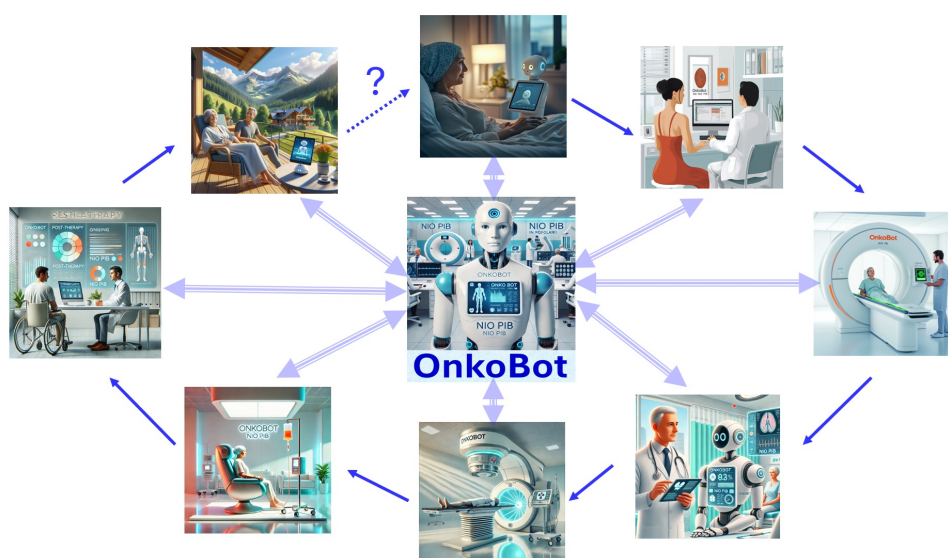


PROPOZYCJA KARTY PROJEKTU

OnkoBot

Projekt Zintegrowanego Systemu AI
dla Narodowego Instytutu Onkologii PIB

Prawidłowa inicjacja złożonego projektu jest niezbędna do zbudowania solidnych fundamentów jego sukcesu, minimalizując ryzyko niepowodzenia i marnotrawstwa zasobów.



Wersja 3.01

3 października, 2025

Dr M. Dąbkowski¹, Dr D. Wawrzuta¹, E. Żarłok², Dr hab. A. Jankowski, Prof. UWM³,
Prof. dr hab. A. Skowron⁴, Dr hab. P. Artiemjew, Prof. UWM³

¹Narodowy Instytut Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie – Państwowy Instytut Badawczy

²Revelva Concept

³Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

⁴Polska Akademia Nauk

Data utworzenia: 3 października, 2025

Status: Draft do Akceptacji przez NIO-PIB i UWM

Dokument opracowany w ramach Listu Intencyjnego
o współpracy NIO-PIB i UWM z dnia 1 kwietnia 2025 r.



Abstrakt

Dokument przedstawia koncepcję systemu OnkoBot, innowacyjnej platformy AI dla Narodowego Instytutu Onkologii (NIO-PIB), której celem jest zintegrowane wspieranie pacjentów, lekarzy i kadry zarządzającej. System będzie wspomagał procesy diagnostyczne, terapeutyczne, rehabilitacyjne, dostęp do zweryfikowanej informacji medycznej oraz rozwój badań naukowych. Dla kadry zarządzającej OnkoBot zapewni narzędzia do analizy i optymalizacji ścieżek pacjentów oraz wskaźników jakości.

Prawidłowa realizacja projektu zapewni pacjentom i lekarzom nieprzerwany dostęp do wiedzy, spersonalizowanego wsparcia oraz leczenia na najwyższym krajowym poziomie jakościowym.

Technologicznie projekt opiera się na synergii najnowszych metod AI: multimodalnych modeli językowych (MLLM), Retrieval-Augmented Generation (GraphRAG), granularnych schematów rozumowania, modeli predykcyjnych i statystycznych, a także technologii systemów wieloagentowych. OnkoBot zostanie dostosowany do polskich realiów ochrony zdrowia i specyfiki rodzimej populacji pacjentów, co stanowi jego unikalną wartość. Projekt przewiduje skalowalność, intensywną działalność naukową oraz funkcję platformy edukacyjnej, umacniając pozycję NIO-PIB jako lidera innowacyjnych zastosowań AI w onkologii.

Krótki Spis Treści

1	Streszczenie Zarządcze (podsumowanie dla Kierownictwa)	8
2	Wprowadzanie	9
3	Misja, podejście technologiczne i najważniejsze pryncypia projektowe	11
4	Kontekst strategiczny i uzasadnienie	14
5	Wstępne wymagania i założenia dotyczące OnkoBot (do weryfikacji)	17
6	Metody i Narzędzia Realizacji	20
7	Architektura docelowa systemu OnkoBot	23
8	Propozycja Strategicznego Planu Realizacji Projektu	28
9	"Proof of Concept": Makiety/Prototypy w celu weryfikacji koncepcji OnkoBot	32
10	Kluczowe KPI i Metryki Sukcesu OnkoBot i Analiza Korzyści	33
11	Zarządzanie i organizacja	35
12	Krytyczne czynniki sukcesu	41
13	Strategia wdrożenia i zarządzania zmianą	43
14	Oczekiwane rezultaty i wpływ	44
15	Plan komunikacji i promocji	45
16	Budżet i źródła finansowania	46
17	Potencjalni partnerzy technologiczni	48
18	Analiza SWOT dla projektu OnkoBot	50
19	Najbliższe kroki: Faza 0: Inicjacja Projektu	50
20	Podsumowanie i wezwanie do działania	51
21	Bibliografia	52
	Załączniki	53
A	OnkoBot: Potencjalne Korzyści Lekarzy i Pacjentów	53
B	OnkoBot: Propozycja Konfiguracji Uruchomienia Platformy Obliczeniowej HPC na Etapie Fazy Przygotowawczej	62

ROZBUDOWANY SPIS TREŚCI

Spis treści

1	Streszczenie Zarządcze (podsumowanie dla Kierownictwa)	8
1.1	Kluczowe własności OnkoBot	8
1.2	Wartość strategiczna dla NIO-PIB	8
1.3	”Proof of Concept”	8
1.4	Konkluzja	9
1.5	Zastrzeżenie	9
2	Wprowadzanie	9
2.1	Co to jest OnkoBot?	9
2.2	Kluczowe własności OnkoBot	10
2.3	Fazy realizacji	11
3	Misja, podejście technologiczne i najważniejsze pryncypia projektowe	11
3.1	Misja i Strategiczne Cele Projektowe	11
3.2	Metody osiągnięcia strategicznych celów projektowych	11
3.3	Aktualnie zakładane nadrzędne pryncypia architektoniczne OnkoBot	13
3.4	Potencjalne dodatkowe efekty	13
4	Kontekst strategiczny i uzasadnienie	14
4.1	Megatrendy technologiczne	14
4.1.1	Rewolucja AI w medycynie	14
4.1.2	Presja na system ochrony zdrowia	14
4.2	Pozycja strategiczna NIO-PIB	14
4.3	Analiza konkurencji i kontekstowy krajobraz rynku AI w medycynie	14
4.3.1	Wyspecjalizowane narzędzia AI (wąskie AI)	15
4.3.2	Zintegrowane, multimodalne platformy AI (szerokie AI)	15
4.4	Zasygnalizowanie wagi analizy regulacyjnej	15
4.5	Ważne wnioski dla strategii projektu OnkoBot	15
5	Wstępne wymagania i założenia dotyczące OnkoBot (do weryfikacji)	17
5.1	Wstępne Wymagania Użytkowników Dotyczące Architektury OnkoBot (do weryfikacji)	17
5.2	Wybrane Założenia Techniczne Architektury OnkoBot	18
5.3	Strategia Bezpieczeństwa Danych	19
5.4	Strategia Bezpieczeństwa Modeli AI	19
5.5	Wymagania Prawne i Regulacyjne	19
5.6	Integracja z Codziennym Workflow Klinicznym	19
5.7	Testy Wydajności i Skalowalność	19
6	Metody i Narzędzia Realizacji	20
6.1	Podejście do Wdrożenia i Komunikacji z Użytkownikami	20
6.2	Podejście do Komunikacji ze Sponsorami i Decydentami	20
6.3	Ewolucyjne Iteracyjne Podejście do Rozwoju (Agile/Hybrydowe)	20
6.3.1	Iteracyjna metoda rozwoju systemów	21
6.3.2	Równoczesna Kontrola Jakości QA	21

6.3.3	Przykładowe Narzędzia Realizacji	22
7	Architektura docelowa systemu OnkoBot	23
7.1	Koncepcja CEMA	23
7.2	Główne podsystemy użytkowe OnkoBot	23
7.3	Zarys Architektury OnkoBot: Główne podsystemy architektoniczne	23
7.4	Kluczowe innowacyjne aspekty technologiczne	27
7.5	Kluczowe komponenty technologiczne	27
8	Propozycja Strategicznego Planu Realizacji Projektu	28
8.1	Faza 0: Inicjacja Projektu	28
8.2	Faza 1: Przygotowawcza (2025-2026)	29
8.3	Faza 2: Pilotażowa (2027-2028)	29
8.4	Faza 3: Integracyjna (2029-2030)	30
8.5	Faza 4: Ekspansji i Nadzorowanej Autonomii AI (CEMA) (2031+)	30
8.6	Przykładowe Plany realizacji Głównych Funkcjonalności Użytkowych	31
8.6.1	Mapa drogowa realizacji głównych podsystemów	31
8.6.2	Kluczowe zasady rozwoju funkcjonalności użytkowych	31
9	"Proof of Concept": Makiety/Prototypy w celu weryfikacji koncepcji OnkoBot	32
9.1	OnkoBot.P - Wsparcie pacjentów	32
9.2	OnkoBot.L - Wsparcie lekarzy	32
9.3	OnkoBot.E - Edukacja i rozwój	32
9.4	OnkoBot.A - Audyt, jakość i bezpieczeństwo zastosowań AI	33
9.5	OnkoBot.B - Badania i rozwój	33
9.6	OnkoBot.D - Analiza, ocena i doskonalenie efektywności ścieżek pacjentów i wskaźników jakości	33
10	Kluczowe KPI i Metryki Sukcesu OnkoBot i Analiza Korzyści	33
10.1	Key Performance Indicators (KPI)	33
10.2	Potencjalne korzyści finansowe	35
10.3	Korzyści niemierzalne	35
11	Zarządzanie i organizacja	35
11.1	Model governance	35
11.2	Organizacja i Zarządzanie w ramach OnkoBot	35
11.3	Zarządcza Struktura Planowania i Raportowania Postępów	36
11.4	Uszczegółowienie Kluczowych Aspektów Zarysu Organizacji i Zarządzania	37
11.4.1	Komitet Sterujący (KS)	37
11.4.2	Zespół Zarządzający Projektem	38
11.4.3	Zespoły Robocze	38
11.4.4	Biuro Projektu	39
11.4.5	Macierz RASCI	39
12	Krytyczne czynniki sukcesu	41
12.1	Czynniki technologiczne	41
12.2	Czynniki organizacyjne	42
12.3	Czynniki zewnętrzne	42
13	Strategia wdrożenia i zarządzania zmianą	43
13.1	Podjęcie do wdrożenia	43

13.1.1 Zasady wdrożenia	43
13.2 Program zarządzania zmianą	43
13.2.1 Faza 1: Przygotowanie gruntu (2025)	43
13.2.2 Faza 2: Budowanie momentum (2026-2027)	43
13.2.3 Faza 3: Skalowanie (2028-2030)	44
13.2.4 Faza 4: Architektura CEMA AI (2031+)	44
14 Oczekiwane rezultaty i wpływ	44
14.1 Wpływ na pacjentów	44
14.2 Wpływ na personel medyczny	44
14.3 Wpływ na organizację	45
15 Plan komunikacji i promocji	45
15.1 Grupy docelowe	45
15.2 Kluczowe komunikaty	45
15.3 Kanały komunikacji	46
16 Budżet i źródła finansowania	46
16.1 Wstępny szacunkowy budżet szacunkowy całości projektu	46
16.2 Propozycja szacunkowej struktury kosztów całego projektu w rozbiciu na fazy . .	47
16.3 Propozycja szacunkowej struktury kosztów Fazy Przygotowawczej	48
16.4 Źródła finansowania	48
17 Potencjalni partnerzy technologiczni	48
18 Analiza SWOT dla projektu OnkoBot	50
19 Najbliższe kroki: Faza 0: Inicjacja Projektu	50
20 Podsumowanie i wezwanie do działania	51
20.1 Kluczowe przesłania	51
20.2 Apel do interesariuszy	51
21 Bibliografia	52
Załączniki	53
A OnkoBot: Potencjalne Korzyści Lekarzy i Pacjentów	53
A.1 OnkoBot: Podstawowe Obszary Potencjalnych Korzyści Lekarzy i Pacjentów . . .	53
A.1.1 OnkoBot: Obszary Korzyści dla Lekarzy	53
A.1.2 OnkoBot: Obszary Korzyści dla Pacjentów	53
A.2 Wybrany Złożony Przykład Korzyści z D-06 (z części A.1.1): Optymalizacja Terapii Nowotworów Rzadkich	54
A.2.1 Zarys Procesu Analizy i Przetwarzania Danych w Leczeniu Nowotworów Rzadkich z Wsparciem MLLM/GraphRAG+	54
A.2.2 Konkretnie Praktyczne Zastosowania MLLM/GraphRAG+ oraz MCMC w onkologii	54
A.2.3 Korzyści z zastosowania MCMC	55
A.3 OnkoBot: Przykłady Korzyści dla Lekarzy	55
A.3.1 D-01: Szybsza i trafniejsza diagnoza	55
A.3.2 D-02: Zmniejszenie liczby błędów medycznych	55

A.3.3	D-03: Personalizacja leczenia	56
A.3.4	D-04: Wsparcie w podejmowaniu decyzji	56
A.3.5	D-05: Dostęp do wytycznych i rekomendacji	56
A.3.6	D-06: Możliwość prowadzenia badań naukowych	56
A.3.7	D-07: Optymalizacja kosztów opieki medycznej	57
A.3.8	D-08: Automatyzacja zadań administracyjnych	57
A.3.9	D-09: Integracja z telemedycyną	57
A.3.10	D-10: Wsparcie w zarządzaniu zespołem	57
A.4	OnkoBot: Przykłady Korzyści Pacjentów	58
A.4.1	P-01: Dostęp do autoryzowanych ogólnych informacji medycznych	58
A.4.2	P-02: Dostęp do autoryzowanych spersonalizowanych informacji medycznych	58
A.4.3	P-03: Lepsza komunikacja z lekarzem lub nadzorowane jej zastąpienie komunikacją z asystentem AI	58
A.4.4	P-04: Wsparcie monitorowania stanu zdrowia	59
A.4.5	P-05: Zwiększenie poczucia kontroli nad procesem leczenia	59
A.4.6	P-06: Zwiększenie satysfakcji i komfortu	59
A.4.7	P-07: Wsparcie automatycznego dialogu	59
A.4.8	P-08: Wsparcie psychologiczne	60
A.4.9	P-09: Integracja społeczna	60
A.4.10	P-10: Skrócenie czasu oczekiwania na diagnostykę i świadczenia	60
A.5	Podsumowanie Zastosowań MLLM/GraphRAG+	60
A.6	Rekomendacje wdrożeniowe	61
A.7	Podsumowanie Oczekiwanych Korzyści dla NIO-PIB oraz UWM z Realizacji Projektu	61
B	OnkoBot: Propozycja Konfiguracji Uruchomienia Platformy Obliczeniowej HPC na Etapie Fazy Przygotowawczej	62
B.1	Wprowadzenie	63
B.1.1	Cele Projektu Konfiguracji i Uruchomienie Platformy Obliczeniowej HPC na Etapie Fazy Przygotowawczej	63
B.1.2	Kluczowi Interesariusze	63
B.2	Nadrzędne Pryncypia Architektoniczne	64
B.2.1	Bezpieczeństwo, Rozliczalność i Prywatność	64
B.2.2	Zgodność Regulacyjna	64
B.2.3	HITL (Human-in-the-Loop)	64
B.2.4	Skalowalność i Elastyczność	64
B.2.5	Interoperacyjność	65
B.2.6	Lokalizacja Danych	65
B.2.7	Potencjalna Przenoszalność	65
B.3	Orientacyjne Fazy Rozwoju Projektu z perspektywy rozwoju zapotrzebowania na platformę obliczeniową HPC	66
B.3.1	Faza Przygotowawcza (2025 – 2026)	66
B.3.2	Faza Pilotażowa (2027 – 2028)	66
B.3.3	Faza Integracyjna (2029 – 2031)	66
B.3.4	Faza CEMA (2032+)	66
B.4	Wymagania na Moce Obliczeniowe HPC dla Pięciu Środowisk Technologicznych dla potrzeb Fazy Przygotowawczej	67
B.4.1	Środowisko DEV (Development)	67
B.4.2	Środowisko STG (Staging)	67
B.4.3	Środowisko UAT (User Acceptance Testing)	68

B.4.4	Środowisko PROD (Production/Badania Kliniczne)	68
B.4.5	Środowisko AIP (AI Platform)	68
B.5	Stos Technologiczny	69
B.5.1	Infrastruktura i Platforma	69
B.5.2	Komponenty Aplikacyjne	69
B.5.3	Monitoring i Bezpieczeństwo	69
B.5.4	Rdzeń AI	69
B.6	Zoptymalizowany Kosztorys Roczny	70
B.6.1	Podsumowanie Kosztów	70
B.6.2	Szczegółowy Podział Kosztów	70
B.6.3	Kluczowe Założenia Optymalizacyjne	71
B.6.4	Szczegółowa Tabela Kosztów	71
B.7	Plan Wdrożenia Środowiska Obliczeniowego i Harmonogram jego rozwoju w Fazie Przygotowawczej	73
B.7.1	Przykładowe Kamienie Milowe Środowiska Obliczeniowego	73
B.7.2	Zarządzanie Ryzykiem	73
B.8	Metryki Sukcesu i KPI	73
B.8.1	Metryki Techniczne	73
B.8.2	Metryki Biznesowe	73
B.8.3	Metryki Compliance w 2026	74
B.9	Podsumowanie i Rekomendacje	74
B.9.1	Kluczowe Wnioski	74
B.9.2	Rekomendacje Strategiczne	74
B.10	Załączniki	75
B.10.1	A. Słownik Pojęć	75

1 Streszczenie Zarządcze (podsumowanie dla Kierownictwa)

Projekt **OnkoBot** to strategiczna inicjatywa **Narodowego Instytutu Onkologii (NIO-PIB)**, której celem jest radykalne zwiększenie jakości i dostępności usług medycznych w onkologii poprzez wdrożenie **zintegrowanego systemu AI** działającego w trybie **24/7**.

System ma wspierać zarówno **pacjentów**, jak i **lekarzy**, zapewniając bezpieczny dostęp do zweryfikowanej wiedzy klinicznej, wspomagając proces diagnostyki i terapii, a także wspierając działalność badawczo-rozwojową i procesy zarządcze w NIO-PIB.

1.1 Kluczowe własności OnkoBot

- **Tryb 24/7** – nieprzerwany dostęp pacjentów i lekarzy do spersonalizowanego wsparcia.
- **Zgodność z regulacjami** – system projektowany jest zgodnie z wymogami **AI Act**, RODO i europejskimi standardami etycznymi.
- **Architektura modułowa** – rozwój podsystemów użytkowych OnkoBot: wsparcie pacjentów (OnkoBot.P), wsparcie lekarzy (OnkoBot.L), edukacja (OnkoBot.E), wsparcie badań naukowych w onkologii (OnkoBot.B), wsparcie i koordynacja leczenia (OnkoBot.K), audyt, jakość i bezpieczeństwa (OnkoBot.A) oraz ocena i doskonalenie efektywności ścieżek pacjentów i wskaźników jakości (OnkoBot.D).
- **Podejście fazowe (2025–2031+)**:
 - **Przygotowanie (2025–2026)**: prototypy i proof-of-concept.
 - **Pilotaż (2027–2028)**: wdrożenie w wybranych jednostkach klinicznych.
 - **Integracja (2029–2030)**: pełne osadzenie w strukturze NIO-PIB.
 - **CEMA (2031+)**: centrum doskonałości i platforma współpracy międzynarodowej.

1.2 Wartość strategiczna dla NIO-PIB

1. **Radykalna poprawa dostępności usług onkologicznych** – system dostępny przez całą dobę wypełnia krytyczną lukę w opiece nad pacjentami.
2. **Budowa przewagi konkurencyjnej** – NIO-PIB jako pierwsza instytucja w Polsce wdraża kompleksową platformę AI w onkologii.
3. **Bezpieczeństwo i zaufanie** – wbudowane zaawansowane, innowacyjne mechanizmy audytu i zgodności regulacyjnej (*trust-by-design*).
4. **Wzrost potencjału badawczo-rozwojowego** – OnkoBot wspiera prace naukowe, analizy danych i rozwój innowacyjnych terapii.
5. **Effekt edukacyjny i systemowy** – szkolenie kadr, popularyzacja wiedzy, rozwój kompetencji cyfrowych.

