

**Uniwersytet Warszawski**  
Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki

**Jakub Tlałka**

Nr albumu: 292665

# **Implementacja systemu AI-Arena**

Praca licencjacka  
na kierunku INFORMATYKA

Praca wykonana pod kierunkiem  
**dra. Janusza Jabłonowskiego**  
Wydział Matematyki Informatyki i Mechaniki

Maj 2012

## **Oświadczenie kierującego pracą**

Potwierdzam, że niniejsza praca została przygotowana pod moim kierunkiem i kwalifikuje się do przedstawienia jej w postępowaniu o nadanie tytułu zawodowego.

Data

Podpis kierującego pracą

## **Oświadczenie autora (autorów) pracy**

Świadom odpowiedzialności prawnej oświadczam, że niniejsza praca dyplomowa została napisana przeze mnie samodzielnie i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami.

Oświadczam również, że przedstawiona praca nie była wcześniej przedmiotem procedur związanych z uzyskaniem tytułu zawodowego w wyższej uczelni.

Oświadczam ponadto, że niniejsza wersja pracy jest identyczna z załączoną wersją elektroniczną.

Data

Podpis autora (autorów) pracy

## **Streszczenie**

W pracy przedstawiono implementację systemu AI-Arena, System AI-Arena służy do przeprowadzania rozgrywek i turniejów pomiędzy programami komputerowymi. Programy rywalizują ze sobą w wybranych grach, przeliczając i wykonując zagrania zgodnie z algorytmami sztucznej inteligencji. System ma w zamierzeniu twórców służyć osobom zainteresowanym sztuczną inteligencją do sprawdzenia swoich umiejętności, lub jako pomoc przy badaniach nad tą dziedziną wiedzy.

## **Słowa kluczowe**

programy walczące, arena, sztuczna inteligencja

## **Dziedzina pracy (kody wg programu Socrates-Erasmus)**

11.3 Informatyka

## **Klasyfikacja tematyczna**

D. Software  
D.0. General

## **Tytuł pracy w języku angielskim**

Implementation of AI-Arena system



# Spis treści

<b>1. Wprowadzenie</b>	5
<b>2. Metodologia Pracy</b>	7
<b>3. Wymagania projektowe</b>	9
3.1. Rozpoznanie problemu	9
3.2. Grupa docelowa	9
<b>4. Podstawowe pojęcia</b>	11
4.1. Gra	11
4.2. Program Walczący - Bot	11
4.3. Sędzia	11
4.4. Reguły	11
4.5. Mecz/Rozgrywka	12
4.6. Nadzorca	12
4.7. Gearman	12
4.8. Konkurs	12
<b>5. Zastosowania w nauce i biznesie</b>	13
<b>6. Podobne platformy</b>	15
6.1. Top Coder	15
6.2. AI Challenge	15
6.3. SIO	15
6.4. SPOJ	15
6.5. MAIN	16
6.6. Tabela porównująca serwisy	16
<b>7. Architektura systemu</b>	17
7.1. Schemat Architektury	17
7.2. Nadzorca	17
7.3. Scheduler	19
7.4. Serwis webowy	20
7.5. Baza danych	21
7.6. Testowanie	22
<b>8. Wybrane i rozważane rozwiązania technologiczne</b>	23
8.1. Nadzorca	23

<b>9. Dokumentacja użytkowa</b>	25
9.0.1. Z udziałem użytkownika niezalogowanego (Gościa)	25
9.0.2. Z udziałem użytkownika zalogowanego	27
9.0.3. Z udziałem moderatora konkursu lub gry	29
<b>10. Przyszłość projektu</b>	31
<b>11. Podsumowanie</b>	33
<b>12. Harmonogram prac</b>	35
<b>13. Podział prac</b>	39
13.1. Jakub Tlałka	39
13.2. Michał Kawiak	40
13.3. Szymon Majewski	41
13.4. Karol Żebrowski	41
<b>14. Spis płyty</b>	43
<b>A. Przykładowe gry</b>	45
A.1. Szachy	45
A.2. Poker	45
A.3. Gra giełdowa	45
A.4. Gra w wybory	45
<b>B. Przykładowe programy</b>	47
<b>C. Przebieg przykładowego turnieju</b>	49
<b>Bibliografia</b>	51

# Rozdział 1

## Wprowadzenie

Serwis AI-Arena to uniwersalna platforma do organizowania konkursów algorytmicznych. Główną domeną tych konkursów jest dziedzina sztucznej inteligencji, w szczególności inteligentnych programów walczących, ale pozwala również na organizację konkursów algorytmicznych, włącznie z zadaniami interaktywnymi, co sprawia, że istnieje pełna dowolność wyboru rodzaju konkursu.

Od parudziesięciu lat odbywają się zawody, mające na celu wyłonić programy najlepiej grające w popularne gry, takie jak szachy, warcaby itp. Serwis AI-Arena pozwala organizować takie konkursy dla dowolnej gry wieloosobowej. Dodatkową zaletą jest istnienie rankingu stałego. W ten sposób można na bieżąco sprawdzać działanie własnych programów i mierzyć się z najlepszymi dotychczasowymi zawodnikami. Serwis może mieć zastosowania zarówno w nauce jak i w biznesie, ze względu na rosnące zapotrzebowanie na inteligentne programy rozwiązujące problemy w warunkach rywalizacji, takich jak np giełda. Twórcy serwisu liczą na to, że wraz ze wzrostem jego popularności, AI-Arena skupi społeczność ludzi zafascynowanych dziedziną sztucznej inteligencji i przyczyni się do rozwoju tej gałęzi nauki.

Projekt jest udostępniony w serwisie Github. Każda osoba chętna do pomocy przy jego rozwoju może uzyskać prawa zapisu, wystarczy skontaktować się z twórcami i poprosić o dostęp.





## Rozdział 2

# Metodologia Pracy

Aby usprawnić proces tworzenia systemu AI-Arena, autorzy postanowili na początku prac nad systemem wybrać odpowiednią do potrzeb metodologię pracy. Początkowo rozważane były następujące metodologie: Agile Uniformed Process, Extreme Programming, Scrum. Przy dokonywaniu wyboru kierowano się następującymi kryteriami:

- Ponieważ praca przebiegała w zespole czteroosobowym, wybrana metodyka powinna być metodyką lekką.
- Ze względu na cotygodniowe spotkania na proseminarium, jako podstawową jednostkę pracy przyjęto tygodniowe iteracje.
- W trakcie tworzenia projektu wszyscy członkowie zespołu kontynuowali studia i musieli wypełniać związane z tym obowiązki, dlatego pożądanym było aby każdy z członków mógł samodzielnie podjąć decyzję o ilości pracy jaką wykona w najbliższym tygodniu.
- Praca nad projektem miała przebiegać w sposób rozproszony. Istotna była możliwość pracy w dogodnych dla siebie godzinach, niezależnie od pozostałych członków zespołu.
- Wybrana metodyka powinna pozwalać na łatwe śledzenie zmian w projekcie, oraz ułatwiać zapewnianie kontroli jakości.

Żadna z początkowo rozważanych metodologii nie spełniała wszystkich powyższych wymagań. Zdecydowano się więc na modyfikację metodologii Scrum. Jest to metodologia typu lekkiego. Dzieli okres pracy na krótsze podokresy nazywane sprintami. Podczas każdego takiego sprintu, realizowana jest skończona część funkcjonalności. Sprints trwają zazwyczaj kilka tygodni. W tym przypadku był to tydzień między kolejnymi spotkaniami na zajęciach z prowadzącym.

Podczas takich zajęć, ustalany był zakres pracy przydzielony poszczególnym osobom na przyszły tydzień, oraz weryfikowana była praca wykonana w tygodniu poprzednim. Prowadzący zgłaszał uwagi do niektórych funkcjonalności. Dyskutowane były również dokumenty powstające przy okazji pracy nad projektem, przede wszystkim poniższa praca licencjacka. Zapis przebiegu zajęć, wraz z celami na przyszły tydzień, nazywany był minutkami i trzymany w systemie Google Documents, tak by każdy z członków zespołu oraz prowadzący zajęcia miał do niego dostęp.

Dodatkowo organizowane były spotkania samego zespołu. Odbывały się one również raz w tygodniu i miały na celu kontrolowanie przebiegu prac i zadbanie o to by zostały wykonane

zaplanowane zadania. Spotkania odbywały się w budynku Wydziału Matematyki Informatyki i Mechaniki UW, bądź jako konferencje video z wykorzystaniem technologii Google Hangouts. Ich przebieg nadzorował Lider Projektu, który był odpowiedzialny również za realizowanie założeń przyjętej metodologii pracy.

Podział obowiązków między członków zespołu był wynikiem porozumienia między członkami i był zatwierdzany przez Lidera Projektu, a następnie przedstawiany prowadzącemu zajęć.

Do bieżącej kontroli stanu projektu użyty został system Redmine. Umożliwia on tworzenie zadań i przydzielanie ich członkom zespołu. Każde zadanie ma status, który zawiera się w zbiorze (otwarte, przydzielone, zrealizowane, zamknięte). Stan otwarty oznacza, że zadanie nie jest jeszcze przydzielone konkretnej osobie. Stan przydzielone oznacza, że zadanie jest przydzielone, a osoba odpowiedzialna za jego wykonanie jest w trakcie jego realizacji. Stan zrealizowane oznacza, że zadanie zostało wykonane przez osobę odpowiedzialną, ale nie zostało jeszcze zweryfikowane pod kątem poprawności. Stan zamknięte oznacza, że zadanie zostało zrealizowane i zweryfikowane.

