

**UNIWERSYTET RZESZOWSKI**

**Kolegium Nauk Przyrodniczych**

**Albert Mazur**

117816

**Informatyka**

**Projekt i implementacja gry karcianej opartej o grę Uno z wykorzystaniem algorytmów heurystycznych**

Praca inżynierska

Praca wykonana pod kierunkiem

dr inż. Piotr Lasek

Rzeszów, 2024

Spis treści

[1. Wstęp 4](#_Toc156495027)

[1.1. Wprowadzenie 4](#_Toc156495028)

[1.2. Wybór tematu 4](#_Toc156495029)

[1.3. Cel i zakres pracy 5](#_Toc156495030)

[2. Sztuczna inteligencja w grach komputerowych 6](#_Toc156495031)

[2.1. Zastosowanie algorytmów AI w grach 6](#_Toc156495032)

[2.2. Stosowane algorytmy w grach komputerowych 7](#_Toc156495033)

[2.2.1. Algorytm A\* 7](#_Toc156495034)

[2.2.2. Maszyny Stanów Skończonych 8](#_Toc156495035)

[2.2.3. Logika rozmyta 11](#_Toc156495036)

[3. Projekt 16](#_Toc156495037)

[3.1. Architektura 16](#_Toc156495038)

[3.2. Wykorzystane technologie 16](#_Toc156495039)

[3.3. Baza danych 17](#_Toc156495040)

[3.3.1. Schemat 17](#_Toc156495041)

[3.3.2. Opis 17](#_Toc156495042)

[4. Implementacja 19](#_Toc156495043)

[4.1. Opis interfejsu użytkownika 19](#_Toc156495044)

[4.2. Algorytm o ustalonych zasadach 26](#_Toc156495045)

[4.2.1. Opis algorytmu 26](#_Toc156495046)

[4.2.2. Schemat blokowy i opis implementacji 27](#_Toc156495047)

[4.3. MCTS (Monte Carlo Tree Search) 28](#_Toc156495048)

[4.3.1. Opis algorytmu 28](#_Toc156495049)

[4.3.2. Opis implementacji 29](#_Toc156495050)

[4.4. Porównanie algorytmów 36](#_Toc156495051)

[5. Zakończenie 37](#_Toc156495052)

[5.1. Dalsze możliwości rozwoju aplikacji 37](#_Toc156495053)

[5.2. Podsumowanie i wnioski 37](#_Toc156495054)

[6. Bibliografia 38](#_Toc156495055)

[7. Spis fotografii i kodów 39](#_Toc156495056)

**Streszczenie**

Praca inżynierska dotyczy implementacji i stworzenia gry karcianej o podobnych zasadach jak w grze Uno. Wykorzystująca dwa algorytmy heurystyczne pierwszy oparty o ustalone zasady opisane w pracy i drugi Monte Carlo Tree Search (MCTS). Praca skupia się na zastosowaniu sztucznej inteligencji w grach, z naciskiem na algorytmy AI, które są w stanie wygrać z człowiekiem. Opisuje także architekturę projektu, użyte technologie, bazę danych oraz implementację interfejsu użytkownika. Porównuje efektywność MCTS z algorytmem wybierający kartę z ustalonych zasad opisanych w pracy dla gry podobnej do Uno. Na koniec zostały przedstawione wnioski i możliwości dalszego rozwoju aplikacji.

**Angielski tytuł pracy**

Design and Implementation of an Uno-Based Card Game with Heuristic Algorithms

# Wstęp

## **Wprowadzenie**

Niniejsza praca inżynierska skupia się na zaprojektowaniu i implementacji wirtualnej wersji gry karcianej, inspirowanej klasyczną grą Uno, wykorzystująca w tym celu algorytmy Monte Carlo Tree Search (MCTS) i podejście heurystyczne oparte na zasadach opisanych w dalszej części pracy. Celem jest zaprojektowanie i stworzenie gry, która nie tylko dostarcza rozrywki, ale również służy jako platforma do badania i demonstracji możliwości sztucznej inteligencji w grze. Praca ta, ma na celu nie tylko zaprojektowanie i implementację samej gry, ale również zbadanie efektywności i skuteczności dwóch algorytmów w kontekście gry karcianej, oferując tym samym nowe perspektywy w dziedzinie sztucznej inteligencji i gier komputerowych.

## **Wybór tematu**

W pracy inżynierskiej wybrano grę Uno z jej podstawowymi zasadami: dopasowywaniem karty pod względem znaku lub figury do poprzednio zagranej, karty specjalne takie jak: dodawanie kart do kary, zmniejszenie jej, przenoszenie na kolejnego gracza i usuwanie.

Heurystyka to sposób rozwiązywania problemów, która wykorzystuje praktyczne podejście do znalezienia wystarczająco dobrego rozwiązania w rozsądnym czasie, szczególnie w sytuacjach, gdy pełne przeszukiwanie przestrzeni rozwiązań jest niemożliwe, zbyt czasochłonne lub niepraktyczne. Algorytmy heurystyczne nie gwarantują znalezienia optymalnego rozwiązania, ale często prowadzą do dobrego lub przynajmniej akceptowalnego rozwiązania.

Zostały zastosowane dwa algorytmy heurystyczne Monte Carlo Tree Search i wybór katy o ustalonych zasadach opisanych poniżej. MCTS, znany jest z efektywności w grach takich jak: Go czy szachy, jeszcze nie eksplorowano szeroko go w kontekście gier karcianych, gdzie losowość i nieprzewidywalność mają kluczowe znaczenie.

Celem pracy jest zbadanie, jak podejście heurystyczne może zoptymalizować decyzje w grze charakteryzującą się częściową losowością i nie przewidzialnością, jaką jest Uno.

## **Cel i zakres pracy**

Celem pracy inżynierskiej jest zaprojektowanie i implementacja cyfrowej wersji gry karcianej, inspirowanej popularną grą Uno, z zastosowaniem algorytmów Monte Carlo Tree Search (MCTS) i strategii opisanej poniżej. W raz z multiplayerem umożliwiający grę dla dwóch graczy, przez internet którzy posiadają konto w aplikacji.

# Sztuczna inteligencja w grach komputerowych

## **Zastosowanie algorytmów AI w grach**

Stosowanie algorytmów sztucznej inteligencji (AI) w grach ma swoje uzasadnienie w kilku kluczowych aspektach, które wspólnie przyczyniają się do zwiększenia wartości i atrakcyjności gier:

* Poprawa doświadczenia gracza

AI umożliwia tworzenie bardziej zaawansowanych i przekonywujących przeciwników sterowanych przez komputer. Dzięki temu gracze mogą doświadczać bardziej dynamicznej i wymagającej rozgrywki, która lepiej odpowiada na ich działania i strategie.

* Symulacja realistycznych zachowań

W grach wymagających głębi strategicznej, takich jak szachy czy strategie wojenne, AI pozwala na symulowanie zachowań i strategii, zbliżonych do ludzkich, co zwiększa realizm i wyzwanie.

* Dostosowanie poziomu trudności

Algorytmy AI mogą automatycznie dostosowywać poziom trudności gry, w zależności od umiejętności i stylu gry użytkownika, co pozwala na zachowanie równowagi i zapewnienie ciągłego wyzwania dla graczy na różnych poziomach zaawansowania.

* Generowanie nowych doświadczeń

AI może tworzyć nieprzewidywalne i różnorodne scenariusze gry, co prowadzi do unikalnych i często zaskakujących doświadczeń dla graczy.

