależności od poziomu rozgrywki (patrz tabela Tab. 4.). Manewr roszowania jest wykonywany w znacznej większości badanych partii, niezależnie od zaawansowania graczy. Na poziomie elitarnym roszuje się jednak najczęściej (białe: 86,57%, czarne: 82,35%). Wszędzie zdecydowana większość przeprowadzanych roszad to roszady krótkie. Najwyższy odsetek krótkich roszad zaobserwowano na poziomie elitarnym dla graczy czarnymi, gdzie stanowią one prawie 92% wszystkich roszad.

Następnie wyodrębniono z ogólnych zestawów danych po cztery podzbiory, zarówno dla graczy grających białymi, jak i czarnymi, gdzie dany gracz:

- nie przeprowadził roszady,
- przeprowadził roszadę (krótką lub długą),
- przeprowadził krótką roszadą,
- przeprowadził długą roszadą.

W dalszej kolejności, dla każdego z tych podzbiorów, wyliczono procentowe wyniki zwycięstw, porażek i remisów, i porównano je ze statystykami zbiorów, z których pochodziły.

6.2.1 Wyniki dla danych sub-elitarnych



Rys. 9. Wyniki rozgrywek w zależności od typu przeprowadzonej rozgady w partiach sub-elitarnych

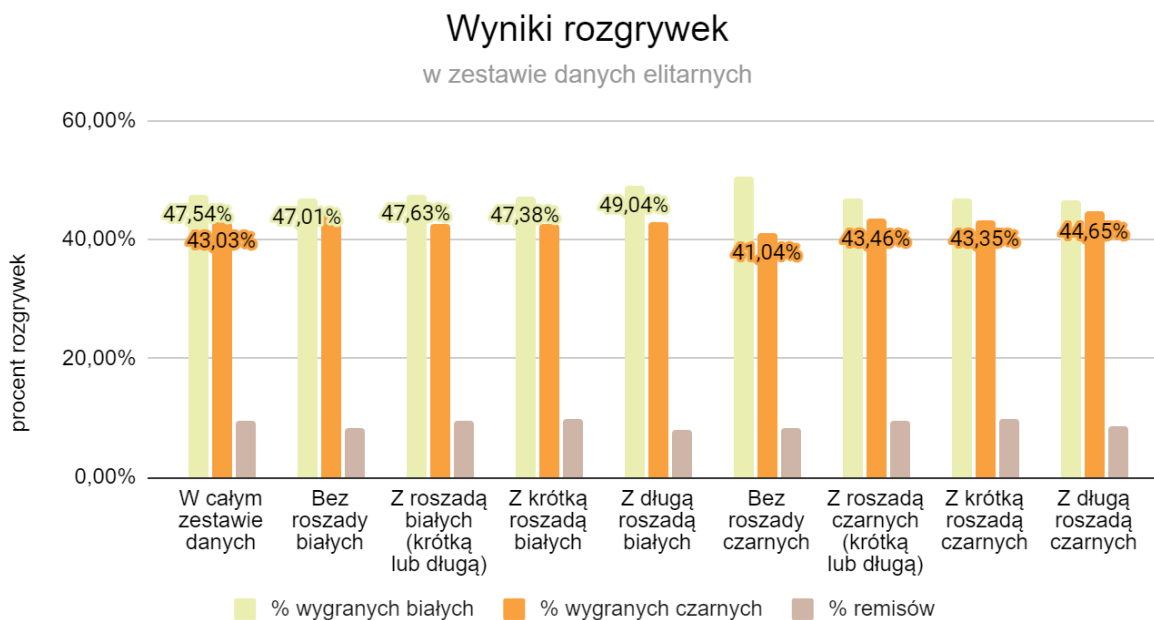
Rysunek Rys. 9. prezentuje wyniki rozgrywek w partiach sub-elitarnych w zależności od typu przeprowadzonej rozgady. Można zauważyć, że na tym poziomie rozgrywki brak rozgady wpływa negatywnie na odsetek zwycięstw. W przypadku graczy białymi, spada on o 1,3 punktu procentowego, dla graczy czarnymi o 2,08 punktu procentowego.

Wykonanie rozgady natomiast, niezależnie od typu, pozytywnie wpływa na wyniki obu kolorów. W przypadku graczy białymi, odsetek zwycięstw wzrasta niewiele bo o 0,41 punktu procentowego dla rozgady krótkiej i 0,33 punktu procentowego dla rozgady długiej. Dla graczy czarnymi, efekt jest znacznie wyraźniejszy, 1,38 punktu procentowego wzrostu dla rozgady krótkiej i 1,6 punktu procentowego dla rozgady długiej.

Jednakże, najbardziej drastycznie na wyniki graczy wpływa nie przeprowadzenie rozgady przez przeciwnika. Odsetek zwycięstw graczy białymi wzrasta aż o 3,95 punktów procentowych a czarnymi o 1,92 punktu procentowego. Może to oznaczać, że na analizowanym poziomie rozgrywek, powstrzymanie przeciwnika od zroszowania jest bardzo opłacalne.

6.2.2 Wyniki dla danych elitarnych

W przypadku partii elitarnych, wyniki wydają się wykazywać te same trendy co w partiach sub-elitarnych, jednak w dużo mniejszej skali (patrz rysunek Rys. 10.).



Rys.10. Wyniki rozgrywek w zależności od typu przeprowadzonej rozszady w partiach elitarnych

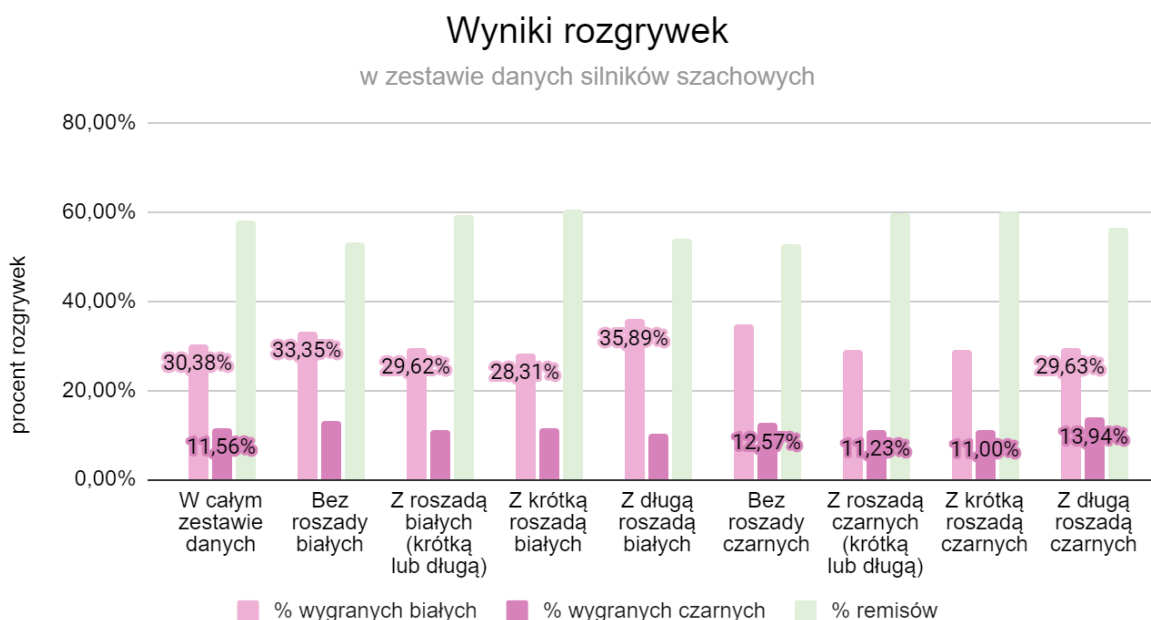
Grający białymi, którzy przeprowadzają wczesną rozszadę (bez względu na jej typ) wygrywają częściej niż ci, którzy rozszady nie wykonują, jednakże niewiele częściej (odpowiednio 47,63% i 47,01%). Ten wynik jest szczególnie nieznaczny w porównaniu z wygranymi białymi w całym zestawie danych, następuje wzrost o jedyne 0,09 punkta procentowego.

Zauważalną zmianę w wynikach odnotowuje się jednak w przypadku graczy, zarówno białych jak i czarnych, którzy przeprowadzają długą rozszadę (białe: 1,5 punkta procentowego, czarne: 1,6 punktu procentowego).

Podobnie jak w przypadku partii sub-elitarnych, najbardziej znaczący wpływ na rezultaty graczy ma brak rozszady przeciwnika. Procent zwycięstw graczy białymi rośnie aż o 3,05 punktów procentowych, dla graczy czarnymi ten wzrost wynosi 1,64 punktu procentowego.

6.2.3 Wyniki dla danych silników szachowych

Przy analizie wyników partii przeprowadzanych przez silniki szachowe, można zaobserwować pewne odmienne tendencje (patrz rysunek Rys. 11.).



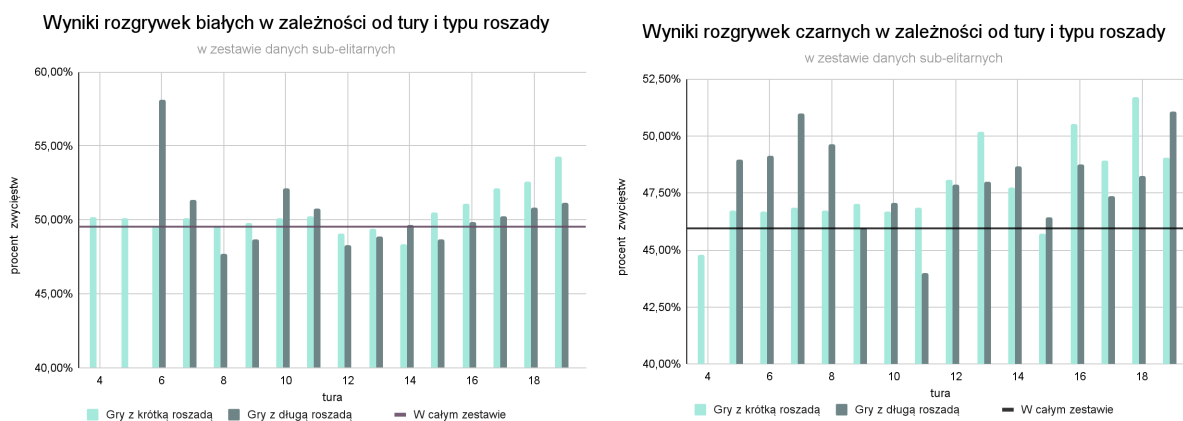
Rys. 11. Wyniki rozgrywek w zależności od typu przeprowadzonej roszady w partiach silników szachowych

Roszada (szczególnie krótka) nie przekłada się na wyższy odsetek zwycięstw – wyniki są nieznacznie niższe w porównaniu do gier bez roszady oraz tych z ogólnego zestawu. W przypadku graczy białymi, roszada krótka prowadzi do niższego odsetka zwycięstw (28,31%) w porównaniu do gier bez roszady (33,35%). W przypadku graczy czarnymi, sytuacja jest podobna – krótka roszada skutkuje odsetkiem zwycięstw równym 11,00%, podczas gdy brak roszady daje odsetek zwycięstw na poziomie 12,57%. Wyjątkiem jest długa roszada przeprowadzana przez graczy białymi, która prowadzi do wyraźnie wyższego odsetka zwycięstw (35,89%).

Podobnie jak w przypadku partii sub-elitarnych i elitarnych, brak roszady wykonanej przez przeciwnika prowadzi do wyższego odsetka zwycięstw, dla graczy białymi o 4,25 punktu procentowego, a dla graczy czarnymi o 1,01 punktu procentowego.

Po przeanalizowaniu ogólnych korelacji między wynikami rozgrywek a wykonaniem roszady, postanowiono zbadać, jak zmienia się one w zależności od tury, w której wykonano roszadę. Celem tej analizy było określenie, czy istnieje optymalny moment na wykonanie

tego manewru i jak bardzo może on wpływać na wyniki partii. Podzielono więc zestawy danych ze względu na rodzaj oraz turę rozszady, a następnie dla każdego z tych podzbiorów obliczono statystyki wyników.



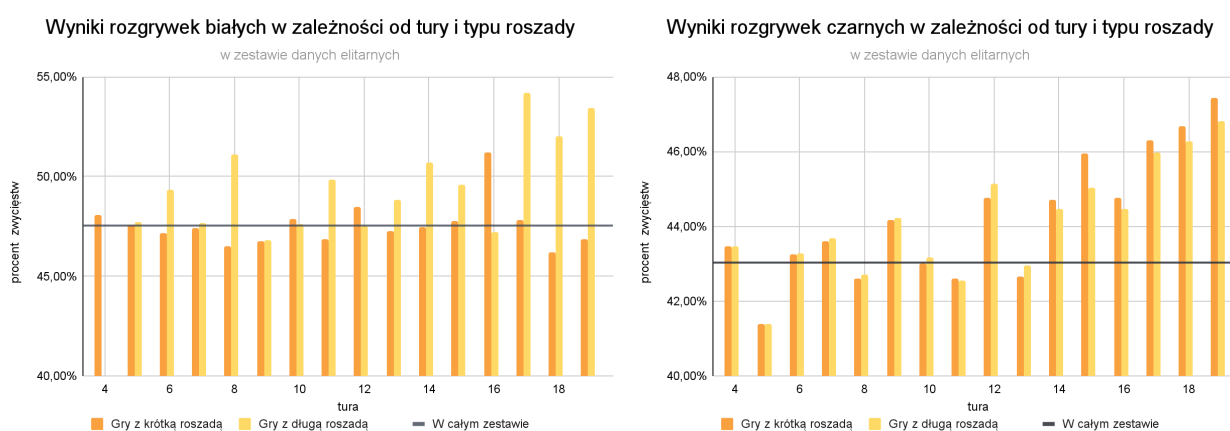
Rys. 12. Wyniki rozgrywek w zależności od typu i tury rozszady w zestawie danych sub-elitarnych

Analiza danych w partiach sub-elitarnych przyniosła niespodziewane rezultaty. Wyniki zdają się sugerować, że w większości przypadków rozszady nie należy wykonywać jak najwcześniej, szczególnie krótkiej (patrz rysunek Rys. 12.)

Na poziomie sub-elitarnym, niezależnie od koloru bierki, wykonanie krótkiej rozszady przynosi lepsze rezultaty w późniejszych z pierwszych dwudziestu tur. Trend ten staje się szczególnie widoczny od 15. tury w przypadku białych i 10. w przypadku czarnych. Na przykład, dla białych, odsetek wygranych przy wykonaniu krótkiej rozszady w 4. turze wzrasta o jedyne 0,67 punkta procentowego, podczas gdy między 15 a 19 turą odnotowujemy wzrost o kolejno 0,95, 1,54, 2,60, 3,03, 4,73 punktów procentowych. Podobnie, lecz dużo mniej jednoznacznie liniowo wygląda sytuacja dla czarnych, oprócz 15. tury, we wszystkich przypadkach krótka rozszada jest dużo bardziej opłacalna po niż przed 10. turą.

Co więcej, dla graczy białych wykonywanie krótkich rozszad przed 15. turą wydaje się znikomo bądź wręcz negatywnie wpływać na wyniki rozgrywek, z największym wzrostem w proporcji wygranych równym 0,67 punkta procentowego (4. tura) i największym spadkiem wynoszącym 1,16 punkta procentowego (14. tura). W przypadku graczy bierki czarnych krótka rozszada w większości tur przed 10. prowadzi jednak do poprawy wyników, choć nieznacznie.

Jeżeli chodzi o długą rozsadę, dane zdają się bardziej potwierdzać tezę o rozstawianiu jak najwcześniej. Najwyższy wzrost w odsetkach wygranych białych, o całe 8,59 punkta procentowego, występuje przy rozstawianiu w szóstej turze. Począwszy od 16. tury można jednak zauważyć podobny trend we wzroście wydajności tej rozszady jak przy rozstawianiu krótkiej (kolejno 0,32, 0,72, 1,32, 1,58 punktów procentowych). W przypadku bierka czarnych istnieje widoczny obszar między piątą (najwcześniejszą turą, w której można wykonać długą rozsadę) a ósmą turą, w którym długie rozstawianie jest szczególnie opłacalne. Dalej jednak można zaobserwować trend występujący we wszystkich innych analizowanych dotychczas przypadkach, wzrostu efektywności między 12. a 15. turą.



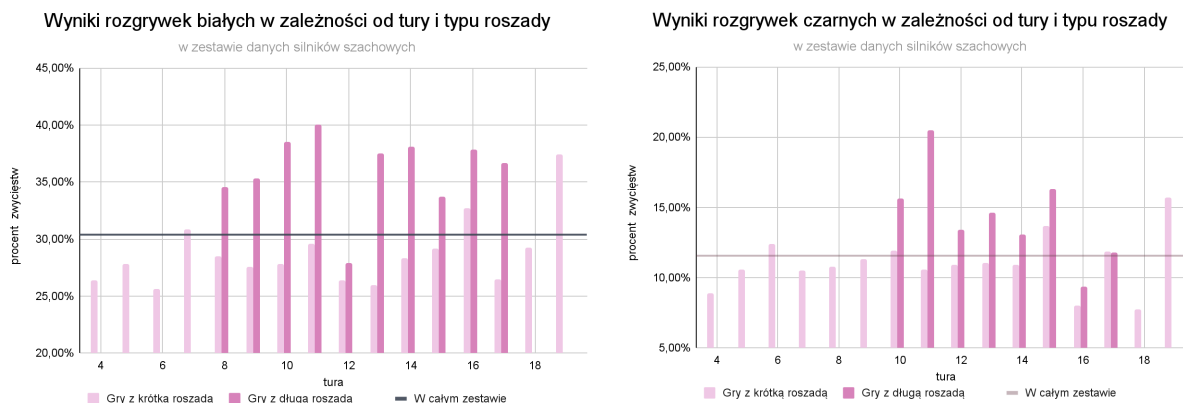
Rys. 13. Wyniki rozgrywek w zależności od typu i tury rozszady w zestawie danych elitarnych

W grach elitarnych, dla bierka białych przeprowadzanie krótkiej rozszady przed 20. turą przynosi w większości przypadków znikomą poprawę (patrz rysunek Rys. 13.), bądź wręcz negatywnie wpływa na odsetek zwycięstw. Wyjątkiem jest rozstawianie w 16. turze, przynoszące wzrost proporcji zwycięstw o 3,65 punktów procentowych.

