

UNIwersytet  
JANA DŁUGOSZA w CZĘSTOCHOWIE



Wydział Nauk Ścisłych, Przyrodniczych  
i Technicznych

Kierunek: Informatyka

Specjalność: Tworzenie gier komputerowych

XYZ

nr albumu: 77071

Projektowanie i ocena interfejsów  
użytkownika w grach VR: przegląd rozwiązań  
i implementacja prototypu z użyciem Unity  
Designing and evaluating user interfaces in  
VR games: an overview of solutions and  
implementation of a prototype using Unity

Praca magisterska przygotowana  
pod kierunkiem  
dr hab. Andrzej Zbrzezny

Częstochowa 2024

## **Streszczenie**

Celem pracy dyplomowej było opisanie i opracowanie projektu interfejsu użytkownika. Dokonano analizy konkurencji, zaprojektowano, przebudowano gotowe systemy. Wdrożony system został przetestowany, potwierdzając poprawne działanie.

Opisano również dalsze możliwości rozwoju gry.

## **Słowa kluczowe**

Virtual Reality, User Interaction, Immersion, Vr Interface Design, Human-Centered Design



# Spis treści

<b>Wstęp</b> . . . . .	8
<b>1. Wprowadzenie do tematyki pracy</b> . . . . .	10
1.1. Kontekst rozwoju technologii VR . . . . .	10
1.2. Znaczenie interfejsu użytkownika i interakcji w VR . . . . .	12
1.3. Wyzwania projektowania UI w VR . . . . .	13
1.4. Luki badawcze i motywacja podjęcia tematu . . . . .	14
<b>2. Podstawy teoretyczne i Tło technologiczne</b> . . . . .	16
2.1. Podstawy teoretyczne . . . . .	16
2.1.1. Definicje, pojęcia i klasyfikacje VR . . . . .	16
2.1.2. Ergonomia, percepcja i ograniczenia użytkownika . . . . .	17
2.1.3. Typy interfejsów VR (2D, 3D, diegetyczne, systemowe) . . . . .	18
2.1.4. Przegląd interfejsów użytkownika w środowiskach VR(Najczęściej spotykane UI w VR . . . . .	19
2.1.5. Opis typowych sposobów interakcji w VR . . . . .	19
2.1.6. Klasyczne zasady UX . . . . .	19
2.1.7. Metody UX stosowane w projekcie . . . . .	21
2.2. Tło technologiczne VR . . . . .	21
2.2.1. Silniki gier i środowiska VR (Unity, Unreal, Godot) . . . . .	21
2.2.2. Biblioteki i frameworki VR (XR Toolkit, OpenXR, SteamVR) . . . . .	23
2.2.3. Narzędzia do projektowania interfejsów (Figma, Blender) . . . . .	23
2.2.4. Narzędzia do analizy UX/UI (Google Forms, UEQ, SUS) . . . . .	23
<b>3. Analiza istniejących rozwiązań</b> . . . . .	24
3.1. Cel i zakres analizy . . . . .	24
3.2. Materiał badawczy (wybór gier VR) . . . . .	24
3.2.1. Half-Life: Alyx . . . . .	24
3.2.2. Beat Saber . . . . .	24
3.2.3. Phasmophobia VR . . . . .	24
3.2.4. No Man's Sky . . . . .	24
3.2.5. Symulator VR „Zaawansowane procedury medyczne” . . . . .	24
3.3. Wyniki analizy . . . . .	24
3.4. Wnioski z analizy istniejących rozwiązań . . . . .	24

<b>4. Badania wstępne</b>	25
4.1. Cel i znaczenie badań UX	25
4.2. Pytania badawcze i hipotezy	25
4.3. Metodyka badań	25
4.4. Konstrukcja ankiety	25
4.5. Grupa badawcza i sposób dystrybucji	25
4.6. Analiza wyników ankiety	26
4.7. Wnioski UX do etapu prototypowania	26
<b>5. Prototypowanie i Implementacja</b>	27
5.1. Prototypowanie	27
5.1.1. Proces projektowy UX (Opis projektowania UX	27
5.1.2. Projektowanie interfejsu zgodnie z zasadami UX	27
5.1.3. Makiety low-fidelity	27
5.1.4. Prototypy high-fidelity	27
5.1.5. Testy prototypów (first-click, A/B, tree testing)	27
5.1.6. Wnioski projektowe do VR	27
5.2. Implementacja	27
5.2.1. Środowisko i konfiguracja projektu Unity VR	27
5.2.2. Architektura interfejsu VR	27
5.2.3. Implementacja elementów UI (2D, 3D)	27
5.2.4. Implementacja interakcji (pointer, direct touch, gesty)	27
5.2.5. Wdrażanie rozwiązań UX z prototypu Figma	27
5.2.6. Testy techniczne, optymalizacja i stabilność	27
<b>6. Badania końcowe (UX Evaluation – testy VR)</b>	28
6.1. Cel badań końcowych	28
6.2. Metody badań UX w VR (SUS, UEQ, task-based, obserwacja)	28
6.3. Scenariusze zadań	28
6.4. Zbieranie danych	28
6.5. Analiza wyników	28
6.6. Wnioski projektowe wynikające z testów VR	28
<b>7. Podsumowanie i wnioski</b>	29
7.1. Podsumowanie wyników pracy	29
7.2. Interpretacja rezultatów	29
7.3. Ocena skuteczności procesu projektowego	29
7.4. Ocena interfejsu VR pod kątem ergonomii i immersji	29
7.5. Ograniczenia pracy*	29

7.6. Rekomendacje* . . . . .	29
7.7. Możliwości komercjalizacji* . . . . .	29
<b>Zakończenie . . . . .</b>	<b>30</b>
<b>Spis rysunków . . . . .</b>	<b>31</b>

# Wstęp

Rzeczywistość wirtualna dynamicznie się rozwija i znajduje wykorzystanie w coraz szerszym zakresie dziedzin, takich jak edukacja, architektura, medycyna czy budownictwo. VR umożliwia użytkownikom przeżywanie doświadczeń niemożliwych lub (problematycznych?) do osiągnięcia w prawdziwym życiu. Jednym z kluczowych elementów wpływających na doświadczenia użytkowników jest odpowiednio zaprojektowany interfejs użytkownika (UI). Interfejsy te umożliwiają nie tylko łatwą i intuicyjną interakcję z produktem, ale są również wyjątkowo istotne w zapewnieniu odbiorcom komfortu i nieprzerwanej immersji, która jest kluczowym elementem VR. Projektowanie interfejsu użytkownika w rzeczywistości wirtualnej musi uwzględniać charakterystyczne cechy tej technologii, takie jak przestrzeń trójwymiarowa, specyficzne sposoby interakcji oraz różnorodne potrzeby użytkowników.

