Politechnika Warszawska

Wydział Mechatroniki

PRACA DYPLOMOWA INŻYNIERSKA

TYTUŁ PRACY

IMPLEMENTACJA ELEMENTÓW ROZSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI W APLIKACJI WSPOMAGAJĄCEJ ZWIEDZANIE INSTYTUCJI KULTURY.

Autor:

Tomasz Radzikowski

Promotor:

dr inż. Marcin Witkowski

WARSZAWA, DATA 2017 R.

Spis treści

[Wstęp teoretyczny 3](#_Toc486761513)

[Przedstawienie problemu 3](#_Toc486761514)

[Cel 5](#_Toc486761515)

[Przegląd rozwiązań rynkowych 6](#_Toc486761516)

[Komponenty i technologie pomocne w realizacji 8](#_Toc486761517)

[Możliwe urządzenia i systemy 8](#_Toc486761518)

[Rzeczywistość rozszerzona 9](#_Toc486761519)

[Zarys koncepcji i możliwe zastosowania 9](#_Toc486761520)

[Dostępne biblioteki umożliwiające implementację 10](#_Toc486761521)

[Znaczniki i śledzenie 11](#_Toc486761522)

[Algorytm SURF 12](#_Toc486761523)

[Typy znaczników używanych w technice rzeczywistości rozszerzonej 12](#_Toc486761524)

[Podsumowanie 13](#_Toc486761525)

[Opis rozwiązań stosowanych 13](#_Toc486761526)

[Przegląd stosowanych platform 13](#_Toc486761527)

[Język programowania Java 14](#_Toc486761528)

[Środowisko aplikacji podstawowe pojęcia i koncepty bazowe programowania w Android SDK 15](#_Toc486761529)

[architektura sytemu Android. 15](#_Toc486761530)

[Budowa programów - aktywności 16](#_Toc486761531)

[interfejs użytkownika 18](#_Toc486761532)

[Qualcomm Vuforia 19](#_Toc486761533)

[Bazy danych 19](#_Toc486761534)

[Implementacja 19](#_Toc486761535)

[Pakiety 19](#_Toc486761536)

[Wymagania minimalne do uruchomienia aplikacji 19](#_Toc486761537)

[Schemat blokowy aplikacji 20](#_Toc486761538)

[Sposoby przechowywania danych 21](#_Toc486761539)

[Podsumowanie 23](#_Toc486761540)

[Bibliografia 23](#_Toc486761541)

# Wstęp teoretyczny

## Przedstawienie problemu

Zagadnienie wykorzystania techniki w służbie nauki i sztuki było i jest szeroko dyskutowane przez specjalistów ze wszystkich tych dziedzin. W pracach artystycznych z XX wieku daje się zauważyć tendencję do używania nowoczesnych technologii jako środka artystycznego wyrazu [[1]](#footnote-1). Działania te przybierały różnoraką formę od performatywnych dzieł Krzysztofa Wodiczki poprzez procesy obliczeniowe Roberta B. Liska aż po quasi biologiczne eksperymenty Elvina Flamingo. Warto jednak przede wszystkim odnotować wkład, jaki nowoczesne technologie wniosły w rozwój sposobów nauczania, które ułatwiają i przyspieszają opanowanie materiału dydaktycznego. Biorąc za przykład jedynie komputery osobiste trzeba zauważyć, że wspomagają one naukę na wielu polach, od tak prozaicznych, jak możliwość zapoznawania się z dokumentami w wersji elektronicznej, edycja i formatowanie tekstu, poprzez programy do tworzenia grafiki, aż po liczne programy naukowe i symulacyjne pokroju Matlab, środowisko R, programy typu CAD, CAM. To proste wyliczenie daje obraz wszechstronnego zastosowania w nauce samych tylko komputerów. Należy również zwrócić uwagę na rolę technik multimedialnych, których rozwój również przyczynia się do polepszenia możliwości szerzenia dydaktyki. Coraz powszechniejszy dostęp do szybkiego Internetu oraz wzrost znaczenia teorii z obszaru kognitywistyki daje nadzieję na jeszcze lepsze i bardziej efektywne wykorzystanie technik multimedialnych w dydaktyce. Argumentem przemawiającym za wykorzystaniem wszelkich form multimedialnych jest efektywność zapamiętywania informacji. Chociaż, wbrew powszechnej opinii, nie istnieją badania, które w sposób jednoznaczny odpowiadają na pytanie, jaki kształtuje się procent zapamiętywanych informacji w zależności od typu i liczby zaangażowanych zmysłów, to wydaje się jasnym, że używanie rozwiązań multimedialnych oddziałuje pozytywnie na proces uczenia się.

Rzeczywistość rozszerzona (augmented reality - AR) jest techniką, która pozwala na połączenie świata rzeczywistego, jaki znamy, z wirtualnym modelem nanoszonym na ów świat w czasie rzeczywistym dzięki systemom kamer, głośników i innych urządzeń. Pozwala to pokazywanie struktur informacji, które mogą dopełniać wiedzę na wybrany temat, na podstawie aktualnych elementów otoczenia naturalnego. Rozszerzona rzeczywistość choć jest stosunkowo młodą technologią jest coraz śmielej i szerzej wykorzystywana w najróżniejszych branżach: od medycyny (obrazowanie medyczne), przez transport (wyświetlania dodatkowych informacji bez konieczności kierowaniu wzroku na dedykowany ekran, po działania szkoleniowe. Szeroki wachlarz możliwości sprawia, że różni eksperci przepowiadają rozszerzonej rzeczywistości świetlaną przyszłość, której widocznym znakiem ma być bardzo szerokie wykorzystanie tejże.

Podejście do edukacji uległo dużej zmianie na przestrzeni ostatnich dekadach. Nowoczesny model kariery zawodowej wymaga ciągłego doszkalania, zwiększania kompetencji i poszerzania horyzontów umysłowych. Stwarza to także konieczność, aby materiały dydaktyczne były łatwo dostępne i możliwie najbardziej odpowiadające potrzebom każdego użytkownika. Jasnym jest, że ostatni z tych celów można osiągnąć na dwa sposoby: poprzez stworzenie uniwersalnego produktu, który odpowiada na potrzeby szerokiego spektrum środowisk lub zostawiając osobom korzystającym szansę na dopasowanie do siebie, poprzez customizację. Taka funkcjonalność może w prosty i skuteczny sposób poprawiać ogólną funkcjonalność i wpływać pozytywnie na odbiór przez użytkowników, co sprawia, że trend customizacji jest widoczny wśród firm z niemalże każdej branży [kotler].

Nauka coraz śmielej korzysta ze zdobyczy współczesnej techniki, aby dotrzeć do większej liczby słuchaczy, wspomagać proces nauczania i pogłębiać jego efekty. Dużą popularnością cieszą się internetowe kursy (coursera, udacity i inne), jak również mniej złożone formy: filmy instruktażowe, wiadomości spisane na stronach internetowych jako tekst z obrazami, animacjami oraz różnego rodzaju testy, których poprawność sprawdzana jest przy pomocy urządzeń elektronicznych.

Wydaje się naturalnym, że rolą współczesnej nauki i szkolnictwa jest kształcenie ludzi światłych, o różnorodnych zainteresowaniach, umiejących poradzić sobie ze złożonymi problemami. Nie dziwi więc nacisk kładziony na edukację artystyczną - wizyty w placówkach kultury, lekcje muzealne i warsztaty. Niemniej, złożoność i kompletność świata sztuki jest niejednokrotnie barierą, która w dużym stopniu ogranicza zrozumienie intencji artystów. Do sukcesu na tym polu potrzebna jest nie tylko podręcznikowa wiedza na temat epok i nurtów, ale również praktyczna umiejętność skierowania swojej uwagi na konkretne elementy dzieła. Funkcję tę od lat realizują przewodnicy muzealni, których wkład w kulturę jest nieoceniony, a można też powiedzieć, że również niedoceniony. Niemniej ich istnienie nie rozwiązuje problemu w całości, wszak ludzie ci muszą zostać opłaceni, na co nie stać każdego. Konsekwencją powyższego jest wynajmowanie przewodników dla dużych grup zwiedzających, co poważnie ogranicza możliwość nauki, bowiem z racji wspomnianej wcześniej złożoności problemu rozumienia sztuki każdy zwiedzający może mieć różnorodne pytania. Branża muzealna korzysta więc od lat z przewodników w formie urządzeń elektronicznych ze słuchawkami. Pozwalają one na wysłuchiwanie uprzednio nagranych informacji. Dużą niedogodnością jest jednostronna komunikacja na linii urządzenie-zwiedzający. Pojawiające się pytania pozostaną bez odpowiedzi, jeśli autor tekstu tłumaczenia nie nagrał odpowiednich odpowiedzi.

