

**Politechnika Śląska**

**Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki**

**Kierunek Informatyka**

##### Projekt inżynierski

###### Aplikacja mobilna implementująca grę Arkanoid

Autor: Alex Porębski

Kierujący pracą: dr inż. Jacek Widuch

Gliwice, grudzień 2018

Załącznik Nr 2 do Zarz. Nr 97/08/09

**Oświadczenie**

Wyrażam zgodę/nie wyrażam\* zgody na udostępnienie mojej pracy dyplomowej/rozprawydoktorskiej\*

…………….………., dnia…………………………

……………………………………..……………….……

*(podpis)*

……………………………………………………………

*(poświadczenie wiarygodności podpisu przez Dziekanat)*

*\* właściwe podkreślić*

**Oświadczenie promotora**

Oświadczam, że praca „Tytuł pracy dyplomowej inżynierskiej” spełnia wymagania formalne pracy dyplomowej inżynierskiej.

|  |  |
| --- | --- |
| Gliwice, dnia ……………………… | ………………..……………….……  *(podpis)* |

Spis treści

[1. Wstęp 1](#_Toc526887085)

[2. [Analiza tematu] 5](#_Toc526887086)

[3. Wymagania i narzędzia 9](#_Toc526887087)

[4. Specyfikacja zewnętrzna 12](#_Toc526887088)

[5. Specyfikacja wewnętrzna 15](#_Toc526887089)

[6. Weryfikacja i walidacja 18](#_Toc526887090)

[7. Podsumowanie i wnioski 21](#_Toc526887091)

[Bibliografia i](#_Toc526887092)

[Spis skrótów i symboli ii](#_Toc526887093)

[Zawartość dołączonej płyty iii](#_Toc526887094)

[Spis rysunków iv](#_Toc526887095)

[Spis tabel v](#_Toc526887096)

# Wstęp

Od pojawienia się pierwszych telefonów komórkowych na początku lat '90 XX wieku urządzenia mobile stały się nieodłącznym elementem codziennego funkcjonowania ludzi na całym świecie. Wraz z wzrostem liczby osób posiadających smartfony, gry na urządzenia mobilne zyskiwały coraz to większą popularność. Zgodnie z statystykami podanymi przez Newzoo w 2018 roku 2.3 miliarda graczy na całym świecie wydało ponad 60 miliardów dolarów na gry mobile [1].

Celem niniejszej pracy jest napisanie aplikacji mobilnej implementującej klasyczną grę Arkanoid. Aplikacja będzie przeznaczona na urządzenia z systemem operacyjnym Android, który jest teraz najpopularniejszym systemem na smartfony. Gracz będzie się mógł zmierzyć z kilkunastoma etapami o rosnącym poziomie trudności w których jego celem będzie zniszczenie wszystkich punktowanych bloczków.

Zakres prac nad projektem będzie obejmował analizę problemu oraz określenie wymagań i funkcjonalności programu. Następnie zostaną wybrane narzędzia najlepiej nadające się do osiągnięcia zamierzonego efektu. Po fazie tworzenia gry zostanie ona poddana testowaniu, w trakcie którego zostaną zebrane opinie graczy odnoście gry oraz ewentualnych poprawek i nowych funkcji w przyszłości.

Praca składa się z XXX rozdziałów. W rozdziale pt. "Analiza tematu" zostanie przedstawiona krótka historia rozwoju gier mobilnych oraz główne założenia odnośnie aplikacji, jej elementów oraz dodatkowych funkcji aplikacji. Trzeci rozdział będzie poświęcony wymaganiom sprzętowym i narzędziom użytym do napisania programu. Następne dwa rozdziały będą zawierały kolejno specyfikację zewnętrzną i wewnętrzną aplikacji. Rozdział "Weryfikacja i walidacja" przedstawi wyniki testowania gry na grupie graczy o różnych poziomach doświadczenia z grami mobilnymi, ich opinie na temat aplikacji i rezultaty wprowadzonych poprawek.

# Analiza tematu

## Gry Mobilne

Jeden z pierwszych szeroko dostępnych modeli telefonów komórkowych Nokia 6610 (wprowadzony na rynek w 1997r.) posiadał zainstalowaną standardowo grę Snake, która bardzo szybko stała się klasykiem swojego gatunku. Dzięki prostym zasadom i potencjalnie niekończącej się rozgrywce idealnie nadawała się na platformę jaką jest telefon komórkowy.

Kolejnym krokiem w rozwoju gier na urządzenia mobilne było pojawienie się możliwości połączenia telefonów z Internetem. Dzięki temu producenci mogli o wiele łatwiej dotrzeć do klientów chętnych na zakup ich gier. Lata 2000-2008 cechują się szeroką różnorodnością rodzajów gier dostępnych na telefony komórkowe, poczynając od wyścigów 3D, a kończąc na grach logicznych.

Przełomem na rynku rozrywki mobilnej było udostępnienie przez firmę Apple usługi App Store, co umożliwiło wielu developerom na udostępnienie swoich aplikacji użytkownikom iPhone'a. Wiązało się to jednak z dodatkowymi wyzwaniami ponieważ pojawienie się iPhone'a zapoczątkowało wyparcie klawiatur na rzecz ekranów dotykowych. Wymagało to od programistów zaprojektowania gier wykorzystujących ten nowy rodzaj interfejsu. Jednymi z pierwszych aplikacji które zdobyły popularność były gry Angry Birds i Doodle Jump.

