

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra informačních technologií



Diplomová práce

**Tvorba aplikací v prostředí OS Android s využitím
OpenGL**

Dzmitry Mikhliuk

© 2016 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autor práce:	Bc. Dzmitry Mikhliuk
Studijní program:	Systémové inženýrství a informatika
Obor:	Informatika
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra informačních technologií
Název práce:	Tvorba aplikací v prostředí OS Android s využitím OpenGL
Název anglicky:	Application development for OS Android using OpenGL
Cíle práce:	Hlavním cílem práce je demonstrovat tvorbu aplikací v jazyce Java pro OS Android s použitím technologií OpenGL. Dílčí cíle: <ul style="list-style-type: none">• Studium tvorby aplikací s použitím knihovny LibGDX a zkoumání obchodu Google Play• Demonstrace návrhu aplikace na OS Android v rámci zvoleného řešení• Implementace řešení a zveřejnění v obchodu Google Play• Vyhodnocení zpětné vazby od uživatelů a závěr na základě provedené práce
Metodika:	<ul style="list-style-type: none">• Hodnotit problematiku řešeného problému• Hlubší studium zvolených knihoven LibGDX a Box2d• Zkoumání obchodních podmínek obchodu Google Play• Hodnotit nástroje na tvorbu diagramu nezbytných pro návrh modelové aplikace• Demonstrace technik pro vytváření modelové aplikace• Návrh architektury vybrané aplikace• Vytvoření grafických prvků• Implementace navrženého řešení v jazyce Java s použitím LibGDX a Box2d• Závěr a vyhodnocení stanovených cílů a provedené práce

Doporučený rozsah práce: 50 - 60 stran

Klíčová slova: Android, OpenGL, Google Play, Java, LibGDX, Box2d

Doporučené zdroje informací:

1. Android Developer [online]. Dostupné z: <http://developer.android.com/>
2. Box2d Manual [online]. Dostupné z: <http://box2d.org/manual.pdf>
3. Box2d [online]. Dostupné z: <https://github.com/libgdx/libgdx/wiki/Box2d>
4. KUCHANA, Partha. Software architecture design patterns in Java. Boca Raton, FL: Auerbach Publications, 2004, xxii, 492 p. ISBN 0849321425.
5. LibGDX. GitHub [online]. Dostupné z: <https://github.com/libgdx/libgdx/wiki/>
6. MÁRQUEZ, David Saltares a Alberto Cejas SÁNCHEZ. Libgdx Cross-platform Game Development Cookbook. 2014. ISBN 9781783287291.
7. OEHLKE, Andreas. Learning Libgdx game development: walk through a complete game development cycle with practical examples and build cross-platform games with Libgdx. 1 online resource (388 pages). ISBN 9781782166054.
8. Stackoverflow [online]. Dostupné z: <http://stackoverflow.com/>

Předběžný termín obhajoby: 2015/16 LS - PEF

Elektronicky schváleno: 28. 10.
2015
Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 11. 11.
2015
Ing. Martin Pelikán, Ph.D.
Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Tvorba aplikací v prostředí OS Android s využitím OpenGL" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor(ka) uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24.03.2016

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Jiří Vaňkovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad, připomínek při zpracování mé práce, trpělivost a veškerý čas, který mi během mé práce poskytl.

Tvorba aplikací v prostředí OS Android s využitím OpenGL

Souhrn

Téma práce je orientováno na oblast informačních technologií, obzvlášť na oblast vývoje herních aplikací pro Android s použitím OpenGL. V první části práce se zkoumá aktuální stav průmyslu mobilních her, populární mobilní operační systémy, možnosti monetizace pro jednotlivé vývojáře a společnosti. V této části potom následuje krátký přehled použitých softwarových a hardwarových technologií, knihoven pro vývoj ukázkové aplikace. Druhá část obsahuje techniky pro návrh modelové aplikace, návrh architektury aplikace, vytvoření grafických prvků, implementace navrženého řešení v jazyce Java s použitím LibGDX a Box2D. V závěru se provede vyhodnocení stanovených cílů a analýza zpětné vazby od uživatelů.

Klíčová slova: Android, OpenGL, Google Play, Java, LibGDX, Box2d

Application development in OS Android using OpenGL

Summary

The topic of this thesis is oriented on field of information technologies, especially on a field of development of the game applications for Android using OpenGL. At the first part of the thesis is described current situation in a mobile game industry, the most popular operation systems and opportunities of monetization for single developers or firms. In this part follows short review of the necessary software and hardware technologies for designing modelling application, architecture designing, creating of the graphic units, implementation chosen solution in Java language using LibGDX and Box2D. At the conclusion will be analyzed the results of the done work and feedback of the users.

Keywords: Android, OpenGL, Google Play, Java, LibGDX, Box2d

Obsah

Seznam obrázků	13
Seznam tabulek	14
Seznam kódu	14
1. Úvod	15
2. Cíl práce a metodika	16
3. Přehled řešené problematiky	17
3.1. Mobilní operační systémy	17
3.1.1. Android.....	18
3.1.2. iOS.....	19
3.1.3. Windows Phone	19
3.2. Druhy Android aplikací.....	19
3.3. Herní aplikace pro OS Android	20
3.3.1. Monetizace.....	21
3.3.2. Obchod Google Play	22
3.3.3. Vývoj a vývojáři	25
3.4. Propagace aplikací	26
3.5. Grafika v OS Android	27
3.5.1. OpenGL.....	27
3.6. Hardware	28
3.6.1. Procesor Tegra	28
3.6.2. Procesor Snapdragon.....	29
3.7 LibGDX.....	29
3.7.1 Game, Screen	31
3.7.2 Stage, Viewport, Camera, souřadnicový systém	32
3.7.3 Rendering objektů.....	33

3.7.4	Cross-Platform (Multiplatformní).....	33
3.7.5	Integrovatelné programy třetích stran	33
3.7.6	Audio	34
3.7.7	Zpracování vstupu.....	34
3.7.8	Matematika a fyzika	34
3.7.9	Soubor vstup/vystup a úložiště	34
3.7.10	Grafika.....	34
3.7.11	Utility.....	35
3.7.12	Nástroje.....	36
3.7.13	Vytvoření LibGDX projektu.....	36
3.8	Box2D	38
3.9	Vlastností Box2D	38
3.9.1	Typy těles	38
3.10	Používaný Software	39
3.10.1	IDE Eclipse	40
3.10.2	Online služba draw.io.....	40
3.10.3	GIMP	40
3.10.4	Používané jazyky programování.....	40
4.	Vlastní řešení.....	41
4.1	Jazyk.....	41
4.2	Cílová skupina	42
4.3	Gameplay	42
4.3.1	Menu.....	42
4.3.2	Herní proces.....	42
4.4	Návrh aplikace	43
4.4.1	Use case.....	44

4.4.2	Workflow diagram	44
4.4.3	Doménový diagram.....	45
4.4.4	Diagram tříd.....	46
4.4.5	Popis funkcionality tříd	47
4.5	Implementace.....	48
4.5.1	Založení projektu	48
4.5.2	Verzování projektu – Git.....	49
4.5.3	Vytvoření grafiky	50
4.5.3.1	Pozadí	50
4.5.3.2	Postavy	51
4.5.3.3	Tlačítka.....	53
4.5.3.4	Zábrany.....	53
4.5.3.5	Ikona aplikace	53
4.5.4	Vytvoření tříd.....	54
4.5.5	Ladicí graficky nástroj.....	54
4.5.6	Menu.....	54
4.5.7	Hra proti hráči.....	55
4.5.8	Hra proti počítači	56
4.5.9	Nastavení	56
4.5.10	Pauza	57
4.5.11	Zveřejnění.....	58
4.5.12	Uživatelská příručka.....	58
4.5.13	Testování	58
4.5.14	Publikace v Google Play	61
4.5.15	Zpětná vazba	61
4.5.16	Plány do budoucna	62

5. Výsledky a diskuze	63
6. Závěr	64
7. Seznam použitých zdrojů	65
8. Reference	66

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Rozšířenost mobilních OS na celosvětovém trhu. Zdroj: IDC	17
Obrázek 2 – TOP 10 populárních kategorií v Google Play. Zdroj: AppBrain	20
Obrázek 3 - Podíl tržeb mobilních her vůči ostatním aplikacím. Zdroj: Statista.....	21
Obrázek 4 - Průměrná CPI v oblasti Android aplikací ve světě. Zdroj: AppBrain.....	22
Obrázek 5 - Graf vývoje počtu aplikací v Google Play. Zdroj: AppBrain	23
Obrázek 6 - Plánované tržby Google Play v letech 2014-2019. Zdroj: Statista.....	24
Obrázek 7 - Statistická data použití LibGDX v aplikacích na Google Play. Zdroj: AppBrain	30
Obrázek 8 - hra Angry Birds. Zdroj: Google Play	31
Obrázek 9 - Vytváření nového projektu LibGDX. Zdroj: vlastní zpracování	36
Obrázek 10 - Import LibGDX projektu. Zdroj: vlastní zpracování	37
Obrázek 11 - Prototyp hry Buhurt. Hlavní menu a obrazovka souboje. Zdroj: vlastní zpracování.....	43
Obrázek 12 - Případy užití. Zdroj: vlastní zpracování	44
Obrázek 13 - Diagram procesů. Zdroj: vlastní zpracování.....	45
Obrázek 14 - Doménový diagram. Zdroj: vlastní zpracování	46
Obrázek 15 - Diagram tříd. Zdroj: vlastní zpracování	47
Obrázek 16 - Balíky LibGDX projektu. Zdroj: vlastní zpracování	49
Obrázek 17 - Postupný vývoj, zobrazeny v Git Extensions. Zdroj: vlastní zpracování.....	50
Obrázek 18 - Pozadí menu hry. Zdroj: vlastní zpracování	51
Obrázek 19 - Pozadí univerzální. Zdroj: vlastní zpracování	51
Obrázek 20 - Postavy bojovníků obou týmů	52
Obrázek 21 - Tlačítka. Zdroj: vlastní zpracování	53
Obrázek 22 – Zábrany. Zdroj: vlastní zpracování.....	53
Obrázek 23 - Ikona aplikace. Zdroj: vlastní zpracování.....	53

Obrázek 24 - Ladicí hrany u Box2D objektů. Zdroj: vlastní zpracování	54
Obrázek 25 - Menu hry Buhurt. Zdroj: vlastní zpracování	55
Obrázek 26 - Hra dvou hráčů proti sobě. Tah modrého. Zdroj: vlastní zpracování	56
Obrázek 27 - Nastavení. Zdroj: vlastní zpracování.....	57
Obrázek 28 - Pauza za hry. Zdroj: vlastní zpracování	57
Obrázek 29 – Samsung Galaxy Note 10.1. Zdroj: vlastní zpracování	59
Obrázek 30 - Samsung Galaxy Tab S. Zdroj: vlastní zpracování.....	59
Obrázek 31 - Asus Fonepad 7. Zdroj: vlastní zpracování	60
Obrázek 32 - Google Developer Console. Publikace aplikace. Zdroj: vlastní zpracování .	61

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Rozšířenost mobilních OS na celosvětovém trhu. Zdroj: IDC	18
---	----

Seznam kódu

Kód 1 - potomek třídy Game. Zdroj: LibGDX.....	32
Kód 2 - potomek třídy Screen, Zdroj: LibGDX.....	32
Kód 3 - objekt Body. Zdroj: vlastní zpracování	39
Kód 4 - Mapa textur. Zdroj: vlastní zpracování.....	53

1. Úvod

V dnešní době jsou počítače nezbytnou a velmi důležitou součástí života každého vzdělaného člověka. Každý den většina z nás používá elektronická zařízení, buď je to chytrý mobil, tablet, nebo jiný typ zařízení. Počítač nebo notebook se většinou používá ke komunikaci s blízkými a přáteli přes Internet, sledování filmů, videa či hraní her.

V poslední době se zvětšuje popularita tzv. smartphonů nebo česky - chytrých telefonů. Moderní zařízení dokážou i to, co nemohly počítače před 5-6 lety a zároveň umožňují nošení v kapse. Špičkové modely mají 4 až 8 jader a několik gigabajtů RAM¹ paměti.

Samozřejmě takové výkonné stroje se používají nejenom na volání a posílání sms, ale i na náročné aplikace jako jsou například 2D nebo 3D hry.

Podle výzkumu IDC² a společnosti App Annie³ více než 1.1 miliard lidí po celém světě hrají hry na svém mobilním zařízení. A to je zhruba 75 procent z celkového počtu používaných mobilů a tabletů ve světě. Každý z nás alespoň jednou spustil nějakou hru cestou v metru, autobuse, případně si zahrál s dětmi nebo kamarádem.

Vývoj aplikací pro mobilní zařízení je velmi populární téma v dnešní době. Existuje velké množství videí a učebnic, které vysvětlují, jak pomocí moderních knihoven jednoduše začít vyvíjet vlastní hry pro tablety a smartphony.

2. Cíl práce a metodika

Cílem diplomové práce je demonstrace tvorby aplikací v jazyce Java pro OS⁴ Android s použitím technologie OpenGL na základě studia knihoven LibGDX a Box2D a znalostí autora v oblasti objektového programování v jazyce Java.

Součástí práce je hlubší studium knihovny LibGDX, která se používá pro vykreslení grafiky OpenGL, a obchodu Google Play od společnosti Google, který obsahuje miliony aplikací různých žánrů a kvalit.

Návrh modelové aplikace bude proveden pomocí speciálně zvolených a předem zanalyzovaných nástrojů na vizualizace a tvorbu diagramů. Techniky pro návrh aplikace se používají na základě znalosti autora a praxe ve vývoji aplikací různých druhů.

Další součástí této práce je vytvoření grafických prvků, které se použijí v aplikaci.

Pro implementace se použije programovací jazyk Java a knihovna LibGDX. Pozornost bude věnována objektovému přístupu programování a rozšiřitelnosti této aplikace pro možnosti vylepšení.

Výsledná aplikace bude nahrána do obchodu Google Play. Závěr bude obsahovat vyhodnocení provedené práce na základě stanovených cílů, hodnocení zpětné vazby od uživatelů a analýzu možných rozšíření a plánů do budoucna.

3. Přehled řešené problematiky

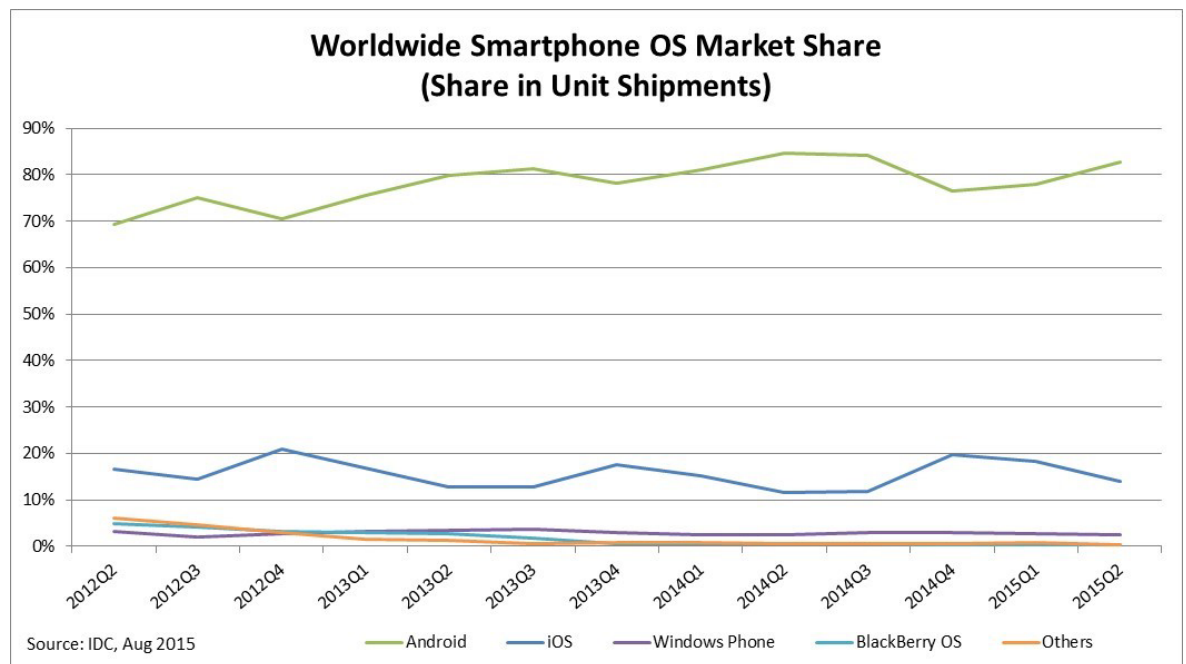
Posledních několik let hraje pro vývoj mobilních zařízení velmi velkou roli. Tempo našeho života neustále roste a s tím rostou i lidské potřeby v mobilitě různých druhů: rychlá doprava šetřící čas, chytré telefony, tablety s přístupem k internetu a možnost používat je jako plnohodnotný počítač pro přístup k informacím, seriálům, aplikacím, na odpočinek a relaxaci odkudkoliv. Společnosti po celém světě se snaží každý rok uvést na trh rychlejší, kvalitnější a hezčí zařízení než konkurenti. Někteří znalci si myslí, že mobilní zařízení v budoucnosti nahradí stolní počítače.

3.1. Mobilní operační systémy

V současné době existuje několik populárních operačních systémů pro mobilní zařízení. Zde jsou tři nejvíce známé a používané:

- Android
- iOS
- Windows Phone

Společnost IDC poskytuje informace o podílu na trhu mobilních zařízení s operačními systémy, tato informace je zohledněna na následujícím grafu.



Obrázek 1 - Rozšířenost mobilních OS na celosvětovém trhu. Zdroj: IDC⁵

Z obrázku č. 1 je vidět, že podíl zařízení běžících na OS Android je značně větší než na konkurenčních operačních systémech. Z roku 2012 po rok 2015 Android má 70 až 80 procentní podíl na trhu mobilních OS.

