České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

katedra počítačové grafiky a interakce

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Karel Zavřel**

Studijní program: Softwarové technologie a management
Obor: Web a multimedia

Název tématu: **Interaktivní galerie modelů Leonarda da Vinciho**

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte a implementujte interaktivní galerii 3D modelů Leonarda da Vinciho. Uživatel bude mít možnost si modely volně prohlížet v složeném a rozloženém stavu. Ve složeném stavu bude mít možnost zapnout model v chodu. Aplikaci navrhněte primárně pro operační systém Windows a vytvořte také verzi pro mobilní zařízení (tablet), případně popište omezení nutná pro mobilní verzi.

Popište postup tvorby modelů pro aplikaci. Navrhněte vhodný univerzální interface modelů tak, aby se dala aplikace snadno rozšířit o další modely s minimem programátorských úprav.

Vytvořte minimálně 5 testových modelů, jejichž volbu budete konzultovat s vedoucím práce. Finální aplikaci otestujte s reálnými uživateli.

Seznam odborné literatury:

Creating Games with Unity and Maya. Adam Watkins. Focal Press, 2011

Leonardovy stroje: Tajemství a vynálezy z kodexů Leonarda da Vinciho. Domenico Laurenza, Mario Taddei, Edoardo Zanon. Praha, 2008.

Vedoucí: Ing. David Sedláček, Ph.D.

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016

L.S.

V Praze dne 25. 3. 2015

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra počítačové grafiky a interakce

Interaktivní galerie modelů Leonarda da Vinciho

Interactive gallery of models of Leonardo da Vinci

Bakalářská práce

Studijní program: **Softwarové technologie a management**

Studijní obor: **Web a multimedia**

Vedoucí práce: **Ing. David Sedláček, Ph.D.**

Karel Zavřel

Praha 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

18.5.2015 ……

Poděkování

Poděkování bych chtěl věnovat vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Davidu Sedláčkovi, Ph.D. za odborné konzultace a připomínky. Dále děkuji všem účastníkům závěrečného testování za jejich ochotu a spolupráci.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je provedení čtenáře celým procesem vývoje interaktivní aplikace. Práce se snaží čtenáři nastínit některé modelovací techniky, které se používají pro vytváření objektů ve tří-dimenzionální grafice, které slouží jako prvky multimediálního obsahu aplikace. A následně postup sestavení těchto prvků do jednoho celku v podobě výsledné interaktivní aplikace.

Klíčová slova

aplikace, polygonální modelování, Maya, Unity3D, Leonardo da Vinci

Abstract

The aim of this work is to carry out the reader through the whole process of the development of interactive application. The work is trying to outline some modeling techniques that are used to create objects in three-dimensional graphics that serve as elements of multimedia content of application. And subsequent procedure of composition of these elements into one whole as the final interactive application.

Keywords

application, polygonal modelling, Maya, Unity3D, Leonardo da Vinci

Obsah

Prohlášení ... 3
Poděkování ... 4
Abstrakt ... 5
Klíčová slova ... 5
Abstract ... 5
Keywords ... 5
Úvod ... 8
1. Historie počítačové 3D grafiky ... 10
2. Existující aplikace ... 12
2.1. Da Vinci's Codex ... 12
2.2. 3D Virtual museum – Leonardo da Vinci ... 14
2.3. Leonardo da Vinci: Anatomy ... 15
3. Modelování ... 17
3.1. Typy modelování ... 17
3.1.1. Polygonální modelování ... 17
3.1.2. Modelování pomocí křivek ... 18
3.1.3. Modelování pomocí dělení povrchů ... 19
3.2. Modelovací nástroje ... 20
3.2.1. Autodesk Maya ... 20
3.2.2. Blender ... 22
3.2.3. Autodesk 3DS MAX ... 23
4. Herní engine ... 26
4.1. Unity 3D ... 26
4.2. CryEngine ... 29
4.3. JMonkeyEngine ... 30
5. Tvorba aplikace ... 32
5.1. Cílová skupina ... 32
5.2. Požadavky na aplikaci ... 32
5.2.1. Obecné požadavky ... 32
5.2.2. Funkční požadavky ... 33
5.3. Postup tvorby aplikace ... 34

5.3.1. Tvorba multimediálního obsahu aplikace 34
5.3.2. Sestavení aplikace 38
5.4. Popis skriptů 43
5.5. Požadavky na přidání nového modelu 45
6. Testování aplikace 48
6.1. Úkoly pro testování 49
6.2. Výsledky testování 50
Závěr 52
Seznam bibliografických odkazů 54
Literatura 54
Internetové zdroje 54
Přílohy 58
Příloha A – Obrazové přílohy 58
Příloha B – Poznámky z testování s uživateli 66
Příloha C – Instalace, spuštění a ovládání aplikace 69
Příloha D – Obsah přiloženého CD 72

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá vytvořením interaktivní 3D grafické aplikace s tématem vynálezů Leonarda di ser Piera da Vinci. Jedná se o lehce naučnou aplikaci zabývající se jednou částí života této významné renesanční osobnosti. Znázorňuje Leonarda jako vynálezce a průkopníka v navrhování a sestavování strojů pro různé účely, ať už pro boj v prvních liniích či ochranu městských hradeb, nebo hloubení vodních kanálů a usnadnění práce obyčejným lidem.

Hlavním cílem práce je nastínit celý postup tvorby interaktivní počítačové aplikace. Od návrhu výsledného programu, přes vytváření jednotlivých prvků multimediálního obsahu, až po konečné sestavení a otestování aplikace v provozu s reálnými uživateli.

Práce je členěna do několika samostatných kapitol. V první části práce je čtenář krátce seznámen s historií tří-dimenzionální (3D) počítačové grafiky. Z většiny se jedná pouze o informace o Univerzitě v Utahu, které jsou přisuzovány největší zásluhy za rozvoj v tomto odvětví.

Dále jsou v práci popsány některé již existující aplikace s podobnou tématikou. Tyto aplikace byly nalezeny prostřednictvím internetu a u každé z nich se nachází její stručný popis, náhledy ve formě obrázků a nevýhody vůči aplikaci vytvářené v průběhu této bakalářské práce.

