**Politechnika Wrocławska**

**Wydział Informatyki i Telekomunikacji**

1. Kierunek: **inżynieria systemów (INS)**
   1. PRACA DYPLOMOWA
   2. INŻYNIERSKA

**Narzędzie wspomagające trening układania kostki Rubika**

Bartosz Piotr Krzysztoszek

Opiekun pracy

**Dr Inż. Dariusz Gąsior**

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

WROCŁAW (2024)

Streszczenie

Tekst streszczenia po polsku

Abstract

Treść streszczenia po angielsku

**Spis treści**

[1. Wstęp 1](#_Toc156259926)

[1.1. Geneza pracy 1](#_Toc156259927)

[1.2. Opis problemu 1](#_Toc156259928)

[1.3. Cel i zakres pracy 1](#_Toc156259929)

[2. Wprowadzenie do dziedziny 2](#_Toc156259930)

[2.1. Kostka Rubika 2](#_Toc156259931)

[2.1.1. Mechanika kostki Rubika 2](#_Toc156259932)

[2.1.2. Schemat kolorów kostki Rubika 2](#_Toc156259933)

[2.1.3. Układanie kostki Rubika 2](#_Toc156259934)

[2.1.4. Notacja 3](#_Toc156259935)

[2.1.5. Metody układania kostki Rubika 4](#_Toc156259936)

[2.2. Zawody 5](#_Toc156259937)

[2.2.1. Przebieg zawodów 5](#_Toc156259938)

[2.2.2. Procedura układania 5](#_Toc156259939)

[2.2.3. Sekwencje mieszające 6](#_Toc156259940)

[3. Przegląd istniejących rozwiązań 7](#_Toc156259941)

[3.1. Aplikacje typu „timer” 7](#_Toc156259942)

[3.1.1. Aplikacja „csTimer” 7](#_Toc156259943)

[3.1.2. Aplikacja „Cube Timer” 8](#_Toc156259944)

[3.2. Rozwiązania wspomagające trening metodą „CFOP” 9](#_Toc156259945)

[3.2.1. Strona „jperm.net” 9](#_Toc156259946)

[3.2.2. Aplikacja „csTimer” 11](#_Toc156259947)

[4. Projekt narzędzia 12](#_Toc156259948)

[4.1. Wymagania funkcjonalne 12](#_Toc156259949)

[4.2. Wymagania niefunkcjonalne 13](#_Toc156259950)

[4.3. Przypadki użycia 13](#_Toc156259951)

[4.4. Wybór technologii 17](#_Toc156259952)

[4.5. Architektura narzędzia 17](#_Toc156259953)

[5. Implementacja 18](#_Toc156259954)

[6. Opis narzędzia 19](#_Toc156259955)

[7. Instalacja 20](#_Toc156259956)

[8. Testy 21](#_Toc156259957)

[8.1. Testy manualne 21](#_Toc156259958)

[8.2. Testy użyteczności 21](#_Toc156259959)

[9. Zakończenie 22](#_Toc156259960)

[9.1. Wnioski 22](#_Toc156259961)

[9.2. Kierunek dalszego rozwoju 22](#_Toc156259962)

[Bibliografia 23](#_Toc156259963)

[Spis rysunków 23](#_Toc156259964)

[Spis tabel 23](#_Toc156259965)

[Załącznik 23](#_Toc156259966)

# 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.

## Geneza pracy

## Opis problemu

## Cel i zakres pracy

# Wprowadzenie do dziedziny

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

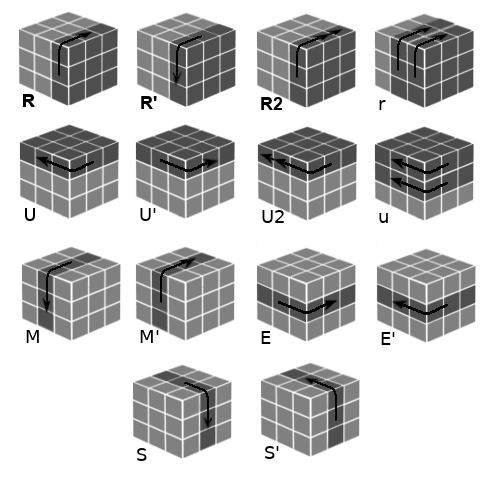
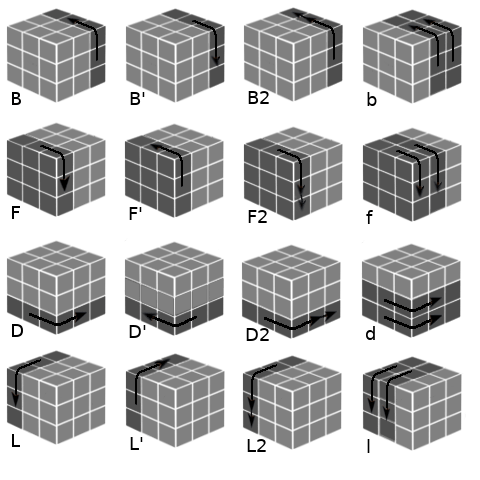
W kontekście metod układania kostki Rubika istotne jest pojęcie tak zwanego „algorytmu”. W żargonie osób układających kostki Rubika algorytmem określa się stałą sekwencję obrotów wykonywanych na kostce, które mają pożądany wpływ. Terminologia ta wywodzi się z matematycznego zastosowania algorytmu, czyli 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. Ważną kwestią dotyczącą algorytmów, o której należy wspomnieć jest to, iż może istnieć kilka algorytmów mających ten sam efekt. W praktyce algorytmy takie mogą różnić się pod względem liczby obrotów ale i wygody wykonywania co może przekładać się na szybkość ich wykonywania.

### 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.



Rysunek . Graficzne przedstawienie notacji kostki Rubika

Istnieje również rozszerzenie notacji Singmastera, które zostało ogólnie przyjęte przez osoby układające kostki Rubika. Polega ono na dodaniu opisów dla 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.

Notacja Singmastera oraz jej rozszerzenie są zaprezentowane w formie graficznej na rysunku 1.1.