Tabulka 1 - Rozšířenost mobilních OS na celosvětovém trhu. Zdroj: IDC⁶

Period	Android	iOS	Windows Phone	BlackBerry OS	Others
2015Q2	82.8%	13.9%	2.6%	0.3%	0.4%
2014Q2	84.8%	11.6%	2.5%	0.5%	0.7%
2013Q2	79.8%	12.9%	3.4%	2.8%	1.2%
2012Q2	69.3%	16.6%	3.1%	4.9%	6.1%

Source: IDC, Aug 2015

Na základě výše uvedené tabulky je možno usoudit, že zařízení na Android jsou nejpoužívanější ve světě. Důvody pro to jsou především široká cenová nabídka a velká produktová řada zařízení na tomto OS.

3.1.1. Android



Android je mobilní operační systém založený na jádře Linuxu, který je dostupný jako otevřený software (open source). Vyvíjí jej konsorcium Open Handset Alliance, jehož cílem je progresivní rozvoj mobilních technologií, které budou mít výrazně nižší náklady na vývoj a distribuci, a zároveň spotřebitelům přinese inovativní uživatelsky přívětivé prostředí. Při vývoji systému byla brána v úvahu omezení, kterými disponují klasická mobilní zařízení, jako výdrž baterie, menší výkonnost a málo dostupné paměti. Zároveň bylo jádro Androidu navrženo pro běh na různém hardwaru. Systém tak může být použit bez ohledu na použitý chipset, velikost či rozlišení obrazovky

Samotná platforma Android dává k dispozici nejen operační systém s uživatelským prostředím pro koncové uživatele, ale i kompletní řešení nasazení operačního systému (specifikace ovladačů aj.) pro mobilní operátory a výrobce zařízení a v neposlední řadě pro vývojáře aplikací poskytuje efektivní nástroje pro jejich vývoj – Software Development Kit.⁷

3.1.2. iOS



iOS je mobilní operační systém vytvořený společností Apple Inc. Původně byl určen pouze pro mobilní telefony iPhone, později se však začal používat i na dalších mobilních zařízeních této firmy, jako jsou iPod Touch, iPad a nejnověji Apple TV. ⁸

3.1.3. Windows Phone



Windows Phone je obchodní název mobilního operačního systému firmy Microsoft. Jedná se o nástupce systému Windows Mobile, se kterým však není zpětně kompatibilní. Windows Phone byl poprvé vydán 21. října 2010. V současné době jsou jako Windows Phone označovány systémy Windows Phone 7 a Windows Phone 8, které však nejsou vzájemně kompatibilní a dokonce interně obsahují různé platformy (Windows CE a nově pak přizpůsobené jádro z řady Windows NT). ⁹

Tato práce bude dále obsahovat techniky a řešení určené pro operační systém Android. Rozhodnutí používat právě tento OS, bylo uděláno, na základě několika důležitých faktorů:

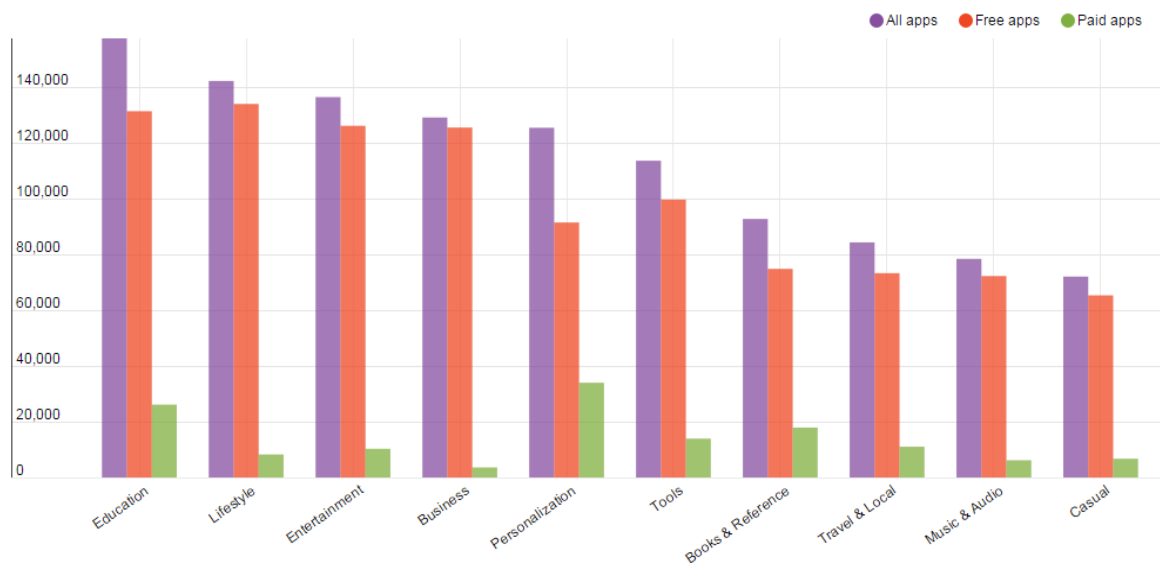
- Nejrozšířenější OS na světě
- Kvalitní dokumentace pro vývojáře
- Vyvinut a podporován světově známou společností Google

3.2. Druhy Android aplikací

Na základě informace od společnosti AppBrain¹⁰, která se zabývá výzkumem a sběrem dat o Android trhu a především shromažďuje statistická data o aplikacích v Google Play obchodě, se dá posoudit, že v desítkách nejpopulárnějších kategorií aplikací v obchodu Google Play, jsou studijní aplikace, aplikace pro volnočasovou zábavu, business nebo poslouchání hudby. Kromě těchto pomocných aplikací jsou i herní aplikace žánru „Casual“. Tyto hry jsou určené pro všechny věkové skupiny a mají následující vlastnosti:

- Jednoduchost pravidel
- Nezávaznost

Na následujícím obrázku č. 2 je zobrazen graf počtu aplikací v závislosti na typu (bezplatná, placená) a kategorii.



Obrázek 2 – TOP 10 populárních kategorií v Google Play. Zdroj: AppBrain¹¹

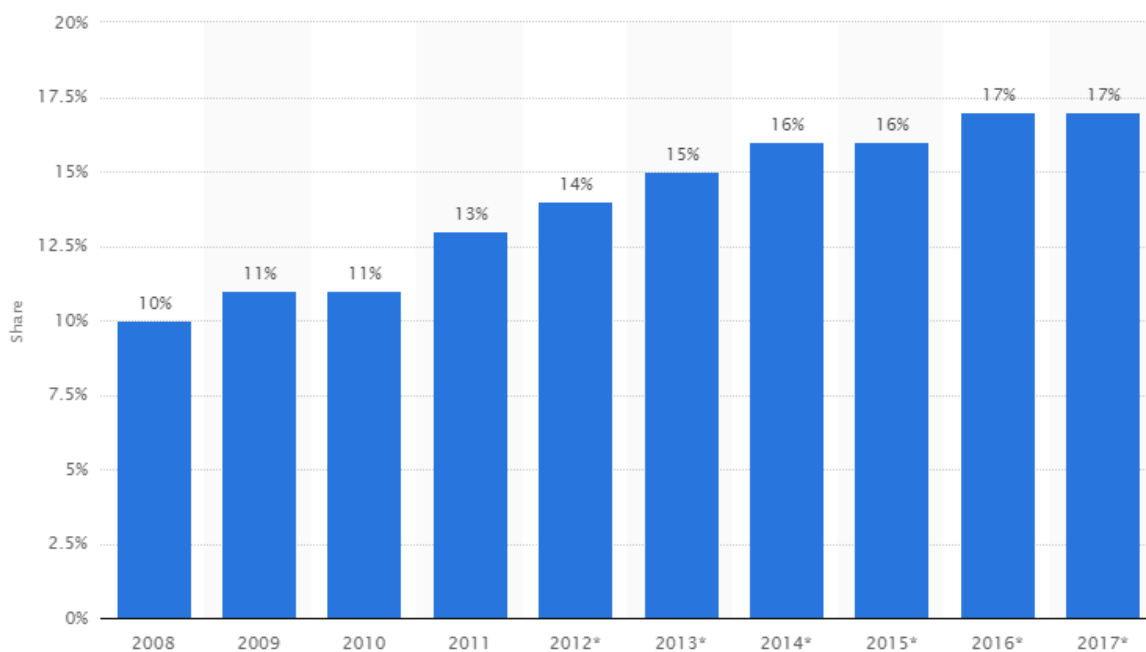
Není nic divného, že na prvních místech nejsou samé hry, ale většinou asistenční aplikace pro „vylepšení“ svého mobilního zařízení, a kromě toho zvýšení kvality, aktivity a příjemnosti života uživatele.

Herní aplikace ale mají vlastní segment, který se vyznačuje tím, že jakákoliv hra člověka po nějakém čase omrzí a uživatel hru většinou buď smaže nebo na ni zapomene. A tím se dá vysvětlit ten fakt, že počet herních aplikací v Google Play obchodě je menší než například počet aplikací sloužících ke studiu či zábavě.

3.3. Herní aplikace pro OS Android

V poslední době získávají čím dál větší popularitu herní aplikace. Tempo našeho života je hodně rychlé, a proto lidi nemají moc času na hraní her. Ale podle statistiky společnosti Statista¹² počet uživatelů chytrých zařízení, kteří hrají mobilní hry, neustále roste. V roce 2015 činil podíl her na celém trhu mobilních aplikací 16 procent.

Jak bylo zmíněno výše, největší počet herních aplikací jsou v kategorii Casual. Jsou to většinou jednoduché hry, které jsou určené především pro hraní v situacích, když potřebujete čekat nebo jedete autobusem, metrem, tramvaji. Takové aplikace musí splňovat několik základních požadavků: zajímavost, relativně jednoduchá myšlenka, časově krátký herní proces.



Obrázek 3 - Podíl tržeb mobilních her vůči ostatním aplikacím. Zdroj: Statista¹³

3.3.1. Monetizace

Kvalitní mobilní hry potřebují dobré vývojáře a designéry. A proto musí mít nějaký mechanismus na vydělávání peněz, tzv. monetizace aplikace.

Nejčastější formy monetizace jsou následující:

1) Free verze s dokoupením různých rozšíření (inapp purchases) - Příkladem může být závodní hra, která je zcela zdarma, ale speciální vozy, které dají hráči výhodu proti protihráčům, jsou zpoplatněné.

2) Subscription/Předplacení – Uživatel si zakoupí aplikaci jen po určité časové období. Příkladem může být aplikace s recepty, kterou si uživatel předplatí na 6 měsíců za 11 euro.

3) Reklama – V aplikaci se objevují reklamní bannery v podobné formě, jako je známo z webů. Obraty plynou klasicky z prokliků na reklamní sdělení. Většinou je také možné za fixní částku odstranit veškeré reklamy z aplikace.

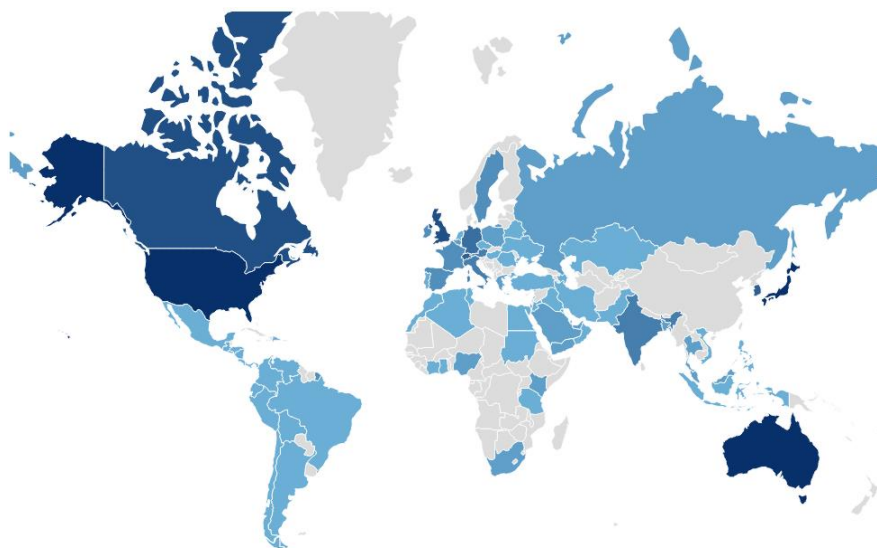
Nutno dodat, že tento způsob zpoplatnění aplikací není oblíben jak u vývojářů (plynou z ní malé zisky), tak i u samotných storů a v neposlední řadě u uživatelů.

4) Free verze podporující jiný produkt – Příkladem budiž dětská hra, kde si děti staví z kostek Lego předdefinované objekty, které je poté možno zakoupit z aplikace i ve fyzické formě.

5) *Klasické zpoplatnění aplikace, kde je každé jedno stažení stanoveno pevnou částkou.*¹⁴

Podle výzkumu společnosti IDC, se každoročně utratí více než 30 miliard amerických dolarů na nákup her nebo dokoupení rozšíření pro hry uživatelů iOS. Bohužel Android se může pochlubit pouze 75% z této částky. S každým rokem však kupní síla uživatelů OS Android stoupá a v budoucích letech je očekáván výrazný růst částky, kterou uživatelé utratí za nákup herního obsahu nebo her.¹⁵

Ve vývoji mobilních aplikací jeden ze zajímavějších ukazatelů je CPI (Consumer Price Index) nebo česky index spotřebitelských cen. Tento ukazatel v oblasti mobilních aplikací pro chytré zařízení vysvětluje průměrnou částku, kterou uživatel je schopen utratit na nákup jedné Android hry nebo aplikace. Následující graf znázorňuje různé CPI ve světě. Světlejší barva ukazuje na nižší CPI, tmavší naopak na vyšší CPI. Například, v USA index spotřebitelské ceny je 1,41 USD, když v ČR je pouze 0,33 USD.

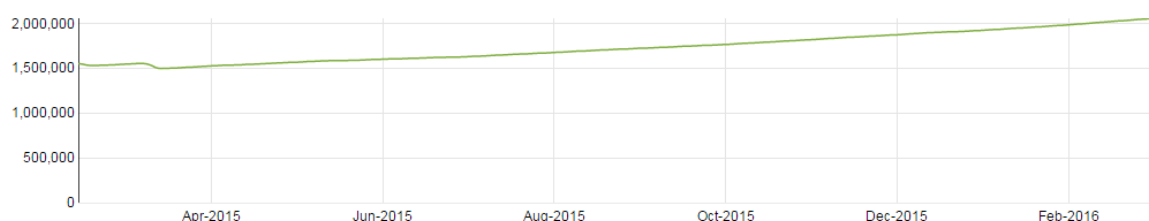


Obrázek 4 - Průměrná CPI v oblasti Android aplikací ve světě. Zdroj: AppBrain¹⁶

3.3.2. Obchod Google Play

Velkému počtu zařízení s OS Android v neposlední řadě napomáhá společnost Google, která je vlastníkem OS Android a obchodu Google Play. Tento obchod je sloučením Android Market a Google Play Music, obsahuje více než 2 miliardy aplikací různých žánrů a obsahu. Od amatérských a jednoduchých až po několika gigabytové náročné a pěkně promyšlené

hry, které se vyvíjí profesionálními skupiny programátorů nebo dokonce známými společnostmi.



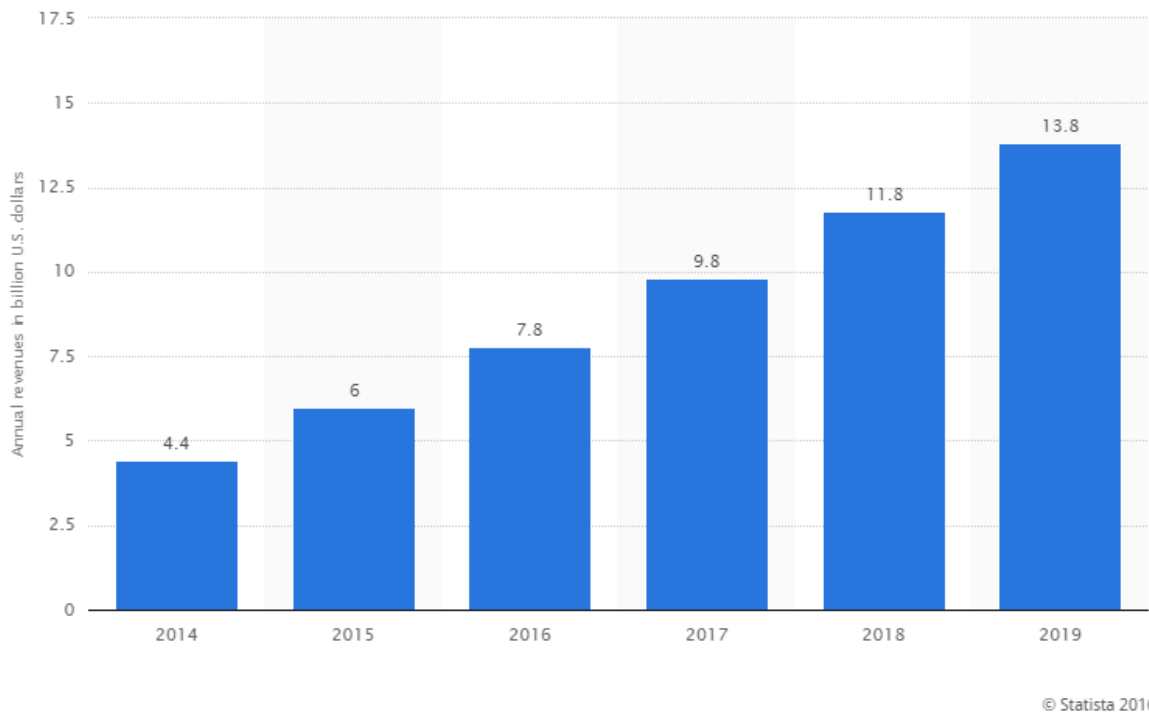
Obrázek 5 - Graf vývoje počtu aplikací v Google Play. Zdroj: AppBrain¹⁷



Google Play je online distribuční služba, která vznikla 6. března 2012 spojením služeb Google Music a Android Market. V současné době Google Play poskytuje několik druhů digitálního obsahu, ke kterému je možné přistupovat z počítače nebo z mobilního telefonu vybaveným operačním systémem Android nebo prostřednictvím Google TV.