Další část práce tvoří popis některých grafických nástrojů sloužících pro modelování 3D objektů. Jedná se o profesionální komerční nástroje využívané různými firmami v herním a filmové průmyslu, ale i o volně dostupné a bezplatně distribuované nástroje se srovnatelnou kvalitou, kterou poskytují komerční softwary. Tato část se zároveň zabývá i popisem modelovacích technik využívaných pro různé účely. Může se jednat například o fotorealistické vizualizace využívané některými firmami při tvorbě katalogů produktů. Dalším účelem je vytvoření modelů,

které jsou vhodné pro rychlé vykreslování v reálném čase, což je důležité právě pro vytvářenou aplikaci.

Následuje popis některých herních enginů, jakožto počítačových softwarů sloužících pro sestavení všech prvků multimediálního obsahu do jediného celku v podobě interaktivní aplikace.

Nejdůležitější částí celé práce je popis tvorby samotné aplikace. V této části se nachází charakteristika cílové skupiny uživatelů. Dále jsou zde uvedeny požadavky na funkcionalitu celého programu. V poslední části kapitoly se pak nachází samotný postup tvorby, zahrnující detailní popis vytváření prvků multimediálního obsahu s následným složením těchto prvků do jednotného celku za použití herního enginu Unity3D.

Poslední část práce je věnována testování výsledné aplikace v provozu s reálnými uživateli reprezentujícími cílovou skupinu uživatelů.

Aplikace je vytvářena za účelem poskytnutí uživateli možnost bližšího prozkoumání vynálezů z konce 15. století v podobě 3D grafických modelů. Slouží k uspokojení zvědavosti a touhy po poznání nových věcí i věcí minulých. Dává uživatelům možnost detailního prohlédnutí si vynálezů z jejich vnějšku i vnitřku, aby tito uživatelé mohli lépe pochopit, z čeho se dané vynálezy skládaly a jak fungovali. To se jim navíc snaží nastínit pomocí připravených animací. Jedná se o jakousi náhradu muzeí, které svým návštěvníkům často odepírají možnost sáhnout si na vystavené exponáty kvůli jejich bližšímu poznání.

1. Historie počítačové 3D grafiky

Již od 60. let 20. století probíhá výzkum v oblasti trojrozměrné (3D) počítačové grafiky. Nejvýznamnější role je přisuzována Univerzitě v Utahu, což je vysoká škola v Salt Lake City ve státě Utah v USA. Za tento svůj úspěch univerzita vděčí Davidu Evansovi, který v roce 1968 na její žádost zřídil program pro rozvoj počítačové 3D grafiky, viz [Internet3].

Financování tohoto programu bylo zajištěno díky obdrženému příspěvku ve výši pěti milionů amerických dolarů ročně po dobu tří let. Díky tomuto příspěvku bylo možné aktivně pracovat na vývoji v daném oboru, viz [Internet3].

Během práce tohoto programu na vývoji v oblasti počítačové 3D grafiky byly provedeny některé důležité objevy. Mezi tyto objevy patří základní algoritmy a techniky renderování (např.: z-buffer, anti-aliasing), viz [Internet3].

Renderování je proces, při kterém ze zadaného modelu 3D scény a různých dat jako je poloha pozorovatele, textury na objektech a použitém osvětlení scény, vzniká výsledný obraz. Používá se pro převod informací z 3D prostoru modelů do 2D obrazového prostoru. Během vykreslování scény se zohledňují vlastnosti jako odrazivost světla od objektů, průhlednost a průsvitnost objektů, bump mapy a textury mapované na objekty a další, viz [Internet18].

Dalšími objevy uskutečněnými na zmiňované univerzitě byly mapování textur, obrázků pro zvýšení realističnosti a detailnosti modelů, na objekty. Dále algoritmy pro stínování těles (Gouraudovo stínování, Phongovo stínování), metody osvětlení a stínování. Dalším objevem bylo využití bump map, což jsou textury vytvářející na povrchu modelu boule a promáčkliny. Dále zde byla implementována metoda zaoblení povrchu rozdělením polygonů na větší počet menších polygonů zvaná Catmull-Clarkův algoritmus dle jejích vynálezců, viz [Internet3].

Z této univerzity také pochází nejslavnější 3D model čajové konvice, který vytvořil Martin Newell, jeden z členů programu pro rozvoj počítačové grafiky. Jedná se o model, který se používá k rychlému testování materiálů, textur a osvětlení ve scéně. Model je vhodný pro takovéto testování, neboť obsahuje konkávní i konvexní plochy a může sám sebe odrážet a vrhat na sebe svůj vlastní stín, viz [Internet4]. Pro podobné účely byl vytvořen i model šimpanze zvaný Suzanne, který je používán v modelovacím nástroji Blender.

V roce 1995 vznikl první celovečerní 3D-animovaný film Příběh hraček (Toy Story) vytvořený společností Pixar, viz [Internet34].

2. Existující aplikace

V dnešní době je již počítačová 3D grafika běžnou součástí našich životů. Můžeme se s ní setkat v simulátorech, v reklamách, ve filmech, či asi dnes v nejrozšířenějším odvětví v počítačových hrách.

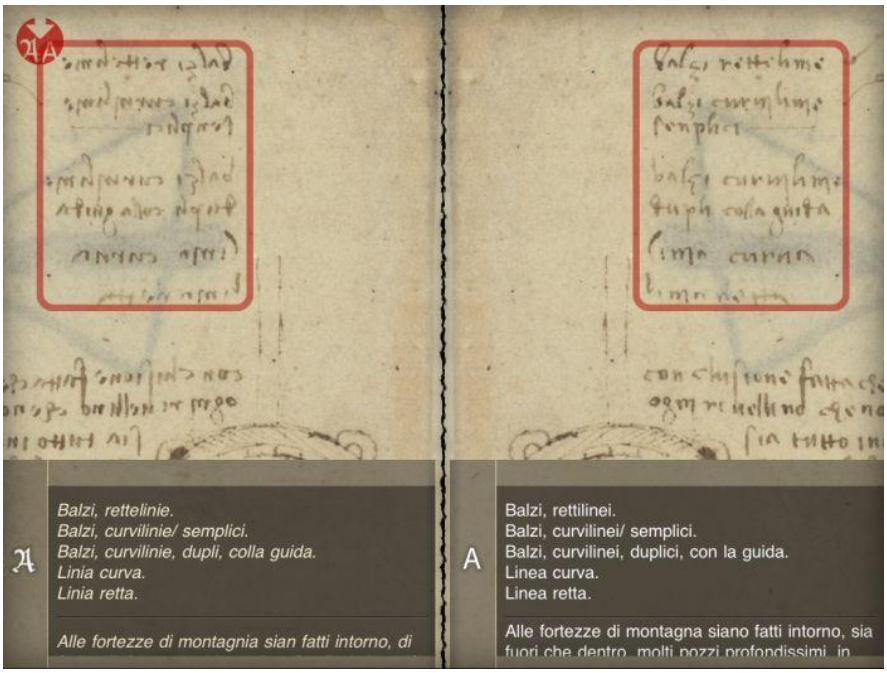
Tato kapitola pojednává o již existujících aplikacích podobného tématu a ztvárnění.