* Rozwój technologiczny i badawczy

Gry stanowią znakomite pole do eksperymentowania i doskonalenia algorytmów AI. Przetestowanie AI w kontrolowanych, ale złożonych środowiskach gier pozwala na zdobywanie cennej wiedzy i doświadczeń.

* Automatyzacja i tworzenie zawartości

AI może być wykorzystane do automatyzowania różnych aspektów produkcji gier, takich jak generowanie poziomów, czy tworzenie fabuły, co pozwala twórcom skupić się na innych, kreatywnych aspektach procesu tworzenia gier.

Każdy z tych punktów przyczynia się do tworzenia gier, które są bardziej: angażujące, wymagające i różnorodne, co przekłada się na lepsze doświadczenia dla użytkowników, a także rozwój całej branży gier.

## **Stosowane algorytmy w grach komputerowych**

### **Algorytm A\***

Algorytm A\* (A-gwiazdka) jest uważany za najbardziej efektywny i powszechnie stosowany algorytm do wyszukiwania ścieżki między dwoma punktami, na przykład punktami A i B w przestrzeni dwuwymiarowej. Chociaż istnieje wiele innych metod, takich jak algorytm Dijkstry czy algorytm Monte-Carlo, używany na przykład w AlphaGo od Google, A\* wyróżnia się swoją prostotą implementacji oraz skutecznością działania.

To co sprawia, że algorytm A\* jest wyjątkowy, to jego zdolność do znajdywania zawsze ścieżki pomiędzy dwoma punktami, o ile istnieje możliwość dotarcia z punktu A do B. Co więcej, gwarantuje on znalezienie optymalnej ścieżki. Algorytm ten wykorzystuje heurystykę w taki sposób, że żaden inny algorytm, korzystający z tej samej heurystyki, nie będzie w stanie znaleźć bardziej optymalnej trasy sprawdzając mniejszą liczbę węzłów.

Zasadniczo, algorytm A\* rozpatruje planszę jako graf składający się z wierzchołków połączonych krawędziami, które mogą posiadać określony koszt. W każdym kroku, algorytm wybiera wierzchołek, do którego koszt przejścia jest najniższy, kontynuując ten proces aż do osiągnięcia punktu docelowego. To podejście jest szczególnie skuteczne w przeszukiwaniu i wyznaczaniu optymalnej trasy na złożonych grafach. Idealnie obrazuje to obrazek poniżej.

Obraz zawierający tekst, diagram, linia, krąg

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 1. Prezentacja przykładu algorytmu A\*

W początkowej fazie algorytmu A-gwiazdki do rozpatrzenia są dwie krawędzie o wartościach 1,5 i 2. Do tych wartości algorytm dodaje wartość obliczoną heurystycznie – h(a) dla każdego wierzchołka. W rezultacie, rzeczywiste opcje, które algorytm ma do rozważenia to: 5,5 i 6,5. W związku z tym, wybiera wierzchołek A. Następnie, stoi przed wyborem między dwoma ścieżkami: jedną o wartości 1,5 + 2 + 2 (suma dwóch krawędzi i heurystyki) oraz drugą o wartości 2 + 4,5. To daje łączny koszt 5,5 kontra 6,5, gdzie wybiera wierzchołek B.

Dalej, algorytm porównuje wierzchołek D, którego koszt pozostaje na poziomie 6,5, z wierzchołkiem C o koszcie 11,5 (6,5 za krawędzie plus 4 za heurystykę). W tej sytuacji wygrywa wierzchołek D. Kolejny etap to wybór między wierzchołkiem C o koszcie 11,5 a wierzchołkiem E o koszcie 7. Tym razem wybiera E. Ostatnim krokiem jest dotarcie do punktu docelowego, co kończy proces i osiąga cel.

### **Maszyny Stanów Skończonych**

W świecie gier komputerowych, najbardziej rozpowszechnioną metodą wykorzystywaną do tworzenia sztucznej inteligencji są Maszyny Stanów Skończonych (ang. Finite-State Machine – FSM), znane również jako automaty skończone. Te urządzenia działają na podstawie trzech prostych zasad:

* Automat musi posiadać określoną liczbę stanów, w których może się znajdować.
* Istnieją przejścia między tymi stanami, które są aktywowane, gdy spełnione są określone warunki.
* W danym momencie automat może znajdować się tylko w jednym stanie.

Dane wejściowe są podawane do automatu, na podstawie których określany jest stan wyjściowy. Choć może to brzmieć skomplikowanie, automat nie generuje żadnej wartości zwrotnej, a jedynie przemieszcza się z jednego stanu do drugiego. Stan wyjściowy to po prostu stan, w którym automat znajduje się po przetworzeniu danych wejściowych.

Przykłady z życia codziennego pomagają zrozumieć tę koncepcję. Weźmy na przykład żarówkę, która ma dwa stany: włączona i wyłączona. Innym przykładem mogą być drzwi, które mogą znajdować się w stanach: otwarte, zamknięte, zamknięte na klucz. Do manipulowania stanami drzwi, mogą być używane dwa sygnały wejściowe: "Użyj ręki" (naciśnij klamkę) oraz "Użyj klucza" (włóż i przekręć klucz w zamku).

W grach komputerowych, stany te zwykle odnoszą się do różnych akcji wykonywanych przez postacie, takich jak patrolowanie, atakowanie, ucieczka, leczenie się. Przejścia między stanami wymagają spełnienia określonych warunków. Na przykład, postać może przeładować broń tylko wtedy, gdy posiada zapasową amunicję i pusty magazynek, a atak na gracza może nastąpić tylko, gdy postać ma amunicję i widzi gracza.

Obraz zawierający tekst, diagram, zrzut ekranu, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 2. Prezentacja przykładu algorytmu Maszyny Stanów Skończonych

Na ilustracji została zaprezentowana podstawowa wersja Maszyny Stanów Skończonych. Jest to prosty model, który można rozwijać, dodając więcej stanów i tworząc bardziej złożone warunki. Na przykład, w trakcie przejścia od podejścia do ataku, można wprowadzić warunek sprawdzający, czy gracz znajduje się w zasięgu ataku, bazując na zmianie odległości między graczem a agentem. Można też wziąć pod uwagę inne czynniki, jak na przykład dostępność amunicji.

Im bardziej skomplikowane są warunki i większa liczba stanów, tym bardziej rozbudowana i potencjalnie efektywniejsza staje się sztuczna inteligencja. Warunki te mogą być proste. Na przykład reakcja na zauważenie gracza i przeprowadzenie ataku, lub mogą być bardziej złożone, oparte na funkcjach, które analizują szereg różnych warunków.

Podsumowując, Maszyny Stanów Skończonych prezentują się w ten sposób i stanowią najbardziej podstawową metodę projektowania sztucznej inteligencji w grach.