Ważną kwestią społeczną jest w XXI wieku egalitaryzm w dostępie do źródeł, zasobów i kwestia wyrównywania szans między ludźmi. To właśnie te wartości są fundamentem innych poglądów prezentowanych powyżej: uczenia się przez całe życie bez konieczności otrzymywania formalnej edukacji, pogłębiania i aktualizowania zdobytej już wiedzy i zyskiwania informacji dodatkowych, w tym również kulturalnych. Możliwość nieskrępowanej niczym nauki jest niewątpliwie zdobyczą współczesności, którą ludzkość może zawdzięczać wielu czynnikom, wśród nich rozwojowi techniki i związanym z nim spadkiem kosztów wytwarzania. Dobra intelektualne w postaci elektronicznej wpasowują się w ten trend, mając znacznie większy potencjał do szybkiego rozprzestrzeniania się, niezależny od problemów logistycznych.

Mając na uwadze powyższe, prace związane z poprawieniem modelu zwiedzania instytucji kulturalnych, którego celem jest lepsze doświadczenie odbiorcy i poprawienie stanu jego wiedzy, są naturalną konsekwencją postępu w innych sferach nauki. Zastosowanie do tego nowoczesnych technologii pozwoli uatrakcyjnić wizyty muzealne i ukrócić niesprawiedliwe skojarzenie, że takie wizyty są tylko nudną, szkolną koniecznością.

## Cel

Niniejsza praca stawia sobie za cel stworzenie kompletnego i użytecznego rozwiązania, które wykorzystując technologię rzeczywistości rozszerzonej odpowie na nakreślone powyżej wyzwania: zapewni dostęp do wiedzy na temat sztuki na zróżnicowanym poziomie, zależnym od profilu użytkownika. Profil ten będzie tworzony na podstawie kwestionariusza. Materiały wyświetlane w ramach rozszerzonej rzeczywistości będą uzupełniały i tłumaczyły widziane w świecie realnym treści. Program wynikowy jest zaimplementowany na platformie mobilnej Android i współpracuje z dużą częścią współczesnych telefonów komórkowych. Autor pracy chciałby, aby odpowiadała ona na prawdziwe potrzeby potencjalnych użytkowników, co niesie za sobą konieczność zastosowania szerokiego wachlarza funkcji umożliwiających dostosowanie do osobistych preferencji. Pozwolą one na zapewnienie zwiedzającym pełniejszego odbioru zbiorów artystycznych i umożliwią zdobywanie nowej wiedzy.

Realizacja tak nakreślonego celu wymaga syntezy wielu składników. Począwszy od wykorzystania środowiska Android Studio, z jego głównymi funkcjami, tj. tworzeniem plików interfejsu użytkownika oraz programowania w języku Java, poprzez wykorzystanie baz danych, aż do tworzenia treści rzeczywistości rozszerzonej - dzięki środowisku Vuforia i Unity. Wykorzystanie platformy Android jest podyktowane w dużej mierze jej powszechnością - co jest istotne w kontekście wcześniejszych rozważań dotyczących szerokiego dostępu do wiedzy. Popularność telefonów, które pracują pod kontrolą tego systemu operacyjnego oraz wsparcie teoretyczne jego twórców, w postaci instrukcji, dokumentacji i kursów były czynnikami przemawiającymi na korzyść tego rozwiązania.

Należy też zaznaczyć, że wyzwanie, polegające na zapewnieniu środowiska dla popularyzacji i ułatwienia dostępu do kultury nie będzie rozwiązaniem kompletnym i skończonym bez udziału specjalistów z dziedzin ściśle powiązanych ze sztuką. Wobec tego prawdziwym efektem tej pracy inżynierskiej jest jedynie prototypowa platforma, której końcowa użyteczność wymagać będzie wsparcia odpowiednich ekspertów. Mając na uwadze powyższe, jak również formalne wymogi pracy inżynierskiej autor skupił się na zapewnieniu odpowiednich możliwości rozwiązania, tak aby dało się je w przyszłości rozwijać i profesjonalizować.

## Przegląd rozwiązań rynkowych

W ramach wykonania pracy dokonano przeglądu istniejących, dostępnych na rynku sposobów realizacji funkcji wspomagających zwiedzanie instytucji kultury. Bazowano na informacjach dostępnych w Internecie.

Przez rozwiązania końcowe rozumie się urządzenia i kompletne aplikacje, które wspomagają pracę przewodników lub zastępują ją. Jest to cała grupa stosowanych obecnie w instytucjach kultury udogodnień. Polskie muzea korzystają z dość ograniczonej oferty multimedialnych pomocy dydaktycznych. Biorąc za przykład Muzeum Narodowe w Warszawie zwiedzający ma do dyspozycji wypożyczenie audioprzewodnika lub pobranie ze strony Muzeum autodeskrypcji. Autodeskrypcje są szczegółowymi opisami dzieł, ale ich przeznaczenie to pomoc osobom z dysfunkcją wzroku. Należy więc uznać, że nie są one de facto rozwiązaniem wspomagającym, a jedynie umożliwiającym odbiór dla ludzi ze wspomnianą dysfunkcją. Audioprzewodniki, w formie fizycznego urządzenia ze słuchawkami, są szeroko stosowane w muzealnictwie na całym świecie i w pewnym stopniu spełniają stawiane wymagania: odtwarzają uprzednio nagrany tekst, po wybraniu odpowiedniego eksponatu. Takie urządzenia produkuje między innymi firma Okayo posiadająca w swojej ofercie model Audio Guide AT-200, który pozwala na sterowanie (wybieranie eksponatu) za pomocą klawiatury lub bezprzewodowo. Dane techniczne:

Tabela 1: Dane techniczne audioprzewodnika Okayo AT-200

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Okayo Audio Guide AT-200 | | | | | | | |
| Pasmo przenoszenia | Zakres dynamiki | Głośnik wbudowany | Wyjście audio | Pamięć | Czas pracy | Wymiary | waga |
| 50 Hz – 18 kHz | 95 dB | Tak,  0,5 W  8 Ohm | Tak,  2 mini jack | 2 Gb, karta SD | Do 16 godzin | 28 x 59 x 235 mm | 180 gramów |

Rozwiązanie to jest dostępne na rynku od wielu lat i ma swoich zwolenników wśród wielu starszych ludzi, jednak. ze względu na wymiary i nieco archaiczną konstrukcję (i wynikające z niej ograniczenia) nie są odpowiedzią na wyzwanie, które postawiono.