Celem niniejszej pracy jest wybór oraz zaprojektowanie najbardziej optymalnego interfejsu użytkownika, który będzie charakteryzować się uniwersalnym zastosowaniem w różnych środowiskach VR. Praca ma na celu zidentyfikowanie najważniejszych elementów interfejsów użytkownika, które zapewnią największy komfort i nieprzerwaną immersję oraz zaprojektowanie gotowego rozwiązania. W ramach pracy zostaną zaprezentowane różne podejścia do interakcji w wirtualnej rzeczywistości które następnie zostaną dostosowane do różnorodnych potrzeb użytkowników oraz uwzględnia ograniczenia motoryczne, sensoryczne czy poznawcze. Proces ten pozwoli na wybór najbardziej efektywnego i wszechstronnego rozwiązania, które można zastosować w różnych aplikacjach i grach VR

Wybór tematu wynika z rosnącego zapotrzebowania na rozwój interfejsów użytkownika w VR, szczególnie w kontekście coraz to nowszych zastosowań tej technologii, takich jak edukacja medycyna czy budownictwo. Na rynku istnieje duża luka, jeśli chodzi o projektowanie zorientowane na człowieka (HCD) uniwersalnych interfejsów użytkownika, które byłyby zarówno dostępne jak i wygodne dla osób z różnymi ograniczeniami. Po doświadczeniach z z różnymi grami i aplikacjami VR, zauważyłam, że wiele z nich nie spełnia oczekiwań w zakresie dostosowania do potrzeb osób z problemami motorycznymi lub sensorycznymi. Takie doświadczenia skłoniły mnie do podjęcia próby rozwiązania tych problemów i stworzenia rozwiązania, które zapewni komfort i dostępność dla wszystkich użytkowników.

Podczas realizowania tego projektu napotkam szereg różnych wyzwań związanych z pełnieniem różnych ról w procesie tworzenia interfejsu użytkownika w rzeczywistości wirtualnej. Pierwszym z nich będzie konieczność dostosowania interfejsu do trójwymiarowej przestrzeni VR, co wiąże się z nowymi zasadami ergonomii i interakcji. Jako osoba odpowiedzialna za cały projekt, będę samodzielnie pełniła funkcje UX Resear-



chera, UX/UI Designera, programisty oraz testera. Jako UX Researcher, będę miała za zadanie przeprowadzić badania użytkowników w celu identyfikacji potrzeb preferencji i punktów bólu w kontekście VR, a następnie zaprojektować interfejs dostosowany do różnych grup odbiorców. Rola UX/UI designera wiąże się z zaprojektowaniem funkcjonalnych i estetycznych elementów interfejsu spójnych z wymaganiami rzeczywistości wirtualnej. Jako programistka będę odpowiedzialna za implementację interfejsu i zapewnienie optymalizacji działania. Dodatkowo, jako tester, będę przeprowadzała testy, identyfikowała punkty bólu i problemy a następnie wprowadzała poprawki na podstawie uzyskanych wyników.

Praca została podzielona na 6 głównych rozdziałów. Pierwszy rozdział skupia się na wprowadzeniu do tematyki pracy, analizie dostępnych na rynku technologii VR oraz narzędziach które zostaną wykorzystane w projekcie. Zawiera analizę istniejących aplikacji VR pod kątem interakcji użytkownika oraz identyfikację najlepszych praktyk i innowacji w projektowaniu interfejsów VR.

Zawiera skupi się na doborze odpowiednich narzędzi i technologii wykorzystywanych w projekcie, takich jak Figma, Unity, sprzęt VR oraz narzędzia analityczne, takie jak Google Forms. Zostaną omówione ich funkcjonalności i rola w procesie projektowania interfejsu w środowisku VR, Rozdział drugi wprowadza do ogólnych zasad projektowania interfejsów. Omówione zostaną kluczowe zasady UX/UI, takie jak ergonomia, intuicyjność, przejrzystość i użyteczność interfejsów. Następnie zostanie przedstawione, jak te zasady są dostosowywane do specyfiki rzeczywistości wirtualnej (VR), uwzględniając trójwymiarową przestrzeń i unikalne interakcje użytkowników w VR.. Rozdział trzeci będzie skupiał się na porównaniu interfejsów wykorzystywanych na tradycyjnych platformach z tymi występującymi w wirtualnej rzeczywistości. Zawiera szczegółową analizę wpływu trójwymiarowej przestrzeni VR na projektowanie interakcji oraz przedstawia wyzwania związane z adaptacją zasad UX/UI do specyfiki tej technologii. Rozdział czwarty zawiera proces projektowania interfejsu VR w narzędziach takich jak Figma jednocześnie omawiając proces tworzenia interaktywnych elementów i testowanie różnych układów i metod interakcji. W piątym rozdziale uwzględniono implementację zaprojektowanego rozwiązania w środowisku VR. W szóstym rozdziale zostanie wybrana odpowiednia metoda badawcza, najlepiej dopasowana do charakterystyki projektu oraz dostępnych zasobów. Celem tej części pracy jest zebranie informacji od użytkowników dotyczących użyteczności zaprojektowanego interfejsu. Po dokonaniu wyboru metody badawczej, przeprowadzone zostaną testy użytkowników, które pozwolą na ocenę intuicyjności, efektywności i komfortu interakcji z gotowym produktem. Po zakończeniu testów, uzyskane wyniki zostaną poddane analizie, co umożliwi dalszą optymalizację interfejsu. W zakończeniu pracy podsumowane zostaną główne wnioski oraz zaproponowane kierunki dalszych badań i rozwoju interfejsów VR, a także rozważone możliwości komercjalizacji opracowanych rozwiązań.

# Wprowadzenie do tematyki pracy

Wirtualna i Rzeczywistość jest technologią, która wraz z pojawieniem się pierwszych konsumenckich headsetów VR przeszła w nowy etap rozwoju, wykraczający poza wcześniejsze, ograniczone zastosowania w środowiskach specjalistycznych i badawczych. Od tego momentu zaczęła ona wzbudzać zainteresowanie nie tylko w środowisku naukowym ale również w komercyjnym. Na rynku gier ta technologia otworzyła nowe możliwości, zarówno w tworzeniu nowych tytułów jak i przenoszeniu już istniejących do środowiska VR. Zainteresowanie technologią wzrastało wraz z pojawieniem się nowych urządzeń lub gier, jednak gracze często rezygnowali z dalszego korzystania z gier VR z powodu problemów zdrowotnych takich jak choroby lokomocyjnej czy dyskomfortu, a także z uwagi na niską jakość oferowanych produktów oraz ograniczoną liczbę dopracowanych tytułów. Tym samym ogromny potencjał technologii, umożliwiającej tworzenie immersyjnych trójwymiarowych środowisk niedostępnych w rzeczywistym świecie, nie zawsze przekładał się na pozytywny odbiór końcowych produktów przez graczy. Jednym z większych problemów nadal jest słaba jakość doświadczeń, z którymi użytkownik styka się już na początkowym etapie kontaktu z grą. W wielu przypadkach pierwsze minuty gry wiążą się z dezorientacją, koniecznością przyswojenia nieintuicyjnych schematów sterowania oraz nadmiarem informacji prezentowanych w sposób sprzeczny z oczekiwaniami odbiorcy. Używane w grach rozwiązania projektowe związane UI i mechanizmami interakcji są często niespójne, mało intuicyjne lub skopiowane z bezpośrednio z gier 2D i 3D. W efekcie negatywnie wpływają one na odbiór gry oraz ograniczają poziom zanurzenia użytkownika w wirtualnym świecie. Brak ujednoliconych i zweryfikowanych w środowisku testowym wytycznych projektowych dedykowanych grom VR skutkuje, że jakość końcowego produktu jest ściśle powiązana z wiedzą zespołu dewloperskiego w zakresie projektowania doświadczeń użytkownika.