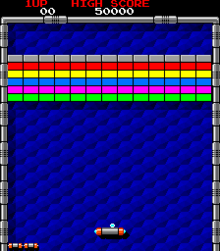
Obecnie rynek gier mobilnych stanowi ponad 50% całego rynku gier komputerowych. Dzięki coraz to lepszym smartfonom oraz narzędziom ułatwiającym tworzenie programów na platformy mobilne różnorodność typów gier jakie mogą zostać zaimplementowane jest olbrzymia, co pozwala na eksperymentowanie z nowymi pomysłami lub interpretacje starych na nowej platformie jaką są telefony komórkowe[10].

## Cel pracy

Celem pracy jest zaprojektowanie i zaimplementowanie gry typu Arkanoid na system operacyjny Android.

### Arkanoid

Oryginalny Arkanoid był grą na automaty do gier wprowadzony na rynek przez japońskie studio Taito w 1986r. Rozbudował on rozgrywkę znaną z gry Breakout dodając power-up'y, różne rodzaje bloczków oraz nowe etapy. Rys.2.1 przedstawia pierwszy poziom Arkanoida.



Rys.2.1. *Arkanoid rok 1986*

Gracz sterował statkiem kosmicznym "Vaus", który służył za platformę od której gracz miał odbijać piłkę nie pozwalając jej spaść poza pole gry. Uderzenie piłki w bloczek powodowało zniszczenie bloczka i naliczenie punktów graczowi. Po zniszczeniu wszystkich bloczków odblokowywała się możliwość przejścia do następnego etapu. W trakcie rozgrywki można było ulepszyć Vaus zbierając ulepszenia (możliwość strzelania rakietami, dodatkowe piłeczki, życia, poszerzenie platformy, itp. ) spadające z góry.

Gra od samego początku cieszyła się popularnością. W recenzji Clare Edgeley dla grudniowego wydania czasopisma "Computer and Video Games" porównała go do Pong'a i Space Invaders z powodu prostoty i uzależniającej rozgrywki Arkanoida [5].

### Założenia i funkcje

Biorąc pod uwagę gwałtowny wzrost popytu na gry mobilne oraz popularność gier zręcznościowych na urządzania przenośne Arkanoid jest doskonałym wyborem na grę na telefon. Implementacja Arkanoid'a będąca celem tej pracy będzie pozwalała graczowi, tak jak w oryginale, na sterowanie platformą odbijającą piłeczkę do zbijania bloczków. Dodatkowo gracz będzie mógł zbierać ulepszenia, które pomogą mu w przejściu poziomów. Ponadto do gry zostanie dodany system "Combo", dzięki któremu zniszczenie kilku bloczków bez dotknięcia piłeczki przez platformę spowoduje naliczenie większej liczby punktów.

Ekran główny gry pozwoli graczowi na przejście do ekranu wyboru poziomu lub do tablicy z wynikami. Przy zwycięstwie lub porażce będą wyświetlały się panele informujące użytkownika o jego sukcesie lub przegranej i dające mu opcje do przejścia do następnego etapu, restartu poziomu, powrotu do ekranu startowego lub wyjścia z gry. W trakcie rozgrywki będzie istniała również możliwość spauzowania gry przy pomocy przycisku pauzy u góry ekranu. Wyniki po przejściu każdego etapu będą zapisywane i będzie je można wyświetlić na ekranie "Highscores". Ponadto będzie istniała możliwość wykasowania wszystkich wyników z pamięci gry.

## Istniejące rozwiązania

Sklep Google Play jest domyślną usługą wykorzystywaną przez większość użytkowników Androida w celu odkrywania, porównywania i instalacji aplikacji na urządzenia z tym systemem. Po wpisaniu w pole wyszukiwania "arkanoid" zostają wyświetlone aplikacje, które według wyszukiwarki najlepiej spełniają podane kryterium. Na wyniki wyszukiwania mają wpływ popularność aplikacji, ocena użytkowników, czy aplikacja jest darmowa, itp.

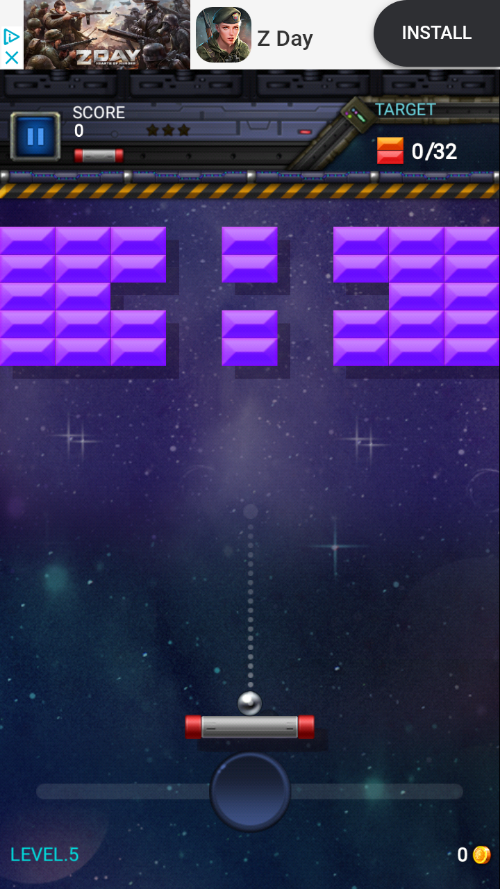
Poniżej zostaną krótko opisane 3 przykładowe implementacje gry typu Arkanoid znalezione w sklepie Google Play. Wszystkie gry były dostępne do pobrania dnia 8.12.2018.