2.1. Da Vinci's Codex

Jedná se o interaktivní aplikaci na prohlížení listů z kodexu Atlanticus napsaného Leonardem da Vinci. Aplikace vznikla díky spolupráci společnosti De Agostini Publisher a Veneranda Biblioteca Ambrosiana, milánské knihovny, kde jsou originály listů tohoto kodexu vystaveny, viz [Internet35].

Kodex Atlanticus čítá celkem 1119 listů a tvoří téměř celoživotní Leonardovo dílo. Autor se jím zabýval přes 40 let života a po celou tu dobu na listy tohoto kodexu zaznamenával veškeré své myšlenky. Aplikace uživatelům umožňuje prohlížení 45 listů v HD rozlišení týkajících se tématu bitev. Leonardovy skicy jsou pro účel aplikace zrekonstruovány virtuálně, aby bylo možno prohlížet si je do detailu, viz obrázek č. 1 a obrázek č. 2. Navíc je v aplikaci implementován nástroj pro snadnější čtení Leonardova rukopisu zprava doleva. Aplikace také obsahuje tyto texty přeložené do angličtiny. A v neposlední řadě mají uživatelé také možnost prohlédnutí si vynálezů v podobě 3D grafických modelů, viz [Internet35].

Obrázek č. 1 - http://www.insidedavinci.com/pix/scr-2.jpg



Obrázek č. 2 - http://www.insidedavinci.com/pix/scr-4.jpg

Aplikace má ovšem značnou nevýhodu v podobě omezené podpory platforem. Jediný podporovaný operační systém je prozatím iOS, který běží na zařízeních iPhone, iPad a iPod od společnosti Apple, viz [Internet37].

2.2. 3D Virtual museum – Leonardo da Vinci

Jedná se o interaktivní aplikaci vytvořenou za pomoci herního enginu Unity 3D. Aplikace je ztvárněna jako virtuální muzeum týkající se vynálezů a objevů uskutečněných Leonardem da Vinci, viz [Internet35].

Uživatelé se mohou s připraveným modelem osoby procházet ve virtuálním muzeu a prohlížet si vystavené stránky z kodexů a dále také vystavené modely vynálezů, viz obrázek č. 3 a obrázek č. 4. U jednotlivých vynálezů se nachází stručný popis a možnost spuštění připravené animace chodu stroje, viz [Internet35].

Obrázek č. 3 – Jedná se o snímek obrazovky aplikace. http://www.esimple.it/en/item/leonardo-da-vinci-museum

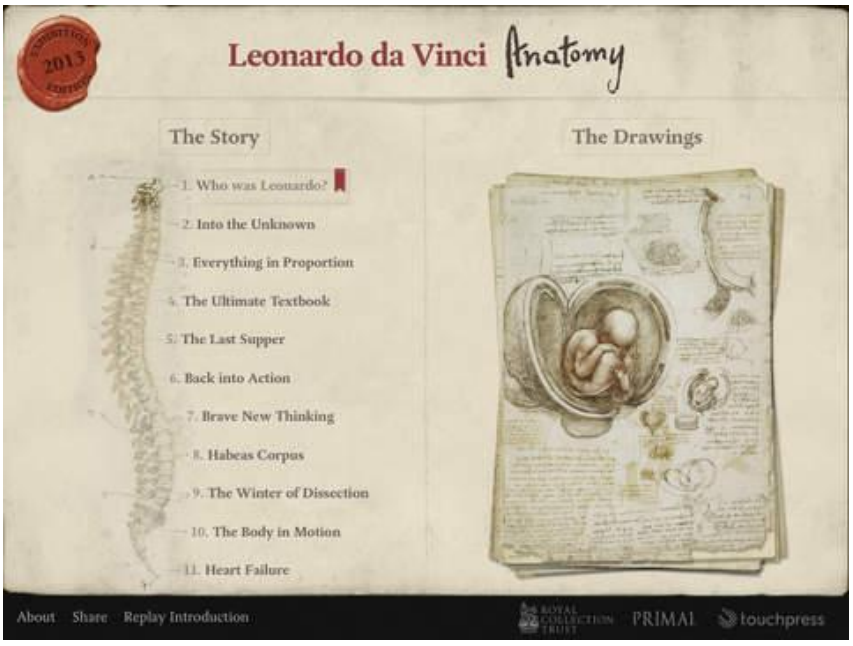
Obrázek č. 4 – Jedná se o snímek obrazovky aplikace. http://www.esimple.it/en/item/leonardo-da-vinci-museum

Aplikace je tvořena pro webové prohlížeče, ale nemělo by údajně být problémem rozšíření pro mobilní zařízení s operačním systémem Android a iOS, viz [Internet35].