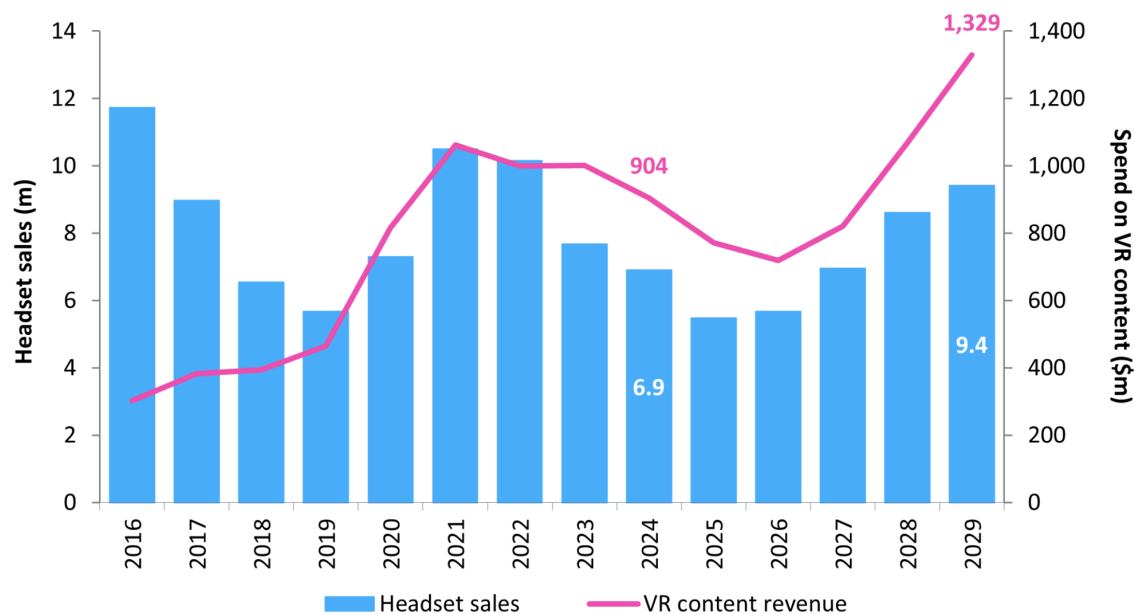
## 1.1. Kontekst rozwoju technologii VR

Aby w pełni zrozumieć obecną sytuację na rynku VR, należy najpierw zrozumieć jak zestawy zmieniły się na przestrzeni lat. Podczas pierwszej fali zainteresowania miała miejsce w 2016 roku kiedy na rynek wyszły pierwsze konsumenckie zestawy VR. Wydarzenie to stanowiło istotny krok w kierunku upowszechnienia i rozwoju tej technologii. Urządzenia te sprawiły, że możliwe stało się doświadczenie VR w warunkach domowych. Pierwsze headsety miały niestety sporo ograniczeń, wymagały one przewodowego połą-

czenia z wydajnym komputerem oraz zastosowania zewnętrznych sensorów śledzących ruch. Konieczne było wydzielone miejsca na sensory oraz wykonanie mapowania przestrzeni. Przemieszczenie mebli lub sensorów oznaczało ponowną kalibrację. Dodatkowo brak obsługi wielu profili utrudniał dzielenie się urządzeniem w warunkach domowych. W kolejnych latach zrezygnowano z wielu problematycznych rozwiązań stosowanych w pierwszych wersjach urządzeń. W nowych generacjach zrezygnowano z zewnętrznych sensorów i zastosowano śledzenie ruchu inside-out czyli opartego na kamerach wbudowanych bezpośrednio w kask. Proces konfiguracji początkowej również uległ zmianie i mapowanie pokoju jest wykonywane automatycznie z funkcją wykrywania przeszkód jak meble czy ściany. Większość urządzeń jest aktualnie bezprzewodowa i została wyposażona w wbudowane w okulary VR zasilanie, ponadto dodano funkcje szybkiego przełączania profili użytkowników. Razem z rozwojem urządzeń nastąpił rozwój narzędzi symulacyjnych oraz środowisk testowych wspierających projektowanie i sprawdzanie aplikacji VR bez fizycznego posiadania googli. Umożliwiało to symulacje ruchu interakcji i zachowań użytkownika w wirtualnym środowisku. Branża VR dążyła do ujednolicenia rozwiązań technicznych i stworzyła wspólne standardy API i narzędzia deweloperskie które miały na celu ułatwić tworzenie spójnych gier i aplikacji na różne platformy. Standaryzacja ta odnosiła się jednak przede wszystkim do warstwy technicznej, obejmującej obsługę urządzeń, kontrolerów oraz systemów śledzenia ruchu. W obszarze projektowania interfejsów użytkownika oraz interakcji można zauważyć dużą różnorodność podejść projektowych. Wynika to z przyjętych konwencji projektowych oraz z narzędzi oferowanych przez różne silniki jak Unity czy Unreal Engine. W rezultacie jakość doświadczeń użytkownika różni się pomiędzy poszczególnymi produkcjami, co ma bezpośredni wpływ na odbiór technologii VR przez konsumentów. Rozwój i ujednolicenie sprzętu VR oraz narzędzi programistycznych, a także ich integracją z silnikami takimi jak Unity i Unreal Engine, wyraźnie obniżył próg wejścia dla twórców. Dodatkowym ułatwieniem stała się również większa dostępność narzędzi symulacyjnych oraz trybów emulacji wirtualnego środowiska, które umożliwiają projektowanie i testowanie aplikacji bez konieczności stałego fizycznego posiadania zestawu VR. Okres ten początkowo charakteryzował się dynamicznym wzrostem zainteresowania technologią jednak wraz z jej upowszechnieniem użytkownicy zaczęli zauważać liczne nieintuicyjne i niekomfortowe rozwiązania projektowe. W ostatnich latach zainteresowanie VR wśród konsumentów uległo osłabieniu Według danych opublikowanych przez firmę analityczną-badawczą Omdia, w 2024 roku sprzedaż konsumenckich zestawów VR spadła o około 10 procent, z poziomu 7,7 mln do 6,9 mln sprzedanych egzemplarzy. Dla porównania, w okresie pierwszej fali popularyzacji technologii VR, około roku 2016, sprzedano prawie 12 mln urządzeń. Prognozy wskazują, że spadkowy trend może utrzymać się co najmniej do końca 2025 roku (Omdia, 2024).

Jednym z istotnych powodów takiej sytuacji jest deficyt atrakcyjnych i nowator-

**Consumer VR headset sales and spend on VR content, 2016–29**



Source: Omdia Consumer VR Headset and Content Revenue Forecast

© 2024 Omdia

**Rysunek 1.1.** Sprzedaż konsumenckich zestawów wirtualnej rzeczywistości i wydatki na treści VR, (2024); źródło: Omedia

skich gier oraz aplikacji VR, a także ograniczona liczba produkcji dopracowanych nie tylko pod względem zawartości, takiej jak fabuła czy mechaniki rozgrywki, lecz również pod kątem interfejsu użytkownika, sposobów interakcji oraz ogólnego komfortu użytkowania. Nowe produkcje często cechuje powtarzalność i przeciążenie użytkownika już na początku rozgrywki, co negatywnie wpływa na komfort korzystania z VR. Pomimo obecnych trudności prognozy Omdia na kolejne lata pozostają umiarkowanie optymistyczne i wskazują, że rok 2026 może stanowić początek ponownego wzrostu rynku VR. Z tego względu obecny etap rozwoju technologii można uznać za szczególnie istotny z perspektywy projektowania gier VR, ponieważ wraz z ponownym wzrostem zainteresowania użytkowników kluczowe znaczenie będą miały jakość interfejsów użytkownika oraz spójność zastosowanych mechanizmów interakcji.