Primárně je Google Play zaměřen na distribuci aplikací právě pro chytré telefony a tablety s Androidem, tato část se nazývá Google Play Store. Další oblastí, do které Google Play zasahuje, je online distribuce hudby. Tato oblast se jmenuje Google Play Music. Třetí oblast má název Google Play Movies & TV, ta je zaměřena na distribuci filmů a jiných videí. Poslední část Google Play distribuuje elektronické knihy a jmenuje se Google Play Books.¹⁸

Google Play obchod v roce 2015 prolomil hranice tržeb 6 miliard amerických dolarů. Podle výzkumu AppBrain, roční tržby v následujících rocích by měli stoupnout až na 13,8 miliard USD. Toto svědčí o stabilitě společnosti Google a perspektivnosti odvětví vývoje mobilních aplikací a her pro OS Android.



Obrázek 6 - Plánované tržby Google Play v rocích 2014-2019. Zdroj: Statista¹⁹

Každý, kdo má schopnosti programovat pro Android, si může založit účet v obchodě Google Play a zveřejnit svoje aplikace. Samozřejmě existují určitá pravidla a podmínky použití tohoto online obchodu. Obchodní podmínky obchodu Google Play jsou zveřejněny na webu společnosti Google a poskytují pravidla pro vztah vývojář - uživatel včetně řešení problémů, sporů a v určitých případech garance vrácení peněz. Google play chrání autorská práva vývojářů, na to se používá speciální mechanismus podepisování aplikace speciálním certifikátem, který vývojář nesmí nikomu sdělit.

Sdílení. *Obsah nesmíte používat v rámci žádné služby, která slouží ke sdílení, půjčování nebo používání více uživateli, ani pro účely jiné instituce, s výjimkou případů, kdy je to konkrétně povoleno, a pouze a přesně způsobem, který uvádí a umožňuje společnost Google (například prostřednictvím funkce „doporučení v sociálních sítích“).*

Zabezpečovací funkce. *Nesmíte se pokusit obejít, zakázat ani překonat žádnou ze zabezpečovacích funkcí a komponent, například software ke správě digitálních práv nebo kódování, které chrání, skrývají nebo jinak omezují přístup k obsahu či službě Google Play, a k tomuto jednání nesmíte ani napomáhat jiným či k němu jiné opravňovat nebo nabádat. Pokud nějakou zabezpečovací funkci narušíte, můžete za to být občanskoprávně či trestněprávně odpovědní.²⁰*

Pro registraci, jako vývojář v obchodě Google Play, je potřeba složit poplatek ve výši 25 amerických dolarů. Svou registrací uživatel souhlasí s podmínkami Vývojářské Distribuce (Developer Distribution Agreement). Pro různé státy platí různé podmínky na základě vnitřních zákonů těchto států. Například v některých státech jako Česká Republika je v obchodě Google Play použita měna tohoto státu pro nákup aplikace nebo vnitřního obsahu, u jiných, jako je třeba Portugalsko se používá americký dolar.

Možnost zveřejnit aplikace v obchodě Google Play dává vývojářům velké výhody. Před tím než veřejnost bude mít přístup k aplikaci, provádí Google Play kontrolu nahrávané aplikace pro případ pokusu nahrání škodlivých aplikací nebo aplikací obsahující viry. Tato kontrola je ve většině případů automatická a trvá jednu až tři hodiny. Pak následuje možnost nechat aplikaci v režimu alfa nebo beta verze. To znamená, že jenom určití uživatelé (tzv. testéři) mohou tyto aplikace z obchodu stáhnout a ověřit, jestli vše funguje jak má. Případně kontaktovat vývojáře a vysvětlit jim problém. Po tom, co je vše v pořádku, může být aplikace přesunuta do ostré verze, kde si ji mohou stáhnout a nainstalovat všichni uživatelé obchodu Google Play.

3.3.3. Vývoj a vývojáři

Velkou atraktivitou obchodu Google Play, jak se psalo výše, je to, že nemusíte pracovat pro společnost, abyste měli možnost zveřejnit své aplikace. Existují tzv. „nezavislí vývojáři“ (anglicky „Independent video game developer“). To jsou mále skupiny nebo samostatné osoby, které se zabývají vývojem her. Většinou nemají sponzora nebo jinou finanční podporu a dělají to na vlastní zdroje a ve svůj volný čas. Vývoj herních aplikací může trvat u takových nezávislých vývojářů hodiny, dny nebo i roky, v závislosti na složitosti hry a kvalitě designu. Samozřejmě takové aplikace těžce konkurují aplikacím od velkých společností, jako jsou Gameloft, Rovio²¹, EA Mobile, Supercell. Tyto velké společnosti jsou schopné vydělat na jedné hře až 1.5 miliardy dolarů za rok na prodeji různých druhů herních věcí nebo samostatných aplikací.

Nezávislí vývojáři samozřejmě nemají moc času na vývoj vlastních technologií, knihoven a různých jiných pomocných struktur. A proto se většinou používají již připravené a vyzkoušené knihovny a technologie. Tato skutečnost dává možnost soustředit se na hratelnost a scénář hry nebo aplikace.

3.4. Propagace aplikací

V dnešní době jakýkoliv produkt musí mít správnou kampaň zaměřenou na propagaci a reklamu. Ve sféře IT existuje velké množství způsobů propagace vyvíjených aplikací. Jelikož tato práce obsahuje vlastní řešení a to Android aplikace, dále jsou uvedeny nejpoužívanější způsoby propagace, vhodné pro ukázkovou aplikaci v určitém žánru hry.

Společnost Google poskytuje jeden z nejpůlárnějších nástrojů pro SEO a propagaci, reklamu produktů různých druhů – služba Google Adwords²². Tato služba umožňuje umístění reklamy na určitých webových stránkách a ve výsledcích vyhledávačů.

- **Univerzální kampaně propagující aplikace**
- *Nechte službu AdWords vytvořit reklamy pro vaši aplikaci pro Android v široké škále automaticky generovaných formátů, které se budou zobrazovat ve Vyhledávací síti, Obsahové síti a síti YouTube.*
- *Reklamy jsou generovány na základě textu kreativy, který zadáte, a také podrobností o aplikaci v Obchodě Play (například vaše ikona a obrázky). Tyto reklamy se mohou zobrazovat ve všech dostupných sítích.*
- *Nepovinně můžete přidat i odkaz na video YouTube, aby se vaše reklamy zobrazovaly i na YouTube.*
- **Kampaně vyzývající k instalaci mobilních aplikací**
- *Zvyšte počet stažení aplikace prostřednictvím reklam, které přesměrovávají uživatele přímo na stránku pro její stažení v obchodu s aplikacemi.*
- *K dispozici pro Vyhledávací síť, Obsahovou síť a YouTube*
- *Formáty reklam zahrnují standardní, grafické a videoreklamy vyzývající k instalaci aplikace*
- **Kampaně vybízející k interakci s mobilní aplikací**
- *Oslovte znovu své stávající uživatele pomocí reklam, které odkazují přímo na konkrétní obrazovky v rámci mobilní aplikace.*
- *K dispozici pro kampaně ve Vyhledávací síti a Obsahové síti*
- *Formáty reklam zahrnují standardní, grafické a videoreklamy vyzývající k interakci a aplikacemi²³*

Existuje ještě několik tradičních způsobů online propagace aplikací:

- Napsání článků v blozích
- Použití Internetových fór

- Reklama na sociálních sítích

V tomto projektu nebude použit žádný placený způsob propagace výsledné ukázkové aplikace. Autorem bude osloven určitý počet známých lidí, kterým bude umožněno nainstalovat a ohodnotit aplikaci v Google Play obchodě.

3.5. Grafika v OS Android

Teď je potřeba něco říci o specifikaci grafických aplikací v systému Android. V tomto operačním systému se používá standard OpenGL. Tato technologie je používána při vykreslení složitých komplexních 3D a 2D objektů, které se většinou vyskytují v herních aplikacích. Proto další část této práce bude věnována technologiím a prostředkům, sloužícím k vývoji mobilních aplikací se složitou nebo náročnou grafikou.

3.5.1. OpenGL



OpenGL (Open Graphics Library) je průmyslový standard specifikující multiplatformní rozhraní (API) pro tvorbu aplikací počítačové grafiky. Používá se při tvorbě počítačových her, CAD programů, aplikací virtuální reality či vědeckotechnické vizualizace apod.²⁴

V operačním systému Android se používá tzv. OpenGL ES (verze pro chytré mobily) na vizualizaci 2D a 3D objektů v rámci aplikací používajících grafiku.

OpenGL ES (z anglického OpenGL for Embedded Systems) je část OpenGL rozhraní (API) pro počítačové vykreslování 2D a 3D grafiky pro použití ve video hrách, typicky akcelerovaných za pomoci GPU. Je určen pro malé, vestavěné systémy, jako smartphony, tablety, herní konzole a osobní plánovače.

Toto API je použitelné v mnoha počítačových jazycích a na více platformách. Nepředstavuje ekvivalent k OpenGL API jako GLUT nebo GLU pro OpenGL ES. OpenGL ES je spravováno neziskovým technologickým konsorciem Khronos Group.²⁵

- *OpenGL ES 1.0 a 1.1 – Tato API specifikace je podporovaná verzi Androidu 1.0 a vyšší.*
- *OpenGL ES 2.0 - Tato API specifikace je podporovaná verzi Androidu 2.2 (API úroveň 8) a vyšší.*

- *OpenGL ES 3.0 - Tato API specifikace je podporovaná verzi Androidu 4.3 (API úroveň 18) a vyšší.*
- *OpenGL ES 3.1 - Tato API specifikace je podporovaná verzi Androidu 5.0 (API úroveň 21) a vyšší.²⁶*

3.6. Hardware

Od Android 3.0, zobrazovací proces podporuje hardware akcelerace. To znamená, že veškeré vykreslovací operace se provádějí na GPU²⁷. Vývojář může pomocí speciálních příkazů změnit nastavení této akcelerace – zapnout nebo vypnout.

Kvůli rozměrům mobilních zařízení se do nich ještě před několika lety nedalo zabudovat plnohodnotnou grafickou kartu. A proto se grafické výpočty prováděly zčásti na procesoru, tj. používají jedno nebo několik jader pro výpočty grafiky. Stejně se přistupovalo i k RAM paměti, která se rozdělí mezi CPU²⁸ a GPU. Hlavní nevýhoda této architektury je hned vidět: pomalejší zpracování grafických výpočtů a jako následek podpora nižší verze OpenGL.

V dnešní době jsou špičkové tablety a mobily vybaveny samostatnými grafickými jednotkami, které jsou vyvíjeny speciálně pro mobilní zařízení. Ku příkladu jedny z nejznámějších procesorů, obsahující grafická jádra jsou:

3.6.1. Procesor Tegra



NVIDIA Kepler™ GPU with 192 NVIDIA CUDA® cores - Enjoy an incredible array of mobile innovations in gaming, photography, media, and web with NVIDIA Kepler, the first GPU architecture to span from supercomputers to PCs to mobile devices. It's an unprecedented combination of breathtaking visual performance and breakthrough energy efficiency. NVIDIA 4-Plus-1™ quad-core ARM® Cortex™-A15 CPU - Tegra K1 harnesses ARM's advanced CPU, Cortex A15, plus a third-generation battery-saver core, to deliver record levels of performance and battery life.²⁹

Procesor Tegra K1 obsahuje GPU Kepler s 192 NVIDIA CUDA jádry. Procesorová jednotka má 4 jádra ARM® Cortex™-A15, to je třetí generace úsporných procesoru pro prodlouženou výdrž baterie. Podporuje OpenGL ES verzi 3.1.

3.6.2. Procesor Snapdragon



Snapdragon je čtyřjádrový procesor obsahující Qualcomm® Adreno™ 420 GPU a podporující 4k rozlišení obrazovky³⁰, OpenGL ES 3.1 a DirectX 11.2.

- *Adreno 420 GPU helps enable support for advanced graphics, console quality gaming, and smooth UIs at up to Ultra HD resolution*
- *Up to 40% graphics performance improvement over predecessor*
- *Up to 20% power efficiency improvement over predecessor*
- *Enables greater detail for visually stunning, realistic scenes and objects in power efficient manner ideal for mobile devices*
- *Advanced API support, including OpenGL ES 3.1* and DirectX 11.2, helps enable even more complex and more efficient mobile 3D graphics apps and games*
- *The Adreno 420 GPU will support all of the new OpenGL ES 3.1* features like compute shaders*
- *The Adreno 420 GPU will also support Android Extension Pack, which includes highest level graphics features like geometry shading and dynamic hardware tessellation (once the exclusive domain of advanced 3D gaming consoles and PCs)³¹*

Použití jakéhokoliv z těchto procesorů v moderních tabletech nebo mobilech zaručí plynulý běh i nejnáročnějších her bez zasekávání na maximum.

3.7 LibGDX

Rozhraní OpenGL poskytuje možnost pracovat přímo s grafickými primitivními jednotkami, jako jsou vrcholy, úsečky, trojúhelníky, ale i se složitými 2D a 3D objekty jako jsou válec, krychle. Pro usnadnění práce se složitými objekty existují různé knihovny, které fungují jako nadstavby nad OpenGL.

Součástí této práce je také vývoj vzorové aplikace s použitím OpenGL. Pro tento účel autorem diplomové práce byl zvolen nástroj LibGDX od společnosti Bad Logic Games. Tato knihovna má velmi silnou komunitu, která se aktivně účastní různých diskuzí na fórech a jiných webech. Vlastnosti LibGDX jsou následující:

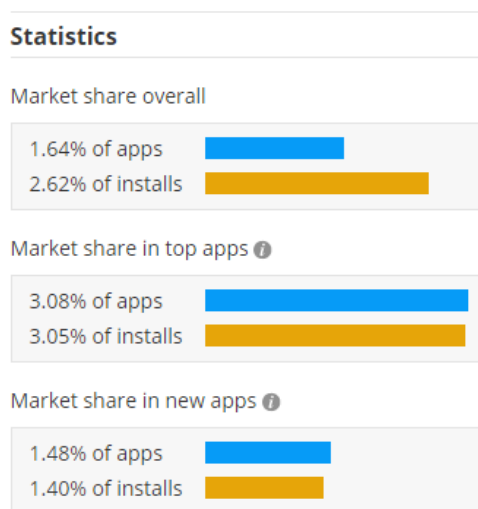
- Funguje na různých platformách (Android, iOS, Windows, MacOS, Linux)
- Jednoduchost použití
- Kvalitní dokumentace
- Pro práci stačí znalosti objektového programování a Java

- Podporuje 2D a 3D

libGDX *LibGDX is a game-development application framework written in the Java programming language with some C and C++ components for performance dependent code. It allows for the development of desktop and mobile games by using the same code base. It is cross-platform, supporting Windows, Linux, Mac OS X, Android, iOS, and web browsers with WebGL support.*³²

LibGDX je populární nástroj na vývoj mobilních herních aplikací. Jak již bylo zmíněno, tato knihovna podporuje populární mobilní operační systémy, jako jsou Android či iOS. Další výhodou je, že není potřeba předělávat aplikaci pro každý z těchto systémů, stačí ji napsat jednou a LibGDX přeloží hru do nativních aplikací pro Android a iOS.

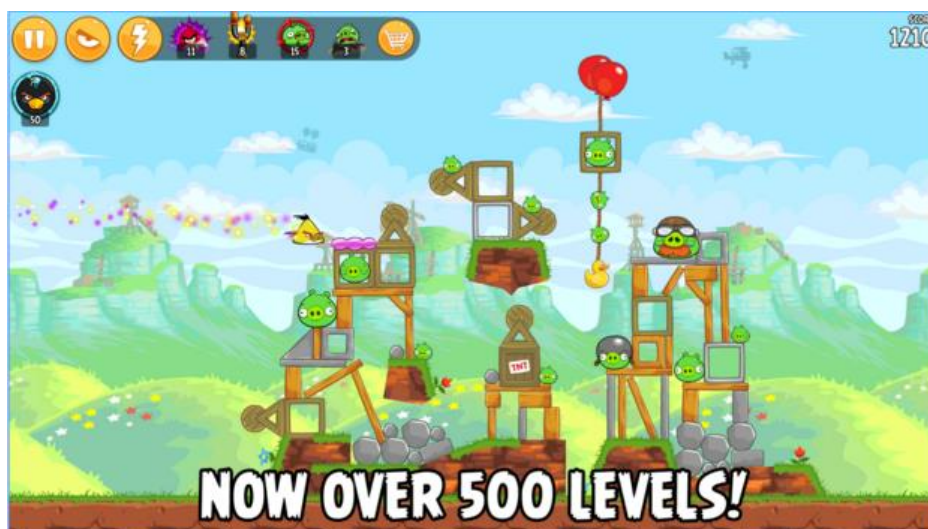
Popularitu této knihovny lze zjistit z velkého uživatelského zájmu o aplikaci vyvíjené s použitím LibGDX. Společnost AppBrain poskytuje statistiku o aplikacích postavených na LibGDX, které jsou mezi nejlépe hodnocenými a nejvíce stahovanými aplikacemi z Google Play obchodu.



Obrázek 7 - Statistická data použití LibGDX v aplikacích na Google Play. Zdroj: AppBrain³³

Na obrázku je vidět jeden z grafů ukazující, že 3.08% aplikace používá tuto knihovnu ze všech aplikací v kategorii Top na Google Play Marketu. Počet stahování některých aplikací z tohoto seznamu přesahuje desítky milionů, jako například Angry Birds, Talking Tom Cat, Paperama.

Použití knihovny LibGDX ve známých aplikacích, které nainstalovali desítky až stovky milionů uživatelů, demonstruje popularitu tohoto nástroje pro vývoj herních aplikací.