Kod projektu, oraz dokumenty takie jak praca licencjacka, zostały umieszczone w repozytorium Gita. Git to system kontroli wersji dbający o archiwizację kodu oraz koordynację równoległych zmian wszystkich członków zespołu. Repozytorium jest publiczne i dostępne online w serwisie GitHub. Wszystkie zmiany dokonywane przez członków zespołu są archiwizowane, tak by można je było odtworzyć. Możliwe jest również jednoczesne rozwijanie projektu w kilku niezależnych kierunkach, a następnie połączenie efektów pracy.

Z uwagi na małą licznosc zespołu zdecydowano się nie używać narzędzi wspomagających śledzenie zmian. Do obowiązków każdego członka zespołu należało upewnienie się, że po zmianach przez niego wprowadzonych projekt uruchamia się i nie pojawiły się nowe problemy (regresje). W przypadku, gdyby jednak regresje wystąpiły, mechanizmy kontroli wersji udostępniane przez Gita pozwoliłyby na odtworzenie starszej wersji projektu.

Częste spotkania projektowe umożliwiły członkom zespołu pozostanie na bieżąco z aktualnymi zmianami. W czasie takich spotkań, każdy z członków relacjonował postęp prac, który następnie był weryfikowany przez Lidera Projektu, bądź też przez innego członka zespołu.

## Rozdział 3

# Wymagania projektowe

### 3.1. Rozpoznanie problemu

Sztuczna inteligencja jest współcześnie bardzo modną dziedziną informatyki. Znajduje zastosowania w kolejnych gałęziach informatyki i nie tylko. Nic więc dziwnego, że coraz więcej osób wyraża zainteresowanie tą dziedziną informatyki, jednocześnie pragnąc pogłębiać swoją wiedzę w tym zakresie. Potrzeba ta nie jest jednak w pełni zaspokojona. W internecie istnieje wiele platform wspierających naukę algorytmiki (przede wszystkim popularne platformy przygotowujące do konkursów ACM), jednak nie ma żadnego odpowiednika platformy umożliwiającej naukę sztucznej inteligencji.

W odpowiedzi na tę potrzebę, autorzy zdecydowali się stworzyć serwis AI-Arena. Jest to serwis umożliwiający porównanie programów walczących. Program walczący można opisać jako program grający w pewną grę, tj. podążający według pewnych, ściśle określonych zasad. Zauważmy, iż większość algorytmów sztucznej inteligencji można z powodzeniem zastosować w programach walczących.

### 3.2. Grupa docelowa

Jak wynika z dotychczasowego określenia problemu, grupę docelową stanowią programiści, którzy są zafascynowani tematem sztucznej inteligencji. Definiuje to w pewnym sensie sposób wykonania projektu. Można się spodziewać, że część tej grupy, zafasynowana również bezpieczeństwem systemów komputerowych, będzie chciała sprawdzić zabezpieczenia systemu. Należy więc ze zdwojonym wysiłkiem zapewnić szeroko rozumiane bezpieczeństwo.

Ponieważ grupą docelową są programiści, autorzy zdecydowali się przygotować wygląd serwisu, który będzie przede wszystkim schludny i czytelny. Nie było potrzeby umieszczania efektownych animacji, bądź wystylizowanych obrazków, które spowolniłyby działanie strony i wprowadzały dezorientację użytkownika.



## Rozdział 4

# Podstawowe pojęcia

### 4.1. Gra

Gra składa się z Reguł i Sędziego.

Gra może być jedno, bądź wieloosobowa. W przypadku jednoosobowym mamy do czynienia z rozwiązywaniem zagadnień algorytmicznych bez wprowadzania elementu rywalizacji z przeciwnikiem. W warunkach serwisu AI-Arena graczami są programy komputerowe, nazywane Botami bądź Programami Walczącymi.

Nie ma ograniczeń dotyczących tematyki Gry. Jedynym warunkiem jest to, by jej zasady dały się zapisać w postaci programu weryfikującego, zwanego Sędzią.

### 4.2. Program Walczący - Bot

Jest to program napisany w jednym z obsługiwanych przez serwis języków programowania. Musi być przypisany do konkretnej Gry dostępnej w serwisie. Uczestniczy w rozgrywkach (Meczach) z innymi botami przypisanymi do tej Gry. Ma za zadanie przetwarzać informacje o dotychczasowym przebiegu rozgrywki i produkować kolejne posunięcia, zgodne z regułami Gry.

### 4.3. Sędzia

Jest to program związany z daną Grą. Ma on za zadanie kontrolować przebieg Meczu, weryfikować zagrywki graczy, informować ich o aktualnym stanie, oraz ustalać wynik Meczu, zgodnie z zasadami związanymi z Grą, opisanymi w Regułach. Kod sędziego jest publiczny i dostępny wszystkim graczom.

### 4.4. Reguły

Dokument udostępniany publicznie, opisujący zasady gry, oraz protokół formatu komunikatów przesyłanych między Botami a Sędzią. Powinien być zgodny z implementacją programu Sędziego, oraz zapewniać możliwość przeprowadzenia dowolnej rozgrywki w obrębie zasad Gry.

## 4.5. Mecz/Rozgrywka

Jest rozgrywany między Botami, w obrębie konkursu lub poza nim. Jego przebieg jest kontrolowany przez Sędziego. Za przesyłanie komunikatów między Botami a Sędzią oraz odebranie od Sędziego rezultatu meczu, odpowiedzialny jest Nadzorca.

## 4.6. Nadzorca

Program będący integralną częścią serwisu AI-Arena. Jego zadaniem jest uruchamianie programów Botów i Sędziego podczas Meczu, a następnie transportowanie między nimi komunikatów tekstowych zgodnych z ustalonym protokołem. Nadzorca odbiera wynik Meczu od Sędziego i przekazuje go do narzędzia zwanego Gearman, w celu zapisania rezultatu w bazie. Dodatkowo Nadzorca kontroluje czas i pamięć zużywaną przez Boty, tak by nie przekroczyły dozwolonych limitów. Informacje o ich zużyciu wraz z logiem rozgrywki generowanym przez sędziego, Nadzorca zwraca do Gearmana.

## 4.7. Gearman

Zewnętrzne narzędzie kolejkowania zadań i transportu danych. W AI-Arena służy jako most między Nadzorcą, a Bazą danych. Kolejkuje Mecze do rozegrania, zleca ich rozegranie Nadzorcy, a następnie zapisuje do bazy przekazany przez Nadzorcę rezultat i dodatkowe informacje o przebiegu rozgrywki.

## 4.8. Konkurs

Konkurs może mieć określoną datę zakończenia, bądź być tzw konkursem stałym, w którym nie ma ostatecznego terminu wysyłania rozwiązań. Dla każdego konkursu tworzony jest ranking, bądź drabinka rozgrywek. Określają one kolejność botów, w szczególności zwycięzcę, bądź aktualnego lidera konkursu. W przypadku konkursu stałego istnieje ranking, który jest posortowany po sumie zdobytych przez Bota punktów w meczach, przy czym każdy Bot powinien mieć tę samą liczbę rozegranych meczy.

## Rozdział 5

# Zastosowania w nauce i biznesie

Sztuczna inteligencja jest jedną z szybciej rozwijających się obecnie dziedzin. Zastosowania algorytmów SI sięgają prawie wszystkich obszarów nie tylko Internetu ale i codziennego życia. Serwis AI-Arena pomaga rozwijać gałąź tej nauki związaną z rywalizacją.

Najprostsze przykłady rywalizacji to oczywiście wszelkiego rodzaju gry i sporty. Obecnie komputery są w stanie wygrywać z człowiekiem w większości gier takich jak szachy, warcaby itp. Warto wspomnieć mecz szachowy mistrza świata Garriego Kasparowa z komputerem Deep Blue czy teleturniej Va Banque z udziałem komputera Watson - w obu przypadkach zwyciężyła sztuczna inteligencja ([http://www.benchmark.pl/aktualnosci/Superkomputer\\_IBM\\_wystapil\\_w\\_teleturnieju-32781.html](http://www.benchmark.pl/aktualnosci/Superkomputer_IBM_wystapil_w_teleturnieju-32781.html)). Coraz bardziej zaawansowani stają się przeciwnicy kierowani przez komputer w grach video. Również w sporcie zaczęto doceniać znaczenie metod naukowych do opracowywania optymalnych strategii. Z powodzeniem wykorzystuje się komputer do badania statystyk w amerykańskiej lidze baseballowej (<http://research.sabr.org/journals/online/38-brj-1976/165-computers-in-baseball-analysis>). Prawdopodobnie kwestią czasu jest analizowanie gry wirtualnych zespołów kierowanych sztuczną inteligencją, a następnie wykorzystywanie obserwacji do poprawy gry prawdziwej drużyny.

Rywalizacja może być wykorzystana również jako metoda rozwiązywania problemów. Przykładem takiego podejścia są algorytmy genetyczne, w których najlepsze jednostki pozostają w obiegu, cały czas udoskonalając swoje podejście do rozwiązywania danego problemu.

Serwis AI-Arena ma duże zastosowanie w biznesie. Firmy nieustannie rywalizują między sobą w walce o klienta. Serwis umożliwia symulowanie takiej rywalizacji i dzięki temu odkrywanie skutecznych algorytmów sztucznej inteligencji, które będą podejmowały decyzje decydujące o sukcesie wykorzystującej je firmy. Można także symulować inwestowanie funduszy np. na giełdzie. Banki wykorzystują sztuczną inteligencję do organizacji operacji finansowych i zarządzania środkami. Sztuczna inteligencja odnosi już sukcesy w rywalizacji z ludźmi w symulacji obrotów finansowych (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/1481339.stm>).

Innym przykładem zastosowania AI-Arena są działania wojenne. Serwis może pomóc w szukaniu algorytmów, które będą potrafiły adaptować się do różnych warunków i w zależności od nich sugerować najlepsze strategie i taktyki w walce z przeciwnikiem.