## 1.2. Znaczenie interfejsu użytkownika i interakcji w VR

W wirtualnej rzeczywistości świat, w którym użytkownik przebywa, jest istotny, jednak kluczowe znaczenie ma to, jakie działania może on w tym świecie podjąć oraz w jaki sposób może na niego oddziaływać. Interfejs użytkownika oraz mechanizmy interakcji należą do podstawowych elementów umożliwiających budowanie wrażenia obecności.

W sytuacji, gdy którykolwiek z tych elementów jest niezgodny z oczekiwaniami użytkownika lub naturalnymi reakcjami ciała, doświadczenie przestaje być komfortowe, a immersja zostaje zakłócona. Don Norman wskazuje, że dobrze zaprojektowany produkt nie powinien wymagać dodatkowych wyjaśnień, lecz opierać się na znanych użytkownikowi schematach działania. W kontekście wirtualnej rzeczywistości oznacza to projektowanie interakcji w sposób możliwie zbliżony do naturalnych ludzkich odruchów. Przykładowo, otwarcie drzwi powinno polegać na wykonaniu ruchu ręką odpowiadającego rzeczywistemu gestowi, a nie na użyciu abstrakcyjnego przycisku na kontrolerze lub wyborze opcji z menu. Rozwiązania odbiegające od takich wzorców wymagają od użytkownika dodatkowego wysiłku poznawczego i wydłużają proces adaptacji do środowiska VR. Im większa liczba niespójności pomiędzy sposobem interakcji a oczekiwaniami użytkownika, tym większe jest ryzyko wystąpienia frustracji, niepokoju oraz zmęczenia poznawczego. W skrajnych przypadkach niewłaściwie zaprojektowane interakcje mogą również przyczyniać się do występowania objawów choroby lokomocyjnej, co znacząco obniża chęć dalszego korzystania z aplikacji lub gry. Z tego powodu sam interfejs użytkownika nie jest wystarczający do stworzenia pozytywnego doświadczenia. Kluczową rolę odgrywa całokształt doświadczeń użytkownika (User Experience), obejmujący zarówno aspekty funkcjonalne, jak i subiektywne odczucia pojawiające się podczas korzystania z aplikacji. Interfejs użytkownika w VR stanowi warstwę pośredniczącą pomiędzy użytkownikiem a systemem i odpowiada za przekazywanie informacji, sygnalizowanie stanu gry oraz umożliwienie wykonywania działań. Sposób projektowania tej warstwy ma bezpośredni wpływ na to, w jaki sposób użytkownik interpretuje dostępne możliwości interakcji oraz jak postrzega spójność i logikę świata przedstawionego. Oznacza to, że ocena jakości interfejsu i interakcji nie może być dokonywana w oderwaniu od kontekstu, w jakim są one wykorzystywane, lecz powinna uwzględniać charakter rozgrywki oraz zadania stawiane przed użytkownikiem. Należy jednocześnie podkreślić, że skuteczność interfejsu użytkownika oraz zastosowanych mechanizmów interakcji w VR zależy od kontekstu projektowego, w tym od typu gry oraz charakteru zadań wykonywanych przez użytkownika. Różnice pomiędzy gatunkami oraz tempem rozgrywki sprawiają, że te same rozwiązania interfejsowe mogą w odmienny sposób wpływać na poziom immersji i komfort użytkowania. Uwzględnienie specyfiki scenariuszy rozgrywki w środowisku wirtualnej rzeczywistości sprzyja projektowaniu interfejsów użytkownika oraz mechanizmów interakcji lepiej dopasowanych do danego typu doświadczenia.

### 1.3. Wyzwania projektowania UI w VR

Projektowanie interfejsów użytkownika w VR nie polega na prostym przeniesieniu zasad stosowanych w grach 2D lub klasycznych grach 3D. Środowisko trójwymia-

rowe wprowadza nowe wyzwania, takie jak silne powiązanie interfejsu z ruchem ciała użytkownika, podatność na dezorientację przestrzenną oraz ograniczenia percepcyjne wynikające z konstrukcji zestawów VR. Badania z zakresu projektowania interfejsów w środowisku wirtualnej rzeczywistości wykazują, że jednym z największych wyzwań dla projektantów VR pozostaje zachowanie ergonomii interakcji, spójności pomiędzy różnymi grami oraz utrzymanie immersji przez cały czas korzystania z produktu. Systematyczny przegląd literatury przeprowadzony przez Lima, Catapan i Zeredo (2024)) podkreśla, że projektowanie interfejsów VR wciąż napotyka istotne trudności, szczególnie w obszarze ergonomii fizycznej i poznawczej. Podobne wnioski przedstawiają García, Cano i Moreira (2022), wskazując, że jakość doświadczenia użytkownika w VR jest silnie uzależniona od sposobu zaprojektowania interfejsu oraz mechanizmów interakcji. Niewłaściwe rozmieszczenie elementów interfejsu, nadmierna liczba bodźców wizualnych, brak czytelnych i spójnych wzorców sterowania lub nieergonomiczne interakcje mogą znacząco obniżyć poziom immersji, komfort użytkowania oraz utrudniać odbiór i ocenę aplikacji VR. Dodatkowym problemem jest konieczność pogodzenia czytelności interfejsu z zachowaniem immersji. Klasyczne rozwiązania typu HUD mogą zaburzać iluzję obecności, natomiast interfejsy diegetyczne, choć bardziej immersyjne, bywają mniej czytelne i trudniejsze w obsłudze. Projektowanie UI w VR wymaga zatem świadomych kompromisów oraz doboru rozwiązań adekwatnych do kontekstu aplikacji.

## 1.4. Luki badawcze i motywacja podjęcia tematu

Pomimo ciągłego doskonalenia technologii VR proces projektowy gier w małych i średnich zespołach deweloperskich nadal opiera się w głównej mierze na doświadczeniu i intuicji zespołu. Większość projektów jest realizowana bez przeprowadzenia badań wstępnych z grupą docelową czy testów użyteczności gotowych rozwiązań. Często stosowaną praktyką jest wzorowanie się na rozwiązaniach wdrażanych przez podobne lub po prostu popularne produkcje i wklejanie ich do rozgrywki. Zdarza się również że projektanci po ogólnodostępne wytyczne znalezione w internecie, takie jak dokumentacje deweloperskie platform VR, które prezentują ogólne praktyki nie wskazując ich ograniczeń kontekstowych. Rozwiązania uniwersalne pomijają wiele istotnych różnic między gatunkami gier, jako przykład warto się zastanowić nad grami sumlatorowymi i RPG akcji. Pierwszy gatunek czyli takie gry jak symulatory lotu lub jazdy wymagają realistycznych i opartych na prawdziwym świecie interakcji. Wszystkie sprzeczności takie jak brak możliwości chwycenia dźwigni czy naciśnięcia przycisku mogą prowadzić do obniżenia imersji oraz utrudnień w rozgrywce odbiorcy. Wprawdzie istnieją opracowania książkowe i teoretyczne które porównują interfejsy i interakcje VR, jednak brakuje empirycznych badań porównawczych które sprawdzałyby skuteczność rozwiązań w realnej grze lub środowisku testowym z udziałem użytkowników końcowych. Luka ta sta-

