



Politechnika Wrocławska

Wydział Matematyki

Kierunek studiów: Matematyka Stosowana

Specjalność: –

Praca dyplomowa – inżynierska

## ANALIZA STATYSTYCZNA CZASÓW NA WYKONYWANIE RUCHÓW W SZACHACH

Piotr Rogula

słowa kluczowe:  
ROBOCZE: analiza statystyczna, szachy,  
korelacja (max 150 znaków).

krótkie streszczenie:

ROBOCZE: W pracy przeanalizowana zostanie zależność między czasami wykonania poszczególnych ruchów w szachach, a ich zgodnością z silnikiem szachowym. Zbadany zostanie rozkład tych czasów w zależności od poziomu graczy, na tej podstawie obliczone zostanie prawdopodobieństwo wykonania błędnego ruchu (max 530 znaków).

Opiekun pracy dyplomowej	Prof. dr hab. inż. Marcin Magdziarz	.....	.....
	Tytuł/stopień naukowy/imię i nazwisko	ocena	podpis

*Do celów archiwalnych pracę dyplomową zakwalifikowano do:\**

*a) kategorii A (akta wieczyste)*

*b) kategorii BE 50 (po 50 latach podlegające ekspertyzie)*

*\* niepotrzebne skreślić*

pieczęćka wydziałowa

Wrocław, rok 2021





Wrocław University  
of Science and Technology

Faculty of Pure and Applied Mathematics

Field of study: Applied Mathematics

Specialty: –

Engineering Thesis

## STATISTICAL ANALYSIS OF TIMES FOR MAKING MOVES IN CHESS

Piotr Rogula

keywords:

tutaj podajemy najważniejsze słowa kluczowe w języku angielskim (łącznie nie powinny być dłuższe niż 150 znaków)

short summary:

Tutaj piszemy krótkie streszczenie pracy w języku angielskim (max 530 znaków).

Supervisor	Prof. dr hab. inż. Marcin Magdziarz	.....	.....
	Title/degree/name and surname	grade	signature

*For the purposes of archival thesis qualified to:\**

*a) category A (perpetual files)*

*b) category BE 50 (subject to expertise after 50 years)*

*\* delete as appropriate*

stamp of the faculty

Wrocław, 2021



# Spis treści

<b>Wstęp</b>	<b>3</b>
<b>1 ZAGADNIENIE TEORETYCZNE I - DOTYCZĄCE SZACHÓW</b>	<b>5</b>
1.1 ZASADY GRY W SZACHY . . . . .	5
1.2 OPISAĆ NOTACJĘ szachową????? - nie będę w sumie nic z nią robić, ale jest . . . . .	6
1.3 System rankingowy Glicko-2 . . . . .	6
1.4 Funkcja oceny . . . . .	6
1.4.1 Stockfish . . . . .	6
1.4.2 Ewaluacja . . . . .	7
1.4.3 rodzaje błędów szachowych . . . . .	7
<b>2 ZAGADNIENIE TEORETYCZNE II - użyte metody, teoria stojąca za rozwiązaniami problemów</b>	<b>9</b>
2.1 zagadnienie 1... . . . .	9
<b>3 sformułowanie i rozwiązanie problemów analitycznych</b>	<b>11</b>
3.1 sformułowanie problemów . . . . .	11
3.2 Dane . . . . .	11
3.2.1 Odfiltrowanie danych . . . . .	13
3.3 Analiza pierwszego problemu OKREŚLIĆ JAKIEGO??? . . . . .	14
3.4 analiza drugiego problemu... . . . .	19
3.5 analiza trzeciego problemu... and so on... . . . .	21
<b>4 wnioski, podsumowanie</b>	<b>23</b>
<b>5 tabela</b>	<b>25</b>
<b>6 rysunek</b>	<b>27</b>
<b>7 Definicje, lematy, twierdzenia, przykłady i wnioski</b>	<b>29</b>
<b>8 cytowanie</b>	<b>31</b>
<b>Dodatek</b>	<b>33</b>



# Wstęp

We wstępie zapowiadamy, o czym będzie praca. Próbujemy zachęcić czytelnika do dalszej lektury, np. krótko informując, dlaczego wybraliśmy właśnie ten temat i co nas w nim zainteresowało.

Wraz z rozwojem technologii komputerowej, rozpoczęła się nowa era szachów. Technologia korzystając z dużej mocy obliczeniowej, bezpowrotnie wyprzedziła człowieka w grach deterministycznych, do których zaliczają się szachy. Profesjonalni szachiści zaczęli wykorzystywać nowe strategie korzystając z coraz lepszych silników szachowych. Silniki te oceniają wprowadzoną pozycję pod kątem przewagi jednej ze stron.

W dobie internetu gra w szachy stała się dużo wygodniejsza niż przed laty. Ludzie grają w różnych miejscach i praktycznie o każdej porze. W związku z tym dużo większą popularnością zaczęły cieszyć się szachy szybkie, czyli takie, w których każdy z zawodników ma relatywnie mało czasu na wykonanie wszystkich ruchów. Wiąże się to z dużo większym znaczeniem dysponowania czasem w trakcie gry. W każdym ruchu zawodnik musi ustalić równowagę pomiędzy dokładnością ruchu, a czasem, który jest w stanie na ten ruch poświęcić.

Przedmiotem badań tej pracy jest analiza zależności między dokładnością ruchu, a czasem, który został na niego poświęcony dla zawodników prezentujących różny poziom umiejętności i dla różnych formatów czasowych. **Zbadanie takiej zależności może pozwolić na określenie optymalnego czasu na wykonanie ruchu dla odpowiedniej fazy gry i formatu czasowego.**

**DODAC TUTAJ TROCHE I OGÓLNY CEL**

## **W PIERWSZEJ CZĘŚCI - ZAGADNIENIA TEORETYCZNE DOTYCZĄCE SZACHÓW**

W pierwszej części pracy przedstawione i dość obszernie wyjaśnione zostaną podstawowe zagadnienia teoretyczne związane z szachami, systemami rankingowymi i silnikami szachowymi.

## **W DRUGIEJ CZĘŚCI ZAGADNIENIA TEORETYCZNE ZE STATYSTYKI I METODOLOGII**

Kolejna część pracy opowiada o zagadnieniach teoretycznych z dziedziny statystyki, zastosowanych w analizie przedstawionych problemów.

## **PÓŹNIEJ DOKŁADNE SFORMUOWANIE PROBLEMU**

Główna część pracy zawiera przedstawienie zależności...

## **DOKŁADNE ROZWIĄZANIE PROBLEMU**

a później rozwiązanie...

## **PODSUMOWANIE**

W końcowej części pracy [...] podsumowanie, wnioski...





# Rozdział 1

## ZAGADNIENIE TEORETYCZNE I - DOTYCZĄCE SZACHÓW

Niniejszy rozdział poświęcony zostanie zagadnieniom teoretycznym dotyczącym szachów, używanych systemów rankingowych oraz działaniu silników szachowych.

### 1.1 ZASADY GRY W SZACHY

Początki szachów nie są znane, jednak ich historia trwa już ok. 1500 lat i zaczyna się w Indiach. Na przestrzeni wieków zasady gry w szachy były wielokrotnie zmieniane. Powszechnie stosowane przepisy pochodzą z roku 1851.