### **Logika rozmyta**

Definiowanie logiki rozmytej staje się klarowne, gdy porównamy ją z logiką tradycyjną. W standardowej logice mamy do czynienia z dwoma stanami: Prawdą i Fałszem. Natomiast logika rozmyta wprowadza stan pośredni, umożliwiając operowanie na pojęciach, które nie są absolutne, lecz wymagają określenia „do jakiego stopnia" coś jest prawdziwe lub „jak bardzo" dane pojęcie się sprawdza. Przykładowo, używamy określeń takich jak „bardzo małe", „dość duże", „średnie" i podobnych.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 3. Porównanie logiki klasycznej z logiką rozmytą

Ten scenariusz umożliwia tworzenie bardziej złożonych i realistycznych systemów sztucznej inteligencji, na przykład poprzez wprowadzenie emocji. W takim ujęciu, nasz wirtualny przeciwnik nie jest już jednoznacznie zdefiniowany jako zły lub spokojny. Może on przyjmować różnorodne stany emocjonalne, takie jak: spokojny, podirytowany, zirytowany, bardzo zły, wściekły itd. Korzyści są podwójne. Po pierwsze, możliwe staje się operowanie na tych niedostrzegalnych stanach, a po drugie, w dialogu między programistą a projektantem gry, stwierdzenie takie jak „Przeciwnik atakuje, kiedy jest bardzo zły" nabiera większego znaczenia.

Kluczowe jest, że wartości w logice rozmytej są reprezentowane w sposób znormalizowany, czyli w skali od 0 do 1, na przykład 0.01, 0.23, 0.78.

Aby efektywnie zastosować logikę rozmytą, należy najpierw określić, jakie aspekty chcemy symulować. Załóżmy, że chcemy ocenić, czy nasz agent w grze powinien użyć zaklęcia leczenia. To będzie zależało od dwóch czynników: jego poziomu bezpieczeństwa (tutaj uproszczony do odległości od gracza) oraz aktualnego stanu zdrowia.

Następnie należy zamodelować sensowne zasady działania. Może to wyglądać następująco:

Jeśli jestem bardzo ranny i bezpieczny, rzucaj zaklęcie dużego leczenia.

Jeśli jestem trochę ranny, rzucaj zaklęcie małego leczenia, niezależnie od poziomu bezpieczeństwa.

Jeśli nie jestem ranny, nie używaj leczenia.

Nie lecz się, jeśli jest niebezpiecznie.

Teraz trzeba określić zbiory rozmyte, które będą definiować te opisane słownie kategorie. Należy ustalić, kiedy kategoria „bardzo ranny" przechodzi w „ranny", a „bezpiecznie" w „niebezpiecznie". Do tego celu często używane są wykresy.

Obraz zawierający linia, Wykres, diagram, tekst

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 4. Wykres zbiorów życia agenta

Wyobraźmy sobie sytuację, w której agent w grze posiada 80% swojego maksymalnego poziomu zdrowia. W takim przypadku agent znajdowałby się:

Obraz zawierający linia, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 5. Wykres zbiorów życia agenta z zaznaczonym punktem

Z tej analizy wynika, że nasz bohater jest lekko ranny z prawdopodobieństwem 0.5, a z prawdopodobieństwem 0.25 uznany jest za zdrowego. Teraz przeprowadzamy podobną ocenę dla zmiennej reprezentującej odległość. Zacznijmy od utworzenia odpowiedniego wykresu:Początek formularza

Obraz zawierający linia, Wykres, diagram, tekst

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 6. Wykres zbiorów odległości agenta od gracza

Następnie, na wykresie odnoszącym się do odległości, zaznaczamy aktualną pozycję. Załóżmy, że w tym przypadku gracz znajduje się w odległości 350 metrów od agenta.

Obraz zawierający linia, Wykres, diagram

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 7. *Wykres zbiorów odległości agenta od gracza z zaznaczonym punktem*

Z tej sytuacji wynika, że agent znajduje się w stanie, który można uznać za 25% bezpieczny i około 65% niebezpieczny. Rozważmy teraz, jakie zasady mogą być zastosowane w tej sytuacji. Gracz jest częściowo zdrowy i częściowo lekko ranny, co pozwala na zastosowanie trzech kluczowych zasad:

* Nie używam leczenia, gdy jestem zdrowy.
* Używam zaklęcia leczenia mniejszego, gdy jestem lekko ranny i sytuacja jest niebezpieczna.
* Używam zaklęcia leczenia mniejszego, gdy jestem lekko ranny i sytuacja jest bezpieczna.
* Dodając do tego ocenę poziomu bezpieczeństwa, mamy możliwość zastosowania dodatkowych zasad:
* Używam zaklęcia leczenia mniejszego, gdy jestem lekko ranny i sytuacja jest niebezpieczna (co jest powtórzeniem).
* Używam zaklęcia leczenia mniejszego, gdy jestem lekko ranny i sytuacja jest bezpieczna (również powtórzenie).
* Używam zaklęcia leczenia większego, gdy jestem bardzo ranny i sytuacja jest bezpieczna.

Następnie oceniamy prawdziwość każdej z tych zasad. Prawdziwość to najniższy procent z wszystkich warunków danej zasady. Na przykład, jeśli jestem lekko ranny w 50% i bezpiecznie jest w 25%, to maksymalny poziom prawdziwości tej zasady to 25%. Po dokonaniu takiej ewaluacji dla każdej zasady, otrzymujemy:

* Nie używam leczenia, gdy jestem zdrowy – 25% prawdziwości (Jestem zdrowy w 25%, odległość nie ma znaczenia).
* Używam zaklęcia leczenia mniejszego, gdy jestem lekko ranny i sytuacja jest bezpieczna – 25% prawdziwości.
* Używam zaklęcia leczenia mniejszego, gdy jestem lekko ranny i sytuacja jest niebezpieczna – 50% prawdziwości.
* Używam zaklęcia leczenia większego, gdy jestem bardzo ranny i sytuacja jest bezpieczna – 0% prawdziwości.

Ostatecznie wybieramy zasadę z najwyższym stopniem prawdziwości, co w tym przypadku oznacza użycie zaklęcia leczenia mniejszego, gdyż agent jest lekko ranny i sytuacja jest niebezpieczna. W ten sposób podejmowane są decyzje w różnych sytuacjach.

# Projekt

## **Architektura**

Wykorzystano wzorzec MVC (Główną koncepcją MVC jest podział aplikacji na 3 niezależne warstwy reprezentujące kolejno: (Model) Model danych - opis struktur danych i powiązań pomiędzy nimi, (View) Interfejs, czyli to co widzi użytkownik (Controller), Logika działania - powiązania między zdarzeniami zachodzącymi w systemie):

* View – zostały napisane z wykorzystaniem silnik szablonów Blada.
* Controller – zostały napisane przy pomocy Laravel.
* Model – zostało wykorzystane za pomocą mapowania obiektowo-relacyjnego (ORM) narzędziem Eloquent który jest dostępny w Laravelu.

Dodatkowo do komunikacji w trybie multiplayer wykorzystano WebSockets, który jest technologią umożliwiającą otwarcie interaktywnego kanału komunikacyjnego pomiędzy przeglądarką użytkownika (klientem), a serwerem. Pozwala to na dwukierunkową komunikację w czasie rzeczywistym, co oznacza, że serwer i klient mogą wysyłać dane jednocześnie, bez konieczności odświeżania strony, dzięki czemu serwer lub klienta może wysyłać lub odebrać dane bez utraty innych informacji na których aktualnie wykonuje działania.