Obrázek 8 - hra Angry Birds. Zdroj: Google Play³⁴

3.7.1 Game, Screen

Knihovna LibGDX poskytuje nástroje sloužící pro tvorbu herních aplikací, což je jejím primárním účelem. Objekt typu *Game* představuje globální abstraktní třídu, která může obsahovat objekty typu *Screen*. Jednoduše řečeno, *Game* je hra, a *Screen* je jedna obrazovka v této hře. Dědění od třídy *Game* je jeden z používanějších metod pro vývoj her s několika obrazovkami. Příklad jednoduché třídy:

```
public class Drop extends Game {  
  
    public SpriteBatch batch;  
    public BitmapFont font;  
  
    public void create() {  
        batch = new SpriteBatch();  
        //Use LibGDX's default Arial font.  
        font = new BitmapFont();  
        this.setScreen(new MainMenuScreen(this));  
    }  
  
    public void render() {  
        super.render(); //important!  
    }  
  
    public void dispose() {  
        batch.dispose();  
        font.dispose();  
    }  
}
```

```
}
```

Kód 1 - potomek třídy Game. Zdroj: LibGDX³⁵

Screen je reprezentaci jedné obrazovky ve hře. Příklad objektu typu *Screen*:

```
public class MainMenuScreen implements Screen {  
  
    final Drop game;  
  
    OrthographicCamera camera;  
  
    public MainMenuScreen(final Drop gam) {  
        game = gam;  
  
        camera = new OrthographicCamera();  
        camera.setToOrtho(false, 800, 480);  
  
    }  
    //...Rest of class omitted for succinctness.  
}
```

Kód 2 - potomek třídy Screen, Zdroj: LibGDX³⁶

3.7.2 Stage, Viewport, Camera, souřadnicový systém

V LibGDX aplikacích *Stage* se používá jako procesor uživatelského vstupu. Poskytuje odchycení dotyku obrazovky tabletu, zmáčknutí tlačítka na klávesnici nebo myši a jiné. Uživatelský vstup se zpracuje podle toho, na který element na obrazovce byla akce uživatelem aplikovaná.

Kamera v LibGDX představuje objekt typu *OrthographicCamera*. Je používána pro 2D prostředí. Implementuje ortografickou projekce světa do kamery. Poskytuje jednoduché operace nad kamerou v herním světě:

- Posun a otáčení
- Přiblížování, oddalování
- Změna *Viewportu*
- Projekce souřadnic z/do okna/světu

Viewport slouží pro zobrazení *Stage*. Kontroluje kameru a překládá souřadnice *Stage* do souřadnic obrazovky zařízení. U desktopových aplikací slouží pro přepočítání rozměrů okénka aplikace, pokud uživatel ho například roztáhne.

Existují dvě verze souřadnicových systémů používaných v LibGDX. První obsahuje klasický Euklidův prostor, kde osa Y je směrem nahoru. Druhá verze souřadnicového systému má Y směrem dolů s kotvením k hornímu levému rohu. Oba dva systémy mají určité vlastnosti.

Y-dolů:

- Stejně souřadnice u textur
- Dotykové akce poskytují souřadnice ve stejném systému

Y-nahoru:

- Klasický a srozumitelný souřadnicový systém (dále SS)
- Při použití 3D je základním SS
- OpenGL používá stejný SS

V ukázkovém projektu bude použit souřadnicový systém s osou Y směrem nahoru.

3.7.3 Rendering objektů

V LibGDX každý objekt typu *Screen* má metodu *render()*. Slouží k vykreslování určitých grafických prvků na této obrazovce. Především se používá na vykreslení textur, animací, kontrole kolizí a jiných nezbytných objektů.

3.7.4 Cross-Platform (Multiplatformní)

Platforma LibGDX je univerzální a může běžet na nejvíce rozšířených OS.

- Windows
- Linux
- Mac OS X
- Android (2.2+)
- BlackBerry
- iOS
- Java Applet
- Javascript/WebGL (Chrome, Safari, Opera, Firefox, IE via Google Chrome Frame)

3.7.5 Integrovatelné programy třetích stran

- Spine - 2D animace pomocí virtuální páteře

- Nextpeer – SDK pro hráni více hráčů
- Saikoa – aplikace pro zabezpečení mobilních aplikací

3.7.6 Audio

- Přenos hudby a podpora formátů WAV, MP3 a OGG
- Přímý přístup k audio jednotkám mobilních zařízení a možnost nahrávání zvuku.

3.7.7 Zpracování vstupu

- Možnost používat myš, dotykový displej, klávesnici, akcelerometr a kompas.
- Zpracování různých gest: dotyk, táhnutí atd.

3.7.8 Matematika a fyzika

- Matice, vektory a čtverce. Maticové a vektorové operace jsou urychlovány pomocí nativního kódu C
- Ohraničující tvary a objemy
- Frustum třídy
- Catmull-Rom drážky
- Běžné interpolátory
- Konkávní polygonový triangulátor
 - Zjištění průsečíku a překrytí
 - 2D fyzika: JNI obal pro Box2D fyziku
 - 3D fyzika: JNI obal pro fyziku kulky

3.7.9 Soubor vstup/vystup a úložiště

- Souborový systém pro všechny platformy
- „Jenom čtení“ emulace systému souborů pro JavaScript
- Binární podpora souborů pro Javascript
- Předvolby pro lehké ukládání nastavení

3.7.10 Grafika

- Vykreslování přes OpenGL ES 2.0 na všech platformách
- Vlastní OpenGL ES 2.0 vázání pro Android 2.0 a výše
- Nizkoúrovňové OpenGL pomocníci:

- Pole vrcholu a buffer vrcholů
- Síť
- Textury
- Framebuffer objekty (GL ES 2.0 pouze)
- Shadery
- Režim emulace bezprostřední renderingu
- Rendering jednoduchých tvarů
- Automatický software nebo hardware mipmap generace
- Podpora ETC1 (není k dispozici v JavaScript)
- Automatická manipulace s OpenGL ES ztráty kontextu. Obnoví všechny textury, shadery a další OpenGL zdroje
- 2D API na vysoké úrovni:
 - Vlastní bitmap knihovna na straně CPU
 - Orthographic kamera
 - Vysoký výkon sprite dávkování a ukládání do mezipaměti
 - Atlasy textur. Buď generované offline nebo online
 - Bitmapová písma (nepodporují složité skripty, jako je arabština nebo čínština). Buď generované v režimu offline nebo načítané z TTF souborů (není podporované v JavaScriptu)
 - Particle systém 2D
 - Podpora TMX mapy dlaždice
 - 2D scene-graph API
 - 2D UI knihovna, založený na scene-graph API, plně skinovatelné
- 3D rozhraní API:
 - Perspektivní kamera
 - Obtisk dávkování, pro 3D billboardy nebo částicových systémů
 - Základní nahrávače pro Wavefront OBJ a MD5
 - 3D vykreslování rozhraní API s materiály a světelný systém a podpora pro nakládání FBX modelů přes FBX-conv

3.7.11 Utility

- Vlastní kolekce, s podporou primitivních objektů
- JSON zapisovač a čteč, s POJO (výchozí) s podporou serializace

- Xml zapisovač a čteč

3.7.12 Nástroje

- 2D Particle editor
- 3D Particle editor
- Balík textur
- Bitmap generátor písma

Vlastnosti knihovny LibGDX jsou ideálně vyhovující k použití při vývoji ukázkové aplikace.

3.7.13 Vytvoření LibGDX projektu

Společnost Badlogic games, která se podílí na vývoji knihovny LibGDX, nabízí speciální rozhraní na vytváření projektů. Jde o balík, který lze stáhnout s oficiálního webu této společnosti. Návod na instalaci je umístěn na webových stránkách a obsahuje podrobné kroky ke stahování a spuštění programu umožňujícího vytvoření projektu. Na následujících



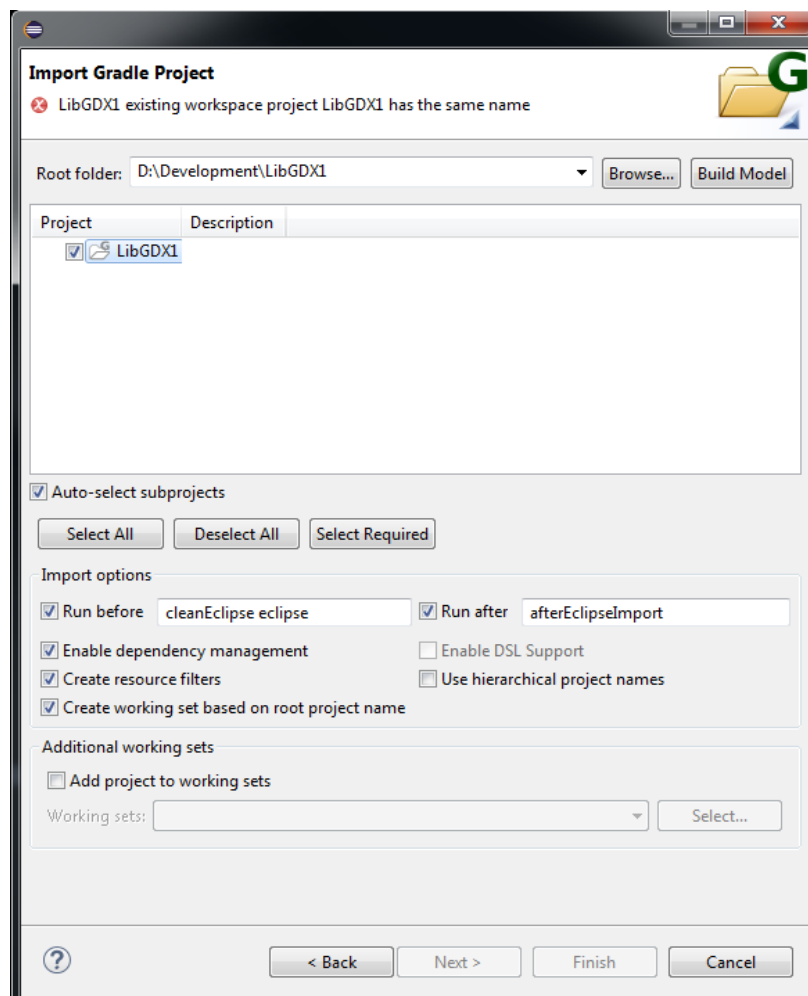
Obrázek 9 - Vytváření nového projektu LibGDX. Zdroj: vlastní zpracování

obrazcích s popisem je vidět postup při vytvoření nového projektu pomocí knihovny LibGDX a následující import tohoto projektu pomocí IDE Eclipse.

Na obrázku jsou vidět různé atributy, specifikující budoucí projekt včetně možností si zvolit platformy, pro které bude tenhle projekt vytvořen a spuštěn. LibGDX je multiplatformní knihovna a proto jsou tady možnosti zvolit jak Desktop a HTML, tak i operační systémy Android a iOS.

LibGDX používá pro vytvoření projektu Gradle³⁷. Gradle je DMS (Dependency Management System) – nástroj pro správu knihoven v programu. Tento nástroj se používá na spravování knihoven, použitých v určitém programu. Umožňuje snadnou integrace projektu do většiny známých IDE³⁸ bez nutnosti používat speciální formát projektu pro jednotlivá IDE.

Po zmáčknutí *Generate*, projekt bude vygenerován v zadané složce. Potom je potřeba tento projekt importovat do Eclipse, který je použit jako vývojové prostředí.



Před importováním je potřeba udělat vytvoření Gradle modelu, který pak bude importován do Eclipse. Zmáčknutím *Finish* je provedena konečná inicializace balíků a import projektu je dokončen.

3.8 Box2D



Jedna z nejpoužívanějších knihoven pro práce s 2D fyzikou je Box2D. Používá se v LibGDX jako výchozí knihovna na práci s fyzickými vlastnostmi 2D objektů.

Box2D je svobodný projekt se zveřejněným kódem. Je to fyzicky dvoudimenzový simulátor, napsaný v jazyce C++. Autorem je Erin Catto, který zveřejnil tuto knihovnu pomocí licenci zlib³⁹. Tato knihovna byla použita v takových známých hrách pro různé platformy (iOS, Android) jako jsou: Crayon Physics Deluxe, Limbo, Rolando, Fantastic Contraption, Angry Birds a další.

Box2D poskytuje možnost vyrábět statické a dynamické objekty s různými reálnými vlastnostmi, jako jsou: hustota, koeficient tření, restituce. Tyto objekty do sebe mohou vzájemně narážet nebo lze aplikovat na různé části objektů impulsy či síly v různých směrech.

3.9 Vlastností Box2D

Základním objektem této knihovny je objekt třídy *World*, který definuje svět hry. Tento objekt je třeba vytvořit příkazem:

```
World world = new World(new Vector2(0, 0), true);
```

Kde vektorem se vyjadřuje směr gravitace. Objekt tohoto typu *World* se používá v LibGDX metodě *render()* pro vykreslení fyzického světa.

3.9.1 Typy těles

V knihovně Box 2D existuje typ objektu, kterému se říká tělo – anglický „body“. Jsou tři základní druhy těl:

- Dynamické tělo – tělo, na které působí veškeré síly, jako jsou gravitace, impuls nebo síla. Toto tělo může navzájem působit s jiným tělem.

- Statické tělo – nereaguje na žádné síly, nemůže se hýbat ani nekoliduje s ostatními těly.
- Kinetické tělo – hybrid Dynamického a Statického těla. Není ovlivněno vnějšími silami, jako jsou impulsy, kolize s jiným tělem či gravitací. Na Kinetické tělo se dá aplikovat sílu s lineární rychlostí.

Tělo může mít různé vlastnosti, jako je tvar, rozměr, textura, mapa textur. Kromě těchto základních vlastností, existují důležité fyzické atributy:

- Hustota
- Tření
- Míra deformace

Tyto vlastnosti skutečných fyzických objektů dávají možnost nastavit tělem v aplikaci různé chování při nárazu do jiných těl nebo za pohybu a otáčení.

Příklad vytvoření objektu *Body*:

```
BodyDef bodyDef = new BodyDef();
bodyDef.type = BodyType.DynamicBody;
Body body = world.createBody(bodyDef);
FixtureDef fixtureDef = new FixtureDef();
fixtureDef.density = 0.10f;
fixtureDef.friction = 1.00f;
fixtureDef.restitution = 0.30f;
body.createFixture(fixtureDef);
```

Kód 3 - objekt Body. Zdroj: vlastní zpracování

Vytvoříme objekt typu *BodyDef*, který slouží pro nastavení druhu těla, v daném příkladu je to *Dynamické* tělo. Dále následuje vytvoření těla *Body* a dále se vytváří takzvaná *FixtureDef* (aj. definice příslušenství). Tento objekt slouží k nastavení fyzických vlastností těla, jako je tvar, hustota.

3.10 Používaný Software

Při vývoji jakékoliv aplikace je potřeba pečlivě zvolit správné nástroje pro návrh a tvorbu programu. V dnešní době existují jak placené tak i bezplatné programy pro vývoj aplikací. Jelikož v tomto projektu je použit OS Android, to znamená, že většina programů bude

spolupracovat s Javou, která je multiplatformním programovacím jazykem. V tomto projektu jsou použité bezplatné distribuce softwaru.

3.10.1 IDE Eclipse

Vývojové prostředí pro programování v jazyce Java. Poskytuje také možnosti rozšíření o další programovací jazyky. Obsahuje širokou funkcionalitu na ladění aplikace a poskytuje možnost instalace široké nabídky rozšíření.

3.10.2 Online služba draw.io

Webová aplikace, která umožní prototypování různých aplikací. Obsahuje také nástroje na tvorbu UML diagramu, používaných při analýze a návrhu systémů. Výsledek pak lze jednoduše uložit či exportovat do grafických formátů.

3.10.3 GIMP

GIMP neboli GNU Image Manipulation Program („GNU program pro úpravy grafiky“) je svobodná multiplatformní aplikace pro úpravu a vytváření rastrové grafiky. Používá se zejména pro úpravy fotografií, tvorbu webové grafiky a podobné účely. Kromě široké škály rastrových nástrojů obsahuje i některé vektorové funkce, které jsou užitečnou pomůckou při práci s rastrovou grafikou (cesta, písma atd.). GIMP je dnes oficiální součástí projektu GNU. GIMP je dostupný zdarma včetně zdrojových kódů pod licencí GPL. Testovací zařízení⁴⁰

Pro účely vytvoření grafických prvků zcela vyhovuje aplikace GIMP. Poskytuje nástroje na kreslení, obsahující několik vrstev a dokáže exportovat výsledek do používaného formátu pro herní grafiku (PNG⁴¹).

3.10.4 Používané jazyky programování

Jelikož knihovna LibGDX podporuje programovací jazyky C a Java, pro účely tohoto projektu byl zvolen jazyk Java, se kterým má autor více zkušeností z vývoje aplikací pro Android. Další výhodou použití jazyka Java je v tom, že je kompletně objektově orientovaný, což dává možnost využít tuto vlastnost i v ukázkové aplikaci.

4. Vlastní řešení

Na základě informace z předchozích kapitol o herních aplikacích bylo rozhodnuto, že ukázková aplikace bude v žánru herní aplikace, která bude používat OpenGL pomocí knihovny LibGDX. Dále bylo navrženo řešení, které odpovídá typu herní aplikace „zabiják času“(timekiller). Tyto hry mají některé základní požadavky, které by měly splňovat: zajímavost, relativně jednoduchá myšlenka, pochopitelnost, rychlé hraní. Dále jsou uvedeny některé body, které odpovídají vlastnostem pro rychlé a jednoduché hraní:

- Hra pro dva hráče
- Možnost hrát proti počítači
- Akční hra na jednu obrazovku
- Relativně jednoduchý princip
- Téma hry: rytíři, středověk
- Dva týmy, různé barvy

Podle výše uvedených bodů lze rozvinout koncept této hry, která má název „Buhurt“. Jako myšlenka byly použity středověké turnaje, ve kterých se utkávali rytíři v pěších soubojích nebo na koních. V tomto projektu se budou odehrávat pěší souboje dvou týmů podle středověkých pravidel. Pro jednoduchost posouzení vítěze turnaje, ten kdo se dotkne země třemi končetinami, již nemůže pokračovat v souboji. Tým, který má všechny bojovníky na zemi prohrál.