W przypadku bierka czarnych, efektywność krótkich rozszad wygląda zgoła inaczej. Dużo bardziej przypomina trend obserwowany w danych sub-elitarnych. Między 14. a ostatnią analizowaną turą ich pozytywny wpływ na wyniki rozgrywek rośnie korelując mniej więcej z numerem tury (kolejno 1,68, 2,92, 1,72, 3,26, 3,64, 4,39 punktów procentowych).

Dla graczy białymi rozszady długie są bardziej efektywne od krótkich, we wszystkich przypadkach z wyjątkiem 12. i 16. tury. Można zauważyć też wzrostu ich efektywności między 13. a ostatnią analizowaną turą, jednakże bez żadnego wyraźnego trendu (kolejno 3,18, 2,07, 0,35, 6,64, 4,46, 5,88 punktów procentowych). Jeżeli chodzi o graczy czarnymi długą rozsadę ma bardziej pozytywny wpływ na wyniki rozgrywek niż krótka lecz tylko do 12. tury. Dalej, między 13. a ostatnią analizowaną turą obserwowany jest zauważony już

wcześniej trend wzrostowy, niemal liniowy (o kolejno -0,08, 1,44, 1,99, 1,45, 2,95, 3,25, 3,79 punktów procentowych). Warto jednak zwrócić uwagę, że dla czarnych, między 14. a 20. turą krótkie rozzady są bardziej efektywne niż te długie.



Rys. 14. Wyniki rozgrywek w zależności od typu i tury rozzady w zestawie danych silników szachowych

W przypadku gier silników szachowych różnice są bardziej zauważalne (patrz rysunek Rys. 14.). Białe wygrywają około 26-37% gier z krótką rozszadą i 30,38% w całym zestawie danych. Natomiast czarne wygrywają znacznie rzadziej - około 7-15% gier z krótką rozszadą i 11,56% w całym zestawie danych.

Można zauważyć, że wraz z postępem tury zwiększa się różnica pomiędzy wygranymi białych i czarnych w grach silników szachowych. Ta tendencja jest szczególnie widoczna w ostatnich turach (17-19), gdzie wygrane białych są najwyższe (52,14%-54,27%), podczas gdy wygrane czarnych są niskie (7,73%-15,72%).

Krótkie rozzady wykonane przed 14 turą obniżają odsetek zwycięstw. Przykładowo, w turze 13, białe wygrywają 25,93% gier, podczas gdy w turze 14 odsetek ten rośnie do 28,29%. W turze 12 wynosi on tylko 26,41%, co pokazuje tendencję spadkową wraz ze zbliżaniem się do 14 tury. Ten spadek w wygranych sugeruje, że wcześniejsze krótkie rozzady mogą prowadzić do gorszych wyników.

6.3 Metoda empiryczna – przebieg i wyniki

W podejściu empirycznej przeprowadzono ocenę momentów w rozgrywce, w których jednym z możliwych ruchów była rozszada. Mimo, iż “wczesnie” zdefiniowano jako do dwudziestej tury (patrz sekcja 6.1), ze względu na ograniczenia mocy obliczeniowej przeszukano jedynie pierwsze piętnaście. Celem było ustalenie procentowego udziału rozszad, które jednocześnie

oceniane były jako najlepsze przez ruchy przez *Stockfish*'a. W tabeli 5. przedstawiono otrzymane wyniki (patrz tabela Tab. 5.).

Tab. 5. Odsetek wygranych w różnych zestawach danych a przeprowadzane roszady

Zestaw danych	Polecanych ruchów roszadowych (białe / czarne)
sub-elitarne	22,02% / 24,91%
elitarnie	33,90% / 34,49%
silników szachowych	10,59% / 12,39%

Można zauważyć, że procent opłacalnych roszad jest zmienny w zależności od poziomu rozgrywki. Dla gier na poziomie sub-elitarnym gracze powinni wykorzystać około co trzecią możliwość na przeprowadzenie roszady. Rozgrywając jednak partię na poziomie silników szachowych ten odsetek spada do zaledwie około 10%.

6.4 Porównanie z literaturą

W trakcie przeglądu literatury nie znaleziono żadnych artykułów naukowych opisujących badaną tematykę. Napotkano jednak amatorskie badanie przeprowadzone przez użytkownika serwisu szachowego *chess stackexchange* o pseudonimie *lodebari*. Do analizy skłoniło go następujące pytanie zadane na forum – „*Has anyone done a correlation of castling with winning and losing?*” [33]. *Lodebari* przeprowadził analizę aż 1 700 000 gier. Jest jednak kilka istotnych różnic między jego badaniem a tym przeprowadzonym w niniejszej pracy.

Po pierwsze, badał on graczy o rankingu od 1000 punktów ELO wzwyż, warto jednak podkreślić, że przez ELO autor miał na myśli punkty rankingowe FIDE, które nie są tożsame z ELO używanym wcześniej w pracy (patrz sekcja 3.5). Dodatkowo, przeprowadził on analizę całych partii, nie tylko pierwszych 20 tur.

Badanie forumowicza, wykazało jednak bardzo podobny wzrost w odsetku zwycięstw między partiami bez roszady a z roszadą do tego zauważonego w zestawie gier sub-elitarnych (patrz tabela Tab. 6.).

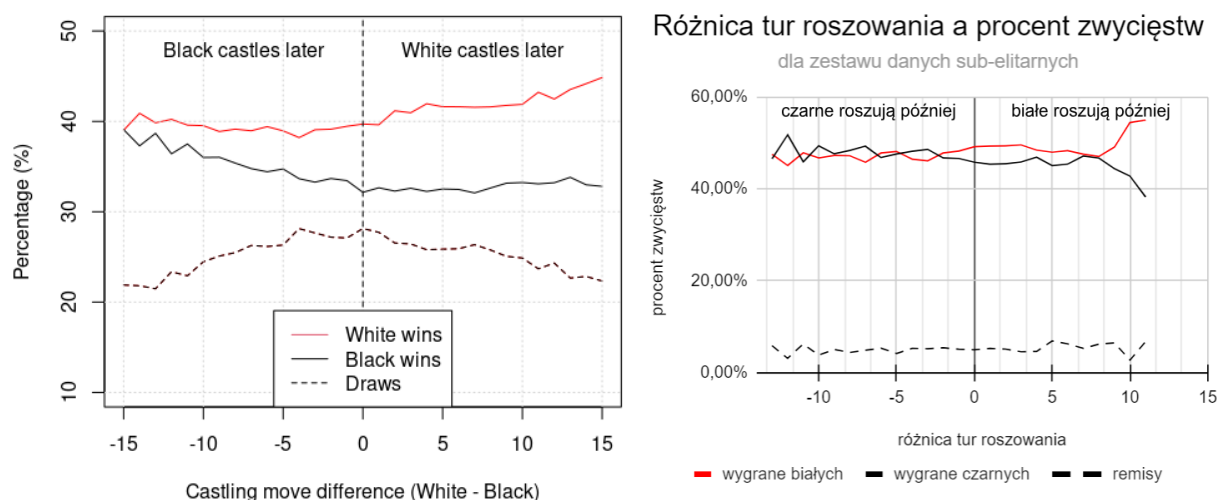
Tab. 6. Odsetek wygranych w różnych zestawach danych a przeprowadzane roszady

Zestaw danych	Wygrane z roszadą (białe / czarne)	Wygrane bez roszady (białe / czarne)	Zmiana odsetek zwycięstw (białe / czarne)
<i>Lodebari</i> 'ego	54,0% / 46,8%	51,8% / 42,4%	+2,2 / +4,6
sub-elitarne	49,95% / 47,33%	48,24% / 42,70%	+1,71 / +4,63
elitarne	47,63% / 43,46%	47,01% / 41,04%	+0,62 / +2,42
silników szachowych	29,62% / 11,23%	33,35% / 12,57%	-3,73 / -1,34

Dodatkowo, *lodebari* wprowadza pojęcie różnicy w turach roszowania (ang. *castling move difference*) a następnie pokazuje jak wpływa ona na rezultaty rozgrywek. Zmienna ta definiowana jest następująco:

$$D = W - B$$

, gdzie D to różnica w turach roszowania, W to tura w której gracz biały wykonał roszadę a B to tura roszowania bierk czarnych. Przykładowo, jeżeli biały zroszuje w 6. turze a czarny w 10. D będzie wynosiło -4.



Rys. 15. Porównanie analizy wpływu różnicy w turach roszowania na wyniki rozgrywek przeprowadzonej przez *lordebari*'ego do tej uzyskanej z analizy danych graczy sub-elitarnych [33]

Na rysunku Rys. 15. przedstawiono dwie analizy wpływu różnicy w turach roszowania na wyniki rozgrywek. Wykres po lewej został stworzony przez *lordebari*'ego, natomiast ten po prawej bazuje na danych graczy sub-elitarnych. Z uwagi na niewielką liczbę

rozgrywek (mniej niż sto) pominięto punkty danych dla różnicy tur rozstawienia równych -14 i -15 a także w przedziale 11-15.

Niemniej jednak, można zauważyć, że o ile same wartości liczbowe są bardzo odmienne, na obu wykresach występuje ten sam ogólny trend. Mianowicie, odsetek wygranych dla danego gracza rośnie proporcjonalnie do tego jak długo po przeciwniku wykona rozstawienie. Wydaje się to być zaprzeczeniem analizowanej heurystyki, sugerując, że to właśnie późne rozstawienie przynosi lepsze rezultaty. *Lordobari* spekulując na ten temat dochodzi do wniosku, że najważniejsze jest trzymanie przeciwnika w niepewności co do tego, z której strony wykona się rozstawienie a następnie wykonanie jej w odpowiednim momencie i na odpowiedniej flance.

6.5 Wnioski

Przeprowadzone analizy dowodzą znaczącego wpływu czasu wykonania rozstawienia na wyniki gier szachowych. Jeżeli zdefiniować “wcześnie” jako przed 20. turą omawiana heurystyka ma swoje uzasadnienie.

Wczesne krótkie rozstawienia mogą prowadzić do gorszych wyników. Wyniki metody analitycznej wskazują na tendencję wzrostową w odsetkach wygranych wraz z upływem tur.

Podejście empiryczne pozwoliło na dodatkowe odkrycia. Przeprowadzona analiza pokazała, że dla danych sub-elitarnych, średnio 22,02% dla białych i 24,91% czarnych możliwych rozstawień były jednocześnie oceniane jako najlepsze ruchy przez *Stockfish*'a. To oznacza, że w prawie jednej czwartej przypadków, rozstawienie było kluczowym ruchem, zwiększającym szansę na sukces

Porównanie z literaturą potwierdziło uzyskane wyniki. Badanie przeprowadzone przez użytkownika forum szachowego, *lodebari*, również wskazało na korzyści wynikające z wczesnych rozstawień. Wprowadzenie koncepcji różnicy w turach rozstawienia dodatkowo pokazało, że odsetek wygranych dla danego gracza rośnie proporcjonalnie do tego, jak długo po przeciwniku wykonuje on rozstawienie.

Podsumowując, czas wykonania rozstawienia ma znaczący wpływ na rezultaty gier szachowych. Strategia wcześniejszego rozstawienia może przynieść korzyści, warto jednak nie interpretować jako strategii najwcześniejszego rozstawienia.

Jednak przeprowadzone badanie nie jest wolne od ograniczeń. Po pierwsze, wykonane zostało na określonym zestawie danych, co ogranicza generalizację naszych wniosków.

Wpływ czasu rozszady na wyniki gier może się różnić w zależności od poziomu umiejętności graczy, strategii gry, a nawet specyfiki danej partii.

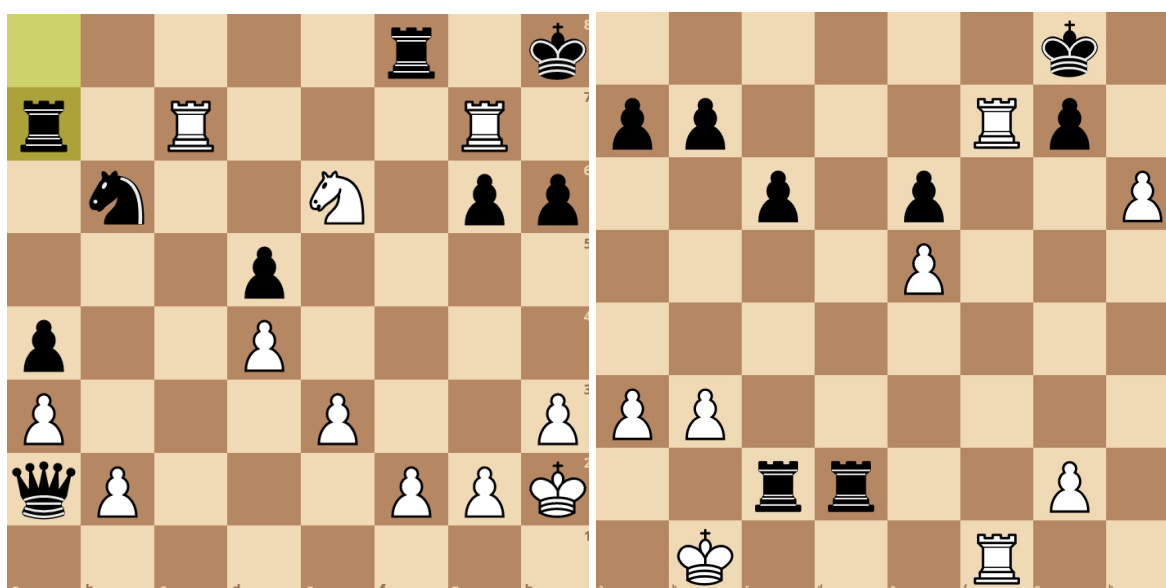
Po drugie, pomimo zastosowania zaawansowanych metod analizy, istnieje wiele czynników, które mogą wpływać na wyniki gier szachowych i nie zostały uwzględnione w naszym badaniu. Takie czynniki mogą obejmować indywidualne umiejętności graczy, ich strategię gry, a nawet czynniki psychologiczne.

Co więcej, analiza skupiła się na rozszadach wykonanych do 20. tury. Ograniczenie to wynikało z chęci zbadania wpływu wcześniejszych rozszad na wyniki gier, ale nie daje pełnego obrazu. W przyszłości warto by było przeprowadzić dalsze badania, które uwzględniałyby rozszady wykonane w późniejszych turach gry.

7. ANALIZA WPŁYWU HEURYSTYKI WIEŻA/WIEŻE NA SIÓDEMCE NA WYNIKI ROZGRYWEK SZACHOWYCH

7.1 Wprowadzenie teoretyczne

Strategia wieża/wieże na siódemce (ang. *rook(s) on the seventh*) polega na umieszczeniu jednej lub obu wież w przedostatnim rzędzie przed pozycją startową przeciwnika. Dla gracza białego będzie to siódmy rząd (stąd nazwa strategii) natomiast dla gracza czarnego drugi (patrz rysunek Rys. 16.).

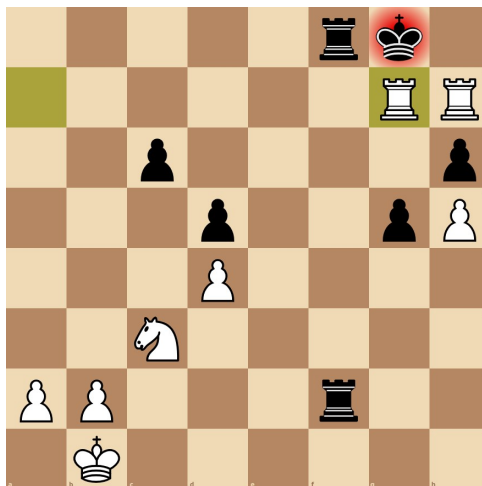


Rys. 16. Przykładowe zastosowanie heurystyki *rook(s) on the seventh* w grze Swiderski – Nimzowitsch, 1905 (lewo), oraz w grze Gopal, G.N. (2550) vs. Pantsulaia, Levan (2575) (prawo)

Strategia ta jest stosowana zazwyczaj dopiero w grze końcowej i może być rozdzielona na dwa warianty, w zależności od liczby używanych przy ataku wież. Wariant pierwszy polega na umieszczeniu jednej wieży w przedostatnim rzędzie z perspektywy danego koloru (dalej “wariant łagodny”). Drugi natomiast na umieszczeniu tam obu wież (dalej “wariant agresywny”). Wariant agresywny został opisany przez arcymistrza szachowego Yasser’a Seirawan’a w następujący sposób – „*Often called pigs on the 7th, doubled rooks on the 7th rank attack the enemy pieces with the ferocity of wild boars.*” [70].

Nie trudno więc zrozumieć dlaczego mat, do którego prowadzi odpowiednie wykorzystanie dwóch “wieprzów” w siódmym rzędzie został ochrzczonej przez polskiego arcymistrza Dawida Jankowskiego jako mat ślepych wieprzów (ang. *Blind Swine Mate*).

Wspomniany mat występuje, gdy obie wieże kontrolują i ograniczają króla przeciwnika na jego tylnej linii (patrz rysunek Rys. 17.)



Rys. 17. Prosty przykład mata według wzorca *Blind Swine Mate* w grze Wojciech Mazurowski - Rolly_The_Tiger, 2023

Podczas partii Świdzki – *Nimzowitsch* z 1905 roku, *Nimzowitsch* z powodzeniem wykorzystał strategię wież na siódemce kończąc grę właśnie tym matem [15].

Stosowanie heurystyki *rook(s) on the seventh* jest współcześnie doradzane w wielu internetowych poradnikach tekstowych [7] [55] oraz wideo [50]. Jednak zapiski o niej pojawiają się już w roku 1925 w książce teoretyka szachów A. *Nimzowitsch*'a pt. „*My System*”.