Na szczególną uwagę zasługują natomiast aplikacje mobilne nielicznych polskich muzeów, które wykorzystują nowości techniczne - rozumiane jako użycie telefonów komórkowych, rzeczywistości rozszerzonej, zastosowanie beaconów i kodów QR. Prym w tej dziedzinie wiodą wspomniane wcześniej Muzeum Narodowe w Warszawie i Muzeum Sztuki Współczesnej MOCAK w Krakowie. Pierwsza z tych organizacji posiada własny Przewodnik po Galerii Sztuki XX i XXI wieku, który pozwala wybrać jedną z dwóch ścieżek zwiedzania oraz sprawdzić swoją wiedzę w teście. Aplikacja wykorzystuje technikę rzeczywistości rozszerzonej, zapewniając opis zwiedzanych dzieł. Co ciekawe nie posiada funkcji skanowania kodów QR, wobec czego, aby z niej korzystać należy pobrać dodatkowy czytnik tychże kodów. SPRAWDZIĆ. Program krakowskiego muzeum został zbudowany nieco inaczej. Jest to przede wszystkim mapa placówki, a jedynie kilkadziesiąt dzieł zostało opisanych w dokładniejszy sposób i udokumentowanych dodatkowymi zdjęciami. Udogodnieniem jest system lokalizatorów Beacon, dzięki którym telefon wyposażony w interfejs Bluetooth w wersji 4.0 lub wyższej automatycznie powiadamia o zbliżaniu się do opisanego dzieła. Dodatkowo aplikacja pełni podstawowe funkcje: znajdują się w niej informacje o funkcjonowaniu Muzeum.

Mniej zaawansowane rozwiązania w polskiej przestrzeni muzealnej to aplikacja mobilna Muzeum Wsi Radomskiej i ekspozycja Muzeum Historycznego Miasta Krakowa - Rynek Podziemny. Radomska instytucja kultury dostarcza informacje o przedmiotach oraz ich zdjęcia i informuje o wydarzeniach mających miejsce na jej terenie. W aplikacji została zaimplementowana także mapa skansenu, która ma ułatwić zwiedzającym podziwianie ekspozycji. W programie nie są jednak wykorzystane żadne wyrafinowane funkcje, a interfejs nie sprawia wrażenia dopracowanego. W Krakowie Muzeum nie przygotowało nic, co można byłoby wykorzystywać we współpracy z własnym telefonem, natomiast cała wystawa podziemnego rynku krakowskiego jest w dużym stopniu multimedialna. Prócz prostych filmów i animacji oraz wiążących uwagę odwiedzających quizów na ekranach dotykowych jest też przygotowana aplikacja, która po zeskanowaniu kodu QR z biletu wyświetla model Rynku sprzed lat. Trzeba jednak zaznaczyć, że ta implementacja nie ma w praktyce charakteru dydaktycznego, należy ją traktować jako swego rodzaju ciekawostkę przyciągającą uwagę, szczególnie młodszego, audytorium.

Warto odnotować, iż żadna z przedstawionych powyżej aplikacji nie wyczerpuje nawet w małym stopniu potencjału, który mogą mieć tego typu multimedialne programy. Potencjał ów uwidacznia się przede wszystkim, gdy rozważy się możliwość zmiany paradygmatu muzealnego, w którym zwiedzający jest tylko odbiorcą treści eksponowanych, a jego rola sprowadza się do biernej obserwacji przeplatanej cichą kontemplacją i rozmyślaniem nad oglądanymi dziełami. Zastosowanie systemu znaczników, rzeczywistości rozszerzonej mogłoby sprawdzić, że zwiedzanie stałoby się procesem aktywnym. Wyszukiwanie informacji, quizy, konkursy i rozwiązywanie zagadek może stać się bardzo ciekawą alternatywą dla tradycyjnego modelu wizyty w placówce kultury. Połączenie tego z modną współcześnie i jakże skuteczną ideą grywalizacji może skutkować znaczącym wzrostem frekwencji, co w efekcie może przełożyć się na realizację celu - upowszechnianie wiedzy na temat sztuki. Szczególną szansą dla polskich muzeów jest również stosowanie rozszerzonej rzeczywistości jako narzędzia służącego do uzupełniania kolekcji o elementy zaginione lub zrabowane w przeciągu burzliwych i pełnych konfliktów zbrojnych czasów istnienia Polski. Podobne rozwiązanie może być również wykorzystywane w czasie długotrwałych remontów i renowacji, które niejednokrotnie ograniczają w znacznym stopniu atrakcyjność placówki dla zwiedzających. Wykorzystywanie rozszerzonej rzeczywistości jest oczywiście obwarowane pewnymi ograniczeniami natury prawnej, dotyczącymi praw autorskich. Ta sprawa nie jest jednak przedmiotem niniejszej pracy dyplomowej.

Powyższy przegląd wskazuje, że wśród polskich placówek kultury istnieją takie, które posiadają aplikacje mobilne wspomagające zwiedzanie swoich zasobów. Nie są to jednak rozwiązania wypełniające postawiony tej pracy inżynierskiej cel ani potencjał jaki jest w programach wykorzystujących rzeczywistość rozszerzoną.

# Komponenty i technologie pomocne w realizacji

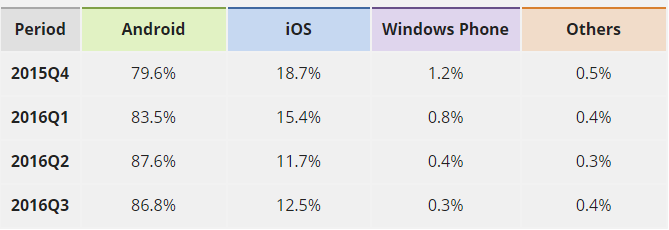
## Możliwe urządzenia i systemy

Przed ostatecznym wyborem platformy, przeprowadzono przegląd dostępnych rozwiązań, wraz z oceną ich zalet i wad.

Wśród mobilnych systemów operacyjnych jedynie dwa z nich posiadają udziały rynkowe, które upoważniają do stwierdzenia, że systemy te są w powszechnym użyciu i jest zasadnym tworzenie na nie aplikacji. Są to: Android, wydawany przez firmę Google i iOS firmy Apple. Ich możliwości są w zasadzie jednakowe, wobec czego argumentem, który może wpływać na wybór jednego z nich wiąże się głównie z popularnością, a w tej dziedzinie przewagę posiada system Android. Pozwala on na obsługę wszystkich, powszechnie stosowanych w obecnym czasie technologii, zarówno różnorodnych typów połączeń (WiFi, GSM, Bluetooth, NFC, GPS), jak i wszelakich aktuatorów i sensorów. Powszechność tego systemu operacyjnego jest ogromna, o czym świadczą cyklicznie wydawane przez firmę badawczą International Data Corporation - IDC Reaserch Inc. raporty. Prezentowana poniżej tabela NR wskazuje jednoznacznie, że Android może poszczycić się pozycją lidera rynku system urządzeń mobilnych[[2]](#footnote-2).

.

Tabela 2: Udziały rynkowe poszczególnych mobilnych systemów operacyjnych



Widoczna dominacja jest jasną i klarowną przesłanką dla użycia właśnie tego środowiska. Dodatkowo, umożliwia ono stosowanie szerokiego spektrum rozwiązań zewnętrznych, takie jak zewnętrzne bazy danych SQLite czy nieskomplikowana obsługa połączenia z serwerem FTP. Wykorzystuje język programowania Java, co pozwoliło autorowi na użycie wiedzy, którą posiadł w toku studiów inżynierskich. Na ostateczny wybór wpłynął również fakt, iż platforma Unity Vuforia, odpowiedzialna za część rzeczywistości rozszerzonej, daje się w prosty sposób implementować do aplikacji tworzonych w Android SDK. Dzięki temu połączenie modułu AR nie wymagało specjalnych modyfikacji.

## Rzeczywistość rozszerzona

Rzeczywistość rozszerzona (AR) jest pojęciem zbiorczym, którym mogą być określane wszelkie techniki, które wykorzystują połączenie elementów świata rzeczywistego i wirtualnego. Standardowym sposobem realizacji jest nakładanie na obraz z kamery komponentów trójwymiarowych, które są generowane w czasie rzeczywistym. Wedle definicji zaproponowanej przez Ronalda Azumę system rzeczywistości musi również umożliwiać swobodę ruchów w trzech wymiarach[[3]](#footnote-3).