V současné době se provádí turnaje pro milovníky středověku a středověkých soubojů. Jedna z nejvíce zajímavých a dech beroucích kategorií jsou tzv. „pětky“ – boj pěti ozbrojených mužů proti dalším pěti. Podle středověkých pravidel vyhrává ten, kdo zůstane stát na nohou. Jsou v podstatě dvě možnosti, jak dostat soupeře na zem: buď ho shodit nebo ho trefit mečem či jinou zbraní na správné místo tak silně, že soupeř přizná prohru a posadí se sám.

4.1 Jazyk

První verze hry se plánuje v angličtině. Tento jazyk byl použit kvůli testování, do kterého se zapojí kolegové autora, kteří mluví jak česky, tak i rusky a bělorusky. Angličtina byla zvolena jako univerzální jazyk, kterému všichni rozumí. Samozřejmě by v budoucnu tato aplikace měla být přeložena do češtiny, ruštiny a dalších jazyků.

4.2 Cílová skupina

Tato aplikace nebude mít žádné věkové omezení. Je určena především pro milovníky středověku a ty, kdo chtějí strávit čas na cestě hraním něčeho jednoduchého a zajímavého.

4.3 Gameplay

Anglické slovo „Gameplay“ znamená „hratelnost“ nebo herní proces. Ve většině případů je v jakékoliv herní aplikaci nejdůležitější právě herní proces.

4.3.1 Menu

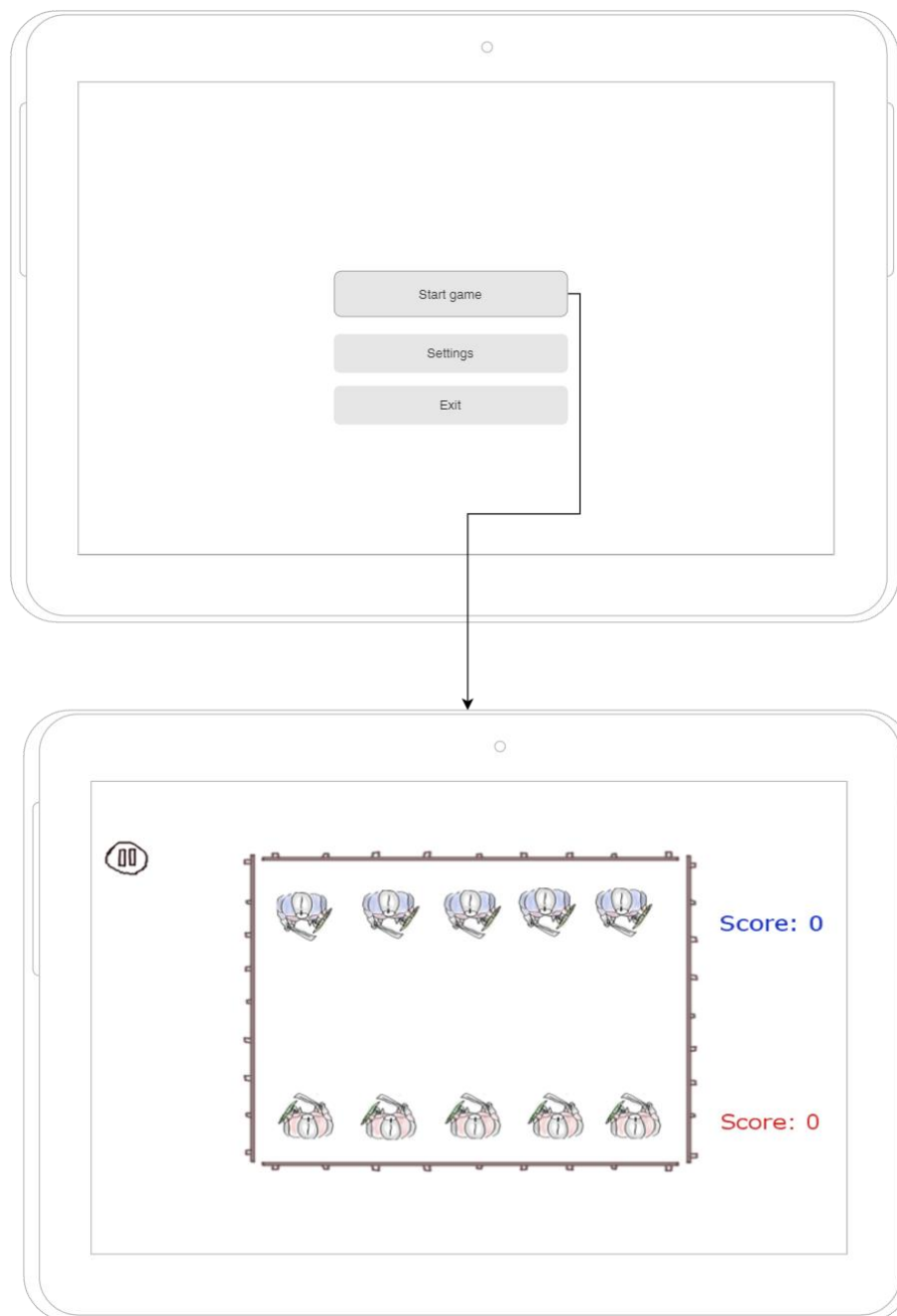
Tato aplikace by měla být jednoduchá a snadno ovladatelná i tříletým dítětem. A proto by menu mělo obsahovat pouze důležité položky. Jako například:

- Zahájit novou hru
- Nastavení
- Zavřít

4.3.2 Herní proces

Téma hry, jak již bylo zmíněno, je středověký turnaj. Jedna z podmínek byla jednoduchost a pochopitelnost herního procesu, a proto jako základní myšlenka byla použita všem známá hra Dáma s drobnými úpravami. Tyto úpravy spočívají v tom, že jednotlivé kameny se neposouvají, ale v podstatě se „vystřelí“ do kamenů soupeře. Tímto má hráč možnost trefit kameny spoluhráče a vytlačit je pryč z hrací desky. Stejně jako v dámě, prohrává hráč, který přijde o všechny hrací kameny.

Takový princip bude základem této aplikace. Na kolbišti budou dva týmy, každý o 5 bojovnících. Kolem tohoto kolbiště budou zábrany, které by ale měli být pohyblivé – to udělá proces vytlačení soupeře z arény složitějším. Vyhrává ten, kdo bud mít aspoň jednoho bojovníka uvnitř kolbiště a zároveň bojovníci soupeře budou vně kolbiště.



Obrázek 11 - Prototyp hry Buhurt. Hlavní menu a obrazovka souboje. Zdroj: vlastní zpracování

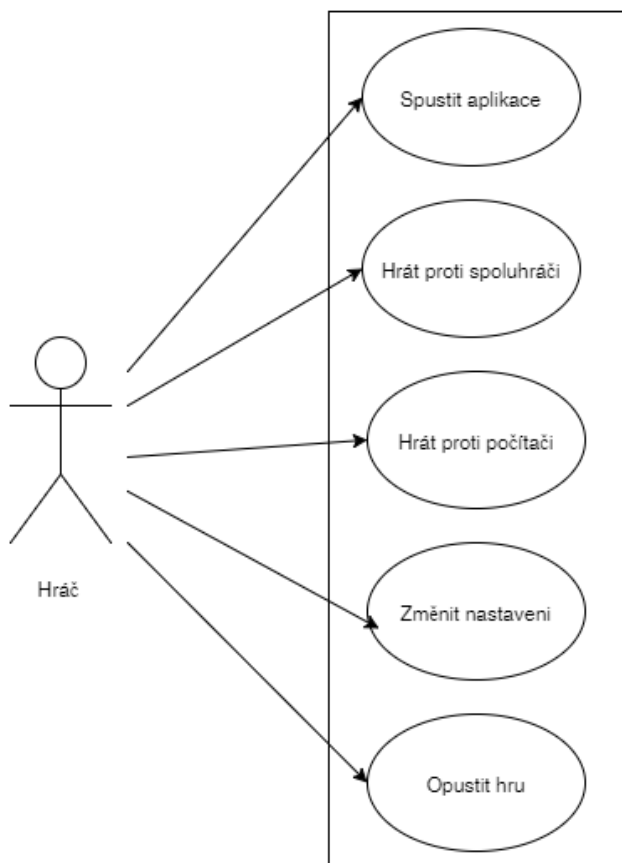
4.4 Návrh aplikace

Fáze návrhu je jedna z nejdůležitějších při vývoji aplikace. Většinou obsahuje v sobě jak navržené řešení tak i předchozí sbírání informací o cílech budoucího systému a analýzu těchto dat. Důležitým aspektem návrhu je kompletní promyšlení budoucího systému na základě získaných informací. Ve většině případů se při návrhu používají diagramy, které

slouží k lepšímu porozumění architektury budoucí aplikace: diagram případů užití, doménový diagram, diagram procesů a jiné.

4.4.1 Use case

Use case – nebo česky případ užití slouží pro porozumění základním možnostem, které uživatel bude moci provádět. Tento diagram popisuje vztah a interakci mezi uživatelem a systémem.

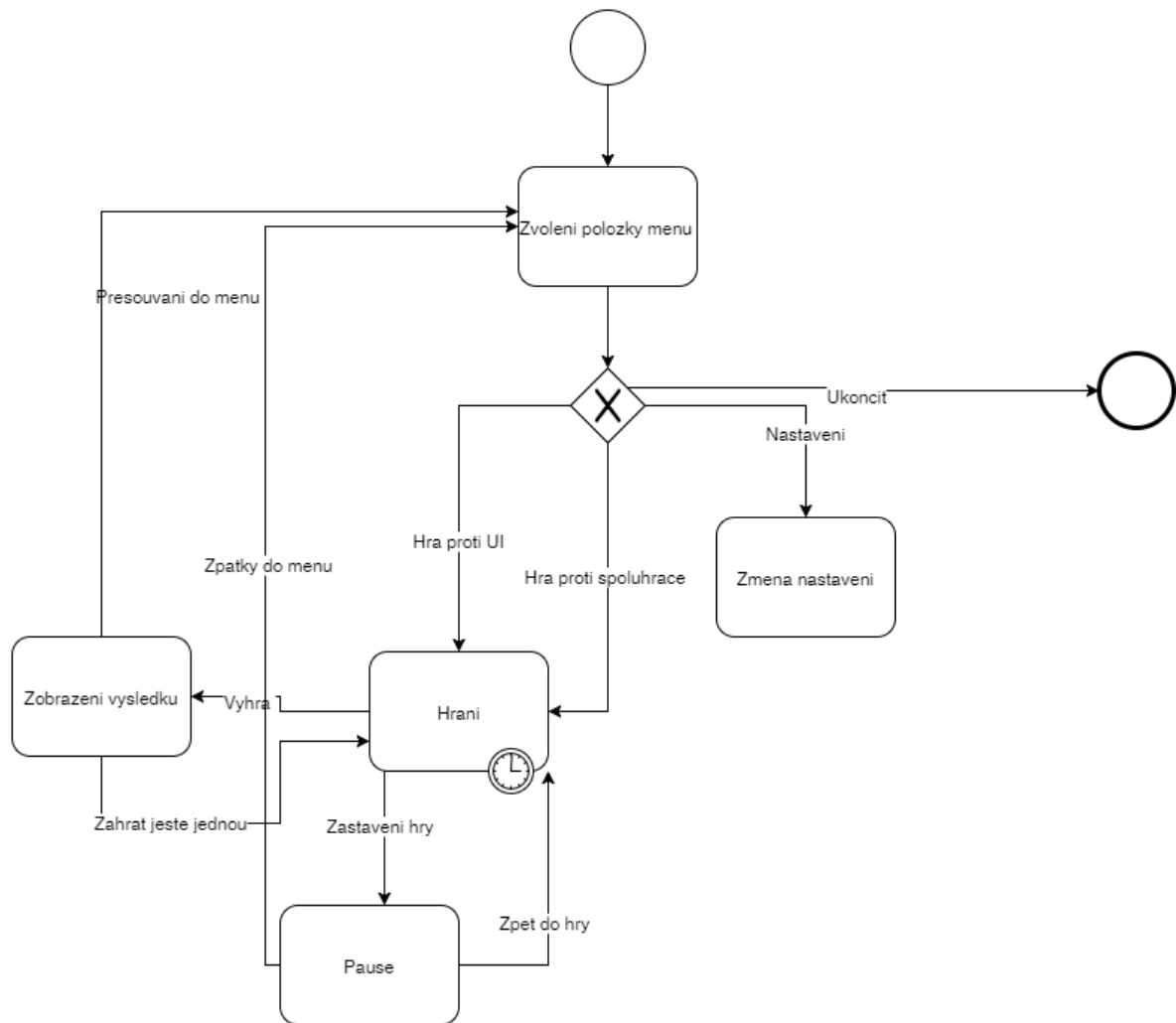


Obrázek 12 - Případy užití. Zdroj: vlastní zpracování

4.4.2 Workflow diagram

Diagram, znázorňující tok procesu v aplikaci. Tento diagram je vhodný pro porozumění možným scénářům v aplikaci. Vysvětluje jaké má uživatel možnosti při práci s určitým systémem.

Diagram vysvětluje běh aplikace. Šípky zobrazují směr přechodu mezi jednotlivými mezistavy aplikace.

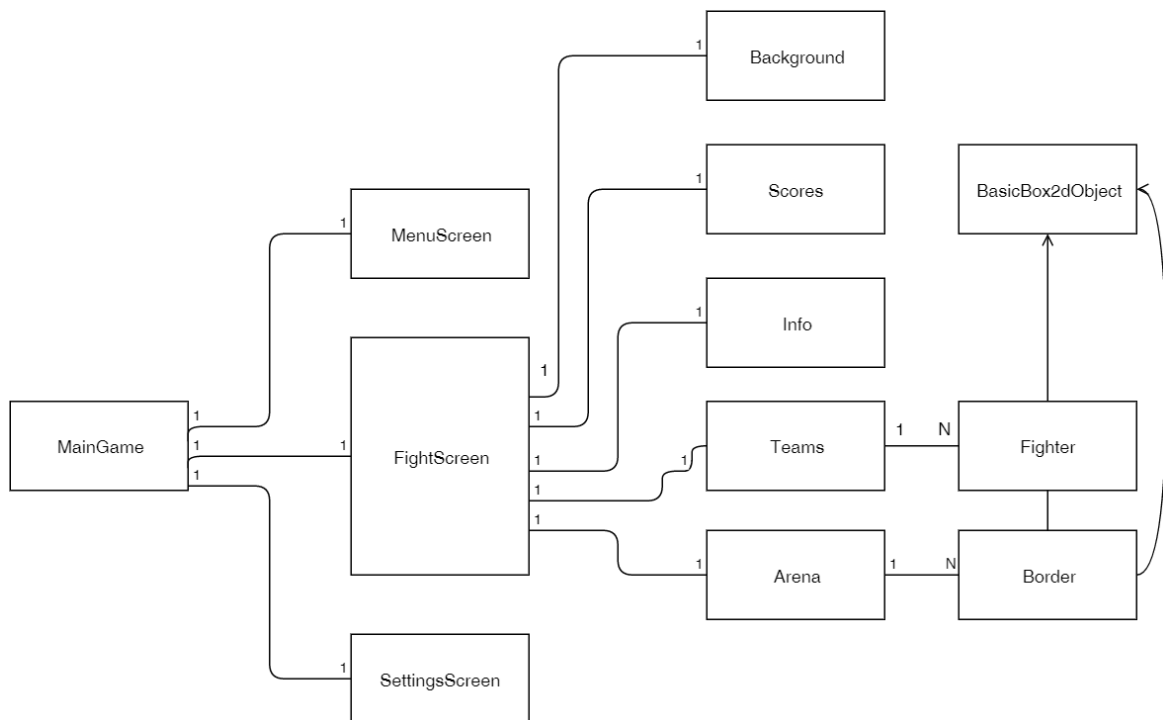


Obrázek 13 - Diagram procesů. Zdroj: vlastní zpracování

4.4.3 Doménový diagram

Při tvorbě aplikací různého druhu je od začátku důležité založit správný návrh vnitřní architektury. Velkou roli hraje doménový diagram – obrázek znázorňující vnitřní strukturu aplikace a spolupráci mezi jednotlivými doménami. Tento diagram zohledňuje principy objektového programování a často je východiskem pro tzv. diagram tříd, který je podrobnější verzí doménového diagramu, již orientovaný na určitý programovací jazyk, technologii nebo knihovnu.

Doménový diagram obsahuje objekty a propojení mezi nimi, vysvětlující také vztahy. Propojení (čára) obsahuje nadpis a popis četnosti vztahů na obou stranách. Domény se pojmenovávají v angličtině.