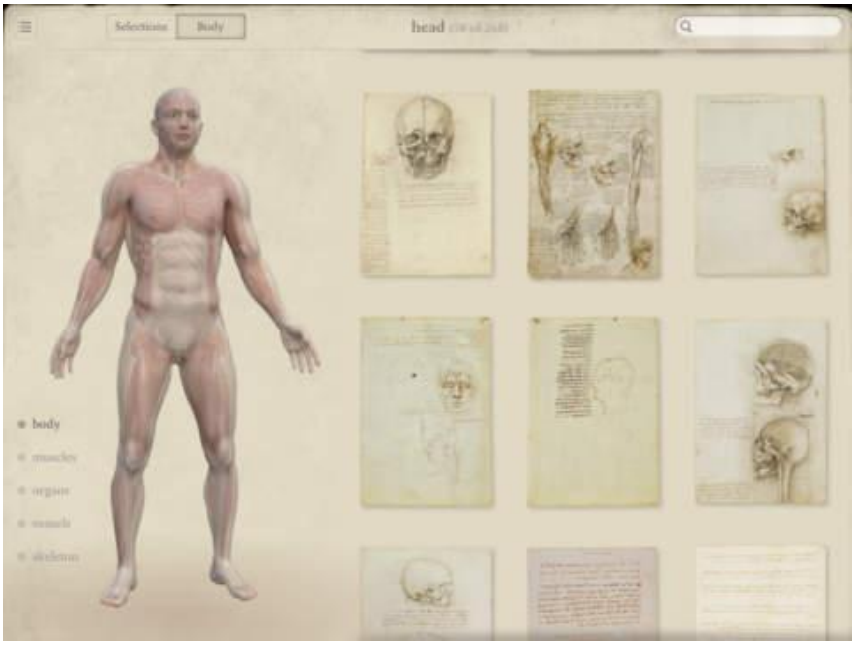
2.3. Leonardo da Vinci: Anatomy

Jedná se o interaktivní aplikaci znázorňující výsledky Leonardova bádání v oblasti lidské anatomie. Aplikace je vytvořena společností Touchpress Limited a je určena pro zařízení iPad, viz [Internet19].

V aplikaci se nachází všech 268 listů s Leonardovými poznámkami a nákresy o lidské anatomii. Uživatelé mají možnost zobrazení těchto listů ve vysokém rozlišení, viz obrázek č. 5 a obrázek č. 6. Aplikace dále obsahuje přeložené texty Leonardova rukopisu do angličtiny, jedenáct kapitol vysvětlujících Leonardovo anatomické bádání. A v neposlední řadě se zde nachází také 3D modely jednotlivých anatomických částí sjednocených s nákresy, viz [Internet19].



Obrázek č. 5 - http://a4.mzstatic.com/us/r30/Purple3/v4/bf/ab/22/bfab2258-dfa9-de77-1a91-1ff4b079b8ef/screen480x480.jpeg



Obrázek č. 6 - http://a2.mzstatic.com/us/r30/Purple3/v4/a3/20/61/a32061e3-af3a-365a-cdf8-ef31e3cc9575/screen480x480.jpeg

Nevýhodou aplikace je, že je vytvořena pouze pro mobilní zařízení iPad. V případě že by byla rozšířena i pro operační systém Android, tak by si mohla získat asi i větší ohlas u dalšího nemalého počtu uživatelů vlastnících mobilní zařízení s tímto operačním systémem.

3. Modelování

Modelování nám značí proces výroby 3D modelu nějakého objektu, který probíhá v 3D grafickém modelovacím nástroji. Vytvářené modely mohou mít dva typy reprezentace, hraniční reprezentaci a objemovou reprezentaci.

Hraniční reprezentace (boundary representation) vyjadřuje pouze hranici 3D objektu jasně definovanou jako mnohostěn. Laicky řečeno se jedná pouze o dutou skořápku objektu a daný model tak nenese žádnou informaci o svém vnitřku. Takové modely jsou popsané pomocí 3D sítě (mesh), která je tvořena vrcholy, hranami a ploškami (vertices, edges, faces), viz [Zara04, s. 240]. Tento typ reprezentace je používán u modelů ve filmech a počítačových hrách a to hlavně z důvodu menší výpočetní složitosti a snadnějšího ručního modelování.

Druhým typem reprezentace 3D objektu je objemová reprezentace (volumetric representation), používající se pro vědecké účely nebo v lékařství. Tato reprezentace nám znázorňuje celý objem objektu, kdy každý bod nese informaci o materiálu. Tělesa jsou tvořena 3D voxely, neboli objemovými obrazovými elementy. Jedná se o datově velmi náročnou záležitost, která se velice obtížně modeluje ručně, viz [Internet23].

3.1. Typy modelování

Zpravidla každý modelovací nástroj poskytuje vývojáři několik možností, jak vytvářet modely reálných objektů. Následující podkapitoly se zabývají některými z těchto modelovacích technik.

3.1.1. Polygonální modelování

Polygonální modelování je technika vytváření 3D modelů pomocí aproximování povrchu modelovaných objektů polygony. Polygon je rovinný mnohoúhelník, jehož tvar a velikost jsou definovány

jeho vrcholy a hranami a spojením více polygonů do většího celku vzniká 3D síť (mesh) modelu, viz [Dera06, s. 113].

Tato modelovací technika je vhodnější spíše pro vytváření objektů s ostrými hranami, pro mechanické předměty. Její nevýhodou je, že nedokáže vyjádřit dokonale zaoblený povrch. Vždy se bude jednat o konečný počet rovinných polygonů, které daný povrch pouze aproximují. Výsledný model poté může vypadat poněkud hranatě, což se dá omezit použitím nástroje pro zjemnění geometrie povrchu (Smooth).

Pomocí tohoto typu modelování vznikají složitější modely ze základních poskytovaných primitiv. Daná geometrická primitiva se upravují pomocí nástrojů pro editaci vrcholů, hran a ploch. Dále pomocí nástrojů jako jsou například vytlačování (extrude), který slouží k vytažení nových povrchů z již existujících, zkosení (bevel), které se používá pro zaoblení ostrých hran, či členění (subdivide) používaným ke zvýšení počtu polygonů a spousty dalších nástrojů, viz [Dera06, s. 148, 152-164].

Vykreslování takto vytvořených scén probíhá poměrně rychle a jedná se tedy o metodu používanou pro real-time grafiku v počítačových hrách. Zde se používají hlavně modely s menším počtem polygonů a větší realističnosti výsledných obrazů se dosahuje pomocí nanášení materiálů a textur na vytvořenou polygonální síť s použitím různých druhů osvětlení, viz [Dera06, s. 113, 114].

3.1.2. Modelování pomocí křivek

Povrch objektu je definován křivkami, které jsou určeny řídícími body (control vertices) s možností různé váhy bodu. Křivky mohou být buď aproximační, kdy křivka nemusí procházet řídícími body, nebo interpolační, kdy křivka musí procházet všemi řídícími body. Čím větší váhu bude řídící bod mít, tím více k němu bude křivka přitahována.

Modelování pomocí NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines, nepravidelné racionální B-křivky) je založeno na Beziérových

křivkách, jejichž tvar je ovlivňován transformací řídících bodů. Jedná se o aproximační křivky, které procházejí pouze počátečním a koncovým řídícím bodem. Tato modelovací technika je vhodná pro vytváření zakřivených povrchů. Výsledné modely mohou být vytvořeny z jediného povrchu, nebo pospojovány z několika povrchů tzv. záplat, k tomu se používají švy, viz [Dera06, s. 114, 115, 117].