nowiła dla mnie główną motywację podjęcia tego tematu pracy. Celem niniejszej pracy jest analiza wpływu interfejsu użytkownika oraz mechanizmów interakcji na poziom immersji w grze VR reprezentującej wybrany typ gatunkowy. W ramach tej pracy zaprojektowane i zaimplementowane zostanie środowisko testowe wraz z podstawowymi interakcjami dla tego typu rozgrywki. Następnie porównane zostaną dwa odmienne podejścia do projektowania interfejsu. Ocena skuteczności zastosowanych rozwiązań zostanie przeprowadzona na podstawie badań z udziałem użytkowników, obejmujących m.in. pomiar immersji, obserwację zachowań oraz subiektywną ocenę komfortu i intuicyjności interakcji. Otrzymane wyniki pozwolą określić, które rozwiązania interfejsowe i interakcyjne w mniejszym stopniu zaburzają immersję i lepiej wspierają doświadczenie użytkownika w kontekście analizowanego typu gry VR.

# Podstawy teoretyczne i Tło technologiczne

## 2.1. Podstawy teoretyczne

### 2.1.1. Definicje, pojęcia i klasyfikacje VR

Aby uzasadnić potrzebe projektowania interfejsów i interakcji w grach VR w odmienny sposób niż w przypadku gier 2D czy 3D, należy najpierw zrozumieć czym jest tak naprawdę VR. W niniejszej pracy przyjęto ujęcie rzeczywistości wirtualnej zaproponowane w książce *The VR Book* autorstwa Jasona Jeralda. Rzeczywistość wirtualna rozumiana jest jako w pełni sztuczne, cyfrowe otoczenie generowane komputerowo, które wywołuje u użytkownika poczucie przebywania w innym miejscu lub świecie oraz umożliwia mu bezpośrednie doświadczanie i interakcję w sposób zbliżony do kontaktu z rzeczywistym środowiskiem (Jerald, *The VR Book*). W odróżnieniu od tradycyjnych gier komputerowych oraz aplikacji, technologia ta nie ogranicza się tylko do obserwowania obrazu na ekranie lecz zakłada pełne zaangażowanie użytkownika.

Dzięki specjalistycznym urządzeniom, takim jak gogle czy kontrolery ruchu, możliwe staje się obserwowanie i oddziaływanie na generowane wirtualnie obiekty w czasie rzeczywistym. Rozwiązania z zakresu VR wykorzystują zaawansowane techniki renderowania grafiki, precyzyjnie śledzą ruch głowy i dłoni, a także uwzględniają dźwięk przestrzenny. Może angażować nie tylko słuch i wzrok ale również dotyk poprzez kontrolery haptyczne. Wirtualna rzeczywistość oddziałowuje na różne **zmysły**, aby maksymalnie zwiększyć zanurzenie użytkownika i osiągnięcie wrażenia, że świat wirtualny jest prawdziwy a użytkownik jest w nim naprawdę obecny.

Do opisu doświadczeń w grach często stosowane jest pojęcie immersja oraz obecność. Słowa te są często mylnie stosowane jako synonimy choć odnoszą się do różnych aspektów VR. Różnice między tymi pojęciami dość trafnie opisał Jerald w swojej książce *book*. Zaznacza on, że Imersja nawiązuje do cech VR, do tego w jak mocno oddziałują na zmysły użytkownika. Natomiast obecność odnosi się do subiektywnego wrażenia i odczucia użytkownika że znajduje się w świecie wirtualnym. W kontekście gier VR te słowa mają szczególne znaczenie, są zależne od tego jak zaprojektowana jest cała gra.





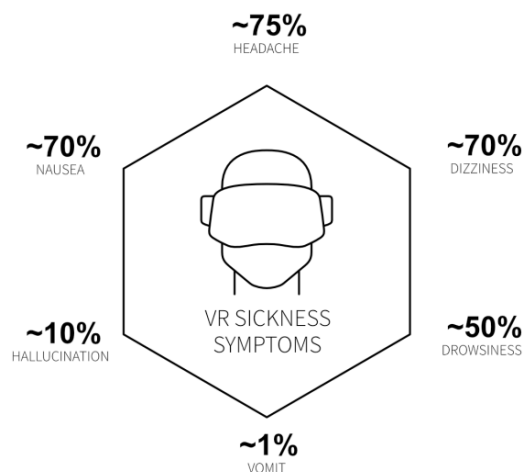
**Rysunek 2.1.** Symulator medyczny służący do szkolenia lekarzy

### 2.1.2. Ergonomia, percepcja i ograniczenia użytkownika

W grach komputerowych czy aplikacjach rzadko zdarza się aby użytkownik odczuwał dyskomfort fizyczny. VR angażuje użytkownika intensywniej niż tradycyjne rozgrywki na komputer i pozwala użytkownikowi na pełne zanurzenie się w rozgrywkę. Tworzenie treści do tego środowiska wymaga uwzględnienia ograniczeń percepcyjnych i fizjologicznych człowieka. Jednym z efektów braku takiego podejścia jest wystąpienie objawów choroby symulatorowej (VR sickness). Objawia się najczęściej mdłościami, zawrotami głowy czy ogólna dezorientacją. Według książki 3D User Interfaces: Theory and Practice (book) (3D user Interfaces Theory and Practice) jest ona spowodowana niespójnością pomiędzy tym, co użytkownik widzi czyli ruch w świecie wirtualnym, a tym, co odczuwa jego ciało czyli brak fizycznego ruchu. Z tego względu bardzo istotne jest tempo interakcji, ograniczenie gwałtownych zmian perspektywy i widoku oraz przewidywalność zachowań systemu ponieważ to między innymi one będą miały wpływ na długie i komfortowe korzystanie z urządzenia.

(3D user Interfaces Theory and Practice)

Zaangażowanie całego ciała w przypadku gier VR nakłada również pewne ograniczenia na projektantów. Jednym z nich jest to że niewłaściwe ułożenie obiektów na scenie lub wymuszenie utrzymywania dłoni w nienaturalnej pozycji przez dłuższy czas może prowadzić do szybkiego zmęczenia. Z tego powodu należy uwzględnić naturalny zakres ruchu człowieka aby wszelkiego rodzaju interakcje mogły być wykonywane bez nadmiernego wysiłku fizycznego. (book) jerald



**Rysunek 2.2.** VR sickness

Problematycznym może okazać się samo umieszczenie obiektów interaktywnych w środowisko wirtualnym. Pole widzenia w googlach jest ograniczone nie tylko ze względu na konstrukcję urządzenia ale również naszych indywidualnych cech anatomicznych jak rozstaw źrenic. Ma to istotny wpływ na odbiór interfejsu i rozmieszczenie informacji w przestrzeni. Jak wykazują badania Sauer i współpracowników (2022), article (Assessment of consumer VR). pole widzenia jakie deklarują producenci zestawów VR jest inne niż rzeczywistości a jego zakres zależy fizjologii odbiorcy. Umieszczenie kluczowych elementów poza zakresem widzialnym będzie prowadził do ich przeoczenia lub wymuszenia zbędnych ruchów i w rezultacie zmęczenia lub irytacji. Z tego względu należy stosować nie tylko teoretyczne założenia techniczne podane przez producenta ale również empiryczne ograniczenia odbiorców.