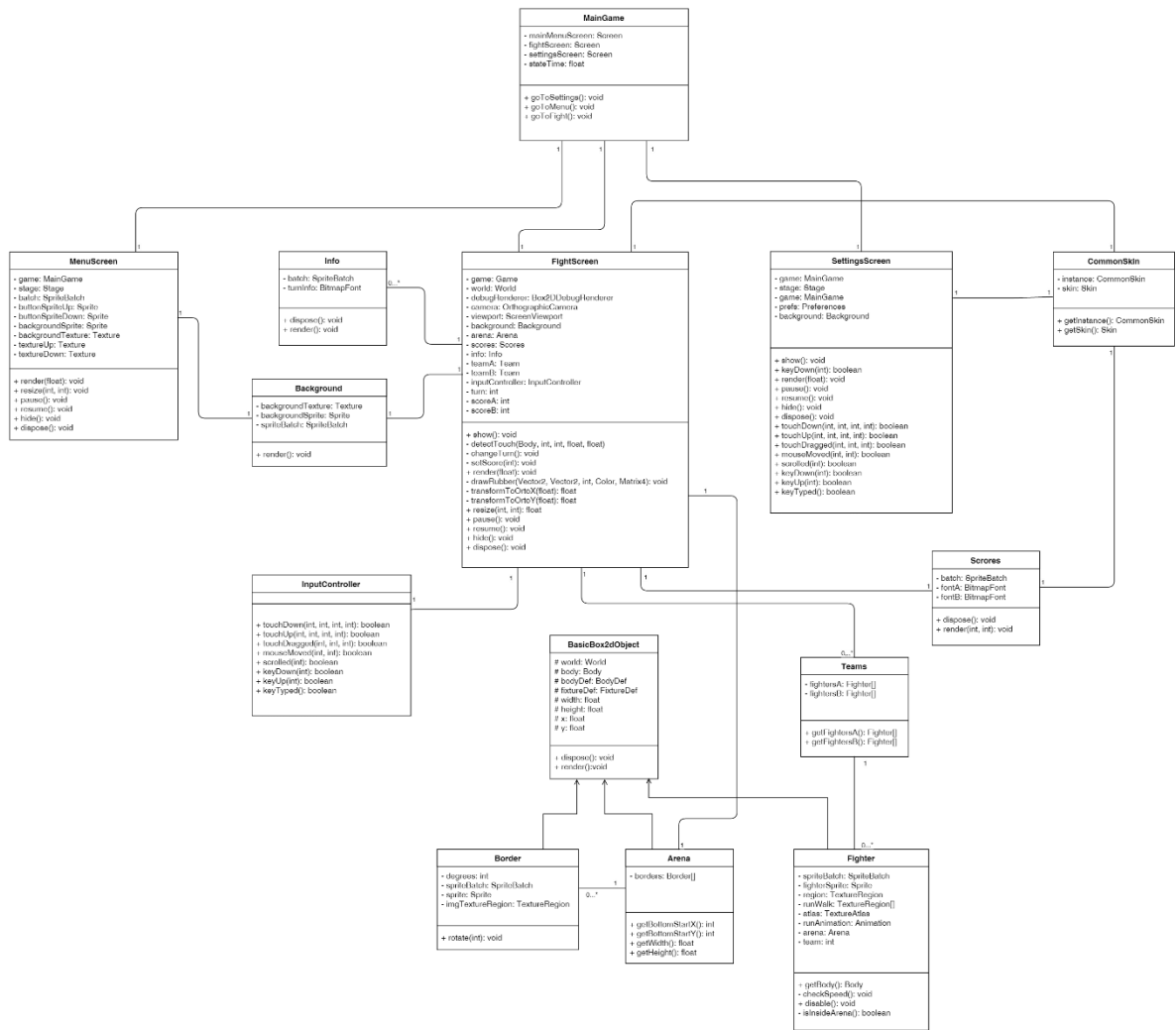
Obrázek 14 - Doménový diagram. Zdroj: vlastní zpracování

4.4.4 Diagram tříd

Diagram tříd se používá především pro zohlednění návrhu a usnadnění práce vývojářům. Každá třída obsahuje typované atributy a metody. Mezi třídami jsou spojení různého druhu. Nejpoužívanější jsou: generalizace a asociace.

Generalizace – vztah mezi třídami typu „předek-potomek“. Používá se pro zobecnění některých společných vlastností ve více třídách.

Asociace – reprezentuje vztah typu „odkaz“. Používá se například u objektů, které se vzájemně používají, nebo když jeden objekt vlastní reference na jiný (kompozice).



Obrázek 15 - Diagram tříd. Zdroj: vlastní zpracování

4.4.5 Popis funkcionality tříd

Vstupním bodem do aplikace je třída *MainGame*, která je zodpovědná za přepínání obrazovek. Výchozí obrazovka je *MenuScreen*. Dále *MainGame* má reference na *FightScreen* a *SettingsScreen*, což dává možnost přepínání mezi obrazovkami kdykoliv.

Nejzajímavější třída je *FightScreen*, která má vztahy k mnohým dalším třídám. Obsahuje reference na objekty tříd:

Info – slouží pro zobrazení informace o probíhajícímu tahu.

Scores – používá se při zobrazení bodu hráčů.

Background – možnost nastavovat pozadí obrazovky hry obrázkem.

InputController – speciální posluchač na uživatelský vstup.

Teams – týmy dvou hráčů. Obsahuje kolekce objektů typu *Fighter*.

BasicBox2dObject – abstraktní třída, obsahuje fyzické vlastnosti Box2d.

Arena – objekt je potomkem *BasicBox2dObject*, obsahuje kolekce objektu typu *Border*.

Border – reprezentuje plot, je potomkem *BasicBox2dObject*.

Fighter – bojovník na kolbišti.

4.5 Implementace

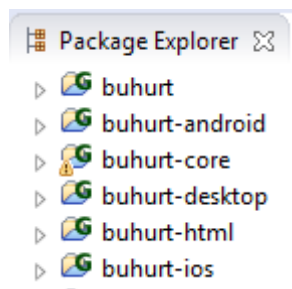
Součástí této práce je vývoj ukázkové aplikace pro platformu Android. Jak již bylo zmíněno v textu výše, pro implementaci projektu se používá vývojové prostředí Eclipse s nainstalovaným Android SDK⁴².

Návrh uvedený v předchozí kapitole byl použit pro implementace řešení, které obsahuje body jako založení projektu, tak i kompletní vypracování grafických elementů aplikace a komentáře k jednotlivým částím kódu.

4.5.1 Založení projektu

V předchozích kapitolách této práce bylo ukázáno jak založit a nakonfigurovat LibGDX projekt, který slouží jako výchozí bod a základ pro celou ukázkovou aplikaci. Existuje velká pravděpodobnost, že v době napsání této kapitoly bude zveřejněna novější verze knihovny LibGDX, než ta, která je použita při realizaci tohoto projektu. Verze, v které byl projekt založen je 1.5.3. Nejnovější verze v době psaní diplomové práce je 1.6.1.

Jak již bylo zmíněno výše, po vytvoření Gradle projektu je potřeba import projektu do vývojového prostředí Eclipse. Po importu se objevují v tak zvaném Package Explorer záložce seznam importovaných balíčků. Jelikož LibGDX je multiplatformní knihovna, je vytvořeno několik základních balíčků pro jednotlivé podporované typy zařízení, na kterých by aplikace měla běžet. Editovat lze pouze jeden z nich, do kterého se píše veškerý kód, a to je složka s příponou ...-core.



Obrázek 16 - Balíky LibGDX projektu. Zdroj: vlastní zpracování

Z názvu jednotlivých balíků se dá porozumět, co je obsahem a k čemu slouží.

buhurt – Složka, která obsahuje knihovny, Gradle soubory definující sub-moduly, definice závislosti atd.

buhurt-android – Android-projekt, který vytváří instalační soubor, spustitelný na zařízeních s OS Android. Obsahuje standardní složky Android-projektů, jako jsou:

assets – Obsahuje audio, video, grafické prvky a jiné podpůrné soubory.

res – Zkratka od aj. „resources“. Obsahuje ikonku aplikace a jiné zdroje.

buhurt-core – Základní složka, „jádro“ aplikace. V této složce se nachází zdrojový kód, který bude při kompilaci použit pro vytvoření projektů podle typu koncového zařízení.

buhurt-desktop – Java-aplikace, spustitelná na běžném PC.

buhurt-html – Verze aplikace pro HTML prohlížeče.

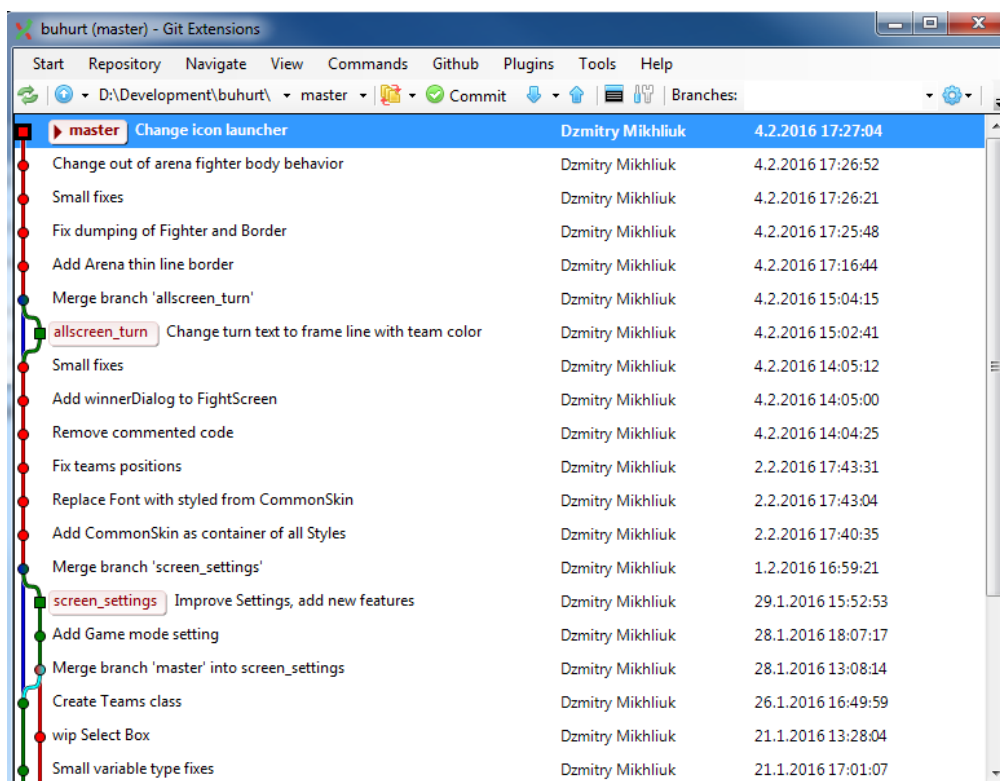
buhurt-ios – Aplikace pro iOS zařízení.

Používaná knihovna LibGDX je tak univerzální, že stačí změnit kód pouze na jednom místě a nechat projekt udělat „build“, tj. postavit, zkompileovat projekt. Pak lze jednoduše spustit jednotlivé aplikace, určené pro různé platformy. Například připojit Android zařízení a spustit aplikaci na něm.

4.5.2 Verzování projektu – Git

Dobrým zvykem při vývoji aplikací je použití tzv. verzování kódu. Nejmodernější nástroj na správu verzí v současné době je Git ⁴³. Poskytuje možnost ukládat kopie projektu na server, pohodlně pracovat v týmu na sdíleném obsahu, vytvářet „odbočky“ od hlavní větve,

na které běží vývoj, spojovat, přenášet jednotlivé funkcionality do jiných větví a mnoho dalších možností.



Obrázek 17 - Postupný vývoj, zobrazený v Git Extensions. Zdroj: vlastní zpracování

Na obrázku je vidět jak lze použít Git na vývoj, jak na *master* větví tak i na dceřiné větví *screen_settings*, která byla následně zapojena zpět do *master*.

4.5.3 Vytvoření grafiky

Součástí řešení tohoto projektu je vytvoření grafických elementů, použitých ve vzorové aplikaci. Jelikož autor této práce nemá vlastního designera, který by vytvořil kvalitní a moderní grafické textury, postavičky atd., bylo rozhodnuto udělat grafiku vlastními silami autora. Pro vytváření grafických prvků se používal grafický procesor Gimp.

4.5.3.1 Pozadí

Pozadí je použito na více obrazovkách. Hlavní menu má unikátní pozadí reprezentující hru. Toto pozadí se liší tím, že má název a postavu rytíře. Obrázek byl vzat z Google hledání, tento obrázek je s otevřenou licenci.



Obrázek 18 - Pozadí menu hry. Zdroj: vlastní zpracování

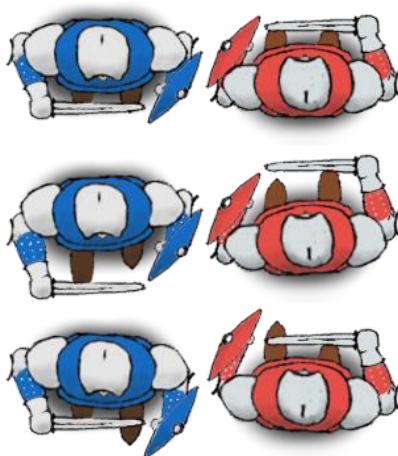


Obrázek 19 - Pozadí univerzální. Zdroj: vlastní zpracování

4.5.3.2 Postavy

Pro vytváření postav bojovníků byl použit grafický nástroj Gimp. Jeden z implementačních požadavků na ukázkovou aplikaci byla animace bojovníků za pohybu po

kolbišti. Pro tyto účely bylo vytvořeno několik obrázků jednoho bojovníka. Jelikož týmy jsou dva, postavy bojovníků jsou dvou barev – červené a modré.



Obrázek 20 - Postavy bojovníků obou týmů

Je vidět, že obrázek pohybu jednoho bojovníku je složen ze tří obrázků. Každý z nich je jedním krokem v animaci pohybu postavičky. Obrázek, obsahující více obrázků se nazývá mapa textur a používá se v OpenGL pro jednorázové načtení všech potřebných obrázků a následující použití části mapy s potřebným obrázkem.

Příklad souboru *fighterATextureMap.pack*, obsahujícího popis mapy textur pro bojovníka z červeného týmu:

```
fighterATextureMap.png
format: RGBA8888
filter: Nearest,Nearest
repeat: none
fighterStand
  rotate: false
  xy: 1, 1
  size: 150, 120
  orig: 150, 120
  offset: 0, 0
  index: -1
fighterGoLeft
  rotate: false
  xy: 1, 121
  size: 150, 120
  orig: 150, 120
  offset: 0, 0
  index: -1
fighterGoRight
  rotate: false
  xy: 1, 241
  size: 150, 120
  orig: 150, 120
```

```
offset: 0, 0  
index: -1
```

Kód 4 - Mapa textur. Zdroj: vlastní zpracování

Tento soubor definuje, která z výše uvedených částí texturové mapy bude použita v určitý časový okamžik dané animace pohybu.

4.5.3.3 Tlačítka

Ve vyvíjené aplikaci je jednoduchým způsobem řešena navigace. Obrazovka menu obsahuje volby, pomocí kterých se uživatel dostane na obrazovku s nastavením a na herní pole. Nastavení obsahuje tlačítko typu „Vrátit se“, vyvolávající návrat do menu. Herní pole má tlačítko typu „Pause“, které vyvolá pauzu.



Obrázek 21 - Tlačítka. Zdroj: vlastní zpracování

Ve hře jsou dva druhy obrázků: ve stavu volném a ve stavu zmáčknutém. Tvar a vzhled tlačítek byl inspirován středověkým kulatým štítem.

4.5.3.4 Zábrany

Kolbiště obsahuje celkem 12 zábran, tři s každé strany. Slouží pro zvýšení náročnosti hry – nepovoluje snadné vytlačení soupeře z arény.



Obrázek 22 – Zábrany. Zdroj: vlastní zpracování

4.5.3.5 Ikona aplikace

Kazda aplikace by měla obsahovat tzv. ikonu – malý obrázek, který se zobrazuje v tabletu a zmáčknutím kterého se ta aplikace pustí. Jako ikonu u středověké hry Buhurt se použila rytířská přilba cca 14 století.



Obrázek 23 - Ikona aplikace. Zdroj: vlastní zpracování

4.5.4 Vytvoření tříd

Na základě doménového diagramu byly vytvořené Java-třídy v balíčce *buhurt-core*. Třídy odpovídají navrhovanému modelu, obsahují stejné metody a atributy. Implementace kódu tříd se prováděla s použitím objektového přístupu za podmínky použití multiplatformní knihovny LibGDX.

