**Politechnika Wrocławska**

**Wydział Informatyki i Telekomunikacji**

1. Kierunek: **inżynieria systemów (INS)**

Specjalność: **pełna nazwa specjalności (3-literowy kod specjalności)**

* 1. PRACA DYPLOMOWA
  2. INŻYNIERSKA

**Narzędzie wspomagające trening układania kostki Rubika**

Bartosz Krzysztoszek

Opiekun pracy

**dr inż. Dariusz Gąsior**

Słowa kluczowe: kostka Rubika, aplikacja, narzędzie, speedcubing, JavaScript, React.js

WROCŁAW (2023)

Streszczenie

Tekst streszczenia po polsku

Abstract

Treść streszczenia po angielsku

**Spis treści**

[Wstęp 1](#_Toc151923317)

[1. Podłoże pracy 1](#_Toc151923318)

[1.1. Kostka Rubika 1](#_Toc151923319)

[1.1.1. Mechanika kostki 1](#_Toc151923320)

[1.1.2. Schemat kolorów kostki 2](#_Toc151923321)

[1.1.3. Układanie kostki 2](#_Toc151923322)

[1.1.4. Notacja 2](#_Toc151923323)

[1.2. Speedcubing 3](#_Toc151923324)

[1.3. Oficjalne zawody 3](#_Toc151923325)

[2. Przegląd istniejących rozwiązań 3](#_Toc151923326)

[2.1. Tytuł podrozdziału 3](#_Toc151923327)

[2.2. Tytuł podrozdziału 3](#_Toc151923328)

[2.2.1. Tytuł podpodrozdziału 3](#_Toc151923329)

[2.2.2. Tytuł podpodrozdziału 3](#_Toc151923330)

[3. Problem i metoda rozwiązania 4](#_Toc151923331)

[4. Wymagania 4](#_Toc151923332)

[5. Wybór technologii 4](#_Toc151923333)

[6. Projekt narzędzia 4](#_Toc151923334)

[7. Opis implementacji 4](#_Toc151923335)

[8. Opis narzędzia 4](#_Toc151923336)

[9. Testy 4](#_Toc151923337)

[Zakończenie 4](#_Toc151923338)

[Bibliografia 4](#_Toc151923339)

[Spis rysunków 4](#_Toc151923340)

[Spis tabel 4](#_Toc151923341)

[Załącznik 4](#_Toc151923342)

Wstęp

Kostka Rubika to jedna z najbardziej ikonicznych łamigłówek świata, która od wielu lat fascynuje i inspiruje miliony ludzi na całym świecie. Niezwykłe połączenie kolorów oraz elementów geometrycznych tej układanki stwarza nietypowe jak na zabawkę zależności, w tym potencjał do ogromnej liczby kombinacji, co stanowi wyzwanie będące pasją dla wielu entuzjastów. To co wyjątkowe w kostce Rubika w połączeniu z naturalną u ludzi chęcią rywalizacji sprawiło, iż obecnie setki tysięcy osób zajmuje się dyscypliną zwaną „speedcubing”.

W niniejszej pracy podjęto się stworzenia narzędzia wspomagającego proces treningu układania kostki Rubika, nastawionego na poprawę umiejętności rozwiązywania tej łamigłówki pod względem czasu rozwiązywania. Istota dyscypliny jaką jest „speedcubing” opiera się na stałym dążeniu do lepszych wyników poprzez zarówno naukę efektywnych metod rozwiązywania kostki Rubika jak i zwiększanie szybkości w poruszaniu ściankami układanki poprzez praktykę.

W pracy został zawarty opis procesu powstawania narzędzia zawierający informacje na temat wymagań, zastosowanych metod rozwiązania problemu oraz wyboru technologii, projekt narzędzia, jego implementacja oraz opis sposobów jego użytkowania. Dodatkowo została dokonana analiza istniejących narzędzi dotyczących dziedziny speedcubingu i kostki Rubika.

# Podłoże pracy

W tym rozdziale zostaną wyjaśnione zagadnienia oraz terminy związane z kostką Rubika, dyscypliną speedcubingu oraz oficjalnymi zawodami tej dyscypliny. Należy zaznaczyć, że zostaną przedstawione tylko zagadnienia istotne w kolejnych rozdziałach pracy, natomiast szczegóły dotyczące kostki Rubika oraz oficjalnych zawodów zostaną pominięte.

## Kostka Rubika

Kostka Rubika (ang. Rubik’s cube) to trójwymiarowa układanka wynaleziona pierwotnie w 1974 roku.