**krótko na czym polegają szachy i cite gdzie można znaleźć pełne przepisy, isbn:002028540X**

Gra odbywa się na kwadratowej planszy o wymiarach 8 na 8 pól. Każdy gracz posiada 16 figur, ustawionych w pozycji startowej i stojących po przeciwnych stronach szachownicy. Zawodnicy wykonują na przemian ruchy dowolną ze swoich figur, zgodnie z jej zasadami poruszania się. W trakcie tury zawodnikowi upływa czas ustalony przed grą. W niektórych wariantach gracz otrzymuje też niewielką ilość czasu za wykonanie każdego ruchu.

Wygrana następuje, gdy król jednego z graczy jest atakowany i nie można w legalny sposób nim ruszyć, ani zasłonić jedną ze swoich figur przed atakiem. Pozycję taką nazywa się „matem”. Drugim sposobem na wygraną jest skończenie się czasu jednego z graczy, niezależnie od sytuacji na szachownicy. Gra może też zakończyć się remisem. Następuje on, gdy żaden z graczy nie ma na planszy figur, które mogą pozwolić na „zamatowanie” przeciwnika. Inną możliwością jest trzykrotne powtórzenie się na planszy tej samej pozycji. Do remisu doprowadza też sytuacja, w której jednemu z graczy zakończył się czas, a jego przeciwnik nie ma figur pozwalających na wygraną lub gdy jeden z graczy nie ma możliwości wykonania żadnego legalnego ruchu, a jego król nie jest atakowany.

W związku z możliwością przegranej poprzez upływanie czasu na zegarze, zawodnicy muszą indywidualnie określić podczas gry, ile czasu są w stanie poświęcić danemu ruchowi, tak by nie stracić na niego zbyt wiele czasu, ale też, żeby ruch był jak najlepszy, co jest przedmiotem badań niniejszej pracy.

## 1.2 OPISAĆ NOTACJĘ szachową????? - nie będę w sumie nic z nią robić, ale jest

## 1.3 System rankingowy Glicko-2

opisać ogólnie trochę historii o systemach rankingowych? System rankingowy ELO - pierwowzór systemu Glicko-2, został zaprezentowany w latach pięćdziesiątych dwudziestego wieku przez Węgierskiego fizyka i szachistę Arpada Elo (1903-1992) [CITE]. Początkowo był używany jedynie w szachach, jednak wraz ze wzrostem jego popularności zaczął być stosowany również w innych rozgrywkach z możliwością pomiaru poziomu zawodników. System ten jest pierwszym systemem mającym podłoże probabilistyczne i jest oparty na rozkładzie normalnym z ustaloną średnią. Przyznaje odpowiednią liczbę punktów zwycięzcy rozgrywki i odbiera przegranemu bazując na różnicy między ich aktualnym rankingiem.

System Glicko-2 używany przez stronę **Lichess.com**, na danych której oparta jest niniejsza praca, opracowany został przez Marka Glickmana jako ulepszenie systemu ELO. Podstawową zmianą jest uwzględnienie historycznych wyników każdego z zawodników w celu ustalenia wariancji aktualnego rankingu. Glickman w swojej pracy z roku 1998 [cite] przedstawia problem dwóch graczy o takim samym rankingu, z których jeden gra regularnie, a drugi wrócił do gry po długiej przerwie. System Glicko-2 przyznając punkt za grę bierze pod uwagę wiarygodność każdego z rankingów. Zawodnikowi grającemu regularnie zostanie przyznane bądź odebrane mniej punktów ze względu na duże potencjalne odchylenie rankingu przeciwnika od zadeklarowanej wartości. Innymi słowy, w miarę zwiększania się liczby partii gracza, przedział ufności dla jego realnego rankingu zawęża się i przypisany mu ranking zbiega do realnego poziomu i wiarygodność przypisanego rankingu jest uwzględniana w przyznawaniu i odbieraniu punktów zawodnikom po zakończeniu partii.

**WRZUCIĆ MATEMATYKĘ STOJĄCĄ ZA GLICKO-2???? x**

Tutaj jakiś wykresik może jak wygląda rozkład rankingu zawodników na platformie Lichess ???

## 1.4 Funkcja oceny

Przed przystąpieniem do opisanie funkcji, należy wytłumaczyć działanie silnika szachowego, który dokonuje oceny pozycji.

### 1.4.1 Stockfish

Stockfish jest jednym z najlepszych i najpopularniejszym obecnie używanym silnikiem szachowym, którego zaprojektowali Joost VandeVondele, Joon Kiiski, Marco Costalb, Tord Romstad, Gary Linscott, Stefan Geschwentner i Stéphane Nicolet i stale ulepszany jako oprogramowanie typu open-source. Strona **Lichess.com**[1] tak jak większość stron internetowych poświęconych szachom on-line, wykorzystuje go do analizy i oceny aktualnej pozycji.

Stockfish poprzez przeszukiwanie według strategii mini-max z odcięciem, za pomocą algorytmu alfa-beta, analizuje legalne (czyli następujące po ruchu zgodnym z zasadami gry) pozycje, które mogą wynikać z aktualnej sytuacji na szachownicy. Dobierają na podstawie

najlepszego możliwego zestawu ruchów (zakłada się, że każdy z graczy wykona najlepszy w ocenie silnika ruch) pozycje, które wystąpią dla określonej głębokości (głębokość 18 oznacza 18 ruchów białych i 18 czarnych wykonanych zaczynając z analizowanej pozycji) i na ich podstawie ocenia aktualną pozycję, określając przewagę jednego z graczy

### 1.4.2 Ewaluacja

Wspomniana wcześniej ewaluacja, wyliczana przez silnik szachowy jest wynikiem liniowej funkcji ważonej sumy cech, na którą składają się między innymi:

$f_b, f_c$  oznaczających wartość figur odpowiednio białych i czarnych

$k_b, k_c$  oznaczających bezpieczeństwo króla odpowiednio białych i czarnych

$m_b, m_c$  oznaczających mobilność figur odpowiednio białych i czarnych

$z_b, z_c$  oznaczających potencjalne zagrożenia wykonane odpowiednio białych i czarnych

Funkcję można dla zapewnienia intuicji zapisać w uproszczeniu:

$$f(f_b, f_c, k_b, k_c, m_b, m_c, \dots) = c_1(f_b - f_c) + c_2(k_b - k_c) + c_3(m_b - m_c) + \dots \quad (1.1)$$

gdzie:  $c_i$  są stałymi określającymi wagę danej pary zmiennych.

Wraz ze wzrostem wartości funkcji zwiększa się przewaga białych, natomiast wraz z jej spadkiem, przewaga czarnych. Wartość wynosząca 0 oznacza stan równowagi, czyli sytuacji, w której żadna ze stron nie ma przewagi lub gracz z gorszą sytuacją na szachownicy jest w stanie przy odpowiedniej kombinacji ruchów doprowadzić do remisu. Dodatkowo, w przypadku nieuniknionego zwycięstwa jednej ze stron w  $n$  ruchach, wynikiem funkcji zamiast odpowiedniej wartości liczbowej jest tekst  $\#-n$  w przypadku wygranej czarnych lub  $\#n$  w przypadku wygranej białych, oznaczający nieuchronną wygraną jednego z graczy po wykonaniu  $n$  ruchów, przy najlepszej obronie przeciwnika.