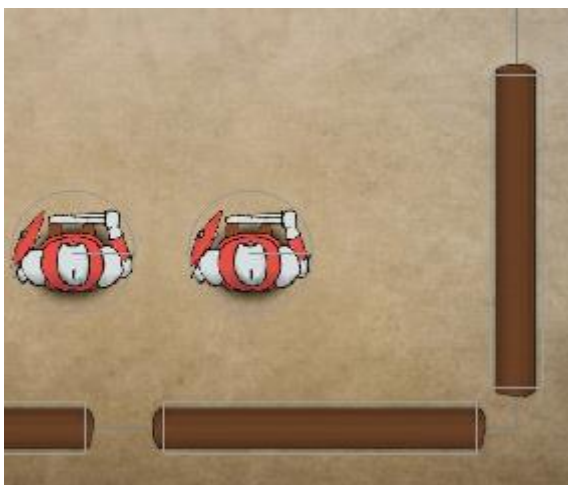
4.5.5 Ladicí graficky nástroj

Knihovna Box2D obsahuje speciální nástroj na ladění grafických prvků – *Box2DDebugRenderer*. Jde o zobrazování hran existujících fyzických Box2D objektů. Tento nástroj se používá při ladění rozměrů těl a objektů v herním světě. Po potřebných úpravách a ladění, je potřeba tento nástroj vymazat z kódu, až poté může být hra zveřejněna.

```
Box2DDebugRenderer debugRenderer = new Box2DDebugRenderer();
```

Jak již bylo řečeno, jedna z důležitých metod je `render()`, ve které se provádí vykreslení objektů aplikace. V této metodě je potřeba mít tenhle kód pro zobrazování hran objektů:

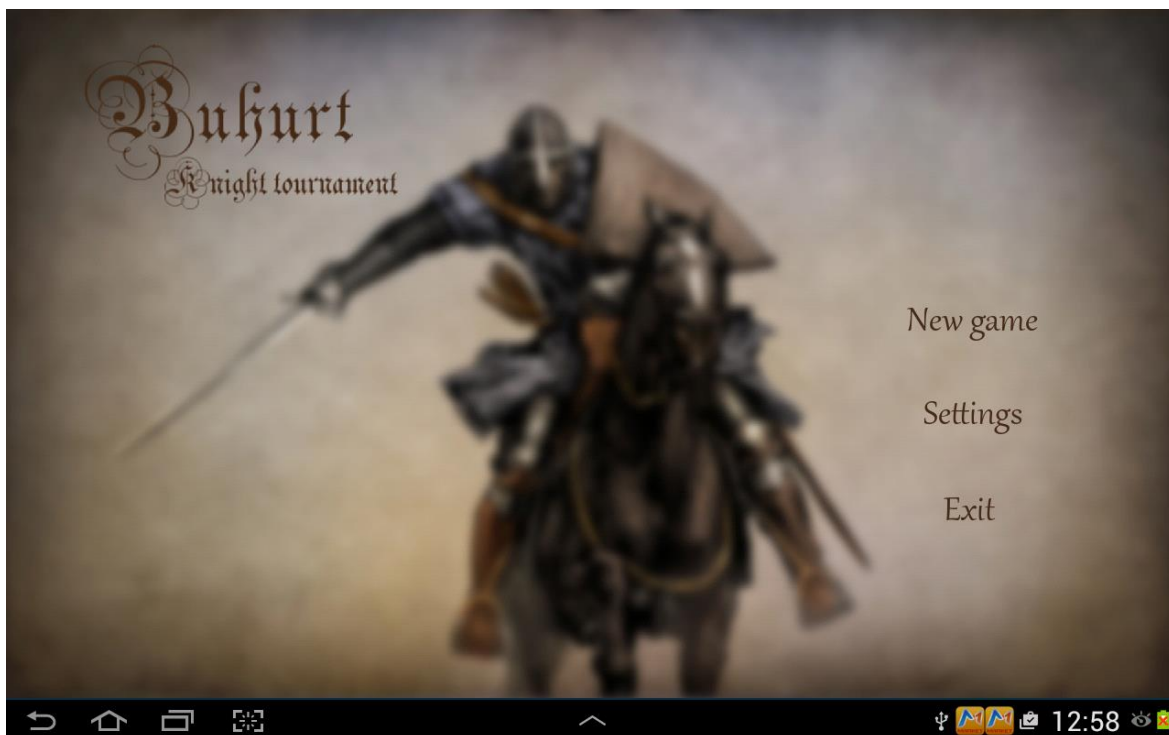
```
debugRenderer.render(world, camera.combined);
```



Obrázek 24 - Ladicí hrany u Box2D objektů. Zdroj: vlastní zpracování

4.5.6 Menu

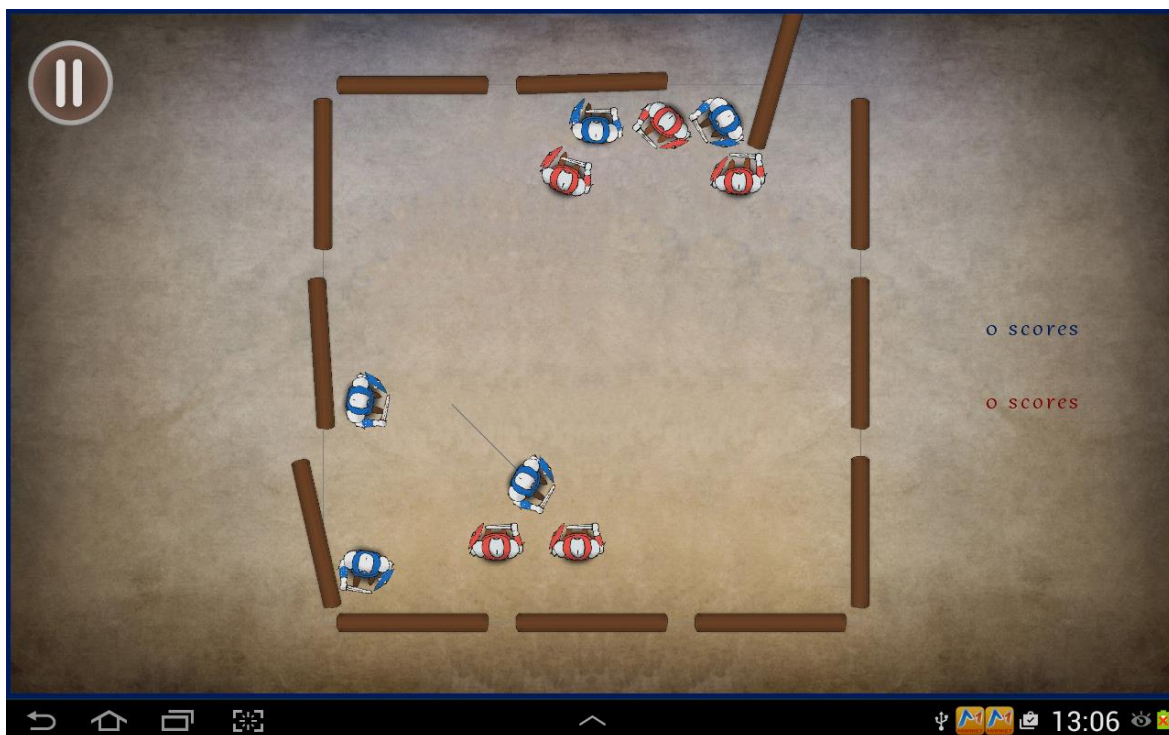
Při spuštění aplikace v mobilním zařízení se uživatel dostane na obrazovku hlavního menu, ve kterém může buď zahájit novou hru, změnit nastavení nebo opustit tuto hru.



Obrázek 25 - Menu hry Buhurt. Zdroj: vlastní zpracování

4.5.7 Hra proti hráči

Jeden ze dvou možných herních režimů je hra proti jinému hráči. V tomto režimu je potřeba umístit tablet nebo mobil horizontálně mezi hráči. První tah má červený hráč, pak modrý. Barva aktuálního tahu týmu se ukazuje jako rámeček příslušné barvy kolem celé obrazovky hry. Hráč zmáčkne postavu bojovníka, natáhne v protisměru plánovaného pohybu a pustí.



Obrázek 26 - Hra dvou hráčů proti sobě. Tah modrého. Zdroj: vlastní zpracování

4.5.8 Hra proti počítači

Výsledná hra by měla podporovat možnost hraní i pro jednoho hráče. A proto byla navržena podoba jednoduché umělé inteligence, schopné kontrolovat bojovníky protihráče. Základní taktika umělého soupeře:

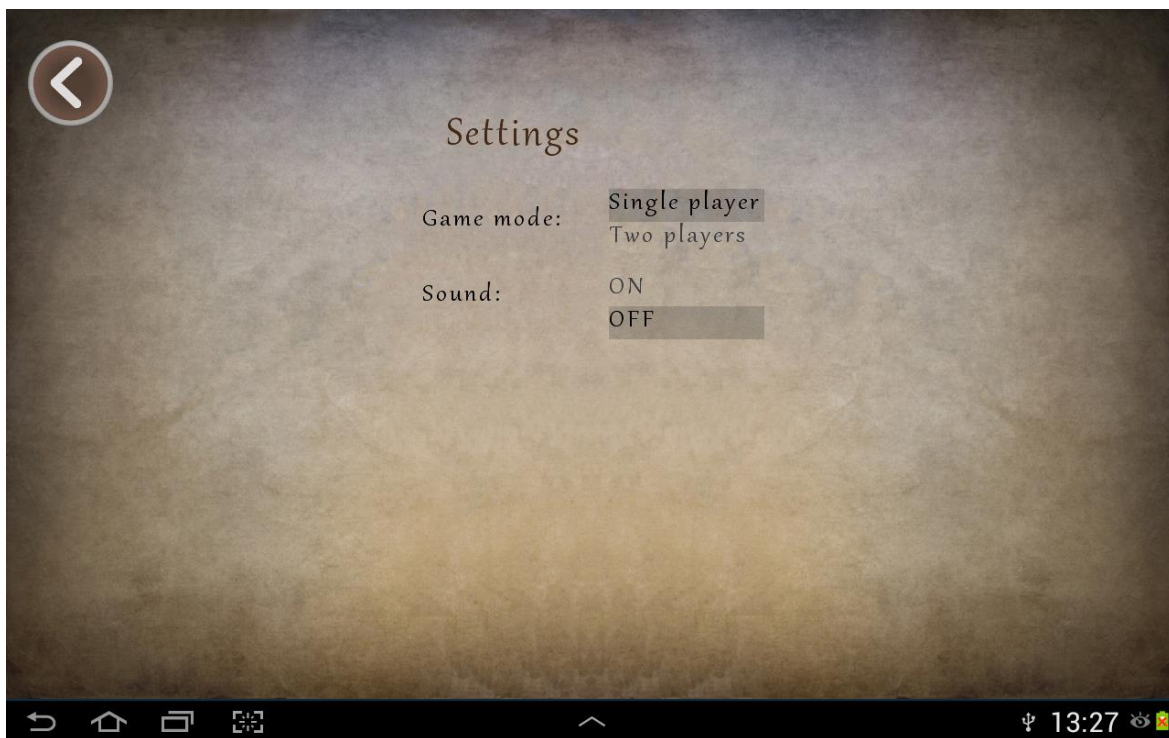
Pokud bojovník reálného člověka je v blízké vzdálenosti ke hranici herního pole, počítač se bude snažit vytlačit tohoto bojovníka z kolbiště v první řadě.

Pokud bojovník počítače bude v kritické vzdálenosti ke hranici kolbiště, pak počítač se bude snažit co nejdříve toho bojovníka zachránit.

V aktuální verzi herní aplikace zatím není režim hry proti počítači. V plánech do budoucna je přidání této funkce samozřejmě na prvním místě.

4.5.9 Nastavení

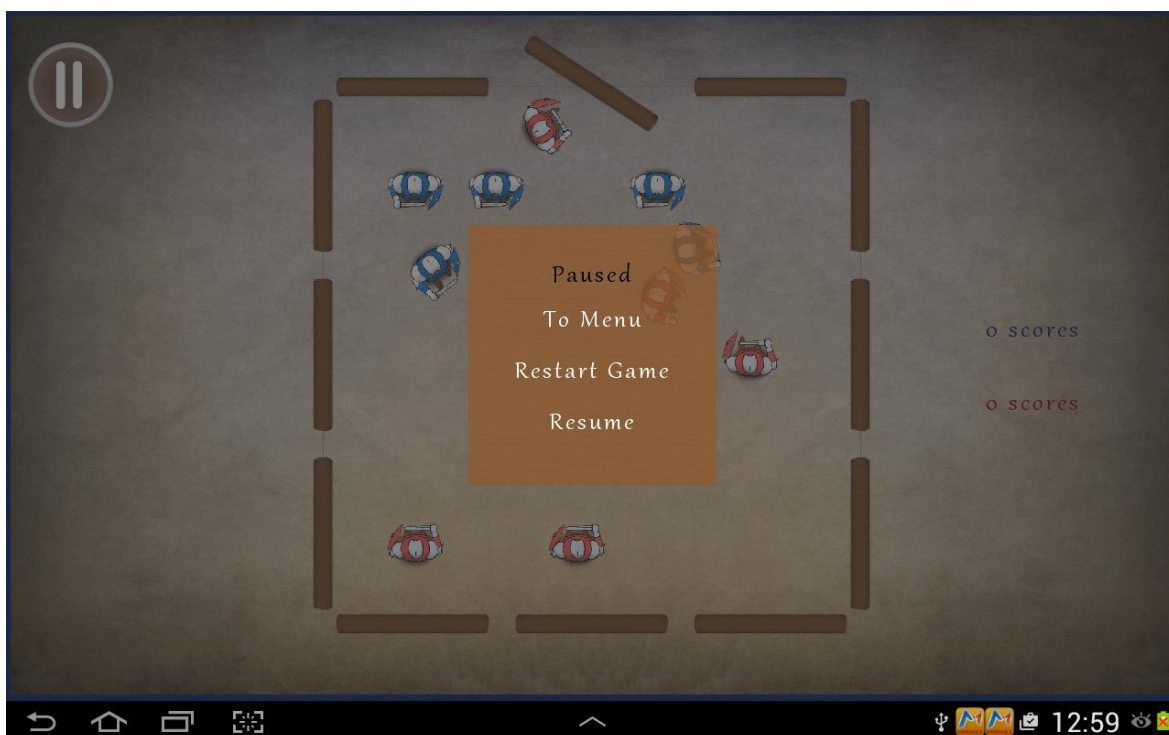
Z obrazovky hlavního menu lze přejít do nastavení hry. V aktuální verzi aplikace se nastavení ukládají do paměti mobilního zařízení, ale nejsou použité, protože zatím chybí část plánované funkcionality, která bude doplněna v další verzi hry Buhurt.



Obrázek 27 - Nastavení. Zdroj: vlastní zpracování

4.5.10 Pauza

Během hry má uživatel možnost zastavit hru, zmáčknutím tlačítka v levém horním rohu.



Obrázek 28 - Pauza za hry. Zdroj: vlastní zpracování

4.5.11 Zveřejnění

Projekt založený na LibGDX a vyvíjený pomocí vývojového prostředí Eclipse se exportuje do nativní Android aplikace – soubor s rozšířením .apk. Tento soubor lze přímo nahrát do mobilního zařízení s OS Android nebo do Google Play obchodu, kde tuto aplikaci pak budou moci nainstalovat jiní uživatelé. Postup zveřejnění:

- Exportovat jako Android aplikaci z Eclipse
- Podepsat vlastním vývojářským certifikátem
- Uložit na počítač soubor .apk

4.5.12 Uživatelská příručka

„Buhurt – Knight tournament“ je hra pro jednoho nebo pro dva hráče, kteří mají k dispozici tablet nebo mobil s dostatečně velkou obrazovkou, která umožňuje pohodlné hraní. Na hlavní obrazovce je zobrazeno menu skládající se ze tří položek:

- New game
- Settings
- Exit

Výběrem položky „New game“ se uživatel dostane do hry. První tah dělá červený hráč (rozsvítí se červený rámeček kolem obrazovky). Zmáčknutím na postavu bojovníka svého týmu nad ním uživatel získá kontrolu. Aniž by zvedl prst, musí přetáhnout prst po obrazovce v protisměru plánovaného útoku bojovníka – tím mu přidá zrychlení.

Dále se mění tah a proces se opakuje. Vyhrává ten hráč, který dokázal vytlačit všechny bojovníky soupeře za hranice kolbiště.

Položka hlavního menu „Settings“ obsahuje nastavení zvuku a herního režimu.

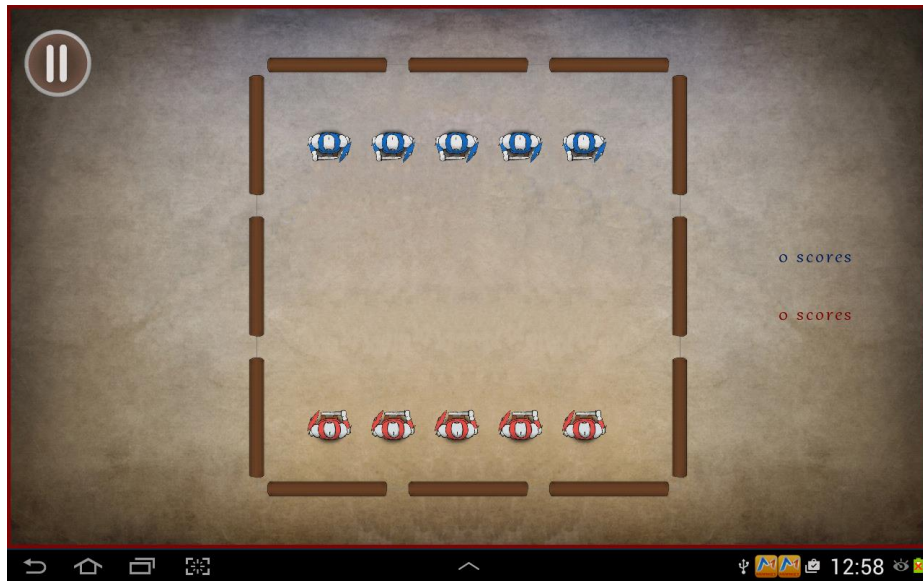
Zmáčknutím „Exit“ uživatel aplikaci ukončí.