### Zarys koncepcji i możliwe zastosowania

Istotą działania systemu rzeczywistości rozszerzonej jest możliwość swobodnego używania urządzeń wyposażonych w kamerę i modyfikacja w czasie rzeczywistym obrazu z tychże. Pozwala to na naniesienie na obraz dodatkowych elementów – wirtualnych – które z każdym odświeżeniem klatkażu ulegają modyfikacji, stwarzając tym samym wrażenie interaktywności. Rzeczywistość rozszerzona stwarza możliwości różnorodnego zastosowania w wielu dziedzinach życia człowieka. Przykładowo, system ten można stosować w następujących branżach:

* Transport – zarówno lądowy, jak i powietrzny. Rzeczywistość rozszerzona może być stosowana do pokazywania dodatkowych informacji dotyczących warunków otoczenia, stanu środka transportu lub wyświetlać dodatkowe elementy, które ułatwiają prowadzenie bądź pilotaż środka transportu.
* Edukacja – system AR może wspomagać zdobywanie wiedzy, poprzez umożliwienie interaktywnej pracy z wirtualnymi komponentami. Gdy nie jest możliwe przekazanie do nauki prawdziwego urządzenia lub jest ono zbyt skomplikowane, rzeczywistość rozszerzona pozwala na zaprezentowanie modelu, który w znacznym stopniu oddaje stan rzeczywisty i pozwala na zaznajomienie się z zagadnieniem, które bez tego pozostałoby jedynie niepopartym praktyczną wiedzą konceptem książkowym.
* Medycyna – dzięki rzeczywistości rozszerzonej możliwe jest wyświetlanie dodatkowych informacji, bez konieczności odrywania przez lekarza wzroku, od miejsca, w którym wykonuje czynności. Może to usprawnić proces wykonywania zabiegów, a tym samym przyczynić się do poprawy jakości usług medycznych.

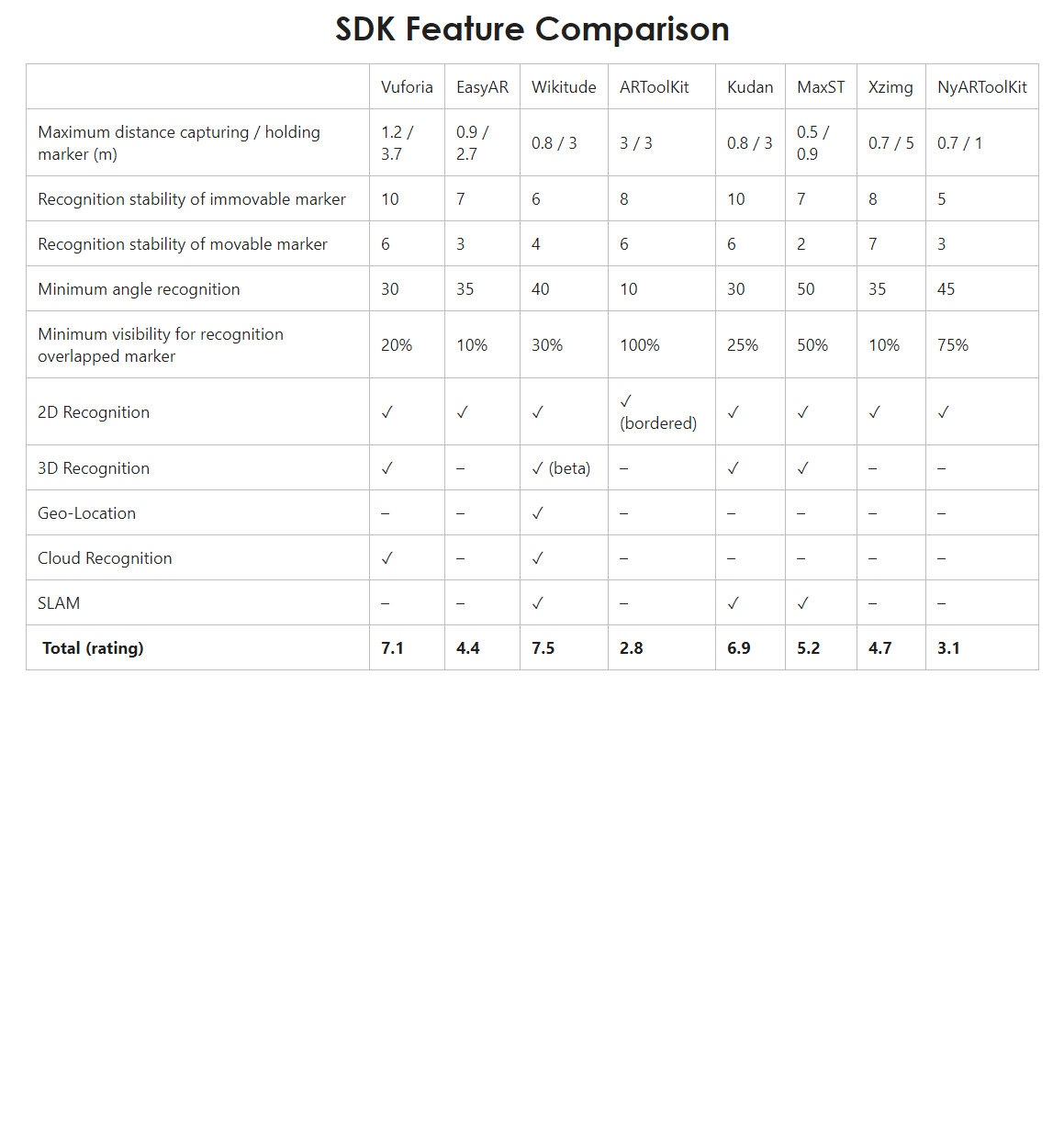
### Dostępne biblioteki umożliwiające implementację

Na rynku jest dostępne wiele środowisk programistycznych, które umożliwiają tworzenie elementów w systemie rzeczywistości rozszerzonej. Znakomita większość z nich jest projektami komercyjnymi i za ich używanie trzeba płacić. Zazwyczaj nie dotyczy to jednak opcji *development build* czyli projektów ze znakami wodnymi i ekranami reklamowymi danego środowiska. Dodatkowo taka wersja nie może generować korzyści majątkowych. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwa jest darmowa praca z biblioteką i uiszczanie opłat dopiero w momencie prezentacji używalnej aplikacji. Istnieją również środowiska typu *open source,* czyli takie, które są rozwijane przez społeczność programistów i mogą być używane bez opłat. Znanym przykładem takiej biblioteki jest ARToolKit.

W przypadku niniejszej pracy inżynierskiej kwestie finansowe nie odgrywają znaczącej roli, bowiem większość licencji pozwala na darmowy użytek środowiska w zakresie, jakim wymaga tego ta aplikacja muzealna.

Istnieje wiele wyznaczników jakości bibliotek programistycznych rzeczywistości rozszerzonej i są one związane w dużej mierze z jakością i szybkością rozpoznawania znaczników. Wiąże się to z faktem, iż kwestia rozpoznawania markerów i generowania obiektów wirtualnych jest złożona i wymaga kompleksowych rozwiązań progarmistycznych, które będą zaimplementowane w sposób optymalny. Parametry, na które warto zwrócić uwagę wybierając bibliotekę, dotyczą maksymalnej odległości wzorca od kamery, maksymalnego kąta, pod jakim wzorzec może być rozpoznany, możliwych do rozpoznania typów markerów oraz innych parametrów związanych właśnie ze znacznikami i szybkością działania programu. Pewne porównanie platform zostało zaprezentowane w tabeli poniżej.

Tabela 3: Porównanie platform programistycznych obsługujących system rzeczywistości rozszerzonej[[4]](#footnote-4).



## Znaczniki i śledzenie

Podstawowym warunkiem działania modułu rzeczywistości rozszerzonej jest istnienie znaczników, które wyślą sygnał radiowy do urządzenia odbiorczego albo będą analizowane przez algorytmy rozpoznawania obrazów.