### 2.1.3. Typy interfejsów VR (2D, 3D, diegetyczne, systemowe)

Projektowanie interfejsu do VR może odbywać się na różne sposoby, różniące się stopniem integracji z wirtualnym środowiskiem i tym jak prezentowane są istotne informacje. Aby odpowiednio przygotować się do projektowania, należy przeanalizować rozwiązania stosowane w istniejących produktach. Należy zrozumieć, co twórcy gier uznali za ważniejsze, pełną immersję czy raczej stawiali na tradycyjne menu i lewitujące w przestrzeni wirtualnej panele. W pierwszej kolejności warto jednak poznać kilka podstawowych rodzajów interfejsów i czym się charakteryzują. Pozwoli to na lepsze zrozumienie jak i kiedy są one wykorzystywane. W niniejszej analizie przyjęto podział interfejsów na cztery główne typy:

Interfejs jako część świata gry, Klasyczny panel menu (Non-diegetic UI), Interfejs przestrzenny oraz Meta. Pierwszy rodzaj polega na wpleceniu interfejsu w elementy już

istniejące w świecie wirtualnym, użytkownik żeby go zobaczyć musi fizycznie skierować głowę na dany element. Drugi z kolei wykorzystuje tradycyjny panel menu, który możemy spotkać na stronach internetowych czy w grach na komputer. Elementy interfejsu nie są częścią świata gry a sam panel jest nakładką na widok użytkownika. Kolejne podejście to interfejs przestrzenny, jest on połączeniem digetycznych i niedigetycznych. Stanowi często część środowiska wirtualnego i jest w nim wyświetlany ale nie jest widoczny przez postacie. Ostatni typ to Meta, który służy do reprezentacji statusu naszej postaci nie pojawiając się jednocześnie w świecie gry

#### **2.1.4. Przegląd interfejsów użytkownika w środowiskach VR(Najczęściej spotykane UI w VR**

Najczęściej stosowane są interfejsy niedigetyczne

#### **2.1.5. Opis typowych sposobów interakcji w VR**

typy interakcji z VR Siedzący (Seated VR)najczęściej stosowany w symulatorach lotniczych i wyścigowych, które wymagają precyzyjnego sterowania; stojący zwany również stacjonarnym Stacjonarny Swobodny ruch (Room-scale VR) Tryby renderowania i wyświetlania VR Tryby śledzenia ruchu użytkownika Tryby użytkowania w zależności od platformy Tryby użytkowania VR według zastosowania Czym jest Interfejs użytkownika w VR Czym są interakcje i jakie wyróżnia się metody interakcji w vr

#### **2.1.6. Klasyczne zasady UX**

**Hierarchia wizualna**

**Zasady Gestalt**

**Minimalizm i redukcja obciążenia poznawczego**

**Spójność i przewidywalność**

**Affordance i feedback**

**Heurystyki Nielsena**

**Różnice w projektowaniu interfejsu VR**

Chociaż większość podstawowych zasad UX designu jest uznawana jako uniwersalna to projektowanie interfejsu użytkownika w oparciu o nie wymaga od projektanta innego podejścia. Wynika to z odmienności systemu VR od innych technologii, takich jak aplikacje mobilne, aplikacje desktopowe czy strony internetowe, gdzie wszystkie

interakcje z systemem odbywają się za pomocą myszki, klawiatury, ekranów dotykowych ewentualnie czytników ekranów. Tworzenie interfejsów użytkownika w środowisku wirtualnej rzeczywistości wiąże się z wieloma trudnościami, które nie występują w tradycyjnych aplikacjach. W projekcie konieczne będzie dostosowanie zasad tak, aby umożliwić użytkownikom komfortową, intuicyjną oraz płynną interakcję z produktem. Przy projektowaniu należy wziąć pod uwagę takie aspekty jak ograniczenia technologiczne i sensoryczne jak np. pole widzenia czy ograniczenia motoryczne użytkowników.

Pierwszą fundamentalną różnicą między tradycyjnym wykorzystaniem zasad UX designu jest **Nawigacja**. W przypadku stron internetowych i aplikacji przemieszczanie się po produkcie odbywa się za pomocą klikania ikon, przewijania, ruchów myszką czy naciskania odpowiednich przycisków na klawiaturze. W wirtualnej rzeczywistości nawigowanie polega w głównej mierze na ruchach użytkownika szczególnie w przypadku bardziej zaawansowanych urządzeń takich jak Pico 4 Ultra Enterprise, które nie wymagają dodatkowych urządzeń a korzystanie z nich odbywa się bezprzewodowo. (<https://vr-expert.com/pl/samodzielne-vr/>). Przemieszczanie po systemie odbywa się za pomocą śledzenia ruchów głową i ciała za pomocą kontrolerów ruchów. Często stosowane są również abstrakcyjne metody przemieszczania się, jak np. teleportacja do innego miejsca oddalonego w przestrzeni, co umożliwia eksplorowanie większych środowisk VR (Jennifer Whyte Dragana Nikolić - Virtual Reality and the Built Environment-Routledge (2018)). Sam interfejs jest też inaczej umieszczony w przestrzeni. Tradycyjnie osadzone są w przestrzeni ekranu. W wirtualnej rzeczywistości interfejsy są umieszczone w przestrzeni świata. Elementy mogą lewitować przed użytkownikiem lub częścią być częścią otoczenia. (Jonathan Linowes - Unity Virtual Reality Projects - Second Edition) Następną równie ważną różnicą to **Interakcja w przestrzeni 3D**. W tradycyjnych interfejsach użytkownik wchodzi w interakcje z płaskimi, dwuwymiarowymi elementami na ekranie. W VR interakcje odbywają się w przestrzeni trójwymiarowej a użytkownik może dowolnie manipulować obiektami tak jakby były one prawdziwe. Umożliwia chwyatanie obracanie i przesuwanie element za pomocą rąk oraz interakcje które wymagają pełnego zaangażowania ciała użytkownika jak np. schylenie czy kucanie co wpływa pozytywnie na immersję i realizm doświadczenia. Pozwala również na odejście od zgodności z rzeczywistością (nie wiem czy to dobry synonim dla realizmu) i umożliwia działania niemożliwe w prawdziwym świecie jak przemieszczanie przedmiotów oddalonych w dużej odległości czy teleportacja. (Virtual, Augmented and Mixed Reality) **Projektowanie interakcji** w wirtualnej rzeczywistości wymaga naśladowania w jaki sposób użytkownicy wchodzi w interakcje z przedmiotami i otoczeniem w prawdziwym świecie. Gesty i ruchy powinny być realistycznie odwzorowane a odpowiedź systemu natychmiastowa. Tradycyjne interakcje są bardziej pośrednie, gdy użytkownik chce wykonać jakieś działanie musi poruszyć myszką aby na ekranie kliknąć w pożądaną ikonę.