## **Wykorzystane technologie**

* PHP - język programowania, który służy do pisania skryptów po stronie serwera.
* Laravel - framework PHP-owy dla aplikacji internetowych, zapewniający poprawną składnię i łatwość użycia. Używa on: wzorca MVC dla organizacji kodu, oferuje ORM Eloquent dla baz danych, posiada silnik szablonów Blade, narzędzie Artisan do automatyzacji zadań za pomocą komend, a także zaawansowane funkcje routingu i bezpieczeństwa.
* MySQL – system zarządzania bazami danych (DBMS), który używa języka zapytań SQL (Structured Query Language) do zarządzania danymi.
* TailwindCSS - framework CSS oparty na klasach pomocniczych, który ułatwia szybkie tworzenie niestandardowych interfejsów użytkownika. Umożliwia on stosowanie małych, konkretnych klas bezpośrednio do elementów HTML.

## **Baza danych**

### **Schemat**

Obraz zawierający tekst, diagram, zrzut ekranu, Równolegle

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 8. Schemat bazy danych

### **Opis**

* websockets\_statistics\_entries - Zawiera statystyki dla połączeń websocket. Składa się z następujących kolumn: id, app\_id, peak\_connection\_count, websocket\_message\_count, api\_message\_count, created\_at, updated\_at. Tabela jest tworzona przez narządzie WebSocket.
* users - Przechowuje dane użytkowników. Takie jak: nick, email, email\_verified\_at (Data i czas zweryfikowania adresu email), password (Hasło jest zahaszowane), rememberToken, created\_at, updated\_at. Tabela jest tworzona przez Laravela, gdzie zmieniono kolumnę name na nick, modyfikując ją tak, że wartości które posiada mają być unikatowe i składające się tylko z liter i cyfr.
* password\_reset\_tokens - Tabela do zarządzania tokenami resetowania hasła. Składa się z kolumn email (klucz główny), token, created\_at, failed\_jobs. Ta tabela jest również stworzona przez Laravela.
* failed\_jobs - Zapisuje informacje o zadaniach, które nie zostały wykonane poprawnie. Składa się z kolumn id, uuid, connection, queue, payload, exception, failed\_at. Jest automatycznie dodawana przez Laravela.
* personal\_access\_tokens - Tabela dla tokenów dostępu, zawierająca informacje o tokenie. Składa się z id, tokenable, name, token, abilities, last\_used\_at, expires\_at, created\_at, updated\_at. Ta tabela jest również tworzona automatycznie przez Laravela.
* Poniższe tabele nie zostały wygenerowane automatycznie przez używane narzędzia:
* friend\_lists - Zarządza listami znajomych użytkowników. Składa się z następujących kolumn: id (Unikalny identyfikator rekordu), user\_id (Identyfikator użytkownika, którego dotyczy lista znajomych), user\_friend\_id (Identyfikator znajomego na liście) accepted (Czy zaproszenie do znajomych zostało zaakceptowane).
* games - Zawiera informacje o grach. Umożliwiająca zarządzanie stanem danej gry. Składa się z następujących kolumn: id (Unikalny identyfikator gry), user\_id (Identyfikator pierwszego użytkownika), send\_user\_id (Identyfikator drugiego użytkownika), who\_now (Identyfikator użytkownika, który aktualnie może wykonać ruch), sum (Suma kart do zabrania podczas gry jako kara), created\_at, updated\_at (Data utworzenia i ostatniej aktualizacji rekordu).
* cards - Tabela do zarządzania kartami wszystkich gier. Tabel składa się z kart każdej gry z tabeli games. Jej kolumnami są: id (Unikalny identyfikator), card\_game\_id (Identyfikator nazwy karty), user\_id: (Identyfikator użytkownika posiadającego kartę, wartością domyślna jest null), where (Lokalizacja gdzie karta się znajduje, posiadająca następujące wartości: cover, uncover, user), game\_id: (Identyfikator gry, w której używana jest karta), created\_at, updated\_at (Daty utworzenia i ostatniej aktualizacji rekordu).
* card\_games – Przechowuje nazwy wszystkich kart. Ta tabela jest używana do wyświetlania odpowiednej nazwy karty dla użytkownika id (Unikalny identyfikator karty), card (Nazwa karty w grze).

# Implementacja

## **Opis interfejsu użytkownika**

Obraz zawierający tekst, Czcionka, logo, Grafika

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 9. Strona główna aplikacji

Strona główna przestawania logo aplikacji, nagłówek: „Witaj w grze Karcianka” i przycisk z napisem: „Dołącz do gry” gdzie po naciśnięciu przekieruje na stronę logowania.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, logo, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 10. Strona logowania

Na obrazku znajduje się formularz logowania z dwoma polami „E-mail” i „Hasło”. Oraz trzy przyciski: „ZALOGUJ SIĘ”, który sprawdza czy dane są poprawne i jeśli są przenośni do dashboradu, „Zarejestruj się”, gdzie przenosi użytkownika na stronę rejestracji oraz „Nie pamiętasz hasła?”, która odnosi na stronę z formularzem do odnowienia hasła.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka, logo

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 11. Strona rejestracji użytkownika

Formularz na zdjęciu to standardowy formularz rejestracyjny. Zawiera następujące pola do wypełnienia:

* „Nick": pole, w którym użytkownik wpisuje swój wymyślony nick, który musi być unikalny i składać się tylko z liter i cyfr.
* „E-mail": pole do wpisania adresu e-mail.
* „Hasło": pole przeznaczone do wpisania hasła.
* „Potwierdź Hasło": pole, w którym użytkownik ponownie wpisuje hasło w celu potwierdzenia.

Na dole znajduje się pytanie „Już zarejestrowany?", który po kliknięciu przenosi na stronę logowania się oraz przycisk „ZAREJESTRUJ SIĘ" po prawej stronie, jeśli użytkownik wprowadził poprawnie swoje dane zostanie utworzone mu konto.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, logo, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 12. Strona przypomnienia hasła

Kolejną stroną jest formularz, na którym użytkownik wpisuje swój e-mail, na który przychodź link dzięki, któremu może utworzyć sobie nowe hasło jeśli startego nie pamięta.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka, logo

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 13. Strona z formularzem do utworzenia nowego hasła

Na powyższym zdjęciu jest formularz, na którym użytkownik się dostaje klikając w link dostarczony w emailu, co pozwala mu wprowadzić nowe hasło, ponownie nowo utworzone hasło w celu potwierdzenia, email jest uzupełniany automatycznie.

Obraz zawierający tekst, Czcionka, linia, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 14. Strona po zalogowani się

Po zalogowaniu się użytkownik przenosi się do dashbordu, gdzie na górze znajduje się menu z trzema zakładkami: „Panel", „Gra" i „Znajomi". W prawym górnym rogu jest rozwijane menu z nikiem użytkownika, pod którym znajdują się opcje : „Profil" i „Wyloguj się", co umożliwia zarządzanie kontem lub wylogowanie się. Na środku strony znajduje się komunikat: „Jesteś zalogowany/a!".

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

*Rysunek 15. Strona do zaproszenia i dołączenia do gry*

W zakładce „Gra” znajdują się dwie sekcje pierwsza sekcja umożliwia dołączenie do gry, gdzie zostaliśmy zaproszeni do gry. Druga sekcja jest do tworzenia gier na naciskając przycisk zagraj przy nicku znajomego do tworzenie gier można tylko z znajomymi, których mamy. Na końcu jest przycisk, gdzie możemy zagrać z wybranym algorytmem.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Prostokąt, zieleń

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 16. Strona planszy gry i historia zagranych kart

Na powyższym zdjęciu znajduje się strona z grą, która jest używana do trybu graj samemu i multiplayera. Po prawej stronie znajduje się plansza do gry w karty. Na środku planszy znajduje się zakryta karta, która możliwa po kliknięciu dobraniu katy/kart zgodnie z zasadami gry. Na samej górze jest checkbox, który umożliwia pokazanie kart przeciwnika. Ta opcja jest dostęp tylko w trybie graj samemu. Po niżej checboxa są katy przeciwnika i jego nick w trybie multiplyer jest nick naszego znajomego, a w graj samemu jest BOT. Na dole planszy są karty zalogowanego grasz a po wyżej jego nick. Po lewej stronie znajduj się historia zagranych kart, gdzie za samej górze znajduje się ostania karta, a na samej dole początkowa karta.

Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

*Rysunek 17. Wybór trybu gry i zasady gry*

Na stronie „Graj samemu” pod stołem znajduje się formularz z dwiema opcjami, który umożliwia wybranie algorytmu, z którym chcemy grać do wyboru są heurystyczny i Monte Carlo Tree Search (MCTS). Dodatkowo przy MCTS jest ilość symulacji jakie algorytm ma przetestować. Po naciśnięciu przycisku START uruchamia się gry z wybranym algorytmem. Na końcu strony jest lista zasad jakie są w grze.

*Obraz zawierający zrzut ekranu, tekst

Opis wygenerowany automatycznie*

*Rysunek 18. Strona do zaproszenia i dołączenia do listy znajomych*

Na stronie Znajomi znajduje się trzy sekcje po lewej list lista znajomych zalogowanego użytkownika z możliwością usunięci z znajomych. Po prawej jest formularz, który po podaniu nicku znajomego umożliwia wysłanie zaproszenia do znajomych. Na dole znajduje się sekcja z otrzymanymi zaproszeniami do znajomych, gdzie możemy przyjąć lub usunąć zaproszenia.

Ostania stroną jest możliwość zarzadzania swoim profilem, której poniższe zdjęcia prezentują sekcji z jakich się składa.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

*Rysunek 19. Pierwsza sekcja strony do zarządzania profilem*

W pierwszej sekcja jest możliwość zmiany dany użytkownika takie jak: nick i email, które muszą być unikalne. Dodatkowe przy zmianie emaila jest wysyłany email w celu weryfikacji emaila.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 20. Druga sekcja strony do zarządzania profilem

Druga sekcja umożliwia zmianę hasła, gdzie trzeba podać aktualne hasło i nowe hasło oraz powtórzyć nowe hasło.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 21. Trzecia sekcja strony do zarządzania profilem

Ostatnią sekcją jest usuwanie konta, gdzie znajduje się przycisk, który po kliknięciu wyświetla alert.

Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Rysunek 22. Alert po kliknięciu usuń konto

Alert, po którym wpisze się hasło następuje usunięcie konta i przeniesienie na stronę główną aplikacji.

## **Algorytm o ustalonych zasadach**

### **Opis algorytmu**

Heurystyka to sposób na rozwiązywanie problemów, który nie zawsze prowadzi do najlepszego lub nawet do poprawnego rozwiązania. Jest to rodzaj skrótu, który pomaga szybko znaleźć przybliżone rozwiązanie.

Opis przyjętych zasad do podejmowania decyzji:

* Agent stara się pozbywania się kart w swojej ręce.
* Używanie kart funkcyjnych w momencie, kiedy musi ponieść karę.
* Agent unika używania kart funkcyjnych, kiedy ma możliwość zagrania kartą nie funkcyjną.
* Jeśli przeciwnikowi zostały miej niż 3 karty użyje karty funkcyjnie która zadaje karę.

### **Schemat blokowy i opis implementacji**

|  |  |
| --- | --- |
| Rysunek 23. Pierwsza cześć algorytmu | Rysunek 24. Druga cześć algorytm |

1. Start: Początek działania algorytmu.
2. Definiuj tablice cardsSpecial i cardsNotSpecial: Tworzone są dwie puste listy, które będą przechowywać karty specjalne i niespecjalne.
3. Pobranie znaku i figury ostatniej zagranej karty: pobierana jest wartość atrybutu alt z odkrytej karty (uncoverMainCardImg), z której wyodrębniane są znak i figura.
4. Wyciągnięcie znaku i figury kart: Dla każdej karty w talii (cards) pobierany jest atrybut alt, z którego wyodrębniane są znak i figura.
5. Czy pasuje znak lub figura pod zagraną kartę?: Sprawdzane jest, czy znak lub figura obecnie analizowanej karty pasują do znaku lub figury karty uncoverMainCardImg.
   1. Jeśli pasują, przepływ jest kierowany do punktu 6.
   2. Jeśli nie pasują, przepływ jest kierowany z powrotem do punktu 4, aby przeanalizować kolejną kartę.
6. Czy znak to: 02, 03, 0J, 0Q, 0K lub 0A?: Jeśli karta pasuje, jest dodatkowo sprawdzane, czy znak karty jest jednym ze specjalnych znaków.
   1. Jeśli tak, karta jest dodawana do listy cardsSpecial.
   2. Jeśli nie, karta jest dodawana do listy cardsNotSpecial.
7. Czy liczba kart przeciwnika jest mniejsza niż 3?: Sprawdzenie, czy liczba kart w posiadaniu przeciwnika jest mniejsza niż 3.
   1. Jeśli tak, algorytm przechodź do punktu 8.
   2. Jeżeli nie, algorytm przewodzi do punktu 9.
8. Czy w taktach cardsSpecial jest karta z znakiem: 02, 03, 0K?: Jest tu sprawdzane czy jest tu karta 02, 03, 0K w tabeli cardsSpecial.
   1. Jeśli tak, algorytm zwraca pierwszą kartę, która jest z znaków: 02, 03, 0K i kończy działanie.
   2. Jeżeli nie, algorytm przewodzi do punktu 9.
9. Czy suma wynosi 0 i cardsNotSpecial zawiera karty?: Jest tu sprawdzane czy suma w grze jest równa 0, i tablica cardsNotSpecial zawiera karty
   1. Jeśli tak, algorytm zwraca pierwszą kartę z tablicy cardsNotSpecial i kończy działanie.
   2. Jeżeli nie, przechodzi do punktu 10
10. Czy w cardsSpecial są jakieś karty?: Tu jest sprawdzanie czy w tabeli cardsSpecial jest jakaś karta.
    1. Jeśli lista cardsSpecial zawiera karty, algorytm zwraca pierwszą kartę z tej listy.
    2. Jeżeli lista jest pusta, algorytm kończy działanie i zwraca wartość null, oznaczającą brak możliwości zagrania kartą.

## **MCTS (Monte Carlo Tree Search)**

### **Opis algorytmu**

Metoda MCTS, czyli Monte-Carlo Tree Search, jest techniką stosowaną w dziedzinie sztucznej inteligencji, szczególnie przydatną w określaniu najlepszych posunięć w grach komputerowych. Ta strategia skoncentrowana jest na badaniu ruchów, które wydają się najbardziej obiecujące, rozwijając drzewo możliwości poprzez losowe wybieranie opcji z dostępnych ścieżek, co pozwala na efektywne przeszukiwanie rozległych przestrzeni decyzyjnych. Metoda MCTS skupia się na analizie najbardziej obiecujących ruchów, opierając rozrost drzewa wariantów na losowym próbkowaniu przestrzeni przeszukiwań.