### 1.4.3 rodzaje błędów szachowych

W notacji szachowej obok zapisanego ruchu mogą pojawić się symbole określające jakość danego ruchu. Dla analizowanych danych, ruch oceniany jest przez silnik szachowy za pomocą skomplikowanych algorytmów, których głównym składnikiem jest zmiana oceny pozycji na szachownicy przez silnik. Przykładowo, gdy przed ruchem czarnych ocena pozycji wynosiła -2, a po ruchu 3, silnik oceni ruch jako duży błąd, jednakże jeśli wcześniejsza ocena wynosiła -18, a po ruchu -13, silnik nie oznaczy ruchu jako błędny, ponieważ przewaga czarnych i tak jest bardzo duża.

Wśród licznych oznaczeń silnika, w pracy analizowane będą następujące oznaczenia[cite: Corpus ID: 53767853 Secrets of Rook Endings J. Nunn Published 1992 Computer Science]:

- ?? – duży błąd (ang. *blunder*)
- ? – pomyłka (ang. *mistake*)
- ?! – niedokładność (ang. *innacuracy*)



## Rozdział 2

# **ZAGADNIENIE TEORETYCZNE II**

### **- użyte metody, teoria stojąca za rozwiązaniami problemów**

Niniejszy rozdział poświęcony zostanie zagadnieniom teoretycznym z dziedziny statystyki, zastosowanych w analizie przedstawionych problemów.

### **2.1 zagadnienie 1...**



# Rozdział 3

## sformułowanie i rozwiązanie problemów analitycznych

### 3.1 sformułowanie problemów

Podstawowym problemem podjętym w pracy jest analiza zależności pomiędzy czasem poświęconym na wykonanie ruchu, a jego dokładnością. Główny nacisk kładziony zostanie na ruchy oznaczone przez silnik jako „duży błąd”, co można uargumentować tym, że właśnie te ruchy mają największy wpływ na grę, szczególnie biorąc pod uwagę szachy szybkie, gdzie czasu na ruch jest zdecydowanie mniej, czego wynikiem jest to, że błędne ruchy pojawiają się znacznie częściej. Dodatkową osią ujętą w rozważaniach będzie ranking zawodników i jego wpływ na rozkłady danych. Sprawdzona i wzięta pod uwagę zostanie również zależność między numerem ruchu, a czasem na wykonanie oraz jego dokładnością. **ZMIENIĆ!** Zwieńczeniem pracy będzie podjęcie próby wyznaczenia optymalnego czasu na wykonanie ruchu, tak, by zminimalizować ryzyko popełnienia dużego błędu.

### 3.2 Dane

Dane potrzebne do analizy zostały pobrane z platformy Lichess [2], która zapisuje i udostępnia wszystkie rozgrywane gry. Brane pod uwagę będą wszystkie gry (ponad 35 milionów) rozegrane na platformie w maju 2019 roku.

W pracy analizowane będą dwa najpopularniejsze formaty czasowe grane na platformie Lichess. Są one przedstawione w tabeli 3.1. Pierwszy z nich - „600+0” oznacza grę, w której każdy z graczy posiada 600 sekund na wykonanie wszystkich swoich ruchów, bez inkrementu (dodawanego czasu po zagranie posunięcia). Analogicznie wygląda format 300+0, z tym, że czas zmniejszony jest o połowę - do pięciu minut.

Tabela 3.1: baza gier na portalu Lichess z maja 2019, 6 najpopularniejszych formatów

Format czasowy sekundy+sekundy przyznawane po wykonaniu ruchu	procent gier w bazie
600+0	18,63%
300+0	14,48%
60+0	12,85%
900+15	11,34%
180+0	10,86%
300+3	9,67%

Po zakończeniu gry na platformie, każdy gracz ma możliwość zbadać swoją grę przy użyciu silnika szachowego Stockfish. Około 7% gier z bazy zawiera taką analizę. Posiadają one dane punktowe o nazwie *Eval*, określające unormowaną przewagę jednego z graczy w danym momencie gry. Dodatkowo silnik określa jakość wykonanego ruchu według własnych kryteriów (opisane w sekcji 1.4.3 na stronie 7). Przykładowy zapis jednej takiej gry z pliku został zaprezentowany na rysunku 3.1. Informacje potrzebne do analizy to:

- WhiteElo – ranking białych
- BlackElo – ranking czarnych
- TimeControl – czas na wykonanie ruchów każdego z graczy w formacie „sekundy + sekundy dodane za wykonanie ruchu”
- % eval – aktualna przewaga jednej ze stron
- zapis partii ze wskazaniem błędnych ruchów w ocenie silnika
- % clk – pozostały czas w formacie „godziny : minuty : sekundy”
- result – wynik partii

```

[Event "Rated Bullet game"]
[Site "https://lichess.org/oxdyeh38"]
[Date "2019.04.30"]
[Round "-"]
[White "dametiro59"]
[Black "r-c"]
[Result "0-1"]
[UTCDate "2019.04.30"]
[UTCTime "22:00:31"]
[WhiteElo "1899"]
[BlackElo "1871"]
[WhiteRatingDiff "-38"]
[BlackRatingDiff "+10"]
[ECO "B00"]
[Opening "Queen Defense"]
[TimeControl "0+1"]
[Termination "Time forfeit"]

1. e4 ([Eval 0.12] [Clk 0:01:00]) 1... b6? ([Eval 0.62] [Clk 0:01:00]) 2. d4 ([Eval 0.64] [Clk 0:00:57]) 2... Bb7 ([Eval 0.62] [Clk 0:01:00]) 3. Bd3 ([Eval 0.47] [Clk 0:00:57]) 3... g6 ([Eval 0.54] [Clk 0:01:00])
4. c3 ([Eval 0.27] [Clk 0:00:55]) 4... Bg7 ([Eval 0.68] [Clk 0:00:57]) 5. h3 ([Eval 0.62] [Clk 0:00:51]) 5... e6 ([Eval 0.8] [Clk 0:00:55]) 6. f4? ([Eval -0.15] [Clk 0:00:48]) 6... Nc7 ([Eval 0.27] [Clk 0:00:54])
7. Bc3 ([Eval 0.46] [Clk 0:00:46]) 7... d5 ([Eval 0.58] [Clk 0:00:53]) 8. Qd2 ([Eval -5.28] [Clk 0:00:45]) 8... Qe8 ([Eval -5.27] [Clk 0:00:52]) 9. Bxe6 ([Eval -5.78] [Clk 0:00:41]) 9... Bxe6 ([Eval -5.78] [Clk
0:00:51]) 10. Ng5? ([Eval -6.27] [Clk 0:00:48]) 10... Bb7 ([Eval -6.42] [Clk 0:00:47]) 11. Nxf7? ([Eval -8.64] [Clk 0:00:38]) 11... Kxf7 ([Eval -8.5] [Clk 0:00:45]) 12. Qd6 ([Eval -8.82] [Clk 0:00:42]) 12... Bf2 ([Eval -8.84] [Clk 0:00:29]) 13... Qc5 ([Eval -8.38] [Clk 0:00:40]) 14. Bf2 ([Eval -8.62] [Clk 0:00:24]) 14... e5 ([Eval -8.43] [Clk 0:00:37]) 15. Qd5 ([Eval -8.77] [Clk 0:00:2
1]) 15... Nf5 ([Eval -8.75] [Clk 0:00:38]) 16. Qd3 ([Eval -8.8] [Clk 0:00:18]) 16... Nc7 ([Eval -8.73] [Clk 0:00:27]) 17. Nc4? ([Eval -14.19] [Clk 0:00:14]) 17... Nf6? ([Eval -8.87] [Clk 0:00:16]) 18. Nc5 ([Eval -
8.88] [Clk 0:00:12]) 18... Kf7? ([Eval -9.12] [Clk 0:00:20]) 19. Bc2? ([Eval -8.99] [Clk 0:00:08]) 19... Rad8? ([Eval -8.3] [Clk 0:00:15]) 20. Re1 ([Eval -8.23] [Clk 0:00:06]) 20... Kf8? ([Eval -7.32] [Clk 0:00:1
2]) 21. Nxe6 ([Eval -7.3] [Clk 0:00:04]) 21... Kf7 ([Eval -6.58] [Clk 0:00:10]) 22. Nxd6+ ([Eval -7.87] [Clk 0:00:02]) 22... Nxd6 ([Eval -7.81] [Clk 0:00:08]) 0-1