7.2 Metoda analityczna

Poniższa lista przedstawia liczbę gier, w których gracze zastosowali strategię wieża/wieże na siódemce w trzech różnych zestawach danych: sub-elitarnych, elitarnych oraz TCEC. Dane te podzielone są zgodnie z kolorem bierek, którymi grali gracze (białe lub czarne), a także wariantem strategii, który zastosowali. Celem tej listy jest ukazanie wielkości próbki uzyskanej z odfiltrowania gier, w których strategia nie była używana.

Dla danych sub-elitarnych:

- białe z wykorzystaniem strategii w wariacie agresywnym: 1390 gier.
- czarne z wykorzystaniem strategii w wariacie agresywnym: 1352 gry.
- białe z wykorzystaniem strategii w wariacie łagodnym: 15 626 gier.

- czarne z wykorzystaniem strategii w wariancie łagodnym: 14 414 gier.

Dla danych elitarnych:

- białe z wykorzystaniem strategii w wariancie agresywnym: 1714 gier.
- czarne z wykorzystaniem strategii w wariancie agresywnym: 1516 gier.
- białe z wykorzystaniem strategii w wariancie łagodnym: 18 716 gier.
- czarne z wykorzystaniem strategii w wariancie łagodnym: 16 666 gier.

Dla danych TCEC:

- białe z wykorzystaniem strategii w wariancie agresywnym: 494 gier.
- czarne z wykorzystaniem strategii w wariancie agresywnym: 280 gier.
- białe z wykorzystaniem strategii w wariancie łagodnym: 6324 gier.
- czarne z wykorzystaniem strategii w wariancie łagodnym: 4775 gier.

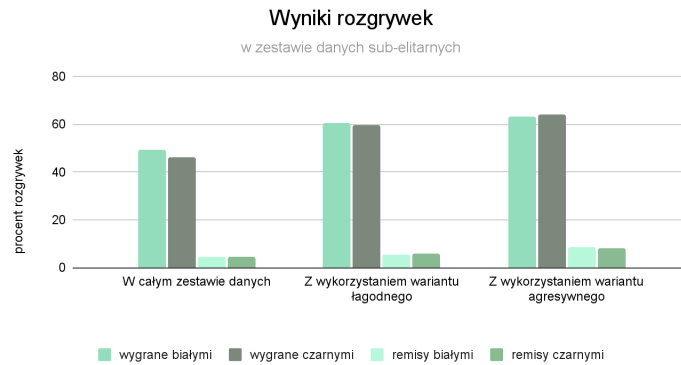
W poniższych podrozdziałach zostanie zaprezentowana seria histogramów ilustrująca wyniki dla poszczególnych scenariuszy wejściowych. Każdy wykres przedstawia procentowy udział gier wygranych i zremisowanych przez daną stronę, która zdecydowała się na wykorzystanie jednego z wariantów strategii. Dane te są porównane z wynikami gier pochodzącymi z całego zestawu danych.

7.2.1 Wyniki dla danych sub-elitarnych

Wyniki analizy pokazują, że zastosowanie strategii wieża/wieże na siódmce w wariancie agresywnym prowadzi do znaczącej poprawy wyników gry zarówno dla graczy grających białymi, jak i czarnymi. Gracze biali wygrywają 63,24% gier, a gracze czarni – 63,91% gier, co stanowi znaczącą poprawę w porównaniu do wyników wszystkich gier (białe: 49,54%, czarne: 45,96%).

Podobne, choć nieco mniejsze zyski obserwujemy przy zastosowaniu strategii wieża/wieże na siódmce w wariancie łagodnym. Gracze biali wygrywają wtedy 60,53% gier, a gracze czarni – 59,78%.

Dodatkowo, warto zauważyć, że strategia wieża/wieże na siódmce w jej agresywnym wariancie, wpływa również na remisy. Dla graczy sterujących białymi pionkami, odsetek remisów wynosi 8,56% w przypadku wariantu agresywnego i 5,50% w przypadku wariantu łagodnego. Dla graczy czarnych te wartości wynoszą odpowiednio 8,14% i 5,74% (patrz rysunek Rys. 18.).



Rys. 18. Wyniki rozgrywek w zależności od wariantu oraz koloru przy zastosowaniu strategii dla danych sub-elitarny

Podsumowując, strategia wieża/wieże na siódmce wydaje się być skuteczna w partiach szachowych na poziomie sub-elitarnym. Oba warianty przynoszą lepsze wyniki niż średnia dla całego zestawu danych.

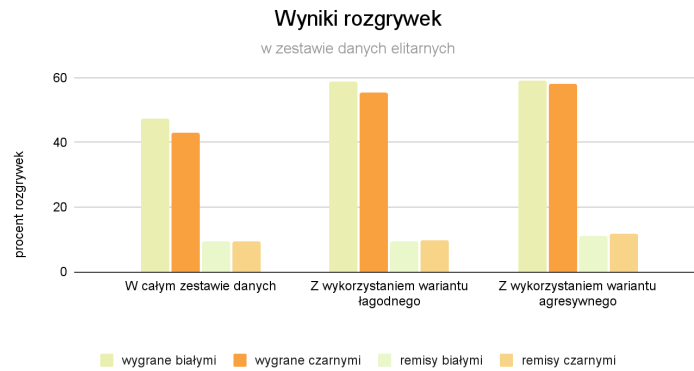
7.2.2 Wyniki dla danych elitarnych

Strategia wieża/wieże na siódmce w wariacie agresywnym przynosi korzyści w zakresie wyników gier również na poziomie elitarnym. Gracze korzystający z tej strategii, grając białymi, wygrywają 59,22% gier, a grając czarnymi – 58,18% gier. Porównując te wartości do wyników wszystkich gier (białe: 47,54%, czarne: 43,03%), widzimy znaczącą poprawę efektywności.

Podobne korzyści przynosi zastosowanie strategii wieża/wieże na siódmce w wariacie łagodnym. W przypadku graczy korzystających z białych figur, wygrywają oni 58,77% partii, a korzystając z czarnych – 55,55% partii.

Warto zauważyć, że zastosowanie strategii, niezależnie od wariantu, wiąże się również z nieco większym odsetkiem remisów. Dla graczy grających białymi, częstotliwość remisów wynosi 11,20% dla wariantu agresywnego i 9,46% dla wariantu łagodnego. Dla graczy grających czarnymi, te wartości wynoszą odpowiednio 11,94% i 9,89%.

Na rysunku Rys. 19. został przedstawiony histogram, zestawiający wyniki analizy.



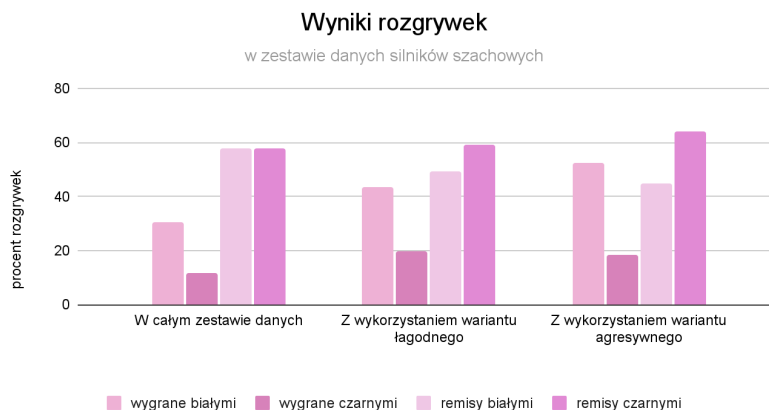
Rys. 19. Wyniki rozgrywek w zależności od wariantu oraz koloru przy zastosowaniu strategii dla danych elitarnych

7.2.3 Wyniki dla danych TCEC

Analiza strategii wieża/wieże na siódmymce w kontekście danych TCEC raz jeszcze zdaje się potwierdzać skuteczność tej strategii. W przypadku wariantu agresywnego, obserwujemy znaczne zwiększenie wskaźnika zwycięstw dla graczy grających białymi – 52,43%. Dla graczy korzystających z czarnych figur, wskaźnik zwycięstw wynosi 18,21%. Te wartości są wyraźnie wyższe w porównaniu do ogólnego wskaźnika zwycięstw w całym zestawie danych, który wynosi 30,4% dla białych i 11,6% dla czarnych.

Podobnie, łagodny wariant strategii wieża/wieże na siódmymce przynosi zwiększenie wskaźnika zwycięstw. Dla graczy korzystających z białych figur, wskaźnik ten wynosi 43,41%. Dla graczy grających czarnymi, odsetek zwycięstw wynosi 19,66%.

Zastosowanie strategii wieża/wieże na siódmymce, zarówno w wersji agresywnej, jak i łagodnej, wiąże się z podobnym odsetkiem remisów w porównaniu do ogólnego wskaźnika remisów, który wynosi 57,99% w całym zestawie danych. W wariantcie agresywnym, częstotliwość remisów wynosi 44,74% dla graczy grających białymi i 63,93% dla graczy grających czarnymi. Z kolei, w wariantcie łagodnym, odsetek remisów wynosi 49,19% dla graczy grających białymi i 58,97% dla graczy grających czarnymi.



Rys. 20. Wyniki rozgrywek w zależności od wariantu oraz koloru przy zastosowaniu strategii dla danych TCEC

Na rysunku Rys. 20. został przedstawiony histogram, zestawiający wyniki analizy. Podsumowując, strategia wieża/wieże na siódemce wydaje się być skutecznym narzędziem w rozgrywkach szachowych na poziomie TCEC. Zarówno wariant agresywny, jak i łagodny, przynoszą lepsze wyniki niż średnia dla całego zestawu danych.

7.3 Porównanie z literaturą

Wiele źródeł literatury szachowej skupiają się na roli i użyteczności dwóch wież na siódmej (lub drugiej) linii, nazywanych potocznie wieprzami na siódmej.

Daniel *Naroditsky*, amerykański arcymistrz szachowy, w swoim artykule „Rewizja wież na siódmej” (ang. „*Rooks on the Seventh, Revisited*”) rozważa z czego wynika skuteczność analizowanej heurystyki [55]. Autor używając różnych przykładów z partii szachowych, ilustruje, jak wieże na siódmej linii mogą być wykorzystywane do uzyskania przewagi, zarówno poprzez wymuszenie korzystnej wymiany wież, jak i zdobycie materiału. Wyraźnie podkreśla, że wieże na siódmej linii czerpią swoją moc nie tylko z ich potencjału ataku, ale także z mobilności i zdolności ograniczenia ruchów przeciwnika. *Naroditsky* ostrzega jednak, że wieże na siódmej linii powinny być traktowane jako przewaga przejściowa, która powinna być przekształcona w bardziej namacalną.

Arcymistrz kończy artykuł słowami – „(...) *hopefully, I have been successful in showing exactly why they are so dominant*” [55]. Stwierdzona przez autora “dominacja” znajduje odzwierciedlenie w zebranych wynikach, które pokazują, że zastosowanie strategii

wieża/wieże na siódemce prowadzi do znacznej poprawy wyników gier, na poziomie sub-elitarnym, elitarnym a nawet silników szachowych.

Innym źródłem jest strona *chessprogramming.org*, forum dla programistów szachowych założone przez *Mark'a Lefler'a* w 2007 roku. Artykuł traktujący o analizowanej heurystyce nazywa ją "powszechnym terminem ewaluacyjnym" w silnikach szachowych [16]. Terminy ewaluacyjne to funkcje używane przez silniki do oceny stanu planszy. W artykule podkreślone jest, że posiadanie wieży na siódmej linii jest bardzo korzystne, ponieważ może ona zarówno atakować piony przeciwnika na ich linii startowej, jak i uwięzić króla na 8. (lub 1.) linii.

Nasze badania potwierdzają te obserwacje, pokazując, że skuteczne zastosowanie tej strategii prowadzi do wyższych odsetek zwycięstw. Co więcej, nasza analiza wskazuje na korzyści wynikające z wyższej proporcji remisów, co jest zgodne z założeniem, że wieże na siódmej linii mogą pomóc ograniczyć mobilność przeciwnika, przyczyniając się w ten sposób do większej liczby partii kończących się remisem spowodowanym przez np. "wieczny szach".

7.4 Wnioski

Analiza strategii wieża/wieże na siódemce na różnych poziomach rozgrywek szachowych ukazuje jej efektywność w kontekście poprawy wyników gier. Zarówno na poziomie sub-elitarnym, elitarnym, jak i na poziomie TCEC, strategia ta, zarówno w wersji agresywnej, jak i łagodnej, przynosi zauważalne korzyści dla graczy.

Wariant agresywny strategii wykazuje szczególnie drastyczne efekty, zdecydowanie podnosząc odsetek zwycięstw dla graczy, zarówno białych jak i czarnych bierek, na wszystkich badanych poziomach. Niemniej jednak, zaobserwowano mniejszą liczbę partii z zastosowaniem tego wariantu, co może sugerować, że jest on trudniejszy do implementacji w praktyce. Strategia w wariacie łagodnym także przynosi korzyści, choć nieco mniejsze niż wariant agresywny.

Warto również podkreślić, że oba warianty strategii, zarówno agresywny, jak i łagodny, zazwyczaj wiążą się z wyższym odsetkiem remisów w porównaniu do gier, w których strategia ta nie była stosowana. Oznacza to, że przy zastosowaniu tej strategii, szanse na przegraną znacznie maleją. Nie jest to tylko kwestia zwiększenia liczby bezpośrednich

zwycięstw – również możliwość zabezpieczenia remisu jest wartościowym elementem strategii.

Warto zauważyć, że w przeprowadzonym badaniu znaleziono stosunkowo małą liczbę partii TCEC, w których udało się zastosować strategię wieża/wieża na siódmce. Mniejsza próbka może wprowadzać pewien poziom niepewności i ograniczać generalizowalność wniosków. Ponadto, istnieje możliwość, że strategia ta może wymagać większego wysiłku w implementacji na tak wysokim poziomie rozgrywki.

Podsumowując, strategia wieża/wieża na siódmce prezentuje się jako skuteczne narzędzie w poprawie efektywności gry w szachy. Przy odpowiednim zastosowaniu może prowadzić do zdecydowanej poprawy wyników, niezależnie od poziomu gry.

8. ANALIZA WPLYWU HEURYSTYKI ROZWIŃ SWOJE FIGURY WCZEŚNIE NA WYNIKI ROZGRYWEK SZACHOWYCH

8.1 Wprowadzenie teoretyczne

Heurystyka rozwiń swoje figury wcześniej (ang. *develop your pieces quickly*) sugeruje, że warto jak najszybciej rozwinąć swoje figury na planszy. Istotą tej heurystyki jest skupienie się na rozwijaniu skoczków i gońców, zanim przystąpi się do zaawansowanego rozwinięcia pionów czy ruszania figur ciężkich (wieże oraz hetmany) (patrz rysunek Rys. 21.). Działa to na korzyść gracza, ponieważ dobrze rozmieszczone figury mają większy potencjał taktyczny, kontrolują większą liczbę pól i są bardziej elastyczne w reagowaniu na ruchy przeciwnika.



Rys. 21. Przykład szybkiego rozwoju figur po stronie białych

W początkowej fazie partii rozwinięcie skoczków i gońców ma szczególne znaczenie. Skoczki są jedynymi figurami, które mogą przeskakiwać nad innymi bierkami, co daje im unikalną zdolność do manewrowania na planszy przy jeszcze nie otwartych pozycjach. Gońce natomiast mają zdolność poruszania się po przekątnych, co pozwala im kontrolować duże obszary szachownicy. Poprzez odpowiednie rozmieszczenie tych figur na korzystnych pozycjach, gracze zyskują większą kontrolę nad centrum planszy oraz potencjał do skoncentrowania ataku na przeciwnika [58].

Rozwinięcie figury w kontekście tego badania zdefiniowano jako turę, w której skoczek lub gońiec porusza się z pozycji startowej na szachownicy. Chociaż ogólnie mówi się, że rozwinięcie powinno być kierowane w stronę centrum szachownicy, wiele źródeł nie precyzuje dokładnie, gdzie powinna zostać umieszczona figura w kontekście tej strategii [30] [49] [53] [59]. Zatem, dla celów tego badania, rozwinięcie figury oznacza, że skoczek lub gońiec został przemieszczony z pozycji startowej na planszy, niezależnie od lokalizacji docelowej.

8.2 Metoda analityczna – przebieg i wyniki

W ramach badania wpływu strategii rozwin swoich figury wcześniej na wyniki rozgrywek szachowych, przeanalizowano sekwencję ruchów w pierwszych 40 turach rozgrywek. W każdej z analizowanych partii zidentyfikowano turę, w którym skoczki i gońce zostają rozwinięte. Następnie zbadano, czy istnieje związek między rozwinięciem tych figur przed przeciwnikiem a wynikami rozgrywek.

W celu zbadania korelacji między rozwinięciem figur a wynikiem partii szachowych, wprowadzono metrykę o nazwie przewaga w rozwoju. Jest to różnica między liczbą rozwiniętych figur przez gracza, z którego perspektywy prowadzono analizę a przeciwnika w określonej turze,

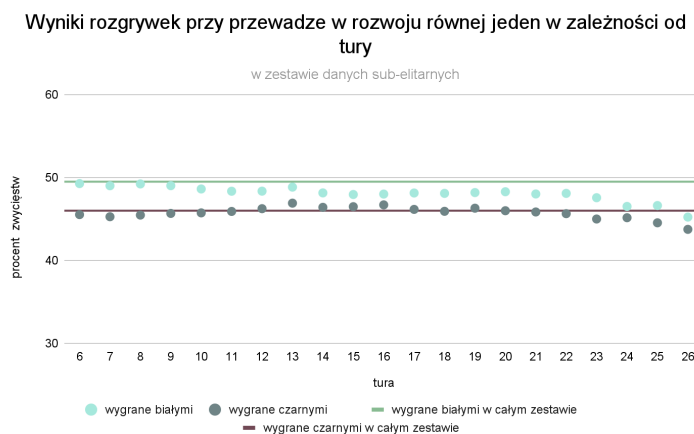
Zmienną tę wyznacza się ze wzoru:

$$A(t) = R_1 - R_2 \quad (1)$$

gdzie $A(t)$ to przewaga w rozwoju w turze t , R_1 poziom rozwoju jednego z graczy w tej turze natomiast R_2 to poziom rozwoju drugiego z graczy. Zbadano wpływ przewagi w rozwoju na wyniki gier. Bardziej szczegółowo, zbadano sytuacje, w których jeden z graczy posiadał przewagę rozwinięcia o jedną, dwie, trzy lub cztery figury nad przeciwnikiem. Badanie rozpoczęto od szóstej tury, czyli od najwcześniejszego momentu, w którym możliwe jest rozwinięcie wszystkich figur objętych analizą. Dodatkowo, w badaniu pominięto te tury, w których liczba znalezionych partii nie przekracza stu, ze względu na fakt, że stanowią one zbyt małą próbkę do wiarygodnej analizy.