Modelování může probíhat editací již připravených primitiv, nebo ručním vytvořením křivky, která bude udávat tvar části povrchu a následným použitím různých nástrojů daný povrch vytvoříte. Mezi metody pro vytvoření povrchu patří například metoda vyztužení (lofting), která využívá dvou a více křivek pro vytvoření výsledného povrchu mezi příslušnými křivkami. Další možností je povrch vzniklý otočením jedné křivky udávající tvar objektu kolem nějakého bodu v prostoru (revolve). Dalšími metodami jsou vytlačování či zkosení, viz [Dera06, s. 118-124].

Vykreslování objektů vytvořených touto modelovací technikou je o něco náročnější než vykreslení polygonálních modelů. To je způsobeno matematikou určující tvar křivek. Z tohoto důvodu jsou modely používány v aplikacích, kde probíhá vykreslení scén předem.

3.1.3. Modelování pomocí dělení povrchů

Jedná se o typ modelování, který využívá vlastností obou dříve zmíněných modelovacích technik. Podporuje snadnou editaci polygonálních modelů stejně jako polygonální modelování, ale zároveň nám povoluje vnesení hladšího zakřivení stejně jako je tomu u modelování pomocí NURBS, viz [Dera06, s. 116, 186].

Modelování pomocí dělení povrchů probíhá nejprve hrubým otesáním polygonálního modelu, na který je následně aplikováno ono dělení povrchu. Tím se zvýší množství polygonů vytvářející výsledný tvar a tyto menší plošky jsou následně sestaveny do původního tvaru ovšem s hladším povrchem určeným křivkami. Vývojář má ovšem stále možnost provádění změn v onom původním

polygonálním modelu. Tyto změny mají větší význam na výslednou geometrii objektu, neboť úpravy na hladších zakřivených plochách jsou spíše detailního rázu, viz [Dera06, s. 116].

Tato metoda se hodí pro modely organických objektů, které chceme animovat. Nevýhodou je čas potřebný k vykreslení, neboť bývá i větší než u modelů vytvořených pomocí NURBS.

3.2. Modelovací nástroje

3D grafické modelovací nástroje se používají pro výrobu 3D modelů za použití některé modelovací techniky.

Grafické modelovací nástroje umožňují uživatelům měnit jimi vytvořené modely prostřednictvím sítě (mesh) daného objektu. Tato síť je tvořena vrcholy (vertices), které obsahují geometrickou informaci o poloze, hranami (edges), které určují topologii vytvářeného modelu a rovinnými ploškami (faces) používajícími se pro aproximování zakřivených ploch. Plošky také nesou informaci o viditelnosti dané části modelu, která je důležitá pro pozdější proces vykreslování, viz [Zara04, s. 240-246]. Pro snadnější modelování se používají polygony o čtyřech vrcholech. Pro rychlé vykreslování pomocí grafické karty se poté mohou využívat trojúhelníky.

Všechny grafické editory poskytují základní geometrická primitiva jako plochu, krychli, kouli, válec a torus, jejichž úpravou a skládáním vytváříme složitější objekty. Úpravy provádíme pomocí transformací vrcholů a objektů, editací vrcholů, hran a ploch, dále dělením hran a ploch a nakonec pomocí modifikátorů zrcadlení, deformace, kroucení, ohnutí a dalších. Pomocí těchto nástrojů jsou v dnešní době vývojáři schopni vymodelovat téměř jakýkoliv objekt a dá se říci, že omezeni jsou tak pouze vlastní představivostí.

3.2.1. Autodesk Maya

Autodesk Maya je multiplatformní grafický software pro modelování 3D objektů. Podporuje operační systémy Microsoft

Windows, OS X a Linuxu, viz [Internet15]. Jedná se o profesionální grafický editor k tvorbě 3D multimediálního obsahu použitého ve filmech a počítačových hrách.

Uživatelé si vytvoří projekt, což bude adresář, kde budou uloženy veškeré soubory, se kterými budou při tvorbě svého multimediálního obsahu k aplikaci pracovat. Struktura takového adresáře pak zahrnuje podadresáře s příslušnými soubory, jako jsou zdrojové obrázky použité pro textury, zvukové soubory, výsledné vykreslené snímky scény a v neposlední řadě také scény samotné. Scény slouží jako virtuální pracovní prostor, kde uživatelé vytvářejí a upravují své objekty.

Objekty jsou v Maya reprezentovány jako uzly v grafu, kde každý uzel má i své vlastní atributy. Jedná se o grafické znázornění hierarchie objektů, nejčastěji hierarchie rodič – potomek (Parent – Child). Uzel potomka pak dědí veškeré transformace rodičovského uzlu. Okno pro uživatelskou správu těchto uzlů se nazývá Hypergraf a jednotlivé uzly jsou zde znázorněny jako obdelníky s případnými spojnicemi do jiných uzlů, viz [Dera06, s. 86-89].

Maya podporuje polygonální modelování, modelování pomocí NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines, nepravidelné racionální B-křivky), které je založené na Beziérových křivkách a modelování pomocí dělení povrchů (Subdivision surface). Dále je zde také podpora modelování pomocí deformovatelné mřížky (lattice) , viz [Dera06, s. 111, 181, 182, 186].

Umožňuje vytváření animací pomocí klíčových snímků, nastavením řídících klíčů, dále pomocí deformátorů, pohyb po křivce (Motion path) a deformační armatury s podporou inverzní a přední kinematiky. Maya dovoluje nastavovat váhy vrcholů a tak určovat deformaci kůže (skin) modelu. Další podporovanou animační technikou je animace pomocí omezení (constraint) , viz [Dera06, s. 234, 267, 268, 295].

Podporuje animaci částic pro vytváření vizuálních efektů jako kouř, oheň. Poskytuje nástroje pro modelování vlasů, oblečení a srsti, viz [Dera06, s. 371].

Pro vykreslení scény si může uživatel vybrat mezi několika vykreslovacími nástroji: Maya Software, Maya Hardware, vnitřní paprsek nebo Maya vector. Nejběžněji se používá Maya Software s použitím sledování paprsku (Ray tracing). Maya Hardware vykresluje výsledné snímky za pomoci procesoru grafické karty, to má za následek rychlejší vykreslování vhodné pro aplikace v reálném čase. Nevýhodou je nižší kvality výsledných snímků. Vnitřní paprsek pro Mayu poskytuje možnost co nejfotorealističtějšího chování světla, než ostatní vykreslovací metody. Nakonec Maya Vector vykresluje scény uživatele ve formě podobné náčrtku, viz [Dera06, s. 330, 335-339].