```

Rysunek 3.1: Przykładowy zapis jednej partii zawierającej ocenę silnika Stockfish

Istotnym problemem związanym z danymi jest dokładność pozostałego czasu jedynie do sekund, co zaburza lekko ich istotę, szczególnie podczas analizy gier w krótszym formacie czasowym (jak np. „60+0”), gdzie ułamki sekundy są znaczące. Dodatkowo ruch, który oznaczony został jako  $n$  sekund w rzeczywistości jest ruchem z przedziału obustronnie otwartego  $(n-1, n+1)$  sekund. Przy dużej liczbie danych nie ma to jednak większego znaczenia, ponieważ zgodnie z Prawem Wielkich Liczb można takie dane uśrednić do  $n$  **cite**???. Jedynym problemem, który może się pojawić jest późniejsze sprawdzenie zgodności danych z rozkładem.



### 3.2.1 Odfiltrowanie danych

Pierwszym krokiem potrzebnym do wykonania analizy jest odfiltrowanie danych. Po rozdzieleniu pliku tekstowego na kolejne gry, pozostawione zostały jedynie te, które zostały wcześniej ocenione przez silnik oraz grane były w formacie „300+0” lub „600+0”. Następnie przygotowany wcześniej program zbadał każdy ruch każdej gry i przypisał do niego następujące atrybuty:

- game\_ID – numer gry
- score – ocena ruchu według silnika Stockfish
- delta\_time – czas na wykonanie danego ruchu
- WhiteElo – ranking białych
- BlackElo – ranking czarnych
- TimeControl – czas na wykonanie ruchów każdego z graczy w formacie „sekundy + sekundy dodane za wykonanie ruchu”
- color – gracz, wykonujący dany ruch
- move – numer ruchu w danej partii
- result - wynik partii

Stworzona baza zawiera 17 524 012 posunięć ze 275 994 gier, co daje średnią 31,75 ruchu na grę (jeden ruch oznacza posunięcie białych i czarnych). Fragment bazy przedstawiony został na rysunku 3.2.

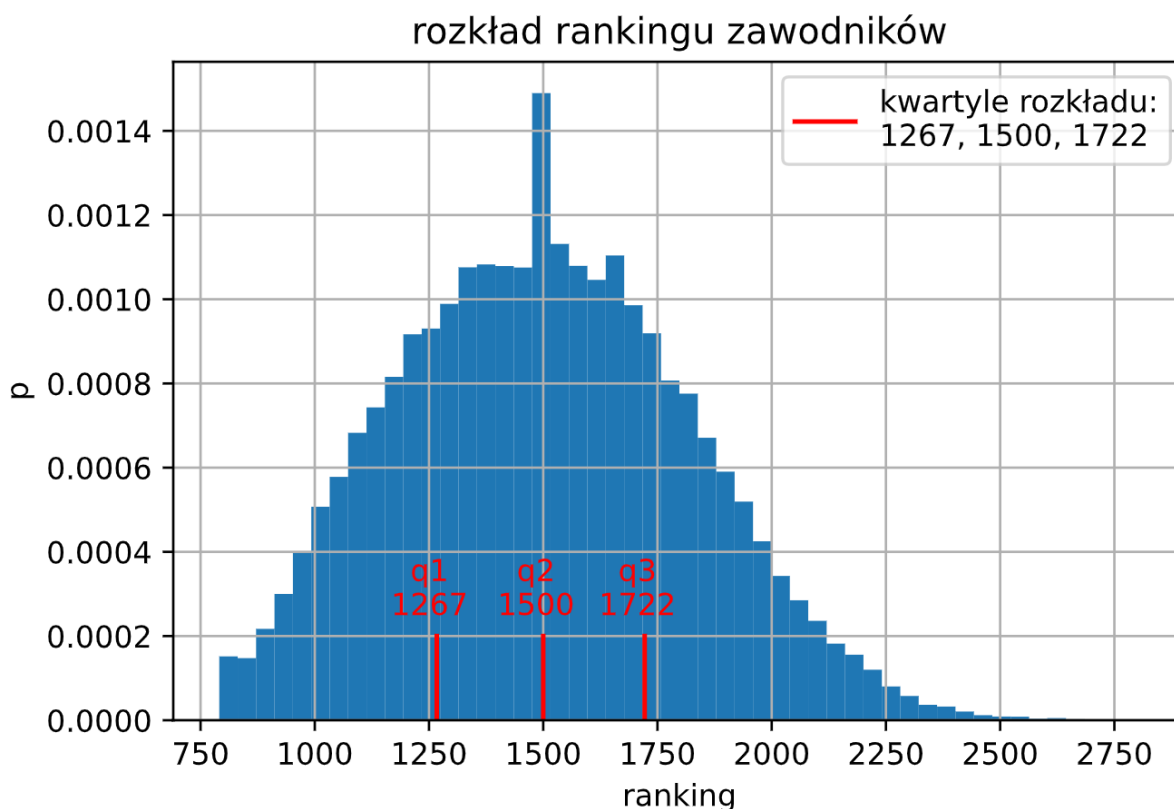
	game_ID	score	delta_time	WhiteElo	BlackElo	TimeControl	color	move	Result
<b>510</b>	9	0	0	1192	1204	300+0	w	23	0-1
<b>511</b>	9	0	9	1192	1204	300+0	b	23	0-1
<b>512</b>	9	0	2	1192	1204	300+0	w	24	0-1
<b>513</b>	9	0	18	1192	1204	300+0	b	24	0-1
<b>514</b>	9	0	7	1192	1204	300+0	w	25	0-1
<b>515</b>	9	0	10	1192	1204	300+0	b	25	0-1
<b>516</b>	9	blunder	8	1192	1204	300+0	w	26	0-1
<b>517</b>	9	blunder	8	1192	1204	300+0	b	26	0-1
<b>518</b>	9	mistake	4	1192	1204	300+0	w	27	0-1
<b>519</b>	9	0	2	1192	1204	300+0	b	27	0-1
<b>520</b>	9	0	29	1192	1204	300+0	w	28	0-1

Rysunek 3.2: Fragment bazy zawierającej ruchy z gier o formatach czasowych „300+0” i „600+0”.