## Rozdział 6

# Podobne platformy

Obecnie istnieją serwisy internetowe podobne do AI-Arena. Oto kilka z nich:

### 6.1. Top Coder

(<http://topcoder.com/tc>)

Bardzo popularny serwis organizujący różnego rodzaju konkursy programistyczne. Jednym z nich są tzw Marathon Matche, podczas których uczestnicy wysyłają programy, które starają się najbardziej optymalnie rozwiązać dany problem, przy czym nie istnieje rozwiązanie całkowicie optymalne. W terminach serwisu AI-Arena, taki typ zadania można zapisać jako grę jednoosobową.

### 6.2. AI Challenge

(<http://aichallenge.org>)

Serwis organizujący w sposób cykliczny zawody dla programów walczących. Najczęściej ok 2 konkursy rocznie. Każdy konkurs ma określony czas trwania i nie można w nim uczestniczyć po jego zakończeniu.

### 6.3. SIO

(<http://sio.mimuw.edu.pl>)

Projekt od lat wykorzystywany do organizowania konkursów algorytmicznych, w szczególności polskiej Olimpiady Informatycznej, ale też Międzynarodowej Olimpiady Informatycznej. Jest to framework, który można wykorzystywać również w wersji lokalnej, nie tylko jako serwis internetowy.

### 6.4. SPOJ

(<http://spoj.pl>)

Serwis zawierający dużą bazę zadań algorytmicznych dostępnych do rozwiązywania użytkownikom. Zadania nie mają określonego terminu rozwiązywania. Istnieje ranking biorący pod uwagę liczbę wszystkich rozwiązanych przez użytkowników zadań.

## 6.5. MAIN

(<http://main.edu.pl>)

Posiada dużą bazę zadań z olimpiad informatycznych, ale także kursy umożliwiające pogłębienie wiedzy algorytmicznej.

## 6.6. Tabela porównująca serwisy

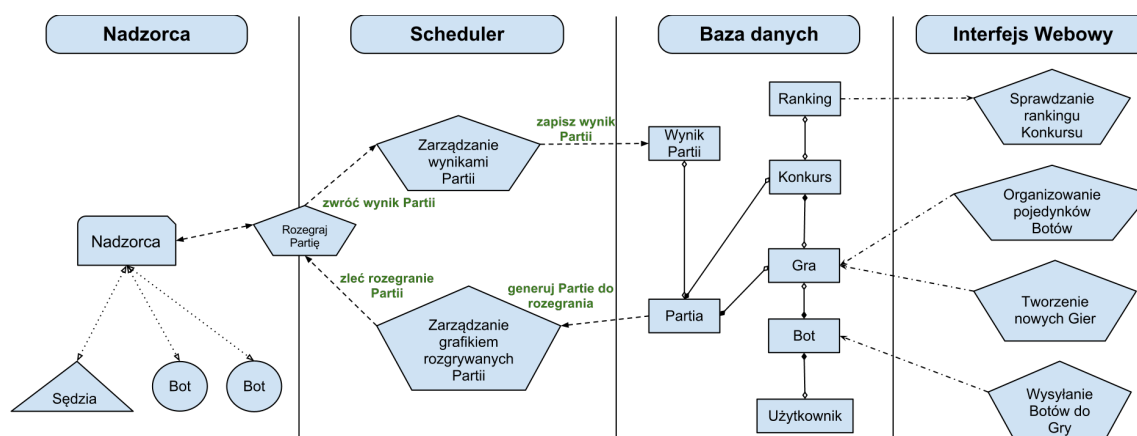
	tematyka	typ konkursów	baza zadań
Top Coder	algorytmy, problemy optymalizacyjne	okresowe	bardzo duża baza z przeszłych zawodów
Ai Challenge	programy walczące	okresowe	konkurs co pół roku
SPOJ	algorytmika	stałe/okresowe	duża baza zadań
AI-Arena	programy walczące	stałe/okresowe	baza gier moderowana przez użytkowników
SIO	algorytmy	okresowe	większość zadań dostępna tylko podczas zawodów
MAIN	algorytmy	stałe	zadania z najważniejszych zawodów informatycznych

## Rozdział 7

# Architektura systemu

Na serwis AI-Arena składają się cztery warstwy: Nadzorcy, Scheduler, Bazy Danych i Interfejsu Webowego.

### 7.1. Schemat Architektury



### 7.2. Nadzorca

Nadzorca jest jądrem serwisu AI-Arena. Warstwa nadzorcy jest odpowiedzialna za uruchamianie rozgrywek pomiędzy wybranymi graczami, zbieranie informacji o ich wynikach i przekazywanie ich do warstwy schedulera. Nadzorca jest skryptem napisanym w pythonie, którego najważniejszą częścią jest metoda play. Metoda ta przyjmuje jako argumenty uruchamialne pliki sędziego i programów grających, oraz limity czasowy i pamięciowy dla każdego programu grającego. Następnie metoda play przeprowadza odpowiednią rozgrywkę, zwracając jako wynik słownik zawierający:

- Ciąg liczb oznaczający przydzielone przez sędziego punkty za rozgrywkę
- Informacje na temat przebiegu rozgrywki
- Czas jaki zużyły programy walczące
- Pamięć RAM jaką wykorzystywały programy walczące

Rozgrywka zaczyna się przez uruchomienie programów walczących, oraz sędziego, kontrolującego przebieg rozgrywki. Komunikacja między sędzią a poszczególnymi programami odbywa się za pośrednictwem nadzorcy, który odczytuje komunikaty ze standardowego wyjścia programów i wypisuje informacje zwrotne na ich standardowe wejście. Format komunikatów od sędziego i botów powinien być wyspecyfikowany dla każdej gry, przy czym powinien on być zgodny z poniższym protokołem:

- Bot wysyła komunikaty TYLKO do sędziego (za pośrednictwem Nadzorcy)
- Każdy komunikat od Sędziego musi być potwierdzony komunikatem zwrotnym od Bota.
- Komunikaty wysyłane przez sędziego mają następujący format: zaczynają się od nawiasów kwadratowych, w których znajduje się lista garczy oddzielona przecinkami. Następnie znajduje się wiadomość, która zostanie przekazana odpowiednim botom. Komunikat musi kończyć się ciągiem '«\n' i znakiem nowej linii, n.p: '[1,2,3,4,5]INIT«\n'.
- Sędzia otrzymuje komunikaty zwrotne od botów w takiej kolejności w jakiej zostali wylistowani.
- Zakłada się że ciąg '«\n' kończy komunikat. Wysłanie komunikatu o nieprawidłowym formacie skutkuje zakończeniem rozgrywki.
- Komunikaty od nadzorcy do botów i do sędziego również kończą się ciągiem znaków '«\n'. Dzięki temu można przysyłać komunikaty wielowierszowe.
- Jeśli Sędzia chce wysłać komunikat do wszystkich może zacząć ALBO od wylistowania wszystkich graczy, ALBO użyć skrótu notacyjnego: '[0]'.  
Ponadto, jeśli Sędzia stwierdził, że gra się zakończyła i chce poinformować wszystkich o tym, że nastąpił koniec gry wysyła do Nadzorcy komunikat o treści "[0]END«\n". Następnie powinien wysłać komunikat zawierający punktację dla wszystkich graczy w postaci: '[score1, score2, ... ]«\n'.
- Jeśli sędzia chce zakończyć działanie któregoś z graczy należy wysłać do niego wiadomość KILL (np. "[4]KILL«\n"). Można też w ten sposób zabić większą liczbę graczy lub nawet wszystkich ("[0]KILL«\n")
- Jeśli sędzia wyśle komunikat do bota który odszedł w pokoju, dostanie komunikat zwrotny '\_DEAD\_«\n'. Boty powinny unikać wysyłania tego komunikatu, gdyż mogą zostać uznane za martwe.

Innym z zadań nadzorcy jest odczytywanie informacji z stderr botów i sędziego, a następnie przekazanie ich warstwie schedulera. Pozwala to na umożliwienie użytkownikowi dostęp do informacji które jego program wypisywał na stderr. Nadzorca realizuje tę funkcjonalność, tworząc dodatkowy wątek odpowiedzialny za czytanie informacji pojawiających się na stderr sędziego i botów. Wątek ten przy użyciu polecenia select czeka na możliwość nieblokującego odczytu na odpowiednich deskryptorach, a gdy taka możliwość się pojawia odczytuje informacje aż do opróżnienia potoku związanego z danym deskryptorem.

Poważnym problemem jest wybór mechanizmu odpowiedzialnego za ograniczanie i zbieranie informacji o zużywanych przez sędziego i boty zasobach systemowych. Dostępnych metod jest wiele, jednak nie wszystkie są możliwe do zastosowania w przypadku systemu ai-arena.

Ograniczenie zużycia zasobów przez boty i sędziego jest możliwe do zrealizowania przez użycie polecenia `setrlimit`. Polecenie to pozwala na ustawienie miękkiego i twardego limitu na dostępne procesowi zasoby systemowe, między innymi pamięć wirtualną i czas zużywany przez proces w trybie użytkownika lub systemowym. W przypadku przekroczenia miękkiego limitu czasowego do procesu wysyłany jest `SIGINT`, po przekroczeniu limitu twardego do procesu wysyłany jest `SIGKILL`. Jasne jest więc że limit który chcemy nałożyć procesowi musi być limitem twardym, gdyż `SIGINT` może zostać obsłużony. Możliwe są również sytuacje w których kernel nie może dostarczyć `SIGKILL` do procesu: gdy proces jest zombie lub gdy czeka w nieprzerywalnym uspieniu. Jednak w obu przypadkach proces ten nie zużywa już więcej procesora, więc nie stanowi to zagrożenia dla systemu.