### Mechanika kostki Rubika

Kostka Rubika ma kształt sześcianu składającego się z 26 unikalnych miniaturowych sześcianów. Każdy z miniaturowych sześcianów zawiera ukryte przedłużenie znajdujące się wewnątrz kostki, które umożliwia połączenie się z innymi sześcianami oraz z rdzeniem, dzięki czemu sześciany mogą poruszać się jednocześnie. Środkowy miniaturowy sześcian każdej z sześciu ścian to jedynie pojedyncze kwadratowe pole przymocowane do rdzenia. Rdzeń zapewnia strukturę układanki, do której miniaturowe sześciany mogą się dopasować dzięki czemu mogą się one swobodnie poruszać bez możliwości odpadnięcia od reszty mechanizmu.

Miniaturowe sześciany można podzielić ze względu na liczbę ich zewnętrznych ścian. Są to:

* narożniki, czyli elementy o trzech zewnętrznych ścianach
* krawędzie, czyli elementy o dwóch zewnętrznych ścianach
* środkowe elementy o jednej zewnętrznej ścianie

Każdy z miniaturowych sześcianów jest unikalny ze względu na kolory znajdujące się na jego ścianach.

### Schemat kolorów kostki Rubika

Każda z sześciu ścian kostki Rubika ma unikalny kolor, przy czym warto wspomnieć , że większość istniejących kostek zachowuje następujący schemat:

* kostka ma na sobie kolory biały, żółty, niebieski, zielony, czerwony oraz pomarańczowy,
* pary kolorów biały i żółty, niebieski i zielony, czerwony i pomarańczowy umieszczone są na przeciwnych ścianach kostki,
* trzymając kostkę ścianką z kolorem białym do góry oraz ścianką z kolorem zielonym do siebie, ścianka znajdująca się po prawej stronie kostki jest czerwona.

### Układanie kostki Rubika

Wewnętrzny mechanizm kostki umożliwia niezależny obrót warstw sześcianów z każdej strony, mieszając w ten sposób kolory znajdujące się na poszczególnych ścianach. Stan kostki, w którym na każdej ścianie znajduje się tylko jeden kolor jest stanem docelowym, który oznacza rozwiązanie lub inaczej mówiąc ułożenie układanki. Trudność kostki Rubika polega na bardzo dużej liczbie możliwych do uzyskania kombinacji kolorów na ścianach przy tylko jednej kombinacji będącej rozwiązaniem. Liczba możliwych kombinacji jest określana na ponad 43 tryliony co oznacza, że losowe wykonywanie obrotów na kostce daje znikome prawdopodobieństwo na rozwiązanie jej. Z tego powodu do rozwiązywania pomieszanej kostki Rubika stosowane są metody o różnym podejściu oraz stopniu zaawansowania.

W kontekście metod układania kostki Rubika istotne jest pojęcie tak zwanego „algorytmu”. W żargonie osób układających kostki Rubika algorytmem określa się stałą sekwencję obrotów wykonywanych na kostce, które mają pożądany wpływ. Terminologia ta wywodzi się z matematycznego zastosowania algorytmu, czyli listy instrukcji wykonania zadania od danego stanu początkowego, poprzez dobrze określone kolejne stany, aż do pożądanego stanu końcowego. Każda metoda układania kostki wykorzystuje własny zestaw algorytmów wraz z opisem, jaki efekt ma algorytm i kiedy można go zastosować, aby przybliżyć kostkę do rozwiązania. Szczególną cechą wielu algorytmów jest przeznaczenie do przekształcania tylko małej części kostki bez ingerencji w pozostałe części. Niektóre metody układania kostki, które polegają na stopniowym układaniu kolejnych części kostki mają również algorytmy, które wpływają na dużą liczbę elementów, jednak algorytmy te są stosowane w początkowych etapach układania, kiedy należy skupić się na ułożeniu mniejszej liczby elementów bez zwracania uwagi na położenie pozostałych elementów.