W pierwszym przypadku warto wymienić beacony, znane jako *Bluetooth low energy beacon.* To małe urządzenia, które wysyłają sygnał radiowy, w celu komunikacji z urządzeniami wyposażonymi w interfejs Bluetooth. Beacony posiadają niewątpliwe zalety – zużywają mało energii, są relatywnie tanie, a ich dokładność pozwala na stosowanie ich jako punktów nawigacyjnych w budynkach, co może być dużym ułatwieniem dla osób z dysfunkcją wzroku. Beacony, mimo swoich licznych zalet, nie zapewniają jednak możliwości rozbudowanej interakcji z użytkownikiem. Celem tej pracy inżynierskiej jest budowa aplikacji, która będzie umożliwiała wyświetlanie różnorodnych danych, których treść może być dostosowana do użytkownika i na jego polecenie aktualizowana. Do realizacji takich założeń należałoby użyć wielu urządzeń beacon, co znacznie podwyższałoby koszty przedsięwzięcia. Rozpoczęcie prac w tym kierunku wymagałoby inwestycji w pojedyncze urządzenia, czego autor pracy chciał uniknąć.

Drugą możliwością jest zastosowanie markerów wizualnych, które będą analizowane przez odpowiednie algorytmy. Taka analiza pozwala na przyporządkowanie obrazowi wzorca obrazu przechwytywanego z kamery w czasie rzeczywistym. Algorytmy muszą więc być bardzo szybkie, to jest ich złożoność obliczeniowa musi być na tyle mała, by operacje na dużych obrazach przebiegały szybko. Istotne spowolnienia w działaniu będą natychmiast zauważone przez użytkowników jako charakterystyczne „szarpanie”, czyli brak ciągłości między kolejnymi klatkami obrazu. Wśród wykorzystywanych algorytmów warto wyróżnić algorytm SURF.

### Algorytm SURF

Zaprezentowany w roku 2006 algorytm autorstwa Herberta Baya algorytm o nazwie *Speeded up robust features* pozwala na szybkie i skuteczne działania w dziedzinie przetwarzania obrazów. Korzysta on z kwadratowych filtrów Gaussa o różnych rozmiarach. Po tym etapie przetwarzania następuje znajdowanie punktów, które mogą być używane w dalszej analizie (*points of interest*). W tym celu stosuje się macierz Hessego dla splotu funkcji intensywności punktu i funkcji rozkładu normalnego Gaussa. Jej wyznacznik pozwala na pomiar lokalnych zmian wartości funkcji i wybiera punkty, w których jego wartość jest największa.

Dla jednoznacznego opisania znalezionych punktów używa się deskryptorów, które są wielowartościowymi wektorami liczb. Deskryptory są niezależne od skali i orientacji w przestrzeni, dlatego jest możliwe porównywanie obrazu wzorcowego z tym, przechwyconym z kamery, nawet jeśli ich rozmiary i kąt pod jakim kamera prowadzi akwizycję.

Na podstawie ogólnodostępnych informacji można napisać program, który realizuje zadane algorytmy, jednak ze względu na złą optymalizację ich działanie prawdopodobnie nie zapewni zadowalających rezultatów. Z tego powodu w pracy wykorzystano gotowe systemy śledzenia i rozpoznawania znaczników zawarte w bibliotece Qualcomm Vuforia.

### Typy znaczników używanych w technice rzeczywistości rozszerzonej

Istnieje wiele sposobów na oznaczenie obiektów w taki sposób, by jednoznacznie przyporządkować im element rzeczywistości rozszerzonej. Najprostszym i powszechnie stosowanym rozwiązaniem są dwuwymiarowe znaczniki wydrukowane i umieszczone obok przedmiotu, do którego mają być dodane elementy wirtualne. Ten niedrogi system elementów znakujących sprawdza się dobrze, ale wymaga umieszczenia ich w widocznym miejscu, co nie zawsze jest najlepszą opcją. Analogicznie, istnieją również znaczniki w formie prostych trójwymiarowych brył, takich jak prostopadłościan lub walec. Ich zalety i wady są podobne do tych, które mają znaczniki dwuwymiarowe.

Wśród innych typów znaczników występują znaczniki tekstowe. Jeśli tekst drukowany jest sformatowany odpowiednią czcionką można użyć go jako znacznik, definiując w programie na jakie słowo ma być aktywny. Baza Vuforia zawiera kilka tysięcy podstawowych słów angielskich, ale można używać również dodatkowych, wgranych przez siebie, list.

Jedną z możliwych opcji jest też brak dodatkowego znacznika. Jego funkcję może przejąć sam zeskanowany obiekt. Producent biblioteki udostępnia aplikację na telefony, która umożliwia stworzenie takiego markera. W tym celu należy odpowiednio manipulować ruchami smartfonu, by aplikacja mogła przetworzyć obrazy i złożyć je w model trójwymiarowy. Takie rozwiązanie jest bardzo wygodne, co wiąże się z brakiem dodatkowych znaczników, ale niesie za sobą również pewne ograniczenia. Wśród nich należy wymienić wielkość i typ materiału, z jakiego została wykonana powierzchnia zewnętrzna przedmiotu. Dużą trudność sprawiłoby stworzenie markera będącego dużą rzeźbą. By dokonać skanowania należałoby użyć podnośnika lub drabiny. O ile można sobie wyobrazić, że mimo trudności logistycznych jest to możliwe, prawdziwym wyzwaniem pozostaje przedmiot o lustrzanej lub przezroczystej powierzchni zewnętrznej. Odbicia promieni świetlnych nie pozwalają wtedy na poprawne stworzenie trójwymiarowego modelu bryły.

## Podsumowanie

Dostępne na rynku rozwiązania oferują szerokie spektrum możliwości. Wykrywanie obiektów może być realizowane na wiele sposobów, a ich wybór zależy w dużej mierze od rodzaju elementu, który na który ma być nałożona warstwa rzeczywistości wirtualnej i własne preferencje.

Śledzenie elementów przestrzeni jest wykonywane przy pomocy zaawansowanych algorytmów. Przy braku specyficznych wymagać, które mogłyby utrudnić przetwarzanie obrazu, warto zastosować gotowe rozwiązania zawarte w bibliotekach programistycznych, takich jak Vuforia lub ARToolKit.

# Opis rozwiązań stosowanych

W tym rozdziale zostaną opisane sposoby rozwiązań technicznych wszelkich funkcjonalności aplikacji, zarówno części odpowiedzialnej za interakcję z użytkownikiem i pobieranie danych do kwestionariusza, jak i modułu rzeczywistości rozszerzonej.

## Przegląd stosowanych platform

Utworzenie aplikacji spełniającej cel pracy byłoby znacznie utrudnione, gdyby nie istnienie gotowych rozwiązań technologicznych, które są dostarczane w postaci platform programistycznych. Umożliwiają one korzystanie z gotowych metod obsługi podstawowych funkcji systemu operacyjnego, czy też algorytmów przetwarzania obrazów, w celu tworzenia i śledzenia znaczników.

Przez rozwiązania technologiczne rozumie się wszelkie środowiska i gotowe rozwiązania, które same w sobie nie stanowią docelowego projektu, ale wydatnie ułatwiają lub wręcz umożliwiają jego stworzenie. Wśród nich warto wymienić środowisko programistyczne Android SDK, silnik Unity oraz środowisko Vuforia.

* Android SDK jest rozbudowanym środowiskiem, zawierającym narzędzia służące do programowania aplikacji dla systemu operacyjnego Android. Zawiera wiele modułów, w tym emulator telefonu komórkowego z systemem w dowolnej wersji. Programowanie aplikacji jest możliwe dzięki językowi programowania Java. Edycję plików odpowiadających za wygląd interfejsu użytkownika (UI) umożliwia język znaczników XML.
* Unity to środowisko, które z powodzeniem jest wykorzystywane w komercyjnych projektach gier dwu i trzywymiarowych, jednak dla pewnych zastosowań, w tym niekomercyjnych, jest udostępniane nieodpłatnie. Charakteryzuje się ono dużymi możliwościami, a liczba obsługiwanych platform sprzętowych wynosi 22. Silnik Unity może być z powodzeniem stosowany również do zastosowań spoza branży gamedev.
* Vuforia Augmented Reality SDK w czasie rzeczywistym rozpoznaje pewne elementy graficzne zwane image targets. Dzięki temu pozwala na pozycjonowanie i wyświetlanie wirtualnych elementów przestrzennych, które mogą być na bieżąco modyfikowane, poprzez przekształcenia geometryczne. Środowisko jest zintegrowane z Unity i pozwala na tworzenie aplikacji mobilnych na platformy Android i iOS. Licencja pozwala w pewnych przypadkach na jego darmowe wykorzystanie, w tym również w przypadku tej pracy inżynierskiej. Niemniej Vuforia jest projektem komercyjnym, dlatego producent - Qualcomm - nie udostępnia w Internecie szczegółowej dokumentacji, która wyjaśnia sposób działania algorytmów śledzenia markerów w czasie rzeczywistym.