### Brick Breaker Star: Space King

Brick Breaker Star: Space King jest grą koreańskiego studia Springcomes wydaną w listopadzie 2016 roku. Aktualnie jest ona pierwszą propozycją gry po wyszukaniu w sklepie Play frazy "arkanoid" i została pobrana ponad 10 milionów razy.

Po załadowaniu aplikacji od razu wyświetla się ekran wyboru poziomu z dodatkowymi panelami informującymi gracza o możliwości zakupu ulepszenia do platformy za 20.99zł i reklamującymi inne gry tych twórców. W prawym górnym rogu ekranu mrugają dwie ikony z wizerunkiem monety próbujące przyciągnąć uwagę użytkownika.

Wybranie poziomu przenosi nas do ekranu zwierającego informację o rozstawieniu bloczków na etapie, liczbie zdobytych gwiazdek symbolizujących poziom ukończenia danego etapu. Gracz posiada również możliwość poprawienia efektywności power-up'ów dostępnych w trakcie rozgrywki za pomocą monet zebranych w trakcie przechodzenia wcześniejszych poziomów. Sporą cześć górnej części ekranu zajmuje baner z reklamą losowej aplikacji z sklepu Google Play (Rys.2.2).



Rys.2.2 *Brick Breaker Star: Space King 2016*

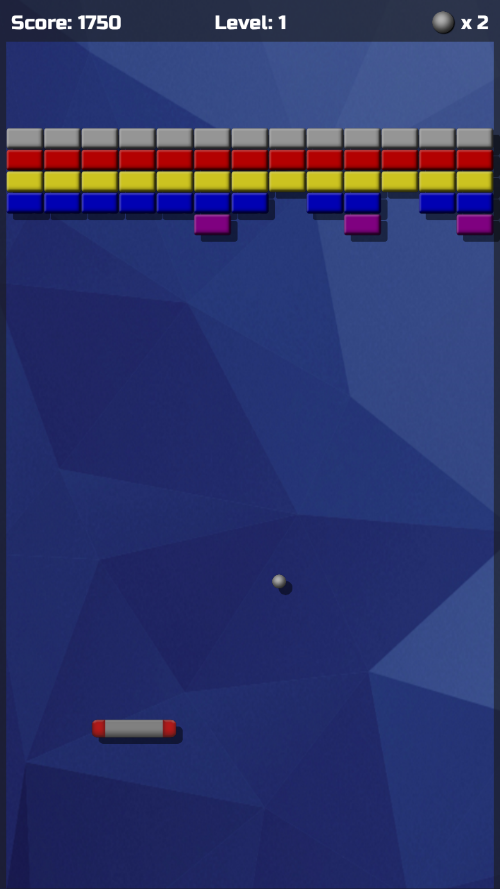
Gra posiada bardzo płynną rozgrywkę i szybko reaguje na komendy gracza. Power-up'y dostępne do zebrania pokrywają się z tymi z oryginalnego Arkanoida, ale występują też nowe ulepszenia takie jak np. powiększenie piłki. Informacje takie jak zdobyte punkty pozostałe życia i liczby zbitych bloczków wyświetlane na górze ekranu, zaraz pod banerem z reklamą. Prawdopodobnie jest to świadome rozmieszczenie elementów GUI, które ma zmusić gracza na zwrócenie uwagi na reklamę. Po wyjściu z etapu lub przejściu dwóch etapów wyświetla się kolejna reklama którą możemy wyłączyć przyciskiem w lewym górnym rogu.

### Arkanoid Collection Free

Arkanoid Collection Free jest grą wyprodukowaną przez Ales Apps i udostępnioną w sklepie Google Play w marcu 2018 roku, która na chwilę obecną została pobrana ponad 5000 razy.

Oprócz standardowego przycisku "Play" i "Exit" ekran główny posiada również możliwość zmiany ustawień gry (m. in. zmianę czułości ekranu, szybkości gry, głośności muzyki i efektów oraz załadowanie zapisanych postępów z pliku).

Sama rozgrywka w dużym stopniu przypomina pierwszego Arkanoida, głównie z powodu podobnego rozmieszczenia bloczków na poziomach. Dodatkiem do znanej rozgrywki jest występowanie negatywnych power-up'ów utrudniających ukończenie etapu. Ponadto gra posiada 500 różnych poziomów, co znacznie wydłuża czas jaki gracz jest w stanie spędzić przy niej bez uczucia nudy.