1.3 ”Proof of Concept”

W ramach siedmiu głównych podsystemów użytkowych przedstawionych w sekcji 7.2 rozpoczęto prace nad szczegółowymi podprojektami weryfikującymi koncepcję OnkoBot. W ich trakcie powstało wiele makiet i prototypów, które umożliwiły zebranie wstępnych doświadczeń i ocenę założeń projektu. Zakres uruchomionych prac opisany jest w sekcji 9

1.4 Konkluzja

OnkoBot to nie tylko projekt technologiczny, ale **strategiczny krok w kierunku nowoczesnej onkologii**, w której pacjenci, lekarze i badacze otrzymują wsparcie przez całą dobę, w oparciu o bezpieczne, transparentne i zgodne z regulacjami narzędzia AI.

1.5 Zastrzeżenie

Należy podkreślić, że niniejszy dokument stanowi jedynie wstępną i bardzo roboczą wersję zarysu strategii realizacji OnkoBot opracowaną przez zespoły zawierające osoby (poza dwoma wyjątkami) z zewnątrz NIO-PIB. Dopiero po zakończeniu Fazy Przygotowawczej będzie możliwe opracowanie wykonawczej wersji strategii realizacji OnkoBot. W szczególności w Fazie Przygotowawczej planowane jest przeprowadzanie niezbędnych do tego szczegółowych profesjonalnych analiz wymagań, wykonalności (w tym możliwości finansowania) oraz zbudowanie i ocena testowych prototypów.

2 Wprowadzanie

2.1 Co to jest OnkoBot?

OnkoBot jest to nazwa projektu i jednocześnie systemu, który ma powstać jako efekt tego projektu.

System OnkoBot ma być zintegrowaną platformą AI wspierającą pacjentów i lekarzy w Narodowym Instytucie Onkologii PIB. Projekt zakłada stopniową transformację opieki onkologicznej poprzez wdrożenie zaawansowanych technologii sztucznej inteligencji w czterech głównych fazach realizacyjnych rozłożonych na okres 2025-2031+. System ma na celu:

- Zintegrowane wspieranie lekarzy i pacjentów w procesach:
 - diagnostycznych,
 - leczniczych,
 - prehabilitacji i rehabilitacji,
 - dostępu do zweryfikowanej informacji medycznej,
 - rozwoju i działalności badawczo-naukowej.
- Wspieranie kadry zarządzającej w:
 - analizie i ocenie efektywności ścieżek pacjentów i wskaźników jakości,
 - doskonaleniu i optymalizacji tych ścieżek oraz wskaźników jakości.

Technologiczna koncepcja systemu opiera się na synergicznym połączeniu najnowszych, dynamicznie rozwijających się technik AI. W szczególności planowane jest wykorzystanie:

- Zaawansowanych multimodalnych modeli językowych (MLLM), dostępnych przez API oraz dostrojonych modeli open source (np. Llama, MedGemma, Meditron).
- Metod Retrieval-Augmented Generation (RAG) z wykorzystaniem grafów wiedzy do reprezentacji ontologii pojęć (GraphRAG).
- Dedykowanych schematów rozumowania medycznego, opartych na wiedzy eksperckiej, pozwalających weryfikować poziom zaufania do dialogów prowadzonych przez AI, z użyciem różnych typów obliczeń granularnych (GrC, IGrC) w logice klasycznej i nieklasycznej.

- Matematycznych modeli predykcyjnych (np. przeżycia pacjentów), statystycznych analiz danych medycznych, wnioskowań bayesowskich, metod MCMC, identyfikacji i analizy związków przyczynowo-skutkowych (Causal AI) oraz innych podejść wspierających decyzje kliniczne danymi ilościowymi.
- Technologii inteligentnych systemów wieloagentowych.

OnkoBot będzie dostosowany do krajowych uwarunkowań – specyfiki polskiego systemu ochrony zdrowia oraz charakterystyki rodzimej populacji pacjentów onkologicznych. Świadome uwzględnienie lokalnych realiów oraz bieżąca współpraca z ekspertami i personelem medycznym stanowią istotną wartość dodaną projektu, zarówno dla pacjentów, jak i lekarzy. Dzięki temu OnkoBot skutecznie przyczyni się do usprawnienia diagnostyki, terapii oraz komunikacji z pacjentem, jednocześnie podnosząc jakość leczenia i poprawiając efektywność organizacyjną. Lokalna specyfika wyróżni OnkoBot na tle innych rozwiązań tego typu na świecie. Projekt został zaplanowany jako skalowalny, co umożliwi jego adaptację i wdrożenie w innych ośrodkach medycznych.

W ramach prac projektowych przewidziana jest również intensywna działalność naukowa, obejmująca publikacje – od wstępnych artykułów opisujących ideę i założenia projektu, po kolejne opracowania prezentujące wyniki badań poszczególnych etapów oraz finalne efekty wdrożenia. Strategia ta nie tylko upowszechni zdobytą wiedzę, lecz także wzmocni pozycję NIO-PIB jako czołowego ośrodka badawczego w obszarze innowacyjnych zastosowań AI w onkologii.

Dodatkowo OnkoBot będzie pełnił rolę platformy edukacyjnej, wspierając rozwój kompetencji kadry medycznej, naukowców i studentów w zakresie praktycznego stosowania AI w medycynie.

OnkoBot stanowi zatem zarówno innowacyjne narzędzie wspierające praktykę kliniczną, jak i strategiczną platformę badawczo-edukacyjną, wpisującą się w światowe trendy wykorzystania AI w onkologii.

Sekcja A dokumentu zawiera opis potencjalnych korzyści dla lekarzy i pacjentów wynikających z zastosowania systemu OnkoBot. W Sekcji 7.2 przedstawiono propozycję podziału na główne podsystemy OnkoBot. W Sekcji 8 opisano planowane cele głównych faz realizacji, a w Sekcji 8.6 – ramowy plan działań. Ponadto w Sekcji 8.6.1 znajduje się harmonogram realizacji głównych podsystemów OnkoBot.

2.2 Kluczowe własności OnkoBot

- **Okres realizacji:** 2025-2031+ (z możliwością kontynuacji).
- **Wstępny szacunkowy budżet:** 78-117 mln PLN (całość projektu).
- **Główne podsystemy:** 7 podsystemów użytkowych zintegrowanych w jeden spójny system AI/IT:
 1. **OnkoBot.P** - wsparcie informacyjne pacjenta i opiekunów
 2. **OnkoBot.L** - wsparcie decyzyjne lekarzy i personelu
 3. **OnkoBot.E** - wsparcie edukacji i rozwoju
 4. **OnkoBot.B** - wsparcie badań naukowych i rozwoju
 5. **OnkoBot.K** - wsparcie koordynacji leczenia
 6. **OnkoBot.A** - audyt, jakość i bezpieczeństwo zastosowań AI
 7. **OnkoBot.D** - analiza, ocena i doskonalenie efektywności ścieżek pacjentów i wskaźników jakości
- **Szczegółowe podprojekty:** rozpoczęcie od 9 podprojektów w Fazie Przygotowawczej

- **Beneficjenci:** Pacjenci onkologiczni (dorośli i dzieci), lekarze, personel medyczny, naukowcy
- **Partnerzy strategiczni:** NIO-PIB, UWM, potencjalni dostawcy technologii

2.3 Fazy realizacji

1. **Faza Przygotowawcza (2025-2026)** - analiza wymagań, prototypy, pilotaże
2. **Faza Pilotażowa (2027-2028)** - wdrożenia w wybranych obszarach
3. **Faza Integracyjna (2029-2030)** - skalowanie i integracja systemów
4. **Faza CEMA (2031+)** - pełna autonomia i ewolucja systemu. CEMA jest skrótem od: Community of Collaborative Evolving Medical Assistants

3 Misja, podejście technologiczne i najważniejsze pryncypia projektowe

3.1 Misja i Strategiczne Cele Projektowe

Misja i Strategiczne Cele Projektowe OnkoBot

Misją OnkoBot jest poprawa jakości diagnostyki, leczenia i świadczenia usług szpitala dla pacjentów onkologicznych poprzez zastosowanie odpowiednich technologii AI.

Realizacja misji OnkoBot polega na realizacji następujących merytorycznych strategicznych celów projektowych:

- Zwiększenie skuteczności diagnostyki i terapii dzięki AI wspierającej decyzje kliniczne z uwzględnieniem krajowych uwarunkowań i specyfiki populacji.
- Znacząca poprawa jakości życia pacjentów onkologicznych poprzez wsparcie 24/7 przez AI lekarzy i pacjentów.
- Optymalizacja wykorzystania zasobów przynosząca wymierne korzyści dla pacjentów, lekarzy i szpitala.
- Demokratyzacja dostępu do najnowszej wiedzy onkologicznej dla pacjentów i lekarzy.
- Budowa centrum kompetencji AI w medycynie poprzez współpracę NIO-PIB i UWM.

3.2 Metody osiągnięcia strategicznych celów projektowych

OnkoBot: Metody osiągnięcia strategicznych celów

OnkoBot realizuje swoją misję poprzez zaprojektowanie, zbudowanie, wdrożenie, bezpieczną eksploatację i ciągły rozwój zintegrowanego systemu AI OnkoBot – planowanego filaru opieki onkologicznej w NIO-PIB – znacząco podnoszącego skuteczność i jakość leczenia, satysfakcję pacjentów oraz efektywność wykorzystania zasobów.

Podjęcie technologiczne do osiągnięcia strategicznych celów projektowych

Realizacja misji wykorzystuje najnowsze technologie AI – od dużych multimodalnych modeli językowych (MLLM), poprzez systemy RAG i grafy wiedzy, po dedykowane mechanizmy wnioskowania oraz interfejsy z zewnętrznymi bazami danych i urządzeniami IoT – z bezwzględnym priorytetem dla poprawności, bezpieczeństwa i wiarygodności. **Osiągnięcie tych celów w zastosowaniach medycznych wymaga zapewnienia pełnej rozliczalności, rozumianej jako możliwość śledzenia i dokumentowania działań systemu, oraz maksymalnej wyjaśnialności podejmowanych przez niego decyzji.**

3.3 Aktualnie zakładane nadrzędne pryncypia architektoniczne OnkoBot

Aktualnie zakładane Nadrzędne pryncypia architektoniczne

- **Bezpieczeństwo, rozliczność i prywatność** — pełna zgodność z RODO, NIS2 oraz ISO 27001.
- **Zgodność regulacyjna** — EU AI Act (system wysokiego ryzyka), MDR (klasa IIb/III), IEC 62304.
- **Przenoszalność** — architektura multi-cloud oparta na Terraform + Kubernetes.
- **Skalowalność / elastyczność** — mikro-usługi agentowe, autoskalowanie.
- **Interoperacyjność** — FHIR R5, DICOM web, IHE-XDS.
- **Lokalizacja danych** — wszystkie wrażliwe dane mogą być przetwarzane, przesyłane i przechowywane wyłącznie w bezpiecznej infrastrukturze obliczeniowej i przesyłowej w Polsce.

3.4 Potencjalne dodatkowe efekty

Potencjalne dodatkowe efekty wdrożenia OnkoBot

Potencjalne efekty dodatkowe wdrożenia OnkoBot to stworzenie w Polsce pierwszego w pełni zintegrowanego ekosystemu sztucznej inteligencji dla onkologii, który poprzez synergię zaawansowanych technologii AI, wiedzy eksperckiej i empatycznego podejścia do pacjenta, będzie miał wpływ na nowe standardy skuteczności, satysfakcji pacjentów i efektywności opieki onkologicznej w Polsce, a także Europie Środkowo-Wschodniej.

4 Kontekst strategiczny i uzasadnienie

4.1 Megatrendy technologiczne

4.1.1 Rewolucja AI w medycynie

Według raportu Goldman Sachs, w ciągu najbliższych 10 lat aż 300 milionów miejsc pracy w strefie euroatlantycznej będzie wymagało kompetencji AI. W medycynie transformacja ta jest już widoczna:

- Tsinghua AI Agent Hospital¹ (Chiny) - pierwszy autonomiczny szpital AI planujący obsługiwać tysiące pacjentów dziennie przy wsparciu AI²
- Wzrost produktywności o 67% dzięki wykorzystaniu AI (badanie Stanford/Bank Światowy 2025)³
- Adopcja AI/MLLM w miejscach pracy wzrosła z 30,1% do 43,2% w ciągu pierwszych 4 miesięcy w 2025 r⁴

4.1.2 Presja na system ochrony zdrowia

- Starzejące się społeczeństwo - wzrost zachorowań na nowotwory
- Rosnąca złożoność terapii onkologicznych
- Niedobory kadrowe w służbie zdrowia
- Konieczność optymalizacji kosztów leczenia

4.2 Pozycja strategiczna NIO-PIB

Narodowy Instytut Onkologii jako wiodący ośrodek onkologiczny w Polsce ma unikalną szansę:

- Zostania liderem transformacji cyfrowej w onkologii w regionie
- Przyciągnięcia najlepszych talentów i partnerów technologicznych
- Poprawy wskaźników klinicznych i satysfakcji pacjentów
- Generowania przychodów z komercjalizacji rozwiązań

4.3 Analiza konkurencji i kontekstowy krajobraz rynku AI w medycynie

Na świecie obserwujemy dynamiczny rozwój rozwiązań zastosowań AI w medycynie. Praktycznie dzielą się one na dwie kategorie:

¹<https://medium.com/enrique-dans/from-bedside-to-database-the-reality-of-an-ai-hospital-1a8d104de683>

²<https://arxiv.org/abs/2405.02957>

³https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5136877

⁴https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5136877

4.3.1 Wyszczególnione narzędzia AI (wąskie AI)

Systemy zaprojektowane do bardzo dobrego wykonywania pojedynczego zadania w konkretnym etapie ścieżki klinicznej. Zwykle operują na jednym typie danych (np. obrazowanie, histopatologia) i wspierają diagnozę, prognozowanie lub planowanie terapii.

Przykłady (z orientacyjną rolą):

- **ProFound AI** – wspomaganie wykrywania raka piersi w mammografii (screening/diagnoza).
- **ArteraAI Prostate** – analiza obrazów z biopsji prostaty pod kątem rokowania i doboru leczenia (stratyfikacja ryzyka).
- **PathAI, Paige** – cyfrowe platformy patologiczne do identyfikacji zmian nowotworowych (diagnostyka).
- **Tempus** – analiza danych molekularnych w onkologii spersonalizowanej (dobór terapii).
- **Sybil** – predykcja ryzyka raka płuca na podstawie TK (predykcja/stratyfikacja).
- **Viz.ai** – koordynacja przepływu pracy i szybkie oznaczanie pilnych przypadków (triage/komunikacja zespołu).

4.3.2 Zintegrowane, multimodalne platformy AI (szerokie AI)

Rozbudowane modele integrujące wiele rodzajów danych (tekst, obrazy, sygnały, dane – w tym genomowe). Ich celem jest działanie jako wszechstronny asystent kliniczny integrujący całą wiedzę medyczną dostępną w szpitalu: od wstępnej oceny, przez planowanie leczenia, po edukację i koordynację opieki nad pacjentem.

Przykłady:

- **Modele Google** – rodzina Med-PaLM (w tym Med-PaLM 2) oraz nowsze, multimodalne Med-Gemini.
- **Modele OpenAI** – modele ogólnego przeznaczenia o wysokiej wydajności (np. **GPT-4o**), adaptowane do zastosowań medycznych w konkretnej grupie szpitali.

4.4 Zasygnalizowanie wagi analizy regulacyjnej

Projekt OnkoBot będzie realizowany zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa polskiego i unijnego, w tym RODO (ochrona danych osobowych), Ustawą o wyrobach medycznych oraz rozporządzeniem MDR (Medical Device Regulation). W dalszych etapach planowane jest uzyskanie certyfikacji OnkoBota jako wyrobu medycznego, co wymaga spełnienia dodatkowych wymagań jakościowych i bezpieczeństwa. Szczególną uwagę poświęcimy zgodności z proponowanym AI Act, aby zapewnić transparentność, etyczność i bezpieczeństwo stosowanych algorytmów.

4.5 Ważne wnioski dla strategii projektu OnkoBot

Koszty stworzenia wiodących, bazowych modeli AI liczone są w miliardach dolarów, natomiast **koszty dostępu/licencji** są nieporównanie niższe. Coraz więcej ośrodków wykorzystuje również silne modele **open source** (np. rodzina Llama), **dostrajając** je do własnych potrzeb. W praktyce

najlepsze efekty daje **połączenie dostrajania (fine-tuning)** z **RAG** (Retrieval-Augmented Generation) oraz innych technik AI, co zapewnia:

- aktualność i śledzenie źródeł (wytyczne ESMO/NCCN, lokalne standardowe procedury postępowania i rekomendacji),
- kontrolę bezpieczeństwa danych (RODO/PHI),
- możliwość audytu i walidacji klinicznej na własnych przypadkach.

W związku z tym, **celem OnkoBota nie jest budowa i trenowanie od zera dużego modelu językowego**, lecz **inteligentne strojenie i adaptacja** najlepszych na świecie technologii AI do specyfiki Narodowego Instytutu Onkologii – w szczególności do danych polskich pacjentów oraz wewnętrznych standardów i procedur.

Takie podejście sprawia, że OnkoBot działa jak **zweryfikowany, kontekstowy asystent kliniczny**: rekomendacje są zgodne z aktualną wiedzą, **udokumentowane źródłowo**, bezpieczne i **dopasowane do realiów naszej placówki** (role i uprawnienia, logowanie działań, audyt). Dzięki temu redukujemy ryzyko, skracamy czas wdrożenia i koncentrujemy się na realnej wartości klinicznej.

Podsumowując, OnkoBot wyróżni się kompleksowym podejściem, integrując dane z różnych źródeł (obrazy, wyniki badań, dane kliniczne), wykorzystując innowacyjne algorytmy AI oraz uwzględniając specyfikę lokalnego systemu opieki zdrowotnej i potrzeby polskich pacjentów i lekarzy. Dodatkową przewagą jest ścisła współpraca z NIO-PIB, wiodącym ośrodkiem onkologicznym w Polsce.

5 Wstępne wymagania i założenia dotyczące OnkoBot (do weryfikacji)

Zastrzeżenia dotyczące wstępnych wymagań i założeń

1. Krytycznie ważnym warunkiem prawidłowej realizacji każdego złożonego systemu AI/IT jest wcześniejsze przeprowadzenie profesjonalnej analizy wymagań oraz oceny ich wykonalności. **Na tej podstawie powinny zostać uzgodnione z interesariuszami kluczowe założenia i pryncypia dotyczące realizacji projektu.**
2. Fundamentalne znaczenie mają rzetelnie udokumentowane wymagania przyszłych użytkowników systemu oraz wymagania dotyczące jego architektury i integracji z istniejącym środowiskiem technicznym.
3. W przypadku dużych i złożonych systemów tego typu analiza powinna być przeprowadzona przez interdyscyplinarny, wieloosobowy zespół doświadczonych analityków i inżynierów wymagań, działający według ustalonej metodologii i dysponujący odpowiednim wsparciem organizacyjnym.
4. Nieprofesjonalne zebranie lub udokumentowanie wymagań użytkowników oraz założeń architektonicznych — np. w oparciu o powierzchowne rozmowy, przypadkowe decyzje projektowe, brak dokumentacji lub brak analizy jakościowej — z reguły prowadzi do marnotrawstwa zasobów oraz znaczącego wzrostu ryzyka niepowodzenia projektu.
5. **Jednym z głównych zadań Fazy Przygotowawczej projektu jest zatem uruchomienie procesu tworzenia takiego zespołu analitycznego oraz przeprowadzenie wstępnej analizy potrzeb i wymagań. Do chwili obecnej Faza Przygotowawcza nie została formalnie rozpoczęta, a tym samym nie zainicjowano procesu powołania zespołu analityków i inżynierów wymagań (co wymaga wskazania i zabezpieczenia odpowiednich źródeł finansowania).**
6. **Pomimo wskazanych powyżej zastrzeżeń autorzy niniejszego dokumentu, działając z własnej inicjatywy i w warunkach wyjątkowo ograniczonych zasobów, opracowali dalej przedstawione wstępne propozycje zarysu wymagań, które — po zbudowaniu odpowiednio licznego i kompetentnego zespołu profesjonalistów — mogą stanowić punkt wyjścia do dalszych, pogłębionych analiz oraz oceny wykonalności systemu. Dokument ten należy traktować jako materiał dyskusyjny, a nie jako formalnie zatwierdzoną specyfikację.**

5.1 Wstępne Wymagania Użytkowników Dotyczące Architektury OnkoBot (do weryfikacji)

1. **Zapewnienie pacjentom i lekarzom nieprzerwanego dostępu do wiedzy, spersonalizowanego wsparcia oraz leczenia na najwyższym krajowym poziomie jakościowym.**
2. **W załączniku A, zatytułowanym „Potencjalne korzyści dla lekarzy i pacjentów”, przedstawiono zestaw funkcjonalności użytkowych proponowanych**

do uwzględnienia w zakresie wymagań funkcjonalnych systemu OnkoBot.