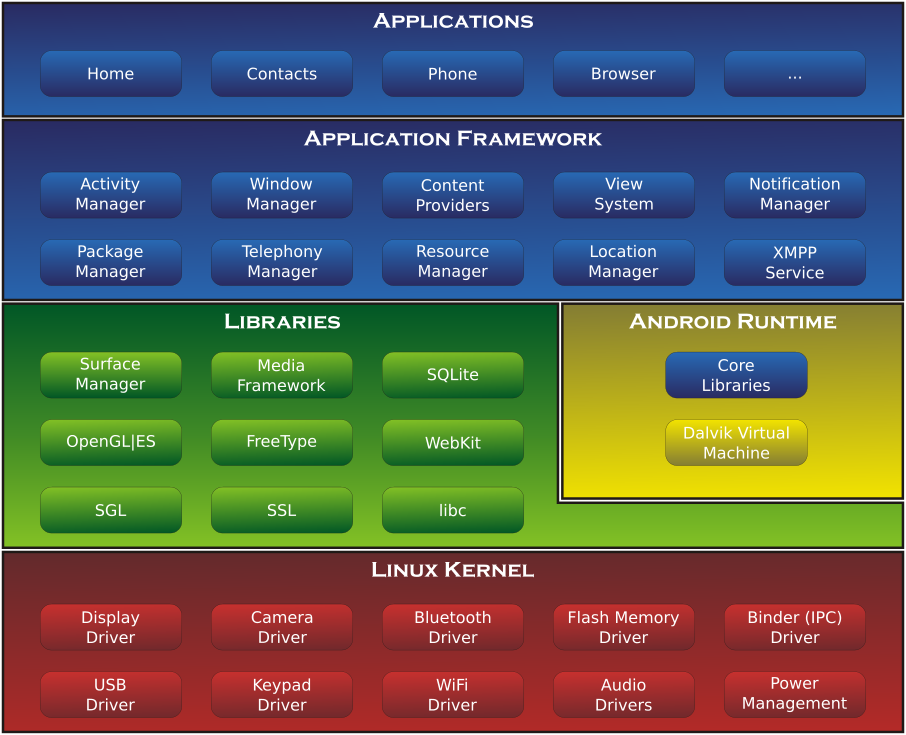
## Język programowania Java

Java jest obiektowym językiem programowania wysokiego poziomu, który wykorzystuje koncepcję znaną z języka Smalltalk, a pod względem składni podobny jest do języka C++. Obiektowość języka była nadrzędnym celem, jaki postawili przed sobą twórcy Javy. Możliwa jest implementacja jednokrotnego dziedziczenia klas i wielokrotnego dziedziczenia interfejsów. Niewątpliwą zaletą jest także niezależność od architektury, która została uzyskana dzięki specyficznemu sposobowi kompilacji kodu źródłowego. Kompiluje się on bowiem do kodu pośredniego, który jest wykonywany przez wirtualną maszynę - JVM. Dzięki temu jest możliwe uruchamianie kodu na wielu platformach sprzętowych, o zróżnicowanej architekturze. Wedle oficjalnej strony firmy Oracle, JVM może działać na 15 miliardach urządzeń elektronicznych[[5]](#footnote-5), co najlepiej świadczy o popularności tego rozwiązania. Java oferuje również szereg opcji, które w sposób znaczny ułatwiają pracę programiście. Twórcy zadbali, by utrudnić popełnienie popularne błędów, znanych na przykład z praktyki programowania w języku C++. Osiągnięto to poprzez obligatoryjne stosowanie wyjątków, co znacznie ułatwia sytuację w przypadkach takich jak wyjście poza zakres macierzy lub błędne typy danych. Niewątpliwą zaletą jest też duża liczba wbudowanych bibliotek. Dzięki temu połączenia z serwerami, obsługa plików XML, czy formatu JSON nie stanowi problemu.

## Środowisko aplikacji podstawowe pojęcia i koncepty bazowe programowania w Android SDK

Wybór środowiska dla przewodnika muzealnego, który jest przedmiotem tej pracy był uwarunkowany, z jednej strony wspomnianymi wcześniej kwestiami popularności platformy i co za tym idzie potencjałem użytkowym, z drugiej zaś strony podyktowany chęcią tworzenia oprogramowania w języku Java oraz używania wielu innych dodatków, z którymi wybrany system musi być kompatybilny. Oba kryteria są spełniane przez platformę Android. System Android OS jest modyfikacją darmowego jądra systemu Linux, przeznaczoną do stosowania na urządzeniach mobilnych opartych na architekturze ARM oraz x86.

### Architektura sytemu Android.

Architektura samego systemu jest zbudowana hierarchicznie - pięciopoziomowo, co obrazuje poniższy rysunek[[6]](#footnote-6). U jej podstawy leżą zasoby jądra Linux odpowiedzialne za sterowanie urządzeniem. Powyżej znajdują się biblioteki natywne, obsługujące podstawowe funkcje systemu operacyjnego: połączenia z bazami danych, obsługa szyfrowania SSL, renderowanie grafiki (OpenGL) oraz obsługa plików multimedialnych. Kolejnym poziomem jest środowisko Android Runtime, umożliwiające korzystanie z maszyny wirtualnej (Dalvik) i implementujące podstawowe biblioteki Java. Za obsługę funkcji wykonawczych telefonu lub tabletu odpowiadają składniki kolejnej warstwy - frameworku aplikacji. Należą do niej elementy zarządzające wykonaniem kluczowych fragmentów poszczególnych procesów, które może przeprowadzać urządzenie. Elementy te udostępniają metody, które są następnie używane w wyższej warstwie - aplikacji. Tam znajdują się programy sterowane za pomocą interfejsu użytkownika, które realizują konkretne akcje, takie jak wykonanie połączenia głosowego albo wyświetlenie strony internetowej. 

Rysunek 1: Schemat budowy systemu operacyjnego Android

## 

### Budowa programów - aktywności

Aplikacja systemu Android składa się z części, które odpowiadają za realizację poszczególnych zadań. Służą do tego komponenty Activities, które w obrębie tej pracy będą określane po polsku, jako aktywności. Są to klasy pochodne Activities, które odpowiadają części lub całości widocznego interfejsu aplikacji oraz jego oprogramowaniu. W uproszczeniu, można spotkać się z twierdzeniem, że aktywności odpowiadają pojedynczym ekranom aplikacji. Jest to jednak pewna trywializacja, bowiem możliwe jest wyświetlanie jednocześnie kilku aktywności[[7]](#footnote-7). Android OS pozwala na wykonywanie wielu funkcji jednocześnie. Ten swoisty multitasking wymusza zastosowanie stosu (Activity stack) oraz implementacji dla każdej aktywności swoistego zestawu metod. Za tworzenie Activities odpowiada metoda onCreate(). W tym, występującym w cyklu życia aktywności jednokrotnie, kroku są tworzone widoki (View), przypisywane są referencje i wczytywane dane. Nie jest to jednak równoznaczne z ich wyświetleniem, co nastąpi dopiero po wywołaniu onStart(). Powoduje to umieszczenie aktywności na górze stosu i rozpoczęcie okresu określanego jako widzialny czas życia, aż do momentu wywołania onStop(), co jest równoznaczne z zastąpieniem aktywności przez inną. Okres interakcji z użytkownikiem, tak zwany aktywny czas życia rozpoczyna się między wywołaniem onResume(), a onPause(). Aktywność, dla której wywołano onStop() może być jeszcze przywrócona poprzez onRestart(), a jej cykl życia kończy się, gdy zostanie wywołana metoda onDestroy(). Tak określony cykl najlepiej obrazuje grafika zaczerpnięta ze strony deweloperskiej Android SDK, którą prezentuję poniżej.