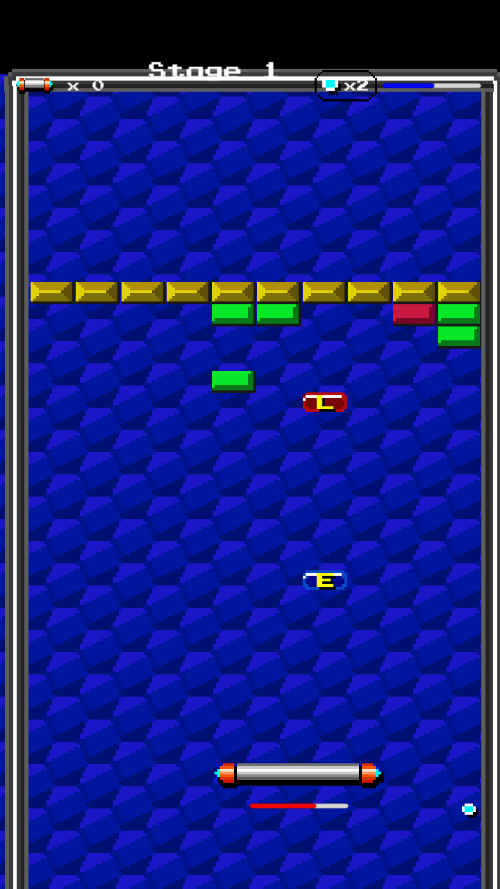


Rys 2.3 *Arkanoid Collection Free*

W porównaniu do Brick Breakera wypełnionego po brzegi przeszkadzającymi reklamami, Arkanoid Collection posiada tylko jeden mały baner z reklamą na ekranie startowym, który znika po przejściu do rozgrywki pozostawiając na ekranie więcej miejsca na GUI i bloczki (Rys.2.3). Jeżeli użytkownik chce się mimo to pozbyć tej reklamy istnieje możliwość zakupu wersji bez reklam za 3USD (ok. 11 zł).

### arkanoid-classic

Ostatnią z badanych w niniejszym podrozdziale gier jest arkanoid-classic od Rolling Eggs. Jest to gra próbująca skopiować uczucie jakie towarzyszyło graniu w pierwszego Arkanoida poprzez wykorzystanie tekstur i tła z oryginału oraz dźwięków przypominających te z klasycznych automatów do gier (Rys.2.4). Gra posiada 25 etapów wzorowanych na grze Arkanoid z 1986 roku. Frustrującym dla użytkownika może okazać się fakt że gra nie posiada możliwości zatrzymania lub wyjścia z gry oraz wyświetlające się co jakiś czas cało ekranowe reklamy popularnych gier z sklepu Google Play.



Rysunek 2.4 *arcanoid-classic*

## Przegląd dostępnych narzędzi programistycznych do tworzenia aplikacji mobilnych

Pisanie aplikacji na urządzenia mobilne z systemem Android oraz tworzenie gier przy pomocy silnika Unity i nie tylko wiąże się z wieloma wyzwaniami i problemami na jakie projektant tych programów musi zwrócić uwagę. Dzięki dostępowi do Internetu w dzisiejszych czasach z łatwością można znaleźć materiały pomagające początkującym twórcą zrozumieć powyższe zagadnienia. Dodatkowo z powodu popularności platformy Androida z roku na rok pojawia się coraz więcej profesjonalnej literatury na temat pisania aplikacji i gier.

Platforma Android jest specjalną platformą Javy udostępnioną przez firmę Google. Składa się ona głównie z podstawowych bibliotek języka Java oraz maszyny wirtualnej Dalvik. To wszystko jest uruchamiane na zmodyfikowanym jądrze Linuxa [2].

Według [3] smartfony to "przenośne urządzenia z kolorowym, wielodotykowym ekranem, które łączą w sobie funkcje telefonu komórkowego, odtwarzacza MP3, konsoli do gier, aparatu cyfrowego, a także wielu innych urządzeń pozwalając np. na uzyskanie połączenia z Internetem". Ekran dotykowy jest przyczyną dlaczego urządzenia mobilne zyskały w ostatnich latach tak ogromną popularność, jednakże jego wykorzystanie może być kłopotliwe ponieważ gesty jakie użytkownik może wykonać na ekranie posiadają wiele właściwości i parametrów takich jak ilość dotknięć, długość dotknięć, ruch palców po ekranie, itp. Jest to szczególnie ważne dla gier, które będą przeznaczone na urządzenia z ekranami wielodotykowymi. Implementacja bardziej skomplikowanych gestów zapewni więcej możliwości interakcji użytkownika co sprawi że rozgrywka będzie bardziej wciągająca. Należy jednak pamiętać że niepotrzebne skomplikowanie sterowania może doprowadzić do sytuacji, w których gracz traci kontrolę nad grą ponieważ niechcący wykonał gest zinterpretowany przez grę jako komendę akcji, której nie chciał wykonać.

Podstawowym narzędziem do obsługi grafiki na platformie Android jest biblioteka OpenGL ES [6]. Pozwala ona na wyświetlanie, przekształcanie i edycje grafiki 2D i 3D zapewniając jednocześnie programiście dostęp do wszystkich parametrów związanych z renderowaniem obrazu, jednakże wymaga ona od niego posiadania szerokiej wiedzy z dziedziny grafiki komputerowej. Ponadto implementacja gry przy użyciu OpenGL wymaga napisania silnika gry od zera.