### Notacja

Najpopularniejszym sposobem opisu sekwencji obrotów kostki Rubika jest opracowana przez matematyka Davida Singmastera tak zwana „notacja Singmastera”. Notacja pozwala na zapis algorytmów w taki sposób, że możliwe jest ich stosowanie niezależnie od orientacji w jakiej trzymana jest kostka. Każdej ze ścian kostki przypisana jest duża litera:

* F – ściana przednia
* B – ściana tylna
* U – ściana górna
* D – ściana dolna
* L – ściana po lewej stronie
* R – ściana po prawej stronie

Litery użyte do oznaczeń ścian pochodzą od pierwszych liter angielskich słów oznaczających położenie (front, back, up, down, left, right). Zapis danej litery z notacji oznacza obrót jedną warstwą danej ściany o dziewięćdziesiąt stopni zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Zapisanie symbolu apostrofu (′) po danej literze z notacji oznacza obrót jedną warstwą danej ściany o dziewięćdziesiąt stopni przeciwnie do ruchu wskazówek zegara. Zapisanie cyfry „2” po danej literze z notacji oznacza obrót jedną warstwą danej ściany o sto osiemdziesiąt stopni. Występują również obroty dwoma warstwami ścian zamiast jedną warstwą oznaczane małymi odpowiednikami liter notacji, dla których stosują się takie same reguły dotyczące kierunku obrotu. Dodatkowo w notacji występują obroty całą kostką wokół jednej z jej osi, czyli zmiany orientacji w jakiej trzymana jest kostka lub ujmując inaczej, obroty trzema warstwami naraz. Są one oznaczane małymi literami „x”, „y” oraz „z” i odpowiadają odpowiednio obrotom ściany prawej (R), obrotom warstwą ściany górnej (U) oraz obrotom warstwą ściany przedniej (F). Dla obrotów całą kostką stosuje się takie same reguły dotyczące kierunku obrotu co do obrotów jedną warstwą.

Istnieje również rozszerzenie notacji Singmastera, które zostało ogólnie przyjęte przez osoby układające kostki Rubika. Polega ono na dodaniu obrotów środkowymi warstwami kostki. Każdej warstwie środkowej przypisana jest duża litera:

* M – warstwa pomiędzy warstwami ściany prawej (R) i lewej (L)
* E – warstwa pomiędzy warstwami ściany górnej (U) i dolnej (D)
* S – warstwa pomiędzy warstwami ściany przedniej (F) i tylnej (B)

Litery użyte do oznaczeń warstw pochodzą od pierwszych liter angielskich słów „middle”, „equator” oraz „standing”. Zapis litery „M” oznacza obrót warstwą o dziewięćdziesiąt stopni z góry na dół. Zapis litery „E” oznacza obrót warstwą o dziewięćdziesiąt stopni w prawo. Zapis litery „S” oznacza obrót warstwą o dziewięćdziesiąt stopni zgodnie z ruchem ściany przedniej (F). Zapisanie symbolu apostrofu (′) po danej literze z notacji oznacza obrót warstwą o dziewięćdziesiąt stopni w przeciwnym kierunku. Zapisanie cyfry „2” po danej literze z notacji oznacza obrót warstwą o sto osiemdziesiąt stopni.

### Metody układania kostki Rubika

Najpopularniejszą metodą układania kostki Rubika dla początkujących jest „metoda LBL”. W skrócie polega ona na ułożeniu każdej warstwy kostki po kolei zaczynając od dolnej warstwy i kończąc na górnej warstwie. Metoda ta wymaga nauczenia się zaledwie kilku prostych algorytmów oraz dobrze opanowana pozwala zrozumieć ogólne podstawowe aspekty układania kostki. Pomimo że metoda nie jest efektywna pod względem liczby wymaganych do ułożenia kostki obrotów, pozwala ona na stopniowe wdrażanie większej liczby algorytmów co przekłada się na skrócenie liczby wymaganych obrotów.

Najpopularniejszym rozwinięciem metody LBL jest metoda zaawansowana o nazwie „CFOP”. Nazwa metody bierze się z czterech etapów wymaganych do ułożenia kostki. Pierwszym etapem jest ułożenie krzyża dolnej warstwy. Drugi etap, tak zwany „F2L” (First Two Layers), polega na ułożeniu dolnej i środkowej warstwy układając w tym samym momencie narożnik dolnej warstwy i krawędź należącą do drugiej warstwy. Trzeci etap, tak zwany „OLL” (Orientation of the Last Layer) polega na zorientowaniu górnej warstwy za pomocą jednego algorytmu, tak aby górna ściana kostki była pokryta tylko jednym kolorem poprzez odpowiednie obrócenie wszystkich miniaturowych sześcianów. Czwarty etap, tak zwany „PLL” (Permutation of the Last Layer) polega na permutowaniu górnej warstwy za pomocą jednego algorytmu, tak aby górna warstwa została w całości ułożona. Metoda ta jest bardziej efektywna od metody podstawowej, jednakże ze względu na liczbę możliwych sytuacji, które mogą wystąpić w kolejnych etapach układania, wymaga nauczenia się ponad stu algorytmów. Dobra znajomość wszystkich wymaganych algorytmów oraz umiejętność szybkiego stosowania ich podczas układania pozwala na uzyskiwanie czasów ułożenia kostki nawet poniżej dziesięciu sekund.