3. **Zapewnienie bezpieczeństwa, ergonomiczności i wysokiego komfortu z używania systemu.**
4. **Współpraca z zewnętrznymi bazami wiedzy** w celu wymiany wiedzy niezbędnej do prawidłowego funkcjonowania OnkoBot.
5. **Integracja z Elektroniczną Dokumentacją Medyczną (EDM), PACS, RIS** oraz systemami laboratoryjnymi i farmaceutycznymi.
6. **Przetworzenie dostępnych danych historycznych**, w tym dokumentacji papierowej (przy użyciu OCR), obrazów medycznych (PET, CT, TK, histopatologia).
7. **Zasilenie systemu wielkimi zbiorami danych i ewentualne udostępnianie danych zgodnie obowiązującymi przepisami** oraz ich standaryzacja, anonimizacja danych i wprowadzenie do baz wektorowych.
8. **Prowadzenie działalności naukowej** w zakresie badań i rozwoju innowacyjnych metod rozumowań agentów AI wspomagających skuteczne wsparcie lekarzy i pacjentów.
9. **Trening i dostosowanie modeli LLM/RAG** do danych medycznych oraz standardów leczenia onkologicznego.
10. **Implementacja oprogramowania OnkoBot oraz interfejsów użytkownika**, w tym asystentów AI (chatbot, voice assistant), dostępnych zarówno na potrzeby medyczne, jak i edukacyjne.
11. **Zapewnienie szerokiego dostępu dla pracowników szpitala i UWM** do możliwie szerokiej gamy chatbotów (niezależnie od dedukowanych systemów RAG rozwijanych w ramach projektu)
12. **Zapewnienie ciągłej komunikacji oraz szkoleń** dla personelu medycznego, administracyjnego oraz dla nowych pracowników w kolejnych fazach projektu.

5.2 Wybrane Założenia Techniczne Architektury OnkoBot

- Minimalizacja uzależnienia technologicznego.
- Architektura mikrousługowa, konteneryzacja (Docker/Kubernetes).
- Integracja z EDM/PACS/RIS przez standardy HL7/FHIR, API.
- Modele LLM trenowane/fine-tuningowane na lokalnych danych medycznych.
- RAG z bazami wektorowymi (np. FAISS) do szybkiego wyszukiwania kontekstu.
- MLOps: CI/CD, retraining co 3-6 miesięcy.
- Human-in-the-loop: weryfikacja trudnych przypadków przez ekspertów.

5.3 Strategia Bezpieczeństwa Danych

- Filtry anty-halucynacyjne, reguły biznesowe.
- Ochrona przed prompt injection: kontrola wejścia, sandboxy.
- Testy penetracyjne co 6 miesięcy.
- Monitorowanie jakości odpowiedzi, audyty logów.

5.4 Strategia Bezpieczeństwa Modeli AI

- Filtry anty-halucynacyjne, reguły biznesowe.
- Ochrona przed prompt injection: kontrola wejścia, sandboxy.
- Testy penetracyjne co 6 miesięcy.
- Monitorowanie jakości odpowiedzi, audyty logów.

5.5 Wymagania Prawne i Regulacyjne

- „Regulatory Roadmap” (ISO 13485, 14971, 62366, 62304, AI Act, RODO/DPIA, PMCF).
- Certyfikacja MDR.
- Dokumentacja procesów AI dla URPL (Urzędu Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych).
- Traceability zmian w modelach.

5.6 Integracja z Codziennym Workflow Klinicznym

- Scenariusze dnia pracy lekarza: OnkoBot sugeruje interpretacje badań, rekomendacje terapii.
- Dla pacjenta: portal / aplikacja mobilna, dostęp do informacji, pytania do asystenta.
- Integracja z harmonogramem wizyt, kolejkami, EDM.

5.7 Testy Wydajności i Skalowalność

- Obsługa do 200 zapytań/min.
- Skalowanie horyzontalne, automatyczne dodawanie instancji.
- Disaster recovery: kopie zapasowe co 24h, failover <1h.
- Testy failover raz na kwartał.

6 Metody i Narzędzia Realizacji

6.1 Podejście do Wdrożenia i Komunikacji z Użytkownikami

Kluczowym czynnikiem sukcesu projektu OnkoBot jest **angażowanie przyszłych użytkowników systemu** (personelu medycznego oraz pacjentów) już na wczesnych etapach prac. Planowane jest:

- Powołanie formuły *Ambasadorów Systemu* wśród kadry medycznej, którzy będą łączyć zespół projektowy z pozostałymi użytkownikami.
- Uruchomienie cyklicznych warsztatów i szkoleń, budujących zrozumienie funkcjonowania systemu AI (LLM, RAG) oraz wskazujących potencjalne korzyści i ograniczenia technologii.
- **Wczesne testy prototypów** i zbieranie feedbacku od personelu i pacjentów, aby dopasować rozwiązania do faktycznych potrzeb klinicznych.

Komunikacja ma być dwukierunkowa: z jednej strony systematyczne informowanie o postępach projektu, z drugiej – aktywne zbieranie opinii i sugestii. Pozwoli to zwiększyć akceptację innowacyjnego rozwiązania i uniknąć nieufności wobec nowych technologii.

6.2 Podejście do Komunikacji ze Sponsorami i Decydentami

Zakłada się, że Zespół Zarządzający Projektem będzie prowadził ciągłą i proaktywną komunikację ze Sponsorami, członkami Komitetu Sterującego oraz innym kluczowymi interesariuszami.

Centralnym punktem tego procesu będą regularne sesje uzgodnieniowe, organizowane po zakończeniu kluczowych etapów lub dostarczeniu produktów powiązanych z kamieniami milowymi. Podczas tych sesji prezentowane będą postępy prac, a dostarczone rezultaty będą podlegały formalnemu zatwierdzeniu lub skierowaniu do dalszych korekt.

W celu ustrukturyzowania tego procesu i zapewnienia zgodności z wymogami raportowania zarządczego, projekt będzie korzystał z hybrydowego modelu zarządzania. Model ten zintegruje zwinne podejście do rozwoju produktu (np. Scrum lub SAFe) z formalnymi ramami nadzoru i sprawozdawczości (np. opartymi na PRINCE2 lub PMBOK). Dzięki temu zespół deweloperski może pracować w krótkich iteracjach, a Komitet Sterujący otrzymuje regularne, spójne raporty o stanie projektu, co ułatwia podejmowanie strategicznych decyzji.

6.3 Ewolucyjne Iteracyjne Podejście do Rozwoju (Agile/Hybrydowe)

Ze względu na badawczo-rozwojowy charakter i złożoność technologii (AI, LLM, RAG), rekomenduje się **iteracyjne podejście do wdrażania** systemu OnkoBot:

- **Krótkie cykle rozwojowe** (np. 2–4 tygodnie) – definiowane w formie sprintów, w których tworzona jest konkretna wartość biznesowa lub funkcjonalna.
- **Regularne przeglądy i retrospektywy** – umożliwiające bieżącą ocenę postępów i wprowadzanie szybkich korekt.
- **Kamienie milowe na poziomie biznesowym** (np. zakończenie pilotażu z określoną grupą pacjentów i ocena skuteczności rekomendacji systemu).

- **Karty Projektu** – cały projekt OnkoBot oraz wszystkie jego podprojekty będą realizowane w oparciu o Karty Projektu. Każda karta zostanie dostosowana do skali i specyfiki danego zadania, zachowując jednocześnie merytoryczną i logiczną spójność z dokumentami nadrzędnymi (w tym z główną Kartą Projektu OnkoBot). Wszelkie zmiany w projekcie będą zarządzane według jednolitej, ustalonej procedury.

6.3.1 Iteracyjna metoda rozwoju systemów

Zakładamy, że iteracyjne podejście do rozwoju projektu będzie intensywnie wizualizowane przyszłym użytkownikom odpowiednimi artefaktami. Przykładowo rozwój oprogramowania będzie przebiegał iteracyjnie: od tworzenia makiet i prototypów, przez wdrożenia pilotażowe, aż po pełne wdrożenie produkcyjne. W celu zagwarantowania ścisłej współpracy z przyszłymi użytkownikami, przewiduje się ciągle zaangażowanie personelu medycznego w proces konsultacji, testów i szkoleń.

Projekt zakłada rozwój przyrostowy systemu wspierającego lekarzy i pacjentów. System będzie rozwijany za pomocą integrowanych ze sobą podsystemów, które (o ile nie będzie prowadziło to do nieporozumień będziemy również nazywali systemami).

Jednocześnie zakładamy, że budowa każdego systemu (Podsystemu) będzie spełniała następujące warunki:

1. Budowa każdego Podsystemu obejmowałaby wykonanie kolejnych wersji:
 - **Makieta:** wersja demonstracyjna w celu weryfikacji kompletności wymagań oraz koncepcji rozwiązania i wstępnej oceny jakości.
 - **Prototyp 1:** Pierwsza wersja systemu do testów jakości poszczególnych funkcjonalności.
 - **Prototyp 2:** Druga zintegrowana wersja systemu do testów jakości pod kątem dopuszczenia do pilotowego wdrożenia.
 - **Pilotowe Wdrożenie i Badania Medyczne:** Wersja udostępniona dla ograniczonego zakresu użytkowników w celu oceny gotowości do wdrożenia produkcyjnego (zwłaszcza z medycznego punktu widzenia).
 - **Pogłębione Badania Medyczne:** Wersja udostępniona dla ograniczonego zakresu użytkowników w celu oceny gotowości do wdrożenia produkcyjnego (zwłaszcza z medycznego punktu widzenia).
 - **Wersja Produkcyjna 1:** Wersja ma być stale monitorowana i doskonalona.
2. Spełnienie wszelkich zidentyfikowanych wymagań użytkowników, a zwłaszcza lekarzy i pacjentów. Szczególną uwagę należy zwrócić na:
 - Wymagania placówki medycznej
 - Najwyższe standardy bezpieczeństwa i jakości leczenia
 - Zapewnienie zgodności z przepisami prawnymi
 - Zapewnienie wymaganego poziomu bezpieczeństwa ze szczególnym uwzględnieniem kryteriów ochrony danych pacjentów (np. RODO).

6.3.2 Równoczesna Kontrola Jakości QA

Równoległe z postęпами projektu realizowana będzie systematyczna kontrola jakości wytwarzania oraz efektów najważniejszych artefaktów projektu

6.3.3 Przykładowe Narzędzia Realizacji

1. Chmura obliczeniowa (Np. AWS, Azure lub GCP): Skalowalna infrastruktura obliczeniowa, narzędzia MLOps, CI/CD, bezpieczeństwo.
2. Modele językowe i NLP (GPT-4, BERT, T5, fine-tuning na danych medycznych): Wsparcie dla zapytań klinicznych, generowanie rekomendacji, RAG dla integracji z bazą wiedzy.
3. OCR i Przetwarzanie Obrazu (Tesseract, AWS Textract, Azure Cognitive Services, Google Vision AI):
Automatyczna digitalizacja dokumentacji papierowej, analiza obrazów medycznych.
4. ETL, Integracja Danych (Apache Airflow, dbt, Talend): Przepływy danych, standaryzacja, kontrola jakości danych.
5. Interoperacyjność (HL7, FHIR): Zapewnienie zgodności ze standardami wymiany danych medycznych.
6. Platformy e-learningowe (Moodle, platformy chmurowe edukacyjne), narzędzia do tworzenia wideo (Camtasia, Loom):
Tworzenie i udostępnianie materiałów szkoleniowych, kursów online, nagrań instruktażowych.
7. Narzędzia do komunikacji wewnętrznej (Intranet, Slack/Teams, newslettery mailowe):
Stały przepływ informacji o postępach projektu, planach, nowych funkcjach.
8. Sandboksy i testowe środowiska AI: Udostępnienie prototypów asystentów AI personelowi do „zabawy” i oswojenia się z technologią bez presji.

7 Architektura docelowa systemu OnkoBot

Architektura systemu OnkoBot opiera się na zestawie współpracujących agentów (podsystemów architektonicznych), takich jak Asystent Medyczny czy OnkoTrust, które wspólnie realizują funkcjonalności wymagane przez poszczególne podsystemy użytkowe (OnkoBot.P, OnkoBot.L itd.).

7.1 Koncepcja CEMA

System OnkoBot w fazie docelowej będzie realizował koncepcję CEMA (Community of Collaborative Evolving Medical Assistants) - społeczności współpracujących i ewoluujących asystentów medycznych.

7.2 Główne podsystemy użytkowe OnkoBot

Struktura głównych podsystemów użytkowych

OnkoBot składa się z siedmiu głównych, współpracujących podsystemów użytkowych:

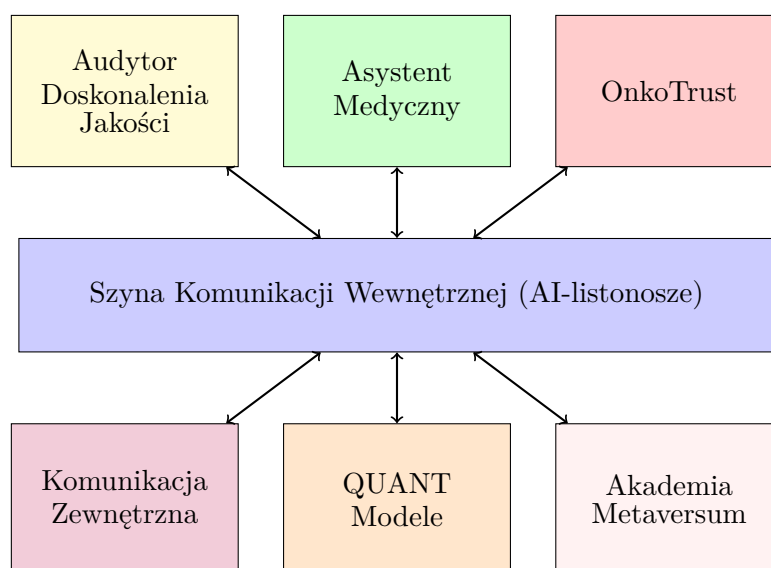
1. **OnkoBot.P** - wsparcie informacyjne pacjenta i opiekunów
2. **OnkoBot.L** - wsparcie decyzyjne lekarzy i personelu
3. **OnkoBot.E** - wsparcie edukacji i rozwoju
4. **OnkoBot.B** - wsparcie badań naukowych i rozwoju
5. **OnkoBot.K** - wsparcie koordynacji leczenia
6. **OnkoBot.A** - audyt, jakość i bezpieczeństwo zastosowań AI
7. **OnkoBot.D** - analiza, ocena i doskonalenie efektywności ścieżek pacjentów i wskaźników jakości

Jeśli nie będzie prowadziło to do nieporozumienia, to czasami te kolejne odpowiednio nazywamy krótko: podsystem P, podsystem L, podsystem E, podsystem B, podsystem K, podsystem A, podsystem D.

7.3 Zarys Architektury OnkoBot: Główne podsystemy architektoniczne

Architektura systemu OnkoBot opiera się na zestawie współpracujących agentów (podsystemów architektonicznych), takich jak Asystent Medyczny czy OnkoTrust, które wspólnie realizują funkcjonalności wymagane przez poszczególne podsystemy użytkowe (OnkoBot.P, OnkoBot.L itd.).

Wstępnie zakładamy, że wszystkie podsystemy OnkoBot będą implementowane za pomocą architektury składającej się z następujących modułów (głównych podsystemów architektonicznych):



Opisy głównych podsystemów architektonicznych (agentów) systemu OnkoBot

Asystent Medyczny (górażródek na rysunku z zarysem architektury)

Agenci dialogów z lekarzami i pacjentami

- Główny interfejs komunikacji z użytkownikami końcowymi
- Wspiera lekarzy w procesie diagnostycznym i terapeutycznym
- Zapewnia pacjentom dostęp do wiedzy medycznej w przystępnej formie
- Personalizuje komunikację w zależności od typu użytkownika

Audytory Dookonalenia Jakości (górażewo na rysunku z zarysem architektury)

Systematyczne automatyczne testowanie jakości Asystenta Medycznego przez agentów AI pod nadzorem ekspertów

- Ciągły monitoring jakości odpowiedzi systemu
- Automatyczne wykrywanie błędów i nieprawidłowości
- Weryfikacja zgodności z procedurami medycznymi
- Raportowanie do ekspertów medycznych
- Monitorowanie i analiza dialogów prowadzonych na wersji produkcyjnej przez Asystenta Medycznego w celu doskonalenia jakości działania OnkoBot

OnkoTrust (góra-prawo na rysunku z zarysem architektury)**Agenci weryfikacji poziomu zaufania do odpowiedzi modelu, oceny ryzyka (w pętli HITL) i blokowania odpowiedzi o niskim poziomie zaufania lub halucynacji Asystenta Medycznego**

- Kluczowy moduł bezpieczeństwa systemu
- Implementuje dedykowanych schematy reguł i rozumowań medycznych (jak np. w załączniku C), opartych na wiedzy eksperckiej, pozwalających weryfikować poziom zaufania do dialogów prowadzonych przez AI, z użyciem różnych typów obliczeń granularnych (GrC, IGrC) w logice klasycznej i nieklasycznych
- Wykrywa i blokuje potencjalnie błędne lub zmyślane informacje
- Weryfikuje odpowiedzi pod kątem zgodności z bazą wiedzy medycznej
- Zapobiega generowaniu niebezpiecznych rekomendacji
- Działa na bazie ustawionych przez ekspertów Acceptable Trust Level (ATL), klas ryzyka. Po ich przekroczeniu jest eskalacja HITL (Human In The Loop), tzn skorzystanie z konsultacji eksperta.
- Wspiera audytowalność podejmowanych decyzji oraz zgodność z wymogami prawnymi (np. RODO, AI Act).

QUANT (dół-środek na rysunku z zarysem architektury)**Agenci budowania, oceny, rozwoju i eksploatacji modeli ilościowych**

- Matematyczne modeli predykcyjnych (np. przeżycia pacjentów),
- Statystycznych algorytmy analiz danych medycznych
- Wnioskowania bayesowskie
- Metody MCMC
- Metody identyfikacji i analizy związków przyczynowo-skutkowych (Causal AI)
- Optymalizacja ścieżek terapeutycznych
- Wsparcie decyzji klinicznych danymi ilościowymi

Akademia Metaversum (dół-prawo na rysunku z zarysem architektury)**Agenci wspierający edukację Asystentów Medycznych w Metaversum Akademii**

- Środowisko symulacyjne do treningu agentów AI (zwłaszcza agentów medycznych)
- Wirtualne przypadki kliniczne (symulakrum)
- Warianty "siłowni", "sal gimnastycznych" dla AI agentów (jest to przyjęta terminologia w AI na moduły "doskonalenie wiedzy i umiejętności" AI agentów)
- Ciągłe doskonalenie modeli poprzez uczenie
- Platforma edukacyjna dla personelu medycznego

Szyna Komunikacji Wewnętrznej (centrum na rysunku z zarysem architektury)**Asystenci Komunikacji Wewnętrznej: między agentami systemu OnkoBot (AI-listonosze)**

- Centralny element architektury zapewniający komunikację między wszystkimi modułami
- AI-listonosze działają jako inteligentni pośrednicy przekazujący informacje. Intuicyjnie jest to środowisko agentów obsługujących szynę komunikacyjną/event bus.
- Gwarantują spójność i synchronizację działań całego systemu

Komunikacja Zewnętrzna (dół-lewo na rysunku z zarysem architektury)**Kluczowy moduł zapewniający pełną integrację z ekosystemem informatycznym NIO-PIB**

- Integracja z kluczowymi systemami szpitalnymi (**HIS/EDM, RIS, PACS**) w oparciu o standardy **HL7 FHIR** i **DICOM**, eliminująca potrzebę ręcznego wprowadzania **danych** i zapewniająca dostęp do pełnej dokumentacji pacjenta (zasoby *Patient, Observation, ImagingStudy*).
- Dwukierunkowa komunikacja z **systemami laboratoryjnymi** (wyniki w czasie rzeczywistym) oraz **bazami programów lekowych** (weryfikacja zgodności terapii).
- Obsługa strumieni danych z **medycznych urządzeń IoT** (np. monitory pacjenta, urządzenia noszone) w celu ciągłego monitorowania stanu zdrowia i **wczesnego wykrywania powikłań**.
- Wymiana danych z **zewnętrznymi bazami wiedzy i rejestrami medycznymi** (np. Krajowymi Rejestrami Nowotworów) w celu wzbogacania analiz o **dane populacyjne i wyniki badań naukowych**.