### 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.

## 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 pojawiającą 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, zostaje nałożona kara w postaci dwóch sekund dodanych do końcowego wyniku ułożenia. 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. Jeżeli miernik czasu został zatrzymany, ale układanka nie została rozwiązana poprawnie, ułożenie zostaje uznane za nieważne co ponownie jest określane poprzez skrót „DNF”. Jeżeli miernik czasu został zatrzymany, a układanka znajduje się w stanie, w którym brakuje wykonania jednego ruchu aby została ona rozwiązana, zostaje nałożona kara w postaci dwóch sekund dodanych do końcowego wyniku. Warto wspomnieć, że kary dwóch sekund są kumulowane.

### Sekwencje mieszające

Sekwencje mieszające to sekwencje ruchów wykonywanych na układance w celu jej pomieszania zapisane za pomocą odpowiedniej dla danej układanki notacji. Dla standardowej kostki Rubika sekwencje mieszające wykorzystują notację Singmastera. 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. Według organizacji WCA aby układanka była pomieszana sprawiedliwie, powinna ona reprezentować jeden z wszystkich możliwych do uzyskania na układance stanów z wyłączeniem stanów, które wymagają liczby posunięć do ułożenia mniejszej niż dwa ruchy. 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 zostały przedstawione najpopularniejsze rodzaje istniejących rozwiązań w formie narzędzi informatycznych dotyczących wspomagania ogólnie pojętego treningu układania kostki Rubika oraz w szczególności treningu metody „CFOP”. Zostały przedstawione zarówno typowe cechy tych narzędzi wynikające ze specyfiki oraz zwyczajów dyscypliny jak i cechy najpopularniejszych przykładów narzędzi, 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 funkcje.

## Aplikacje typu „timer”

Najbardziej powszechnym typem narzędzia wspomagającego trening układania kostki Rubika są aplikacje typu „timer”. Powszechnym założeniem tego typu aplikacji jest odwzorowanie funkcjonalności oraz doświadczeń jakie oferują fizyczne mierniki przeznaczone do mierzenia czasu układania układanek, w szczególności mierniki czasu używane na zawodach. Do głównych funkcjonalności aplikacji typu „timer” należą:

* uruchamianie i zatrzymywanie mierzenia za pomocą klawiszy klawiatury lub ekranu dotykowego smartphone’a,
* zapisywanie czasów ułożeń układanki,
* przedstawianie prostych danych statystycznych w celu podsumowania uzyskiwanych wyników,

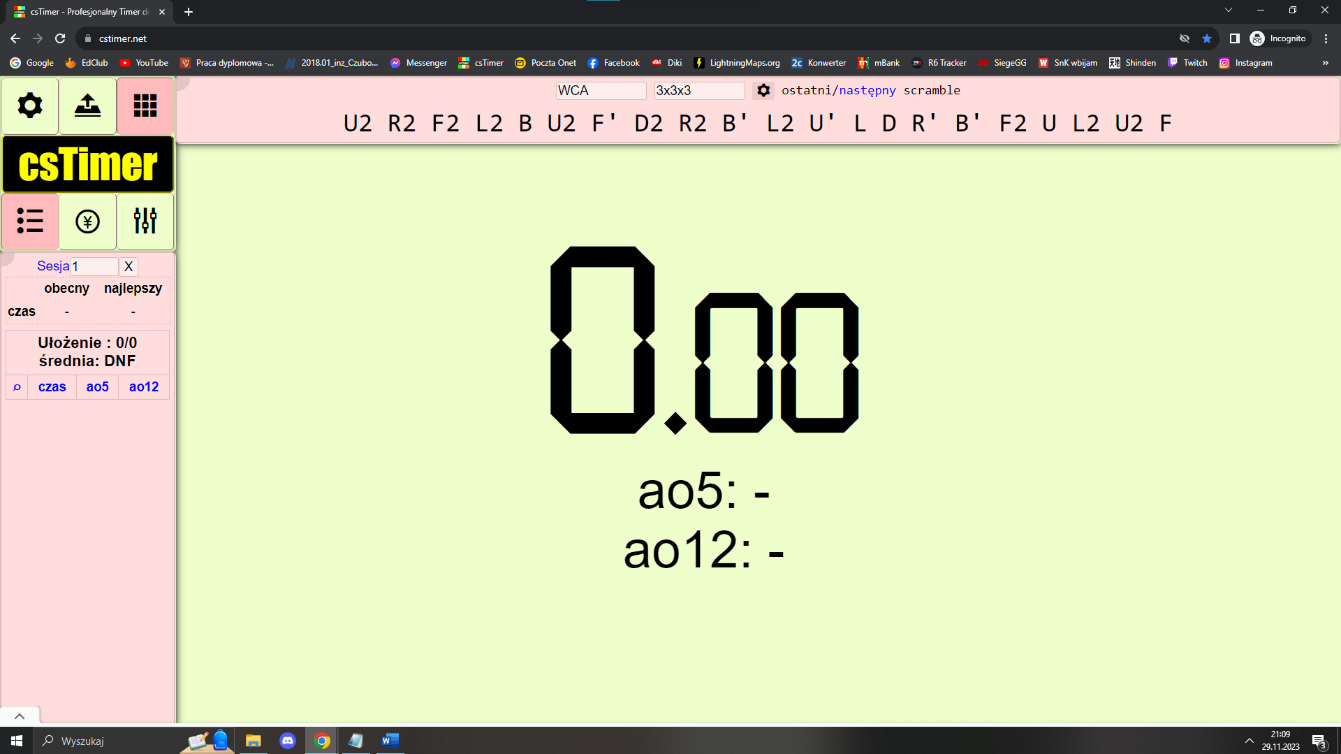
Dodatkowo często pojawiającą się funkcją jest możliwość edycji i usuwania uzyskiwanych wyników. W wielu aplikacjach typu „timer” znajdują się również funkcjonalności mające na celu odwzorowanie procedury układania układanek na oficjalnych zawodach. Chodzi tutaj o funkcjonalności takie jak:

* wyświetlanie czasu inspekcji wraz z komunikatami o upływie ośmiu i dwunastu sekund,
* kary dwóch sekund dodanych do wyniku w przypadku przedłużenia czasu inspekcji lub w przypadku brakującego jednego ruchu do ułożenia układanki,
* oznaczenie ułożenia jako nieważne poprzez skrót „DNF”,
* generowanie i wyświetlanie sekwencji mieszających.