### 3.3 Analiza pierwszego problemu OKREŚLIĆ JAKIEGO???

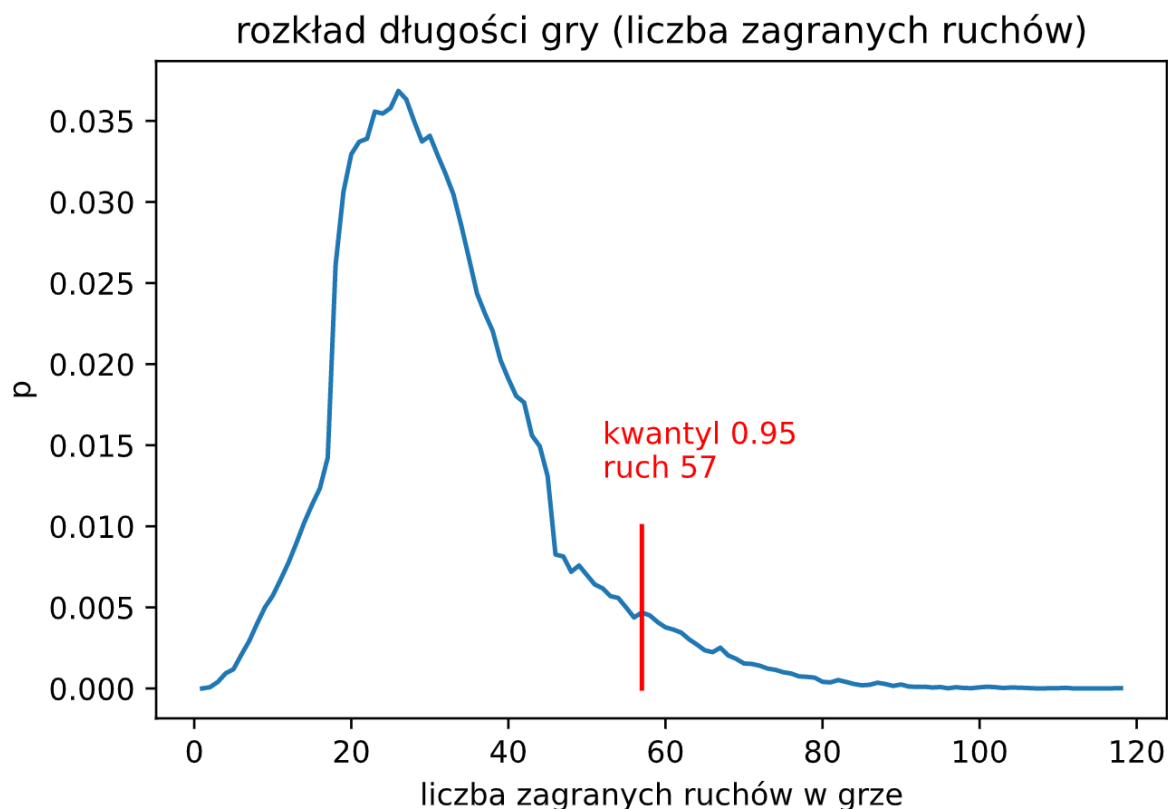
Pierwszym problemem, który zostanie poruszony jest zbadanie statystycznej zależności jakości wykonanego ruchu według oceny silnika Stockfish od czasu potrzebnego na jego wykonanie. W celu uzyskania bardziej precyzyjnych wyników pierwsze 4 ruchy (po 4 posunięcia białych i czarnych) nie będą brane pod uwagę. Są one elementem teorii otwarc szachowych [CITE??? ref ISBN 0-19-280049-3], w związku z czym wykonywane są zazwyczaj bardzo szybko i ze znikomą szansą popełnienia błędu, co może powodować zaburzenie danych. Dodatkowo na stronie Lichess.com pierwszy ruch obydwu zawodników zawsze zabiera 0 sekund.

Przy analizie z uwzględnieniem rankingu graczy, zastosowane będą podziały kwartylowe. Rozkład rankingu wraz z zaznaczonymi kwartylami pokazany jest na rysunku 3.3. Jak widać zbiega on do rozkładu normalnego. Anomalia dla rankingu 1500 związana jest z tym, że jest to ranking przyznawany każdemu graczowi przy jego pierwszej rozgrywce na platformie.



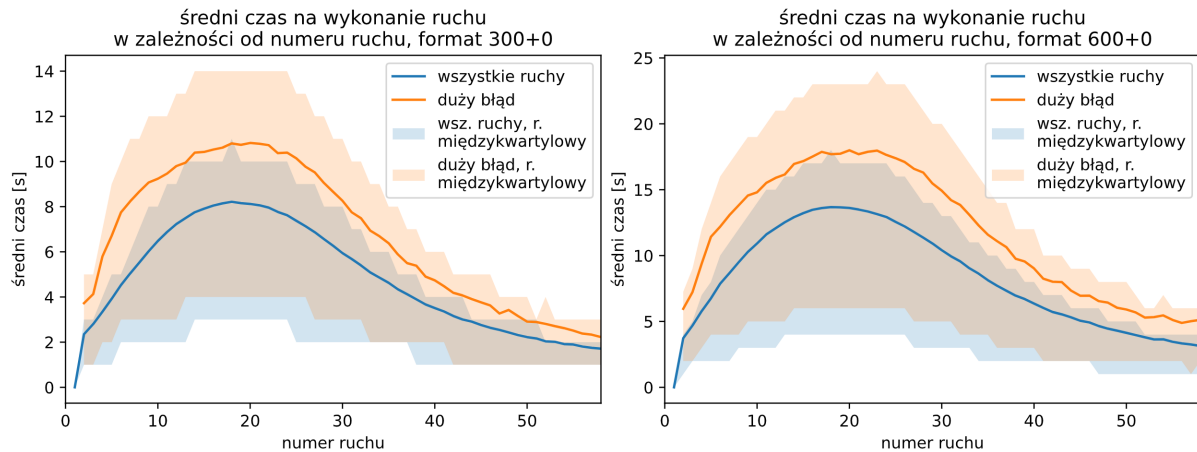
Rysunek 3.3: rozkład rankingu zawodników wraz z zaznaczonymi kwartylami

W późniejszej części pracy pojawią się wykresy i analizy, w których dziedziną będzie numer wykonywanego ruchu. W związku z bardzo małą liczbą danych dla późniejszych ruchów, ich analiza jest zaburzona i niewiarygodna. Dlatego analizowane będą jedynie ruchy z indeksem poniżej 59, jako, że wynik 95% gier pojawia się maksymalnie w 58 ruchach. Rozkład długości gier z bazy danych, który obrazuje przedstawioną sytuację zamieszczony jest na rysunku 3.4.