Rysunek 2: Cykl życia aktywności w systemie operacyjnym Android

Przy pomocy utworzonego w aktywnościach interfejsu użytkownika, możliwe jest wykonywanie pewnych zadanych funkcji. W przypadku przewodnika muzealnego są to ekrany rejestracji i logowania, formularza wiedzy artystycznej, wyboru placówki kultury, ekran ładowania aplikacji i ustawień. Wszystkie aktywności są wpisane w pliku AndroidManifest.xml, co jest wymagane, by projekt mógł się kompilować. GDZIE SĄ FRAGMENTY

### Interfejs użytkownika

Zasadniczą kwestią, która przyświecała programistom systemu Android, było umożliwienie tworzenia aplikacji, które wyglądają spójnie na różnych modelach telefonów i innych urządzeniach. Zagadnienie to nie jest zupełnie trywialne. Urządzenia z ekranami dotykowymi charakteryzują się zróżnicowanymi parametrami tychże ekranów, zarówno w kategorii rozdzielczości, proporcji ekranu, jak i gęstość wyświetlania pikseli (DPI - dot per inch). Sprawia to, że jednakowe wyświetlanie aplikacji na różnych wyświetlaczach sprawia pewne trudności. Posługiwanie się bezwzględnymi jednostkami miary ani pikselami nie przynosi oczekiwanych rezultatów, dlatego autorzy systemu zaproponowali stosowanie innego sposobu - użycie pikseli niezależnych od gęstości (dp - density-independent pixel). Umożliwia to proste przeliczanie pikseli tak, by uniezależnić je od gęstości wyświetlania. Niezależność ta jest uzyskiwana poprzez podzielenie wartości dpi przez bazową wartość 160, co niegdyś było standardową gęstością wyświetlania. Taki współczynnik pomnożony przez liczbę dp w wyniku daje liczbę pikseli, która zostanie zastosowana do umiejscowienia elementu na ekranie.

Różnorodność rozwiązań w zakresie wielkości i rozdzielczości ekranów sprawia, że specjalne jednostki odległości nie rozwiązują wszystkich problemów. Istotne jest również podejście do kwestii rozmieszczenia elementów względem siebie. Ustalenie wzajemnego położenia jako stałej wartości w pikselach lub pikselach niezalenych od gęstości wyświetlania może spowodować, że interfejs użytkownika będzie zajmował całą przestrzeń na ekranie o małych wymiarach, a na dużym – pozostanie niewykorzystana praktycznie większość miejsca. Celem optymalizacji rozmieszczenia elementów stworzono koncept nazwany przez twórców środowiska Android *layout,* który można tłumaczyć na język polski jako „widok”. Dzięki tym elementom jest możliwe generowanie i ustawianie komponentów interfejsu użytkownika, takich jak przyciski czy pola tekstowe. Istnieją różne typy widoków, różniące się między sobą sposobem określania wzajemnych zależności elementów. Mogą umożliwiać ułożenie liniowe wertykalne lub horyzontalne (*linear layout*)*,* w odległościach absolutnych w pikselach (*absolute layout*), względne (*relative layout*) i inne.

Do określania właściwości widoków i ich elementów służy język znaczników XML i edytor wizualny wbudowany w program Android Studio. Umożliwia to nieskomplikowane tworzenie lub modyfikacje i nie wymaga specjalistycznej wiedzy programistycznej. Przygotowany przy pomocy *layoutu* układ jest swego rodzaju makietą aplikacji. Do faktycznego działania programu potrzebne jest jeszcze stworzenie powiązań między elementami wizualnymi, a kodem programu w języku Java. …findbyId i setcontentview

Zastosowanie konkretnego typu widoku jest warunkowane strukturą planowanego interfejsu użytkownika i rodzaju elementów jakie będą się w tymże widoku znajdować.

## Qualcomm Vuforia

abc

## Bazy danych

def

# Implementacja

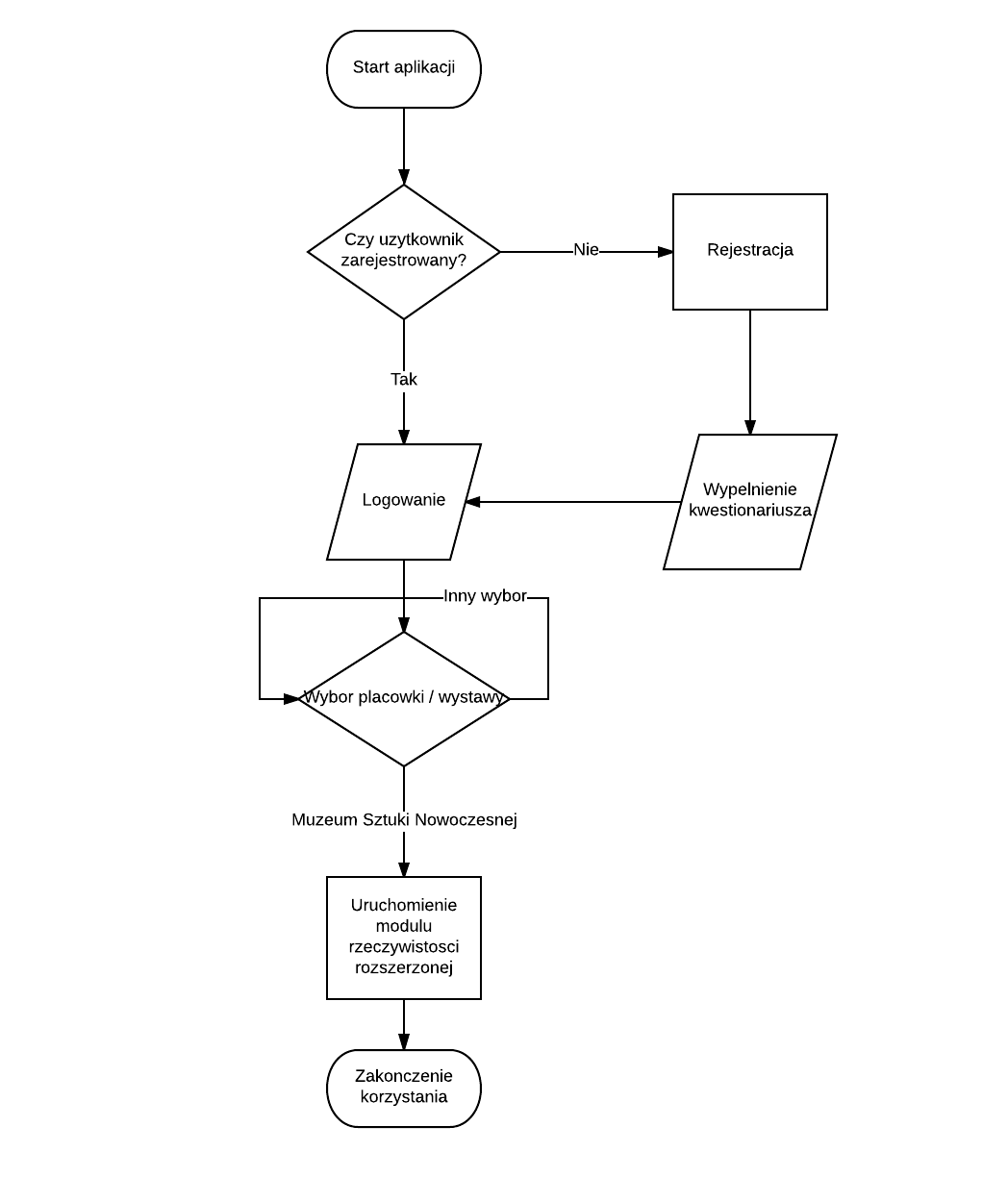
### Pakiety

W projekcie zostały użyte dwa pakiety - example.radzi.przewodnikmuzealny i mchtr.Przewodnix. Ich użycie jest związane z wykorzystaniem modułu rzeczywistości rozszerzonej utworzonym w środowisku Unity - Vuforia. Wynikiem pracy z tymże środowiskiem jest gotowy projekt, który właśnie w postaci pakietu został włączony do głównej aplikacji. Taki podział wpływa pozytywnie na przejrzystość schematu aplikacji i pozwala jasno rozróżnić klasy, należące do różnych modułów programu.