8.2.1 Wyniki dla danych sub-elitarnych

Na rysunku Rys. 22. przedstawiono wykres obrazujący zależność pomiędzy kolejnymi turami gry a procentem wygranych dla graczy białych i czarnych, przy przewadze w rozwoju równej jeden jeden.



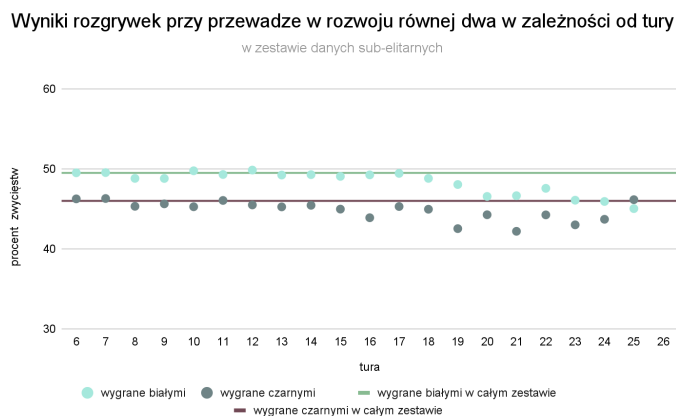
Rys. 22. Wyniki rozgrywek przy przewadze w rozwoju równej jeden jeden w zależności od tury dla partii sub-elitarnych

Rozpoczynając od szóstej tury, można zauważyć, że białe, mając przewagę jednej figury w rozwoju, wygrywają 49,27% gier. Jest to nieco niższy odsetek wygranych białych w porównaniu z tym w całym zestawie danych (49,54%). Czarne z taką samą przewagą wygrywają 45,53% gier, co również jest odchyleniem w dół od średniego procentu wygranych gier przez czarne w całym zestawie danych (45,95%).

W miarę postępu tur, odsetek gier wygranych przez białe oraz czarne, które mają przewagę w rozwoju, zaczyna powoli spadać. Na przykład, w turze dwudziestej pierwszej, odsetek gier wygranych przez białe, spadł do 48,01%, podczas gdy odsetek gier wygranych przez czarne, które mają przewagę, wynosił 45,85%.

Otrzymane wyniki wydają się sugerować, że przewaga w rozwoju o jedną figurę nie jest aż tak znacząca i może nie mieć bezpośredniego wpływu na wyniki rozgrywek.

Na rysunku Rys. 23. przedstawiono wykres obrazujący zależność pomiędzy kolejnymi turami gry a procentem wygranych dla graczy białych i czarnych, przy przewadze w rozwoju równej dwa.



Rys. 23. Wyniki rozgrywek przy przewadze w rozwoju równej dwa w zależności od tury dla partii sub-elitarnych

Gry z przewagą dwóch figur w rozwoju pokazują podobne trendy i zależności co gry z przewagą rozwoju równą jeden.

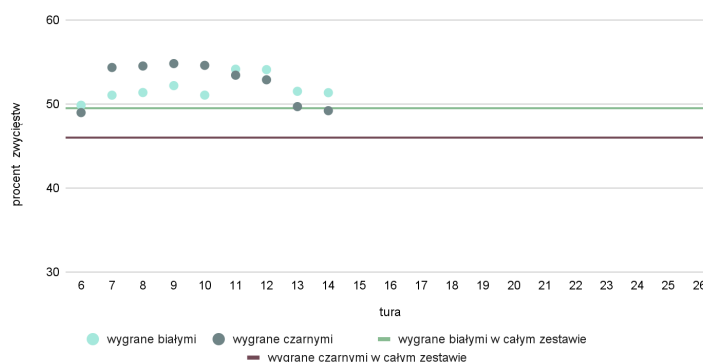
W szóstej turze, gdy białe mają przewagę w rozwoju o dwie figury, odsetek wygranych gier wynosi 49,51%, co jest nieznacznie niższą od średniego odsetka wygranych gier przez białe w całym zestawie danych (49,54%). Natomiast czarne z przewagą rozwoju dwóch figur wygrywają 46,26% gier, jest to niewielki wzrost od średniego procentu wygranych przez czarne w całym zestawie danych (45,95%).

Jednakże z każdą kolejną turą, można zaobserwować ogólny trend spadku odsetka wygranych gier zarówno dla białych, jak i czarnych. Na przykład, w turze dwudziestej pierwszej, odsetek wygranych gier przez białe, spadł do 46,65%, podczas gdy odsetek gier wygranych przez czarne, w najgorszym przypadku spadł do 42,20%.

Wyniki te mogą wydawać się nieintuicyjne, ponieważ oczekiwano, że gracze z większą przewagą rozwoju będą osiągać lepsze rezultaty w swoich partiach. Spadek procentowy wygranych w późniejszych turach może być potencjalnie tłumaczony tym, że w późniejszej fazie gry, wieże i hetman są również aktywowane. Gra może się wtedy przenosić na krawędzie szachownicy, gdzie zaczynają dominować ataki pionami. To mogłoby tłumaczyć, dlaczego przewaga w rozwoju niekoniecznie prowadzi do wyższej proporcji wygranych w dalszych etapach gry.

Na rysunku Rys. 24. przedstawiono wykres obrazujący zależność pomiędzy kolejnymi turami gry a procentem wygranych dla graczy białych i czarnych, przy przewadze w rozwoju równej trzy.

Wyniki rozgrywek przy przewadze w rozwoju równej trzy w zależności od tury
w zestawie danych sub-elitarnych



Rys. 24. Wyniki rozgrywek przy przewadze w rozwoju równej trzy w zależności od tury dla partii sub-elitarnych

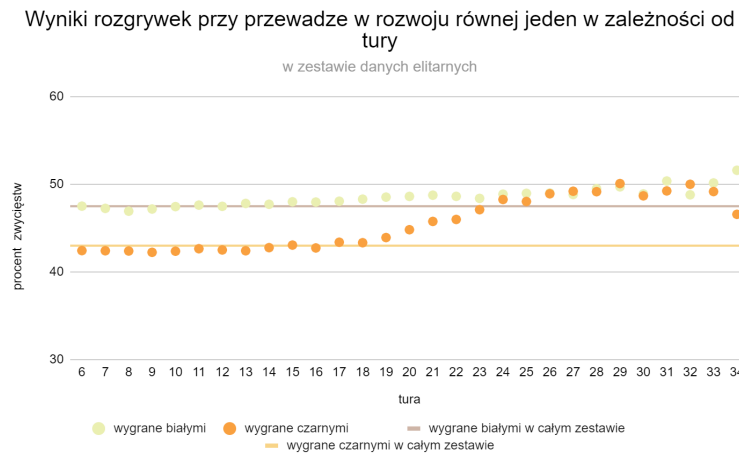
Analiza danych dotyczących graczy sub-elitarnych z przewagą rozwoju równą 3 pokazuje pewne interesujące tendencje (patrz rysunek Rys. 24.). Dla białych, odsetek wygranych partii wynosił około 50% w szóstej turze, a dalej oscylował w okolicy 50-54% do 15. tury. Jest to znaczący wzrost w porównaniu do sytuacji, w której przewaga w rozwoju wynosiła 1 lub 2. Podobne tendencje można zaobserwować dla graczy bierkami czarnymi, gdzie odsetek wygranych partii na początku wynosi około 49% i dalej waha się w granicach 49-55% do 15. tury.

Podsumowując, w danych sub-elitarnych tak duża przewaga w rozwoju, zwłaszcza w początkowych fazach rozgrywki, może mieć znacząco pozytywny wpływ na wyniki. Wzrost odsetka wygranych partii świadczy o sile wczesnego rozwoju i możliwościach, które ma w rękach umiejętnego gracza. W tym kontekście warto jednak zauważyć, że tak znaczna różnica w poziomie rozwoju pojawiała się w znacznie mniejszej liczbie partii w porównaniu do przewagi o jedną lub dwie figury. W analizowanych partiach, sytuacja, w której przewaga w rozwoju wynosiła 3 w 14. turze, wystąpiła jedynie w około 400 grach. Dla kontrastu, przewaga w rozwoju o wartości 2 w tej samej turze zaobserwowana została w ponad 4500 rozgrywkach. Ta dysproporcja ilustruje, jak rzadko gracze osiągają tak znaczącą przewagę w rozwoju na tym etapie gry.

Analiza partii graczy sub-elitarnych z przewagą rozwoju równą 4 nie została przeprowadzona. Jest to spowodowane niewystarczającą liczbą gier z taką przewagą w poszczególnych turach. Badanie przeprowadzone na tak niewielkiej próbce mogłoby okazać się mało wiarygodne.

8.2.2 Wyniki dla danych elitarnych

Na rysunku Rys. 25. przedstawiono wykres obrazujący zależność pomiędzy kolejnymi turami gry a procentem wygranych dla graczy białych i czarnych, przy przewadze w rozwoju równej jeden.



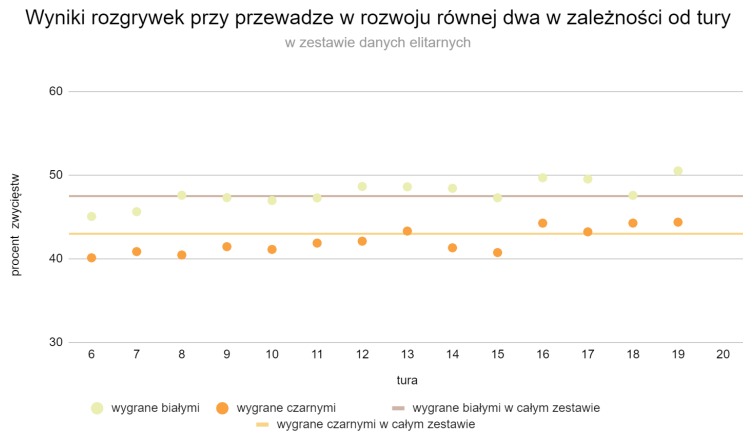
Rys. 25. Wyniki rozgrywek przy przewadze w rozwoju równej jeden w zależności od tury dla partii elitarnych

Zarówno dla białych, jak i czarnych graczy można zauważyć wzrost procentu wygranych partii wraz z upływem tur. W początkowych turach, białe wygrywają około 47,5% partii, podczas gdy czarne wygrywają około 42,5% gier. Wraz z postępem rozgrywki, odsetek wygranych dla obu kolorów rośnie. W turze 34. białe wygrywają 51,6% partii, a w przypadku czarnych zanotowano znaczny wzrost, do 46,57%.

Uwagę może zwrócić większy wzrost odsetka wygranych partii dla czarnych, mimo że białe i czarne miały taką samą przewagę w rozwoju. Czarne zaczynają z niższym procentem wygranych, ale z upływem czasu nadrabiają straty.

Podsumowując, dane sugerują, że gracze elitarni są w stanie skutecznie wykorzystać przewagę w rozwoju, niezależnie od koloru bierki. Co więcej, choć białe zwykle mają przewagę z powodu pierwszego ruchu, widać, że czarne są w stanie skutecznie konkurować, gdy mają bardziej rozwinięte figury.

Na rysunku Rys. 26. przedstawiony został wykres punktowy, które obrazuje zależność pomiędzy kolejnymi turami gry a procentem wygranych dla graczy białych i czarnych, przy przewadze w rozwoju równej dwa.



Rys. 26. Wyniki rozgrywek przy przewadze w rozwoju równej dwa w zależności od tury dla partii elitarnych

Analizując przypadki, gdzie przewaga w rozwoju wynosi 2, obserwujemy odmienną dynamikę wzrostu odsetka wygranych partii na przestrzeni czasu w porównaniu do sytuacji, gdy przewaga rozwoju wynosi 1. Wbrew intuicji, zwiększenie przewagi w rozwoju nie przekłada się na wyższy procent wygranych w badanych rozgrywkach.

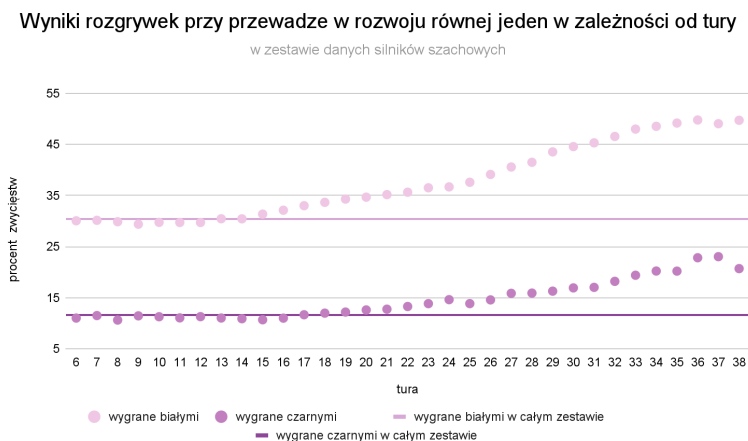
Można zaobserwować także znacznie większe fluktuacje wyników w porównaniu do danych o partiach z przewagą równą 1. Mimo że odsetek wygranych partii wydaje się nieznacznie wzrastać wraz z kolejnymi turami, w wielu przypadkach nadal jest on niższy niż średni procent wygranych w całym badanym zestawie. Dopiero po 15. turze odsetek wygranych zaczyna stabilnie przekraczać średnią z całego zestawu. Może to sugerować, że różnica w rozwoju ma większe znaczenie w późniejszych turach rozgrywki.

Warto także podkreślić, że w przypadku rozgrywek elitarnych znaleziono znacznie mniej gier z przewagą rozwoju równą 2 w porównaniu do rozgrywek sub-elitarnych. Na przykład, w 14. turze w rozgrywkach elitarnych odnotowano zaledwie 2000 takich gier, podczas gdy w przypadku rozgrywek sub-elitarnych liczba ta przekroczyła 4500. Może to wskazywać, że gracze elitarni bardziej dbają o swój rozwój i starają się unikać sytuacji, w których przeciwnik miałby znacznie większą przewagę w rozwoju.

Analiza partii graczy elitarnych z przewagą rozwoju równą 3 oraz 4 nie została przeprowadzona. Podobnie jak w przypadku zestawu danych sub-elitarnych, zostało to spowodowane niewystarczającą liczbą gier z taką przewagą w poszczególnych turach.

8.2.3 Wyniki dla danych TCEC

Na rysunku Rys. 27. przedstawiony został wykres punktowy, które obrazuje zależność pomiędzy kolejnymi turami gry a procentem wygranych dla graczy białych i czarnych, przy przewadze w rozwoju równej dwa.



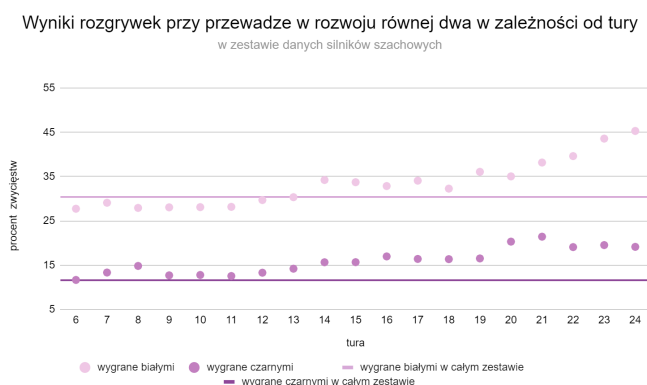
Rys. 27. Wyniki rozgrywek przy przewadze w rozwoju równej jeden w zależności od tury dla partii silników szachowych

Analizując dane TCEC, można zaobserwować nieco inne tendencje w porównaniu z poprzednimi zestawami danych. Przy przewadze rozwoju wynoszącej 1, początkowo w 6. turze odsetek wygranych partii przez białe wynosi 30,06%, natomiast odsetek wygranych partii przez czarne wynosi 11,00%. Są to odsetki bardzo zbliżone do tych obserwowanych w całym zestawie danych (białe: 30,38%, czarne: 11,56%), co sugeruje, że na tym etapie przewaga rozwojowa nie przekłada się bezpośrednio na zwiększenie szans na wygraną.

Jednakże, podobnie jak w poprzednim zestawie danych, obserwujemy stopniowy wzrost odsetka wygranych partii przez graczy z przewagą rozwojową. Dla białych osiągający szczytowe 49,79% w 36. turze, zdecydowanie przekraczając średnią wygranych w całym zestawie (30,4%). Natomiast odsetek wygranych partii przez czarne wynosi 22,82% w 36. turze, co również jest znacznie wyższe niż średnia dla całego zestawu (11,56%).

Podsumowując, analiza danych z TCEC sugeruje, że przewaga w rozwoju może prowadzić do znaczącego wzrostu odsetka wygranych partii, lecz efekt ten staje się zauważalny dopiero po pewnej liczbie tur, w tym przypadku wzrost wygranych obserwujemy po 15 turze. Obserwowane zjawisko ma podobieństwa do wyników uzyskanych z innych zestawów danych, jednakże w tym przypadku efekt wydaje się być bardziej wyraźny. Może to wskazywać na to, że wyższy poziom rozgrywki sprzyja efektywnemu wykorzystaniu przewagi w rozwoju.

Na rysunku Rys. 28. przedstawiony został wykres punktowy, które obrazuje zależność pomiędzy kolejnymi turami gry a procentem wygranych dla graczy białych i czarnych, przy przewadze w rozwoju równej dwa.