4.5.13 Testování

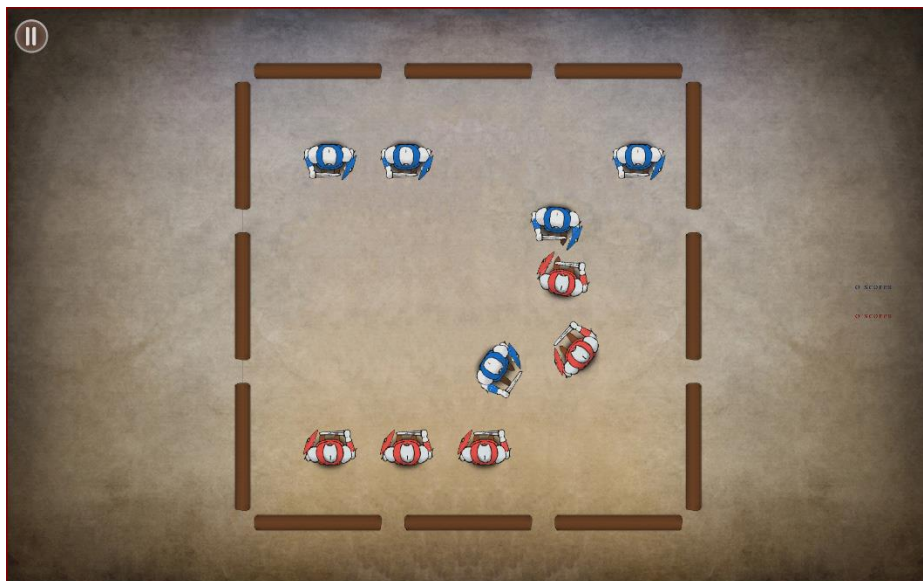
Testování aplikace probíhalo na reálných mobilních zařízeních typu tablet. Po připojení zařízení k počítači lze spouštět aplikaci na tabletu přímo z vývojového prostředí Eclipse. Pro testování se používali tři tablety s různým rozlišením obrazovky:

- Samsung Galaxy Note 10.1” (1280 * 800)

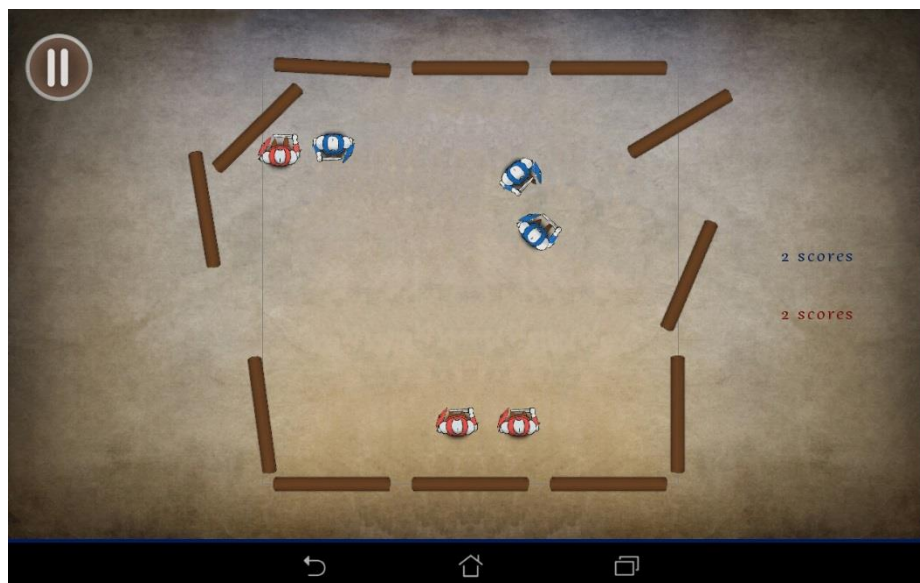
- Samsung Galaxy Tab S 10.5" (2560 * 1600)
- Asus Fonepad 7" (1024 * 600)



Obrázek 29 – Samsung Galaxy Note 10.1. Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 30 - Samsung Galaxy Tab S. Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 31 - Asus Fonepad 7. Zdroj: vlastní zpracování

Z výše uvedených obrázků je vidět, že aplikace je přizpůsobená různým rozlišením obrazovky, i když OS Android má problém se správným zobrazováním na různých obrazovkách kvůli obrovskému množství mobilních zařízení, které nejsou nijak standardizované a proto mají různá rozlišení displeje.

Samsung Galaxy Tab S obsahuje speciální mobilní GPU Qualcomm Adreno 330 a chipset Qualcomm Snapdragon 800. Ostatní tablety nemají GPU zvlášť, ale pouze integrovanou do procesoru. V obou případech aplikace byla dost rychlá a nebyl pozorován případ sekání.

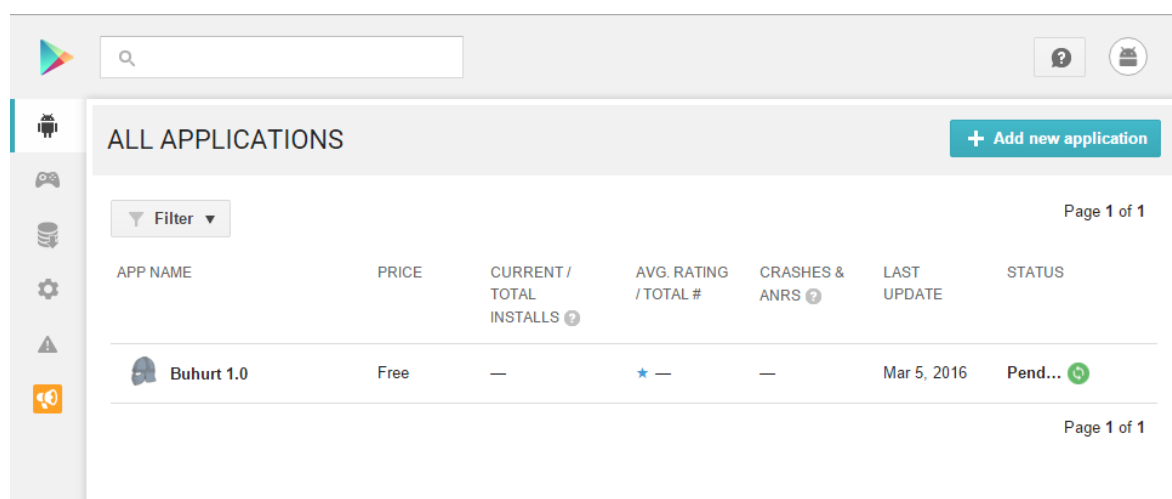
V případě puštění aplikace na tabletu s obrovským rozlišením, jako je Galaxy Tab S, bylo zjištěno zajímavé chování použité knihovny Box2D, která je součástí LibGDX. Aplikace je navržena tak, aby všechny objekty na displeji byly zvětšeny nebo zmenšeny relativně podle velikosti obrazovky. V Box2D vysoké rozlišení znamená velký herní svět, který má bohužel také vlastnosti, jako třeba omezení maximální rychlosti pohybu objektů. A proto můžeme sledovat zajímavý efekt, kdy postavy bojovníků se pohybují pomaleji na velkých rozlišeních než na běžných. Dá se to vysvětlit delší cestou v pixelech, kterou je potřeba projít objektu, i když to pro hráče vypadá, že velikost displeje je stejná, například 10 palců. Samozřejmě o tomhle problému vývojáři knihovny vědí, v nejbližší době očekáváme novou verzi, která by toto chování opravila.

4.5.14 Publikace v Google Play

Důležitý krok při vývoji aplikaci pro Android je publikace v Google Play obchodě. Publikace se provádí v *Google Developer Console*. Vývojářská konzole je administrační nástroj, který je používán vývojáři ke zveřejnění aplikací. Po vložení potřebného popisu aplikace, obrázků a screenshotů je potřeba nahrát soubor .apk. Existují tři fáze:

- Alfa-testování
- Beta-testování
- Release

První dva se používají na testování, poslední volba dává možnost zveřejnit aplikace v obchodě pro všechny uživatele. Aktuální verze aplikací je ve fázi beta-testování. To znamená, že pouze autorem určení uživatelé budou mít přístup k stahování aplikace.



Obrázek 32 - Google Developer Console. Publikace aplikace. Zdroj: vlastní zpracování

Po nahrání .apk souboru do Google Developer Console, se provádí kontrola ze strany Google Play, která může trvat hodinu až několik hodin.

4.5.15 Zpětná vazba

Jelikož testování probíhá v režimu beta, jako testeři byli zvoleni známí a přátelé autora. Bohužel uživatelů, kteří mají mobilní zařízení s OS Android byl menší počet, ale i tak testování proběhlo úspěšně. Zde jsou uvedeny nejdůležitější požadavky k vylepšení, které byly poznamenány účastníky testování:

- Chybí podpora statistiky hráčů

- Více úrovní pro zajímavost
- Potřeba umělého soupeře (počítací)
- Potřeba kvalitnějšího grafického zpracování
- Možnost hrát přes síť s jiným hráčem

Na základě těchto požadavků se bude provádět další vývoj aplikace.

4.5.16 Plány do budoucna

Aplikace, která byla navržena a implementována v rámci této práce, je rozšiřitelná. A proto lze navrhnout určité vylepšení a směr vývoje hry Buhurt. Jedno z prvních vylepšení bude samozřejmě možnost hrát proti UI. Toto dává základ dalším nápadům ohledně zvýšení zajímavosti této hry a jako výsledek větší počet aktivních uživatelů.

Na řadě jsou drobné úpravy ve funkcionalitě aplikace, jako je například použití novější verze knihovny LibGDX, vyřešení problému zobrazení postavíček bojovníků na zařízeních s obrovským rozlišením obrazovky a jiné.

Mezi nejdůležitější body plánů do budoucna patří lokalizace aplikace překladem do češtiny, ruštiny, němčiny, případně jiných jazyků.

Atraktivitu mezi uživateli lze získat například rozšířením hry o více úrovní. Každá následující úroveň obsahuje chytřejší UI a nějaké překážky na herním poli (příčky, kameny atd.).

Autentizace uživatele formou vyplnění svého jména umožní zavést statistiku lepších hráčů v rámci jednoho zařízení nebo Google účtu. Dalším krokem by bylo zavést Internet statistiku mezi úplně všemi hráči hry Buhurt.

Samozřejmě do plánů patří také monetizace aplikace. Nejjednodušší způsob je nechat hru zdarma a přidat reklamu, za kterou by Google Play obchod vyplácel vývojáři nějakou částku.

V poslední době autor této práce navštěvoval středověké turnaje, které pořádají dvě větší asociace historického středověkého boje: WMFC (World Medieval Fighting Championship) a HMB (Historical Medieval Battle). V rámci propagace jak tohoto sportu, tak i popularizace historických klubů na světě, existuje možnost propagovat hru Buhurt pomocí těchto dvou organizací. Jde o vzájemně výhodnou spolupráci.

5. Výsledky a diskuze

Populární knihovna LibGDX se používá ve velkém množství u populárních herních aplikací, které jsou v Top seznamu na Google Play obchodu a zároveň počet stahování těchto aplikací je více než sto milionů. Proto ji lze zařadit do moderních nástrojů na tvorbu 2D a 3D her pro mobilní platformu.

Výsledná vzorová herní aplikace Buhurt byla navržena a vyvinuta samostatně autorem této práce a dále zveřejněna v obchodě Google Play. Jelikož nebyly použity žádné placené způsoby propagace, aplikace zatím nemá velkou popularitu mezi uživateli platformy Android. Tato hra může těžko konkurovat s aplikacemi od známých společností, které se živí vývojem her a vestavěnými mikro transakcemi. I když je postavena na stejném nástroji jak známá hra Angry Birds od společnosti Rovio, nemá tak pěknou grafiku a veliké množství úrovní. Vyvíjená hra má zajímavou a jedinečnou myšlenku a proto za podmínky existence sponzora a týmu nadšenců lze hru Buhurt vylepšit tak, aby byla v Top 5 Google Play.

V aktuální době jedná autor této práce se zástupci asociací HMB a WMFC, kteří by mohli určitým způsobem podpořit, přispět nebo poskytnout jiný druh pomoci při vývoji a propagaci této aplikace.

Zároveň probíhá shánění grafika, který by byl ochoten se na vzájemně výhodných podmínkách zapojit do týmu a navrhnout konkurenceschopný nový grafický design hry.

Ve výsledku je dosažen takový stav produktu (aplikace), který lze nazvat funkčním prototypem, který by sloužil jako základ pro lepší a zajímavější verzi aplikace a zároveň jako motivace a ukázka pro potenciální kolegy či sponzory.

6. Závěr

Na základě stanovených cílů, byl proveden výzkum aktuálního stavu průmyslu mobilního trhu, populárních mobilních operačních systémů, možností monetizace aplikací pro jednotlivé vývojáře a společnosti. Součástí teoretické části bylo studium podmínek a možností Google Play obchodu, výzkum technik a knihoven LibGDX a Box2D, které využívají OpenGL.

Výsledkem praktické části je návrh a implementace ukázkové aplikace - hry Buhurt, která demonstruje tvorbu herních aplikací v jazyce Java pro OS Android s použitím technologie OpenGL na základě studia knihoven LibGDX a Box2D a znalostí autora v oblasti objektového programování v jazyce Java. Závěrečné kapitoly obsahují publikace aplikace v obchodě Google Play, použitelné pro budoucí vývoj aplikace a návrh možnosti spolupráce s asociací propagující středověky boj. Tato práce je velkým přínosem pro autora, který rozšířil své dovednosti a schopnosti ve vývoji aplikací pro Android s použitím knihovny LibGDX a technologie OpenGL.

7. Seznam použitých zdrojů

KUCHANA, Partha. *Software architecture design patterns in Java*. Boca Raton, FL: Auerbach Publications, 2004, xxii, 492 p. ISBN 0849321425.

OEHLKE, Andreas. *Learning Libgdx game development: walk through a complete game development cycle with practical examples and build cross-platform games with Libgdx*. 1 online resource (388 pages). ISBN 9781782166054-.

MÁRQUEZ, David Saltares a Alberto Cejas SÁNCHEZ. *Libgdx Cross-platform Game Development Cookbook*. 2014. ISBN 9781783287291.

LibGDX. *GitHub* [online]. Dostupné z: <https://github.com/libgdx/libgdx/wiki/>

Android Developer [online]. Dostupné z: <http://developer.android.com/>

Stackoverflow [online]. Dostupné z: <http://stackoverflow.com/>

Box2d [online]. Dostupné z: <https://github.com/libgdx/libgdx/wiki/Box2d>

Box2d Manual [online]. Dostupné z: <http://box2d.org/manual.pdf>

LibGDX: Wiki [online]. Dostupné z: <https://github.com/libgdx/libgdx/wiki>

Git: Doc [online]. Dostupné z: <https://git-scm.com/doc>

8. Reference

- ¹ Random Access Memory. Paměť s náhodným přístupem k obsahu
- ² International Data Corporation je společnost, která se zabývá sběrem a analýzou dat.
Dostupné z: <https://www.idc.com/about/about.jsp>
- ³ App Annie je průmyslový standard pro analýzu dat z trhu mobilních aplikací. Dostupné z: <https://www.appannie.com>
- ⁴ Operační systém
- ⁵ IDC [online]. Dostupné z: <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>
- ⁶ IDC [online]. Dostupné z: <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>
- ⁷ *Industry Leaders Announce Open Platform for Mobile Devices: Open Handset Alliance* [online]. Dostupné z: <http://www.openhandsetalliance.com/>
- ⁸ *iOS: Apple* [online]. Dostupné z: <http://www.apple.com/>
- ⁹ *Windows Phone: Microsoft* [online]. Dostupné z: <https://www.microsoft.com/cs-cz/>
- ¹⁰ *AppBrain* [online]. Dostupné z: <http://www.appbrain.com/info/help/about.html>
- ¹¹ *AppBrain: Most popular Google Play categories* [online]. Dostupné z: <http://www.appbrain.com/stats/android-market-app-categories>
- ¹² *Jeden z největších statistických webových portálů.* Dostupné z: <http://www.statista.com/>
- ¹³ *Statista: Mobile gaming share of total gaming revenue worldwide from 2008 to 2017* [online]. Dostupné z: <http://www.statista.com/statistics/260167/mobile-gaming-share-of-total-gaming-revenue-worldwide/>
- ¹⁴ *Inflow: Lukáš Nevošád: Jak zbohatnout na mobilních aplikacích* [online]. Dostupné z: <http://www.inflow.cz/lukas-nevosad-jak-zbohatnout-na-mobilnich-aplikacich>
- ¹⁵ *VentureBeat: 3 out of 4 smartphones and tablets used for gaming are Android* [online]. [cit. 2016-03-14]. Dostupné z: <http://venturebeat.com/2015/06/11/3-out-of-4-smartphones-and-tablets-used-for-gaming-are-android/>
- ¹⁶ *AppBrain: Average CPI per country* [online]. Dostupné z: <http://www.appbrain.com/stats/android-cpi-per-country>
- ¹⁷ *AppBrain: Google Play stats* [online]. Dostupné z: <http://www.appbrain.com/stats>

-
- ¹⁸ *AppBrain: Google Play stats* [online]. Dostupné z: <http://mobilenet.cz/clanky/android-market-konci-prichazi-integrovaný-google-play-co-je-noveho-8741>
- ¹⁹ *Statista: Projected Google Play revenue from 2014 to 2019* [online]. Dostupné z: <http://www.statista.com/statistics/444476/google-play-annual-revenue/>
- ²⁰ *Google Play: Smluvní podmínky služby Google Play* [online]. Dostupné z: <https://play.google.com/about/play-terms.html>
- ²¹ Společnost, která vyvíjí hru Angry Birds
- ²² *Google Adwords* [online]. Dostupné z: <https://www.google.cz/adwords/>
- ²³ *Google Adwords: Propagace mobilních aplikací* [online]. Dostupné z: <https://support.google.com/adwords/answer/6309967?hl=cs>
- ²⁴ *OpenGL* [online]. Dostupné z: <https://www.opengl.org/>
- ²⁵ *Khronos: OpenGL release* [online]. Dostupné z: <https://www.khronos.org/news/press/khronos-releases-opengl-es-3.0-specification>
- ²⁶ *OpenGL ES* [online]. Dostupné z: <http://developer.android.com/guide/topics/graphics/opengl.html>
- ²⁷ Graphics Processor Unit
- ²⁸ Central Processing Unit
- ²⁹ *Nvidia: Tegra* [online]. Dostupné z: <http://www.nvidia.com/object/tegra.html>
- ³⁰ 3840 * 2160 pixelů
- ³¹ *Adreno GPU* [online]. Dostupné z: <https://developer.qualcomm.com/software/adreno-gpu-sdk/gpu>
- ³² *Libgdx: Features* [online]. Dostupné z: <https://libgdx.badlogicgames.com/features.html>
- ³³ *AppBrain: Libgdx statistics* [online]. Dostupné z: <http://www.appbrain.com/stats/libraries/details/libgdx/libgdx>
- ³⁴ *Google Play: Angry Birds* [online]. Dostupné z: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.rovio.angrybirds&hl=en>
- ³⁵ *LibGDX* [online]. Dostupné z: <https://github.com/libgdx/libgdx/wiki/Extending-the-simple-game>
- ³⁶ *LibGDX* [online]. Dostupné z: <https://github.com/libgdx/libgdx/wiki/Extending-the-simple-game>
- ³⁷ Systém pro automatizaci stavění aplikace s otevřeným kódem
- ³⁸ Integrated development environment

³⁹ Bezplatná, svobodná veřejná licence pro software

⁴⁰ *Gimp* [online]. Dostupné z: <http://www.gimp.org/docs/>

⁴¹ Portable Network Graphics

⁴² *Google Developer: Android SDK* [online]. Dostupné z: <http://developer.android.com/sdk/index.html>

⁴³ *Git* [online]. Dostupné z: <https://git-scm.com/>