### Dostępność kostek Rubika

Istotnym obecnie aspektem powiązanym z kostkami Rubika jest ich dostępność na rynku. Oficjalną firmą posiadającą prawa do określania dystrybuowanych przez siebie produktów jest Rubiks. Firma dystrybuuje kostki Rubika oraz układanki i inne produkty powiązane z kostką Rubika. W praktyce jednak, wśród osób układających kostki Rubika na czas, produkty firmy Rubiks nie cieszą się popularnością i są uważane za mało ergonomiczne i trudne w wykonywaniu obrotów co zmniejsza komfort oraz przekłada się na słabsze wyniki. Alternatywą dla produktów firmy Rubiks są chińskie firmy takie jak Gan, MoFangGe, oraz MoYu. Pomimo iż firmy nie mogą określać swoich produktów w żaden sposób związany z nazwiskiem Rubik, oferują one produkty dostosowane do układania kostek Rubika i innych układanek z jej rodziny skupionego na uzyskiwanie jak najniższych czasów. Kostki te projektowane są tak aby poruszanie nimi było jak najbardziej efektywne oraz ergonomiczne. Kostki te pozwalają często na tak zwane „ścinanie narożników” czyli możliwość wykonania obrotu ściany kostki przed pełnym zakończeniem obrotu ściany prostopadłej. Dodatkowo kostki te pozwalają na wysoki stopień spersonalizowania pod względem stosowanego smaru, siły naprężenia sprężyn mechanizmu rdzenia. W szczególności obecnie coraz więcej układanek sportowych jest wyposażanych w magnesy.

## Zawody

„Speedcubing” to dyscyplina polegającą na jak najszybszym układaniu kostki Rubika i innych układanek logicznych z jej rodziny. Organizowaniem oficjalnych zawodów w tej dyscyplinie zajmuje się organizacja międzynarodowa WCA. Oficjalne zawody przebiegają według zasad oraz regulacji ustalanych przez WCA.

### Przebieg zawodów

Na każde oficjalne zawody są określane układanki w jakich odbywa się rywalizacja, przy czym obecnie mogą być to tylko układanki wybrane z siedemnastu oficjalnych konkurencji. Warto wspomnieć, że standardowa kostka Rubika nie jest obowiązkową układanką, w której odbywa się rywalizacja na każdych zawodach, ale jest ona zdecydowanie najczęściej pojawiąjącą się układanką na zawodach. Zawody są podzielone na rundy. W każdej rundzie odbywa się rywalizacja w danej układance, przy czym rywalizacja w jednej układance może obejmować więcej niż jedną rundę.

Przebieg każdej rundy rozpoczyna się od zaniesienia swoich układanek przez zawodników do miejsca mieszania. Następnie zawodnicy udają się do poczekalni. Układanki są mieszane według ustalonych sekwencji mieszających, przy czym każdy zawodnik otrzymuje swoją układankę pomieszaną w ten sam sposób, jednakże każda próba rundy ma swoją sekwencje mieszającą. Pomieszane układanki są zabierane na bieżąco przez wyznaczonych do tego sędziów. Sędzia z układanką wywołuje odpowiedniego zawodnika z poczekalni oraz udaje się z nim do stanowiska startowego składającego się ze stołu na którym rozłożona jest mata wraz ze specjalnym miernikiem czasu określanym potocznie jako „timer”. Następuje procedura układania układanki, po której zawodnik wraca do poczekalni i oczekuje na kolejne wywołanie, a sędzia zabiera układankę z powrotem do miejsca mieszania. Proces powtarza się do momentu, kiedy zawodnik wykona wszystkie próby.

Zajęte przez zawodnika miejsce w danej rundzie na oficjalnych zawodach dla większości układanek jest ustalane na podstawie średniego czasu trzech środkowych ułożeń kostki z pięciu prób.