Rys. 28. Wyniki rozgrywek przy przewadze w rozwoju równej jeden w zależności od tury dla partii silników szachowych

Dane dla gier w których przewaga w rozwoju wynosiła 2, wykazują podobne tendencje jak te w poprzednich zestawach.

W początkowych turach gry, po 6. turze, białe wygrywały 27,7% partii, a czarne 11,6%. Z biegiem czasu, odsetek wygranych w obu przypadkach rośnie, w przypadku białych, osiągając szczytowo 45,30%, a w przypadku czarnych 21,43%.

Podobnie jak w poprzednich analizach, obserwujemy, że przewaga w rozwoju zaczyna mieć większy wpływ na wynik partii po pewnej liczbie tur. W zestawie danych silników szachowych, zdecydowany wzrost odsetek wygranych partii przez białe, można zauważyć dopiero po 15. turze. Ogólny trend wyników jest podobny do tych uzyskanych z innych zestawów danych, z tą różnicą, że tutaj efekt wydaje się być jeszcze bardziej wyraźny.

Wszystko to wskazuje na to, że wyższy poziom rozgrywki sprzyja efektywnemu wykorzystaniu przewagi w rozwoju. Z tego powodu, wyższa przewaga w rozwoju może przynosić jeszcze lepsze rezultaty.

Z tych samych powodów jak w przypadku zestawu danych elitarnych analiza partii z przewagą rozwoju równą 3 oraz 4 nie została przeprowadzona.

8.3 Metoda empiryczna – przebieg i wyniki

W ramach metody empirycznej przeprowadzono ocenę momentów w rozgrywce, przed dziesiątą turą, w których możliwe było wyprowadzenie figury. Celem było obliczenie

procentowego udziału posunięć, które rozwijają figury i jednocześnie są oceniane jako najlepsze przez *Stockfish*'a.

Ważnym aspektem, jest fakt, iż aby umożliwić rozwinięcie gońców, gracz musi najpierw przeprowadzić co najmniej dwa ruchy pionami. W konsekwencji tego, w trakcie analizy, nie ograniczono się jedynie do zliczania posunięć, które skutkują rozwinięciem figur i jednocześnie są optymalnymi ruchami. Uwzględniono również liczbę możliwych do wykonania posunięć. Tę liczbę możemy zdefiniować jako liczbę ruchów, w których możliwe było rozwinięcie skoczka lub gońca. Jeśli gracz zdołał rozwinąć wszystkie lekkie figury przed upływem 10 tur, nie wliczano już pozostałych tur do liczby tych, w których możliwe było rozwinięcie.

W celu obliczenia procentowego udziału ruchów rozwijających figury, stosujemy następującą formułę:

$$P = \frac{R}{L} \tag{2}$$

gdzie P to procent ruchów rozwijających figury, R to liczba ruchów rozwijających figury, uznane jako najlepsze przez *Stockfish*'a natomiast L to liczba ruchów w których możliwe było rozwinięcie figury.

8.3.1 Wyniki dla danych sub-elitarnych

Analiza danych sub-elitarnych wykazała, że średnia procentowego udziału ruchów rozwijających figury, które zostały uznane za najlepsze przez *Stockfish* wynosiła 24,37% dla białych i 26,03% dla czarnych.

Dodatkowo, obliczono średnią liczbę tur, w których możliwe było rozwinięcie skoczka lub gońca, uwzględniając liczbę rozważanych tur. Okazało się, że dla białych wynosiła ona 7,99 z 10 możliwych tur, a dla czarnych 7,76.

Te wyniki sugerują, że spośród 8 ruchów, w których możliwe było rozwinięcie figury, średnio dwa powinny zostać wykorzystane w tym celu.

8.3.2 Wyniki dla danych elitarnych

Analiza danych elitarnych również dostarczyła ciekawych wyników dotyczących rozwijania figur w początkowych etapach gry. W przypadku białych, średnia procentowego udziału

ruchów rozwijających figury, które zostały uznane za najlepsze przez *Stockfish*, wynosiła 24,53%. Dla czarnych, ten procent był nieco wyższy i wynosił 24,91%.

Dodatkowo, podobnie jak w przypadku danych sub-elitarnych, obliczono średnią liczbę rozważanych posunięć dla obu stron. Dla białych wynosiła ona 8,35, a dla czarnych 8,37. Wyniki te są nieco wyższe niż w przypadku danych sub-elitarnych, co może sugerować, że w grach na wyższym poziomie, zawodnicy dbają o to, aby ich figury miały możliwość rozwoju.

Podsumowując, wyniki dla graczy na poziomie elitarnym są zbliżone do tych uzyskanych dla graczy sub-elitarnych. Także w tym przypadku, średnio około 2 z 8 ruchów, w których możliwe było rozwinięcie figury, powinny być wykorzystane właśnie na ten cel.

8.3.2 Wyniki dla danych TCEC

Analizując dane z TCEC, zauważono jeszcze wyższy procent ruchów rozwijających figury, które zostały uznane za najlepsze przez silnik *Stockfish*. Średnia dla białych wyniosła 39,42%, podczas gdy dla czarnych była odrobinę wyższa i wyniosła 39,81%.

Również średnia liczba rozważanych posunięć, mimo iż podobna do obserwowanej w poprzednich zestawach danych, jest wyższa. Dla białych wyniosła ona 8,59, a dla czarnych 8,42.

W tym kontekście, w pierwszych 10 turach, z 8 ruchów, które umożliwiały rozwinięcie figury, ponad trzy powinny zostać wykorzystane do rozwinięcia jednej z figur. Jest to znaczący wzrost w porównaniu z poprzednimi zestawami danych.

8.4 Porównanie z literaturą

Serwis internetowy *Chess Strategy Online* oferuje jedno z bardziej rozbudowanych wyjaśnień strategii rozwin swoje figury wcześniej [17]. Zgodnie z przedstawionymi tam informacjami, jest to najważniejsza zasada gry początkowej. Artykuł zwraca uwagę na powszechny błąd popełniany przez wielu graczy, polegający na rozwinięciu tylko jednej lub dwóch figur, z zaangażowaniem reszty dopiero wtedy, kiedy te pierwsze staną się niewydolne lub zostają zbite. Według strony, aby zwiększyć swoje szanse na zwycięstwo kluczowe jest szybkie zaangażowanie wszystkich figur. Autor artykułu podkreśla, że gracz, który rozwija swoje figury szybciej, zdobywa w ten sposób szansę na pierwszy atak. Wskazuje również optymalny porządek rozwijania figur – gońce i skoczki powinny zostać przeniesione na pole bitwy przed królowymi i wieżami. Zaleca także, aby wyprowadzić wszystkie skoczki i gońce

w pierwszych 10 ruchach. Choć prezentowany opis harmonizuje z założeniami naszego badania, wyniki przeprowadzonych analiz pokazują nieco odmienną dynamikę. Istotne jest, że artykuł nie zawiera wyników badań ani źródeł, lecz jedynie opis strategii i obietnicę poprawy jakości gry.

Strategia szybkiego rozwijania figur jest często wspomniana na różnych stronach szachowych, takich jak *Love to know*, *Chess-Teacher* czy *Chess World* [22] [59] [53]. Niemniej jednak, poradniki te nie dostarczają szczegółowego opisu, badań, czy źródeł dotyczących przedstawionych informacji. Szczegółowe omówienie korzyści płynących z szybkiego rozwijania figur oraz wpływu tej strategii na różne aspekty gry mogłoby znacznie przyczynić się do zrozumienia tej strategii przez początkujących graczy. Czytelnicy często zostają jednak pozostawieni z ogólnym przekazem o szybkim rozwijaniu figur.

8.5 Wnioski

W wynikach uzyskanych dla zestawu danych sub-elitarnych, zauważalne są intrygujące wzorce dotyczące przewagi w rozwoju równej 1 lub 2. Wydaje się, że na początku gry, taka przewaga nie przekłada się bezpośrednio na korzyści. Co więcej, odsetek wygranych dla graczy z taką przewagą z upływem tur zaskakująco maleje. Może to wynikać z faktu, że gracze skupiający się na szybkim rozwoju zaniedbują inne kluczowe elementy gry, jak ochrona króla czy rozwój potężniejszych bierok.

Dla partii sub-elitarnych, w przypadku przewagi w rozwoju równej 3, zauważalny jest znaczny wzrost odsetka wygranych zarówno dla graczy białymi, jak i czarnymi. Choć ten odsetek z czasem maleje, utrzymuje się on na poziomie wyższym niż średnia dla całego zestawu danych. Sugeruje to, że na poziomie sub-elitarnym, istotną przewagę można osiągnąć tylko przy tak dużej, korzystnej różnicy w poziomie rozwoju.

W przypadku danych gier elitarnych, analiza przypadków z przewagą w rozwoju na poziomach 1 i 2 dostarczyła równie niespodziewanych wyników. Przy jednopunktowej przewadze rozwoju odnotowano wzrost odsetka wygranych partii w miarę upływu czasu. Co ciekawe, tempo tego wzrostu było większe dla graczy czarnymi, mimo że obie strony posiadały taką samą przewagę. Przy dwupunktowej przewadze w rozwoju, dynamika wyników ulegała zmianie. Pomimo zwiększenia przewagi, odsetek wygranych nie uległ poprawie i dopiero po 15. turze przyniósł jakiegokolwiek korzyści. Rezultaty te wskazują, że dla graczy na poziomie elitarnym, różnica w rozwoju ma pozytywne znaczenie dopiero w późniejszych fazach gry.

W kontekście rozgrywek silników szachowych TCEC, strategia skupiająca się na przewadze w rozwoju wydaje się być dużo bardziej efektywna niż w innych zestawach danych. Silniki stosujące tę strategię wygrywały znacząco większy procent partii. Możliwe, że ma to związek z precyzyjnymi algorytmami sztucznej inteligencji, które są w stanie lepiej wykorzystać przewagę, a także z faktem, że silniki szachowe są mniej podatne na błędy, które mogą pozwolić przeciwnikowi odzyskać raz utraconą przewagę.

Na koniec warto zaznaczyć, że jedynie na poziomie sub-elitarnym udało się znaleźć więcej niż 100 partii, w których występowała przewaga na poziomie 3. Co do przewagi na poziomie 4, choć były takie partie i wskazywały one, że taka przewaga prowadzi do znacznej poprawy odsetka wygranych, to liczba tych partii była na tyle mała, że próbka została uznana za niewiarygodną i nie została wzięta pod uwagę w badaniu.

W kontekście metody empirycznej, dane z zestawów sub-elitarnych i elitarnych pokazały, że według zaleceń silnika *Stockfish* zaledwie średnio dwa na osiem możliwych ruchów powinno być przeznaczone na rozwinięcie figur. Ta proporcja zmienia się, przy analizie partii z zestawu danych TCEC i rośnie ona do ponad trzech na osiem możliwych ruchów.

Najprawdopodobniej ma to związek z faktem, że silniki szachowe skupiają się bardziej na strategicznym rozwoju, co prowadzi do mniej agresywnych otwarć. Efektem tego jest spadek liczby ruchów wymuszonych, jak na przykład bicie czy obrona przed szachem. To natomiast umożliwia silnikom szachowym dokonywanie większej liczby ruchów zorientowanych na swobodny rozwój. Wszystko to sugeruje, że najbardziej zaawansowane silniki szachowe zamiast skupiać się na szybkim, agresywnym ataku, preferują rozbudowę i rozwój strategiczny.

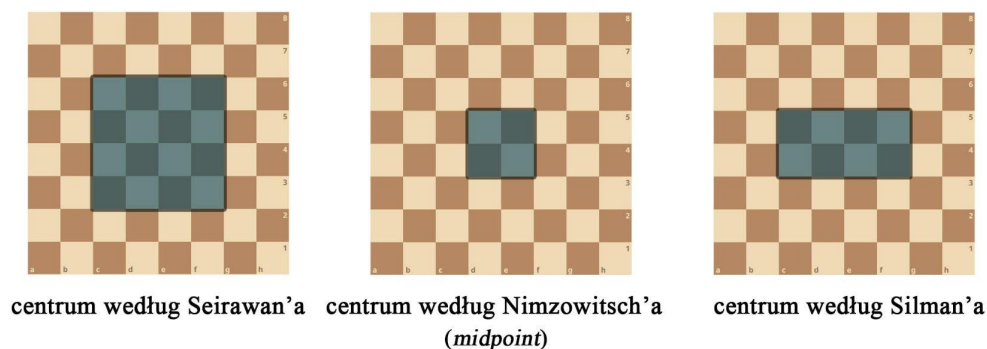
Podsumowując analizę strategii rozwiń swoje figury wcześniej, warto podkreślić skomplikowaną dynamikę jej wpływu na rezultaty partii. Mimo wykrycia pewnych konsekwentnych tendencji, nie można traktować tej strategii jako uniwersalnej recepty na sukces – nie zawsze przekłada się ona na podniesienie wskaźników wygranych partii. Zdaje się również, iż stosowanie tej strategii ma dużo lepsze rezultaty na wyższych poziomach rozgrywki co potwierdzają zarówno metoda analityczna oraz empiryczna.

9. ANALIZA WPŁYWU HEURYSTYKI KONTROLUJ CENTRUM NA WYNIKI ROZGRYWEK SZACHOWYCH

9.1 Wprowadzenie teoretyczne

W kontekście strategii szachowych, centrum szachownicy jest obszarem powszechnie uznawanym za ten o największym priorytecie, jak pisze J. Silman (IM) – „*Of the three areas of chess board (kingside, center and queenside) the center is by far the most important*” [74].

Dlatego też heurystyka kontroluj centrum (ang. *control the center*) jest szeroko rozpowszechniona i często polecana w wielu poradnikach internetowych [17] [22] [30] [35] oraz tych bardziej tradycyjnych [73] [20]. Niemniej jednak, przy bliższym spojrzeniu, okazuje się, że definicja tej heurystyki jest dość niejasna. Pojawiają się dwa fundamentalne pytania: czym jest centrum i co to znaczy je kontrolować?



Rys. 29. Definicje centrum według różnych autorów

Wszystkie źródła są zgodne, co do tego że do “centrum” zalicza się kwadrat z czterech środkowych pól szachownicy – d4, e4, d5 i e5. Ten obszar został nazwany przez Aron’a Nimzowitsch’a *midpoint*’em [57]. Jednak niektórzy autorzy rozszerzają definicję centrum o kolejne pola (patrz rysunek Rys. 29.). Arcymistrz szachowy Yasser Seirawan w swojej książce „*Winning Chess Tactics*” definiuje centrum jako obszar szachownicy obejmujący prostokąt c3-c6-f6-f3, w którym pola e4, d4, e5 i d5 (*midpoint*) są najważniejszą częścią [71]. Natomiast Silman podaje, że oprócz pól należących do *midpoint*’u „(...) *the territory within the c4-c5 f4 and f5 parameters can also be thought of as central*” [76].

Ze względu na różne definicje centrum szachownicy, na potrzeby tego badania, centrum zdefiniowano jako ten obszar co do którego wszyscy są zgodni, czyli *midpoint*.

Kontrolowanie w kontekście analizowanej heurystyki definiowane jest dwojako. W niektórych źródłach pojęcie to odnosi się do procesu centralizacji, tj. umieszczania bierki w centrum szachownicy [20] [73]. Są ku temu dobre powody.

Tab. 7. Maksymalna liczba pól jaką mogą atakować figury z centrum a pozycji startowej

Figura	Maksymalna liczba pól atakowanych z centrum	Maksymalna liczba pól atakowanych z pozycji startowej
skoczek	8	2
goniec	13	7
wieża	14	14
hetman	27	21
król	8	3

Każda figura, z wyjątkiem wieży, będąc scentralizowana ma potencjał atakować większą liczbę pól (patrz tabela Tab. 7.). Scentralizowane pionki natomiast świetnie nadają się do ograniczania ruchów przeciwnika, jak pisze Silman – *„Personally, I like nothing more than to create a large pawn center and squeeze my opponent to death in its space-gaining coils.”* [74]. Jako dodatkowy powód do centralizacji bierki J. Silman podaje także – *„Your forces can move to either side with minimum effort and maximum speed”* [74].

Kontrolę centrum można też rozumieć jako dążenie do maksymalizacji liczby centralnych pól atakowanych przez bierki gracza. W swoim poradniku *„How to Control the Center (and Why It's Important)”* Viktor Neustroev (FM) używając właśnie takiej definicji kontroli argumentuje słuszność analizowanej heurystyki następująco – *„If you control more central squares than your opponent you restrict his pieces activity“* [56].

W świetle tych dwóch diametralnie różnych definicji, postanowiono podjąć próbę zbadania jak zarówno centralizacja jak i atakowanie centralnych pól wpływa na wyniki rozgrywek. W tym celu wprowadzono dwa pojęcia – poziom centralizacji oraz poziom ataku.

Poziom centralizacji to liczba scentralizowanych przez gracza bierki. Mimo, iż istnieje już wiele rozwiązań wartościowania pozycji bierki [4] w kontekście pracy każda z nich, niezależnie od rodzaju liczyła się za 1 punkt. Maksymalny poziom centralizacji dla każdego z graczy w danej turze wynosił więc 4.

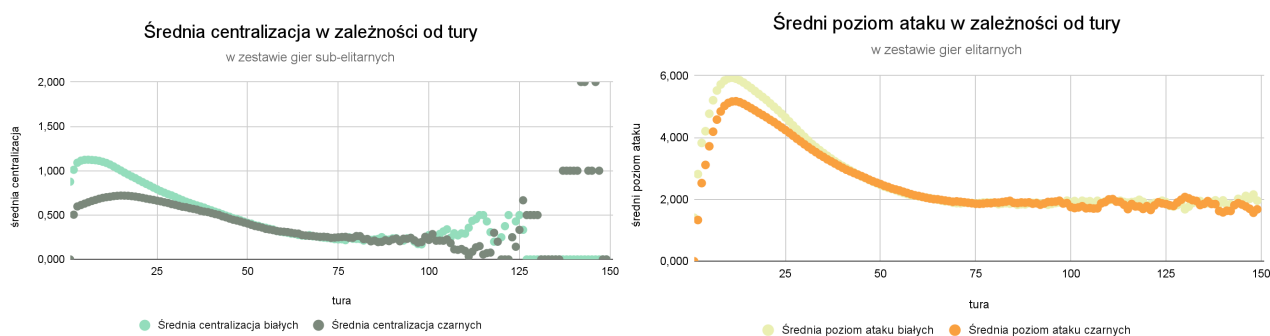
Natomiast poziom ataku zdefiniowany został jako liczba atakowanych przez gracza centralnych pól. W przypadku, jeżeli jedno pole było atakowane przez wiele bierok, każdy atak było liczony osobno.