Mimo że wiele aplikacji typu „timer” skupia się głównie na wspomaganiu treningu zwykłej kostki Rubika to jednak wiele aplikacji jest również przeznaczona do treningu układania innych układanek, w szczególności układanek, w których odbywa się rywalizacja na oficjalnych zawodach, jednakże istnieją również aplikacje obsługujące szersze pule różnych układanek. Działa to w ten sposób, iż użytkownik wybiera, którą układankę chce trenować, a aplikacja generuje odpowiednią dla wybranej układanki sekwencję mieszającą oraz zapisuje uzyskiwane wyniki oddzielnie.

### Aplikacja „csTimer”

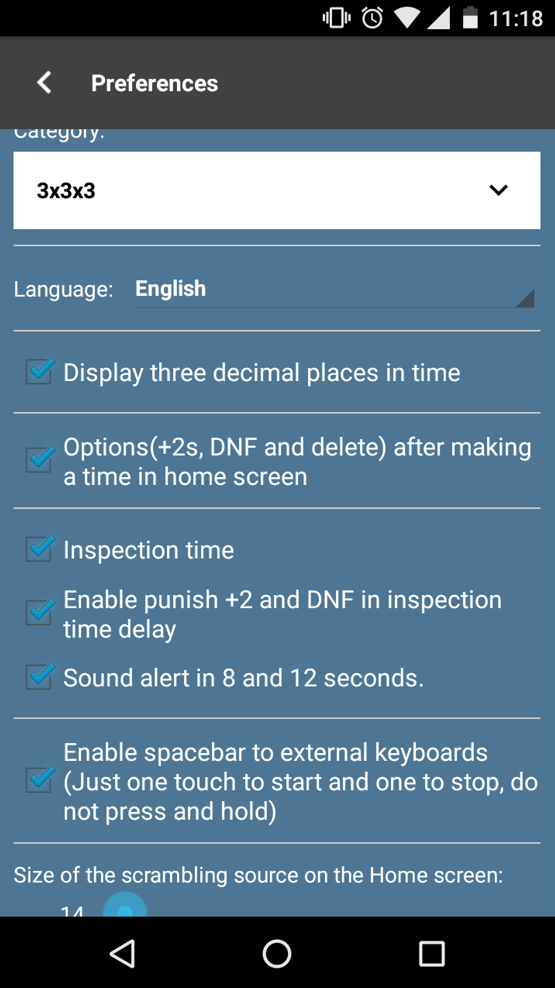
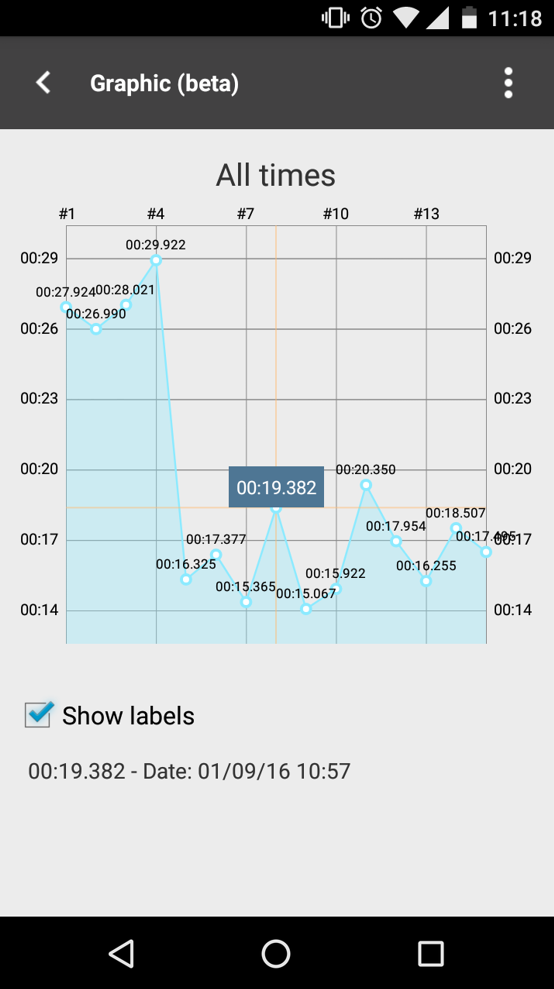
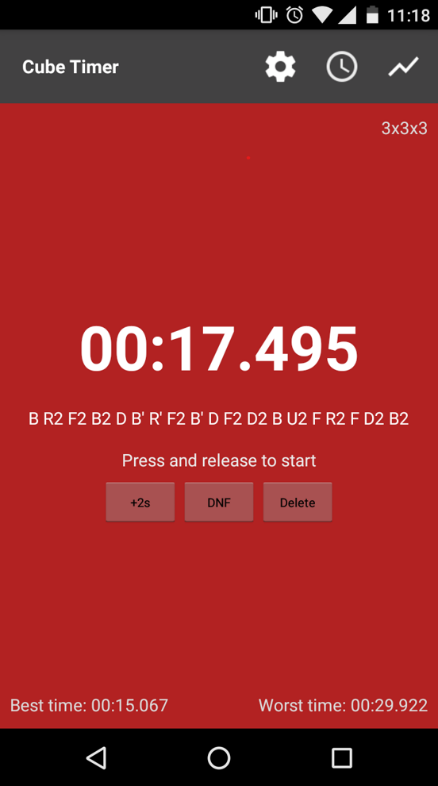
Najpopularniejszą aplikacją typu „timer” jest „csTimer” (rys. 2.1). Mimo, że aplikacja jest w formie aplikacji webowej, możliwe jest używanie jej również na urządzeniach mobilnych jako aplikacji natywnej. Aplikacja zawiera wszystkie wymienione wcześniej główne funkcjonalności aplikacji typu „timer” dotyczące zarówno mierzenia oraz zapisywania czasu z wyświetlaniem szeregu informacji statystycznych na temat uzyskiwanych wyników jak i funkcjonalności dotyczące procesu układania układanek na oficjalnych zawodach. Aplikacja obsługuje generowanie sekwencji mieszających dla kostki Rubika, dla układanek, w których odbywa się rywalizacja na oficjalnych zawodach, a także dla wielu innych mniej znanych oraz nietypowych układanek. Istotnym jest fakt tego, że aplikacja daje możliwość dostosowywania każdego aspektu jej działania. Oglądając interfejs graficzny aplikacji po raz pierwszy można odnieść wrażenie, że nie spełnia on dzisiejszych standardów o czym świadczy chociażby domyślny dobór kolorystyki, jednakże pomimo, że interfejs jest dość surowy, aplikacja daje użytkownikowi szereg opcji dostosowywania interfejsu takich jak wybieranie kolorów poszczególnych komponentów i dostosowywanie ich rozmiarów czy możliwość wybrania, które sekcje mają być wyświetlane w danym momencie. Dodatkowo aplikacja posiada dużą liczbę wbudowanych dodatkowych narzędzi wspomagających trening pod różnymi względami, takich jak wyświetlanie docelowego stanu układanki po pomieszaniu, możliwość połączenia z własnym fizycznym urządzeniem mierzącym czas, możliwość połączenia z elektroniczną kostką bluetooth, metronom i wiele więcej. Można śmiało stwierdzić, że aplikacja jest prosta ale jednocześnie pozwala na wysokie spersonalizowanie oraz dostarcza wiele dodatkowych funkcjonalności pomagających w treningu układania.