Innym narzędziem, które może zostać wykorzystane do tworzenia gier na urządzenia mobilne jest Corona SDK. Jest to szablon projektowy (ang. *framework*) stosowany do pisania aplikacji i gier na różne platformy[7]. Używa on języka skryptowego Lua, który został użyty przy tworzeniu gier takich jak Warcraft, Angry Birds lub Civilization. Ponadto Corona SDK posiada wbudowany silnik do symulacji fizyki co znacznie przyśpiesza proces implementacji gier.

Bardzo popularnym narzędziem do tworzenia gier na komputery osobiste i urządzenia mobilne jest silnik Unity firmy Unity Technologies. Według [4] Unity jest popularnym darmowy silnikiem pozwalający na budowanie gier na wiele platform jednocześnie m.in.: Windows, macOS, Android, iOS. Dzięki przejrzystemu interfejsowi i możliwości tworzenia profesjonalnych efektów audiowizualnych Unity jest doskonałym wyborem narzędzia do tworzenia gier na dowolną platformę. Ponadto w sieci można znaleźć wiele materiałów mających na celu pomoc przy tworzeniu gier za pomocą Unity, a oficjalne fora silnika są nadzwyczaj aktywne i wypełnione ludźmi chętnymi odpowiedzieć na pytania. Dodatkowo większość podstawowych operacji (rozmieszczenie i edycja obiektów na scenie, obsługa fizyki, zarządzanie zasobami) użytkownik jest w stanie wykonać przy pomocy rozbudowanego edytora. Bardziej skomplikowane interakcje obiektów na scenie można zdefiniować przy użyciu języka skryptowego opartego o język C#. Biorąc pod uwagę powyższą analizę do dalszej pracy nad projektem został wybrany silnik Unity.

# Wymagania i narzędzia

W niniejszym rozdziale zostaną przedstawione wymagania funkcjonalne i nie funkcjonalne aplikacji, opisane zostaną funkcje i możliwości edytora Unity. Na końcu rozdziału zostanie przybliżona metodyka pracy na projektem.

## Wymagania funkcjonalne i nie funkcjonalne

Aplikacja będąca celem tej pracy będzie spełniała następujące wymagania funkcjonalne:

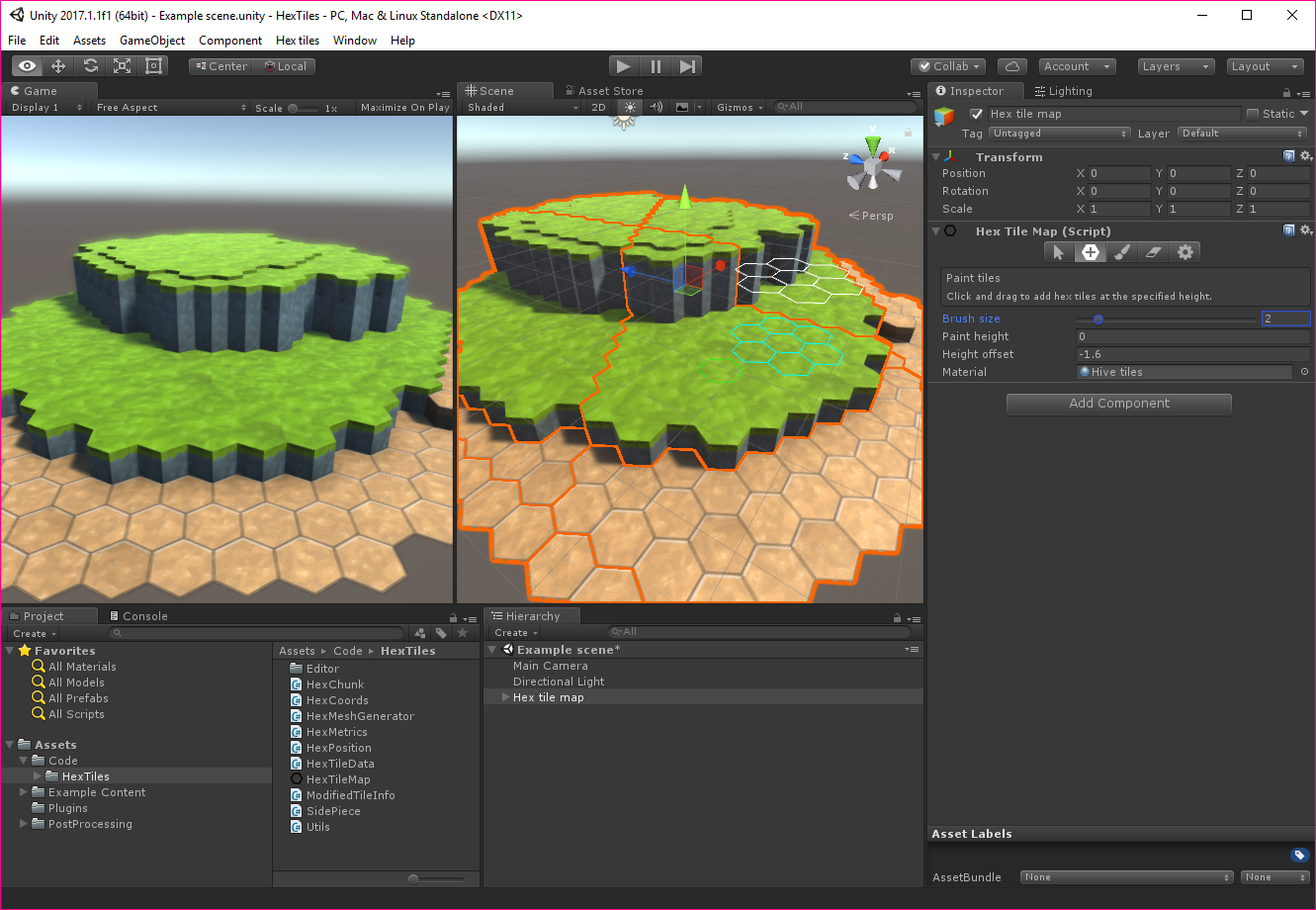
* gracz będzie posiadał możliwość sterowania platformą naciskając na stronę lewą lub prawą połowę ekranu dotykowego urządzenia powodując ruch platformy w lewo lub prawo,
* rozgrywka rozpocznie się po dwukrotnym naciśnięciu ekranu dotykowego w dowolnym miejscu,
* w trakcie rozgrywki użytkownik będzie posiadał możliwość zatrzymania gry poprzez naciśnięcie przycisku pauzy lub przyciśnięcie przycisku Wstecz na urządzeniu
* aplikacja będzie automatycznie przechodzić w tryb pauzy przy zminimalizowaniu aplikacji bez jej wyłączenia
* przy zatrzymanej grze gracz będzie miał możliwość powrotu do ekranu startowego lub wyłączenia gry
* jeżeli urządzenie posiada akcelerometr użytkownik będzie mógł zmienić kierunek ruch piłki potrząsając urządzeniem w stałym odstępie czasu, możliwość użycia akcelerometru będzie sygnalizowana
* po przejściu etapu liczba uzyskanych punktów będzie zapisywana jeżeli była najlepszym uzyskanym wynikiem przez gracza
* będzie można wyświetlić najlepszy wynik dla każdego poziomu oraz usunąć wszystkie zapisane wyniki