Sposób wyboru węzła odbywa się na podstawie wzoru wyliczający UCT (Upper ConfidenceBound 1 applied to trees), który wylicza czy bardziej opłaca się eksploatacja  czyli wykonywanie kolejnych ruchów w danej gałęzi do wygrania czy eksploracja  szykanie kolejnej gałęzi do wykonania mniej oczywistego ruchu.

gdzie:

* – ilość wygranych w tym węźle
* – ilość wykonanych iteracji danym węźle
* – parametr eksploracji zazwyczaj równa
* – jest to ilości symulacji rodzica

### **Opis implementacji**

import {shuffleCards, special\_card\_check, PLAYERS} from './helper.js'

Kod 1. Importowanie metod i obiektów pomocniczych

Importowanie metod i obiektów pomocniczych, do algorytmu takich jak shuffleCards do tasowania kart, special\_card\_check do sprawdzenia warunku kart specjalnych i PLAYERS objekt przechowując stałe nazwy graczy.

export function mcts(botCards, youCards, coverMainCards, uncoverMainCards, PLAYERS, sum) {

    let initialState = new GameState(botCards, youCards, coverMainCards, uncoverMainCards, PLAYERS.BOT, sum)

    let mctsIteration = document.getElementById("mctsIteration").value

    let bestMove = runMCTS(initialState, mctsIteration)

    if(bestMove == "add") return null

    else return bestMove

}

Kod 2. Metoda mcts

Metoda mcts jest eksportowana, którą można użyć w grze przyjmuje następujące wartości: karty przeciwnika, użytkownika, stos kart do pobrania i już zagranych kart. Karty przeciwnika i stos kart do pobrania w głównej rozgrywce są łączone i tasowanie następnie dzielone na odpowiednie do ich poprzednich ilości. To sprawia że algorytm nie wie jakie karty ma przeciwnik i takie są do pobrania w następnych ruchach w oryginalnej rozgrywce.

W pierwszej linii, kod jest tworzony stan gry na podstawie klasy GameState, która zostanie opisana późnej w kolejnej linii jest pobiera ilości iteracji jakie algorytm ma wykonać. Następnie jest wykonywania metoda runMCTS, która zostanie dokładnie opisana poniżej jej wynikiem jest karta lub wartość add, która mówi że ruchem jest dobranie kart/y.

Na końcu jest zwracana karta lub wartości null do głównej gry.

function runMCTS(rootState, iterations) {

    const rootNode = new MCTSNode(null, null, rootState)

    for (let i = 0; i<iterations; i++) {

        let node = rootNode

        let state = rootState

        // Selection

        while (node.children.length && node.state.getPossibleMoves().length) {

            node = node.selectChild()

            state = state.makeMove(node.move)

        }

        // Expansion

        if (node.state.getPossibleMoves().length) {

            const moves = node.state.getPossibleMoves()

            const move = moves[Math.floor(Math.random() \* moves.length)]

            state = state.makeMove(move)

            node = node.addChild(move, state)

        }

        // Simulation

        while (!state.isGameOver()) {

            const moves = state.getPossibleMoves()

            const move = moves[Math.floor(Math.random() \* moves.length)]

            state = state.makeMove(move)

        }

        // Backpropagation

        let result = state.getWinner() == PLAYERS.BOT ? 1 : 0

        while (node) {

            node.update(result)

            node = node.parent

        }

    }

    // Choose the best move at the root

    return rootNode.selectChild().move

}

Kod 3. Metoda runMCTS

Na początku metody runMCTS jest tworzony pierwszy węzeł na podstawie klasy MCTSNode, która będzie opisana poniżej. Następnie jest wykonywana pętla z ilości iteracji jakie podał użytkownik, w której jest robiona kopia korzenia i stanu gry. W pierwszym pętli w for sprawdzany jest warunek w while czy węzeł posiada dzieci i czy są możliwe ruchy. Jeśli tak to wybierany jest nowy węzeł na podstawie wzoru podanego powyżej i robiony ruch który zwraca nowy jest gry.

Jeśli nie wychodzimy do drugiej pętli to sprawdzany jest warunek czy są możliwe ruchy jeśli tak to jest losowany ruch i wykonywany, który zwraca nowy stan gry i tworzony nowy węzeł i dodawany jako dziecko wynikiem jest nowy węzeł, który jest zastąpiony poprzednim.

Następnie symulacja gry jest dalej wykonywana aż do końca gry. Na końcu jest sprawdzanie kto wygrał, jeśli bot to do zmiennej rezultat jest przypisywana wartość 1, a jeśli nie - to 0. Następnie wynik jest przypisywany do węzła i wraca do rodzica węzła.

Po wykonaniu pierwszej pętli jako wynik jest zwracany ruch, najlepszego węzła wybranego z powyższego wzoru.

class GameState {

    constructor(botCards, humanCards, coverCards, uncoverCards, player = PLAYERS.HUMAN, suma=0) {

        this.botCards = [...botCards]

        this.humanCards = [...humanCards]

        this.coverCards = [...coverCards]

        this.uncoverCards = [...uncoverCards]

        this.player = player

        this.suma = suma

    }

Kod 4. Deklaracja klasyGameSate z konstruktorem

W konstruktorze są kopiowanie wartości do stanu gry takie jak: katy gracza, przeciwnika, do zabrania, już zagrane, kto teraz ma wykonywać ruch i suma kart do zabrania.

    getPossibleMoves() {

        let possibleCard = []

        let unCard = this.uncoverCards.at(0)

        let uncoverCardSign = unCard.substring(0, 2)

        let uncoverCardFigure = unCard.substring(3, unCard.length)

        if(this.player == PLAYERS.BOT){

            this.botCards.forEach(card => {

                let cardSign = card.substring(0,2)

                let cardFigure = card.substring(3, card.length)

                if(cardSign==uncoverCardSign || cardFigure==uncoverCardFigure){

                    if(this.suma == 0) possibleCard.unshift(card)

                    else if(special\_card\_check(cardSign)) possibleCard.unshift(card)

                }

            })

        }

        if(this.player == PLAYERS.HUMAN){

            this.humanCards.forEach(card => {

                let cardSign = card.substring(0,2)

                let cardFigure = card.substring(3, card.length)

                if(cardSign==uncoverCardSign || cardFigure==uncoverCardFigure){

                    if(this.suma == 0) possibleCard.unshift(card)

                    else if(special\_card\_check(cardSign)) possibleCard.unshift(card)

                }

            })

        }

            if((this.suma<=this.coverCards.length && this.coverCards.length > 0) && possibleCard.length == 0 ){

                possibleCard.push("add")

            }

        return possibleCard

    }

Kod 5. MetodagetPossibleMoves w klacieGameSate

Metoda getPossibleMoves zwraca wszystkie ruch jaki są możliwe w danym stanie gry na początku jest wyciągana ostania zagrana karta i zapisana do osobnych zmiennych znak i figura karty. Następnie sprawdzane jest kto wykonuje ruch w zależności, czy jest ruch są sprawdzane katy tego gracza, czy karta pasuje pod względem znaku lub figury.

