

Zastosowanie algorytmów sztucznej inteligencji do podejmowania decyzji na podstawie danych sensorycznych (Reinforcement learning for decision process)

Dawid Czarneta, Jakub Frąckiewicz, Filip Olszewski, Michał Popiel, Julia Szulc

4 czerwca 2018

1 Cel i zakres dokumentu

Niniejszy dokument ma za zadanie przedstawić projekt systemu dla inteligentnego domu wykorzystującego uczenie maszynowe (Reinforcement Learning). Projekt ten został stworzony na potrzeby kursu Projekt Zespołowy, na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. Dokument ten ma na celu prezentację projektu, przedstawienie jego zakresu, założeń, korzyści, przyczyn uruchomienia, planów zarządzania jakością, ryzykiem jak i komunikacją wewnątrz projektu.

2 Słownik pojęć

Nazwa	Wyjaśnienie
Klient	Firma Samsung, pod której opieką merytoryczną tworzony był projekt.
Reinforcement Learning, RL	Jest to jedna z metod uczenia maszynowego, która polega na wyznaczaniu optymalnej polityki sterowania przez agenta w nieznanym mu środowisku, na podstawie interakcji z tym środowiskiem. Jedyną informacją, na której agent się opiera jest sygnał wzmocnienia, który osiąga wysoką wartość (nagrodę), gdy agent podejmuje poprawne decyzje lub niską (karę) gdy podejmuje decyzje błędnie.
Agent	Jest to jednostka działająca w środowisku, która na podstawie danych podejmuje właściwe akcje.
Środowisko	Symulacja naturalnego środowiska, stworzona w taki sposób, aby jak najbardziej oddawać rzeczywiste warunki.
Akcja	Jest to realizacja decyzji podjętej przez agenta.
GUI	Graficzny interfejs użytkownika.
Double DQN	Double Deep Q Network - algorytm nauki agenta będący rozszerzeniem powszechnie używanego algorytmu Q-Learning.

3 Cele projektu

Projekt realizuje ideę Reinforcement Learning w procesie decyzyjnym za pomocą niestandardowego agenta oraz środowiska. Celem jest stworzenie działającego systemu dla inteligentnego domu, który analizuje dane zewnętrzne i wewnętrzne zebrane przez czujniki i określa działanie, które należy wykonać, biorąc pod uwagę požądane przez użytkownika wartości temperatury i światła oraz koszty energii. W rezultacie system powinien minimalizować zużycie energii w domu i maksymalizować komfort użytkownika.

4 Zakres i uwarunkowania realizacji

W projekcie należało zrealizować następujące elementy:

- Środowisko - należało stworzyć wirtualne środowisko, które ma na celu symulację zewnętrznych warunków pogodowych, dbając przy tym, aby było ono jak najbardziej zbliżone do realistycznych warunków atmosferycznych. Środowisko jest niezbędne do pracy całego systemu, bez dostępu do prawdziwych danych.
- Agent - główny element całego systemu, to on decyduje o podjęciu konkretnej akcji na podstawie danych zebranych przez sensory oraz preferencji użytkownika. Celem agenta jest jak najlepsze podejmowanie akcji, w celu zminimalizowania zużycia energii przy zachowaniu jak najlepszego komfortu użytkownika.
- Interfejs dla użytkownika - należało stworzyć interfejs (tekstowy) dla użytkownika mający na celu przedstawienie przebiegu procesu uczenia przez agenta, jak i możliwość interakcji z systemem, poprzez podawanie własnych akcji, symulując działanie agenta.
- GUI - graficzny interfejs użytkownika, mający na celu zaprezentować w przystępny sposób działanie agenta w zadanych warunkach środowiska. Wymaganiem co do interfejsu jest to, aby był on jak najbardziej przyjazny dla użytkownika, który nie jest zaznajomiony z systemem i/lub jest to jego pierwsza styczność z systemem.

5 Przyczyny uruchomienia projektu

Projekt został uruchomiony w formie, która została zaproponowana i dopracowana korzystając ze współpracy z firmą Samsung. Głównym tematem był zastosowanie algorytmów sztucznej inteligencji na podstawie danych sensorycznych, z wykorzystaniem metod uczenia ze wzmacnianiem (reinforcement learning).

Główną przyczyną uruchomienia projektu jest rzeczywiste zapotrzebowanie na inteligentne systemy, które stosowane są w inteligentnych domach. Na rynku istnieje duże zapotrzebowanie na oryginalne systemy, które pozwalają na ograniczenie kosztów zużycia energii, co wiąże się z korzystnym wpływem na środowisko naturalne.

6 Główne korzyści

Głównymi korzyściami wynikającymi ze stworzenia inteligentnego systemu, są:

- Możliwość użycia go podczas tworzenia inteligentnych domów
- Możliwość implementacji go w istniejących już inteligentnych domach
- Pozytywny wpływ na środowisko naturalne
- Oszczędność energii elektrycznej, co w konsekwencji prowadzi do zredukowania kosztów
- Możliwość osiągnięcia komfortowych warunków dla użytkownika systemu

7 Koszty

Projekt ze względu na to, że jest projektem akademickim, jak i jego stworzenie nie wymagało zakupu sprzętu czy też oprogramowania, nie wygenerował żadnych kosztów. Wszystkie materiały jakie zostały wykorzystane przy tworzeniu systemu, były udostępnione bezpłatnie i zostały użyte zgodnie z ich licencją.