Aplikację będzie można zainstalować na urządzeniach posiadających system Android wersji 4.1 lub nowszej. Dodatkowo GUI oraz wielkość etapów powinny być skalowane do wielkości ekranu urządzenia. Program powinien również zostać zaprojektowany w sposób pozwalający na szybkie dodanie w przyszłości nowych etapów oraz implementację dodatkowych power-up'ów.

## Unity

Unity firmy Unity Technologies jest popularnym narzędziem do tworzenia gier za którego pomocą zostały stworzone gry takie jak Hearthstone: Heroes of Warcraft, Kerbal Space Program i Pokemon Go. Pozwala ono na budowanie aplikacji na większość platform mobilnych i stacjonarnych oraz większość funkcjonalności edytora jest dostępna w darmowej wersji. Aby móc skorzystać z zaawansowanych narzędzi analitycznych oraz funkcji pomagających w dodaniu możliwości wydania pieniędzy w grze należy zakupić wersje płatną.

Przy tworzeniu nowego projektu użytkownik może wybrać między dwoma rodzajami gry: 2D lub 3D. Wybór rodzaju projektu ma wpływ na to jak silnik będzie generował obiekty oraz tryb pracy kamery w grze. Po stworzeniu nowego projektu zostanie otworzone okno edytora podzielone na kilka sekcji.(Rys.3.1) Poniżej zostaną opisane najważniejsze elementy interfejsu edytora Unity[9]. Należy dodać że użytkownik może każdą z tych sekcji przesunąć lub zmienić jej rozmiar, aby dostosować interfejs edytora do swoich preferencji.



Rys.. *Okno edytora Unity*

### Scena

W tym oknie wyświetlana będzie w tej chwili edytowana scena. Programista ma możliwość na przesunięcie widoku we wszystkie strony, przybliżanie, oddalanie oraz zaznaczanie i przesuwanie obiektów na scenie.

### Inspektor

Inspektor pozwala na dodawanie, usuwanie i zmianę wartości pól komponentów umieszczonych na zaznaczonym na scenie obiekcie. Unity posiada gotową listę komponentów pozwalających na symulację fizyki, odtwarzanie dźwięków, dodanie hitbox'a otaczającego obiekt, itp.

### Projekt

To okno pozwala na zarządzanie zasobami projektu. Użytkownik jest w stanie tworzyć nowe foldery, dodawać zasoby (tekstury, modele, pliki audio, skrypty, itd.) do projektu przeciągając pliki z eksploratora bezpośrednio do edytora oraz umieszczać obiekty na scenie.

### Gra

Okno "Gra" jest wykorzystywane przy testowaniu gry w edytorze. W dowolnym momencie programista może włączyć symulację sceny, aby przetestować wprowadzone zmiany. Jest to szczególnie przydatne przy sprawdzaniu niewielkich zmian ponieważ nie wymaga budowania i uruchamiania gry na nowo. Niestety nie ma możliwości na symulacje zachowania ekranu dotykowego, przez co przy tworzeniu gier na urządzenia gdzie głównym interfejsem, przez który gracz będzie komunikował się z aplikacją, jest ekran dotykowy programista jest zmuszony do budowania programu przy każdej zmianie lub napisanie osobnej obsługi dla klawiatury lub myszy.