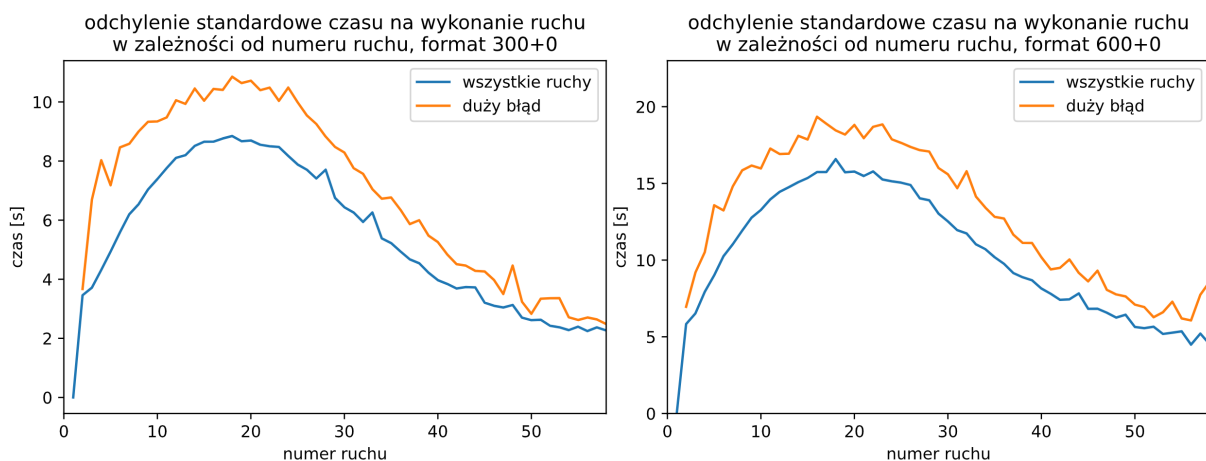


Rysunek 3.4: rozkład długości gier wraz z zaznaczonym kwantylem rzędu 0.95, dla gier z formatu 300+0 oraz 600+0.

Pierwszym elementem analizy, który pozwoli na określenie wstępnej różnicy między ruchami oznaczonymi jako „duży błąd”, a zbiorem wszystkich ruchów jest sprawdzenie zależności między indeksem ruchu, a średnim czasem na jego wykonanie dla obydwu zbiorów. Intuicja wskazuje, że błąd popełniamy poświęcając mniej czasu na ruch. Jak widać na rysunku 3.5, dla każdego analizowanego ruchu, ruch oznaczony jako błędny zajął statystycznie więcej czasu - zarówno dla formatu 300+0 jak i 600+0, co przeczy intuicji. Można zauważyć, że dla obydwu zbiorów początkowo niska średnia osiąga swój szczyt w okolicach dwudziestego ruchu, by później stopniowo się zmniejszać. Ma to związek z tym, że początkowe posunięcia są elementem teorii szachowej. Duża część graczy nauczyła się kilku, kilkunastu, bądź w przypadku gry na najwyższym poziomie - nawet ponad dwudziestu pierwszych ruchów niektórych otwarć. W związku z tym początkowe ruchy grane są relatywnie szybko. Końcowe posunięcia natomiast nie mogą zająć zbyt dużo czasu, ponieważ jest go zazwyczaj zbyt mało na zegarze, by gracz mógł sobie na to pozwolić. Dlatego też od pewnego momentu, wraz ze wzrostem indeksu średni czas poświęcony na ruch zbiega do zera. Zaznaczone na rysunku rozstępy międzykwartylowe dla każdego ruchu wskazują na znacznie większą wariancję czasu na wykonanie błędnego ruchu porównując do zbioru wszystkich ruchów. Potwierdza to rysunek 3.6 pokazujący odchylenie standardowe dla kolejnych ruchów.

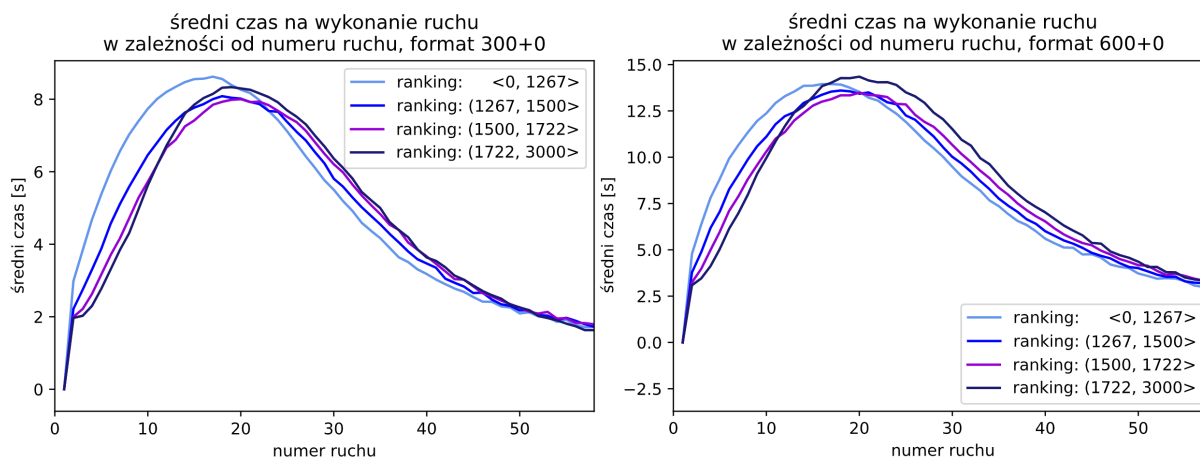


Rysunek 3.5: Średni czas na wykonanie ruchu dla analizowanych formatów czasowych wraz z zaznaczonym rozstępem międzykwartylowym. Osobno wszystkie ruchy i ruchy oznaczone przez silnik jako „duży błąd”.

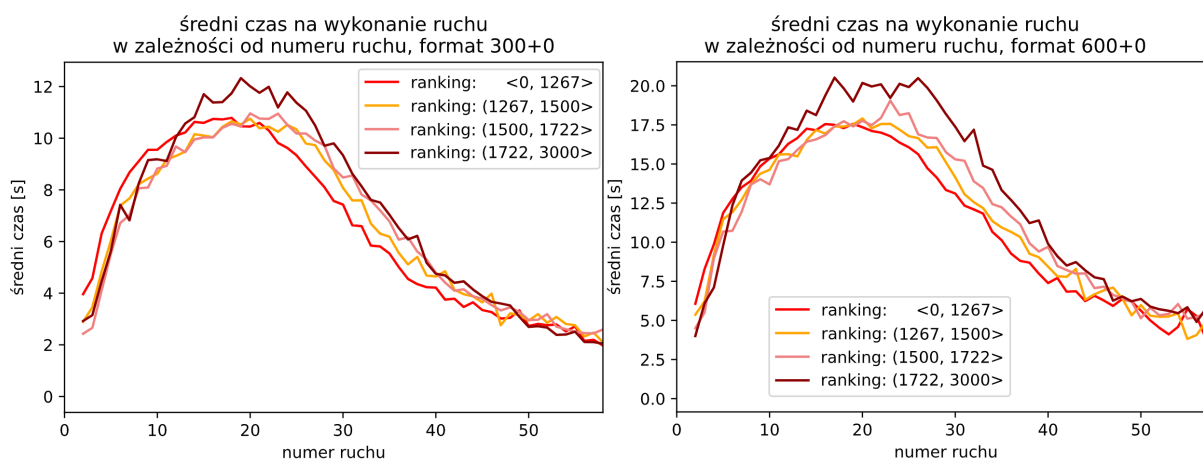


Rysunek 3.6: Odchylenie standardowe czasu na wykonanie ruchu dla analizowanych formatów czasowych. Osobno wszystkie ruchy i ruchy oznaczone przez silnik jako „duży błąd”.