8 Terminy

Terminarz projektu można podzielić na dwie części:

- Przygotowywanie dokumentacji projektowej
- Przygotowywanie systemu (planowanie, implementacja, testy)

Terminy przygotowywania dokumentacji projektowej:

- Wybranie tematu projektu oraz zgłoszenie składu grupy - 9.03.2018
- Specyfikacja wymagań funkcjonalnych - 23.03.2018
- Struktura organizacyjna i plan komunikacji w projekcie - 13.04.2018
- Projekt zarządzania jakością - 27.04.2018
- Zarządzanie ryzykiem - 18.05.2018
- Dokumentacja projektu - 6.06.2018

Terminy przygotowywania systemu:

- Określenie terminów organizacyjnych takich spotkania zespołu, rozmowy z opiekunem projektu - 28.02.2018
- Projekt szkieletu klas aplikacji - 13.03.2018
- Projekt funkcji nagrody otrzymywanej przez agenta - 13.03.2018
- Stworzenie diagramu klas - 15.03.2018
- Implementacja akcji możliwych do wykonania przez agenta - 19.03.2018
- Implementacja funkcji nagrody otrzymywanej za podejmowanie akcji - 20.03.2018
- Projekt szkieletu klasy agenta - 25.03.2018
- Ustalenie i implementacja zależności wewnętrznych - 24.03.2018
- Przygotowanie spisu konwencji na temat kodu źródłowego aplikacji - 4.04.2018
- Implementacja podstawowej wersji agenta - 18.04.2018
- Stworzenie zależności pogodowych w środowisku - 18.04.2018
- Dokumentacja na temat algorytmów używanych w agencie - 19.04.2018
- Manualne testy działania środowiska - 20.04.2018
- Zapisywanie i wczytywanie modeli sieci neuronowej agenta - 25.04.2018
- Analiza i testy rozwiązań chmurowych służących do przyspieszenia obliczeń - 8.05.2018
- Implementacja konsolowego interfejsu użytkownika - 8.05.2018
- Implementacja Double DQN - 8.05.2018
- Stworzenie plików konfiguracyjnych do przechowywania parametrów Agentu - 14.05.2018
- Projekt i wymagania funkcjonalne GUI - 4.05.2018
- Implementacja GUI - 21.05.2018
- Omówienie i przedstawienie systemu 11.06.2018

9 Plan i produkty projektu

Plan projektu składa się z następujących etapów:

- Działania badawcze - etap polegający na zapoznaniu się z problemem oraz sposobami i algorytmami rozwiązyjącymi problem, teoretyczne zapoznanie się z bibliotekami i narzędziami, używanymi w kolejnych etapach tworzenia systemu.
- Planowanie - etap, w którym został stworzony koncept systemu, wstępny podział prac oraz harmonogram
- Implementacja rozwiązań - na tym etapie zostały zaimplementowane wybrane podczas planowania algorytmy
- Poprawa działania systemu - poprzez odpowiedni dobór parametrów, system został ulepszony w celu osiągnięcia najlepszych rezultatów
- Testy działania systemu - system został przetestowany w celu sprawdzenia, czy zachowuje się w oczekiwany sposób

Produktami projektu są:

Aplikacja - systemu dla inteligentnego domu, w którym zawarty jest:

- Stworzony agent
- Środowisko
- Interfejs użytkownika
- GUI

Dokumentacja projektowa - dokument zawierający:

- Cele projektu
- Słownik pojęć
- Zakres i uwarunkowania realizacji projektu
- Przyczyny uruchomienia projektu
- Główne korzyści wynikające z projektu
- Koszty, terminy
- Plan i produkty projektu
- Strukturę organizacyjną i zakres odpowiedzialności w projekcie
- Harmonogram
- Plan komunikacji w projekcie
- Plan zarządzania jakością
- Plan zarządzania ryzykiem

Dokumentacja techniczna dla firmy Samsung - dokument zawierający:

- Ideę projektu
- Cel projektu
- Zrzuty ekranu prezentujące wygląd systemu
- Opis zrealizowanych funkcjonalności
- Opis metody Reinforcement Learning
- Opis użytych bibliotek - w szczególności PyTorch
- Sposób uruchamiania systemu
- Sposób korzystania z systemu
- Opis testów systemu
- Opis środowiska - działanie, sposób generowania pogody i funkcji nagrody
- Dokładny opis agenta - użytych algorytmów oraz sposobów implementacji agenta w innym środowisku
- Opis plików konfiguracyjnych
- Opis nieudanych rozwiązań
- Opis wpływu parametrów na działanie uczenia agenta
- Wnioski i opis wiedzy zdobytej podczas tworzenia systemu
- Potencjalne kierunki rozwoju projektu