9.2 Metoda analityczna – przebieg i wyniki

W ramach badania metodą analityczną wyznaczono poziom centralizacji oraz poziom ataku (patrz sekcja 9.1) dla 150. pierwszych tur, w każdej analizowane rozgrywce. Zostały one wyliczone oddzielnie dla każdego z graczy – białego i czarnego.

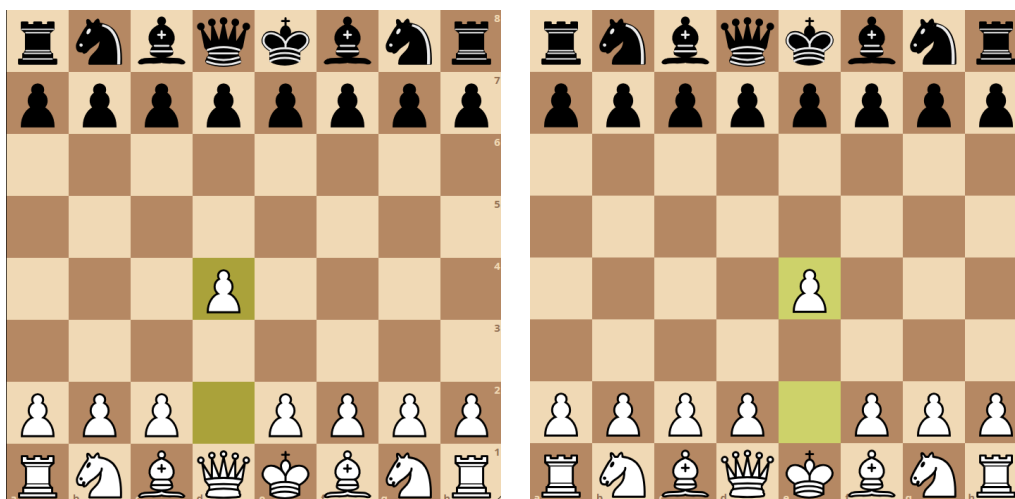
9.2.1 Poziom centralizacji

Zbadano zależność między średnią wartością poziomu centralizacji a turą we wszystkich zestawach danych (patrz rysunek Rys. 30.).



Rys. 30. Średnie centralizacja w zależności od tury

Średnią wartość centralizacji we wszystkich wyodrębnionych partiach danych przedstawiono osobno z perspektywy białych w tabeli 7. oraz z perspektywy czarnych w tabeli 8. Niezależnie od zestawu danych średnia centralizacja graczy białych jest wyższa niż czarnych, co daje nadzieję, że może ona korelować z prawdopodobieństwem zwycięstwa.



Rys. 31. Najczęstsze otwarcia w analizowanych partiach

Dodatkowo z otrzymanych danych można wyczytać, że białe bardzo często otwierają ruchem d1d4 lub e1e4 (jedyne ruchy początkowe dające centralizację równą 1) (patrz rysunek Rys. 31.). Średnia wartość centralizacji w pierwszej turze jest *de facto* prawdopodobieństwem wystąpienia jednego z tych dwóch ruchów. Dla partii sub-elitarnych jest to 88%, elitarnych 80% a silników szachowych 85%. Wyniki te są zbieżne z tymi podawanymi przez eksplorator otwarć *Lichess* (ang. *Lichess opening explorer*), według niego, około 85% wszystkich rozgrywek na platformie jest otwierane właśnie jednym tych dwóch ruchów [44].

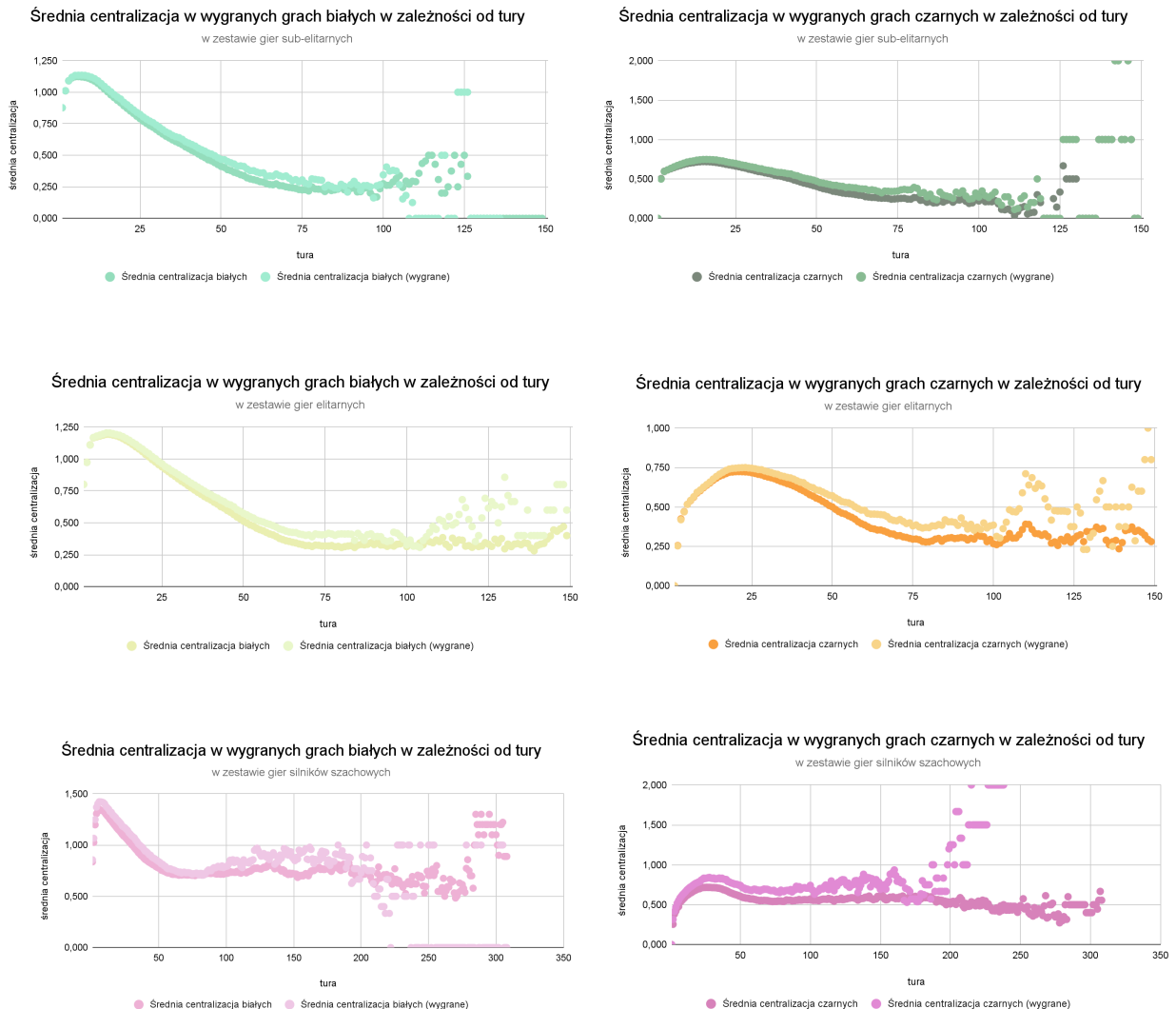
Tab. 8. Średnia centralizacja w wyodrębnionych partiach danych z perspektywy białych

Zestaw danych	Średnia centralizacja	Średnia centralizacja w wygranych rozgrywkach	Średnia <u>różnica</u> centralizacji w wygranych rozgrywkach
sub-elitarne	0,404	0,467	+0,063
elitarnie	0,351	0,532	+0,181
silników	0,719	0,865	+0,146

Tab. 9. Średnia centralizacja w wyodrębnionych partiach danych z perspektywy czarnych

Zestaw danych	Średnia centralizacja	Średnia centralizacja w wygranych rozgrywkach	Średnia <u>różnica</u> centralizacji w wygranych rozgrywkach
sub-elitarne	0,430	0,488	+0,058
elitarnie	0,281	0,356	+0,075
silników	0,612	0,692	+0,080

Biorąc pod uwagę wyżej zaznaczone różnice w średnich z całych rozgrywek w ogólnym zestawieniu oraz w partiach wygranych (patrz tabele Tab. 8. i 9.), postanowiono zbadać zmienność tej zależności wraz z numerem tury (patrz rysunek Rys. 32.).



Rys.32. Średnia centralizacja w wygranych grach

W każdym zestawie danych, oprócz danych silników szachowych, różnica między centralizacją w partiach wygranych a wszystkich pozostaje mniej więcej stała do około setnej tury rozgrywki (dla sub-elitarnych $\pm 3\%$, elitarnych $\pm 5\%$). Ma to dużo sensu, jako i końcówki szachowe rozgrywają się zazwyczaj na krańcach planszy, w takiej sytuacji poziom centralizacji przestaje być bardzo znaczący. Natomiast różnica w zestawie danych silników szachowych, wynika ze znacznie większej średniej liczby tur w rozgrywkach. W ten sposób, gra końcowa zostaje “przesunięta” i zaczyna się w znacznie późniejszej turze.

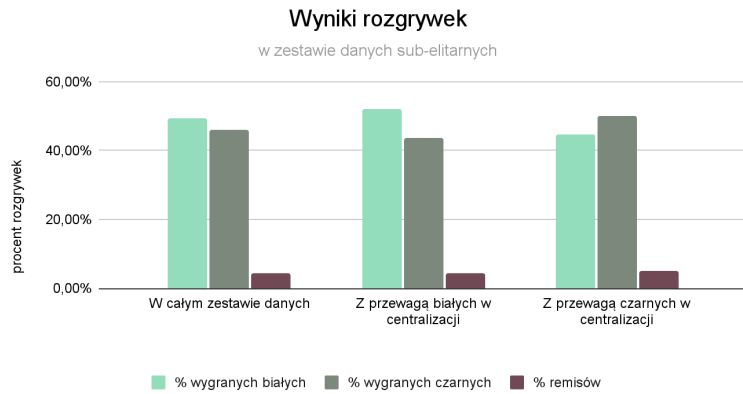
Zważywszy na te obserwacje, ponownie wyliczono średnie różnice centralizacji w wygranych rozgrywkach, korzystając jedynie z danych z pierwszych 100 tur, a w przypadku silników szachowych pierwszych 200 (patrz tabela Tab. 10.).

Tab. 10. Średnia centralizacja w pierwszych 100 (dla silników szachowych 200) turach w wyodrębnionych partiach danych

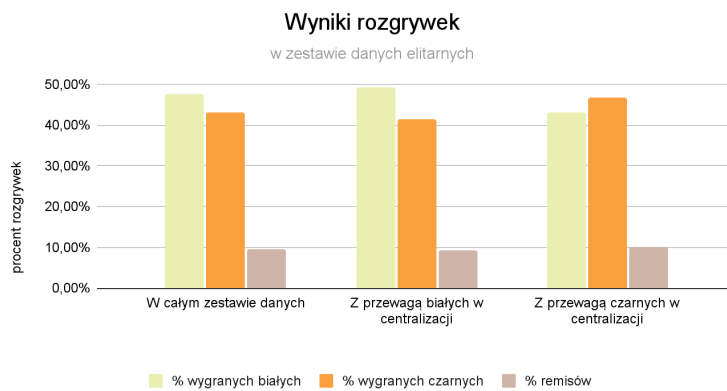
Zestaw danych	Średnia różnica centralizacji w wygranych rozgrywkach dla <u>białych</u>	Średnia różnica centralizacji w wygranych rozgrywkach dla <u>czarnych</u>
sub-elitarne	+0,044	+0,056
elitarne	+0,053	+0,055
silników	+0,087	+0,146

Średni poziom centralizacji obliczony na podstawie pierwszych stu tur gry (nazywany dalej średnią centralizacją) zdaje się, choć w niewielkim stopniu, korelować z prawdopodobieństwem zwycięstwa. Mając to na uwadze przystąpiono do dalszej części badania. Każdy zestaw danych podzielono na dwa podzbiory. Partie były rozdzielane zależnie od tego, który gracz osiągnął wyższą średnią centralizację (biały czy czarny). Następnie wyliczono statystyki wyników dla każdego z podzbiorów i porównano je ze statystykami zbioru, z którego pochodziły.

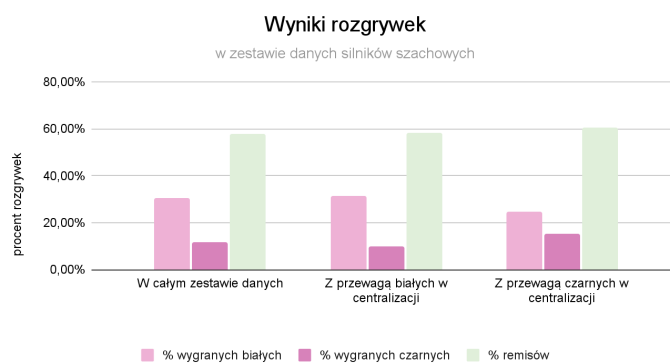
Poniżej przedstawiono statystyki wyników graczy posiadających przewagę w średniej centralizacji (patrz Rys. 33. 34. 35.). Dla danych z partii sub-elitarnych, gracze białymi wygrywają 52,11% gier, natomiast gracze czarnymi 50,22%, to znacząca poprawa w porównaniu do wyników ogólnych (białe: 49,54%, czarne: 45,95%). W przypadku danych graczy elitarnych, biali wygrywają 49,41% gier, a czarni 46,70%. To również stanowi znaczącą poprawę, przy porównaniu z ogólnymi statystykami (białe: 47,56%, czarne: 43,01%). Dla danych silników szachowych sytuacja jest podobna. Biali wygrywają 31,57% gier, a czarni 15,07%, co jest zdecydowaną poprawą w stosunku do wyników całości zestawu (białe: 29,79%, czarne: 11,30%). W żadnym z podzbiorów zastosowanie heurystyki nie zdawało się znacząco wpływać na odsetek remisów (maksymalna zmiana 0,6% w przypadku czarnych bierok w zestawie elitarnym).



Rys. 33. Wyniki rozgrywek w zależności od przewagi w centralizacji dla danych sub-elitarnych



Rys. 34. Wyniki rozgrywek w zależności od przewagi w centralizacji dla danych elitarnych



Rys. 35. Wyniki rozgrywek w zależności od przewagi w centralizacji dla danych silników szachowych

9.2.2 Poziom ataku

Poniżej przedstawiono zależność poziomu ataku od tury rozgrywki na różnych poziomach zaawansowania. Dane pokazują niewielkie różnice między wartościami tej zmiennej dla



Rys. 36. Średni poziom ataku w zależności od tury w różnych zestawach danych

białych i czarnych, jednak dość zauważalny i powtarzalny trend względem rozkładu w czasie (patrz rysunek Rys. 36).

Na podstawie przedstawionych danych (patrz tabela Tab. 11), można zaobserwować, że poziom ataku, podobnie jak centralizacja, wydaje się odgrywać niemałą rolę w prawdopodobieństwie zwycięstwa. W każdym z zestawów danych, średni poziom ataku w wygranych rozgrywkach jest wyższy niż średnia dla wszystkich danych, zarówno dla białych, jak i czarnych. Biorąc pod uwagę różnicę między średnimi poziomami ataku w całych zestawach danych a partiach wygranych, postanowiono zbadać zmienność tej zależności wraz z numerem tury. Analiza przedstawiona na rysunku Rys. 36. wykazuje, że średni

poziom ataku w kolejnych turach dla wszystkich zestawów danych ma tendencję spadkową.

Tab. 11. Średni poziom ataku w wyodrębnionych partiach danych

Zestaw danych	Średni poziom ataku (białe / czarne)	Średnia poziom ataku w wygranych rozgrywkach (białe / czarne)	Średnia różnica w poziomie ataku w wygranych rozgrywkach (białe / czarne)
sub-elitarne	2,289 / 2,681	2,823 / 2,976	+0,534 / +0,295
elitarnie	1,931 / 1,650	2,692 / 2,164	+0,761 / +0,514

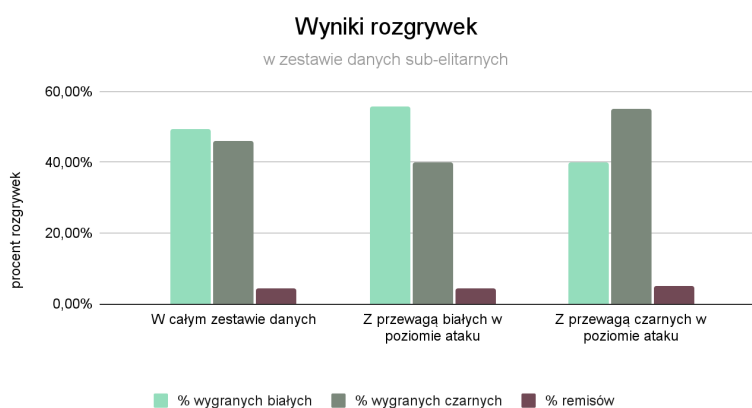
silników	3,236 / 3,046	3,346 / 3,688	+0,110 / +0,642
-----------------	---------------	---------------	------------------------

Ograniczenie analizy do pierwszych 100 tur (200 w przypadku silników szachowych), jak w przypadku badania centralizacji, pozwoliło na uzyskanie nieco innych wyników.