Jedná se však o komerční nástroj za nemalé peníze. Uživatelé mají možnost stáhnout si třiceti denní zkušební verzi zdarma. Je zde možnost i měsíčních, čtvrtletních nebo ročních pronájmů licencí, viz [Internet29]. Studenti či učitelé si mohou stáhnout plnou výukovou verzi z Autodesk Education community na 36 měsíců. Verze je určena k nekomerčnímu využití. V případě, že licence vyprší a uživatel je stále studentem, tak si může zažádat o novou, opět na 36 měsíců, viz [Internet27].

3.2.2. Blender

Blender je open-source[1] software pro vytváření 3D modelů objektů. Jedná se o bezplatný software i pro komerční účely, což je jeho nespornou výhodou, neboť většina profesionálních modelovacích nástrojů je placená a za jednu jejich licenci může uživatel zaplatit i desetitisíce korun. Přestože je distribuován bezplatně, tak je Blender srovnatelným grafickým

[1] Open-source označuje software s otevřeným zdrojovým kódem, jak po stránce technické, tak licenční. Uživatelům je dovoleno prohlížet, upravovat a užívat tento zdrojový kód. Nemusí být nutně bezplatný.

editorem s komerčními grafickými nástroji střední a vyšší třídy, jako jsou například Maya nebo Cinema4D, viz [Poko09, s. 9, 12].

Blender poskytuje uživateli možnost vytváření animací, interaktivních aplikací a vykreslování pomocí několika různých technik jako je sledování paprsku či radiozita. Uživatelské rozhraní nástroje je vykreslováno pomocí knihovny OpenGL a zaručuje tak dobrou přenositelnost na různé platformy jako Microsoft Windows, GNU/Linux, Mac OS X a Solaris, viz [Internet30].

Blender podporuje polygonální modelování, modelování pomocí NURBS ploch a B-spline křivek. Obsahuje nástroje pro editaci sítě (mesh) modelu a jejích částí. Mezi tyto nástroje patří například vytlačení (extrude), zjemnění geometrie (smooth), zkosení objektu (bevel), otočení se kolem osy (spin) a spousta dalších. Dále má uživatel možnost aplikaci rozšířit pomocí skriptů napsaných v jazyce Python, kdy si může sám naimplementovat nové editační nástroje, viz [Poko09, s. 18, 19].

Blender podporuje několik způsobů vytváření animací. Ty lze vytvářet například pomocí klíčových snímků, nastavením omezení (constraint), nebo animovatelných deformací mřížky (lattice), jejíž editací ovlivňujeme i v ní uzavřený model. Dále můžeme tvořit animace pomocí deformovatelné armatury (skeleton) s podporou dopředné a inverzní kinematiky a možností nastavování vah skupinám vrcholů, viz [Poko09, s. 19].

Také se zde nachází částicový systém pro animace kouře a ohně, či simulace kapalin a látky (cloth). Všechny tyto systémy mají možnost ručního nastavení parametrů. Dále je zde implementovaný herní engine pro programování herní logiky a umožňující detekci kolizí, viz [Poko09, s. 19].

3.2.3. Autodesk 3DS MAX

Program 3DS MAX od společnosti Autodesk je profesionální grafický nástroj pro výrobu 3D animací, modelů, her a obrázků,

určený pro operační systém Microsoft Windows. Používá se v postprodukci při tvorbě filmů a reklam, viz [Internet31].

Nástroj 3DS MAX poskytuje uživateli možnost tvorby 3D grafických modelů pomocí metody polygonálního modelování. To je asi nejpoužívanější metodou tvorby modelů, neboť se zpravidla začíná od geometrických primitiv, která nám tento grafický software poskytuje a jejich následnou editací autor vytváří vlastní modely. Další metodou modelování je použití NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) založené na Beziérových křivkách. Jedná se o matematicky přesnou reprezentaci kulových ploch. Editují se pomocí kontrolních bodů (Control vertex) , viz [Internet14].

V tomto nástroji jsou uživateli poskytovány dva druhy geometrických primitiv. Základní geometrická primitiva zahrnují krychli (cube), válec (cylinder), trubku (tube), prstenec (torus), čajovou konvici (teapot), kouli (sphere), jehlan (pyramid), kužel (cone) a plochu (plane). Mezi rozšířená geometrická primitiva patří například kapsle (kapsule), zkosená krychle (chamferbox), zkosený válec (chamfercyl), prism a gengon, viz [Internet5, Creating Geometry – Standart Primitives and Extended Primitives].

Autodesk 3DS Max podporuje vytváření animací pomocí klíčových snímků, pomocí omezení (constraints), či inverzní a přední kinematiky (inverse and forward kinematics) a armatury. Umožňuje kontrolovaný pohyb armatury, pomocí nastavení váhy vrcholů se může řídit deformování kůže (skin) postav. Dále podporuje nástroj pro vytváření oblečení, viz [Internet5, Animation – Hierarchies and Kinematics].

Kromě nástrojů pro modelování a animace poskytuje 3DS Max také shadery, dynamické simulace, částicové systémy, viz [Internet5, Space Warps and Particle Systems – Particle Systems], vykreslování (rendering), globální osvětlení, přizpůsobitelné uživatelské rozhraní a vlastní skriptovací

jazyk MAXScript, který lze použít pro automatizaci opakujících se úkolů či různá rozšíření, viz [Internet14].

Základní metodou vykreslování je zde scanline rendering, kdy je výsledná scéna vykreslena v horizontálních liniích od shora dolu. Je zde i podpora sledování paprsku (ray tracing) a radiosity. Další možnou metodou vykreslování je mental ray, která je vhodnější pro zobrazení průhledných a odrazivých ploch, viz [Internet5, Rendering - Renderers].

Autodesk 3DS MAX je placený profesionální grafický software. Poskytuje však bezplatně, stejně jako Maya, tříletou studentskou verzi, která obsahuje veškeré funkce, ale nesmí být použita ke komerčním účelům. Tato licence opravňuje vlastníka k instalaci produktu na jediný počítač a je nepřenositelná. V případě vypršení lhůty studentské licence, má student možnost si licenci obnovit, viz [Internet26]. Zájemci mají taktéž možnost stažení bezplatné třicetidenní zkušební verze programu, viz [Internet28].