10 Struktura organizacyjna i zakresy odpowiedzialności

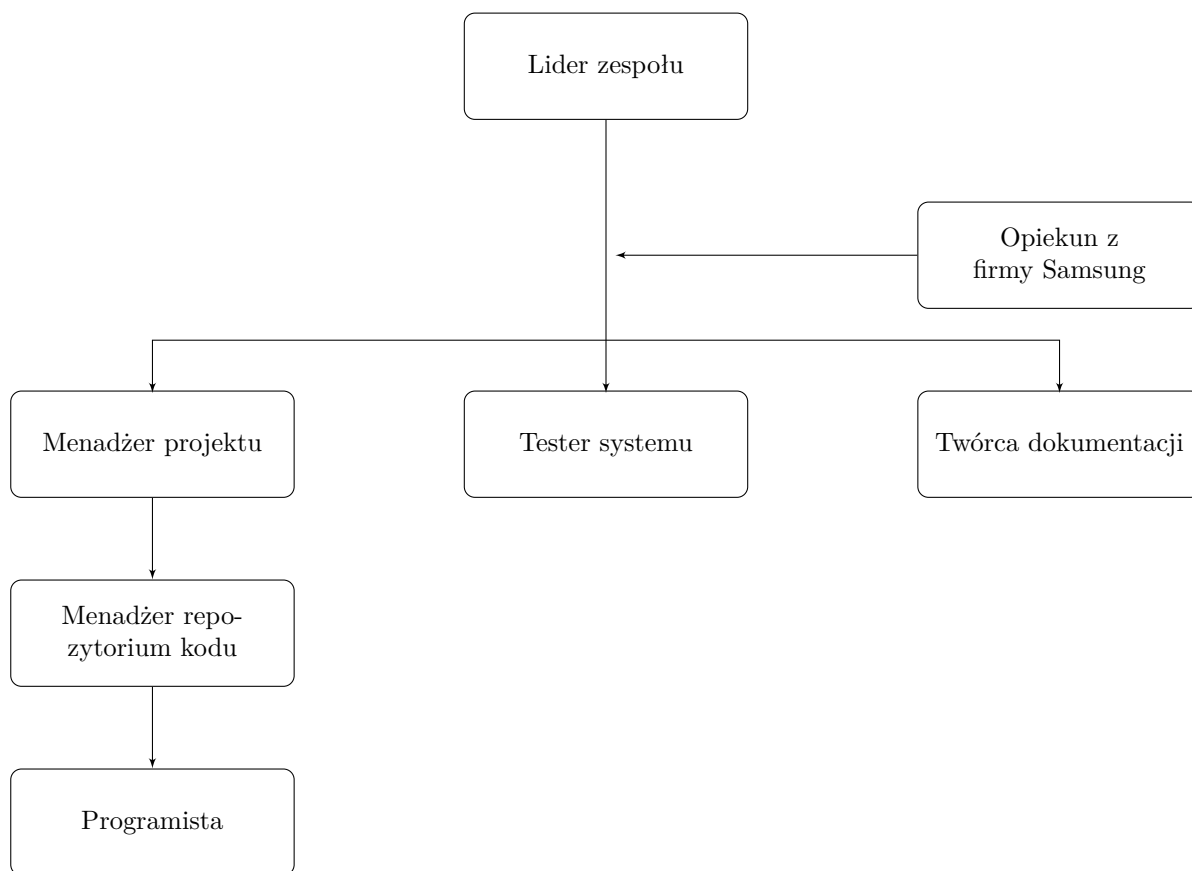
10.1 Struktura organizacyjna

Podczas pracy przyjęliśmy ogólny podział obowiązków między osoby w zespole:

- Filip Olszewski - lider zespołu, specjalista z tematyki uczenia maszynowego, programista
- Michał Popiel - ekspert z dziedziny Pythona, optymalizacji kodu, programista
- Julia Szulc - zarządzanie kodem w serwisie GitHub, programista
- Dawid Czarneta - zarządzanie zadaniami w Trello, programista
- Jakub Frąckiewicz - tester integralności systemu, programista

Lecz obowiązki wynikające z aktualnych zadań przydzielane są co tydzień. Jako, że jako cały zespół chcemy dobrze znać tworzony system, dzielimy się obowiązkami w taki sposób, aby każdy miał swój udział w pisaniu kluczowych modułów systemu oraz w stworzeniu do nich testów. Dokumentacja w projekcie jest przygotowywana wspólnie przez cały zespół.

10.2 Diagram organizacyjny



11 Harmonogram

		Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names
1			Rozpoczęcie projektu	0 days	Wed 28.02.18	Wed 28.02.18		
2			Planowanie projektu	8 hrs	Wed 28.02.18	Wed 28.02.18		Dawid Czarneta; Filip Olszewski; Jakub Frąckiewicz; Julia Szulc; Michał Popiel
3			Określenie terminów spotkań zespołu	1 day	Wed 28.02.18	Wed 28.02.18		
4			Określenie terminu rozmów z opiekunem projektu	1 day	Wed 28.02.18	Wed 28.02.18		
5			Spotkanie zespołu	601,5 hrs	Wed 28.02.18	Wed 13.06.1		Dawid Czarneta; Filip Olszewski; Jakub Frąckiewicz; Julia Szulc; Michał Popiel
22			Rozmowa z opiekunem projektu	560,5 hrs	Mon 05.03.18	Mon 11.06.18		Dawid Czarneta; Filip Olszewski; Jakub Frąckiewicz; Julia Szulc; Michał Popiel
37			Dokumentacja	512 hrs	Fri 09.03.18	Wed 06.06.1		Dawid Czarneta
38			Wybranie tematu projektu oraz zgłoszenie składu grupy	1 hr	Fri 09.03.18	Fri 09.03.18		
39			Specyfikacja wymagań funkcjonalnych	8 hrs	Fri 23.03.18	Fri 23.03.18		
40			Struktura organizacyjna i plan komunikacji w projekcie	8 hrs	Fri 13.04.18	Fri 13.04.18		
41			Projekt zarządzania jakością	8 hrs	Fri 27.04.18	Fri 27.04.18		
42			Projekt zarządzania ryzy	8 hrs	Fri 18.05.18	Fri 18.05.18		
43			Dokumentacja końcowa	8 hrs	Wed 06.06.18	Wed 06.06.18		
44			Projektowanie systemu	328 hrs	Fri 09.03.18	Fri 04.05.18		
45			Projekt szkieletu klas aplikacji	24 hrs	Fri 09.03.18	Tue 13.03.18		Michał Popiel
46			Projekt funkcji nagrody otrzymywanej przez agenta	8 hrs	Tue 13.03.18	Tue 13.03.18		Filip Olszewski
47			Stworzenie wstępnego diagramu klas	24 hrs	Tue 13.03.18	Thu 15.03.18		Michał Popiel
48			Projekt szkieletu klasy agenta	16 hrs	Sat 24.03.18	Sun 25.03.18		Filip Olszewski
49			Przygotowanie spisu konwencji	8 hrs	Wed 04.04.18	Wed 04.04.18		Michał Popiel
50			Projekt i wymagania funkcjonalne GUI	8 hrs	Fri 04.05.18	Fri 04.05.18		Dawid Czarneta; Filip Olszewski; Jakub Frąckiewicz; Julia Szulc; Michał Popiel
51				8 hrs	Fri 09.03.18	Fri 09.03.18		
52			Implementacja systemu	392 hrs	Wed 14.03.18	Mon 21.05.18		
53			Implementacja funkcji nagrody	8 hrs	Wed 14.03.18	Wed 14.03.18		Filip Olszewski
54			Implementacja akcji możliwych do wykonania przez agenta	16 hrs	Sun 18.03.18	Mon 19.03.18		Michał Popiel
55			Implementacja funkcji nagrody otrzymywanej za podejmowanie akcji	9 hrs	Wed 14.03.18	Thu 15.03.18		Filip Olszewski
56			Ustalenie i implementacja zależności wewnętrznych	56 hrs	Sun 18.03.18	Sat 24.03.18		Julia Szulc