Rysunki 3.7 i 3.8 wprowadzają do rozważań różnicę między średnim czasem na wykonanie ruchu dla graczy z poszczególnych przedziałów rankingowych. Można zauważyć, że zarówno w przypadku zbioru wszystkich ruchów (rysunek 3.7) jak i podzbioru ruchów błędnych (rysunek 3.8), słabsi gracze mają tendencję do dłuższych rozważań nad początkowymi ruchami. Wraz ze wzrostem rankingu wydłuża się średni czas na wykonanie ruchu dla ruchów z indeksem od 20 do 30 - czyli tych, gdzie średnia jest najwyższa. Niezależnie od rankingu, średnia poświęconego czasu dla posunięć oznaczonych przez silnik jako „duży błąd” jest w każdym momencie wyższa niż dla zbioru wszystkich ruchów. **przesunięcie wykresu dla najslabszego rankingu???**



Rysunek 3.7: Średni czas na wykonanie ruchu dla dla graczy z różnych przedziałów rankingowych. Wszystkie posunięcia.



Rysunek 3.8: Średni czas na wykonanie ruchu dla dla graczy z różnych przedziałów rankingowych. Posunięcia oznaczone przez silnik jako „duży błąd”.

## DALSZA CZĘŚĆ WYWODU???

### PLAN:

porównanie: zależność  $x$  - numer ruchu,  $y$  czas na wykonanie - dla wszystkich ruchów i tylko dla ruchów blunder

porównanie rozkładu czasu wykonania wszystkich ruchów oraz dla ruchów blunder

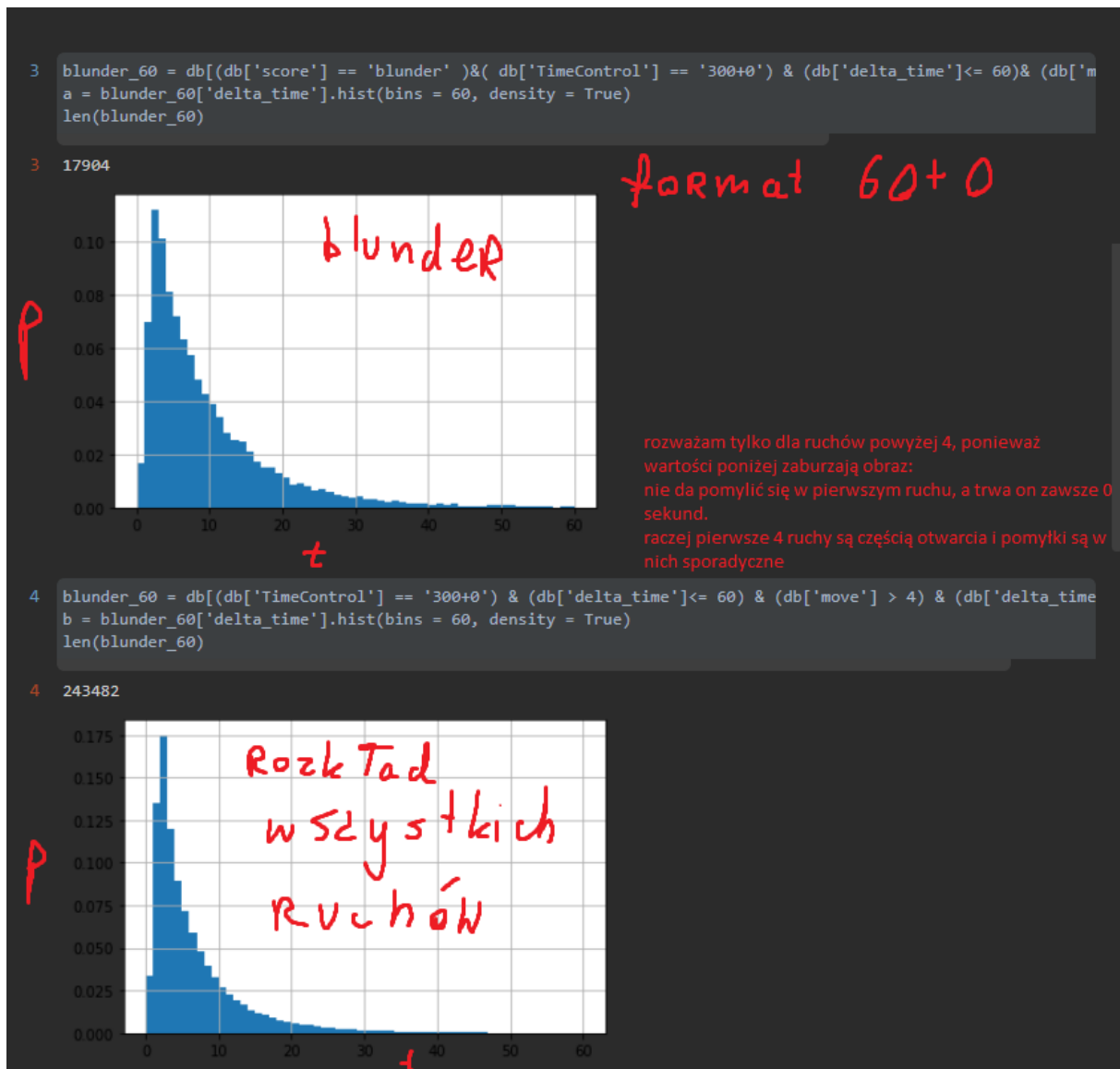
wskazanie różnicy

zależność  $x$  - numer ruchu,  $y$  - szansa na blunder

Po przyjrzeniu się danym można zauważyć, że pochodzą one z rozkładu logarytmicznie-normalnego, co można uwarunkować tym, że w zdecydowanej większości pozycji zawodnik potrzebuje chwili na odpowiedź na ruch przeciwnika, tj

TUTAJ rozkłady,

np dla formatu 60+0 (60 sekund, brak dodawanego czasu po wykonaniu ruchu)



Rysunek 3.9: xxx

oś x -> czas

oś y -> nieznormalizowana liczba ruchów typu 'blunder' (te najcięższe pomyłki)

rozkład gamma... (?)