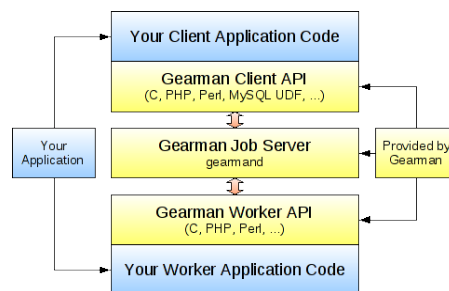
Problem pomiaru zużycia zasobów jest jednak nietrywialny. Dostępne narzędzia takie jak polecenie `time` lub skrypt `timeout` (projekt zapoczątkowany na Institute for System Programming of Russian Academy of Sciences, obecnie dostępny jako open-source na github), nie mogą zostać użyte z tego samego powodu. Tworzą one dodatkowy proces, który uruchamia proces kontrolowany i mierzy jego zużycie pamięci. Oznacza to jednak że tracimy możliwość wysyłania sygnałów do botów i sędziego, co jest potrzebne do zatrzymania lub zabicia ich procesów (np. gdy sędzia zażyczy sobie zabicie któregoś z botów, lub gdy któryś z programów popełni błąd w komunikacji).

Rozwiązaniem problemu jest samodzielne zaimplementowanie idei ze wspomnianego powyżej skryptu `timeout`. Polega ona na zrezygnowaniu z ustawienia limitów poleceniem `setrlimit`, sprawdzaniu co określony interwał czasu zasobów używanych przez kontrolowane procesy i zabiciu procesów gdy przekroczą ustalone limity. Informacje o zasobach używanych przez proces o danym pid można uzyskać z katalogu `/proc/[pid]/stats`.

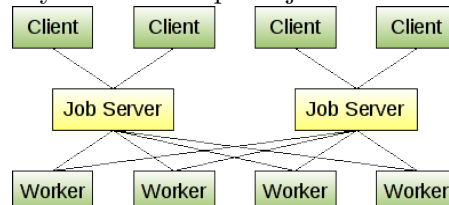
### 7.3. Scheduler

Do realizacji warstwy Schemulera używany jest program `Gearmand0.26`. Gearman jest lekkim frameworkiem służącym do przydzielania zadań do wykonania określonym maszynom lub procesom. Posiada prosty interfejs i jest łatwy w użyciu. Każda aplikacja korzystająca z tego frameworku składa się z trzech części: klienta, workera oraz serwera. Rolę klienta pełni część webowa serwisu, która zleca rozegranie odpowiedniej Rozgrywki, podając jako argumenty grę, boty i sędziego Rozgrywki. To zadanie jest zgłaszane do serwera, który je kolejkuje oraz przydziela workerowi. Zadanie workera ogranicza się do uruchomienia nadzorcy z odpowiednimi parametrami, a po zakończeniu Rozgrywki zapisaniu wyników do bazy danych.

Warstwa Schemulera umożliwia zakolejkowanie kilku Meczy do rozegrania np. w razie dużego ruchu w serwisie lub gdy wymaga tego organizacja Turnieju, oraz wykonanie tych zadań w sposób asynchroniczny. Gearman łączy część webową serwisu z nadzorcą, przez co obie części funkcjonują i mogą być rozwijane niezależnie. Umożliwia także użycie wielu klientów, serwerów i workerów tworzących klaster.



Rysunek 7.1: Aplikacja Gearmana



Rysunek 7.2: Klaster Gearmana

Użycie zapasowego serwera pomogłoby ustabilizować pracę serwisu, a uruchomienie kilku workerów na wielordzeniowej maszynie znacznie ją przyspieszyć.

## 7.4. Serwis webowy

Serwis AI-Arena jest platformą internetową. Użytkownik ma zatem, po zalogowaniu się, całodobowy dostęp do zasobów zgromadzonych w serwisie. Podstawowe funkcjonalności serwisu można podzielić na następujące kategorie:

1. Tworzenie gry lub konkursu - Użytkownik, który ma pomysł na ciekawą grę ma możliwość dodania jej bez konieczności uzyskania akceptacji administratora strony. Staje się on automatycznie moderatorem dodanej przez siebie gry. Warunkiem dodania gry jest napisanie kodu źródłowego sędziego oraz szczegółowych zasad gry. Kod źródłowy sędziego jest dostępny dla wszystkich zalogowanych użytkowników serwisu. Ma to pozwolić uniknąć stronniczych sędziów, bowiem wszelkie nieprawidłowości mogą być zgłaszane do administracji strony, która ma możliwość usunięcia gry.
2. Wysłanie bota do gry lub konkursu - Użytkownik ma możliwość napisania własnego programu grającego w grę zdefiniowaną przez innego użytkownika. Program ten (Bot) musi ściśle spełniać warunki narzucone przez reguły gry. W szczególności musi również spełniać limity czasu i pamięci wyznaczone w specyfikacji gry.

W przypadku, gdy bot przekroczy limit czasu lub pamięci, bądź też naruszy reguły gry w dowolny inny sposób (np. poprzez wysłanie komunikatu sformatowanego w niepoprawny sposób lub wykona niedozwoloną akcję - przykładowo utworzy dodatkowy wątek potomny) będzie natychmiast przerywany i będzie to traktowane jako automatyczna przegrana z minimalną ilością punktów.

Należy zaznaczyć, iż sędzia ma możliwość przerwania wykonania dowolnego bota, jeśli stwierdzi, iż narusza on warunki gry.

Serwis webowy jest zaimplementowany w Django. Ponadto części luźno związane z serwisem, jak np. sędziowie gier mogą być napisane również w C, C++ czy w Javie. W celu zwiększenia komfortu użytkownika serwisu, pewne funkcjonalności zostały również napisane w JavaScriptcie z wykorzystaniem bibliotek JQuery i JQuery-UI. Naturalnie wykorzystane zostały również arkusze stylów CSS. Dodatkowo zostały wykorzystane pewne standardowe mechanizmy linuxowe, jak np. Makefile.

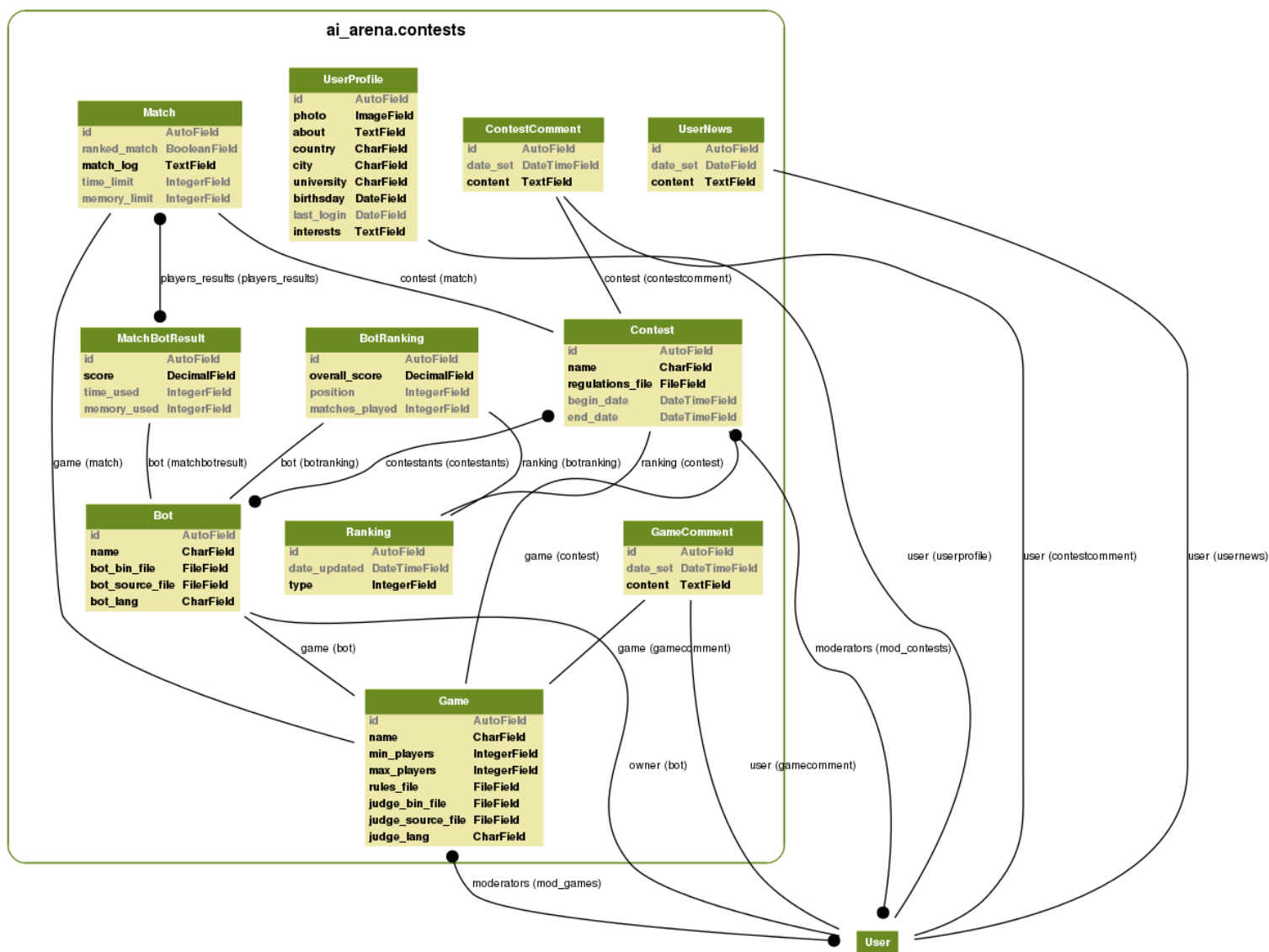
Oprócz podstawowych funkcjonalności, ściśle związanych z charakterem serwisu, udostępniane są ponadto następujące operacje:

- Wyświetlenie i edycja strony profilowej
- Wyświetlenie kodu źródłowego sędziego
- Udostępnienie kodu źródłowego wysyłanego bota
- Wyświetlenie udostępnionego kodu źródłowego
- Wyświetlenie rankingu konkursu
- Uruchomienie i przeprowadzenie meczu, czyli pojedynczej rozgrywki z wybranym przez siebie botem

- Wyświetlenie szczegółów poszczególnych rozgrywek
- Dodanie, usunięcie i edycję komentarza do gry i do konkursu

## 7.5. Baza danych

Za obsługę bazy danych odpowiedzialny jest framework Django. Współpracuje z bazami: PostgreSQL, MySQL, SQLite, Microsoft SQL Server oraz Oracle. Domyślną bazą, na której działa serwis jest PostgreSQL, ale nie jest to wymagane. Tabele w bazie danych są tworzone przez Django w sposób automatyczny na podstawie modeli w pliku models.py, każdemu modelowi odpowiada jedna tabela w bazie. Oprócz tego istnieje plik fixture, do którego można zapisać lub wczytać z niego dane znajdujące się w bazie. Służy on do tworzenia testowej bazy danych.



Rysunek 7.3: Diagram UML bazy danych

Najważniejsze modele w serwisie to:

- **Game** - zawiera plik z zasadami Gry oraz ścieżkę do programu Sędziego
- **Bot** - reprezentuje bota grającego w konkretną Grę, zawiera m.in. plik źródłowy
- **Contest** - zawiera informacje o Konkursie, a więc Grę, Ranking i listę Botów biorących w nim udział
- **Ranking** - od jego typu zależy w jaki sposób będzie rozgrywany Konkurs, np. "każdy z każdym"
- **BotRanking** - opisuje pozycję Bota w danym Rankingu
- **Match** i **MatchBotResult** - przechowują informację o rozegranym Meczu tzn. które Boty brały w nim udział oraz ich wyniki, wykorzystany czas i zużyta pamięć
- **UserProfile** - najważniejsze dane o użytkowniku tj, zdjęcie, państwo pochodzenia

## 7.6. Testowanie

Poprawne działanie serwisu jest testowane przy pomocy standardowych Unit Testów w Django. Framework umożliwia automatyczne testowanie wszystkich warstw aplikacji: obsługi żądań HTTP, walidacji i przetwarzania formularzy, renderowania szablonów. Bardzo proste jest symulowanie żądań, używanie testowych danych oraz weryfikowanie konkretnych widoków i metod.

Aby dodać test jednostkowy wystarczy w pliku `tests.py` umieszczonym w folderze testowanej aplikacji zdefiniować klasę dziedziczącą po `django.test.TestCase`. Każda z jej metod będzie uruchomiona oddzielnie podczas uruchomienia automatycznych testów. W przypadku gdy korzysta z bazy danych, nie używa tej "produkcyjnej", na potrzebę testów tworzona jest nowa, pusta baza. Można jednak wskazać plik zawierający `fixtures`, w którym jest zapisana testowa baza w formacie `json`.

Django udostępnia klasę testowego klienta, wykorzystywanego do zaprogramowania interakcji z aplikacją. Przy jego użyciu można symulować żądania GET i POST na konkretny URL i weryfikować odpowiedź (status, zawartość itp.), sprawdzić czy dla danego URL wywoływany jest odpowiedni widok oraz czy odpowiedź jest renderowana przy użyciu właściwego szablonu w odpowiednim środowisku. Jest to możliwe dzięki różnego rodzaju asercjom.

Uruchomienie automatycznych testów jest bardzo proste. Domyślnie używane są wszystkie przypadki testowe z wszystkich aplikacji, ale wolno wyspecyfikować konkretną aplikację lub przypadek testowy. W razie niepowodzenia któregoś z testów wyświetlane są szczegóły błędu.



## Rozdział 8

# Wybrane i rozważane rozwiązania technologiczne

### 8.1. Nadzorca

W początkowej fazie projektu autorzy planowali udostępnić użytkownikom możliwość wysyłania programów wieloprotokolowych. Okazało się jednak, że implementacja takiej funkcjonalności stwarza wiele trudnych do rozwiązania problemów w warstwie nadzorcy. Głównymi problemami okazały się ograniczenie zużycia czasu i pamięci przez grupę procesów, pomiar zużycia tych zasobów po zakończeniu działania grup procesów, i zabijanie odpowiednich grup procesów na żądanie sędziego.

Standardowe metody ograniczania zużycia pamięci i czasu przez procesy : ulimit i setrlimit niestety zawodzą. Setrlimit ogranicza jedynie zużycie zasobów przez dany proces, nie ograniczając w żaden sposób jego dzieci. Ulimit ogranicza co prawda wszystkie procesy danego użytkownika, jednak nałożenie osobnych limitów na wszystkie procesy nie jest poprawnym rozwiązaniem, należy bowiem ograniczyć sumaryczne zużycie zasobów przez dany proces i wszystkich jego potomków.

Metody pomiaru udostępniane przez system operacyjny takie jak wait3 lub wait4 również nie znajdują zastosowania w tym przypadku. Co prawda wait3 i wait4 potrafią zebrać informacje o procesie i jego zakończonych dzieciach, jednak informacje o wnukach procesu mogą zostać utracone, jeśli tylko użytkownik serwisu nie będzie sam używał wait3 lub wait4 (czego oczywiście nie możemy założyć ani kontrolować). Należy również pamiętać że informacje udostępniane przez te dwie funkcje są dostępne jedynie po zakończeniu procesu, ich użycie jest więc możliwe jedynie gdy przy pomocy innych mechanizmów zapewnione zostanie, że proces który zużył zbyt dużo zasobów zostanie zakończony.



## Rozdział 9

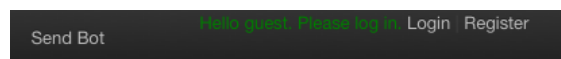
# Dokumentacja użytkowa

### 9.0.1. Z udziałem użytkownika niezalogowanego (Gościa)

Użytkownik niezalogowany ma bardzo ograniczone prawa używania serwisu. Praktycznie jedyną dozwoloną aktywnością jest rejestracja w serwisie lub próba zalogowania się do utworzonego wcześniej konta.

#### Rejestracja w systemie

Aby zarejestrować się w systemie należy wykonać kilka kroków. Na początku należy kliknąć w napis "Register" zlokalizowany po prawej stronie na górze.



Następnie system przekieruje użytkownika do strony, gdzie będzie mógł wybrać swój login oraz hasło. Należy zwrócić uwagę, iż login musi być unikalny, może zawierać wyłącznie małe i duże litery, cyfry oraz znak '\_'.

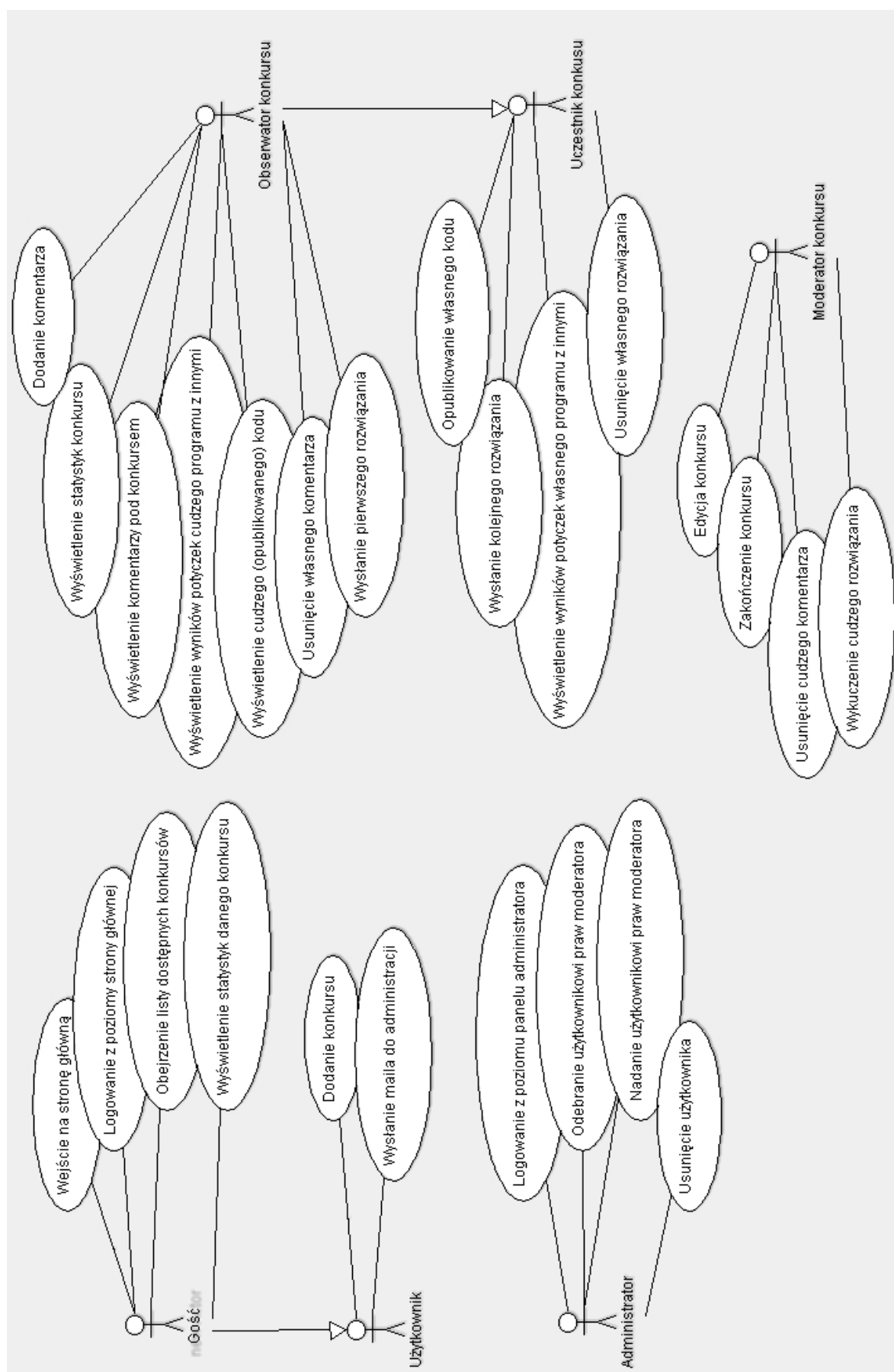
W przeciwnym wypadku pojawi się komunikat o błędzie.