7.4 Kluczowe innowacyjne aspekty technologiczne

Kluczowe innowacyjne aspekty technologiczne

Architektura OnkoBot integruje modele (AI/MLLM/GraphRAG+) z systemami regułowymi (eksperckimi), obliczeniami granularnymi (GrC) w wielu typach logik, zaawansowanymi modelami matematycznymi (statystyczne i optymalizacji), bazami wiedzy oraz metodami interakcyjnych obliczeń granularnych (IGrC), co pozwala na maksymalizację jakości, bezpieczeństwa i wyjaśnialności AI-asystentów.

Ten hybrydowy model łączy:

- **Elastyczność AI/MLLM** – naturalna komunikacja i adaptacja
- **Pewność systemów regułowych** – weryfikowane protokoły medyczne
- **Precyzję modeli matematycznych** – dokładne prognozy i optymalizacje
- **Wiarygodność baz wiedzy** – sprawdzone dane medyczne

Taka architektura gwarantuje, że system OnkoBot nie tylko efektywnie wspiera proces leczenia onkologicznego, ale przede wszystkim jest bezpieczny, wiarygodny i transparentny w swoich działaniach bazujących na: bieżącej wiedzy medycznej, rekomendowanych schematach postępowania medycznego w Polsce, a także międzynarodowych standardach.

7.5 Kluczowe komponenty technologiczne

Ostateczne decyzje dotyczące komponentów technologicznych zostaną pojęte na podstawie analiz i badań w Fazie Przygotowawczej. Wstępnie opracowano propozycję konfiguracji platformy obliczeniowej w Fazie Przygotowawczej. Ta propozycja specyfikacji znajduje się w załączniku B.

Dalsze uwagi w tej sekcji na temat komponentów technologicznych mają charakter orientacyjny i stanowią materiał do głębszej dyskusji.

1. Przykładowe Modele AI/MLLM

- GPT, Claude, DeepSeek
- Modele specjalistyczne dla obrazowania medycznego
- Modele predykcyjne i optymalizacyjne

2. Infrastruktura

- Chmura hybrydowa (on-premise + public cloud)
- Klaster HPC dla trenowania modeli
- Systemy backup i disaster recovery

3. Integracje

- HL7 FHIR dla wymiany danych medycznych
- DICOM dla obrazowania
- API dla systemów zewnętrznych

4. Bezpieczeństwo

- Szyfrowanie end-to-end
- Audyt trail dla wszystkich operacji
- Zgodność z RODO, AI Act, MDR

8 Propozycja Strategicznego Planu Realizacji Projektu

Niniejsze sekcja przedstawia propozycję strategicznego planu realizacji w perspektywie lat 2025-2031+.

Kluczowym założeniem metodycznym jest prowadzenie wszystkich działań w oparciu o wspólne standardy oraz sformalizowaną dokumentację, z kluczową rolą Kart Projektu. **Zarządzanie projektem opierać się będzie na dwupoziomowej strukturze:**

1. **Nadrzędnej Karty Projektu OnkoBot**, definiującej całościową wizję, strategię i uzasadnienie biznesowe.
2. **Szczegółowych Kart Fazy**, określających precyzyjne cele, zakres i zasoby na każdy kolejny etap realizacji.

Przejście pomiędzy poszczególnymi fazami będzie uwarunkowane formalnym przeglądem (Gate Review i sesjami uzgodnieniowymi z kluczowymi interesariuszami), w ramach którego następować będzie aktualizacja obu dokumentów. Wszelkie zmiany w projekcie będą zarządzane według jednolitej, ustalonej procedury.

8.1 Faza 0: Inicjacja Projektu

Prawidłowa inicjacja złożonego projektu jest niezbędna do zbudowania solidnych fundamentów jego sukcesu, minimalizując ryzyko niepowodzenia i marnotrawstwa zasobów.

1. Opracowanie i zatwierdzenie **nadrzędnej Karty Projektu dla całego projektu OnkoBot**, zawierającej m.in. wstępne założenia dotyczące planu, celów i zakresu Fazy Przygotowawczej.
2. **Przeprowadzenie sesji uzgodnieniowej z kluczowymi interesariuszami w celu akceptacji Karty Projektu.**
3. **Powołanie zespołu zarządzającego odpowiedzialnego za realizację Fazy Przygotowawczej.**
4. Opracowanie i zatwierdzenie **szczegółowej Karty Fazy Przygotowawczej Projektu OnkoBot**, zawierającej szczegółowy plan, cele i zakres Fazy Przygotowawczej.
5. **Przeprowadzenie sesji uzgodnieniowej z kluczowymi interesariuszami w celu akceptacji Karty Fazy Przygotowawczej Projektu.**
6. **Zabezpieczenie i przekazanie środków finansowych oraz upoważnień niezbędnych do działania zespołu.**
7. **Uruchomienie procesów budowy profesjonalnych zespołów IT/AI oraz ekspertów dziedzinowych.**
8. **Zainicjowanie prac nad przygotowaniem infrastruktury obliczeniowej i administracyjnej.**
9. **Oficjalne rozpoczęcie (Kick-off) Fazy Przygotowawczej.**

8.2 Faza 1: Przygotowawcza (2025-2026)

Głównym celem tej fazy jest stworzenie i weryfikacja fundamentów technologicznych i organizacyjnych projektu.

- Zbudowanie i przetestowanie makiet oraz prototypów kluczowych podsystemów.
- Zdefiniowanie i udokumentowanie wymagań użytkowników oraz założeń architektury systemowej.
- Przeprowadzenie analizy wykonalności technicznej i operacyjnej zdefiniowanych wymagań.
- Ustanowienie finalnych struktur zarządczych i ram prawnych współpracy między NIO-PIB, UWM i potencjalnymi partnerami.
- **Kluczowy kamień milowy (Gate Review):** Przeprowadzenie formalnego przeglądu końcowego fazy, którego rezultatem będzie:
 - Aktualizacja nadrzędnej Karty Projektu OnkoBot w oparciu o wyniki i doświadczenia z Fazy Przygotowawczej.
 - Opracowanie i zatwierdzenie szczegółowej Karty Projektu dla Fazy Pilotażowej.
 - Rekomendacja dla Zarządu dotycząca uruchomienia kolejnego etapu.

8.3 Faza 2: Pilotażowa (2027-2028)

Celem fazy jest wdrożenie pierwszych produkcyjnych modułów systemu w ograniczonym zakresie i weryfikacja ich skuteczności.

- Wdrożenie produkcyjne podsystemów OnkoBot.P i OnkoBot.L w Klinice Nowotworów Układu Moczowego.
- Pełne uruchomienie platformy edukacyjnej Akademia OnkoBot (OnkoBot.E).
- **Cel operacyjny:** Obsłużenie minimum 1000 pacjentów przez system.
- **Cel wydajnościowy:** Redukcja czasu odpowiedzi na standardowe pytania pacjentów o 80%.
- **Cel naukowy:** Publikacja co najmniej 5 artykułów naukowych dotyczących wyników projektu (OnkoBot.B).
- **Kluczowy kamień milowy (Gate Review):** Przeprowadzenie formalnego przeglądu wyników pilotażu, którego rezultatem będzie:
 - Aktualizacja nadrzędnej Karty Projektu OnkoBot, uwzględniająca dane z wdrożenia produkcyjnego.
 - Opracowanie i zatwierdzenie szczegółowej Karty Projektu dla Fazy Integracyjnej.
 - Rekomendacja dla Zarządu dotycząca pełnego skalowania systemu.

8.4 Faza 3: Integracyjna (2029-2030)

Faza ta koncentruje się na pełnym skalowaniu i integracji systemu w ramach całej organizacji NIO-PIB.

- Rozszerzenie funkcjonalności wszystkich podsystemów na całą strukturę NIO-PIB.
- Osiągnięcie pełnej funkcjonalności OnkoBot w zakresie koordynacji leczenia.
- **Cel techniczny:** Integracja z co najmniej 10 kluczowymi systemami szpitalnymi.
- **Cel jakościowy:** Osiągnięcie wskaźnika satysfakcji użytkowników (lekarzy i pacjentów) na poziomie 90%.
- Uzyskanie certyfikacji dla modułu OnkoBot.A jako standardu bezpieczeństwa w zastosowaniach AI.
- Rozpoczęcie procesu komercjalizacji wybranych modułów systemu.
- **Kluczowy kamień milowy (Gate Review):** Przeprowadzenie formalnego przeglądu gotowości organizacji, którego rezultatem będzie:
 - Aktualizacja nadrzędnej Karty Projektu OnkoBot w oparciu o wyniki pełnego wdrożenia.
 - Opracowanie i zatwierdzenie szczegółowej Karty Projektu dla Fazy CEMA.
 - Rekomendacja dla Zarządu dotycząca przejścia do etapu autonomii i ekspansji.

8.5 Faza 4: Ekspansji i Nadzorowanej Autonomii AI (CEMA) (2031+)

Docelowa faza projektu, której celem jest osiągnięcie pełnej dojrzałości operacyjnej, ekspansja i samowystarczalność finansowa. CEMA jest skrótem od angielskiej nazwy: Community of Collaborative Evolving Medical Assistants.

- Osiągnięcie pełnej, nadzorowanej autonomii wszystkich siedmiu podsystemów.
- Ustanowienie OnkoBot.K jako centralnego systemu koordynującego procesy leczenia w NIO-PIB.
- **Cel strategiczny:** Nawiązanie stałej współpracy z minimum 5 wiodącymi ośrodkami onkologicznymi w Polsce.
- **Cel finansowy:** Generowanie przychodów z komercjalizacji na poziomie 10 mln PLN rocznie.
- Ugruntowanie pozycji NIO-PIB jako krajowego centrum referencyjnego w dziedzinie AI w onkologii.
- **Stabilizacja:** Zatwierdzenie długoterminowej strategii utrzymania i rozwoju platformy OnkoBot.

8.6 Przykładowe Plany realizacji Głównych Funkcjonalności Użytkowych

8.6.1 Mapa drogowa realizacji głównych podsystemów

Sytemy P1, P1, L1, L2, L3 stopniowo będą rozszerzane na wszystkie aktywności kliniczne szpitala. Wstępnie zakładamy następujący harmonogram:

Podsystem	Faza Przyg.	Faza Pilot.	Faza Integr.	Faza CEMA
OnkoBot.P (Pacjenci)	P1, P2	Rozszerzenie	Całe NIO-PIB	Nadzorowana Autonomia
OnkoBot.L (Lekarze)	L1, L2, L3	Walidacja klin.	Całe NIO-PIB	Nadzorowana Autonomia
OnkoBot.E (Edukacja)	E1	Akademia	Certyfikacje	Masowy e-Learning
OnkoBot.B (Badania)	B1, B2, B3	Publikacje	Patenty	Komercjalizacja
OnkoBot.K (Koordynacja)	Koncepcja	Pilotaż	Wdrożenie	Optymalizacja
OnkoBot.A (Audyt)	A1, A2	Certyfikacja	Compliance	Ciągły nadzór

8.6.2 Kluczowe zasady rozwoju funkcjonalności użytkowników

Filozofia klocków LEGO

Każdy podprojekt stanowi metaforyczny "klocki LEGO" budowy zintegrowanego systemu OnkoBot. Realizowane są one zgodnie z wspólnymi ewoluującym standardami. Ta modularna architektura zapewnia:

- Niezależny rozwój i testowanie komponentów
- Elastyczność w dostosowywaniu do potrzeb
- Możliwość stopniowego wdrażania
- Minimalizację ryzyka całościowego
- Łatwość integracji

9 "Proof of Concept": Makiety/Prototypy w celu weryfikacji koncepcji OnkoBot

W ramach siedmiu głównych podsystemów użytkowych przedstawionych w sekcji 7.2 rozpoczęto prace nad szczegółowymi podprojektami weryfikującymi koncepcję OnkoBot. W ich trakcie powstało wiele makiet i prototypów, które umożliwiły zebranie wstępnych doświadczeń i ocenę założeń projektu.

9.1 OnkoBot.P - Wsparcie pacjentów

Podprojekt	Cele i zakres	Status
OnkoBot.P1	Asystenci wsparcia opiekunów dzieci z chorobą nowotworową	Pierwsze prototypy gotowe do testów (główny profil: radioterapia)
OnkoBot.P2	Asystenci wsparcia pacjentów z rakiem stercza	Pierwsze prototypy do testów (radioterapia). Dołączył Zespół Kliniki Nowotworów Układu Moczowego
OnkoBot.P3	Asystenci wsparcia pacjentów z czerniakiem	Uruchamiane prace nad asystentami. Pierwsza robocza wersja bazy wiedzy

9.2 OnkoBot.L - Wsparcie lekarzy

Podprojekt	Cele i zakres	Status
OnkoBot.L1	Asystenci wsparcia lekarzy w diagnostyce i optymalizacji leczenia raka stercza	Pierwsze prototypy do testów
OnkoBot.L2	Asystenci dla nowotworów tkanek miękkich, kości i czerniaków	Makiety wykonane przez zespół IT (do konsultacji z lekarzami)
OnkoBot.L3	Asystenci wsparcia lekarzy w zastosowaniach genetyki do diagnostyki i terapii raka stercza oraz nowotworów tkanek miękkich, kości i czerniaków	Makiety wykonane przez zespół IT (do konsultacji z lekarzami)
OnkoBot.L4	Asystenci wsparcia lekarzy w diagnostyce i optymalizacji leczenia czerniaka	Uruchamiane prace nad pierwszą wersją prototypu

9.3 OnkoBot.E - Edukacja i rozwój

Podprojekt	Cele i zakres	Status
OnkoBot.E1	Wsparcie edukacji i rozwoju personelu NIO-PIB i UWM	Prototypy gotowe. Możliwość przeszkolenia wszystkich pracowników w ciągu kwartału (Akademia OnkoBot)

9.4 OnkoBot.A - Audyt, jakość i bezpieczeństwo zastosowań AI

Podprojekt	Cele i zakres	Status
OnkoBot.A1	Akademia MetaVersum	Uruchomione prace nad makietą
OnkoBot.A2	Audyt ds. weryfikacji jakości AI asystentów	Pierwszy prototyp systemu automatycznie audytującego
OnkoBot.A3	OnkoTrust: Agenci weryfikacji poziomu zaufania do odpowiedzi modelu, oceny ryzyka (w pętli HITL) i blokowania odpowiedzi o niskim poziomie zaufania lub halucynacji Asystenta Medycznego	Uruchomione prace nad makietą
OnkoBot.A4	Asystenci ds. wspierania badań i analiz biomedycznych	Projekt poszukiwania molekularnych czynników predykcyjnych odpowiedzi na radioterapię z użyciem biobankowanego materiału pobranego podczas zabiegu brachyterapii (we współpracy z Profesorem E. Sarnowską)
OnkoBot.A5	Asystenci ds. Matematycznych Modeli Przeżycia	Prace planowane do uruchomienia
OnkoBot.A6	Asystenci ds. Optymalizacji Sekwencji Diagnostyki i Terapii	Prace planowane do uruchomienia

9.5 OnkoBot.B - Badania i rozwój

Podprojekt	Cele i zakres	Status
OnkoBot.B1	R&D architektury i integracji AI dla raka stercza	Udokumentowana koncepcja
OnkoBot.B2	Systemy reprezentacji wiedzy i rozumowań medycznych za pomocą obliczeń granularnych	Pierwszy zestaw reguł wnioskowania dla raka stercza
OnkoBot.B3	Modele matematyczne oceny jakości terapii na podstawie bayesowskich modeli przeżycia	Wstępne prace koncepcyjne

9.6 OnkoBot.D - Analiza, ocena i doskonalenie efektywności ścieżek pacjentów i wskaźników jakości

Aktualnie prowadzone są prace przygotowawcze i planistyczne do określenia i analizy wymagań na makietę / prototyp.

10 Kluczowe KPI i Metryki Sukcesu OnkoBot i Analiza Korzyści

10.1 Key Performance Indicators (KPI)

Ważnym aspektem określającym cele projektu jest oszacowanie wskaźników KPI (Key Performance Indicators), czyli Kluczowych Wskaźników Efektywności. Precyzyjne oszacowanie wskaźników KPI możliwe jest po dokładniejszej analizie bieżących uwarunkowań działalności NIO-PIB oraz zakresu realizacji projektu. Na obecnym etapie można tego typu szacowania przedstawić na podstawie analizy dostępnej literatury (np. [12]) dotyczącej zwiększania efektywności organizacji w efekcie wdrożenia AI. Nasze szacunki KPI do osiągnięcia po wdrożeniu odpowiednich funkcjonalności OnkoBot są następujące:

- KPI dla personelu: skrócenie czasu diagnostyki, redukcja błędów.
- KPI dla pacjentów: wzrost satysfakcji (ankiety), skrócenie czasu oczekiwania na diagnozę i leczenie.
- KPI dla organizacji: redukcja kosztów administracyjnych, systematyczne wdrożenie nowych funkcjonalności AI.

Pomocne w szacowaniach KPI mogą być eksperymenty opisane w [12] oraz w dokumencie pod linkiem⁵. Zdajemy sobie sprawę z tego, że ten eksperyment nie odnosi się do zadań lekarzy podlegających większym rygorom zarządzania jakością i ryzykiem. Stąd nasze szacowania są znacznie bardziej konserwatywne. Z drugiej strony od czasu realizacji tego eksperymentu nastąpił gwałtowny postęp modeli LLM/RAD (zwłaszcza w odniesieniu do zastosowań w medycynie). Zatem uważamy, że proponowane szacunki są realistyczne.

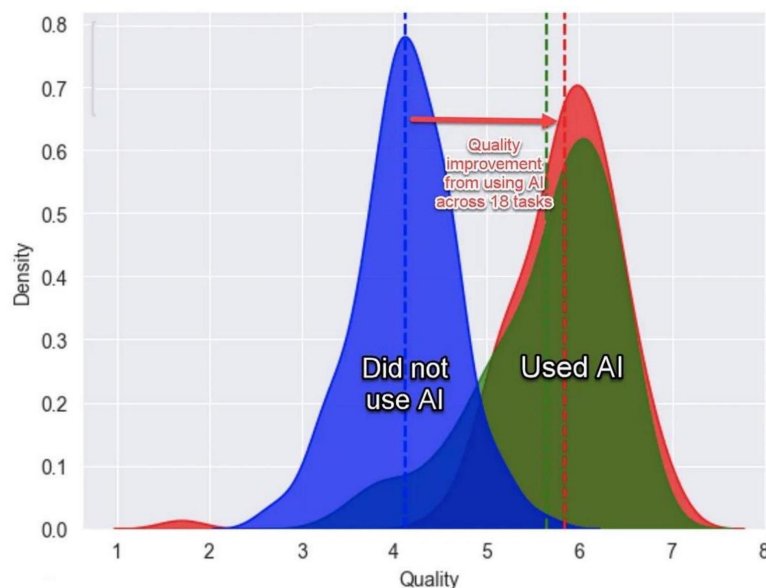
Uproszczony opis tego eksperymentu jest następujący:

- W pracy zdefiniowano 18 zestawów typów zadań konsultacyjnych charakterystycznych dla pracowników umysłowych (konsultantów) z różnych branż
- Uczestników losowo podzielono na trzy grupy pracowników umysłowych z różnych branż:
 - pracownicy nie używający AI (**grupa kontrolna**)
 - pracownicy używający AI (**początkujący w używaniu AI**)
 - pracownicy używający AI (**po specjalistycznych kursach przygotowawczych**)
- Każdej z grup w danej branży przydzielono te same zestawy zadań i na tej podstawie wspólnych kryteriów oceniono poprawność i jakość ich wykonania oraz czas rozwiązywania zadań

Konsultanci korzystający z AI byli znacznie bardziej produktywni niż konsultanci w grupie kontrolnej, w szczególności wykonywali swoje zadania średnio:

- **12,2% więcej zadań w uzgodnionych ramach czasowych**
- **25,1% szybciej**
- **na wyższym poziomie jakości o 40% (w tym mniej błędów)**

⁵https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5136877



UWAGA: Współczesne technologie AI-asystentów są na znacznie wyższym poziomie niż w cytowanych badaniach i w związku z tym aktualne wymierne korzyści z używania AI-asystentów najprawdopodobniej byłyby znacznie lepsze

10.2 Potencjalne korzyści finansowe

Na obecnym etapie bez uzgodnionych wymagań, celów, zakresu, metod realizacji i specyfikacji dostępnych zasobów praktycznie nie jest możliwe wiarygodne oszacowanie korzyści finansowych.