TO DO:

sprawdzenie zmian dla rankingu graczy, różnicy rankingu graczy

porównanie z czasem na wykonanie każdego ruchu

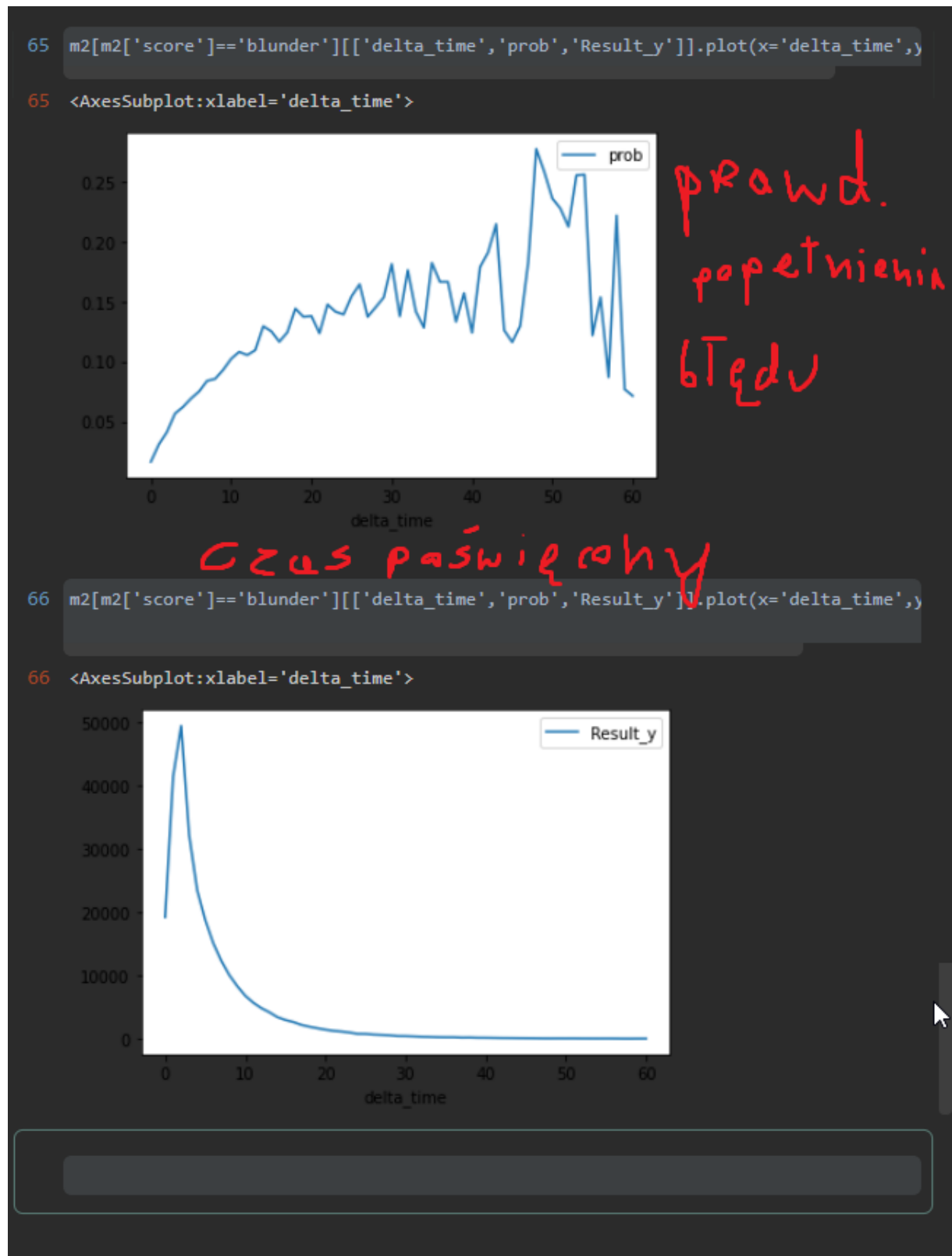
TO DO:

czy różnica pomiędzy formatem z dodawanym czasem po ruchu, a bez dodawanego czasu jest widoczna?

### **3.4 analiza drugiego problemu...**

tutaj statystyczne prawdopodobieństwo wykonania złego ruchu pod warunkiem poświęceniu mu konkretnego czasu,

np, w formacie czasowym 60+0 na ruch zostały poświęcone 4 sekundy, jaka jest szansa, że został popełniony błąd



Rysunek 3.10: aaa

CEL: ile powinno się poświęcić czasu na ruch by obniżyć prawdopodobieństwo wykonania błędu?

Tego jeszcze nie analizowałem



### 3.5 analiza trzeciego problemu... and so on...

w którym ruchu jest największa szansa na popełnienie błędu? dla wszystkich rang



Rysunek 3.11: aaa



## Rozdział 4

### wnioski, podsumowanie



# Rozdział 5

## tabelka

Tabela ??

Tabela 5.1: Podstawowa Tabela

Państwo	PKB (w milionach USD )	Stopa bezrobocia
Stany Zjednoczone	75 278 049	4,60%
Chiny	11 218 281	4,10%
Japonia	4 938 644	3,10%
Niemcy	3 466 639	6,00%
Wielka Brytania	2 629 188	4,60%

*Źródło: opracowanie własne*



# Rozdział 6

## rysunek

Rysunki do pracy dyplomowej należy wstawiać w sposób podobny do wstawiania tabel, z zasadniczą różnicą polegającą na tym, że podpis powinno umieszczać się centralnie pod rysunkiem, a nie powyżej niego. Numeracja i sposób cytowania pozostają bez zmian, przy czym tabele i rysunki nie mają numeracji wspólnej, np. po Tabeli 5.1 występuje Rysunek 6.1 (o ile jest to pierwszy rysunek rozdziału pierwszego), a nie Rysunek 1.3.



Rysunek 6.1: Podstawowy Rysunek





# Rozdział 7

## Definicje, lematy, twierdzenia, przykłady i wnioski

Definicje, lematy, twierdzenia, przykłady i wnioski piszemy w pracy tak:

**Definicja 7.1** (Martyngał). Tu piszemy treść definicji martyngału.

**Lemat 7.2.** *Tu piszemy treść lematu.*



# Rozdział 8

## cytowanie

Do cytowania używamy komendy `cite`. W nawiasie klamrowym podajemy klucz, którego użyliśmy w pliku *bibliografia.bib*. Przykład: [3] lub [4, chap. 2].



# Dodatek

Dodatek w pracach matematycznych również nie jest wymagany. Można w nim przedstawić np. jakiś dłuższy dowód, który z pewnych przyczyn pominęliśmy we właściwej części pracy lub (np. w przypadku prac statystycznych) umieścić dane, które analizowaliśmy.



# Bibliografia

- [1] Lichess computer engine used from 2014. <https://lichess.org/blog/U4mtoEQAAEEAgZRL/strongest-chess-player-ever>. Accessed: 2010-09-30.
- [2] Lichess database. <https://database.lichess.org/>. Accessed: 2010-09-30.
- [3] Albert Einstein. Zur Elektrodynamik bewegter Körper. (German) [On the electrodynamics of moving bodies]. *Annalen der Physik*, 322(10):891–921, 1905.
- [4] Michel Goossens, Frank Mittelbach, and Alexander Samarin. *The L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Companion*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1993.