4. Herní engine

Herní engine je jádro interaktivní aplikace, můžeme si to představit jako technologii řídící hru, jako technologii, díky které můžeme do naší aplikace vložit herní logiku, viz [Watk11, s. 4]. Jedná se o software na vytváření a vyvíjení počítačových her pro osobní počítače, herní konzole a mobilní zařízení.

Základní poskytovanou funkcí je vykreslování scén tvořených za pomoci 2D a 3D grafiky. Dále se zde nachází fyzikální engine (physics engine). Jedná se o software simulující fyzikální jevy tuhých a měkkých těles i kapalin. Fyzikální engine má také na starost detekci kolizí těles (collision detection). Mezi další funkce patří možnost práce se zvukovými soubory, animace modelů a skriptování, viz [Internet17].

Herní engine slouží jako takový montér či sestavovatel (assembler). Veškerý multimediální obsah použitý ve výsledné aplikaci je naimportován do herního enginu, kde je následně pospojován do ucelené interaktivní aplikace, viz [Watk11, s. 4].

Pod pojmem multimediální obsah aplikace jsou ukryty prvky použité ve výsledném programu. Může se jednat o textury pro pozadí či 3D modely vytvořené pomocí bitmapového grafického editoru, například Photoshopu. Asi nejdůležitějším prvkem multimediálního obsahu jsou 3D modely vytvořené v modelovacím 3D grafickém softwaru jako je Blender nebo Maya od společnosti Autodesk. A v neposlední řadě sem také patří skripty, které nám vnášejí do aplikace logiku a starají se o herní mechaniku.

4.1. Unity 3D

Unity je herní engine od společnosti Unity Technologies pro vytváření her pro webové stránky, počítače, herní konzole a mobilní zařízení. Tento nástroj je pozoruhodný svou schopností vytváření her a aplikací pro různé platformy. Je zde podpora

Microsoft Windows, Mac OS, Linux, Android, iOS a další, viz [Internet12].

Unity má podporu pro NVIDIA PhysX. PhysX je SDK (software development kit), neboli sada nástrojů pro vývoj softwaru a je součástí fyzikálního enginu. Umožňuje počítání fyzikálních výpočtů na procesoru grafické karty (GPU) místo v procesoru počítače (CPU), který se tak může věnovat řešení jiných úkolů. Zahrnuje Newtonovy zákony, řeší dynamiku těles, má na starosti detekci kolizí a reakci na ně a zohledňovat vlastnosti objektů ve scéně. Má za úkol dodat hře větší realističnost, viz [Internet36].

Zahrnuje 2D a 3D textury, reflexivní mapy a vykreslování do textury, viz [Internet11]. Nachází se zde 2D a 3D geometrická primitiva, světla, kamery, částicové systémy a prvky uživatelského grafického rozhraní (user interface). Mezi 3D primitiva se řadí krychle (cube), válec (cylinder), koule (sphere), kapsle (capsule) a plocha (plane).

Základním prvkem uživatelského rozhraní je plátno (canvas), ve kterém se nachází všechny ostatní prvky. Jedná se o tlačítka, obrázky, text, šoupě či vstupní pole.

Jak bylo zmíněno výše, tak většina multimediálního obsahu aplikace je vytvořena mimo herní engine a do něj je jen naimportována. Zde poté proběhne nastavení scény, rozmístění objektů a světel ve scéně a připojení skriptů, která nám budou řídit hru.

Unity podporuje tři skriptovací jazyky, JavaScript (UnityScript), C# a Boo. Po vybrání jednoho z těchto jazyků by mělo být dodrženo, že celá aplikace bude poté napsána právě tímto jedním skriptovacím jazykem, aby se předešlo případným chybám, viz [Watk11, s. 334].

Boo skript je podobný Pythonu a ze všech tří jazyků je používaný nejméně. Hodí se, pokud má uživatel nějaké zkušenosti s Pythonem, například z Maya. Asi nejsilnějším a nejpoužívanějším jazykem je jazyk C#. Dají se k tomu najít i

příklady v dokumentaci a tutoriály. Posledním jazykem je UnityScript, neplést si s klasickým JavaScriptem. Jedná se o jazyk, který používá většina nováčků začínajících s Unity, protože jeho syntaxe je nejsrozumitelnější, viz [Watk11, s. 335].

Skriptování v tomto herním enginu je postaveno na MonoDevelopu, ve kterém si uživatel může psát skripty ve všech třech podporovaných skriptovacích jazycích. Unity samotné nemá podporu pro editaci skriptů, jedná se tedy o prvky multimediálního obsahu, které do herního enginu přichází zvenčí. Jedním způsobem, jakým se propojí skripty se scénou, je navěšení těchto skriptů na objekty, které dané skripty přímo ovlivňují. Další možností je vytvořit ve scéně prázdný objekt, čistě za účelem držení skriptů a navěsit všechny skripty na daný prázdný objekt. To zvyšuje přehlednost, protože všechny skripty jsou na jednom místě a vývojář je poté nemusí složitě hledat na každém objektu, viz [Watk11, s. 335-337].

Důležitou součástí tohoto herního enginu je také konzole (console). Zde se zobrazují výsledky kompilace skriptů nebo vypsané hodnoty použitých proměnných, viz [Watk11, s. 337].

Jedná se o komerční nástroj, který je pro nezávislé společnosti a jednotlivce dostupný ve dvou verzích. Bezplatná Personal Edition verze, která lze používat pro komerční účely nepřesahující roční obrat sto tisíc amerických dolarů a která poskytuje většinu funkcí jako druhá placená verze Professional Edition. Placená verze obsahuje navíc některé funkce, není zde omezený výnos z vytvořených aplikací, má podporu pro všechny budoucí platformy a je dostupná od sedmdesáti pěti dolarů měsíčně, viz [Internet24]. Společnost Unity Technologies dále nabízí vzdělávací verzi (Educational edition) pro vzdělávací instituty.

4.2. CryEngine

CryEngine je herní engine vytvořený německým studiem Crytek. Jedná se o herní engine použitý ve first-person střílečce s názvem Far Cry, viz [Internet16].