Rysunek . Aplikacja „csTimer”

### Aplikacja „Cube Timer”

Inną, jedną z popularnych aplikacji mobilnych typu „timer” jest aplikacja „Cube Timer” (rys. 2.2). Aplikacja jest dostępna do pobrania w sklepie Google Play. Tak samo jak poprzednia omawiana aplikacja, zawiera ona wszystkie główne funkcjonalności aplikacji typu „timer”. Aplikacja jednak nie jest tak rozbudowana i nie zawiera dodatkowych narzędzi. Działanie aplikacji ogranicza się do mierzenia oraz zapisywania czasu, generowania sekwencji mieszających tylko dla układanek w których odbywa się rywalizacja na oficjalnych zawodach oraz wyświetlania prostych statystyk wraz z wykresem przedstawiającym uzyskane kolejno wyniki. Aplikacja dodatkowo oferuje panel opcji, gdzie użytkownik może dokonać niewielkiej personalizacji. Wyróżniającym się elementem aplikacji jest panel, na którym wyświetlone są dane pobierane ze strony organizacji WCA na temat zbliżających się oficjalnych zawodów. Panel ten jednak ogranicza się tylko do wyświetlania informacji. Można stwierdzić, że aplikacja jest prosta oraz nie daje wielu możliwości użytkownikowi, natomiast dobrze zapewnia podstawowe funkcje.



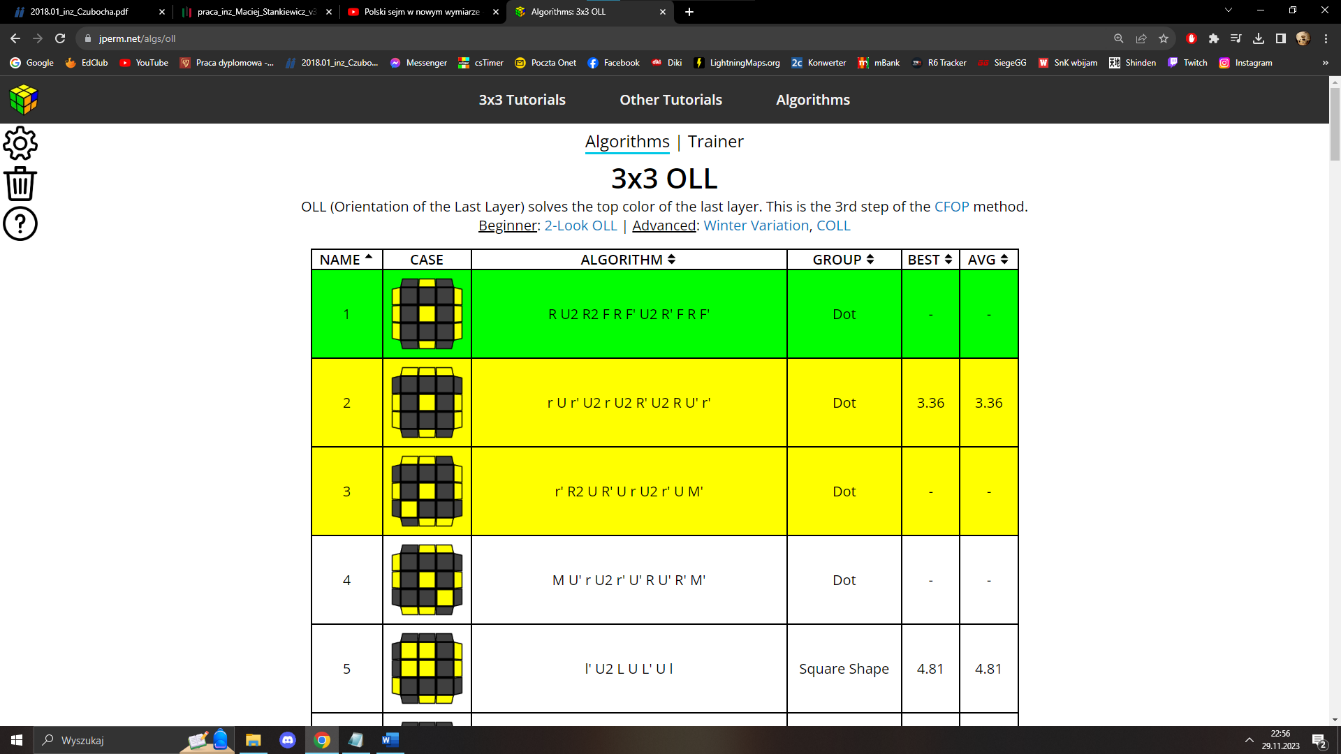
Rysunek . Aplikacja „Cube Timer”