GANIT CHART	58	✓	✦	Stworzenie zależności pogodowych w środowisku	40 hrs	Thu 12.04.18	Wed 18.04.18		Jakub Frąckiewicz; Michał Popiel
	59	✓	✦	Dokumentacja na temat algorytmów używanych w agencie	40 hrs	Sun 15.04.18	Thu 19.04.18		Filip Olszewski
	60	✓	✦	Zapisywanie i wczytywanie modeli sieci neuronowych agenta	48 hrs	Wed 18.04.18	Wed 25.04.18		Jakub Frąckiewicz; Michał Popiel
	61	✓	✦	Implementacja konsolowego interfejsu użytkownika	40 hrs	Tue 08.05.18	Sat 12.05.18		Filip Olszewski
	62	✓	✦	Implementacja double DQN	24 hrs	Sat 05.05.18	Tue 08.05.18		Michał Popiel
	63	✓	✦	Stworzenie plików konfiguracyjnych do przechowywania parametrów Agentów	40 hrs	Tue 08.05.18	Mon 14.05.18		Michał Popiel
GANIT CHART	64	✓	✦	Implementacja GUI	16 hrs	Sat 19.05.18	Mon 21.05.18		Michał Popiel
	65	✓	✦	Testowanie systemu	192 hrs	Thu 05.04.18	Tue 08.05.18		
	66	✓	✦	Manualne testy środowiska	96 hrs	Thu 05.04.18	Fri 20.04.18		Jakub Frąckiewicz
	67	✓	✦	Analiza i testy rozwiązań chmurowych służących do przyspieszenia obliczeń	8 hrs	Tue 08.05.18	Tue 08.05.18		Michał Popiel
	68		✦	Omówienie i prezentacja systemu	0 hrs	Mon 11.06.18	Mon 11.06.18		Filip Olszewski

12 Plan komunikacji

Praca przy projekcie odbywa się z wykorzystaniem systemu Kanban. W każdym tygodniu pracy odbywa się spotkanie zespołu, na którym omawiane są postępy, rozwiązywane problemy jak i przygotowywane następny zadania. Raz w tygodniu odbywa się również wideokonferencja zespołu z opiekunem projektu z ramienia firmy Samsung, na którym omawiane są postępy w tworzeniu systemu jak i konsultowane są problemy techniczne, które występują w czasie wytwarzania oprogramowania. Na każdym ze spotkań tworzone są notatki, które następnie wykorzystywane są jako protokół ze spotkania, aby wszyscy członkowie zespołu mieli wgląd i jasność co do ustaleń wynikających ze spotkania.

Do zarządzania zadaniami używane jest narzędzie Trello (do zarządzania tablicą zadań), gdzie dla każdego etapu pracy przygotowana jest odpowiednia kolumna. Każde większe zadanie lub funkcjonalność na początku jest planowana, następnie zostaje zdekomponowana na jak najmniejsze zadania w celu umożliwienia podziału ich na członków zespołu. Następnie zadania te wpisują się do narzędzia Trello, i przypisywane są do niego wybrane osoby. Następnie osoby te pracują nad zadaniami (przenosząc je odpowiednio na odpowiednie kolumny na tablicy Kanban, kiedy zadanie to spełnia założenia Definition of Done). Gdy praca nad zadaniem zostanie zakończona przenoszona jest ona do kolumny "Review", po spełnieniu DoD, które w tym przypadku polega na stworzeniu konkretnego efektu pracy w postaci kodu, diagramu lub opisu słownego. Jeżeli efektem pracy jest kod, muszą być stworzone do tego kodu testy jednostkowe. Następnie po przejrzaniu i zaakceptowaniu efektów pracy przez wszystkich członków zespołu, zadanie to zostaje przeniesione do kolumny "Zrobione", gdzie jest ono uznawane za oficjalnie zakończone. Część z zadań oznaczana jest jako "zależne od", co oznacza, że aby rozpocząć wybrane zadanie należy najpierw ukończyć zadanie poprzednie, od którego to zadanie jest zależne.