Po prawidłowym wykonaniu tego kroku użytkownik zostanie przeniesiony na swoją stronę profilową. Może stąd zarządzać swoim kontem. Od tej chwili jest również zalogowany w serwisie, co znaczy, że może m. in. wysyłać swoje boty do gier lub wykonywać inne akcje dostępne wyłącznie dla zalogowanych użytkowników.

Rysunek 9.1: Pasek logowania i rejestracji do serwisu

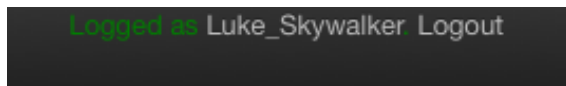
#### Logowanie

Logowanie jest standardową aktywnością, którą się spotyka na wszystkich forach i wielu serwisach. Przycisk logowania znajduje się tuż obok przycisku rejestracji. Aby się zalogować należy kliknąć w ten przycisk a następnie wypełnić pola formularza, który się pojawi na ekranie. Jeśli dane będą zgodne z tymi zapisanymi w bazie danych, system przekieruje użytkownika na jego stronę profilową.



### 9.0.2. Z udziałem użytkownika zalogowanego

#### Wylogowanie się z serwisu



Rysunek 9.2: Pasek wylogowania z serwisu

Wylogowanie jest kolejną standardową aktywnością udostępnianą przez wiele serwisów. Aby wylogować się z serwisu należy kliknąć przycisk "Logout", który znajduje się w prawym, górnym rogu strony. Zastępuje on przycisk "Login", który widoczny jest dla niezalogowanych użytkowników. Po kliknięciu tego przycisku użytkownik jest przekierowywany na stronę główną serwisu.

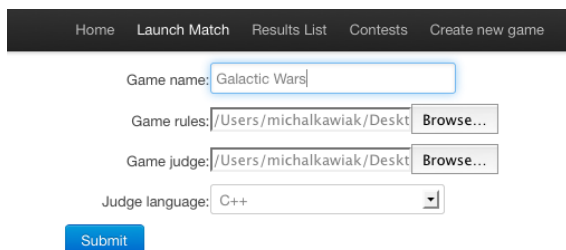
#### Otwarcie swojej strony profilowej

Aby otworzyć swoją stronę profilową użytkownik musi kliknąć w link znajdujący się pod jego loginem. Loginy użytkowników pojawiają się w różnych miejscach systemu i kliknięcie w dowolny z nich powoduje otwarcie strony profilowej danego użytkownika. W szczególności po kliknięciu na własny login pojawi się własna strona użytkownika. Istnieje również tzw. "stały link do profilu" znajdujący się na górze strony w prawym rogu. Po kliknięciu w znajdujący się tam login użytkownika (zaznaczonego innym kolorem niż reszta napisu) system wyświetla stronę profilową aktualnie zalogowanego użytkownika.

#### Edycja profilu użytkownika

Gdy użytkownik znajduje się na swojej stronie profilowej ma dostęp do kilku odnośników. Jednym z nich jest odnośnik do strony konfiguracyjnej profilu. Aby ją otworzyć należy kliknąć w link "Edit profile" znajdujący się pod zdjęciem profilowym. W oknie edycji profilu pojawia się formularz zawierający kilka pól, m.in. zdjęcie, kraj, szkoła/universytet czy zainteresowania. Żadne z nich nie jest obowiązkowe. Użytkownik zatwierdza zmiany klikając na przycisk "Update" znajdujący się na samym dole formularza.

#### Utworzenie nowej gry lub konkursu



Tworzenie gry (konkursu) jest jedną z centralnych aktywności w serwisie. Aby utworzyć grę, użytkownik musi mieć wcześniej przygotowany plik źródłowy sędziego oraz plik z zasadami rozgrywki.

Sędzia jest programem, który nadzoruje przebieg gry. Powinien być napisany w jednym z języków: C, C++, Java, Python. Otrzymuje on komunikaty od Nadzorcy, który z kolei czytuje je ze standardowego wejścia Botów. Sędzia musi dokonać walidacji komunikatu, tj. upewnić się, iż format komunikatu jest zgodny z protokołem opisanym w zasadach gry oraz, że ruch zawarty w komunikacie nie narusza reguł gry (przykładowo, że gracz grający pionami czarnymi nie ruszył się białym pionem). Gdy upewni się, że otrzymany komunikat jest poprawny

wysłała na swoje standardowe wyjście komunikat zgodnie z formatem opisanym w regułach gry.

Plik źródłowy sędziego jest dostępny dla wszystkich zalogowanych użytkowników serwisu. Ma to zapobiec wysyłaniu "stronniczych" sędziów oraz łatwieszemu ujawnieniu pewnych "ukrytych" wad protokołu. Administratorzy zastrzegają sobie prawo do usunięcia lub poprawienia wadliwych sędziów.

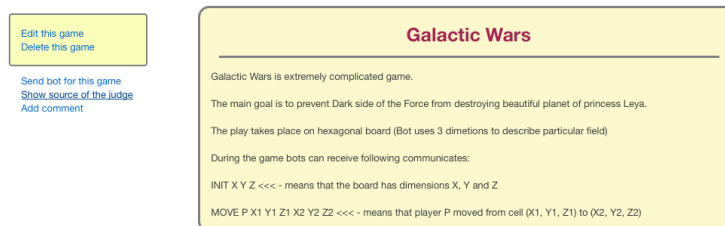
Plik z zasadami rozgrywki musi zawierać ogólny opis gry (np. fabułę wprowadzającą) oraz szczegółowy opis i znaczenie komunikatów. W szczególności muszą być zawarte informacje takie jak:

- dokładny format komunikatu
- dozwolone odpowiedzi na każdy rodzaj komunikatu
- komunikaty informujące o błędzie

Zostało przyjęte założenie, że Bot, który wyśle komunikat o innej, niż wyspecyfikowano formie automatycznie przegrywa daną grę i jest zabijany przez Nadzorcę.

Aby utworzyć konkurs nie jest potrzebne wcześniejsze przygotowywanie plików, jednak musi istnieć gra, na bazie której chcemy utworzyć nowy konkurs.

Gdy użytkownik przygotował już powyższe pliki powinien, w celu utworzenia nowej gry, kliknąć w link "Create New Game" znajdujący się na górnym pasku strony. Otworzy się formularz zawierający pola, do których należy wprowadzić informacje nt. tworzonej gry (między innymi 2 wymienione wcześniej pliki czy nazwa gry). Warto zwrócić uwagę, iż nazwa gry musi być unikalna, gdyż definiuje ona ścieżkę do poszczególnych plików na dysku. Gdy użytkownik wypełni formularz i zatwierdzi przyciskiem "Submit" na dole formularza zostanie przeniesiony na stronę zawierającą detale właśnie utworzonej gry. Autor staje się automatycznie moderatorem gry i ma prawo m. in. do edycji czy usunięcia gry lub edycji i usuwania komentarzy użytkowników.



Rysunek 9.4: Szczegóły gry

## Wysłanie bota do gry lub konkursu

Aby wysłać bota do gry (konkursu) należy w pierwszej kolejności przejść na stronę zawierającą szczegółowy opis gry. Można to zrobić klikając na przycisk "Games list" ("Contests") znajdujący się na górze strony, a następnie wybrać grę (konkurs) z wyświetlonej listy.

Rysunek 9.5: Formularz do wysłania bota

Gdy znajdujemy się już na stronie z detalami należy, w celu zgłoszenia bota, kliknąć na link "Send bot for this game" (lub "Add contestant" w przypadku konkursu) i wypełnić formularz wyświetlony przez system. Podobnie, jak w przypadku tworzenia gry należy mieć uprzednio przygotowany plik zawierający kod źródłowy bota. Bot komunikuje się z sędzią za pomocą komunikatów opisanych w zasadach gry wypisywanych i czytywanych ze standardowego wejścia i wyjścia. W przypadku, gdy bot wyśle źle sformatowany lub błędny komunikat - automatycznie przegrywa rozgrywkę dostając za nią możliwe minimum punktów.