Jeśli pasuje sprawdzane jest, czy suma jest równa 0. Jeśli tak, to karta jest dodawana do możliwych ruchów. Jeśli nie, to sprawdzane jest, czy jest to karta specjalna. Jeśli tak, dodawana jest do możliwych ruchów. Na końcu, jeśli suma jest mniejsza do możliwości pobrania karty, dodawany jest „add” w celu informacji, że możliwy jest ruch pobrania kart dodatkowych.

    makeMove(move) {

        let newBotCards = [...this.botCards]

        let newHumanCards = [...this.humanCards]

        let newCoverCards = [...this.coverCards]

        let newUncoverCards = [...this.uncoverCards]

        let newSuma = this.suma

        if(this.player == PLAYERS.BOT){

            if(move == "add"){

                for(let i=1; i<newSuma; i++) newBotCards.unshift(newCoverCards.shift())

                newBotCards.unshift(newCoverCards.shift())

                newSuma = 0

            }

            else{

                newUncoverCards.unshift(move)

                newBotCards.splice(newBotCards.indexOf(move), 1)

            }

        }

        if(this.player == PLAYERS.HUMAN){

            if(move == "add"){

                for(let i=1; i<newSuma; i++) newHumanCards.unshift(newCoverCards.shift())

                newHumanCards.unshift(newCoverCards.shift())

                newSuma = 0

            }

            else{

                newUncoverCards.unshift(move)

                newHumanCards.splice(newHumanCards.indexOf(move), 1)

            }

        }

        if(move != "add"){

            let sing = move.substring(0, 2)

            switch(sing){

                case "02":

                    newSuma+=2

                    break

                case "03":

                    newSuma+=3

                    break

                case "0Q":

                    newSuma=0

                    break

                case "0J":

                    if(newSuma<=5)newSuma=0

                    else newSuma-=5

                    break

                case "0K":

                    newSuma+=5

                    break

            }

        }

        else{

            if(newCoverCards.length==0){

                let c = newUncoverCards.shift()

                newCoverCards = shuffleCards(newUncoverCards)

                newUncoverCards.splice(0, newUncoverCards.length)

                newUncoverCards.unshift(c)

            }

        }

        let newPlayer = this.player === PLAYERS.HUMAN ? PLAYERS.BOT : PLAYERS.HUMAN

        return new GameState(newBotCards, newHumanCards, newCoverCards, newUncoverCards, newPlayer, newSuma)

    }

Kod 6. Metoda makeMove w kalsieGameState

W tej metodzie na początku kopiowane są wartości stanu gry. Następnie jest sprawdzenie, czyj jest ruch. Po wybraniu gracza wykonuje się ruch gracza i jeśli jest to add, to dodawane są mu karty zgodnie z sumą. Jeśli jest to co innego, to dodawana jest karta do zagranych i graczowi usuwana. Po wykonaniu ruchu suma jest zerowania lub aktualizowana zgodnie z zasadami gry. Przed zwróceniem nowego stanu gry, sprawdzanie jest czy potrzeba jest zabranie zagranych kart i dodanie do możliwych zabrania i ich potasowanie. Na końcu jest aktualizowany, kto teraz ma wykonywać ruch i zwracany nowy stan gry.

    isGameOver() {

        if(this.humanCards.length == 0 || this.botCards.length == 0 || ((this.coverCards.length == 0 && this.uncoverCards.length==1) || (this.coverCards.length<this.suma))){

            return true

        }

        else return false

    }

Kod 7. Metoda isGameOver w kalsieGameState

Metoda zwraca prawdę, jeśli któryś z graczy nie ma kart lub nie ma kart do zabrania lub suma do zabrania kart jest większa możliwych ich zabranie.

    getWinner(){

        let countHumanCards = this.humanCards.length

        let countBotCards = this.botCards.length

        if(countHumanCards == 0 || countHumanCards<countBotCards) return PLAYERS.HUMAN

        if(countBotCards == 0 || countBotCards<countHumanCards) return PLAYERS.BOT

    }

Kod 8. MetodamakeMove w kalsie GameState

W tej metodzie zwracana jest nazwa wygranego gracza, jeśli nie ma kart lub ma mniej kart niż przeciwnik.

class MCTSNode {

    constructor(parent = null, move = null, state) {

        this.parent = parent

        this.move = move

        this.state = state

        this.children = []

        this.wins = 0

        this.visits = 1

    }

Kod 9.DeklaracjaklasyMCTSNode z konstruktorem

Jest to klasa reprezentująca: węzeł, który jako wartości przechowuje swój rodzic, kartę, która wykonał jako ruch, stan gry, swoje dzieci, ilości wygranych gdzie w następnych ruchach, które przenalizował wygrał i ilość iteracji na jakie zostały wykonane na tym węźle.

    selectChild() {

        let selectedChild

        let bestValue = -Infinity

        this.children.forEach(child => {

            let uctValue =

                (child.wins / child.visits) +

                (Math.sqrt(2) \* Math.sqrt(Math.log(this.visits) / child.visits))

            if (uctValue > bestValue) {

                selectedChild = child

                bestValue = uctValue

            }

        })

        return selectedChild

    }

Kod 10. Metoda selectChild z klasy MCTSNode

Metoda wylicza najlepszy węzeł z swoich dzieci na podstawie wzoru podanego wyżej. Na końcu jest wykonywany return, który zwraca najlepszy węzeł.

    addChild(move, state) {

        const child = new MCTSNode(this, move, state)

        this.children.push(child)

        return child

    }

Kod 11. Metoda addChild z klasy MCTSNode

Metoda dodaje nowy węzeł jako dziecko, na którym jest wykonywana, do którego jest przypisywana karta i stan gry i zwraca nowo utworzony węzeł.

    update(result) {

        this.visits++

        this.wins += result

    }

Kod 12. Metoda update z klasy MCTSNode

W ostatniej metodzie klasy MCTSNode aktualizowana jest ilość iteracji na którym odbyły się operację na wywołanym węźle i jest przypisywany czy udało się wygrać, czy nie.

## **Porównanie algorytmów**

Po rozegraniu 5 gier z każdym z algorytmów okazało się, że więcej wygranych ma MCTS, ponieważ na 5 gier wygrał wszystkie a podejście heurystyczne 4. To wskazywałoby, że jest nieznacznie lepszym algorytmem. Różnice między tymi algorytmami są znaczące.

Ponieważ algorytm z podejścia heurystycznego oparty na własnych zasadach jest prostszy, dzięki czemu jest szybki w implementacji i analizuje aktualny stan gry bez prowadzenia symulacji gry.

Natomiast trudniejsza w implementacji jest algorytmem MCTS szukający jaki ruch wykonać prowadząc symulacje wybranych przez siebie gier na podstawie wzoru.

# Zakończenie

## Dalsze możliwości rozwoju aplikacji

Dalszymi możliwościami rozwoju jest szereg ekscytujących funkcji, które znacznie wzbogacą doświadczenie użytkowników. Kluczowym elementem będzie możliwość dodawania szczegółowych statystyk swoich gier oraz gier znajomych. Ta funkcja pozwoli graczom na śledzenie postępów, analizę strategii i porównywanie swoich osiągnięć z osiągnięciami przyjaciół, co znacząco podniesie rywalizację i zaangażowanie.

Następną funkcjonalnością jest wprowadzenie dodatkowych zasad co umożliwi użytkownikom lepsze wczucie się w grę i podniesie atrakcyjność gry. Do funkcjonalności związaną z zasadami gry umożliwiającą dalszy rozwoju, jest możliwość personalizacji zasad. Dzięki czemu zwiększy również zaangażowanie użytkowników, dając im poczucie kontroli nad swoim doświadczeniem gry.

Kolejnym ważnym krokiem będzie rozbudowa opcji multiplayer. Obecnie aplikacja obsługuje gry dla dwóch graczy, rozszerzając o możliwość dodania większej liczby graczy. Dzięki temu gracze będą mogli organizować większe i bardziej dynamiczne zawody.