Do wersjonowania kodu używany jest system kontroli wersji Git, a kod przechowywany jest w serwisie GitHub.

13 Plan jakości

13.1 Założenia teoretyczne projektu zarządzania jakością

Pojęcie jakości w projekcie postrzegane jest jako zgodność rezultatu projektu ze specyfikacjami, przeznaczeniem i oczekiwaniami odbiorcy. Zarządzanie jakością w projekcie obejmuje procesy zarządzania jakością jak i techniki których celem jest obniżenie ryzyka związanego z niedotrzymaniem wymogów przez końcowy efekt projektu. Proces zarządzania jakością w projekcie składa się z etapów:

- Planowania jakości
- Zapewniania jakości
- Kontroli jakości

13.2 Oczekiwania jakościowe odbiorcy projektu

Odbiorca, czyli firma Samsung oczekuje od projektu, aby był on stworzony zgodnie z najwyższą jakością oraz w pełni przetestowany (zarówno jednostkowo jak i integracyjnie). Wyznacza również terminy realizacji kolejnych wersji systemu, po których następuje faza weryfikacji i akceptacji według zdefiniowanych kryteriów.

13.3 Wymagania jakościowe dla każdej z ról w projekcie

Każdy członek zespołu pełni rolę odbiorcy prac od innych członków zespołu jak i dostarczyciela wysokiej jakości produktu dla współpracowników, którzy przejmują jego pracę. Na każdym z etapów tworzenia systemu, każdy z członków zespołu powinien informować o statusie wykonywania pracy oraz o ewentualnych problemach w trakcie ich wykonywania.

Lider zespołu odpowiada za wdrożenie i utrzymanie zarządzania jakością w projekcie jak i raportowaniem danych związanych ze wskaźnikami jakościowymi. Jest on odpowiedzialny również za techniczną spójność dokumentów, ich zgodność ze standardami jakości oraz za zapewnienie wysokiej jakości produktów.

Osoby do których skierowany jest projekt są odpowiedzialne za ustalanie kierunku prac, decyzje w sprawie ogólnych celów projektu.

Zadaniem osoby z ramienia uczelni (w przypadku naszego projektu, prof. Michał Woźniak) jest odpowiedzialna za odbiór i weryfikację tworzonych dokumentów projektowych oraz przestrzeganie terminów weryfikacji i akceptacji.

13.4 Wymagania jakościowe dla zadań w projekcie

W projekcie w celu utrzymania wysokiej jakości systemu zostały zdefiniowane reguły akceptacji na każdym z etapów pracy projektowej.

Dla zadań związanych z tworzeniem dokumentacji, po przygotowaniu danego etapu, każdy z członków zespołu musi się z nim zapoznać, oraz zgłosić ewentualne uwagi. Następnie zadanie to jest przekazywane do prof. Woźniaka w celu weryfikacji, następnie, gdy zostaną zgłoszone uwagi, zadanie to trafia do poprawy i po poprawie, zadanie jest wysyłane i uznawane za zakończone.

Każde zadanie związane z tworzeniem kodu systemu również posiada kryteria jakości, takie jak testy jednostkowe oraz manualne sprawdzenie działania stworzonej w ramach tego zadania funkcjonalności. Następnie taki kod przechodzi przez etap Code Review przez pozostałych członków zespołu, nieuczestniczących bezpośrednio przy danym zadaniu.

Regularnie odbywają się również testy integracyjne całego systemu, aby mieć pewność, że działa on bez zarzutów.

W projekcie został stworzony również dokument odpowiedzialny za kod źródłowy systemu. Opisane są w nim szczegółowo konwencje na temat

- formatowania kodu
- tworzenia komentarzy
- tworzenia dokumentacji
- projektowania i tworzenia testów
- nazewnictwa zmiennych i metod
- pracy z systemem kontroli wersji (nazewnictwo commitów i branchy)

13.5 Wymagania estetyczne

- **Wymaganie:** System ma być atrakcyjny dla całej grupy odbiorców
- **Kryterium spełnienia:** Reprezentatywna próbka odbiorców ma sama z siebie rozpocząć korzystanie z systemu.
- **Wymaganie:** System ma wyglądać kompetentnie
- **Kryterium spełnienia:** Po pierwszym kontakcie z systemem, 70% reprezentatywnych potencjalnych nabywców ma się zgodzić ze stwierdzeniem „Czuję, że zaufałbym temu systemowi”.

13.6 Wymagania dotyczące ergonomii i wygody

- **Wymaganie:** System ma być łatwy w użyciu dla całej grupy odbiorców
- **Kryterium spełnienia:** Grupa zaangażowana w testowanie systemu musi być w stanie ukończyć proces uruchomienia i testowania.
- **Wymaganie:** System ma być wykorzystany dla ludzi bez przeszkolenia
- **Kryterium spełnienia:** Grupa zaangażowana w testowanie systemu musi być w stanie obsłużyć system, bez wcześniejszego przeszkolenia.
- **Wymaganie:** System ma mieć możliwość regulacji parametrów
- **Kryterium spełnienia:** Grupa docelowa musi mieć możliwość regulacji parametrów pracy systemu.
- **Wymaganie:** System ma używać symboli i słów które są naturalnie zrozumiałe dla grupy docelowej użytkowników.