## Dodanie komentarza pod grą lub konkursem

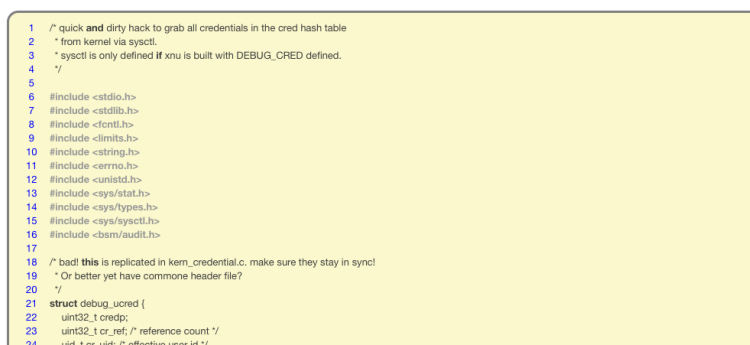
Aby dodać komentarz do gry (konkursu) należy znaleźć się na stronie ze szczegółowym opisem danej gry (konkursu). Następnie kliknąć w link "Add comment" i wypełnić formularz wyświetlony przez system. Komunikat ten pojawi się w kolejności odwrotnie chronologicznej pod opisem zasad gry.



Należy zwrócić uwagę, iż w przypadku naruszania zasad publicznego wypowiedzania się (treści wulgarne, obraźliwe, naruszające prywatność itp.) moderator konkursu ma prawo do edycji

Rysunek 9.6: Komentarz umieszczony pod grą lub usunięcia komentarza. Takie samo prawa ma również autor komentarza.

## Wyświetlenie kodu źródłowego sędziego



W celu wyświetlenia kodu źródłowego sędziego należy znaleźć się na stronie gry zawierającej szczegółowy jej opis. Potem, po kliknięciu w link "Show source of the judge" system przekieruje nas na stronę, gdzie wyświetlony zostanie kod źródłowy sędziego.

### 9.0.3. Z udziałem moderatora konkursu lub gry

Rysunek 9.7: Sposób wyświetlania kodu źródłowego

## Usunięcie komentarza do gry lub konkursu

Żeby móc usunąć komentarz użytkownik musi spełniać (minimum) jeden z poniższych warunków:

1. Być autorem komentarza

2. Być moderatorem gry (konkursu), pod którym został ten komentarz dodany
3. Być administratorem strony

Jeśli wymaganie wstępne jest spełnione, wystarczy kliknąć w przycisk "Delete" znajdujący się w prawym górnym rogu komentarza. Pojawi się wtedy okienko z prośbą o potwierdzenie swojej decyzji. Należy pamiętać, że usuniętego komentarza nie można przywrócić! Wciśnięcie przycisku "OK" na pojawiającym się okienku spowoduje usunięcie komentarza i powrót do strony z detalami gry (konkursu)

## Edycja komentarza do gry lub konkursu

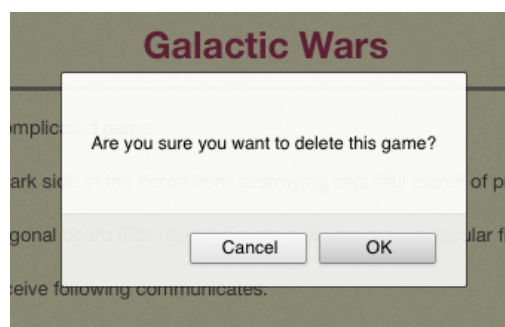
Edycja komentarza jest podobna do dodawania nowego komentarza. Aby edytować istniejący komentarz należy kliknąć w link "Edit" znajdujący się w górnej części komentarza. Pojawi się wtedy formularz analogiczny do tego, który się pojawia przy dodawaniu komentarza. Po zatwierdzeniu dokonywanych zmian poprzez naciśnięcie przycisku "Save" zostaniemy przekierowani do strony ze szczegółowymi informacjami o grze. Zauważmy, że edytowany komentarz jest już wyświetlany w zmienionej formie.

## Usunięcie gry lub konkursu

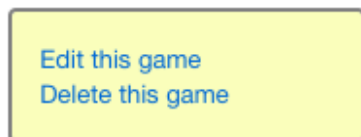
Aby móc usunąć grę (konkurs) trzeba spełniać jeden z warunków:

1. Być moderatorem gry
2. Być administratorem strony

W celu usunięcia gry należy znajdować się na stronie zawierającej szczegółowy opis gry. Następnie kliknąć w znajdujący się po lewej stronie link "Delete this game". Spowoduje to wyskoczenie okienka z prośbą o potwierdzenie swojej decyzji. Pamiętajmy, iż jest to decyzja nieodwracalna! Potwierdzenie wykonania operacji spowoduje usunięcie gry z listy dostępnych i przeniesienie na stronę główną serwisu.



## Edycja gry lub konkursu



Send bot for this game  
Show source of the judge  
Add comment

Możliwa jest edycja konkursu. Aby tego dokonać trzeba być administratorem lub moderatorem gry. Należy kliknąć w link "Edit game". System przeniesie nas do okna, w którym wyświetli się formularz do edycji gry. Po wprowadzeniu zmian należy zatwierdzić przyciskiem "Save".



## Rozdział 10

# Przyszłość projektu

Projekt powinien rozwijać się jako niezależny serwis internetowy. Jest on projektem open-source'owym udostępnionym na licencji GPL, czyli osoby zainteresowane rozwijaniem go, mogą łatwo uzyskać prawa do modyfikacji kodu. Licencja GPL jest najbardziej popularną licencją wolnego oprogramowania, daje ona użytkownikom następujące cztery wolności:

- wolność uruchomienia programu w dowolnym celu
- wolność analizowania jak program działa i dostosowywania go do swoich potrzeb
- wolność rozpowszechniania niezmodyfikowanej kopii programu
- wolność udoskonalania programu i publicznego rozpowszechniania własnych ulepszeń

Autorzy serwisu mają nadzieję, że użycie licencji GPL pozwoli serwisowi AI-Arena rozwijać się przy pomocy społeczności programistów sztucznej inteligencji na wypadek gdyby sami twórcy przestali mieć możliwość dalszego zajmowania się serwisem.

Ambicją twórców serwisu jest uczynienie go centrum rozwoju dziedziny sztucznej inteligencji związanej z tworzeniem inteligentnych botów, działających w warunkach rywalizacji. Swoboda w dodawaniu własnych gier/wyzwań umożliwia rozwijanie serwisu przez jego użytkowników. Istotnym celem jest stworzenie społeczności programistów/badaczy, którzy mogliby wymieniać się pomysłami na temat rozwiązań na łamach serwisu.

Serwis może być wykorzystany również przez firmy szukające rozwiązań skomplikowanych problemów optymalizacyjnych. Wystarczy, że stworzą odpowiednią grę, która może być również jednoosobowa i zorganizują konkurs dla użytkowników serwisu. Przykładem platformy organizującej podobne konkursy może być [tunedit.com](http://tunedit.com).

Pierwszą okazją do wykorzystania AI-Arena będzie konkurs organizowany we współpracy z firmą Codility. Odbędzie się on przy okazji finałów mistrzostw świata w programowaniu zespołowym organizowanego w maju 2012 roku w Warszawie. Będzie to konkurs programów walczących w grę przygotowaną przez Codility. Za kontrolowanie rozwiązań uczestników, rozgrywanie meczy i opracowanie rankingu będzie odpowiedzialne AI-Arena.



## Rozdział 11

# Podsumowanie

Praca nad serwisem AI-Arena była wymagającym doświadczeniem. Słuszną decyzją było rozdzielenie struktury projektu na niezależne części i zgodny z nimi podział pracy w zespole. Największym wyzwaniem okazało się zaprojektowanie systemu rozgrywania meczy, tak by niemożliwe były żadne oszustwa ze strony użytkowników, a jednocześnie pozwalał on na dużą swobodę dodawania różnorodnych gier. Za bardzo pozytywny fakt można uznać szybkie zainteresowanie i zapotrzebowanie na wykorzystanie AI-Arena przy okazji Mistrzostw Świata w Programowaniu Zespołowym.

Postępy w pracach były regularne dzięki co tygodniowym spotkaniom na zajęciach z prowadzącym. Wyznaczanie krótkoterminowych celów zapobiegło opóźnieniom względem planowanego przyrostu. Równie dobrym rozwiązaniem były spotkania w obrębie zespołu, na których kontrolowany był postęp prac w danym tygodniu. Najczęściej używanym narzędziem do koordynowania pracy okazały się Google Documents. Dodatkowo, używany był również system Redmine, nie był on jednak aż tak efektywny.



## Rozdział 12

# Harmonogram prac

Praca nad projektem została podzielona na cztery kluczowe okresy:

- Stworzenie działającego prototypu - termin wykonania: **do 30 listopada 2011r.**
- Wykonanie wersji minimalistycznej serwisu - termin wykonania: **do 30 stycznia 2012 r.**
- Wykonanie wersji rozszerzonej serwisu - termin wykonania: **do 4 kwietnia 2012 r.**
- Dopracowywanie interfejsu i ostatnie testy użytkownika - termin wykonania: **do 15 maja 2012 r.**

Zauważmy, że taki plan prac umożliwiał, w wypadku nieporzewidzianych okoliczności, możliwość zrealizowania ograniczonej funkcjonalności. Okazało się jednak, że opcja ta nie była potrzebna, gdyż praca postępowała zgodnie z harmonogramem.

W pierwszej fazie projektu skupiono się na kluczowych zagadnieniach mających wpływ na ostateczny wygląd serwisu. Powstały wtedy m.in. takie dokumenty jak Software Development Plan czy przypadki użycia. Została uzgodniona wspólna wizja i opracowane zostały szczegóły techniczne. Zaprojektowany został ponadto model interakcji z użytkownikiem końcowym. Ujrzała światło dzienne pierwsza wersja nadzorcy oraz powstał szkielet projektu utworzony w Django.

W efekcie tych prac, przed końcem listopada można było zaprezentować działający przykład gry dwuosobowej nadzorowanej przed Nadzorcę. Gra ta jednak była uruchamiana z linii poleceń. Warto jednak wspomnieć, iż model komunikacji między uczestnikami (botami i sędzią) był bliski końcowego, tj. programy porozumiewały się korzystając ze standardowego wejścia i wyjścia.