## Rozwiązania wspomagające trening metodą „CFOP”

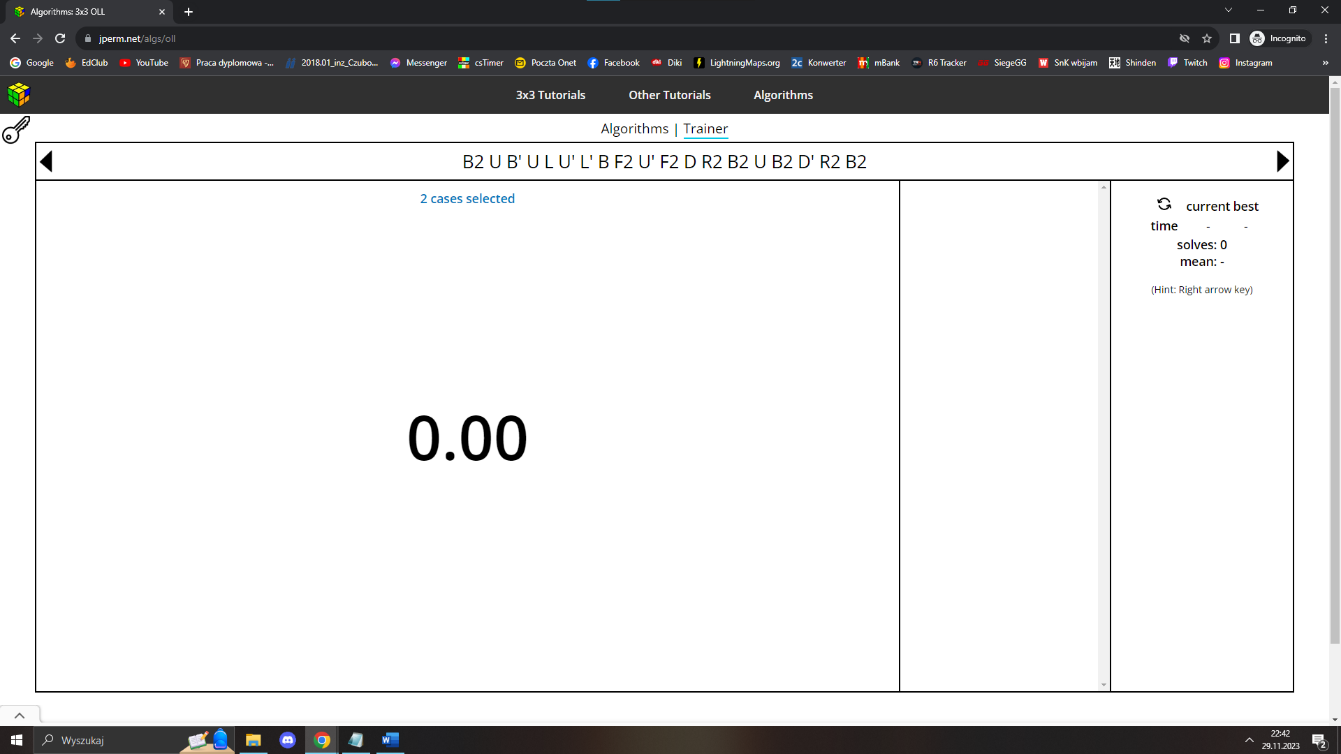
Próbując znaleźć rozwiązanie wspomagające naukę lub trening metody „CFOP” w Internecie, bardzo łatwo natrafić w pierwszej kolejności na strony internetowe zawierające listy algorytmów do poszczególnych etapów tej metody. Takie listy zazwyczaj ograniczone są jedynie do wyświetlania przedstawionej sytuacji na kostce Rubika, nazwy danego przypadku oraz samego algorytmu czyli sekwencji ruchów. Niektóre z takich stron służą także jako poradnik poszczególnych etapów metody „CFOP”. Rozwiązanie takie jest jednak interaktywne w bardzo niewielkim stopniu. Dodatkowo można też natrafić na analogiczne rozwiązania w formie aplikacji mobilnych.

### Strona „jperm.net”

Bardziej interaktywne podejście oferuje strona „jperm.net”. Na stronie można znaleźć zarówno poradniki do różnych metod układania układanek, w tym poradnik do metody „CFOP”, jednak bardziej istotnym elementem są przedstawione tutaj listy algorytmów (rys. 2.3). Listy algorytmów znajdujące się na stronie dotyczą etapów metody „CFOP” ale również innych metod oraz układanek. Listy te pozwalają na kilka szczególnych interakcji. Użytkownik może oznaczać wybrane algorytmy jako „nieznane”, „obecnie uczone” lub „nauczone” poprzez kliknięcie i zmianę koloru wiersza listy z danym przypadkiem, co pozwala na śledzenie postępów w ich nauce. Użytkownik może również decydować jakiej sekwencji ruchów używać dla danego przypadku poprzez wybór sekwencji ruchów z proponowanych sekwencji lub wprowadzenie własnej sekwencji, co umożliwia personalizacje listy i możliwość pełnej modyfikacji, zamiast przedstawiania „gotowej” listy algorytmów bez możliwości zmian. Oprócz samej listy algorytmów jest również zakładka „Trainer” (rys. 2.4), w której użytkownik może ćwiczyć wybrane przypadki na takiej samej zasadzie jak odbywa się to w aplikacjach typu „timer”. Narzędzie losuje jeden z przypadków, który został oznaczony jako „obecnie uczony”, generuje i wyświetla sekwencję mieszającą mającą doprowadzić kostkę Rubika do stanu z wylosowaną sytuacją. Użytkownik uruchamia i zatrzymuje mierzenie czasu za pomocą klawiszy klawiatury w celu zmierzenia czasu wykonywania algorytmu dla wylosowanej sytuacji, oraz wyświetlane są dane statystyczne w celu podsumowania dotychczasowego treningu. W ten sposób użytkownik może trenować wykonywanie wybranych algorytmów pod względem szybkości ich wykonywania, a dostarczane użytkownikowi dane statystyczne stanowią podsumowanie uzyskiwanych wyników treningu, dzięki któremu użytkownik może bardziej efektywnie dostosować dalszy trening.



Rysunek . Strona jperm.net, lista algorytmów



Rysunek . Strona jperm.net, zakładka "Trainer"

### Aplikacja „csTimer”

Inne interaktywne podejścia do uczenia się i trenowania metody „CFOP” można znaleźć również we wspomnianej już aplikacji „csTimer”. W tej aplikacji możliwe jest generowanie sekwencji mieszających, które mają doprowadzić kostkę Rubika do jednej z możliwych sytuacji, które mogą pojawić się w poszczególnych etapach metody „CFOP”, jednakże w tej aplikacji nie ma żadnej możliwości wyboru, które sytuacje użytkownik chce w danym momencie trenować. Poza tym ta aplikacja nie zawiera funkcjonalności dotyczących listy algorytmów.