Można jedynie próbować je przybliżyć na podstawie udokumentowanego doświadczenia z innych projektów oraz własnych doświadczeń. Wstępnie proponujemy te korzyści przedstawić w formie tabeli:

Źródło korzyści	Roczna wartość (mln PLN)	Od roku
Redukcja kosztów administracyjnych	2,0-3,0	2028
Optymalizacja wykorzystania zasobów	3,0-5,0	2029
Skrócenie czasu hospitalizacji	4,0-6,0	2029
Przychody z komercjalizacji	5,0-10,0	2030
Granty badawcze	2,0-4,0	2027
RAZEM	16,0-28,0	

Prognozowany zwrot z inwestycji (ROI): 2-3 lata od zakończenia Fazy Integracyjnej

10.3 Korzyści niemierzalne

- Poprawa jakości życia tysięcy pacjentów onkologicznych
- Wzrost satysfakcji i redukcja wypalenia zawodowego personelu
- Pozycja lidera innowacji w polskiej i europejskiej onkologii
- Przyciągnięcie najlepszych talentów i partnerów
- Wkład w rozwój wiedzy o AI w medycynie

11 Zarządzanie i organizacja

11.1 Model governance

Struktura zarządzania

Projekt OnkoBot będzie zarządzany w modelu partnerstwa strategicznego NIO-PIB i UWM, z możliwością włączenia dodatkowych partnerów. Struktura zapewnia równowagę między nadzorem strategicznym a elastycznością operacyjną.

11.2 Organizacja i Zarządzanie w ramach OnkoBot

W celu zapewnienia efektywnej realizacji projektu, proponuje się zastosowanie klasycznej struktury zarządzania i organizacji złożonej z Komitetu Sterującego; Zespołu Zarządzającego, Biura Projektu oraz Zespołów Roboczych (ukierunkowanych na realizację zmieniających się - wraz z postępami projektu - pakietów zadań). Zakładamy wdrożenie skutecznych technik komunikacji (wspieranych przez macierz RASCI) w całym zespole w celu maksymalizacji skuteczności i jakości realizowanych zadań. Innymi słowy zarys struktury organizacyjnej jest następujący:

- 1) **Komitet Sterujący (KS)**
- 2) **Zespół Zarządzający Projektem**
- 3) **Zespoły Robocze**
- 4) **Biuro Projektu**

Taka struktura pozwoli na sprawne prowadzenie prac R&D, skuteczne zarządzanie innowacyjnym wdrożeniem AI w szpitalu oraz zapewni adaptację systemu OnkoBot do faktycznych potrzeb klinicznych i organizacyjnych.

Zarys kompetencji poszczególnych jednostek organizacyjnych może być następujący:

- **Komitet Sterujący:** Najwyższy organ decyzyjny, odpowiedzialny za nadzór nad projektem i zatwierdzanie strategicznych decyzji. W skład komitetu powinni wchodzić przedstawiciele szpitala (dyrekcja, lekarze, dział IT), uczelni wyższej (eksperti AI), reprezentancie pacjentów oraz ewentualnie kluczowe firmy będące partnerami projektu. Komitet Sterujący w szczególności ma nadzorować prace Zespołu Zarządzającego.
- **Zespół Zarządzający Projektem**, składał się z następujących osób:
 - **Kierownik Projektu:** Jest to osoba odpowiedzialna za zarządzanie całym projektem na co dzień, rozstrzyga ewentualne konflikty decyzyjne między Kierownikami Działów Projektu, a także jest odpowiedzialna za koordynację prac wszystkich zespołów, oraz zarządzanie budżetem i harmonogramem.
 - **Kierownicy Działów Projektu:** Są to osoby odpowiedzialne za podległe im Zespoły Robocze.
- **Zespoły Robocze:** Zespoły specjalistów odpowiedzialne za realizację poszczególnych zadań w projekcie (np. zespół inżynierów danych, zespół AI, R&D, analityków wymagań, zespół programistów, edukacyjny, zespół QA i eksperci dziedzinowi). Członkowie zespołów raportują do odpowiednich kierujących nimi Kierowników Projektu lub Dyrektora Projektu.

- **Biuro Projektu:** Wsparcie Zespołu Zarządzającego, a przede wszystkim Dyrektora Projektu. Odpowiada za archiwizację artefaktów projektu, wsparcie administracyjne, zarządzanie szkoleniami oraz promocję projektu i występowanie z działaniami na rzecz pozyskania środków finansowych projektu.

Zaproponowana struktura organizacyjna musi być uszczegółowiona oraz wsparta przez klarownie zdefiniowane zakresy odpowiedzialności i efektywny system komunikacji, umożliwiający maksymalizację skuteczności i jakości realizowanych zadań.

11.3 Zarządcza Struktura Planowania i Raportowania Postępów

1. Zakładamy, że Projekt będzie realizowany w **Fazach**, a Fazy w **Podfazach**, które w zależności od specyfiki i o ile nie będzie prowadziło to do nieporozumień, to **Podfazy** będziemy również nazywali **Etapy Faz**.
2. Proponujemy, aby dla każdej Fazy był jeden **Zintegrowany Plan Fazy Projektu** na poziomie szczegółowości obejmującym zadania dla Zespołu Zarządzającego oraz Zespołów Roboczych. Jednocześnie z tym planem powinny być synchronizowane **Plany Szczegółowe Zespołów Roboczych**.
3. Każda Faza projektu ma kończyć się tzw. **Sesją Uzgadniającą** (ang. Feedback Session) oraz Aktualizacją Planów powiązanych Faz Projektu (a zwłaszcza Fazą bezpośrednio następującą).
4. W trakcie Sesji Uzgadniającej prezentowane są kluczowe **dostawy fazy** (tzn. efekty / produkty (ang. **deliverables**)) fazy dla interesariuszy, a zwłaszcza dla reprezentacji przyszłych użytkowników oraz Komitetu Sterującego. Bezpośrednio po prezentacjach dostaw przedstawiane będą raporty oceny jakości i ewentualne rekomendacje korekt.
5. Komitet Sterujący podejmuje decyzję o akceptacji, konieczności korekt kluczowych dostaw Fazy lub wprowadzeniu innych zmian.
6. Kierownik Projektu uzgadnia i aktualizuje z Kierownikami Dziedzinowymi ds. Medycznych oraz AI/IT Zintegrowane Plany Faz Projektu z wyróżnionymi kamieniami milowymi (M1: analiza wymagań, M2: integracja, M3: pilot) na poziomie całego projektu. Natomiast Kierownicy Dziedzinowi uzgadniają Zintegrowane Plany Faz Projektu z Planami Szczegółowymi Zespołów Roboczych szczegółowymi planami podległych im Zespołów Roboczych. Propozycje szczegółowych planów przygotowują Kierownicy Zespołów Roboczych w uzgodni z Dziedzinowymi Kierownikami.
7. Raportowanie postępów Zespołów Roboczych jest co najmniej raz na 2 tygodnie do Zespołu Zarządzającego.
8. Raporty kwartalne do Komitetu Sterującego i ewentualne wnioski o wprowadzenie zmian w obszarach decyzyjnych zastrzeżonych dla Komitetu Sterującego.

11.4 Uszczegółowienie Kluczowych Aspektów Zarysu Organizacji i Zarządzania

11.4.1 Komitet Sterujący (KS)

Komitet Sterujący stanowi najwyższy organ decyzyjny projektu i jest odpowiedzialny za:

- Nadzór strategiczny i wytyczanie głównych kierunków rozwoju projektu.
- Zatwierdzanie kluczowych decyzji (m.in. w zakresie budżetu, zakresu projektu, głównych kamieni milowych).
- Nadzór nad pracami Zespołu Zarządzającego.

Skład KS powinien odzwierciedlać przekrój interesariuszy projektu:

- Przedstawiciele szpitala (dyrekcja, lekarze, dział IT).
- Eksperti AI z uczelni wyższych.
- Reprezentanci pacjentów.
- Kluczowi partnerzy zewnętrzni (np. firmy technologiczne).

Należy ustalić harmonogram spotkań (np. kwartalny) oraz jasną ścieżkę eskalacji kwestii wymagających decyzji strategicznych. Komitet Sterujący podejmuje decyzje wyłącznie w sprawach przekraczających kompetencje Zespołu Zarządzającego, co zapobiega nadmiernej centralizacji działań operacyjnych.

11.4.2 Zespół Zarządzający Projektem

Zespół Zarządzający Projektem jest odpowiedzialny za codzienne prowadzenie prac projektowych, rozwiązywanie bieżących problemów i zarządzanie ryzykiem. W jego skład wchodzi:

- **Kierownik Projektu:** *Ewelina Żarłok*

Osoba ponosząca odpowiedzialność za całokształt działań projektowych, zarządzanie budżetem i harmonogramem. Kierownik Projektu koordynuje prace wszystkich zespołów oraz rozstrzyga ewentualne konflikty decyzyjne pomiędzy Kierownikami Działów. Kierownik Projektu - w szczególności - kieruje pracami Zespołu Zarządzającego oraz sprawuje nadzór nad wszystkimi aspektami zarządczymi realizacji projektu. Szczególną uwagę zwraca na zapewnienie prawidłowego spełnienia wymagań budowanego systemu. W ramach tych działań zarządza Zintegrowanymi Planami Faz Projektu oraz zarządza stabilnością finansowania Projektu i Rezerwami Budżetowymi, tzn. zadaniami takim np. jak:

- Poszukiwania i Analiza Potencjalnych Źródeł Finansowania i na tej podstawie wnioskowanie o pozyskiwanie grantów NCBR, ABM, UE (Horizon Europe).
- Partnerstwa publiczno-prywatne.
- Zapewnienie możliwie stałej rezerwy budżetowej na poziomie 10%-20%.
- Raportowanie finansowe co najmniej raz na kwartał do KS.

- **Kierownicy Działów:**

- **Kierownik ds. Medycznych (osób dorosłych):** *Dr Mateusz Dąbkowski*
- **Kierownik ds. Medycznych (dzieci):** *Dr Dominik Wawrzuta*
- **Kierownik ds. AI/IT:** *Dr hab. Andrzej Jankowski, prof. UWM*

Kierownicy Działów odpowiadają za merytoryczne obszary projektu oraz współpracę z dedykowanymi podległymi im zespołami roboczymi. Zaleca się przygotowanie krótkich *kart ról* (tzw. role cards) dla każdej z kluczowych ról, aby precyzyjnie zdefiniować obowiązki, uprawnienia decyzyjne i kluczowe wskaźniki (KPI). Istotne jest również wdrożenie regularnych spotkań zespołu zarządzającego, np. tygodniowych lub dwutygodniowych, na których omawiane będą postępy prac oraz zarządzanie ryzykiem.

11.4.3 Zespoły Robocze

Zespoły Robocze koncentrują wąskie kompetencje specjalistyczne i realizują przydzielone pakiety zadań (Work Packages). Przykładowo, w projekcie OnkoBot mogą to być między innymi:

- Zespół architektów i integracji systemu.
- Zespoły ekspertów wiedzy dziedzinowej (zwłaszcza ekspertów medycznych) do wspomagania budowania systemów reprezentacji wiedzy i oceny jakościowej iteracyjnie budowanych rozwiązań.
- Zespół inżynierów danych (Data Engineering).
- Zespół R&D AI (tworzenie i doskonalenie modeli, projektowanie i budowanie systemów reprezentacji wiedzy, prototypowanie).
- Zespół analityków wymagań.
- Zespół programistów (frontend, backend, integracje).
- Zespół ds. infrastruktury obliczeniowej i komunikacji
- Zespół ds. wymagań prawnych, etycznych i standardów.
- Zespół ds. edukacji i promocji (szkolenia personelu).
- Zespół QA (testy i zapewnienie jakości).

Każdy Zespół Roboczy raportuje do odpowiedniego Kierownika Dziedzinowego lub bezpośrednio do Dyrektora Projektu, w zależności od rodzaju zadań. Dla uniknięcia powstawania pionowych "siloś" wiedzy, zaleca się:

- Regularną wymianę informacji i praktyk pomiędzy zespołami (np. sprint review, retrospektywy).
- Przydzielanie jasnych zadań i celów (kamieni milowych) w kolejnych iteracjach rozwoju systemu.

11.4.4 Biuro Projektu

Biuro Projektu wspiera administracyjnie Zespół Zarządzający i Dyrektora Projektu. Do jego głównych zadań należy:

- **Archiwizacja artefaktów projektowych** – przechowywanie dokumentacji, raportów, kodu i prototypów.
- **Obsługa administracyjna i organizacyjna** – zapewnienie zaplecza do spotkań, organizacja szkoleń, rezerwacja zasobów.
- **Zarządzanie szkoleniami i promocją projektu** – współpraca z zespołem edukacyjnym w zakresie planowania i realizacji szkoleń dla personelu szpitala.
- **Współpraca w zakresie pozyskiwania finansowania** – koordynacja ewentualnych wniosków grantowych, utrzymywanie relacji z partnerami finansowymi i sponsorami.

W kontekście projektu OnkoBot, Biuro Projektu może również współpracować z dedykowanym *Koordynatorem ds. Regulacji i Zgodności*, który zadba o bezpieczeństwo danych pacjentów (w szczególności RODO) oraz wymogi związane z potencjalną certyfikacją systemu jako wyrobu medycznego.

11.4.5 Macierz RASCI

Macierz RASCI pomaga zdefiniować kto za co odpowiada, kto podejmuje ostateczne decyzje, kogo należy konsultować, kogo informować i kto wspiera zadanie. Dzięki temu wszyscy członkowie zespołu znają swoje role i unikamy nieporozumień czy luk w odpowiedzialnościach. Macierz RASCI (od ang. **R**esponsible, **A**ccountable, **S**upport, **C**onsulted, **I**nformed) to narzędzie służące do klarownego zdefiniowania ról i odpowiedzialności poszczególnych interesariuszy lub członków zespołu w kontekście wykonywanych zadań. Typowe znaczenie zakresów odpowiedzialności w skrócie RASCI jest następujące:

- **R (Responsible)** – Odpowiedzialny za realne wykonanie danego zadania (wykonawca, realizator).
- **A (Accountable)** – Osoba lub podmiot, który rozlicza z wykonania zadania. Ma decyzyjność i ponosi ostateczną odpowiedzialność za jakość i terminowość realizacji.
- **S (Support)** – Osoba lub zespół wspierający wykonanie zadania, zapewniający potrzebne zasoby, wiedzę lub narzędzia.
- **C (Consulted)** – Osoba lub zespół konsultowany. Ich opinie, wiedza lub aprobata są potrzebne przed lub podczas realizacji zadania.
- **I (Informed)** – Osoba lub zespół informowany o postępach lub wynikach, bez wpływu na zadanie (brak konieczności konsultacji).

Poniżej przedstawiono przykładową macierz RASCI dla wybranych zadań w projekcie OnkoBot. Lista ról bazuje na opisanym wcześniej projekcie i strukturze organizacyjnej:

- KS = Komitet Sterujący
- KP = Kierownik Projektu (np. E. Żarłok)
- KM = Kierownicy ds. Medycznych (np. Dr M. Dąbkowski, Dr D. Wawrzuta)
- KA = Kierownik ds. AI/IT (np. Dr hab. A. Jankowski)
- BP = Biuro Projektu
- ZID = Zespół Inżynierów Danych
- ZAI = Zespół AI
- ZP = Zespół Programistów
- ZZZ = Zespół ds. Zarządzania Zmianą i Komunikacji
- SB = Specjalista ds. Bezpieczeństwa
- TR = Trenerzy
- AT = Ambasadorzy Technologii

Precyzyjne zdefiniowanie macierzy RASCI powinno nastąpić w trakcie fazy przygotowań do uruchomienia Projektu w ścisłej synchronizacji ze stabilizacją pozostałych kluczowych zarządczych komponentów Projektu (np. struktura zarządzania, zakres, zasoby, harmonogramy). W celu ilustracji mechanizmów definiowania i używania tego pojęcia poniżej przedstawiamy przykład takiej macierzy:

Przykładowa Macierz RASCI

Zadanie	KS	KP	KM	KA	BP	ZID	ZAI	ZP	ZZZ	SB	TR	AT
Określenie wymagań medycznych	C	A	R	C	S	I	I	I	I	I	I	I
Projekt architektury systemu	C	A	C	R	S	C	C	C	I	C	I	I
Integracja z EDM, PACS, RIS	I	A	C	R	S	R	S	R	I	C	I	I
Rozwój prototypów LLM/RAG	I	A	C	R	S	S	R	S	I	I	I	I
Zarządzanie danymi (ETL, standaryzacja)	I	A	C	C	S	R	S	I	I	C	I	I
Testy QA i walidacja	I	A	C	C	S	S	R	R	I	C	I	I
Szkolenia personelu	I	A	C	I	S	I	I	I	R	I	R	S
Zarządzanie zmianą i komunikacja	I	A	C	C	S	I	I	I	R	I	S	R
Monitorowanie zgodności (RODO, przepisy)	I	A	C	C	S	I	I	I	I	R	I	I
Akceptacja i wdrożenie produkcyjne	A	R	C	C	S	I	I	R	I	C	I	I

Objaśnienia do przykładu

- **Określenie wymagań medycznych:** Kierownik ds. Medycznych (KM) jest odpowiedzialny (R) za zdefiniowanie kluczowych wymagań, Kierownik Projektu (KP) odpowiada za ostateczne zatwierdzenie (A), Komitet Sterujący (KS) jest konsultowany (C), a Biuro Projektu (BP) wspiera organizacyjnie (S). Reszta zespołów jest głównie informowana (I).
- **Projekt architektury systemu:** Kierownik ds. AI/IT (KA) jest odpowiedzialny (R) za projekt, Kierownik Projektu (KP) rozliczany z efektów (A). Architektura musi być skonsultowana z Komitetem Sterującym (KS), Kierownikiem ds. Medycznych (KM) i innymi zespołami technicznymi (ZID, ZAI, ZP).
- **Szkolenia personelu:** Zarządzanie zmianą i komunikacją (ZZZ) pełni rolę odpowiedzialnych za realizację (R), Kierownik Projektu (KP) ponosi odpowiedzialność końcową (A), Trenerzy (TR) wspierają (R w zakresie prowadzenia szkoleń), a Ambasadorzy Technologii (AT) pomagają i wspierają informacyjnie (S).

12 Krytyczne czynniki sukcesu

12.1 Czynniki technologiczne

1. Wybór właściwych technologii AI

- Modele dostosowane do języka polskiego
- Wyjaśnialność decyzji (XAI)
- Skalowalność rozwiązań

2. Integracja z ekosystemem szpitalnym

- Bezproblemowa wymiana danych
- Minimalna ingerencja w procesy
- Intuicyjne interfejsy użytkownika

3. Bezpieczeństwo i prywatność

- Trust AI architecture
- Szyfrowanie na każdym poziomie
- Audytowalność wszystkich operacji

12.2 Czynniki organizacyjne

1. Zaangażowanie kierownictwa

- Aktywne wsparcie Dyrekcji NIO-PIB
- Zapewnienie środków finansowych oraz delegacja niezbędnych kompetencji do realizacji zadań projektu
- Champions (Liderzy projektu) na poziomie klinik
- Jasna komunikacja wizji

2. Kultura innowacji

- Otwartość na eksperymenty
- Uczenie się na błędach
- Celebrowanie sukcesów

3. Współpraca interdyscyplinarna

- Medycy + informatycy + zarządzający
- Regularne sesje design thinking
- Wspólna odpowiedzialność za sukces/porażka

12.3 Czynniki zewnętrzne

1. Wsparcie regulatorów

- Dialog z Ministerstwem Zdrowia
- Współpraca z Urzędem Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych (URPL)
- Ośrodki opiniotwórcze

2. Ekosystem partnerów

- Silni partnerzy technologiczni

- Współpraca akademicka
- Wsparcie organizacji pacjenckich

3. Finansowanie długoterminowe

- Stabilne źródła publiczne
- Inwestorzy prywatni
- Model samofinansowania

13 Strategia wdrożenia i zarządzania zmianą

13.1 Podejście do wdrożenia

Filozofia wdrożenia

"Zaczynamy małymi krokami, ale myślimy o wielkich celach. Każdy sukces buduje zaufanie, każda porażka uczy pokory. Technologia służy ludziom, nie odwrotnie."