Tab. 12. Średni poziom ataku w pierwszych 100 (dla silników szachowych 200) turach w wyodrębnionych partiach danych

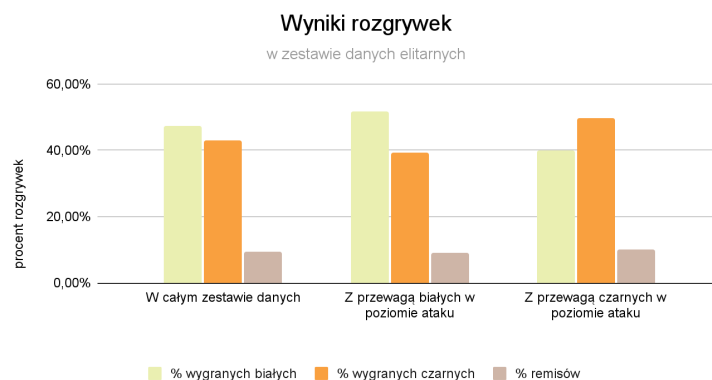
Zestaw danych	Średnia różnica w poziomie ataku w wygranych rozgrywkach dla <u>białych</u>	Średnia różnica w poziomie ataku w wygranych rozgrywkach dla <u>czarnych</u>
sub-elitarne	+0,427	+0,409
elitarne	+0,325	+0,347
silników	+0,257	+0,390

Średnia różnica w poziomie ataku w wygranych rozgrywkach, biorąc pod uwagę tylko początkowe tury, jest nieco niższa niż wynikałoby to z pełnych danych (patrz tabela Tab. 12.). Wiąże się to z małą liczebnością danych na temat późnych tur rozgrywki.

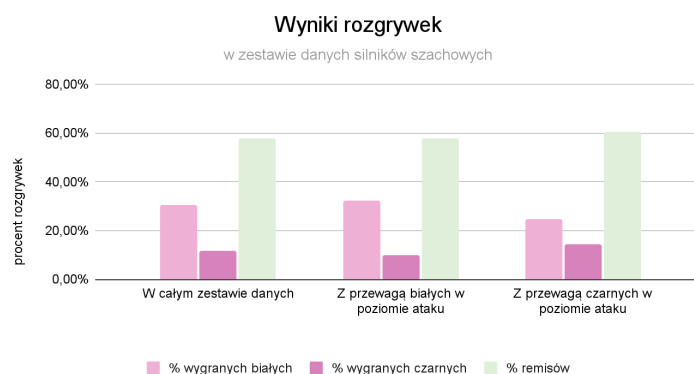


Rys. 37. Średni poziom ataku w zależności od tury w zestawie danych sub-elitarnych

Wyliczone statystyki wyników dla każdego z podzbiorów wskazują, że gracz z wyższym średnim poziomem ataku ma lepsze szanse na zwycięstwo. W zestawach danych sub-elitarnych, elitarnej i silników, różnice te są statystycznie istotne (patrz rysunki od Rys. 37 do Rys. 39).



Rys. 38. Średni poziom ataku w zależności od tury w zestawach danych



Rys. 39. Średni poziom ataku w zależności od tury w zestawach danych

9.3 Metoda empiryczna– przebieg i wyniki

Przeprowadzone badanie bazowało na wynikach uzyskanych dla każdej z pierwszych dwudziestu rund każdej z rozgrywek. Dla danego stanu planszy, ruchy proponował silnik szachowy *Stockfish*. Oceniono potencjalny wpływ jego sugestii na poziom centralizacji i poziom ataku. Oznaczało to obliczanie obu tych zmiennych dla stanu planszy przed wykonaniem “najlepszego” posunięcia i po jego hipotetycznym wykonaniu.

Następnie przeprowadzono analizę porównawczą, sprawdzając, czy wykonanie ruchu sugerowanego przez silnik prowadziło do wzrostu, czy spadku poziomu centralizacji i poziomu ataku. Celem tych działań było określenie, jaki procent ruchów uznanych przez *Stockfish*'a za najlepsze pozytywnie wpływa na poziom centralizacji oraz poziom ataku – oceniane osobno, nie łącznie. Wykorzystując tę metodologię, przeprowadzono dokładną

analizę, która umożliwiła ocenę strategii związanych z kontrolą centrum szachownicy i jej wpływem na dynamikę gry.

9.3.1 Poziom centralizacji

Za cel przyjęto zbadanie zmienności poziomu centralizacji po hipotetycznym wykonaniu ruchów sugerowanych przez silnik szachowy *Stockfish*. Poniżej przedstawiono średni odsetek najlepszych ruchów zwiększających poziom centralizacji w pierwszych dziesięciu turach rozgrywek (patrz tabela Tab. 13.).

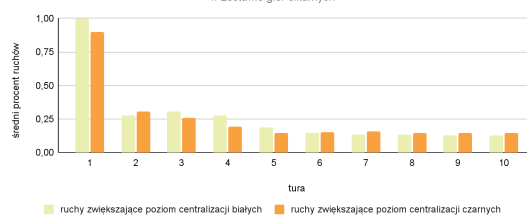
Tab. 13. Średni odsetek najlepszych ruchów zwiększających poziom centralizacji w analizowanych zestawach danych

zestaw danych	średni poziom centralizacji <u>białych</u>	średni poziom centralizacji <u>czarnych</u>
sub-elitarne	28,76%	26,15%
elitarne	27,33%	25,62%
silników szachowych	21,69%	15,40%

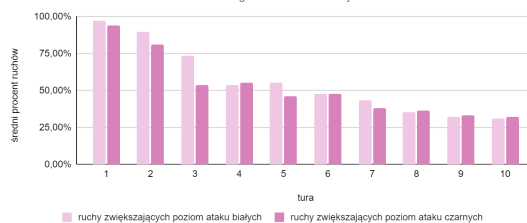
Następnie zbadano jak poziom centralizacji zmienia się w zależności od tury oraz czy tak samo we wszystkich zestawach danych.

Jak można zauważyć na wykresach (patrz rysunek Rys. 40.) średni odsetek najlepszych ruchów zwiększających poziom centralizacji występował w 1. turze – dla białego. Jest to wynik dość oczywisty, silnik szachowy *Stockfish* (na głębokości 20) praktycznie zawsze podaje e1e4 lub d1d4 jako najlepszy ruch otwierający partię. Stąd i 99,51% rozpoczęć białego zwiększa poziom centralizacji. Dalej ten poziom znacznie spada, zarówno dla białego jak i czarnego. Oscyluje on w okolicy średniej równej $16,5 \pm 7$ punktów procentowych. Nie jest to bardzo zachęcający wynik. Jednakże, warto zwrócić uwagę na fakt, iż w tych turach, według

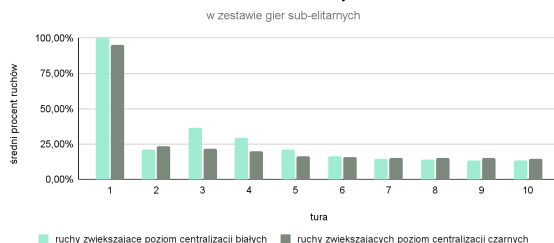
Średni procent najlepszych ruchów zwiększających poziom centralizacji w zależności od tury w zestawie gier elitarnych



Średni procent najlepszych ruchów zwiększających poziom ataku w zależności od tury w zestawie gier silników szachowych



Średni procent najlepszych ruchów zwiększających poziom centralizacji w zależności od tury w zestawie gier sub-elitarnych



heurystyki rozwin swoje figury wcześniej gracze winni ruszać figurami lekkimi (skoczkami lub gońcami).

Według analizy statystycznej, w partiach elitarnych poświęcenie dwóch z ośmiu ruchów na rozwój tych figur zwiększa współczynnik wygranych (patrz sekcja 8.3.2.).

Rys. 40. Średni procent najlepszych ruchów zwiększających poziom centralizacji w zależności od tury

9.3.2 Poziom ataku

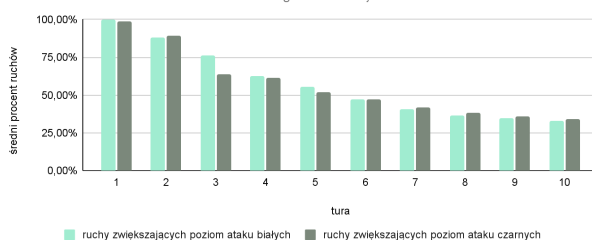
Jako priorytet badania ustalono analizę fluktuacji poziomu ataku po potencjalnym wykonaniu ruchów sugerowanych przez silnik szachowy *Stockfish*. Poniżej zaprezentowano średnie wartości odsetek ruchów zwiększających poziom ataku w pierwszych dziesięciu turach (patrz tabela Tab. 14.).

Tab. 14. Średnia wartość odsetek ruchów zwiększających poziom ataku w badanych zbiorach danych.

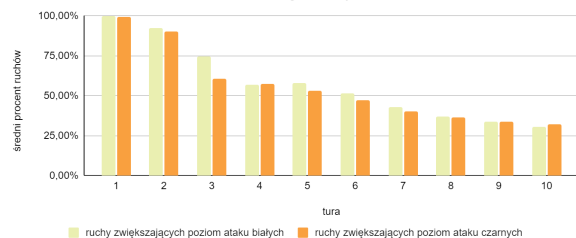
zestaw danych	odsetek ruchów zwiększający poziom ataku <u>białych</u>	odsetek ruchów zwiększający poziom ataku <u>czarnych</u>
sub-elitarne	58,71%	57,59%
elitarnie	57,64%	55,09%
silników szachowych	55,99%	51,78%

Następnie skupiono się na analizie zmienności poziomu ataku, w zależności od liczby tur, przy jednoczesnym uwzględnieniu koloru gracza. Te obserwacje przedstawiono na odpowiednich wykresach (patrz rysunek Rys. 41.).

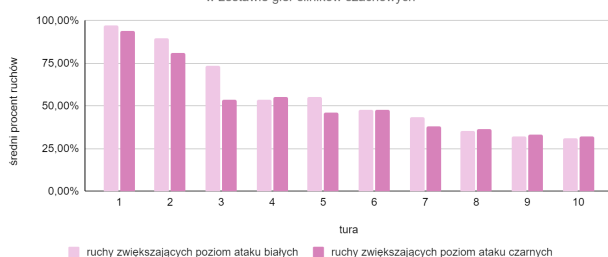
Średni procent najlepszych ruchów zwiększających poziom ataku w zależności od tury w zestawie gier sub-elitarnych



Średni procent najlepszych ruchów zwiększających poziom ataku w zależności od tury w zestawie gier elitarnych



Średni procent najlepszych ruchów zwiększających poziom ataku w zależności od tury w zestawie gier silników szachowych



W pierwszej turze, zaobserwowano najwyższy odsetek ruchów

howych

zwiększających poziom ataku – zarówno dla gracza białego jak i czarnego (białe: 99,99%, czarne: 90,11%). Dalej warto jednak zwrócić uwagę na trend spadkowy widoczny na całym wykresie. Sugeruje on szczególną wartość ruchów zwiększających poziom ataku w

Rys. 41. Średni procent najlepszych ruchów zwiększających poziom ataku w zależności od tury

najlepszych ruchach, zarówno dla gracza białego, jak i czarnego. Do dziesiątej tury poziom ten dla obu graczy spada drastycznie (białe: 30,69%, czarne: 32,12%), przy czym, wartości te od 3. tury oscylują wokół 22% (białe: $22 \pm 8\%$, czarne: $22.5 \pm 8\%$).

Dodatkowo, zaskakuje fakt, iż w analizowanym zestawie danych, po 7. turze średni procent polecanych posunięć zwiększający poziom ataku był wyższy dla gracza czarnego niż białego. To odwrócenie, jest w harmonii z wynikami uzyskanymi przy analizie poziomu ataku w wygranych rozgrywkach metodą analityczną dla danych TCEC (białe: 3,346, czarne: 3,688) (patrz sekcja 9.2.2).

9.4 Wnioski

Analizując zależności między średnim poziomem centralizacji oraz poziomem ataku a prawdopodobieństwem zwycięstwa, można zauważyć dwa istotne wzorce.

Pierwszym z nich jest trend obserwowany w każdym zestawie danych, którzy osiągnęli wyższy poziom centralizacji, mianowicie mieli oni większą szansę na wygranie partii. Wartości te były szczególnie wyraźne w przypadku silników szachowych, sugerując, że wyższy poziom centralizacji może znacząco poprawiać odsetek zwycięstw, szczególnie na poziomach zaawansowanych. Dla białych, różnica ta wynosiła +4,4 punktów procentowych dla graczy sub-elitarnych, +5,3 punktów dla graczy elitarnych, oraz aż +8,7 punktów dla silników szachowych. Dla czarnych, różnica wynosiła odpowiednio +5,6, +5,5 i +14,6 punktów procentowych.

Podobną zależność zaobserwowano w związku z poziomem ataku. W każdym zestawie danych gracze, którzy osiągnęli wyższy średni poziom ataku, mieli większą szansę na wygranie partii. W przypadku graczy białymi, różnica wynosiła +0,427 punktów procentowych dla graczy sub-elitarnych, +0,325 dla graczy elitarnych i +0,257 dla silników szachowych. Dla czarnych, różnica wynosiła odpowiednio +0,409, +0,347 i +0,390 punktów procentowych.

Jednakże, choć obie te zmienne okazały się istotne dla prawdopodobieństwa zwycięstwa, nie są one jedynymi czynnikami decydującymi o wyniku gry. Szachy są grą o bardzo złożonej dynamice, gdzie strategia, umiejętności taktyczne, zdolność przewidywania ruchów przeciwnika, oraz wiele innych czynników mają znaczący wpływ na wynik.

Drugim kluczowym wnioskiem jest to, że zmienne te nie są niezależne od innych czynników. Są one częścią większego systemu, który wpływa na wynik gry. Ta analiza pokazuje, że średnia centralizacja i poziom ataku mają pewien wpływ na prawdopodobieństwo zwycięstwa, ale są one tylko jednym z elementów skomplikowanego ekosystemu, którym są szachy.

Co więcej, dane te sugerują, że różne strategie mogą być skuteczne na różnych poziomach zaawansowania gry. Na przykład, silniki szachowe, które z założenia mają dostęp do bardzo zaawansowanych strategii, osiągały wyższe wartości centralizacji i poziomu ataku, co przekładało się na ich wysokie prawdopodobieństwo zwycięstwa.

10. PODSUMOWANIE

W ramach pracy dyplomowej przeprowadzono analizę czterech fundamentalnych strategii szachowych:

- wieża na siódemce,
- rozwijaj figury szybko,
- rosuj szybko
- oraz kontroluj centrum.

Heurystyki dotyczące tych strategii zostały pozyskane z różnych źródeł, takich jak literatura szachowa oraz publikacje internetowe. Przeprowadzono przegląd źródeł chronologicznie, sięgając aż do roku 1926. Heurystyki zostały wyselekcjonowane na podstawie ich precyzyjnego i prostego sformułowania oraz występowania w różnych źródłach.

Przeprowadzono wyszukiwanie fraz związanych z zasadami szachowymi i strategiami dla początkujących, a następnie przeanalizowano wybrane artykuły pod kątem konkretnych zasad i wskazówek. W rezultacie ustalono, że heurystyki kontroluj centrum oraz rozwiń swoje figury były dwiema najczęściej polecanymi strategiami w poradnikach internetowych.

W badaniu wykorzystano dane o partiach graczy podzielonych na trzy grupy: sub-elitarnych, elitarnych oraz silniki szachowe. Analizowane informacje obejmowały wyniki rozgrywek, rankingi ELO oraz ruchy zagrane w partii a dane pochodziły z źródeł takich jak *Lichess* lub *TCEC*. Analiza danych napotkała ograniczenia wynikające z różnorodności systemów rankingowych oraz braku pewnych parametrów.. Dodatkowo, dane pochodziły ze źródeł, które stosują różne systemy ELO, co komplikuje bezpośrednie porównanie rankingów.

W celu zbadania wpływu podstawowych strategii szachowych na wyniki gier, wykorzystano dwa główne podejścia: analityczne i empiryczne. Metoda analityczna polegała na identyfikacji i ocenie partii, w których zastosowano określoną heurystykę. Metoda empiryczna, z kolei, polegała na analizie momentów gier, gdzie możliwe było zastosowanie danej strategii. Do tej analizy wykorzystano silnik szachowy *Stockfish*. Mimo pewnych ograniczeń tych metod, w tym konieczności ograniczenia głębokości przeszukiwania silnika ze względu na wyzwania obliczeniowe, oba podejścia pozwoliły na zgromadzenie ważnych danych dotyczących wpływu strategii szachowych na wyniki rozgrywek.

Analiza heurystyki roszuj wcześniej wykazała istotny wpływ tury oraz typu roszady na rezultaty gier szachowych. Wbrew powszechnemu przekonaniu, wczesne roszady, szczególnie krótkie, mogą skutkować gorszymi wynikami rozgrywek. W przetworzonych zestawach danych zauważono trend wzrostu odsetek wygranych proporcjonalny do tury roszowania. Długie roszady były dużo rzadsze ale też dużo bardziej wpływowe na wyniki rozgrywek. Dodatkowo dzięki zastosowaniu metody empirycznej, stwierdzono że w prawie jednej czwartej przypadków, roszada była kluczowym ruchem, zwiększającym szansę na sukces.

Analiza strategii wieża/wieża na siódmce na różnych poziomach rozgrywek wykazuje, że jest ona skuteczna w poprawie wyników gier. Zarówno agresywna, jak i łagodna wersja strategii przynoszą korzyści dla graczy na sub-elitarnym, elitarnym i poziomie *TCEC*. Wariant agresywny ma szczególnie drastyczne efekty, znacząco podnosząc odsetek zwycięstw, choć może być trudniejszy do implementacji. Obie wersje strategii zwiększają odsetek remisów, co oznacza mniejsze szanse na przegraną. Ogólnie rzecz biorąc, strategia wieża/wieża na siódmce wydaje się być skutecznym narzędziem do poprawy wyników w szachach na różnych poziomach gry.