# Projekt narzędzia

W tym rozdziale zostanie przedstawiony projekt narzędzia tak, by możliwe było określenie kluczowych wymagań co do narzędzia oraz sprecyzowanie struktury jego działania. Dzięki temu, proces implementacji i rozwoju narzędzia będzie mógł przebiegać w konkretny sposób, a żaden istotny z poziomu planu narzędzia wcześniej określony aspekt nie zostanie pominięty. Zostaną sprecyzowane zarówno wymagania funkcjonalne jak i wymagania niefunkcjonalne w celu określenia najważniejszych elementów narzędzia oraz najważniejszych aspektów. Zostaną przedstawione przypadki użycia narzędzia, tak aby tworzenie go mogło odbywać się w kierunku zapewnienia praktycznej użyteczności. Określone zostaną technologie niezbędne do implementacji zarówno poszczególnych elementów narzędzia jak i jego całości, a także technologie, które będą wykorzystane jedynie w procesie implementacji jako rozwiązania wspierające sam proces realizacji. Zostanie również przedstawiona architektura narzędzia.

## Wymagania funkcjonalne

Poniżej znajdują się wymagania funkcjonalne. Każdemu wymaganiu został nadany priorytet określony liczbą w skali od 1 do 3, gdzie liczba 3 oznacza najwyższy priorytet.

1. Mierzenie czasu rozwiązywania kostki Rubika przez użytkownika – 3
2. Wyświetlanie na bieżąco czasu rozwiązywania kostki Rubika przez użytkownika – 2
3. Wyświetlenie uzyskanego czasu rozwiązywania kostki Rubika przez użytkownika – 3
4. Zapisywanie danych dotyczących każdego rezultatu rozwiązywania kostki Rubika przez użytkownika – 3
5. Możliwość edycji oraz usuwania danych dotyczących każdego rezultatu przez użytkownika – 3
6. Obsługiwanie mierzenia czasu za pomocą klawiszy klawiatury przez użytkownika – 3
7. Możliwość zatwierdzenia lub odrzucenia rezultatu przez użytkownika po wykonaniu ułożenia – 2
8. Generowanie sekwencji mieszającej dla kostki Rubika – 3
9. Generowanie sekwencji mieszającej dla losowo wybranego „algorytmu” - 3
10. Wyświetlanie sekwencji mieszającej – 3
11. Wyświetlanie prostych danych statystycznych dotyczących uzyskiwanych rezultatów użytkownika – 3
12. Możliwość dodawania kar dwóch sekund dla rezultatów przez użytkownika – 2
13. Możliwość oznaczenia rezultatu jako „dnf” – 2
14. Możliwość włączenia czasu piętnastu sekund „inspekcji” przez użytkownika – 3
15. Wyświetlanie ostrzeżeń podczas „inspekcji” dla ośmiu oraz dwunastu sekund – 2
16. Sygnał dźwiękowy podczas „inspekcji” dla ośmiu oraz dwunastu sekund – 2
17. Wyświetlanie listy „algorytmów” metody „CFOP” dla etapów „OLL” i „PLL” wraz z wizualizacją stanu kostki Rubika – 3
18. Możliwość dostosowania orientacji kostki Rubika dla jakiej są wizualizowane stany dla każdego „algorytmu” – 1
19. Możliwość zmiany i zapisywanie stanu każdego „algorytmu” dotyczącego nauki przez użytkownika – 2
20. Możliwość wyboru trenowanych „algorytmów” – 3
21. Możliwość dostosowania wyświetlanych informacji dla użytkownika – 1
22. Sekcja pomocy wyjaśniająca podstawy korzystania z narzędzia – 1
23. Zapisywanie wybranych przez użytkownika ustawień narzędzia - 1

## Wymagania niefunkcjonalne

Poniżej znajdują się wymagania niefunkcjonalne określone ogólnie wraz z opisem wyjaśniającym wymaganie w odniesieniu do narzędzia.

1. **Użyteczność**

Interfejs graficzny narzędzia powinien być intuicyjny i pozwalający na łatwe nawigowanie oraz korzystanie. Podczas korzystania z narzędzia powinno być jasne, które elementy tylko wyświetlają informacje, a które pozwalają na interakcję. Funkcje narzędzia powinny być nietrudne w zrozumieniu dla osób zaznajomionych z dziedziną układania kostki Rubika na czas, a zapoznawanie się z nimi nie powinno wymagać większego wysiłku. Nieoczywiste interakcje, takie jak korzystanie z klawiszy klawiatury podczas korzystania z narzędzia powinny być dodatkowo opisane w narzędziu, tak by użytkownik mógł łatwo się o nich dowiedzieć i przyswoić ich używanie.

1. **Dostępność**

Narzędzie powinno być możliwe do wykorzystania poprzez wszystkie najpopularniejsze obecnie przeglądarki internetowe.

1. **Niezawodność**

Narzędzie powinno być odporne na błędy.

1. **Wydajność**

Narzędzie powinno być wydajne. Wszystkie operacje odbywające się w narzędziu powinny natychmiastowo zwracać wynik, a użytkownik nie powinien oczekiwać w żadnym momencie korzystania z narzędzia po jego uruchomieniu.

1. **Łatwość utrzymania**

Struktura narzędzia powinna pozwalać na łatwe dodawanie nowych funkcji i rozwijanie istniejących. Kod narzędzia powinien być czytelny oraz podzielony na odpowiednie części.

1. **Bezpieczeństwo**

Podczas używania narzędzia będą zbierane dane na temat rezultatów użytkownika. Dane te nie powinny być przesyłane. Ich magazynowanie oraz przetwarzanie powinno odbywać się na urządzeniu użytkownika tak by zagwarantować ich bezpieczeństwo.

## Przypadki użycia

Poniżej zostały przedstawione przypadki użycia narzędzia przez użytkownika w celu określenia możliwości wykorzystania narzędzia. Dla każdego przypadku została podana jego nazwa, warunek wstępny, scenariusz oraz warunek końcowy.

1. **Wykonanie ułożenia kostki Rubika**

Aktor: Użytkownik

Warunki wstępne: Użytkownik ma uruchomione narzędzie oraz ma ze sobą ułożoną kostkę Rubika. Narzędzie wyświetla ekran stopera w zakładce „3x3”.