### Skrypty

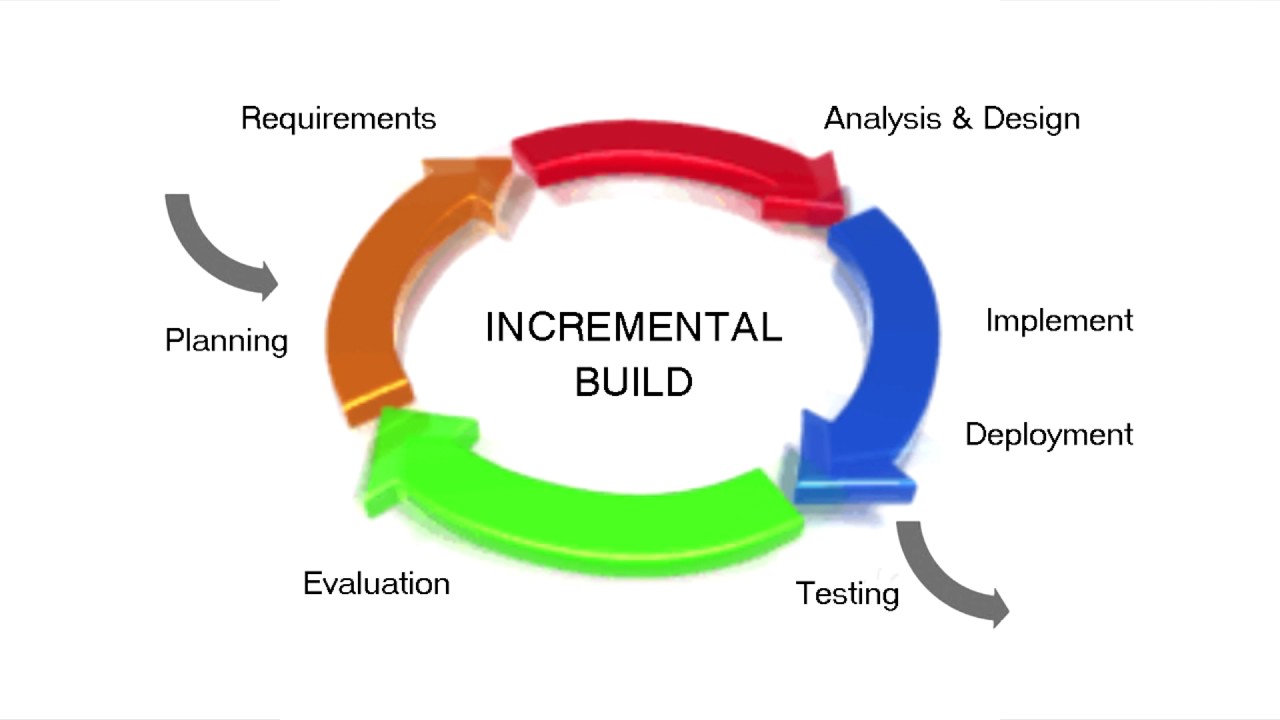
Do zdefiniowania niestandardowych zachowań obiektów, nie obsługiwanych przez komponenty udostępnione w edytorze, używane są skrypty. Przy ich pomocy programista ma możliwość, wykonywania pewnych akcji przy tworzeniu obiektu lub co klatkę, reagować na kolizję lub zatrzymanie aplikacji. Silnik Unity posiada gotowe definicje obiektów reprezentujących komponenty z edytora i funkcje pozwalające na znajdowanie obiektów na scenie, pobranie ich komponentów, niszczenie lub tworzenie obiektów o podanych parametrach oraz ładowanie kolejnych scen. Cały proces tworzenia skryptu jest realizowany w Visual Studio, które zostało zintegrowane z edytorem Unity. Pozwala to na debugowanie kodu z poziomu VS w trakcie testowania gry w edytorze.

### Budowanie aplikacji

Jak już zostało wspomniane wcześniej, Unity umożliwia budowanie gry na wiele platform. W darmowej wersji edytora istnieje możliwość wybrania następujących platform: Windows, Mac, Linux, iOS, tvOS, XBoxOne i Android. Można również, przy budowaniu na platformę Android, wybrać algorytm kompresji tekstur, system za pomocą którego gra zostanie zbudowana, czy ma to być wersja deweloperska (możliwość debugowania gry i analizy wydajności) i algorytm kompresji samej aplikacji.

## Metodyka pracy nad projektem

Projekt został zrealizowany stosując przyrostowy model (ang. incremental development model) pisania oprogramowania. Model ten polega na projektowaniu i implementowaniu kilku z funkcjonalności na raz, przetestowaniu ich i przesłaniu projektu po każdej inkrementacji do klienta w celu uzyskania jego opinii. Ten proces jest powtarzany do momenty w którym program spełnia wszystkie przewidziane wymagania[8]. Sposób działania modelu przedstawiony został na Rys.3.2.