13.1.1 Zasady wdrożenia

1. **Iteracyjność** - małe kroki, szybkie uczenie się
2. **Użytkownik w centrum** - ciągły feedback i dostosowanie
3. **Przede wszystkim bezpieczeństwo first** - bez żadnych kompromisów
4. **Transparentność** - otwarta komunikacja o sukcesach i problemach
5. **Partnerstwo** - wspólna droga, nie narzucanie rozwiązań

13.2 Program zarządzania zmianą

13.2.1 Faza 1: Przygotowanie gruntu (2025)

- Kampania informacyjna "AI dla życia"
- Warsztaty osławajające z AI dla wszystkich
- Identyfikacja i szkolenie ambasadorów
- Quick wins - proste usprawnienia

13.2.2 Faza 2: Budowanie momentum (2026-2027)

- Success stories z pierwszych wdrożeń
- Program mentoringu użytkowników
- Gamifikacja adopcji systemu
- Społeczność praktyków OnkoBot

13.2.3 Faza 3: Skalowanie (2028-2030)

- OnkoBot Academy - centrum szkoleń
- Certyfikacja użytkowników
- Program innowatorów
- Międzynarodowe konferencje

13.2.4 Faza 4: Architektura CEMA AI (2031+)

- AI jako standard pracy
- Continuous learning
- Współtworzenie rozwoju
- Eksport wiedzy

14 Oczekiwane rezultaty i wpływ

14.1 Wpływ na pacjentów

Obszar	Stan obecny	Stan docelowy (2031)
Dostęp do informacji	Ograniczony, w godz. pracy	24/7, spersonalizowany
Czas oczekiwania na odpowiedź	Dni/tygodnie	Minuty/godziny
Jakość komunikacji	Zróżnicowana	Standaryzowana, wysoka
Wsparcie psychologiczne	Ograniczone zasoby	Dostępne dla każdego
Monitorowanie stanu	Wizyty kontrolne	Ciągłe, zdalne

Kluczowe wskaźniki:

- Satysfakcja pacjentów
- Adherencja do leczenia
- Jakość życia (QoL)
- Redukcja lęku

14.2 Wpływ na personel medyczny

- Redukcja obciążeń administracyjnych
- Więcej czasu na pacjenta
- Wsparcie decyzyjne
- Redukcja wypalenia zawodowego
- Satysfakcja z pracy

14.3 Wpływ na organizację

1. Pozycja konkurencyjna

- Lider AI w onkologii w Europie Środkowo-Wschodniej
- Centrum referencyjne dla zastosowań AI w medycynie
- Partner strategiczny big tech

2. Wyniki finansowe

- Nowe źródła przychodów
- Redukcja kosztów

3. Kapitał intelektualny

- Znaczący wzrost publikacji naukowych
- Znaczący wzrost patentów
- Znaczący wzrost wyszkolonych specjalistów AI

15 Plan komunikacji i promocji

15.1 Grupy docelowe

1. Wewnętrzne

- Personel medyczny NIO-PIB
- Administracja i zarząd
- Pacjenci i ich rodziny
- Studenci i kadra UWM

2. Zewnętrzne

- Środowisko medyczne w Polsce
- Decydenci (MZ, NFZ, NCBiR, ABM)
- Media i opinia publiczna
- Partnerzy międzynarodowi
- Inwestorzy i sponsorzy

15.2 Kluczowe komunikaty

- "OnkoBot - AI w służbie życia"
- "Technologia z ludzką twarzą"
- "Razem budujemy przyszłość onkologii"
- "Każdy pacjent zasługuje na najlepszą opiekę"
- "Polska liderem AI w medycynie"

15.3 Kanały komunikacji

1. Online

- Dedykowana strona projektu
- Media społecznościowe
- Webinary i podcasty
- Newsletter

2. Offline

- Konferencje i sympozja
- Warsztaty i szkolenia
- Publikacje naukowe
- Media tradycyjne

3. Direct

- Spotkania z interesariuszami
- Demo days
- Study visits
- Ambasadorzy projektu

16 Budżet i źródła finansowania

Należy podkreślić, że proponowany budżet projektu ma charakter szacunkowy i zdecydowanie konieczne są dalsze analizy. Jego dokładne prognozy będą możliwe dopiero po przeprowadzeniu odpowiednich analizy wymagań, wykonalności oraz testowych prototypów ("proof of concept"). W szczególności nie uwzględniono w nim wszystkich kosztów wynikających z całkowitego kosztu posiadania (Total Cost of Ownership TCO) oraz metod indeksacji (inflacja, kursy walut). Zatem należy go traktować orientacyjnie. W ramach prac nad Kartą Projektu dla Fazy Przygotowawczej zostaną określone i zatwierdzone cele i zakres prac objętych tą fazą. **Dopiero wówczas będzie możliwe doprecyzowanie budżetu Fazy Przygotowawczej**

16.1 Wstępny szacunkowy budżet szacunkowy całości projektu

Poniższy budżet ma charakter orientacyjny i jego kolejne uszczegółowienie nastąpi w Fазie Przygotowawczej projektu (po kompleksowej identyfikacji, analizie i akceptacji wymagań użytkowników).

Kategoria kosztów	Min (mln PLN)	Max (mln PLN)	% wg Max
Koszty osobowe			
Zespół projektowy AI/IT OnkoBot	18,75	25,00	21,39 %
Eksperti medyczni	10,00	15,00	12,83 %
Konsultanci zewnętrzni	3,75	6,25	5,35 %
Suma kosztów osobowych	32,50	46,25	39,57 %
Infrastruktura i technologia			
Infrastruktura HPC/Cloud	12,50	18,75	16,04 %
Licencje AI/Software	10,00	15,00	12,83 %
Sprzęt i wyposażenie	3,75	6,25	5,35 %
Suma infrastruktury i technologii	26,25	40,00	34,22 %
Rozwój i wdrożenie			
Badania i rozwój	6,25	10,00	8,56 %
Szkolenia i change management	2,50	3,75	3,21 %
Marketing i promocja	1,25	2,50	2,14 %
Suma rozwoju i wdrożenia	10,00	16,25	13,90 %
Pozostałe			
Certyfikacje i audyty	2,50	3,75	3,21 %
Rezerwa na ryzyka (10%)	7,13	10,63	9,09 %
Suma pozostałych	9,63	14,38	12,31 %
RAZEM	78,38	116,88	100,00 %

16.2 Propozycja szacunkowej struktury kosztów całego projektu w rozbiciu na fazy

Poniższa propozycja szacunkowej struktury kosztów całego ma charakter orientacyjny i jej kolejne uszczegółowienie nastąpi w trakcie Fazy Przygotowawczej projektu (po kompleksowej identyfikacji, analizie i akceptacji wymagań użytkowników).

Faza	Lata	Min (mln PLN)	Max (mln PLN)	% całości
Przygotowawcza	2025–2026	7,04	10,52	9,00 %
Pilotażowa	2027–2028	23,51	35,06	30,00 %
Integracyjna	2029–2030	32,14	47,92	41,00 %
CEMA	2031+	15,69	23,38	20,00 %
RAZEM	2025–2031+	78,38	116,88	100,00 %

16.3 Propozycja szacunkowej struktury kosztów Fazy Przygotowawczej

Zgodnie z bieżącymi szacunkami bezpieczna realizacja Fazy Przygotowawczej powinna bazować na następujących kosztach:

Kategoria kosztów	Min (mln PLN)	Max (mln PLN)	% wg Max
Koszty osobowe			
Zespół projektowy AI/IT OnkoBot	1,69	2,25	21,39 %
Eksperti medyczni	0,90	1,35	12,83 %
Konsultanci zewnętrzni	0,34	0,56	5,32 %
Suma kosztów osobowych	2,93	4,16	39,54 %
Infrastruktura i technologia			
Infrastruktura HPC/Cloud	1,12	1,69	16,06 %
Licencje AI/Software	0,90	1,35	12,83 %
Sprzęt i wyposażenie	0,34	0,56	5,32 %
Suma infrastruktury i technologii	2,36	3,60	34,22 %
Rozwój i wdrożenie			
Badania i rozwój	0,56	0,90	8,56 %
Szkolenia i change management	0,22	0,34	3,23 %
Marketing i promocja	0,11	0,22	2,09 %
Suma rozwoju i wdrożenia	0,89	1,46	13,88 %
Pozostałe			
Certyfikacje i audyty	0,22	0,34	3,23 %
Rezerwa na ryzyka (10%)	0,64	0,96	9,13 %
Suma pozostałych	0,86	1,30	12,36 %
RAZEM	7,04	10,52	100,00 %

16.4 Źródła finansowania

- Środki własne NIO-PIB, UWM
- Granty krajowe (NCBiR, ABM)
- Fundusze UE (Horizon Europe)
- Partnerzy komercyjni

17 Potencjalni partnerzy technologiczni

Wstępnie planuje się, że projekt OnkoBot będzie zarządzany w modelu partnerstwa strategicznego NIO-PIB i UWM, z możliwością włączenia dodatkowych partnerów. Struktura zapewnia równowagę między nadzorem strategicznym a elastycznością operacyjną.

Rekomenduje się, aby wykonawcza część projektu była realizowana w ramach dedykowanej spółki powołanej przez NIO-PIB z ewentualnymi partnerami.

Warto rozważyć nawiązanie współpracy z jakimś strategicznym partnerem technologicznym. Z tym, że **podstawowym warunkiem tej współpracy powinno być utrzymanie niezależności technologicznej, tzn. architektura i technologia rozwiązań powinna być realizowane w takich standardach, aby w przyszłości był możliwie mały koszt ewentualnej zmiany technologii.**

Na podstawie analizy rynku zespół inicjujący projekt OnkoBot rozważa OChP jako strategicznego partnera technologicznego oraz dostawcę usług chmury obliczeniowej. OChP jest współwłasnością PKO Banku Polskiego i Polskiego Funduszu Rozwoju (po 50 procent). Spółka bezpiecznie przetwarza dane wielu banków i instytucji publicznych oraz zapewnia bezpieczny dostęp do nowoczesnych technologii AI w chmurze, w tym rozwiązań Google i Microsoft. Obecnie ukierunkowujemy projekt OnkoBot na ekosystem Google Cloud, przy zachowaniu możliwości korzystania z wiodących technologii AI innych dostawców oraz z założeniem łatwej i kosztowo efektywnej migracji na inne platformy (np. Microsoft Azure). Wstępne, nieoficjalne rozmowy z Zarządem OChP wskazują na możliwość ewentualnej kontynuacji dialogu.

Na ten moment nie zapadły żadne decyzje i jest pełna swoboda do wyboru alternatywnych strategicznych partnerów technologicznych i dostawców usług chmurowych.

18 Analiza SWOT dla projektu OnkoBot

Mocne strony	Słabe strony
• Doświadczony interdyscyplinarny zespół inicjujący • Wyniki PoC: makiety/prototypy 9 podsystemów • Utalentowani studenci i kadra UWM • Możliwość adaptacji programów nauczania UWM • Dostęp do danych klinicznych • Wsparcie instytucjonalne NIO-PIB i UWM	• Brak środków na prawidłową realizację projektu • Brak stabilnego dedykowanego zespołu projektowego oraz do eksploatacji i rozwoju • Opór przed zmianą kultury i form pracy • Zależność od dostawców modeli bazowych LLM
Szanse	Zagrożenia
• Możliwości radykalnej poprawy jakości leczenia • NIO-PIB/UWM liderami zastosowania AI w medycynie • Rosnące zapotrzebowanie na AI w medycynie • Możliwości finansowania (NCBiR, ABM, Horizon) • Potencjał komercjalizacji	• Niestabilne źródła finansowania • Duże tempo i złożoność zmian technologicznych • Zmieniające się regulacje (MDR/AI Act, RODO) • Ucieczka wykształconych ekspertów i know-how • Konkurencja big-tech

19 Najbliższe kroki: Faza 0: Inicjacja Projektu

Prawidłowa inicjacja złożonego projektu jest niezbędna do zbudowania solidnych fundamentów jego sukcesu, minimalizując ryzyko niepowodzenia i marnotrawstwa zasobów.

1. Opracowanie i zatwierdzenie **nadrzędnej Karty Projektu dla całego projektu OnkoBot**, zawierającej m.in. wstępne założenia dotyczące planu, celów i zakresu Fazy Przygotowawczej.
2. **Przeprowadzenie sesji uzgodnieniowej z kluczowymi interesariuszami w celu akceptacji Karty Projektu.**
3. **Powołanie zespołu zarządzającego odpowiedzialnego za realizację Fazy Przygotowawczej.**

4. Opracowanie i zatwierdzenie **szczegółowej Karty Fazy Przygotowawczej Projektu OnkoBot**, zawierającej szczegółowy plan, cele i zakres Fazy Przygotowawczej.
5. **Przeprowadzenie sesji uzgodnieniowej z kluczowymi interesariuszami w celu akceptacji Karty Fazy Przygotowawczej Projektu.**
6. Zabezpieczenie i **przekazanie środków finansowych oraz upoważnień** niezbędnych do działania zespołu.
7. Uruchomienie **procesów budowy profesjonalnych zespołów IT/AI oraz ekspertów dziedzinowych.**
8. Zainicjowanie prac nad **przygotowaniem infrastruktury obliczeniowej i administracyjnej.**
9. Oficjalne rozpoczęcie **(Kick-off) Fazy Przygotowawczej.**

20 Podsumowanie i wezwanie do działania

20.1 Kluczowe przesłania

OnkoBot to więcej niż projekt technologiczny - to transformacja polskiej onkologii, która:

- Postawi pacjenta w centrum uwagi z dostępem do wsparcia 24/7
- Wyposaży lekarzy w narzędzia AI najnowszej generacji
- Uczyni NIO-PIB liderem innowacji w regionie
- Stworzy model współpracy nauki i medycyny
- Zbuduje fundament dla medycyny przyszłości

20.2 Apel do interesariuszy

Wezwanie do działania

Stoimy u progu rewolucji w opiece onkologicznej. OnkoBot to nasza szansa na zbudowanie systemu, który połączy najlepsze tradycje polskiej medycyny z możliwościami sztucznej inteligencji.

Potrzebujemy Waszego wsparcia, zaangażowania i wiary w sukces. Razem możemy stworzyć przyszłość, w której każdy pacjent onkologiczny otrzyma najlepszą możliwą opiekę wspartą przez AI.

Dołączcie do nas w tej podróży. Czas na OnkoBot jest teraz!

21 Bibliografia

Literatura

- [1] Polkowski, L., Skowron, A., Jankowski, A., Gollnick, B. (2024). Interactive Thought Networks (ITN): An Interactive Granular Computing Approach to Complex Reasoning in AI the concept of a research seminar at KMMI UWM, UWM 2024.
- [2] Wei, J., Wang, X., Schuurmans, D., et al. (2022). Chain of Thought Prompting Elicits Reasoning in Large Language Models. *arXiv preprint* arXiv:2201.11903.
- [3] Nori, H., Lee, Y. T., Zhang, S., et al. (2023). Can Generalist Foundation Models Outcompete Special-Purpose Tuning? Case Study in Medicine. *arXiv preprint* arXiv:2311.16452.
- [4] Kojima, T., Gu, S. S., Reid, M., et al. (2022). Large Language Models are Zero-Shot Reasoners. *arXiv preprint* arXiv:2205.11916.
- [5] Yao, S., Yu, D., Zhao, J., et al. (2023). Tree of Thoughts: Deliberate Problem Solving with Large Language Models. *arXiv preprint* arXiv:2305.10601.
- [6] Fu, Y., Peng, H., Cao, Y., et al. (2023). Specializing Smaller Language Models towards Multi-Step Reasoning. *arXiv preprint* arXiv:2301.12726.
- [7] National Comprehensive Cancer Network (NCCN) Guidelines
- [8] European Society for Medical Oncology (ESMO) Clinical Practice Guidelines
- [9] World Health Organization (WHO) Cancer Control Guidelines
- [10] American Society of Clinical Oncology (ASCO) Clinical Practice Guidelines
- [11] Xiong, G., Jin, Q., Lu Z., Zhang A. (2024). Benchmarking Retrieval-Augmented Generation for Medicine Univeristy of Virginia, National Library of Medicine, National Institutes of Health, <https://aclanthology.org/2024.findings-acl.372.pdf>
- [12] Dell’Acqua, F., Edward McFowland, E., Mollick, E., Candelon, F., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K., Rajendran, S., Krayner, L., Lakhani, K. (2023). Navigating the Jagged Technological Frontier: Field Experimental Evidence of the Effects of AI on Knowledge Worker Productivity and Quality. Harvard University, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Boston Consulting Group. https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/24-013_d9b45b68-9e74-42d6-a1c6-c72fb70c7282.pdf

A OnkoBot: Potencjalne Korzyści Lekarzy i Pacjentów

A.1 OnkoBot: Podstawowe Obszary Potencjalnych Korzyści Lekarzy i Pacjentów

Wdrożenie systemów opartych na zaawansowanych metodach AI, w tym na technikach MLLM/GraphRAG+, w szpitalach onkologicznych stanowi przełomowe rozwiązanie w zakresie poprawy jakości opieki medycznej. Te rozwiązania dają wiele rewolucyjnych korzyści diagnostycznych i terapeutycznych zarówno dla lekarzy, jak i również dla pacjentów.

W ramach projektu OnkoBot planowana jest szczegółowa specyfikacja funkcjonalności OnkoBot oraz przypisanie ich realizacji do poszczególnych etapów projektu. W ramach tej specyfikacji proponujemy rozważanie objęciem zakresem OnkoBot typowych przykładów zastosowań MLLM/GraphRAG+/GraphRAG+ do wspierania lekarzy i pacjentów w procesach diagnostycznych i terapeutycznych.

A.1.1 OnkoBot: Obszary Korzyści dla Lekarzy

- D-01 Szybsza i trafniejsza diagnoza
- D-02 Zmniejszenie liczby błędów medycznych
- D-03 Personalizacja leczenia
- D-04 Wsparcie w podejmowaniu decyzji
- D-05 Dostęp do wytycznych i rekomendacji
- D-06 Możliwość prowadzenia badań naukowych
- D-07 Optymalizacja kosztów opieki medycznej
- D-08 Automatyzacja zadań administracyjnych
- D-09 Integracja z telemedycyną
- D-10 Wsparcie w zarządzaniu zespołem

A.1.2 OnkoBot: Obszary Korzyści dla Pacjentów

W pewnym uproszczeniu obszary tych korzyści możemy podzielić na następujące obszary korzyści dla lekarzy oraz pacjentów:

- P-01 Dostęp do autoryzowanych ogólnych informacji medycznych
- P-02 Dostęp do autoryzowanych spersonalizowanych informacji medycznych
- P-03 Lepsza komunikacja z lekarzem lub jej zastąpienie komunikacją z asystentem AI
- P-04 Wsparcie monitorowania stanu zdrowia
- P-05 Zwiększenie poczucia kontroli nad procesem leczenia
- P-06 Zwiększenie satysfakcji i komfortu

P-07 Wsparcie automatycznego dialogu

P-08 Wsparcie psychologiczne

P-09 Integracja społeczna

P-10 Skrócenie czasu oczekiwania na diagnostykę i świadczenia

A.2 Wybrany Złożony Przykład Korzyści z D-06 (z części A.1.1): Optymalizacja Terapii Nowotworów Rzadkich

A.2.1 Zarys Procesu Analizy i Przetwarzania Danych w Leczeniu Nowotworów Rzadkich z Wsparciem MLLM/GraphRAG+

System LLM wykorzystuje zaawansowane metody statystyczne, w szczególności metody Monte Carlo (MCMC), do analizy danych pacjentów z rzadkimi typami nowotworów. Proces ten obejmuje:

Gromadzenie i przygotowanie danych z pomocą MLLM/GraphRAG+

- Integracja danych retrospektywnych pacjentów z rzadkimi typami nowotworów
- Włączenie profili genetycznych i informacji o mutacjach
- Analiza zastosowanych schematów terapeutycznych
- Zbieranie danych o wynikach klinicznych i czasie przeżycia

Implementacja i wsparcie analizy modelu bayesowskiego z pomocą MLLM/GraphRAG+ Model wykorzystuje metodologię MCMC do:

- Estymacji parametrów modeli przeżycia
- Uwzględnienia niepewności wynikającej z małej liczebności próby
- Generowania rozkładów posteriori dla kluczowych parametrów
- Oceny efektywności różnych schematów terapeutycznych

A.2.2 Konkretnie Praktyczne Zastosowania MLLM/GraphRAG+ oraz MCMC w onkologii

- **Chłoniaki z komórek T:**
 - Analiza skuteczności terapii celowanych
 - Modelowanie czasu do progresji choroby
 - Identyfikacja czynników prognostycznych
- **Szpiczak plazmocytowy:**
 - Optymalizacja sekwencji terapeutycznych
 - Przewidywanie odpowiedzi na leczenie
 - Analiza przeżycia w zależności od profilu genetycznego

- **Białaczki z mutacją FLT3:**
 - Modelowanie skuteczności inhibitorów FLT3
 - Analiza czasu do nawrotu choroby
 - Optymalizacja terapii skojarzonych

A.2.3 Korzyści z zastosowania MCMC

- Lepsze wykorzystanie ograniczonych danych klinicznych
- Możliwość uwzględnienia wiedzy eksperckiej w modelowaniu
- Dokładniejsze szacowanie niepewności w przewidywaniach
- Wsparcie w podejmowaniu decyzji klinicznych

A.3 OnkoBot: Przykłady Korzyści dla Lekarzy

A.3.1 D-01: Szybsza i trafniejsza diagnoza

Przykład 1:

System LLM integruje dane pacjenta, takie jak wyniki badań obrazowych, wyniki histopatologicznych i profile genomowe, a następnie porównuje je z setkami tysięcy przypadków w globalnych bazach. Identyfikuje rzadką postać chłoniaka złośliwego, która mogłaby zostać przeoczona przez mniej doświadczonego diagnostę. System podpowiada rozpoznanie różnicowe, wskazuje na literaturę potwierdzającą daną diagnozę, określa znacznie prognostyczne i predykcyjne dla określonych terapii w/w rozpoznania.