Druga faza projektu zaowocowała powstaniem interfejsu graficznego. Możliwe stało się logowanie i rejestracja na stronie, oraz podstawowa działalność związana z użytkowaniem serwisu. Dało się m.in. stworzyć nową grę (mając wcześniej napisanego sędziego), czy wysłać

бота grającego w daną grę (i realizującego protokół określony w regułach gry).

Udostępniona została ponadto możliwość uruchomienia meczu pomiędzy dowolnymi dwoma botami grającymi w tą samą grę. Wyniki takich meczów były następnie zapisywane w bazie danych. Zostały również poczynione pierwsze kroki w celu zapewnienia bezpieczeństwa na stronie. Dodano podstawową obsługę błędów zabezpieczającą przed najprostszymi typami ataków.

Dodatkowym rezultatem tej części projektu było wprowadzenie do projektu AI-Arena modułu Gearman - zewnętrznego modułu odpowiedzialnego za kolejkovanie zleconych zadań. W czasie tej fazy została dodana również funkcjonalność automatycznej generacji dokumentacji.

Podczas trzeciej fazy projektu został znacznie rozwinięty frontend. Zostały dodane funkcjonalności dodatkowe, zbędne z punktu widzenia funkcjonowania serwisu, jednak ułatwiające jego użycie. Powstały moduły odpowiedzialne za wyświetlanie kodu źródłowego, dodawanie konkursów, profile użytkownika i preferencje, ranking czy komentarze. Strona internetowa zyskała także nowy wygląd dzięki arkuszom stylów. W niektórych miejscach zostały dodane również skrypty JavaScript, sprawiające, że interakcja z użytkownikiem stała się bardziej dynamiczna.

W między czasie trwały prace również nad backendem, czyli warstwą Nadzorcy. Dodane zostały skrypty umożliwiające automatyczną kompilację gier i botów wysyłanych za pośrednictwem serwisu webowego. Dodatkowo umożliwiono Nadzorcy przejęcie kontroli nad procesem (w celu jego zakończenia), który przekroczył swój limit czasu bądź pamięci lub będzie postępował niezgodnie z regułami gry.

Udostępniona została botom również możliwość pisania logów na standardowy strumień błędów. Komunikaty wypisane na strumień błędów będą przekazywane botom po zakończeniu danej rozgrywki.

Oprócz postępów nad frontendem i backendem, trzecia faza projektu zakończona została wrojeniem systemu na udostępniony gościnnie, przez Codility, serwer. Zostaliśmy przy tym poproszeni o przeprowadzenie w połowie maja konkursu, pod patronatem Codility, w którym platforma AI-Arena miałaby odgrywać znaczącą rolę.

Istotnym rezultatem tej części projektu było również napisanie znaczącej części pracy licencjackiej. Wprowadzane później zmiany ograniczały się do poprawienia literówek bądź layoutu dokumentu.

Finalna, czwarta faza projektu obfitowała w wiele poprawek kodu, mających na celu usprawnienie i poprawę interakcji z użytkownikiem. Nie zostały dodane do frontendu żadne znaczące funkcjonalności. Udoskonalona została natomiast obsługa błędów. Duży nacisk położono również na bezpieczeństwo środowiska, w którym sędzia i boty są uruchamiane. Do zapewnienia bezpieczeństwa wykorzystano tzw. Sandboxa - mechanizm pozwalający na

odizolowanie środowiska systemu od tymczasowego środowiska programu.

Ostateczną formę przybrała również dokumentacja kodu. Została dołączona do repozytorium razem z pozostałą częścią projektu. Można ją w wygodny sposób przeglądać z wykorzystaniem przeglądarki internetowej.

Przeprowadzony został szereg testów: zarówno testów sprawdzających scenariusze użycia systemu, jak i sprawdzające przypadki niewłaściwego jego użycia. Kluczowym testem okazał się konkurs zorganizowany na prośbę Codility. Okazało się, że ..... « Do uzupełnienia po tym konkursie » .....





# Rozdział 13

## Podział prac

### 13.1. Jakub Tlałka

- Rola w zespole - Lider projektu
  - Ustalanie terminów dodatkowych spotkań
  - Koordynowanie zadań w platformie Redmine
  - Prezentacja postępów prac i planów na najbliższy okres, na spotkaniach z prowadzącym zajęć
- Kod źródłowy
  - Modele w bazie danych
  - Ekran uruchamiania pojedynczej rozgrywki
  - Generowanie rankingu do konkursu
  - Wyświetlanie informacji o konkursie wraz z rankingiem
  - Testy interfejsu graficznego
  - Automatyczna dokumentacja
- Praca licencjacka
  - Rozdział 1: Wprowadzenie
  - Rozdział 2: Metodologia Pracy
  - Rozdział 4: Podstawowe pojęcia
  - Rozdział 5: Zastosowania w nauce i biznesie
  - Rozdział 6: Podobne platformy
  - Dodatek A: przykładowe gry
- Dokumentacja
  - Plan architektury serwisu
  - Model bazy danych
- Inne

- Ustalenie współpracy z serwisem Codility - wspólne zorganizowanie konkursu programów walczących przy okazji akademickich mistrzostw świata w programowaniu zespołowym
- Wdrożenie serwisu AI-Arena na serwerze Codility
- Usuwanie błędów
- Kontrola przesyłanego kodu

## 13.2. Michał Kawiak

- Rola w zespole - Zastępca lidera projektu
- Kod źródłowy
  - Moduł logowania i rejestracji
  - Profil użytkownika
  - Tworzenie nowej gry
  - Wyświetlanie szczegółów gry
  - Dodawanie komentarzy do gier
  - Dodawanie komentarzy do konkursów
  - Usuwanie i edycja gier
  - Usuwanie i edycja konkursów
  - Wyświetlanie kodu źródłowego sędziego
  - Wysyłanie bota do gry z menu gry
  - Edycja profilu użytkownika
  - Dodanie podstawowej funkcjonalności JS do serwisu
  - Zapewnienie części obsługi błędów
  - Dodanie ról użytkowników: Moderator gry i konkursu
  - Kompilacja przesłanych programów z użyciem skryptów napisanych przez Szymona Majewskiego
- Praca licencjacka
  - Rozdział 8: Dokumentacja użytkowa i opis implementacji
  - Rozdział 10: Harmonogram prac
  - Rozdział 3: Wymagania projektowe
  - Rozdział 7.4: Serwis webowy
  - Część rozdziału 2: Metodologia pracy - dotycząca opisu procesu śledzenia zmian
  - Mniejsze poprawki w pracy
- Dokumentacja
  - Dokumentacja przypadków użycia
  - Diagram przypadków użycia
  - Software Development Plan

- Pierwsza wersja wizji serwisu
- Inne
  - Pomoc Jakubowi Tlałce w koordynacji projektu - głównie w zakresie GUI
  - Usuwanie powstających na bieżąco błędów w kodzie
  - Kontrola przesłanego kodu

### **13.3. Szymon Majewski**

- Rola w zespole - Deweloper backendu
- Kod źródłowy
  - Przesyłanie komunikatów
  - Przeprowadzanie rozgrywki
  - Zbieranie logów
  - Ograniczenie zużycia zasobów przez procesy
  - Pomiar zużycia zasobów przez procesy
  - Automayczny makefile
- Praca licencjacka
- Dokumentacja
- Inne

### **13.4. Karol Żebrowski**

- Rola w zespole
- Kod źródłowy
- Praca licencjacka
- Dokumentacja
- Inne



## Rozdział 14

### Spis płyty



## Dodatek A

# Przykładowe gry

### A.1. Szachy

Znana na całym świecie gra dwuosobowa, rozgrywana na kwadratowej planszy o 64 polach. Gracze wykonują naprzemienne posunięcia figurami, a gra kończy się remisem, bądź zwycięstwem któregoś z graczy. Gra jest całkowicie deterministyczna, ale jej złożoność nie pozwoliła dotychczas na znalezienie uniwersalnej strategii wygrywającej, bądź nieprzegrywającej. Jednak obecne programy są już od wielu lat w stanie wygrać z najlepszymi graczami ludzkimi.

### A.2. Poker

Gra wieloosobowa, zawierająca elementy hazardu. Rozgrywka zaczyna się od losowego przydziału kart graczom, dlatego nie istnieje jedyna optymalna strategia grania. Celem gry jest zdobycie wszystkich punktów posiadanych przez innych graczy, które są potrzebne, by uczestniczyć w kolejnych rozdaniach. Istnieje wiele wariantów Pokera, najbardziej znanym jest tzw Texas Hold'em.

### A.3. Gra giełdowa

Każdy gracz ma początkowo określone fundusze. Następnie inwestuje on w akcje dostępne na giełdzie. W zależności od inwestycji innych graczy, zmienia się wartość akcji, a co za tym idzie, dorobek każdego z graczy. Celem jest oczywiście powiększenie swojego kapitału o jak największą sumę, w kolejnych rundach.

### A.4. Gra w wybory

Programy sterują fikcyjnymi partiami politycznymi. Mają ograniczony budżet, który mogą przeznaczać na reklamy, agencje public relations, preparowanie zarzutów pod adresem przeciwniej partii itp. Jest przyjęty konkretny model tego, jak akcje wpływają na wyniki wyborów, ale programy go nie znają. Mogą analizować efekty swoich działań na podstawie sondaży, które pojawiają się po kolejnych rundach. Wygrywa program, który uzyska największe poparcie w wyborach.





**Dodatek B**

**Przykładowe programy**



## **Dodatek C**

# **Przebieg przykładowego turnieju**



# Bibliografia