13.7 Wymagania wydajnościowe

- **Wymaganie:** System powinien być dostępny do użytku przez 24 godziny na dobę przez 365 dni w roku.
- **Wymaganie:** System powinien obsługiwać maksymalnie 10 czujników zewnętrznych oraz 10 wewnętrznych.
- **Wymaganie:** System powinien być skalowalny
- **Kryterium spełnienia:** Istnieje możliwość dodania dodatkowych czujników w każdym momencie działania systemu.
- **Wymaganie:** System powinien pracować przez minimum 5 lat bez przekroczenia maksymalnego budżetu zaplanowanego na jego utrzymanie i serwisowanie.

13.8 Wymagania dotyczące warunków oraz środowiska pracy

- **Wymaganie:** Produkt ma być używany przez osoby przebywające w domu, przy temperaturze pokojowej.
- **Wymaganie:** Produkt ma umożliwić korzystanie z niego w warunkach słabego oświetlenia.
- **Wymaganie:** Produkt nie może emitować dźwięków.

13.9 Wymagania dotyczące utrzymania i wsparcia

- **Wymaganie:** Nowe czujniki powinny zostać oddane do systemu w ciągu maksymalnie jednego dnia pracy.
- **Wymaganie:** System powinien zapewniać wsparcie dla klienta w razie problemów z jego użytkowaniem.

13.10 Wymagania bezpieczeństwa

- **Wymaganie:** System ma być zabezpieczony przed wprowadzeniem niewłaściwych danych.
- **Wymaganie:** System ma się sam bronić przed zamierzonym wykorzystaniem niezgodnie z przeznaczeniem.

13.11 Wymagania kulturowe i polityczne

- **Wymaganie:** Produkt powinien zapewniać możliwość używania danych jednostek temperatury w zależności od lokalizacji w jakiej jest używany.

14 Zarządzanie ryzykiem

14.1 Planowanie zarządzania ryzykiem

Ryzyko to prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji, która może oddziaływać na dalszy przebieg projektu-jego jakość, zakres, koszty i/lub harmonogram. Zarządzanie ryzykiem jest bardzo ważnym elementem każdego projektu, które polega na monitorowaniu i obniżaniu ryzyka projektu do poziomu akceptowalnego przez menadżera projektu. W planie zarządzania projektem należy zdefiniować wstępną ocenę skutków wystąpienia ryzyka, oraz wstępną ocenę prawdopodobieństwa wystąpienia takiego zdarzenia.

Wstępna ocena skutków wystąpienia ryzyka – wstępna ocena skutków wystąpienia danego ryzyka została sklasyfikowana opisowo, według następującego klucza:

- Niskie
- Średnie
- Wysokie

Wstępna ocena prawdopodobieństwa – wstępna ocena skutków wystąpienia danego ryzyka została sklasyfikowana opisowo, według następującego klucza:

- Mało prawdopodobne (0 – 20%)
- Możliwe (20% - 60%)
- Prawdopodobne (60% - 100%)

Każdy z członków zespołu odpowiedzialny jest za kontrolę i dbałość o jakość projektu, w celu uniknięcia wystąpienia ryzyka. Na każdym z etapów projektu należy przeprowadzić kontrolę ryzyka, poprzez porównanie wyników prac z możliwymi przypadkami zdefiniowanymi w formularzach analizy ryzyka, należy zwrócić uwagę również na inne, nie ujęte w formularzach sytuację, i w razie stwierdzenia, że jest to sytuacja zidentyfikowana jako ryzyko, należy po uzgodnieniu z liderem projektu zaktualizować lub dodać kolejny formularz analizy ryzyka. Progi akceptacji czyli kryteria określające, kiedy powinny zostać podjęte działania będące odpowiedzią na zaistniałe ryzyko, ustalane są przez wszystkich członków zespołu.

14.2 Identyfikacja ryzyka

W procesie tym występuje wykrycie źródeł ryzyka, a następnie ich usystematyzowanie według przyjętych kategorii. Po przeprowadzeniu analizy, zostały stworzone następujące kategorie źródeł ryzyka:

1. Strategiczne i handlowe
 - (a) Dodawanie nowych wymagań po zamknięciu specyfikacji
 - (b) Nieczytelność serwisu
2. Ekonomiczne, finansowe i rynkowe
 - (a) Niemożność ukończenia projektu ze względu na brak finansów
3. Organizacyjne, zarządzania i związane z czynnikiem ludzkim
 - (a) Błędnie stworzona specyfikacja systemu
 - (b) Utrudnienia w komunikacji
 - (c) Choroby, wypadki

- (d) Niedoświadczony zespół
 - (e) Nieodpowiedni kierownik zespołu
4. Techniczne, operacyjne i związane z infrastrukturą
- (a) Utrata danych
 - (b) Wybór nieodpowiednich technologii do realizacji systemu
 - (c) Błędy w implementacji systemu

14.3 Jakościowa analiza ryzyka

Analiza skutków wystąpienia ryzyka, w kolejności od krytycznych do mających najmniej wpływ na projekt:

1. Utrata danych
2. Błędnie stworzona specyfikacja projektu
3. Dodawanie nowych wymagań po zamknięciu specyfikacji
4. Wybór nieodpowiednich technologii do realizacji systemu
5. Błędy w implementacji systemu
6. Choroby/wypadki
7. Niedoświadczony zespół
8. Nieodpowiedni kierownik zespołu
9. Niemożność ukończenia projektu ze względu na brak finansów
10. Utrudnienia w komunikacji
11. Nieczytelność serwisu

14.4 Ilościowa analiza ryzyka

Oszacowanie wagi dla każdego ryzyka na podstawie prawdopodobieństwa wystąpienia, oraz wpływu na projektu Obliczane według następującego wzoru ($\text{skutek_ryzyka} \cdot \text{prawd_wystąpienia}$)