Dodatkowo, wprowadzenie sztucznej inteligencji w postaci bota, który mógłby dołączyć do rozgrywki multiplayer. Boty będą stanowiły świetną opcję dla tych, którzy chcą trenować swoje umiejętności lub po prostu zagrać wtedy, gdy brak jest dostępnych ludzkich przeciwników. Wprowadzenie botów do gry multiplayer zwiększy elastyczność i dostępność rozgrywki, umożliwiając graczom cieszenie się grą w każdym momencie.

Te innowacje mają na celu nie tylko poprawę obecnych funkcji, ale także otwarcie nowych możliwości i ścieżek rozwoju dla aplikacji, co zapewni użytkownikom jeszcze bardziej satysfakcjonujące i angażujące doświadczenia.

## **Podsumowanie i wnioski**

Podsumowując wykonaną przez siebie pracę , takie jak: analiza tematu AI w grach komputerowych, zaprojektowanie i implementacja dwóch algorytmów podejścia heurystycznego, opartego o wymyślone przez siebie zasady zachowania przeciwnika i MCTS (Mont-Carlo Tree Search) i implantacja muliplayer dla dwóch graczy.

# Bibliografia

* 1. Munos Remi: From Bandits to Monte-Carlo Tree Search. Wydawca Now Publishers, 2020-01-13.
  2. Lucas Weitgasser: Die Monte Carlo Tree Search Methode und ihre Anwendung für Computer-Go . Wydawca OmniScriptum GmbH & Co. KG, 2015.
  3. Odnośnik do dokumentacji: <https://dev.mysql.com/doc/>
  4. Jak powstaje sztuczna inteligencja w grach komputerowych - <https://geek.justjoin.it/powstaje-sztuczna-inteligencja-grach-komputerowych/>
  5. Monte - Carldo Tree Search - <https://pl.wikipedia.org/wiki/Monte-Carlo_Tree_Search>
  6. Język PHP - <https://www.php.net/docs.php>
  7. Język MySQL <https://dev.mysql.com/doc/>
  8. Framework TailwindCSS: <https://tailwindcss.com>
  9. Framwork Laravel - <https://laravel.com>
  10. Laravel Webssockets - <https://beyondco.de/docs/laravel-websockets/getting-started/introduction>
  11. Użyte karty w aplikacji - <https://www.freepik.com/free-vector/full-deck-poker-playing-cards_6086127.htm>
  12. Rysunek 1. -[https://pl.wikipedia.org/wiki/Algorytm\_A\*#/media/Plik:AstarExample.gif](https://pl.wikipedia.org/wiki/Algorytm_A*#/media/Plik:AstarExample.gif) w dniu (12.11.2023r.)
  13. Rysunek 2. - <https://geek.justjoin.it/wp-content/uploads/2018/10/grafika-patroluj.png> w dniu (12.11.2023r.)
  14. Rysunek 3. - <https://geek.justjoin.it/wp-content/uploads/2018/10/Logika-Rozmyta.png> w dniu (12.11.2023r.)
  15. Rysunek 4. - <https://geek.justjoin.it/wp-content/uploads/2018/10/ZdrowieAgenta.png> w dniu (12.11.2023r.)
  16. Rysunek 5. - <https://geek.justjoin.it/wp-content/uploads/2018/10/ZdrowieAgenta_zaznaczenie.jpg> w dniu (12.11.2023r.)
  17. Rysunek 6. - <https://geek.justjoin.it/wp-content/uploads/2018/10/Odległość.png> w dniu (24.11.2023r.)
  18. Rysunek 7. - <https://geek.justjoin.it/wp-content/uploads/2018/10/Odległość_zaznacznie.jpg> w dniu (24.11.2023r.)

# Spis fotografii i kodów

* *Fotogrrafie*

[*Rysunek 1. Prezentacja przykładu algorytmu A\* 8*](#_Toc156414228)

[*Rysunek 2. Prezentacja przykładu algorytmu Maszyny Stanów Skończonych 10*](#_Toc156414229)

[*Rysunek 3. Porównanie logiki klasycznej z logiką rozmytą 11*](#_Toc156414230)

[*Rysunek 4. Wykres zbiorów życia agenta 12*](#_Toc156414231)

[*Rysunek 5. Wykres zbiorów życia agenta z zaznaczonym punktem 13*](#_Toc156414232)

[*Rysunek 6. Wykres zbiorów odległości agenta od gracza 13*](#_Toc156414233)

[*Rysunek 7. Wykres zbiorów odległości agenta od gracza z zaznaczonym punktem 14*](#_Toc156414234)

[*Rysunek 8. Schemat bazy danych 17*](#_Toc156414235)

[*Rysunek 9. Strona główna aplikacji 19*](#_Toc156414236)

[*Rysunek 10. Strona logowania 19*](#_Toc156414237)

[*Rysunek 11. Strona rejestracji użytkownika 20*](#_Toc156414238)

[*Rysunek 12. Strona przypomnienia hasła 21*](#_Toc156414239)

[*Rysunek 13. Strona z formularzem do utworzenia nowego hasła 22*](#_Toc156414240)

[*Rysunek 14. Strona po zalogowani się 22*](#_Toc156414241)

[*Rysunek 15. Strona do zaproszenia i dołączenia do gry 23*](#_Toc156414242)

[*Rysunek 16. Strona planszy gry i historia zagranych kart 23*](#_Toc156414243)

[*Rysunek 17. Wybór trybu gry i zasady gry 24*](#_Toc156414244)

[*Rysunek 18. Strona do zaproszenia i dołączenia do listy znajomych 24*](#_Toc156414245)

[*Rysunek 19. Pierwsza sekcja strony do zarządzania profilem 25*](#_Toc156414246)

[*Rysunek 20. Druga sekcja strony do zarządzania profilem 25*](#_Toc156414247)

[*Rysunek 21. Trzecia sekcja strony do zarządzania profilem 25*](#_Toc156414248)

[*Rysunek 22. Alert po kliknięciu usuń konto 26*](#_Toc156414249)

[*Rysunek 23. Pierwsza cześć algorytmu 27*](#_Toc156414250)

[*Rysunek 24. Druga cześć algorytm 27*](#_Toc156414251)

* Kody

[*Kod 1. Importowanie metod i obiektów pomocniczych 29*](#_Toc156414409)

[*Kod 2. Metoda mcts 29*](#_Toc156414410)

[*Kod 3. Metoda runMCTS 31*](#_Toc156414411)

[*Kod 4. Deklaracja klasyGameSate z konstruktorem 31*](#_Toc156414412)

[*Kod 5. MetodagetPossibleMoves w klacieGameSate 32*](#_Toc156414413)

[*Kod 6. Metoda makeMove w kalsieGameState 34*](#_Toc156414414)

[*Kod 7. Metoda isGameOver w kalsieGameState 34*](#_Toc156414415)

[*Kod 8. MetodamakeMove w kalsie GameState 35*](#_Toc156414416)

[*Kod 9.DeklaracjaklasyMCTSNode z konstruktorem 35*](#_Toc156414417)

[*Kod 10. Metoda selectChild z klasy MCTSNode 35*](#_Toc156414418)

[*Kod 11. Metoda addChild z klasy MCTSNode 36*](#_Toc156414419)

[*Kod 12. Metoda update z klasy MCTSNode 36*](#_Toc156414420)