Scenariusz główny:

1. Użytkownik miesza kostkę Rubika stosując sekwencję mieszającą wyświetloną na ekranie narzędzia.
2. Użytkownik przytrzymuje klawisz spacji na klawiaturze.
3. Czas stopera zmienia kolor na zielony oraz pozostałe elementy interfejsu zostają ukryte.
4. Użytkownik puszcza klawisz spacji na klawiaturze i rozpoczyna układanie kostki Rubika.
5. Mierzenie czasu zostaje uruchomione.
6. Użytkownik kończy układanie kostki Rubika po czym naciska klawisz spacji na klawiaturze.
7. Mierzenie czasu zostaje zatrzymane oraz zostają wyświetlone przyciski odpowiadające za określenie poprawności ułożenia.
8. Użytkownik ponownie naciska klawisz spacji na klawiaturze lub wybiera opcję „OK”.
9. Rezultat zostaje zapisany do bazy danych jako ułożenie poprawne.
10. Przyciski odpowiadające za określenie poprawności ułożenia zostają ukryte, a pozostałe elementy interfejsu ponownie się pojawiają

Alternatywny przebieg:

3.A.1. Czas stopera zmienia kolor na żółty oraz pozostałe elementy interfejsu zostają ukryte.

3.A.2. Użytkownik puszcza klawisz spacji na klawiaturze.

3.A.3. Czas stopera zmienia kolor na czerwony, pozostałe elementy interfejsu zostają ukryte oraz rozpoczyna się odliczanie 15 sekund czasu inspekcji.

3.A.4. Użytkownik przytrzymuje klawisz spacji na klawiaturze.

3.A.5. Czas stopera zmienia kolor na zielony.

3.A.6. Użytkownik puszcza klawisz spacji na klawiaturze i rozpoczyna układanie kostki Rubika.

3.A.4.A.1 Użytkownik naciska klawisz „esc” na klawiaturze.

3.A.4.A.2 Elementy interfejsu ponownie się pojawiają oraz inspekcja zostaje anulowana.

6.A.1. Użytkownik naciska klawisz „esc” na klawiaturze.

6.A.2. Rezultat zostaje zapisany do bazy danych jako ułożenie nieukończone.

6.A.3. Elementy interfejsu ponownie się pojawiają.

8.A.1. Użytkownik wybiera opcję „+2”.

8.A.2. Rezultat zostaje zapisany do bazy danych jako ułożenie z karą dwóch sekund.

8.A.3. Przyciski odpowiadające za określenie poprawności ułożenia zostają ukryte, a pozostałe elementy interfejsu ponownie się pojawiają

8.B.1. Użytkownik naciska klawisz „esc” na klawiaturze lub wybiera opcję „DNF”.

8.B.2. Rezultat zostaje zapisany do bazy danych jako ułożenie nieukończone.

8.B.3. Przyciski odpowiadające za określenie poprawności ułożenia zostają ukryte, a pozostałe elementy interfejsu ponownie się pojawiają

Warunek końcowy: Rezultat jest zapisany i jest widoczny na liście wyników.

1. **Wykonanie treningu algorytmów**

Aktor: Użytkownik

Warunki wstępne: Użytkownik ma uruchomione narzędzie oraz ma ze sobą ułożoną kostkę Rubika. Narzędzie wyświetla ekran stopera w zakładce „PLL” lub „OLL”.

Scenariusz główny:

1. Użytkownik miesza kostkę Rubika stosując sekwencję mieszającą wyświetloną na ekranie narzędzia.
2. Użytkownik przytrzymuje klawisz spacji na klawiaturze.
3. Czas stopera zmienia kolor na zielony oraz pozostałe elementy interfejsu zostają ukryte.
4. Użytkownik puszcza klawisz spacji na klawiaturze i rozpoczyna wykonywanie algorytmu.
5. Mierzenie czasu zostaje uruchomione.
6. Użytkownik kończy wykonywanie algorytmu na kostce Rubika po czym naciska klawisz spacji na klawiaturze.
7. Mierzenie czasu zostaje zatrzymane, a rezultat zostaje zapisany do bazy danych.
8. Pozostałe elementy interfejsu ponownie się pojawiają

Alternatywny przebieg:

6.A.1. Użytkownik naciska klawisz „esc” na klawiaturze.

6.A.2. Mierzenie czasu zostaje anulowane.

6.A.3. Elementy interfejsu ponownie się pojawiają.

Warunek końcowy: Rezultat jest zapisany i jest widoczny na liście wyników.

1. **Usunięcie wszystkich wyników**

Aktor: Użytkownik

Warunki wstępne: Użytkownik ma uruchomione narzędzie. Narzędzie wyświetla ekran stopera w jednej z zakładek. Opcja wyświetlania okna wyników jest włączona.

Scenariusz główny:

1. Użytkownik wybiera opcję „Delete all results” w oknie wyników.
2. Zostaje wyświetlone okienko z komunikatem z prośbą o potwierdzenie.
3. Użytkownik wybiera opcję „delete all results”.
4. Okienko znika, a wszystkie wyniki dla danej zakładki stopera zostają usunięte z bazy danych.

Alternatywny przebieg:

3.A.1. Użytkownik wybiera opcję „close” dla okienka.

3.A.2. Okienko znika.

Warunek końcowy: Wszystkie wyniki dla danej zakładki stopera są usunięte i nie są widoczne na liście wyników.

1. **Usunięcie jednego wyniku**

Aktor: Użytkownik

Warunki wstępne: Użytkownik ma uruchomione narzędzie. Narzędzie wyświetla ekran stopera w jednej z zakładek. Opcja wyświetlania okna wyników jest włączona.

Scenariusz główny:

1. Użytkownik wybiera jeden z wyników w oknie wyników.
2. Zostaje wyświetlone okienko z informacjami na temat wyniku.
3. Użytkownik wybiera opcję „delete result”.
4. Okienko znika, a wybrany wynik zostaje usunięty z bazy danych.

Alternatywny przebieg:

3.A.1. Użytkownik wybiera opcję „close” dla okienka.

3.A.2. Okienko znika.

Warunek końcowy: Wybrany wynik jest usunięty i nie jest widoczny na liście wyników.

1. **Zmiana szczegółów wyniku**

Aktor: Użytkownik

Warunki wstępne: Użytkownik ma uruchomione narzędzie. Narzędzie wyświetla ekran stopera w jednej z zakładek. Opcja wyświetlania okna wyników jest włączona.