Wagi dla skutków ryzyka

- Niskie - Waga: 1
- Średnie - Waga: 2
- Wysokie - Waga: 3

Wagi dla prawdopodobieństw wystąpienia

- Mało prawdopodobne (0 – 20%) - Waga: 1
- Możliwe (pow. 20% - 60%) - Waga: 2
- Prawdopodobne (pow. 60% - 100%) - Waga: 3

Źródła ryzyka wraz z wagami prezentują się następująco:

1. Utrata danych - $(3*2) = 6$
2. Błędnie stworzona specyfikacja projektu - $(3*2) = 6$
3. Dodawanie nowych wymagań po zamknięciu specyfikacji - $(3*1) = 3$
4. Wybór nieodpowiednich technologii do realizacji systemu - $(3*2) = 6$
5. Błędy w implementacji systemu - $(3*2) = 6$
6. Choroby/wypadki - $(3*1) = 3$
7. Niedoświadczony zespół - $(3*2) = 6$
8. Nieodpowiedni kierownik zespołu - $(3*1) = 3$
9. Niemożność ukończenia projektu ze względu na brak finansów - $(3*1) = 3$
10. Utrudnienia w komunikacji - $(1*1) = 1$
11. Nieczytelność serwisu - $(1*1) = 1$

14.5 Planowanie reakcji na ryzyko

Zagrożenie	Strategia	Środki zaradcze
Dodawanie nowych wymagań po zamknięciu specyfikacji	Redukcja	Upewnienie się, że lista wymagań jest kompletna jeszcze przed zamknięciem specyfikacji
Nieczytelność serwisu	Redukcja	Konsultacje z klientem, w celu akceptacji wyglądu aplikacji
Nieemożność ukończenia projektu ze względu na brak finansów	Redukcja	Przeanalizowanie serwisów, w celu znalezienia najtańszego lub darmowego rozwiązania
Błędnie stworzona specyfikacja systemu	Redukcja	Konsultacje z ekspertem ze strony klienta, konsultacje z osobami doświadczonymi w temacie projektu, udzielanie się na forach dyskusyjnych, związanych z używaną w systemie technologią
Utrudnienia w komunikacji	Redukcja	Zapewnienie nadmiarowej ilości kanałów komunikacyjnych
Choroby, wypadki	Akceptacja	Każdy członek zespołu powinien być samodzielny, by być w stanie przejąć obowiązki i zadania od innego członka zespołu.
Niedoświadczony zespół	Redukcja	Przeprowadzenie szkolenia przez eksperta z danej technologii, samokształcenie się przez wszystkich członków zespołu z oficjalnej dokumentacji
Nieodpowiedni kierownik zespołu	Redukcja	Sprawdzenie kompetencji osoby, która ma zostać kierownikiem zespołu
Utrata danych	Redukcja	Należy osiągnąć nadmiarowość danych za pomocą kopii zapasowych
Wybór nieodpowiednich technologii do realizacji systemu	Redukcja	Dokładna analiza dostępnych technologii przed przystąpieniem do projektowania systemu Projekt systemu w możliwie jak najbardziej niezależny od technologii sposób
Błędy w implementacji systemu	Redukcja	Testy systemu na każdym etapie tworzenia Konsultacje z ekspertem w celu weryfikacji zastosowanych rozwiązań

14.6 Monitorowanie i kontrolowanie ryzyka

W celu monitorowania i kontroli ryzyka, na każdym etapie należy analizować i śledzić ryzyka, które występują w projekcie, oraz zajmować się rozpatrywaniem nowego ryzyka. Należy również analizować skuteczność działań podejmowanych jako reakcja na ryzyko. W projekcie osobą odpowiedzialną jest kierownik projektu, oraz w celu weryfikacji jego pracy inny członek zespołu, wyznaczony w celu kontroli i weryfikacji błędów.

14.7 Formularze analizy ryzyka

Formularz analizy ryzyka	
Ryzyko	Dodawanie nowych wymagań po zamknięciu specyfikacji
Opis zagrożenia	Dodawanie nowych wymagań może spowodować przekroczenie harmonogramu oraz potrzebę modyfikacji wymagań już istniejących
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Mało prawdopodobne
Wpływ na realizację projektu	Wysoki
Ogólna ocena ryzyka	Niepożądane
Środki zaradcze	Upewnienie się, że lista wymagań jest kompletna jeszcze przed zamknięciem specyfikacji
Zadania awaryjne	Modyfikacja harmonogramu projektu oraz przydział nowych zadań

Formularz analizy ryzyka	
Ryzyko	Nieczytelność serwisu
Opis zagrożenia	Źle przystosowana szata graficzna
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Mało prawdopodobne
Wpływ na realizację projektu	Niski
Ogólna ocena ryzyka	Akceptowalne
Środki zaradcze	Konsultacje z klientem, w celu akceptacji wyglądu aplikacji
Zadania awaryjne	Przydzielenie nowych zasobów do poprawy zadania, według wytycznych klienta

Formularz analizy ryzyka	
Ryzyko	Niemожność ukończenia projektu ze względu na brak finansów
Opis zagrożenia	Z związku z ograniczonym budżetem, możliwość korzystania z płatnych usług jest ograniczona (moc obliczeniowa CPU/GPU)
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Mało prawdopodobne
Wpływ na realizację projektu	Wysoki
Ogólna ocena ryzyka	Niepożądane
Środki zaradcze	Przeanalizowanie serwisów, w celu znalezienia najtańszego lub darmowego rozwiązania
Zadania awaryjne	Wykorzystanie własnego sprzętu do obliczeń