Rys.. *Model przyrostowy*

Na początku zostały określone funkcjonalności i wymagania, które powinna spełniać aplikacja będąca tematem tej pracy. W pierwszej iteracji zostały zaprojektowane podstawowe elementy rozgrywki m.in.: ruch piłki, niszczenie bloczków, ruch platformą oraz obsługa zakończenia etapu. Pierwsza wersja gry posiadająca zaimplementowane powyższe elementy rozgrywki została wysłana do testerów w celu sprawdzenia czy sposób sterowania jest wygodny i intuicyjny. W kolejnych iteracjach aplikacja była rozbudowywana o nowe funkcje oraz poprawiane były wcześniej prowadzone elementy. Ostatnie iteracje były skupione głównie na poprawie błędów oraz implementacji funkcji zaproponowanych przez gracz.

# Specyfikacja zewnętrzna

Rozdział zawiera takie elementy jak:

* wymagania sprzętowe i programowe,
* sposób instalacji,
* sposób aktywacji,
* kategorie użytkowników,
* sposób obsługi,
* administracja systemem,
* kwestie bezpieczeństwa,
* przykład działania,
* scenariusze korzystania z systemu (ilustrowane zrzutami ekranu lub generowanymi dokumentami).

W całym dokumencie powinny znajdować się odniesienia do zawartych w nim ilustracji (Rys. 4.1).

|  |
| --- |
|  |
| Rys.4.1. *Wykres przebiegu funkcji* |

# Specyfikacja wewnętrzna

Rozdział ten zawiera takie elementy, jak:

* przedstawienie idei,
* architektura systemu,
* opis struktur danych (i organizacji bazy danych),
* komponenty, moduły, biblioteki, przegląd ważniejszych klas (jeśli występują),
* przegląd ważniejszych algorytmów (jeśli występują),
* szczegóły implementacji wybranych fragmentów, zastosowane wzorce projektowe
* diagramy UML.

Krótka wstawka kodu w linii tekstu jest możliwa, np. classMain. Dłuższe fragmenty należy zamieszczać zapisywać czcionką *Courier* lub *Courier New* o wielkości 10 umieszczać w ramkach (Listing 4.1) z odstępem między wiersza­mi o war­tości 1. Wszystkie linie kodu powinny być ponumerowane tak, aby można było do nich odwoływać się w treści dokumentu.

*Listing4.1. Generowanie liczb losowych*

|  |  |
| --- | --- |
| 1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17 | **package**polsl.iinf.lab;  **import**java.util.Random;  **publicclass** Main {  **publicstaticvoid** main(String[] args) {  Random r = **new**Random();  // losowanie liczby z zakresu 1..10  **int** a = r.nextInt(10 + 1);  System.*out*.println(a);  // Losowanie liczby z zakresu -5..15  System.*out*.println(r.nextInt(21) - 5);  }  } |

# Weryfikacja i walidacja

Rozdział ten zawiera takie elementy, jak:

* sposób testowania w ramach pracy (np. odniesienie do modelu V),
* organizacja eksperymentów,
* przypadki testowe i zakres testowania (pełny/niepełny),
* wykryte i usunięte błędy,
* opcjonalne wyniki badań eksperymentalnych.

# Podsumowanie i wnioski

Rozdział ten obejmuje następujące elementy:

* uzyskane wyniki w świetle postawionych celów i zdefiniowanych wymagań,
* kierunki ewentualnych dalszych prac (rozbudowa funkcjonalna, …),
* problemy napotkane w trakcie pracy.

# Bibliografia

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | Tom Wijman. *Newzoo*. https://newzoo.com/insights/articles/global-games-market-reaches-137-9-billion-in-2018-mobile-games-take-half/ [2018-12-15]. |
| [2] | Jeff Friesen . *Java. Przygotowanie do programowania na platformę Android*. Helion, Gliwice,2012. |
| [3] | Deitel Paul, Deitel Harvey, Wald Alexander. *Android 6. Techniki tworzenia aplikacji.* Helion, Gliwice,2016. |
| [4] | Robert Ciesla. *Mostly Codeless Game Development: New School Game Engines.* Apress, Helsinki, 2017. |
| [5] | Clare Edgeley. Arkade Action: Arkanoid. Computer and Video Games, 62(12), 142, 1986. |
| [6] | *Android Developer Manual: OpenGL*. https://developer.android.com/guide/topics/graphics/opengl [2018-12-15] |
| [7] | *Corona SDK Manual.* https://docs.coronalabs.com/guide/programming/intro/index.html [2018-12-15] |
| [8] | Wikipedia. *Incremental build model.*  https://en.wikipedia.org/wiki/Incremental\_build\_model [2018-12-18] |
| [9] | Adam Sinicki. *Learn Unity for Android Game Development: A Guide to Game Design, Development, and Marketing.* Apress, Guildford, 2017. |
| [10] | Mario Zechner, Robert Green. *Beginning Android 4*  *Games Development. Apress, 2011.* |

# Spis skrótów i symboli

|  |  |
| --- | --- |
| *DNA* | kwas deoksyrybonukleinowy (ang. *deoxyribonucleicacid*) |
| *MVC* | model – widok – kontroler (ang.*model–view–controller*) |
| *N* | Liczebność zbioru danych |

# Zawartość dołączonej płyty

Na płycie DVD dołączonej do dokumentacji znajdują się następujące materiały:

* praca w formacie pdf,
* źródła programu,
* zbiory danych użyte w eksperymentach.

# 

# Spis rysunków

# Spis tabel