W VR możliwe jest fizyczne "podniesienie" przedmiotu lub otwarcie drzwi. (Multimedia and Virtual Reality - Alistair Sutcliffe)

## **Adaptacja klasycznych zasad UX do środowiska VR**

### **Czego Unikać**

Przeładowania informacjami W VR mniej znaczy więcej, nadmierna liczba elementów w interfejsie może przytłoczyć użytkownika nadmiarem informacji i zaburzać immersję. Projektowanie do wirtualnego środowiska powinno skupiać się na minimalizmie i ograniczać do najważniejszych funkcji mniej istotne pomijając lub ukrywając. Redukcja zbędnych informacji i skupienie się na najistotniejszych funkcjonalnościach pomaga utrzymać koncentrację użytkownika i ułatwia szybkie podejmowanie decyzji.

Nagłe zmiany perspektywy i ruchu kamery Gwałtowne zmiany widoku mogą wywoływać dezorientację, zawroty głowy a nawet mdłości. Poruszanie kamerą powinno odbywać się płynnie bez żadnych zakłóceń naśladując naturalne ruchy głową użytkownika. Warto również uwzględnić stopniowe przejścia i animacje, aby zminimalizować negatywne skutki uboczne korzystania z VR. Stabilizacja i przewidywalne ruchy pomagają utrzymać komfort przez dłuższy czas.

Brak standaryzacji interfejsów Mimo dużej swobody w projektowaniu VR, brak spójnych i powtarzalnych zasad może frustrować użytkowników. Należy stosować ujednolicone schematy interakcji tam gdzie to możliwe. Spójność ułatwia adaptację do nowego środowiska, skraca to czas nauki obsługi systemu oraz poprawia doświadczenia użytkownika.

### **2.1.7. Metody UX stosowane w projekcie**

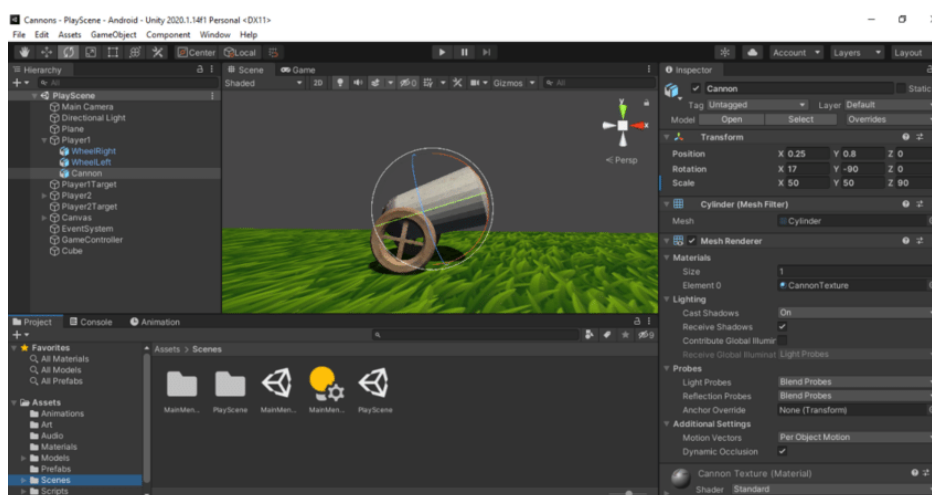
## **2.2. Tło technologiczne VR**

Kluczowym etapem projektowania tej pracy był wybór odpowiednich narzędzi umożliwiających prototypownie, implementację oraz testowanie interfejsu w środowisku VR. Wybór używanej technologii jest kluczowy, aby zapewnić wysoką jakość doświadczeń użytkownika oraz zachować efektywność samego procesu projektowania.

### **2.2.1. Silniki gier i środowiska VR (Unity, Unreal, Godot)**

*Unity* to jeden z najpopularniejszych wieloplatformowych silników do tworzenia gier wideo oraz interaktywnych aplikacji. Umożliwia zaawansowaną obsługę grafiki i fizyki, a w samym edytorze udostępniono rozbudowany zestaw narzędzi do projektowania scen, animacji i efektów graficznych 2.3. Proces programowania odbywa się przy użyciu języka C#.

W Unity dodano również wsparcie dla wirtualnej oraz rozszerzonej rzeczywistości, co przekłada się na szerokie zastosowanie tej technologii w szkoleniach, symulacjach czy działaniach marketingowych. Oprócz możliwości tworzenia zaawansowanych pod względem wizualnym scen, istotna jest też opcja łatwej integracji gotowych wtyczek obsługujących urządzenia AR i VR od różnych producentów. Rozbudowany system oświetlenia oraz post-processingu zapewnia szeroki wachlarz opcji i umożliwia dostosowanie grafiki pod dedykowane urządzenia, dzięki czemu można uzyskać zadowalającą jakość i odpowiednią optymalizację na urządzenia mobilne oraz wysoce realistyczną grafikę na komputerach osobistych.



Rysunek 2.3. Przykładowy wygląd edytora Unity

Regularne aktualizacje silnika rozszerzają jego funkcjonalność i dodają nowe rozwiązania, takie jak obsługa ray tracingu, DLSS oraz nowe narzędzia. Stały rozwój sprawia, że Unity zachowuje elastyczność w obliczu zmieniających się potrzeb rynku, a jego wszechstronność umożliwia realizację nawet najbardziej rozbudowanych koncepcji interaktywnych.

Społeczność skupiona wokół tego silnika udostępnia liczne materiały edukacyjne w postaci kursów i filmów, co znacząco obniża poziom wejścia, przyspiesza naukę oraz ułatwia rozwiązywanie ewentualnych problemów technicznych. Dokumentacja silnika jest regularnie rozwijana, a oficjalny sklep *Asset Store* zapewnia dostęp do bardzo dużej ilości bezpłatnych oraz płatnych pakietów, obejmujących zasoby takie jak modele, tekstury i dźwięki oraz dodatkowe użyteczne narzędzia wraz z całymi gotowymi systemami ułatwiającymi stworzenie projektu i pozwalającymi ograniczyć koszty produkcji.

### **2.2.2. Biblioteki i frameworki VR (XR Toolkit, OpenXR, SteamVR)**

### **2.2.3. Narzędzia do projektowania interfejsów (Figma, Blender)**

Figma to podstawowe narzędzie służące do projektowania interfejsów użytkownika, jednocześnie umożliwia tworzenie interaktywnych klikalnych prototypów aplikacji. Jest to aktualnie jedno z najbardziej popularnych i bezpłatnych narzędzi w branży UX/UI. W projekcie Figma zostanie wykorzystana do stworzenia wstępnych projektów i prototypów interfejsów, a następnie do przetestowania różnych układów elementów interfejsu.

### **2.2.4. Narzędzia do analizy UX/UI (Google Forms, UEQ, SUS)**

Gogle VR to urządzenia, które całkowicie zasłaniają pole widzenia i wyświetlają przez użytkownika dwa identyczne, ale nieco przesunięte od siebie obrazy, które nałożone na siebie przez mózg dają wrażenie głębi. Wewnątrz gogli umieszczone są specjalne czujniki takie jak żyroskop, kamery i inne śledzące położenie i ruch głowy w przestrzeni. Dzięki temu użytkownik obracając głowę faktycznie rozgląda się w przestrzeni wirtualnej obracając kamerą gracza.