### Procedura układania

Cała procedura układania jest nadzorowana przez sędziego, tak aby uniemożliwić potencjalne oszustwa. Układanka zakryta pudełkiem ustawiana jest przed zawodnikiem na macie przez sędziego. W momencie kiedy zawodnik zgłosi gotowość, sędzia odkrywa układankę. Rozpoczyna się tak zwana „inspekcja”, w której zawodnik ma piętnaście sekund na obejrzenie pomieszanej układanki przed rozpoczęciem układania. Czas inspekcji jest sprawdzany przez sędziego za pomocą osobnego stopera. Dodatkowo sędzia informuje zawodnika w momencie upływu ośmiu oraz dwunastu sekund czasu inspekcji. Zawodnik powinien rozpocząć układanie poprzez uruchomienie miernika czasu przed upływem czasu przeznaczonego na inspekcję. W przypadku, gdy zawodnik przekroczy limit piętnastu sekund inspekcji, na zawodnika zostaje nałożona kara w postaci dwóch sekund dodanych do końcowego wyniku. Jeżeli zawodnik po przekroczeniu limitu piętnastu sekund inspekcji nie rozpocznie ułożenia przez kolejne dwie sekundy, ułożenie zostaje uznane za nieważne co jest określane poprzez skrót „DNF”, który rozwija się do angielskiej frazy „did not finished”. Zawodnik, który rozpoczął ułożenie powinien rozwiązać układankę, a następnie zatrzymać miernik czasu. Po ułożeniu sędzia zapisuje czas z miernika czasu.

### Sekwencje mieszające

Sekwencje mieszające to sekwencje ruchów wykonywanych na układance w celu jej pomieszania zapisane za pomocą notacji. Sekwencje mieszające są stosowane na zawodach w celu mieszania układanki w sposób obiektywny i całkowicie losowy oraz w celu uzyskania tego samego pomieszania układanki dla każdego zawodnika, tak by wyniki zawodników były porównywane sprawiedliwie. Należy zaznaczyć, że aby pomieszane za pomocą sekwencji mieszającej układanki były identyczne, sekwencje mieszającą rozpoczyna się trzymając układankę w określonej orientacji. Dla standardowej kostki Rubika jest to orientacja trzymając białą ścianę skierowaną do góry oraz zieloną ścianę skierowaną do siebie.

Sekwencje mieszające są generowane losowo przed zawodami za pomocą oprogramowania komputerowego przez osobę odpowiedzialną za poprawny przebieg oficjalnych zawodów, czyli przez delegata WCA. Delegat WCA odpowiada za bezpieczne przechowanie sekwencji mieszających do momentu rozpoczęcia danej rundy zawodów, tak aby żaden z zawodników nie miał możliwości wcześniejszego zapoznania się ze sposobem pomieszania układanki.

# Przegląd istniejących rozwiązań

W tym rozdziale zostaną przedstawione najpopularniejsze rodzaje istniejących rozwiązań w formie narzędzi informatycznych dotyczące wspomagania treningu układania kostki Rubika. Zostaną przedstawione zarówno typowe cechy tych narzędzi wynikające ze specyfiki oraz zwyczajów dyscypliny jak i cechy, dzięki którym się wyróżniają.

Obecnie w Internecie można znaleźć dużą liczbę aplikacji służących do wspomagania treningu układania kostki Rubika w różny sposób. Są to aplikacje w formie zarówno aplikacji desktopowych, stron internetowych jak i aplikacji mobilnych. Aplikacje te w zróżnicowany sposób podchodzą do samego procesu trenowania układania kostki Rubika oraz oferują różnego rodzaju funkcjonalności.

## Aplikacje typu „timer”

Najbardziej powszechnym typem narzędzia wspomagającego trening układania kostki Rubika są aplikacje typu „timer”. Założeniem tego typu aplikacji jest odwzorowanie funkcjonalności oraz doświadczeń jakie oferuje fizyczne specjalne urządzenie będące miernikiem czasu przeznaczone do mierzenia czasu układania układanek.

Głównymi funkcjonalnościami aplikacji typu „timer” są: uruchamianie i zatrzymywanie mierzenia czasu układania układanki za pomocą klawiszy klawiatury (w szczególności klawisza spacji) lub ekranu dotykowego smartphone’a, zapisywanie czasów ułożeń układanki oraz przedstawianie danych statystycznych w celu podsumowania uzyskiwanych wyników, generowanie i wyświetlanie sekwencji mieszającej.

## Aplikacje wspomagające naukę metody „CFOP”

Treść

## Aplikacja

Treść

# Problem i metoda rozwiązania

# Wymagania

# Wybór technologii

# Projekt narzędzia

# Opis implementacji

# Opis narzędzia

# Testy

Zakończenie

Bibliografia

|  |  |
| --- | --- |
| [1] |  |
| [2] |  |
| [3] |  |
| [4] |  |

Spis rysunków

Spis tabel

Załącznik