Formularz analizy ryzyka	
Ryzyko	Błędnie stworzona specyfikacja projektu
Opis zagrożenia	Ze względu na niewielkie doświadczenie zespołu w używanej technologii, specyfikacja może być niewystarczająca lub zawierać błędy
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Możliwe
Wpływ na realizację projektu	Wysoki
Ogólna ocena ryzyka	Nieakceptowalne
Środki zaradcze	Konsultacje z ekspertem ze strony klienta, konsultacje z osobami doświadczonymi w temacie projektu, udzielanie się na forach dyskusyjnych, związanych z używaną w systemie technologią
Zadania awaryjne	Przydzielenie nowych zasobów do poprawy specyfikacji

Formularz analizy ryzyka	
Ryzyko	Utrudnienia w komunikacji
Opis zagrożenia	Trudność skomunikowania się z zespołem wynikająca z awarii kanału wymiany informacji
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Mało prawdopodobne
Wpływ na realizację projektu	Niski
Ogólna ocena ryzyka	Akceptowalne
Środki zaradcze	Zapewnienie nadmiarowej ilości kanałów komunikacyjnych
Zadania awaryjne	Określenie alternatywnego kanału komunikacyjnego

Formularz analizy ryzyka	
Ryzyko	Choroby, wypadki
Opis zagrożenia	Niedyspozycyjność członków zespołu, mogąca spowolnić prace nad projektem
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Mało prawdopodobne
Wpływ na realizację projektu	Wysoki
Ogólna ocena ryzyka	Niepożądane
Środki zaradcze	Każdy członek zespołu powinien być samodzielny, by być w stanie przejąć obowiązki i zadania od innego członka zespołu
Zadania awaryjne	Zwiększenie zaangażowania pozostałych członków projektu w tworzeniu systemu

Formularz analizy ryzyka	
Ryzyko	Niedoświadczony zespół
Opis zagrożenia	Brak doświadczenia w technologiach wyznaczonych do realizacji projektu przez członków zespołu, co prowadzi do spowolnienia pracy
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Możliwe
Wpływ na realizację projektu	Wysoki
Ogólna ocena ryzyka	Nieakceptowalne
Środki zaradcze	Przeprowadzenie szkolenia przez eksperta z danej technologii, samokształcenie się przez wszystkich członków zespołu z oficjalnej dokumentacji
Zadania awaryjne	Przeznaczenie czasu jednego lub kilku członków zespołu na poznanie technologii a następnie wdrożenie w nią pozostałych członków zespołu

Formularz analizy ryzyka	
Ryzyko	Nieodpowiedni kierownik zespołu
Opis zagrożenia	Ze względu na wybranie nieodpowiedniego kierownika, zespół może nie być zmotywowany. Brak odpowiedniej kontroli nad postępem pracy
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Mało prawdopodobne
Wpływ na realizację projektu	Wysoki
Ogólna ocena ryzyka	Niepożądane
Środki zaradcze	Sprawdzenie kompetencji osoby, która ma zostać kierownikiem zespołu
Zadania awaryjne	Zmiana kierownika zespołu

Formularz analizy ryzyka	
Ryzyko	Utrata danych
Opis zagrożenia	Utrata danych na którymkolwiek z etapów projektu w skutek awarii nośnika danych lub usługi w chmurze odpowiedzialnej za przetrzymywanie danych
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Możliwe
Wpływ na realizację projektu	Wysoki
Ogólna ocena ryzyka	Nieakceptowalne
Środki zaradcze	Należy osiągnąć nadmiarowość danych za pomocą kopii zapasowych
Zadania awaryjne	Próba odzyskania danych

Formularz analizy ryzyka	
Ryzyko	Wybór nieodpowiednich technologii do realizacji systemu
Opis zagrożenia	Błędny wybór technologii może prowadzić do niemożności zakończenia lub przedłużenia pracy nad projektem
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Możliwe
Wpływ na realizację projektu	Wysoki
Ogólna ocena ryzyka	Nieakceptowalne
Środki zaradcze	Dokładna analiza dostępnych technologii przed przystąpieniem do projektowania systemu Projekt systemu w możliwie jak najbardziej niezależny od technologii sposób
Zadania awaryjne	Wydanie uproszczonej wersji systemu, możliwej do zrealizowania w wybranej technologii Wybór innej technologii i zrealizowanie w niej systemu według wcześniej stworzonego projektu

Formularz analizy ryzyka	
Ryzyko	Błędy w implementacji systemu
Opis zagrożenia	Błędy implementacyjne mogące prowadzić do opóźnienia zakończenia projektu
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Możliwe
Wpływ na realizację projektu	Wysoki
Ogólna ocena ryzyka	Nieakceptowalne
Środki zaradcze	Testy systemu na każdym etapie tworzenia Konsultacje z ekspertem w celu weryfikacji zastosowanych rozwiązań
Zadania awaryjne	Przeznaczenie dodatkowych zasobów na poprawę błędów

14.8 Macierz ryzyka

Macierz ryzyka jest to graficzna reprezentacja ryzyka, oraz reakcji na ryzyko, według prawdopodobieństwa wystąpienia (likelihood) oraz wpływu na realizację projektu (impact). Według podanej macierzy, poziomy ryzyka prezentują się następująco:

- Low - akceptowalne
- Medium - niepożądane
- High - nieakceptowalne

IMPACT	High	Medium	High	High
	Medium	Low	Medium	High
	Low	Low	Low	Medium
		Low	Medium	High
		LIKELIHOOD		