Oprócz gogli istotne są również specjalne kontrolery zakładane na dłonie. Dzięki nim możliwa jest interakcja z wirtualnym otoczeniem, a specjalne czujniki i przyciski wykrywają pozycje palców i pozwalają określić, czy gracz w tej chwili próbuje złapać przedmiot. Całość wraz z systemem śledzenia pozycji dłoni pozwala dowolnie sięgać w różnych kierunkach, co pozwala mieć wpływ na obiekty w aplikacji. Gracz może na przykład chwycić przedmiot i rzucić nim, co pozwoli wywołać kolejne symulacje w fizyce.

Oprócz tego istnieje wiele różnych dodatków rozszerzających możliwości wirtualnej rzeczywistości, jak specjalne kombinezony monitorujących ruch oraz umożliwiających odczuwanie na skórze poprzez elektrostymulację nerwów i mięśni lub kapsuły, w których użytkownik ma możliwość skakania oraz poruszania się w dowolny sposób bez ryzyka, że uszkodzi coś w pokoju.

### **2.9. Sprzęt i konfiguracja testowa**

# Analiza istniejących rozwiązań

## 3.1. Cel i zakres analizy

## 3.2. Materiał badawczy (wybór gier VR)

### 3.2.1. Half-Life: Alyx

(Jonathan Linowes w Unity Virtual Reality Projects)

### 3.2.2. Beat Saber

### 3.2.3. Phasmophobia VR

### 3.2.4. No Man's Sky

<https://ekspert.ceneo.pl/najlepsze-gry-vr>

### 3.2.5. Symulator VR „Zaawansowane procedury medyczne”

"Rozwija praktyczne umiejętności studentów w zakresie segregacji medycznej, udzielania kwalifikowanej pierwszej pomocy, podstawowej pierwszej pomocy oraz ratownictwa medycznego. Posiada edytor umożliwiający wybór odpowiedniego środowiska, konfigurację pacjentów, dostępnego sprzętu i wartości referencyjnych. Dostępny jest w trybach: egzaminacyjnym lub ćwiczeniowym; jedno bądź wieloosobowym oraz w wariancie PC i VR."

<https://uxdesign.cc/vr-diegetic-interfaces-dont-break-the-experience-554f210b6e46>

## 3.3. Wyniki analizy

## 3.4. Wnioski z analizy istniejących rozwiązań



# Badania wstępne

## 4.1. Cel i znaczenie badań UX

Opracowanie Ankiety skierowanej do użytkowników mających doświadczenie z Wirtualną Rzeczywistością było spowodowane potrzebą zidentyfikowania problemów pojawiających się w już istniejących Grach VR jeszcze przed rozpoczęciem etapu projektowania. Ankieta ma na celu zebranie wiarygodnych danych na temat pozytywnych i negatywnych doświadczeń użytkowników z grami VR oraz ma pozwolić na określenie które elementy UI były dla badanych nieintuicyjne lub męczące. Badanie będzie miało charakter diagnostyczny i będzie pierwszym etapem analizy potrzeb użytkowników w celu określenia tzw. Punktów bólu (ang. pain points czyli miejsc, w których doświadczenie immersji lub ergonomii interfejsu ulegają zaburzeniu. Zebrane dane posłużą w dalszej części jako podstawa do opracowania wytycznych projektowych i posłużą w podejmowaniu decyzji projektowych.

## 4.2. Pytania badawcze i hipotezy

## 4.3. Metodyka badań

## 4.4. Konstrukcja ankiety

Z literatury wynika, że poprawnie zaprojektowane narzędzie badawcze będzie miało ogromny wpływ na jakość pozyskanych danych.

Czas trwania ok. 12 minut Forma ankieta online (Google Forms) Typ pytań skala Likerta 1–7 + 3 pytania otwarte Liczba pytań 20–22 zamknięte + 3 otwarte Cel ocenić jakość, immersję i ergonomię interfejsów VR z perspektywy użytkownika doświadczanego

## 4.5. Grupa badawcza i sposób dystrybucji

Wybór grupy docelowej był bardzo istotny, osoby doświadczone mają inne kompetencje poznawcze i techniczne niż osoby nie mające styczności z VR. Dzięki obcowaniu z produktami są bardziej świadomi możliwości jakie daje wirtualna rzeczywistość i ogra-

niczeń a dzięki styczności z różnymi typami gier i aplikacji są zorientowani na elementy które zaburzają ich immersję i zmniejszają komfort z użytkowania. Osoby początkujące skupiają się bardziej na ogólnym wrażeniu immersji, podczas pierwszego użytkowania mogą być przytłoczeni ilością bodźców więc mogą nie zwrócić uwagi na takie szczegóły jak osoby doświadczone, te z kolei zauważają takie detale jak precyzyjne wykonywanie gestów, płynność interakcji czy stabilność systemu. Niewłaściwa architektura informacji czy błędne rozmieszczenie elementów może spowodować u takiego gracza trudność w znalezieniu pożądanego elementu a to z kolei irytację. Poznanie ich perspektywy pozwoli już na tak wczesnym etapie wykluczyć napotkane przez nich punkty bólu oraz znacząco wpłynie na ergonomię i użyteczność interfejsu.

## **4.6. Analiza wyników ankiety**

## **4.7. Wnioski UX do etapu prototypowania**

## Prototypowanie i Implementacja

### 5.1. Prototypowanie

- 5.1.1. Proces projektowy UX (Opis projektowania UX)
- 5.1.2. Projektowanie interfejsu zgodnie z zasadami UX
- 5.1.3. Makiety low-fidelity
- 5.1.4. Prototypy high-fidelity
- 5.1.5. Testy prototypów (first-click, A/B, tree testing)
- 5.1.6. Wnioski projektowe do VR

### 5.2. Implementacja

- 5.2.1. Środowisko i konfiguracja projektu Unity VR
- 5.2.2. Architektura interfejsu VR
- 5.2.3. Implementacja elementów UI (2D, 3D)
- 5.2.4. Implementacja interakcji (pointer, direct touch, gesty)
- 5.2.5. Wdrażanie rozwiązań UX z prototypu Figma
- 5.2.6. Testy techniczne, optymalizacja i stabilność

## Badania końcowe (UX Evaluation – testy VR)

6.1. Cel badań końcowych

6.2. Metody badań UX w VR (SUS, UEQ, task-based, obserwacja)

6.3. Scenariusze zadań

6.4. Zbieranie danych

6.5. Analiza wyników

6.6. Wnioski projektowe wynikające z testów VR

## Podsumowanie i wnioski

7.1. Podsumowanie wyników pracy

7.2. Interpretacja rezultatów

7.3. Ocena skuteczności procesu projektowego

7.4. Ocena interfejsu VR pod kątem ergonomii i  
imersji

7.5. Ograniczenia pracy\*

7.6. Rekomendacje\*

7.7. Możliwości komercjalizacji\*

# Zakończenie

Założony cel tej pracy, aby  
[type=book,title=Books only]

# Spis rysunków

1.1. Sprzedaż konsumenckich zestawów wirtualnej rzeczywistości i wydatki na treści VR, (2024); źródło: Omedia . . . . .	12
2.1. Symulator medyczny służący do szkolenia lekarzy . . . . .	17
2.2. VR sickness . . . . .	18
2.3. Przykładowy wygląd edytora Unity . . . . .	22

## Spis listingów