### Wymagania minimalne do uruchomienia aplikacji

W pliku build.gradle zostało zawarte wymaganie minimalnej wersji systemu. Określono je na Android SDK 19, czyli wersję 4.4 KitKat. Jest to podyktowane faktem, iż telefonu ze starszymi systemami często nie spełniają standardów wydajności, które są wymagane, by sprawnie obsługiwać moduł rzeczywistości rozszerzonej. Ustawienie minimalnej wersji oprogramowania pozwala na dostarczanie aplikacji tylko dla modeli telefonów, które są do tego przystosowane. Struktura danych zaprezentowanych przez firmę Google wskazuje jednak, że wersja systemu SDK 19 lub wyższe znajdują się na 88,5 % wszystkich telefonów z Android OS (dane z czerwca 2017[[8]](#footnote-9)).

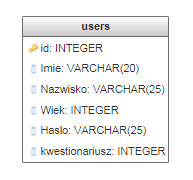
### Schemat blokowy aplikacji



Rysunek 3: schemat blokowy aplikacji

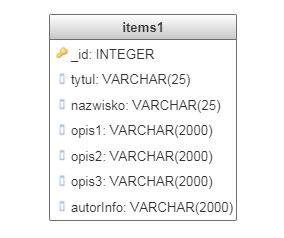
### Sposoby przechowywania danych

Dane, z których korzysta przewodnik muzealny są przechowywane w trójnasób. Działania związane z rejestracją i logowaniem użytkowników są realizowane przy pomocy serwera FTP i umieszczonej na nim bazy danych SQLite. Program łączy się z bazą dzięki skryptowi PHP, który otwiera połączenia z bazą i manipuluje wartościami wprowadzanymi poprzez interfejs użytkownika (UI). Dane te w postaci obiektu JSON są wysyłane na serwer do bazy, zawierającej podstawowe informacje rejestracyjne oraz przechowuje w formie liczby rzeczywistej wynik formularza pozycjonującego, którego zadaniem jest szacowanie poziomu wiedzy artystycznej użytkownika.



Rysunek 4: Schemat bazy danych użytkowników aplikacji

Dane, które identyfikują dzieła sztuki są przechowywane lokalnie, w bazie danych zaimplementowanej w aplikacji. System operacyjny Android posiada wbudowaną obsługę takich baz, dzięki implementacji klasy SQLiteOpenHelper. Baza ta przechowuje podstawowe informacje o przedmiotach oraz opisy, wykorzystywane w module rozszerzonej rzeczywistości. Ze względu na fakt, iż kluczową funkcjonalnością aplikacji jest możliwość dostosowania poziomu wyświetlanych treści, konieczne było przygotowanie różnorodnych wersji opisów, które mogą zostać wykorzystane w zależności od woli użytkownika.



Rysunek 5: Schemat bazy danych przechowującej opisy dzieł sztuki

Trzecim sposobem przechowywania danych jest wykorzystanie wbudowanego interfejsu SharedPreferences. Pozwala on na zapis i odczyt danych, również po zamknięciu aplikacji. Funkcjonalność ta została użyta, by użytkownik, który wyrazi taką chęć, mógł przy kolejnym użyciu aplikacji korzystać z niej bez konieczności powtórnego logowania. System przechowuje dane zapisywane przy pomocy SharedPreferences w folderze danych aplikacji. Są one dostępne zawsze, jeśli tylko pamięć telefonu działa poprawnie. Użycie SharedPreferences jest metodą, która posiada bardzo ograniczone możliwości zastosowania, ze względu na mały zbiór typów danych jakie obsługuje. Nie jest to dobre rozwiązanie dla dużych i skomplikowanych struktur danych, lecz nadaje się idealnie do realizacji funkcji automatycznego logowania, poprzez przechowywanie wartości zmiennej typu boolean, informującej o ciągłym zalogowaniu.

Wykorzystanie różnorakich sposobów przechowywania danych podyktowane jest kilkoma względami. Przy realizacji tego zagadnienia kierowano się w dużej mierze elastycznością aplikacji i wygodą potencjalnego użytkownika. Właśnie z tego powodu dane kont są przechowywane na serwerze. Umożliwia to bowiem dostęp do konta z różnych urządzeń, bez konieczności każdorazowego zakładania konta i wypełniania formularza. Wygoda korzystania z programu jest powiązana również z możliwością pracy w trybie offline - bez pobierania danych z Internetu. Umożliwiają to dane przechowywane w pamięci urządzenia, a wśród nich najważniejsze - opisy dzieł sztuki.

Innym powodem, który wyjaśnia różnorodność użytych form przechowywania danych jest zróżnicowanie tychże. Dla poprawnego działania aplikacja musi posiadać zarówno złożone struktury, w postaci rekordów baz danych, jak i elementy, na przykład zmienne typów prostych.

Rozważając możliwości przechowywania danych i zastosowane w aplikacji rozwiązania, nie sposób pominąć aspektu dydaktycznego. Dzięki wykorzystaniu trzech odmiennych sposobów pracy z danymi było możliwe poznanie podstaw języka skryptowego PHP i sposobów komunikacji z serwerem, podstawowych operacji na bazach danych SQL oraz opcji dostarczonych przez Twórców systemu Android. Doświadczenia zdobyte podczas projektowania i realizacji tychże rozwiązań, w tym poznanie ograniczeń i słabości każdej z metod, mogą być także przydatne przy implementacji kolejnych wersji aplikacji.

/////////////tu opiszę wraz ze zrzutami ekranu, jak co i dlaczego wygląda tak wygląda

---------

Relative layout, z kodem moze

----------Rozwiązania

schemat użytkowy aplikacji:

# Podsumowanie

# Bibliografia

grywalizacja

profil użytkownika i ścieżki

polska - uzupełnienie

zmiana paradygmatu -> szukanie / konkursy podczas zwiedzania

Techniki multimedialne

Obrazy – uczenie wzrokiem %% źródło

Filmy instruktażowe - yt

Słuchy – języki

Przyszłość – holo – może źródło artykuł

======

kategorie uzytkownikow

wybor tematyczny

historia

opcja bez logowania

zasymulowac baze danych muzeum

w rozwiązaniach dopisać REcyclerView, jako rozwiazanie optymalizacyjne

rysunki z aplikacji screenshoty

zrefactorować pakiety

1. http://culture.pl/pl/artykul/sztuka-i-technologia-w-polsce-od-nowoczesnosci-do-technokultury [↑](#footnote-ref-1)
2. http://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/RESOURCES/IMAGES/chart-ww-smartphone-os-market-share.jpg [↑](#footnote-ref-2)
3. https://pl.wikipedia.org/wiki/Rzeczywisto%C5%9B%C4%87\_rozszerzona#Definicja [↑](#footnote-ref-3)
4. https://thinkmobiles.com/blog/best-ar-sdk-review/ [↑](#footnote-ref-4)
5. https://go.java/index.html [↑](#footnote-ref-5)
6. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/af/Android-System-Architecture.svg/906px-Android-System-Architecture.svg.png [↑](#footnote-ref-6)
7. https://developer.android.com/reference/android/app/Activity.html [↑](#footnote-ref-7)
8. https://developer.android.com/about/dashboards/index.html#Platform [↑](#footnote-ref-9)