Analiza strategii rozwiń figury wcześniej wykazuje złożoną dynamikę jej wpływu na wyniki partii. Istnieją pewne wzorce, ale strategia nie gwarantuje zawsze poprawy wyników. Na poziomie sub-elitarnym, dopiero przewaga w rozwoju równa 3 miała wyraźne pozytywne znaczenie, podczas gdy na poziomie elitarnym oraz w rozgrywkach silników szachowych *TCEC* różnica w rozwoju staje się bardziej istotna w późniejszych fazach gry. W przypadku rozgrywek *TCEC*, strategia rozwoju figur okazuje się być bardziej efektywna, prawdopodobnie ze względu na precyzyjne algorytmy sztucznej inteligencji. Metoda empiryczna sugeruje, że silniki szachowe preferują strategiczny rozwój nad agresywnym atakiem. Podsumowując, strategia rozwiń figury wcześniej ma złożony wpływ na wyniki partii, z większymi korzyściami widocznymi w późniejszych etapach rozgrywki. Wyniki badania pokazują, że rozwój figur w szachach jest istotny, ale zdają się przeczyć przekonaniu, że należy się spieszyć z jego realizacją.

W kontekście strategii kontroli centrum, zdefiniowano dwa kluczowe pojęcia: poziom centralizacji i poziom ataku. Poziom centralizacji reprezentuje liczbę bierek aktualnie zajmujących centralną część szachownicy, natomiast poziom ataku odnosi się do liczby bierek atakujących centrum. Poziom centralizacji nie wydaje się być decydujący dla końcowego rezultatu rozgrywki. Z drugiej strony, poziom ataku ma znaczący wpływ na wynik partii szachowych. Prowadzi to do wniosku, że skuteczna implementacja strategii kontroli centrum

powinna być bardziej skupiona na aktywnym atakowaniu centrum szachownicy niż na bezpośrednim utrzymaniu bierek w tej przestrzeni.

10.1 Propozycje dalszych badań

Na podstawie przeprowadzonych analiz i wyników, zidentyfikowano kilka obszarów, których mogłyby dotyczyć dalsze badania.

Istotnym obszarem do zbadania jest analiza większej ilości strategii szachowych. Obecne badanie skoncentrowało się na czterech heurystykach, lecz świat szachów kryje w sobie wiele innych potencjalnie efektywnych taktyk. W trakcie pracy zidentyfikowano szereg innych często powtarzających się porad, takich jak te dotyczące struktur pionowych czy wykorzystania pionów przechodnich. Badanie tych dodatkowych strategii może wzbogacić wiedzę zarówno początkujących, jak i doświadczonych graczy, poszerzając ich perspektywę na różnorodność i efektywność stosowanych taktyk.

Kolejnym interesującym aspektem jest badanie interakcji między różnymi strategiami. Badanie skupiło się na analizie pojedynczych strategii, jednak w rzeczywistości rozgrywka szachowa jest złożonym procesem, w którym strategie często są stosowane razem i mogą wzajemnie na siebie wpływać. Przeprowadzenie badań dotyczących interakcji między różnymi strategiami szachowymi może dostarczyć szerszy obraz ich skuteczności, odzwierciedlając bardziej realistycznie warunki gry. Wyodrębnienie i zrozumienie, jak strategie mogą wzajemnie na siebie wpływać, może przynieść nowe, wartościowe wnioski jednak będzie badaniem dużo bardziej skomplikowane.

Literatura

- [1] M. Bilalić, P. McLeod, and F. Gobet, „Does chess need intelligence? — A study with young chess players,” *Intelligence*, vol. 35, no. 5, pp. 457–470, Sep. 2007, doi: 10.1016/j.intell.2006.09.005.
- [2] A. Botez, „10 Chess Tips Every Beginner Should Know,” *YouTube*. Apr. 05, 2021. Accessed: Jun. 27, 2023. [Video]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=aavP_NnrXS8
- [3] A. P. Burgoyne, G. Sala, F. Gobet, B. N. Macnamara, G. Campitelli, and D. Z. Hambrick, „The relationship between cognitive ability and chess skill: A comprehensive meta-analysis,” *Intelligence*, vol. 59, pp. 72–83, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.intell.2016.08.002.
- [4] J. P. Carvalho, N. Horta, and D. Chang-Yan, „Fuzzy Chess Tactics,” *EUSFLAT Conf.*, pp. 1033–1038.
- [5] CCRL team, „CCRL 40/15.” https://computerchess.org.uk/ccrl/4040/rating_list_all.html
- [6] N. Charness, M. Tuffiash, R. Krampe, E. Reingold, and E. Vasyukova, „The role of deliberate practice in chess expertise,” *Applied Cognitive Psychology*, vol. 19, no. 2, pp. 151–165, 2005, doi: 10.1002/acp.1106.
- [7] A. Chauhan, „Nigel Davies,” Sep. 07, 2016. <https://chessimprover.com/rook-on-the-seventh/>
- [8] ChessBase, „Physiological factors that can significantly impact your game,” *ChessBase*, Apr. 04, 2023. Accessed: Jun. 26, 2023. [Online]. Available: <https://en.chessbase.com/post/physiological-factors-that-can-significantly-impact-your-game>
- [9] chessfornovices.com, „Chess Middlegame Strategy.” <https://www.chessfornovices.com/chessmiddlegamestrategy-top10principles.html>
- [10] chessfox.com, „List of Chess Endgame Principles – CHESSFOX.COM.” <https://chessfox.com/chess-endgame-principles/>
- [11] chessfox.com, „The 3 Most Important Chess Opening Principles – CHESSFOX.COM.” <https://chessfox.com/the-3-most-important-chess-principles/>
- [12] chessgames.com, „Ding Liren vs Ian Nepomniachtchi (2023).” <https://www.chessgames.com/perl/chessgame?gid=2481459>
- [13] chessgames.com, „Ding Liren vs

- Ian Nepomniachtchi (2023).”
<https://www.chessgames.com/perl/chessgame?gid=2487929>
- [14] chessgames.com, „Magnus Carlsen vs Vincent Keymer (2022).”
<https://www.chessgames.com/perl/chessgame?gid=2441223which>
- [15] chessgames.com, „Rudolf Swiderski vs Aron Nimzowitsch (1905).”
<https://www.chessgames.com/perl/chessgame?gid=1003199>
- [16] Chessprogramming.org, „Rook on Seventh.”
https://www.chessprogramming.org/Rook_on_Seventh
- [17] chessstrategyonline.com, „Opening principles.”
<https://www.chessstrategyonline.com/content/tutorials/how-to-start-a-game-of-chess-opening-principles>
- [18] J. Coakley, A. Duff, and C. M. Association, *Winning Chess Strategy for Kids*. Montréal : Chess’n Math Association, 2000.
- [19] J. Coakley, A. Duff, and C. M. Association, *Winning Chess Strategy for Kids*. Montréal : Chess’n Math Association, 2000, p. 17.
- [20] J. Coakley, A. Duff, and C. M. Association, *Winning Chess Strategy for Kids*. Montréal : Chess’n Math Association, 2000, pp. 99–101.
- [21] J. Coakley, A. Duff, and C. M. Association, *Winning Chess Strategy for Kids*. Montréal : Chess’n Math Association, 2000, p. 106.
- [22] M. Cooper, „Chess Strategies for Beginners to Start on the Right Path,” *LoveToKnow*, Jan. 29, 2009. Accessed: Jun. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.lovetoknow.com/life/lifestyle/chess-strategies-beginners>
- [23] R. Das, „13 Chess Tips and Tricks For Beginners: Become a Champ,” Feb. 28, 2022.
<https://enthu.com/blog/chess/chess-tips-for-beginners/>
- [24] L. Donovan, *Chess: The Complete Guide to Chess - Master: Chess Tactics, Chess Openings, and Chess Strategies*. CreateSpace, 2015, p. 14. Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: http://dSPACE.vnbrims.org:13000/jspui/bitstream/123456789/4980/1/Chess_The_Complete_Guide_To_Chess_-_Master_Chess_Tactics,_Chess_Openings,_and_Chess_Strategies.pdf
- [25] S. J. Edwards, *Portable Game Notation Specification and Implementation Guide*. [Online]. Available: https://www.thechessdrum.net/PGN_Reference.txt
- [26] Ellitz, „8 Basic Chess Strategies for Beginners,” May 07, 2023.
<https://www.ellitz.com/8-basic-chess-strategies-for-beginners/>
- [27] K. A. Ericsson, R. T. Krampe, and C. Tesch-Römer, „The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance.,” *Psychological Review*, vol. 100, no. 3, pp. 363–406, Jul. 1993, doi: 10.1037/0033-295x.100.3.363.
- [28] R. Fine, *Basic Chess Endings*. Random House Puzzles & Games, 1973, p. 610.

- [29] R. Fine, *The Ideas Behind the Chess Openings*. David McKay company, INC., 1974.
- [30] T. Gavriel, „Chess Principles.” <https://www.chessworld.net/chessclubs/OpeningGuide/mainchessprinciples.asp>
- [31] M. E. Glickman, *Example of the Glicko-2 system*. Boston University. Accessed: Jan. 13, 2023. [Online]. Available: <http://www.glicko.net/glicko/glicko2.pdf>
- [32] M. E. Glickman, *The Glicko system*. Harvard University.
- [33] M. Goldfain, „Has anyone done a correlation of castling with winning and losing?” <https://chess.stackexchange.com/questions/39183/has-anyone-done-a-correlation-of-castling-with-winning-and-losing>
- [34] Google.com, „Google trends - chess,” *Google*, 2023. <https://trends.google.pl/trends/explore?date=all&q=chess&hl=pl>
- [35] A. Hercules, „6 Essential Chess Opening Principles: A Guide to Chess Mastery,” Apr. 24, 2020. <https://herculeschess.com/chess-principles-in-the-opening/>
- [36] D. H. Holding, „Theories of chess skill,” *Psychological Research*, vol. 54, no. 1, pp. 10–16, Mar. 1992, doi: 10.1007/bf01359218.
- [37] I. Horowitz and K. Harkness (Eds), *the picture chess magazine*. The Chess Review, 1948, p. 16.
- [38] International Chess Federation, „Chess Ratings.” <https://ratings.fide.com/top.phtml?list=men>
- [39] International Chess Federation, „FIDE Handbook.” <https://handbook.fide.com/chapter/B022022>
- [40] International Chess Federation, *FIDE LAWS of CHESS*. 2023. Accessed: Jan. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.fide.com/FIDE/handbook/LawsOfChess.pdf>
- [41] International Chess Federation, „Regulations for the FIDE World Championship Match 2023,” 2023.
- [42] A. Jain, „The Chess Middle Game: Importance and Principles,” Jul. 14, 2022. <https://squareoffnow.com/blog/chess-middle-game/>
- [43] Lichess.org, „Chess rating systems.” <https://lichess.org/page/rating-systems> (accessed Jun. 28, 2023).
- [44] Lichess.org, „Chess analysis board,” *lichess.org*. <https://lichess.org/analysis> (accessed Jun. 28, 2023).
- [45] Lichess.org, „Lichess Elite Database – Learn from the strongest!” <https://database.nikonoel.fr/>
- [46] Lichess.org, „lichess.org open database.” <https://database.lichess.org/>
- [47] Lichess.org, „Weekly Blitz rating distribution • lichess.org.” <https://lichess.org/stat/rating/distribution/blitz>
- [48] Lichess.org, „Weekly Classical rating distribution • lichess.org.” <https://lichess.org/stat/rating/distribution/classical>

- [49] N. Lopez, „25 Chess Principles For Beginners (with examples),” *YouTube*. Dec. 22, 2022. Accessed: Jun. 27, 2023. [Video]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=bew7T426qeA>
- [50] N. Lopez, „35 Vital Chess Principles,” *YouTube*. Feb. 04, 2021. Accessed: Jun. 27, 2023. [Video]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=nXyJdetptXg>
- [51] Y. Markushin, „7 Most Important Middlegame Principles,” May 18, 2015. <https://thechessworld.com/articles/middlegame/7-most-important-middlegame-principles/>
- [52] Y. Markushin, „7 Most Important Endgame Principles,” May 22, 2015. <https://thechessworld.com/articles/endgame/7-most-important-endgame-principles/>
- [53] Y. Markushin, „10 Classic Chess Principles You Need to Know,” Nov. 17, 2017. <https://thechessworld.com/articles/general-information/10-classic-chess-principles-you-need-to-know/>
- [54] Y. Markushin, „Chess Strategy for Beginners: Complete Guide,” Jul. 01, 2020. <https://thechessworld.com/articles/middlegame/chess-strategy-for-beginners-complete-guide/>
- [55] D. Naroditsky, „Rooks on the Seventh, Revisited,” *Chess.com*, Aug. 15, 2014. Accessed: Jun. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.chess.com/article/view/rooks-on-the-seventh-revisited>
- [56] V. (gertsog) Neustroev, „How to Control the Center (and Why It’s Important),” *Chess.com*. <https://www.chess.com/blog/Gertsog/how-to-control-the-center-and-why-its-important> (accessed Jun. 27, 2023).
- [57] A. Nimzowitsch, *My System: 21st Century Edition*. Hays Pub, 1991.
- [58] A. Nimzowitsch, *My System: A Chess Manual on Totally New Principles*. 2007, pp. 23–52.
- [59] M. Ortiz, „Mastering the Basics: Essential Chess Strategy Rules for Beginners,” Jun. 14, 2022. <https://chess-teacher.com/best-chess-strategy-rules-beginners/>
- [60] S. O. Ortiz, „CHC Theory of Intelligence,” in *Handbook of Intelligence*, New York, NY: Springer New York, 2014, pp. 209–227. Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4939-1562-0_15
- [61] ragchess, „Chess Middle Game Principles to Follow,” *RagChess*, Jan. 26, 2018. Accessed: Jun. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.ragchess.com/mid-game-principles/>
- [62] D. Rensch, „Chess Endgames,” *Chess.com*, Jul. 30, 2022. Accessed: Jun. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.chess.com/article/view/chess-endgames>
- [63] D. Rensch, „The Principles of the Opening,” *Chess.com*, May 30, 2018. Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: <https://www.chess.com/article/view/the-pri>

nciples-of-the-opening

[64] ridzuan1979, „7 Most Important Middlegame Principles.” <https://www.scribd.com/document/413689245/7-Most-Important-Middlegame-Principles>

[65] J. Rowson, *Chess for Zebras: Thinking Differently about Black and White*. 2005, p. 193.

[66] L. Rozman, „10 Chess Tips To CRUSH Everyone,” *YouTube*. Aug. 26, 2021. Accessed: Jun. 27, 2023. [Video]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=fGF14GjVvrA>

[67] L. Rozman, „It’s Over,” *YouTube*. Apr. 20, 2023. Accessed: Jun. 28, 2023. [Video]. Available: https://www.youtube.com/watch?v=Dmsq5XR0_dY

[68] G. Sala, A. Gorini, and G. Pravettoni, „Mathematical Problem-Solving Abilities and Chess,” *SAGE Open*, vol. 5, no. 3, p. 215824401559605, Jul. 2015, doi: 10.1177/2158244015596050.

[69] Y. Seirawan and J. Silman, *Winning Chess Tactics*. 2005.

[70] Y. Seirawan and J. Silman, *Winning Chess Strategies*. 2005, p. 80.

[71] Y. Seirawan and J. Silman, *Winning Chess Tactics*. Everyman Chess, 2005, p. 237.

[72] J. Silman, *The Amateur’s Mind: Turning Chess Misconceptions Into Chess Mastery*. 1999.

[73] J. Silman, *The Amateur’s Mind:*

Turning Chess Misconceptions Into Chess Mastery. 1999, pp. 61–107.

[74] J. Silman, *The Amateur’s Mind: Turning Chess Misconceptions Into Chess Mastery*. 1999, p. 62.

[75] J. Silman, *The Amateur’s Mind: Turning Chess Misconceptions Into Chess Mastery*. 1999, p. 431.

[76] J. Silman, *The Amateur’s Mind: Turning Chess Misconceptions Into Chess Mastery*. 1999, p. 437.

[77] E. Staff, „7 Chess Opening Principles: Violate These Rules At Your Own Peril,” Aug. 24, 2021. <https://www.chessjournal.com/opening-principles/>

[78] E. Staff, „7 Most Important Middlegame Principles in Chess (Midgame Strategy For Beginners),” Oct. 29, 2021. <https://www.chessjournal.com/middlegame-principles/>

[79] C. Stapczynski, „History of Chess,” *Chess.com*, Mar. 29, 2023. Accessed: May 19, 2023. [Online]. Available: <https://www.chess.com/article/view/history-of-chess>

[80] G. N. Studer, „Beginner Chess Strategy: 5 Must-Know Tips - by GM Noël Studer,” Sep. 01, 2021. <https://nextlevelchess.blog/beginner-chess-strategy/>

[81] tcec-chess.com, „TCEC Chess.” <https://tcec-chess.com/>

[82] tcec-chess.com, „TCEC Chess.” <https://tcec-chess.com/#x=archive>

[83] United Nations, „World Chess

Day.”

<https://www.un.org/en/observances/world-chess-day>

[84] F. van Harreveld, E.-J. Wagenmakers, and H. L. J. van der Maas, „The effects of time pressure on chess skill: an investigation into fast and slow processes underlying expert performance,” *Psychological Research*, vol. 71, no. 5, pp. 591–597, Dec. 2006, doi: 10.1007/s00426-006-0076-0.

[85] J. Watson, „John Watson Book Review #108 of E+Plus Books, Part 2: Nimzowitsch Classics,” *The Week in*

Chess.

<https://theweekinchess.com/john-watson-reviews/john-watson-book-review-108-of-eplus-books-part-2-nimzowitsch-classics> (accessed Jun. 28, 2023).

[86] J. Watson, *Secrets of Modern Chess Strategy: Advances Since Nimzowitsch*. Gambit Publications, 1999, p. 231.

[87] wiki.chessdom.org, „Openings FAQ.”
https://wiki.chessdom.org/index.php?title=Openings_FAQ&oldid=3130

[88] wiki.chessdom.org, „Rules.”
<https://wiki.chessdom.org/Rules>

Dodatek A

Do pracy dyplomowej załączono dalej wymienione pliki. Wszystkie z nich poddano kompresji i udostępniono w postaci archiwum ZIP.

- *Python.zip* (18KB) – wszelkie spreparowane skrypty *Python*. Odpowiedzialne między innymi za kalkulacje, analizę i manipulację danymi.
- *InputData.zip* (37MB) – dane wejściowe dla wszystkich analizowanych poziomów rozgrywki. Udostępnione w formacie *.csv*.