Przykład 2:

System LLM analizuje obraz radiologiczny płuc pacjenta z długotrwałym kaszlem. Oprócz oczywistego zapalenia oskrzeli, system identyfikuje niewielki, nietypowy guzek, sugerując wczesne stadium raka płuca. Dodatkowo, system automatycznie zleca dodatkowe badania obrazowe (PET-CT) i badania markerów nowotworowych, przyspieszając proces diagnostyczny i umożliwiając wczesne wdrożenie leczenia.

A.3.2 D-02: Zmniejszenie liczby błędów medycznych

Przykład 1:

System przed zatwierdzeniem schematu chemioterapii analizuje interakcje leków i potencjalne działania niepożądane. W jednym przypadku wskazał na nieznaną wcześniej interakcję inhibitora kinazy z rutynowo przepisywanym lekiem przeciwwirusowym, co zapobiegło poważnemu powikłaniu u pacjenta z osłabioną odpornością.

Przykład 2:

System LLM, mając dostęp do elektronicznej karty pacjenta, ostrzega lekarza przed przepisaniem leku przeciwbólowego, który może wywołać groźne interakcje z lekami stosowanymi w chemioterapii. W innym przypadku, system identyfikuje alergię pacjenta na jeden ze składników preparatu do chemioterapii, zapobiegając potencjalnie śmiertelnemu wstrząsowi anafilaktycznemu.

A.3.3 D-03: Personalizacja leczenia

Przykład 1:

System analizuje profil genomowy pacjenta i wskazuje, że terapia CAR-T ma większe szanse powodzenia w porównaniu z leczeniem standardowym, uwzględniając unikalny zestaw mutacji. W przypadku innego pacjenta sugeruje eksperymentalne leczenie celowane dostępne w ramach programu badawczego.

Przykład 2:

System LLM, na podstawie analizy profilu genomowego pacjenta z czerniakiem, rekomenduje immunoterapię w połączeniu z lekiem celowanym, zamiast standardowej chemioterapii. W przypadku innego pacjenta z rakiem piersi, system sugeruje kwalifikację do nowatorskiej terapii genowej dostępnej w ramach międzynarodowego badania klinicznego.

A.3.4 D-04: Wsparcie w podejmowaniu decyzji

Przykład 1:

System generuje streszczenie 10 najnowszych publikacji z NEJM i Lancet Oncology dotyczących nowotworów płuc, z naciskiem na zmiany w standardach leczenia i wyniki badań nad inhibitorami EGFR. Wszystko w ciągu sekund, co pozwala lekarzowi oszczędzić czas i podejmować decyzje na podstawie najnowszej wiedzy.

Przykład 2:

Lekarz przygotowuje się do operacji pacjenta z guzem mózgu. System LLM, na bieżąco analizując publikacje naukowe, informuje go o nowej technice operacyjnej, która minimalizuje ryzyko powikłań neurologicznych. System prezentuje również trójwymiarowy model guza pacjenta, umożliwiając precyzyjne zaplanowanie zabiegu.

A.3.5 D-05: Dostęp do wytycznych i rekomendacji

Przykład 1:

System pobiera najnowsze wytyczne NCCN i automatycznie przekształca je w plan leczenia dostosowany do polskich realiów, uwzględniając dostępność leków i procedur w lokalnym systemie ochrony zdrowia.

Przykład 2:

System LLM automatycznie tłumaczy najnowsze wytyczne Europejskiego Towarzystwa Onkologii Klinicznej (ESMO) na język polski i dostosowuje je do specyfiki polskiego systemu ochrony zdrowia, uwzględniając dostępność leków refundowanych i procedur medycznych.

A.3.6 D-06: Możliwość prowadzenia badań naukowych

Przykład 1:

LLM analizuje dane retrospektywne pacjentów z glejakiem wielopostaciowym, identyfikując wzorce wskazujące, że nowa kombinacja terapii (np. temozolomid z inhibitorem PD-L1) daje obiecujące wyniki u pacjentów z określonym profilem mutacji. Wyniki te mogą być podstawą do nowych badań klinicznych.

Przykład 2:

System LLM analizuje dane pacjentów leczonych z powodu białaczki, identyfikując czynniki ryzyka

nawrotu choroby. Wyniki analizy pozwalają na opracowanie nowych strategii terapeutycznych i zaprojektowanie badania klinicznego sprawdzającego skuteczność innowacyjnej terapii komórkowej.

A.3.7 D-07: Optymalizacja kosztów opieki medycznej

Przykład 1:

System rekomenduje, by u pacjentów z określonym profilem nowotworu unikać kosztownych badań molekularnych, gdyż analiza retrospektywna wskazuje na ich niską wartość predykcyjną w tej grupie. W ten sposób oszczędza środki bez wpływu na jakość leczenia.

Przykład 2:

System LLM, analizując dane historyczne, identyfikuje pacjentów, u których stosowanie drogiego leku biologicznego nie przyniosło oczekiwanych rezultatów. Na podstawie tych danych, system rekomenduje zmianę strategii leczenia na bardziej optymalną kosztowo, bez uszczerbku dla skuteczności terapii.

A.3.8 D-08: Automatyzacja zadań administracyjnych

Przykład 1:

System generuje pełne wypisy, streszczenia przypadków i skierowania w oparciu o dane z systemów HIS i PACS. Dokumenty są gotowe do podpisu lekarza, co oszczędza nawet 2 godziny pracy dziennie.

Przykład 2:

System LLM generuje automatyczne podsumowania wizyt lekarskich, w tym informacje o rozpoznaniu, zaleceniach i planowanych badaniach. System przypomina również pacjentom o zbliżających się terminach wizyt i pomaga w załatwianiu formalności związanych z leczeniem.

A.3.9 D-09: Integracja z telemedycyną

Przykład 1:

System umożliwia zdalne konsultacje z wykorzystaniem AI do wstępnej oceny stanu pacjenta. System analizuje objawy zgłaszane przez pacjenta i proponuje wstępną diagnostykę przed teleporadą.

Przykład 2:

System umożliwia automatyczne rejestrowanie rozmów lekarz–pacjent, telekonsultacji oraz notatek głosowych lekarzy, a następnie dokonuje ich transkrypcji w czasie rzeczywistym przy użyciu technologii speech-to-text. Dodatkowo system analizuje treść transkrypcji w celu identyfikacji istotnych informacji klinicznych, takich jak objawy, rozpoznania, leki czy słowa kluczowe. W szczególności potrafi również wykonywać transkrypcję wiadomości z poczty głosowej oraz dialogów pacjentów z asystentem AI.

A.3.10 D-10: Wsparcie w zarządzaniu zespołem

Przykład 1:

System optymalizuje harmonogramy pracy i automatycznie dystrybuuje przypadki według specjalizacji, uwzględniając doświadczenie i kompetencje poszczególnych członków zespołu medycznego.

Przykład 2:

System koordynuje konsultacje wielospecjalistyczne i zarządza dostępnością personelu, zapewniając optymalne wykorzystanie zasobów ludzkich i efektywną współpracę między specjalistami.

A.4 OnkoBot: Przykłady Korzyści Pacjentów

A.4.1 P-01: Dostęp do autoryzowanych ogólnych informacji medycznych

Przykład 1:

Pacjent korzysta z autoryzowanego przez szpital portalu, który - na bazie ogólnej wiedzy medycznej (zgodnej z polityką informacyjną szpitala), udziela tekstowych odpowiedzi na medyczne pytania pacjentów. Generuje zrozumiałe wyjaśnienia diagnozy, szczegóły leczenia i etapy terapii, bazując na najnowszej wiedzy medycznej.

Przykład 2:

Pacjent korzysta z autoryzowanego przez szpital portalu, który - na bazie ogólnej wiedzy medycznej (zgodnej z polityką informacyjną szpitala), udziela multimedialnych odpowiedzi na medyczne pytania pacjentów. Generuje zrozumiałe wyjaśnienia diagnozy, szczegóły leczenia i etapy terapii, bazując na najnowszej wiedzy medycznej. Informacje są przedstawione w formie infografik i nagrań wideo.

A.4.2 P-02: Dostęp do autoryzowanych spersonalizowanych informacji medycznych

Przykład 1:

Pacjent korzysta z indywidualnego portalu, który generuje zrozumiałe wyjaśnienia diagnozy, szczegóły leczenia i etapy terapii, bazując na najnowszej wiedzy medycznej i indywidualnych wynikach badań pacjenta. Informacje są przedstawione w formie infografik i nagrań wideo.

Przykład 2:

Pacjent otrzymuje spersonalizowane informacje na temat swojej choroby, zalet i wad potencjalnych planów leczenia i możliwych skutków ubocznych, przedstawione w przystępnej formie grafiki, animacji i filmów edukacyjnych. System odpowiada również na pytania pacjenta w języku naturalnym, 24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu.

A.4.3 P-03: Lepsza komunikacja z lekarzem lub nadzorowane jej zastąpienie komunikacją z asystentem AI

Przykład 1:

Wirtualny asystent wyjaśnia pacjentowi, jak przygotować się do radioterapii. Na pytanie o specyfikę jednego z leków odpowiada w prosty sposób, a jeśli pytanie jest złożone, przygotowuje podsumowanie dla lekarza, co przyspiesza konsultację.

Przykład 2:

Pacjent może komunikować się z lekarzem za pośrednictwem bezpiecznego czatu lub wideokonferencji, zadawać pytania i otrzymywać szybkie odpowiedzi. System LLM pomaga w tłumaczeniu terminologii medycznej na język zrozumiały dla pacjenta i ułatwia porozumienie między lekarzem a pacjentem.

A.4.4 P-04: Wsparcie monitorowania stanu zdrowia

Przykład 1:

Pacjent z rakiem płuca korzysta z urządzenia monitorującego saturację krwi i częstość oddechów. System zauważa spadek parametrów i generuje alert dla lekarza, który decyduje o wcześniejszej wizycie kontrolnej.

Przykład 2:

Pacjent po operacji raka jelita grubego korzysta z aplikacji mobilnej, która monitoruje jego stan zdrowia i przypomina o regularnym przyjmowaniu leków. System LLM analizuje dane z aplikacji i w razie wykrycia niepokojących objawów (np. gorączka, ból brzucha) automatycznie informuje lekarza.

A.4.5 P-05: Zwiększenie poczucia kontroli nad procesem leczenia

Przykład 1:

Pacjent może śledzić postępy terapii i otrzymuje przypomnienia o terminach badań, wizyt i konieczności przyjmowania leków, co pomaga lepiej zarządzać leczeniem.

Przykład 2:

Pacjent ma dostęp do swojej elektronicznej karty pacjenta, w której może śledzić przebieg leczenia, wyniki badań i zalecenia lekarskie. System LLM umożliwia również pacjentowi aktywne uczestnictwo w procesie decyzyjnym dotyczącym leczenia, poprzez dostęp do informacji o alternatywnych metodach terapii i możliwość wyrażenia swojej opinii.

A.4.6 P-06: Zwiększenie satysfakcji i komfortu

Przykład 1:

System przekształca wyniki badań i historię leczenia w zrozumiałe raporty w formie graficznej, co eliminuje stres związany z koniecznością interpretacji skomplikowanych dokumentów medycznych.

Przykład 2:

System LLM personalizuje komunikację z pacjentem, uwzględniając jego indywidualne potrzeby i preferencje. System oferuje również dostęp do grup wsparcia i forów internetowych, gdzie pacjenci mogą dzielić się swoimi doświadczeniami i otrzymywać wsparcie emocjonalne.

A.4.7 P-07: Wsparcie automatycznego dialogu

Przykład 1:

Pacjent przygotowujący się do chemioterapii może skorzystać z wirtualnego asystenta, który odpowie na jego pytania dotyczące przebiegu leczenia, możliwych skutków ubocznych i sposobów radzenia sobie z nimi. System LLM dostosowuje swoje odpowiedzi do poziomu zrozumienia pacjenta i oferuje wsparcie psychologiczne.

Przykład 2:

Interaktywny moduł edukacyjny tłumaczy, jak przygotować się do biopsji wątroby, odpowiadając na pytania pacjenta w czasie rzeczywistym. Pacjent może obejrzeć krótkie filmy wideo z instrukcjami krok po kroku.

A.4.8 P-08: Wsparcie psychologiczne

Przykład 1:

System automatycznie wykrywa stany emocjonalne wymagające interwencji psychologa na podstawie analizy komunikacji pacjenta, jego aktywności w systemie i raportowanych objawów. System proaktywnie proponuje sesje wsparcia i techniki radzenia sobie ze stresem.

Przykład 2:

System zapewnia dostęp do wirtualnych grup wsparcia moderowanych przez specjalistów, gdzie pacjenci mogą dzielić się doświadczeniami z osobami w podobnej sytuacji. System LLM pomaga w doborze odpowiednich technik relaksacyjnych i zarządzania stresem.

A.4.9 P-09: Integracja społeczna

Przykład 1:

System aktywnie łączy pacjentów z podobnymi historiami choroby i doświadczeniami, tworząc społeczności wsparcia. Organizuje wydarzenia edukacyjne i warsztaty tematyczne dostosowane do potrzeb konkretnych grup pacjentów.

Przykład 2:

System udostępnia bezpieczną platformę do wymiany doświadczeń między pacjentami, moderowaną przez specjalistów. Automatycznie dobiera treści i aktywności odpowiednie dla danej grupy pacjentów, wspierając proces zdrowienia i adaptacji.

A.4.10 P-10: Skrócenie czasu oczekiwania na diagnostykę i świadczenia

Przykład 1:

System dynamicznie palnuje terminy badań obrazowych, przesuując mniej pilne wizyty w sytuacji, gdy nowy pacjent wymaga natychmiastowej diagnostyki. Dodatkowo informuje pacjentów o dostępnych terminach w innych ośrodkach.

Przykład 2:

System LLM automatycznie planuje wizyty pacjentów w poradniach specjalistycznych, optymalizując harmonogram pracy lekarzy i minimalizując czas oczekiwania na konsultację. System umożliwia również pacjentom rejestrację online i dostęp do wyników badań przez Internet.

A.5 Podsumowanie Zastosowań MLLM/GraphRAG+

- Systemy MLLM/GraphRAG+ znacząco usprawniają pracę personelu medycznego
- Poprawiają jakość opieki nad pacjentem
- Optymalizują koszty leczenia
- Zwiększają dostępność specjalistycznej wiedzy medycznej
- Wspierają personalizację leczenia
- Redukują ryzyko błędów medycznych
- Poprawiają komunikację między lekarzem a pacjentem

A.6 Rekomendacje wdrożeniowe

- Stopniowe wprowadzanie systemu z pilotażem na wybranych oddziałach
- Systematyczne szkolenia personelu
- Regularna ewaluacja efektów wdrożenia
- Ciągłe doskonalenie systemu w oparciu o feedback użytkowników
- Monitoring bezpieczeństwa i prywatności danych
- Rozwój integracji z istniejącymi systemami
- Rozbudowa funkcjonalności w oparciu o potrzeby użytkowników

A.7 Podsumowanie Oczekiwanych Korzyści dla NIO-PIB oraz UWM z Realizacji Projektu

- Dla Szpitala:

Poprawa jakości opieki, efektywniejsze wykorzystanie zasobów, wzmocnienie pozycji lidera innowacji. Rozwój badań naukowych i możliwość wpływu na programy kształcenia kadr na UWM.

- Dla Personelu Medycznego:

Łatwiejszy i szybszy dostęp do wiedzy, mniej czasu na powtarzalne czynności, lepsza komunikacja i wsparcie w decyzjach klinicznych.

- Dla Pacjentów:

Szybsza diagnostyka, trafniejsze terapie, lepsze zrozumienie procesu leczenia.

- Dla Uczelni:

Dostęp do danych i realnych scenariuszy klinicznych, rozwój badań, publikacje naukowe. Lepsze dostosowanie programów nauczania i badań naukowych do praktycznych potrzeb sektora medycznego.

- Dla Partnerów Projektowych np. Dostawcy Chmury:

Wzmocnienie oferty, zdobycie doświadczenia w realizacji złożonych projektów medycznych.

B OnkoBot: Propozycja Konfiguracji Uruchomienia Platformy Obliczeniowej HPC na Etapie Fazy Przygotowawczej

Załącznik B przedstawia strategię budowy i konfiguracji **platformy obliczeniowej HPC (High-Performance Computing)** niezbędnej do prawidłowego tworzenia, strojenia, testowania oraz badania modeli AI/LLM w trakcie **Fazy Przygotowawczej projektu OnkoBot**. Dokument zawiera opis nadrzędnych założeń architektonicznych systemu, szczegółowych wymagań dla pięciu kluczowych środowisk obliczeniowych HPC w tej fazie oraz propozycję optymalizacji rocznego kosztorysu infrastruktury w chmurze Google Cloud Platform.

Warunkiem podjęcia ostatecznych decyzji dotyczących konfiguracji platformy HPC jest uprzednie zatwierdzenie celów, zakresu, zasobów oraz harmonogramu prac przewidzianych w tej fazie projektu.

Projekt OnkoBot zakłada rozwój i budowę zaawansowanego systemu sztucznej inteligencji wspierającego lekarzy onkologów w procesach diagnostyki i planowania leczenia. System zostanie wdrożony z zachowaniem pełnej zgodności z obowiązującymi regulacjami (RODO, EU AI Act, MDR) oraz zapewnieniem najwyższych standardów bezpieczeństwa i ochrony prywatności danych medycznych.

Dokument opracowano przy założeniu, że system OnkoBot będzie rozwijany w środowisku Google Cloud Platform w sposób umożliwiający w przyszłości — w razie konieczności — przeniesienie jego rdzenia do innej chmury obliczeniowej. Dokument ma charakter roboczy i stanowi szablon, który można łatwo dostosować do wymagań oraz wyceny w innych środowiskach chmurowych (np. Azure, AWS).

Zakres niniejszej wyceny obejmuje zoptymalizowane środowisko HPC przeznaczone do budowy, uruchomienia, testowania oraz prowadzenia wstępnych (pilotażowych) badań klinicznych dotyczących komponentów AI/LLM projektu OnkoBot. Należy podkreślić, że ostateczna konfiguracja platformy będzie zależeć od wyboru dostawców usług chmurowych oraz zakresu współpracy (np. szkoleń i wsparcia konsultacyjnego w zakresie optymalnego wykorzystania tych usług). Warunki współpracy powinny zostać określone w wyniku profesjonalnych negocjacji z wybranymi dostawcami.

W szczególności, zakres niniejszego dokumentu nie obejmuje pozostałych (poza HPC) standardowych kosztów sprzętowych, programowych, sieciowych ani operacyjnych, które towarzyszą zapewnieniu prawidłowego środowiska obliczeniowego w typowym projekcie IT/AI.

Przykładowo, dokument pomija w szczególności takie aspekty jak:

- Koszty stanowisk pracy (komputerów i licencji na oprogramowanie) dla zespołu IT, ekspertów dziedzinowych oraz Biura Projektu.
- Koszty pozyskania i transferu danych.
- Koszty licencji na narzędzia AI/LLM wspierające produktywność zespołu.

W całkowitej wycenie projektu należy ponadto uwzględnić licencje na zewnętrzne oprogramowanie, w tym:

- **Systemy do zarządzania zadaniami i wiedzą:** Atlassian (Jira + Confluence).
- **Narzędzia do dokumentacji architektonicznej:** Enterprise Architect (dla modeli formalnych) oraz Mermaid (dla diagramów w formacie „Diagram as Code”).

Zakłada się, że w kolejnych etapach projektu wspomniane narzędzia zostaną zintegrowane w ramach centralnej platformy **AIP (AI Platform)**, dostępnej dla zespołów UWM i NIO-PIB. Wszystkie powyższe elementy zostaną szczegółowo uwzględnione w kolejnych wersjach dokumentu,

które obejmą pełną strukturę kosztów, harmonogram oraz szczegółowy zakres dalszych etapów projektu.

B.1 Wprowadzenie

OnkoBot to innowacyjny projekt łączący najnowsze osiągnięcia w dziedzinie sztucznej inteligencji z potrzebami współczesnej onkologii. System został zaprojektowany jako narzędzie wspomagające pracę lekarzy, oferując zaawansowane analizy informacji medycznych, wsparcie w podejmowaniu decyzji klinicznych oraz automatyzację procesów dokumentacyjnych.