Scenariusz główny:

1. Użytkownik wybiera jeden z wyników w oknie wyników.
2. Zostaje wyświetlone okienko z informacjami na temat wyniku.
3. Użytkownik zaznacza lub odznacza jedną z opcji „+2 (inspection)”, „+2 (one turn)” lub „DNF”.
4. Zmiana dotycząca wyniku zostaje zapisana w bazie danych.
5. Użytkownik wybiera opcję „close” dla okienka.
6. Okienko znika.

Alternatywny przebieg:

3.A.1. Użytkownik wybiera opcję „close” dla okienka bez dokonywania zmiany.

3.A.2. Okienko znika.

Warunek końcowy: Zmiana dotycząca wyniku jest zapisana oraz widoczna na liście wyników.

1. **Wyświetlenie informacji na temat wyniku**

Aktor: Użytkownik

Warunki wstępne: Użytkownik ma uruchomione narzędzie. Narzędzie wyświetla ekran stopera w jednej z zakładek. Opcja wyświetlania okna wyników jest włączona.

Scenariusz główny:

1. Użytkownik wybiera jeden z wyników w oknie wyników.
2. Zostaje wyświetlone okienko z informacjami na temat wyniku.

Warunek końcowy: Okienko z informacjami na temat wyniku jest wyświetlone.

1. **Zmiana stanu uczenia się algorytmu**

Aktor: Użytkownik

Warunki wstępne: Użytkownik ma uruchomione narzędzie. Narzędzie wyświetla ekran algorytmów w jednej z zakładek „PLL” lub „OLL”.

Scenariusz główny:

1. Użytkownik wybiera jeden z algorytmów na liście algorytmów.
2. Użytkownik klika w wizualizację kostki Rubika dla wybranego algorytmu.
3. Stan uczenia się algorytmu zostaje zmieniony na kolejny stan zaawansowania oznaczany przez kolor tła algorytmu, czyli z „nieznane”, na „obecnie uczone”, z „obecnie uczone” na „nauczone” oraz z „nauczone” z powrotem na „nieznane”.
4. Zmiana stanu uczenia się algorytmu zostaje zapisana w bazie danych.

Warunek końcowy: Zmiana dotycząca stanu uczenia się algorytmu jest zapisana oraz widoczna na liście algorytmów.

1. **Zmiana ustawień**

Aktor: Użytkownik

Warunki wstępne: Użytkownik ma uruchomione narzędzie. Narzędzie wyświetla ekran stopera lub algorytmów.

Scenariusz główny:

1. Użytkownik wybiera opcję „settings”.
2. Zostaje otworzone okienko z listą dostępnych ustawień.
3. Użytkownik zaznacza lub odznacza wybrane ustawienia.
4. Zmiana dotycząca ustawień zostaje zapisana w bazie danych.
5. Użytkownik wybiera opcję „close” dla okienka.
6. Okienko znika, a wybrany wynik zostaje usunięty z bazy danych.

Alternatywny przebieg:

3.A.1. Użytkownik wybiera opcję „close” dla okienka bez dokonywania zmian.

3.A.2. Okienko znika.

Warunek końcowy: Zmiana dotycząca ustawień jest zapisana oraz zastosowana.

1. **Wyświetlenie sekcji pomocy**

Aktor: Użytkownik

Warunki wstępne: Użytkownik ma uruchomione narzędzie. Narzędzie wyświetla ekran stopera lub algorytmów.

Scenariusz główny:

1. Użytkownik wybiera opcję „help”.
2. Zostaje wyświetlone okienko z sekcją pomocy.

Warunek końcowy: Okienko z sekcją pomocy jest wyświetlone.

1. **Zmiana orientacji wyświetlanych kostkek Rubika na liście algorytmów**

Aktor: Użytkownik

Warunki wstępne: Użytkownik ma uruchomione narzędzie. Narzędzie wyświetla ekran algorytmów.

Scenariusz główny:

1. Użytkownik wybiera jeden z sześciu kolorowych przycisków pod sekcją „top color”.
2. Orientacja wyświetlanych kostek Rubika na liście algorytmów zostaje dostosowana do wybranego koloru górnej ściany, a kolorowe przyciski pod sekcją „front color” zostają ograniczone do czterech dostępnych.
3. Użytkownik wybiera jeden z czterech kolorowych przycisków pod sekcją „front color”.
4. Orientacja wyświetlanych kostek na liście algorytmów zostaje dostosowana do wybranego koloru górnej i przedniej ściany.

Warunek końcowy: Orientacja wyświetlanych kostek Rubika na liście algorytmów jest dostosowana do wybranych kolorów górnej i przedniej ściany.

## Wybór technologii

### Główne technologie

W trakcie procesu tworzenia projektu narzędzia kluczowym jest wybór głównych technologii, na których oparte będzie narzędzie. Docelowo narzędzie ma funkcjonować jako aplikacja webowa tak by możliwe było uruchomienie jej w szybki sposób jedynie poprzez przejście pod odpowiedni adres url strony. Biorąc pod uwagę dotychczasowe założenia na temat narzędzia, sensownym wydaje się być wybranie technologii służącej do tworzenia tak zwanych „Single Page Applications” czyli aplikacji jednostronnicowych, opartych tylko o jeden plik HTML i wymagających tylko jednego załadowania podczas uruchamiania aplikacji. Z tych powodów zdecydowałem się na wybranie technologii React.js.

React.js to

### Baza danych

Jednym z wcześniej ujętych założeń dotyczących narzędzia było zbieranie danych jedynie lokalnie po stronie klienta oraz nieprzesyłanie ich. Istnieje kilka rozwiązań stosowanych powszechnie w różnych aplikacjach w podobnych sytuacjach. Jednym z nich jest „local storage”.

### Narzędzia wspomagające

## Architektura narzędzia

# Implementacja

# Opis narzędzia

# Instalacja

# Testy

## Testy manualne

## Testy użyteczności

# Zakończenie

## Wnioski

## Kierunek dalszego rozwoju

Bibliografia

|  |  |
| --- | --- |
| [1] |  |
| [2] |  |
| [3] |  |
| [4] | Graficzne przedstawienie notacji kostki Rubika https://rcube.pl/pelna-notacja dostęp 29.11.2023. |

Spis rysunków

Spis tabel

Załącznik