B.1.1 Cele Projektu Konfiguracji i Uruchomienie Platformy Obliczeniowej HPC na Etapie Fazy Przygotowawczej

- Rozwój zastosowań AI oraz budowa prototypów, które umożliwią skuteczne wystąpienie NIO-PIB z UWM o znaczące środki na budowę i rozwój systemu OnkoBot, mającego na celu m.in.:
 - Skrócenie czasu diagnostyki nowotworów poprzez automatyczną analizę obrazów
 - Poprawa dokładności diagnoz dzięki systemom AI drugiej opinii
 - Redukcja obciążenia administracyjnego lekarzy
 - Zapewnienie dostępu do najnowszej wiedzy medycznej poprzez modele AI
 - Stworzenie platformy do współpracy międzyinstytucjonalnej
- Do prawidłowej realizacji zakładanych celów OnkoBot niezbędna jest odpowiednio dostosowana platforma obliczeniowa HPC, która - stosownie do potrzeb - powinna zostać uruchomiona w Fazie Przygotowawczej.

B.1.2 Kluczowi Interesariusze

- **Narodowy Instytut Onkologii PIB** – partner merytoryczny, walidacja kliniczna
- **Uniwersytet Warmińsko-Mazurski** – główny wykonawca, ekspertyza AI/ML
- **Lekarze onkolodzy** – użytkownicy końcowi systemu
- **Wszyscy zainteresowani pracownicy UWM** – do używania nowoczesnych narzędzi AI/LLM
- **Wszyscy zainteresowani pracownicy NIO-PIB** – do używania nowoczesnych narzędzi AI/LLM
- **Pacjenci** – beneficjenci poprawy jakości diagnostyki
- **NFZ i Ministerstwo Zdrowia** – potencjalni sponsorzy wdrożenia
- **Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego** – potencjalni sponsorzy wdrożenia

B.2 Nadrzędne Pryncypia Architektoniczne

Nadrzędne Pryncypia Architektoniczne

System OnkoBot został zaprojektowany w oparciu o następujące fundamentalne zasady, które determinują wszystkie decyzje technologiczne i implementacyjne:

B.2.1 Bezpieczeństwo, Rozliczalność i Prywatność

- Pełna zgodność z **RODO** (GDPR) – szyfrowanie, pseudonimizacja, prawo do zapomnienia
- Implementacja wymogów **NIS2** – cyberbezpieczeństwo infrastruktury krytycznej
- Certyfikacja **ISO 27001** – system zarządzania bezpieczeństwem informacji
- Audit trail wszystkich operacji na danych wrażliwych
- Zero-trust security model z wielopoziomą autoryzacją

B.2.2 Zgodność Regulacyjna

- **EU AI Act** – system wysokiego ryzyka z pełną dokumentacją i explainability
- **MDR (Medical Device Regulation)** – certyfikacja jako wyrób medyczny klasy IIb/III
- **IEC 62304** – cykl życia oprogramowania medycznego
- Walidacja kliniczna zgodnie z protokołami badań klinicznych
- Dokumentacja techniczna zgodna z wymogami notified body

B.2.3 HITL (Human-in-the-Loop)

- Lekarz zawsze zachowuje ostateczną decyzję
- Transparentność rekomendacji AI z wyjaśnieniem reasoning
- Możliwość odrzucenia/modyfikacji sugestii systemu
- Continuous learning z feedbacku lekarskiego
- Mechanizmy eskalacji w przypadkach wątpliwych

B.2.4 Skalowalność i Elastyczność

- Architektura mikroservisów z agentami AI
- Autoskalowanie horyzontalne i wertykalne
- Architektura sterowana zdarzeniami (Event-driven architecture) z Google Pub/Sub
- Konteneryzacja (Kubernetes/GKE)
- Infrastructure as Code (Terraform)

B.2.5 Interoperacyjność

- **FHIR R5** – standard wymiany danych medycznych
- **DICOM Web** – przesyłanie i analiza obrazów medycznych
- **IHE-XDS** – cross-enterprise document sharing
- HL7 v2/v3 dla legacy systems
- RESTful API dla integracji zewnętrznych

B.2.6 Lokalizacja Danych

- Wszystkie dane wrażliwe wyłącznie w regionie Europy Środkowo - Wschodniej europe-central2 (Warszawa)
- Brak transferu danych poza granice Polski/UE
- Lokalne backupy w polskich data center
- Szyfrowanie data-at-rest i data-in-transit
- Compliance z Polską Chmurą

B.2.7 Potencjalna Przenoszalność

- Minimalizacja vendor lock-in
- Wykorzystanie standardów open-source gdzie możliwe
- Abstrakcja warstwy cloud-specific APIs
- Containerization dla przenoszalności workloadów
- Multi-cloud ready architecture

B.3 Orientacyjne Fazy Rozwoju Projektu z perspektywy rozwoju zapotrzebowania na platformę obliczeniową HPC

B.3.1 Faza Przygotowawcza (2025 – 2026)

- Konfiguracja i uruchomienie infrastruktury obliczeniowej HPC
- Rozwój prototypów agentów AI
- Testy z grupą 20-50 lekarzy
- Proof of Concept kluczowych funkcjonalności
- Ocena ryzyka AI zgodnie z EU AI Act

B.3.2 Faza Pilotażowa (2027 – 2028)

- Wdrożenie w 3-5 klinikach pilotażowych
- Rozpoczęcie zbierania danych do certyfikacji MDR
- Iteracyjne doskonalenie modeli AI
- Szkolenia personelu medycznego
- Pierwsze audyty bezpieczeństwa

B.3.3 Faza Integracyjna (2029 – 2031)

- Skalowanie do 10-20 placówek
- Pełna certyfikacja wyrobu medycznego
- Integracja z systemami HIS/RIS/PACS
- Ocena kliniczna skuteczności
- Przygotowanie do komercjalizacji

B.3.4 Faza CEMA (2032+)

CEMA jest skrótem od angielskiej nazwy: *Community of Collaborative Evolving Medical Assistants*

- Utworzenie ekosystemu współpracujących systemów AI
- Federacyjne uczenie modeli
- Międzynarodowa współpraca
- Continuous improvement
- Rozwój nowych specjalizacji

B.4 Wymagania na Moce Obliczeniowe HPC dla Pięciu Środowisk Technologicznych dla potrzeb Fazy Przygotowawczej

Wymagania Środowiskowe

W fazie przygotowawczej projekt wymaga pięciu odrębnych środowisk technologicznych, każde z własnymi wymaganiami dotyczącymi zasobów, wydajności i dostępności.

B.4.1 Środowisko DEV (Development)

Przeznaczenie: Rozwój i testowanie nowych funkcjonalności

Parametr	Wymaganie
Użytkownicy	Do 20 osób (zespół deweloperski)
RAM	Minimum 64 GB
Storage	4 TB + przyrost 0,2 TB/miesiąc
Procesy AI ciężkie	Średnio 50 dziennie
Procesy AI lekkie	Średnio 4000 dziennie
Fine-tuning	10 godzin miesięcznie (GPU A100)
Dostępność	8:00-18:00 w dni robocze

Charakterystyka procesów:

- **Procesy ciężkie:** analiza obrazów DICOM, debaty agentów, generowanie raportów
- **Procesy lekkie:** Q&A, kategoryzacja, wyszukiwanie w bazie wiedzy

B.4.2 Środowisko STG (Staging)

Przeznaczenie: Wierna kopia produkcji do testów integracyjnych

Parametr	Wymaganie
Użytkownicy	Do 10 osób (testerzy, QA)
RAM	Minimum 64 GB
Storage	2 TB + przyrost 0,1 TB/miesiąc
Procesy AI ciężkie	Średnio 10 dziennie
Procesy AI lekkie	Średnio 1000 dziennie
Dostępność	8:00-18:00 w dni robocze

B.4.3 Środowisko UAT (User Acceptance Testing)

Przeznaczenie: Testy akceptacyjne z udziałem lekarzy

Parametr	Wymaganie
Użytkownicy	Do 10 osób (lekarze testujący)
RAM	Minimum 64 GB
Storage	2 TB + przyrost 0,1 TB/miesiąc
Procesy AI ciężkie	Średnio 10 dziennie
Procesy AI lekkie	Średnio 1000 dziennie
Dostępność	7:00-20:00 w dni robocze

B.4.4 Środowisko PROD (Production/Badania Kliniczne)

Przeznaczenie: Środowisko produkcyjne dla badań klinicznych

Parametr	Wymaganie
Użytkownicy	Do 50 osób (lekarze w badaniach)
RAM	Minimum 64 GB (128 GB rekomendowane)
Storage	2 TB + przyrost 0,2 TB/miesiąc
Procesy AI ciężkie	Średnio 20 dziennie
Procesy AI lekkie	Średnio 2000 dziennie
SLA	99.9% (HIS-grade)
Monitoring	24/7 z alertami
Backup	Codzienny, retencja 90 dni

B.4.5 Środowisko AIP (AI Platform)

Przeznaczenie: Wspólna platforma AI dla UWM i NIO-PIB

Parametr	Wymaganie
Użytkownicy	Do 1000 osób (badacze, lekarze)
RAM	Minimum 128 GB (512 GB z autoskalowaniem)
Storage	4 TB + przyrost 0,2 TB/miesiąc
Procesy AI ciężkie	Średnio 50 dziennie
Procesy AI lekkie	Średnio 20000 dziennie
SLA	99.9% (HIS-grade)
Monitoring	24/7 z alertami
Specjalne	Autoskalowanie, multi-tenancy

B.5 Stos Technologiczny

B.5.1 Infrastruktura i Platforma

- **Chmura:** Google Cloud Platform (region europe-central2)
- **Orchestration:** Google Kubernetes Engine (GKE)
- **ML Platform:** Vertex AI
- **IaC:** Terraform
- **CI/CD:** Cloud Build + GitLab

B.5.2 Komponenty Aplikacyjne

- **Message Queue:** Google Cloud Pub/Sub
- **Baza relacyjna:** Cloud SQL for PostgreSQL
- **Baza wektorowa:** PostgreSQL + pgvector
- **Object Storage:** Cloud Storage
- **Cache:** Redis on GKE

B.5.3 Monitoring i Bezpieczeństwo

- **Observability:** Google Cloud Operations Suite
- **Secret Management:** Google Secret Manager
- **IAM:** Google Cloud IAM + Workload Identity
- **Network Security:** Cloud Armor + Cloud NAT
- **Compliance:** Security Command Center

B.5.4 Rdzeń AI

- **Orkiestracja agentów:**
 - CrewAI – szybkie prototypowanie
 - LangGraph – złożone przepływy produkcyjne
- **Gateway LLM:** LiteLLM
- **Modele:** Gemini, GPT-4, Claude, Llama (via Vertex AI)
- **RAG:** LangChain + pgvector
- **Fine-tuning:** Vertex AI Training

B.6 Zoptymalizowany Kosztorys Roczny

B.6.1 Podsumowanie Kosztów

Założenia ogólne:

1. Poniższe szacowanie kosztów powstało na podstawie cenników dostępnych w internecie.
2. Oryginalne koszty podane są w USD. W dalszej części zakładamy, że $1 \text{ USD} = 3,7 \text{ PLN}$.
3. Zakładamy, że Faza Przygotowawcza będzie realizowana w środowisku Google Cloud. Jednocześnie zakładamy, że najprawdopodobniej naszym Partnerem będzie OChK. Jeśli rozmowy z OChK nie będą zadowalające, to zostanie wybrany inny Partner.
4. Z dużym prawdopodobieństwem po negocjacjach kontraktu z Partnerem uda się uzyskać nieco niższe ceny.
5. Zakładamy, że w - po pozytywnej decyzji przystąpienia do negocjacji - zostanie wynegocjowana i podpisana Umowa z Partnerem. Dzięki temu projekt będzie miał zabezpieczone prawidłowe środowisko obliczeniowe.
6. Bezpośrednio po podpisaniu umowy rozpoczną się szkolenia zespołu, przygotowanie środowisk GCP.

Całkowity Roczny Koszt Projektu wg Niniejszego Kosztorysu

521 638 PLN netto
(641 414 PLN brutto z 23% VAT)

B.6.2 Szczegółowy Podział Kosztów

Tabela 1: Podsumowanie kosztów według kategorii

Kategoria	Koszt Roczny (PLN netto)	Udział %
Infrastruktura obliczeniowa	122 087	23.4%
Storage	29 324	5.6%
Bazy danych	71 928	13.8%
Vertex AI	38 400	7.4%
Usługi dodatkowe	56 783	10.9%
Tokeny AI (LLM)	47 334	9.1%
Monitoring i backup	47 680	9.1%
Szkolenia	20 000	3.8%
Wsparcie partnerskie	37 430	7.2%
Rezerwa operacyjna	50 672	9.7%
SUMA	521 638	100.0%

B.6.3 Kluczowe Założenia Optymalizacyjne

1. **Agresywne harmonogramy wyłączania** – 80% czasu offline dla DEV/STG/UAT
2. **Autoskalowanie AIP** – 2 maszyny bazowe + skalowanie do 4 przy szczytach
3. **Współdzielona baza non-prod** – jedna instancja Cloud SQL dla DEV/STG/UAT
4. **pgvector zamiast Matching Engine** – oszczędność 18 000 PLN/rok
5. **pd-balanced zamiast pd-ssd** – 70% niższy koszt przy akceptowalnej wydajności
6. **Committed Use Discounts** – 37% zniżki dla PROD i AIP

B.6.4 Szczegółowa Tabela Kosztów

Tabela 2: Szczegółowy roczny kosztorys infrastruktury OnkoBot

Środowisko	Komponent	Specyfikacja	Koszt Roczny	Uwagi
ŚRODOWISKO DEV				
DEV	Compute Engine	n2-standard-16	5 189 PLN	80% off, 4.8h/dzień
DEV	Storage	2 TB pd-balanced	4 734 PLN	Redukcja z 4 TB
DEV	Cloud SQL	Współdzielona	1 776 PLN	1/3 kosztu wspólnej DB
DEV	GPU Fine-tuning	Vertex AI Training	173 PLN	10h/miesiąc
ŚRODOWISKO STG				
STG	Compute Engine	n2-standard-16	5 189 PLN	80% off, 4.8h/dzień
STG	Storage	1 TB pd-balanced	2 368 PLN	Minimalne wymagania
STG	Cloud SQL	Współdzielona	1 776 PLN	1/3 kosztu wspólnej DB
ŚRODOWISKO UAT				
UAT	Compute Engine	n2-standard-16	5 189 PLN	80% off, 4.8h/dzień
UAT	Storage	1 TB pd-balanced	2 368 PLN	Minimalne wymagania
UAT	Cloud SQL	Współdzielona	1 776 PLN	1/3 kosztu wspólnej DB
ŚRODOWISKO PROD				
PROD	Compute Engine	2 × n2-standard-16	40 840 PLN	CUD, 24/7, HA
PROD	Storage	2 TB pd-balanced	6 509 PLN	Zmiana z pd-ssd
PROD	Cloud SQL	200 GB HA	26 640 PLN	High Availability
PROD	Monitoring	Cloud Operations	9 990 PLN	Enterprise support
PROD	Backup	Daily snapshots	7 600 PLN	90 dni retencji
ŚRODOWISKO AIP				
AIP	Compute Engine	2 × n2-standard-32	81 680 PLN	CUD, autoskalowanie
AIP	Storage	4 TB pd-balanced	9 467 PLN	Zmiana z pd-ssd
AIP	Cloud SQL	300 GB HA	39 960 PLN	Multi-tenant ready
AIP	Monitoring	Cloud Operations	9 990 PLN	Enterprise support
WSPÓLNE KOMPONENTY				
Wszystkie	Vertex AI Endpoints	5 endpointów	16 200 PLN	Optymalizacja
Wszystkie	Vertex AI Queries	~3M zapytań/rok	22 200 PLN	\$0.002/zapytanie
Wszystkie	Tokeny LLM	30.9M tokenów/m-c	47 334 PLN	Gemini 1.5 Flash
Wszystkie	Cloud Pub/Sub	Message queue	4 440 PLN	50% optymalizacja
Wszystkie	Cloud NAT	Network egress	2 220 PLN	Stały koszt
Wszystkie	Artifact Registry	Container images	555 PLN	Optymalizacja
Wszystkie	Secret Manager	Secrets storage	888 PLN	Stały koszt

Tabela 2 – ciąg dalszy

Środowisko	Komponent	Specyfikacja	Koszt Roczny	Uwagi
Wszystkie	Network Egress	External traffic	11 100 PLN	~3 GB/dzień
KOSZTY DODATKOWE				
Projekt	Szkolenia zespołu	GCP + AI/ML	20 000 PLN	Redukcja 50%
Projekt	Wsparcie partnerskie	10% infrastruktury	37 430 PLN	Managed services
Projekt	Rezerwa operacyjna	~10% budżetu	50 672 PLN	Nieprzewidziane

B.7 Plan Wdrożenia Środowiska Obliczeniowego i Harmonogram jego rozwoju w Fazie Przygotowawczej

B.7.1 Przykładowe Kamienie Milowe Środowiska Obliczeniowego

Kamień Milowy	Deliverables
Kickoff projektu	Infrastruktura, zespół
MVP agentów AI	Prototypy CrewAI
Integracja DICOM	Analiza obrazów
Pierwsze testy z lekarzami	Feedback, iteracja
Walidacja bezpieczeństwa	Audit, pen-testy
Zakończenie fazy PoC	Raport, decyzja

B.7.2 Zarządzanie Ryzykiem

Ryzyko	Prawd.	Wpływ	Mitygacja
Przekroczenie budżetu	Średnie	Wysoki	Monitoring kosztów, alerty, rezerwa 10%
Opóźnienia w rozwoju	Średnie	Średni	Agile/Scrum, MVP approach, bufony czasowe
Problemy z compliance	Niskie	Wysoki	Wczesne audyty, współpraca z prawnikami
Brak akceptacji lekarzy	Niskie	Krytyczny	UX research, ciągłe testy, szkolenia
Awaria infrastruktury	Niskie	Wysoki	HA, backup, DR plan, SLA z Google

B.8 Metryki Sukcesu i KPI

B.8.1 Metryki Techniczne

- Dostępność systemu: >99.9% dla PROD/AIP
- Czas odpowiedzi: <2s dla zapytań, <30s dla analizy obrazu
- Dokładność AI: >90% zgodności z diagnozami ekspertów
- Wykorzystanie zasobów: <70% średnio, autoskalowanie przy >85%

B.8.2 Metryki Biznesowe

- Liczba aktywnych użytkowników: 50+ w fazie pilotażowej
- Zadowolenie użytkowników: NPS
- Redukcja czasu diagnostyki

B.8.3 Metryki Compliance w 2026

- Zero incydentów bezpieczeństwa krytycznych
- 100% zgodności z wymogami RODO
- Pomyślne przejście audytów ISO 27001
- Dokumentacja MDR kompletna do końca fazy pilotażowej

B.9 Podsumowanie i Rekomendacje

B.9.1 Kluczowe Wnioski

1. **Wykonalność techniczna** – Projekt jest możliwy do realizacji z wykorzystaniem dostępnych technologii GCP i open-source
2. **Zgodność regulacyjna** – Architektura zapewnia pełną zgodność z wymogami prawnymi (RODO, EU AI Act, MDR)
3. **Skalowalność** – System może obsłużyć od 50 do 1000+ użytkowników dzięki autoskalowaniu
4. **Bezpieczeństwo** – Dane medyczne są w pełni chronione dzięki lokalnej infrastrukturze w Warszawie i wielopoziomowym zabezpieczeniu

B.9.2 Rekomendacje Strategiczne

1. **Rozpocząć od małej skali** – MVP z 20 użytkownikami, iteracyjny rozwój
2. **Priorytet na UX** – Sukces zależy od akceptacji lekarzy, inwestycja w badania UX
3. **Partnerstwo z Google Cloud** – Wykorzystać programy wsparcia dla startupów/badań
4. **Budować ekosystem** – Współpraca z innymi ośrodkami onkologicznymi od początku
5. **Planować długoterminowo** – Przygotowanie do międzynarodowej ekspansji (CEMA)

B.10 Załączniki

B.10.1 A. Słownik Pojęć

AI/ML Artificial Intelligence / Machine Learning

DICOM Digital Imaging and Communications in Medicine

FHIR Fast Healthcare Interoperability Resources

GCP Google Cloud Platform

HITL Human-in-the-Loop

HPC High-Performance Computing

LLM Large Language Model

MDR Medical Device Regulation

MVP Minimum Viable Product

PACS Picture Archiving and Communication System

RAG Retrieval-Augmented Generation

RODO Rozporządzenie o Ochronie Danych Osobowych (GDPR)

SLA Service Level Agreement