CryEngine je stejně jako Unity 3D herním enginem a veškerý multimediální obsah výsledné aplikace je do tohoto enginu importován zvenčí. Jednotlivé prvky multimediálního obsahu jsou vyexportovány z počítačových nástrojů, ve kterých byly vytvořeny, za použití dočasného formátu souborů zvaného Collada. Následně jsou pomocí kompilátoru zdrojů (Resource compiler) převedeny na podporované konečné formáty souborů používané v Sandbox editoru, viz [Internet7].

Modely jsou vytvořeny v některém 3D grafickém modelovacím nástroji. Obsahují informace o geometrické síti, kterou jsou tvořeny, dále UV koordináty pro správné nanesení textur. Mohou obsahovat kostru (skeleton) a nastavené váhy bodům kvůli přirozené deformaci kůže (skin) modelu při ohybech v kloubech. Dále nesou informaci o použitých materiálech, ale nikoliv konkrétní hodnoty parametrů. Ty jsou nastaveny až v editoru materiálů v Sandboxu. V neposlední řadě mohou obsahovat textury a animace, viz [Internet7].

Podporované formáty souborů pro modely jsou:

- .cgf (Crytek Geometry Format) – nese informace o geometrii
- .chr (Character) – nese informace o kostře a detekci kolizí
- .skin (Skinned Render Mesh) – nese informace o animovatelném objektu s kostrou a nastavenými váhami bodů ovlivňujícími deformaci kůže modelu

Mezi formáty pro textury a materiály patří například .tiff (Tagged Image File Format) nebo .mtl (Material). Mezi formáty pro animace patří například .cga (Crytek Geometry Animation) nebo .caf (Character Animation File) a další, viz [Internet6].

CryEngine podporuje animace s nastavenými klíči, animovatelnou armaturu, inverzní kinematiku a míchaní animací (animation blending). Dále má podporu pro dynamiku a fyziku a skriptování pomocí jazyku Lua, což je interpretovaný, dynamicky typovaný jazyk vhodný pro skriptování. Dále také osvětlení zahrnující pohyblivé stíny, i když zde vzniká zřejmé rušení a v neposlední řadě také shadery, viz [Internet8].

CryEngine také poskytuje WYSIWYP (What You See Is What You Play). To zajišťuje vývojářům možnost vytváření obsahu aplikace s okamžitým prohlédnutím si výsledku v reálném čase, vše v jednom editoru, viz [Internet32].

Jedná se o komerční software. Je zde ovšem možnost použití bezplatného SDK (Software Development Kit) pro nekomerční účely. Jedinou nevýhodou je, že se neaktualizují funkce a neopravují chyby. Dále je poskytována verze pro vzdělávací instituty, viz [Internet33].

Některé hry vytvořené pomocí tohoto herního enginu: Far Cry, Far Cry Instincts (CryEngine 1), Crysis (CryEngine 2), Crysis 2, 3, Ryse: Sun of Rome (CryEngine 3).

4.3. JMonkeyEngine

JMonkeyEngine je open source software. Jedná se o multiplatformní herní engine pro vytváření her v jazyce Java. Mezi podporované operační systémy patří Microsoft Windows, Linux, Mac a pro mobilní zařízení s operačním systémem Android a iOS vytvořeným firmou Apple, viz [Internet21].

Tento herní engine je založen na shaderech, což jsou programy běžící na grafické kartě. Vykreslování pomocí shaderů probíhá na grafickém hardwaru, přesněji na GPU (Graphics Processing Unit). Shadery jsou programovány například pomocí jazyku GLSL (OpenGL Shading Language). Používání shaderů pro vykreslování sebou ale přináší jisté problémy. Je nutno znát další programovací jazyk, navíc kódy shaderů jsou poměrně dlouhé, čímž se snižuje snadnost jejich pochopení. Z tohoto

důvodu byly vymyšleny tzv. shader uzly. Jedná se o kusy kódu napsané jazykem GLSL, jejichž spojením vzniká výsledný shader. Vytvoření výsledného shaderu má na starost systém za běhu aplikace, viz [Internet25].

Multimediální obsah vytvářené aplikace může být do herního enginu importován z jiných softwarů. Podporovaný formát pro 3D modely je například .blend, což jsou modely vytvořené pomocí open source grafického modelovacího nástroje Blender. Dalšími formáty jsou .obj pro statické modely, neboť nepodporuje animace a .fbx (filmbox), který se ovšem neřadí mezi open source software, viz [Internet20].

Simulaci fyzikálních vlastností zajišťuje v JMonkeyEnginu knihovna jBullet. Pro vytváření terénů, kreslení a tvarování, může být použit nástroj TerraMonkey, spíše než importování obrovských modelů. Dále je zde i podpora pro výškové mapy, viz [Internet21].

Nástroj je šířen pod BSD licencí (Berkeley Software Distribution), což je licence pro svobodný software opravňující uživatele k volnému šíření obsahu, viz [Internet21]. A JMonkeyEngine SDK je distribuován jako plugin pro Netbeans IDE, které používají vývojáři pro aplikace napsané v programovacím jazyce Java, viz [Internet22].

5. Tvorba aplikace

Tato kapitola pojednává o cílové skupině koncových uživatelů vytvářené aplikace. V další části se nachází popis získaných požadavků na výslednou aplikaci. A nakonec samotný popis celé tvorby programu.

5.1. Cílová skupina

Cílová skupina lidí, pro kterou je daná aplikace vytvořena, se skládá z osob rozličného věku. Není totiž vymezena věkovou hranicí, ale spíše zvědavostí a touhou jednotlivců dozvědět se něco o jednom z nejvýznamnějších vynálezců v lidské historii.

5.2. Požadavky na aplikaci

Požadavky slouží ke specifikaci funkčnosti a obecných parametrů výsledné aplikace a zachycují očekávání zákazníka. Požadavky se dají získat několika různými způsoby. Mohou být částečně převzaty z již existujících systémů, nebo zjištěny pročítáním existujících dokumentací, vlastních či konkurenčních. Dalšími způsoby získávání požadavků jsou dotazníky a rozhovory se zainteresovanými osobami a koncovými uživateli. Požadavky se poté dělí do dvou skupin, na funkční a obecné či kvalitativní.

5.2.1. Obecné požadavky

Jedná se o kvalitativní požadavky vztahující se k celé aplikaci. Definují použitou platformu, dostupnost, spolehlivost a udržovatelnost programu a potřebné hardwarové a softwarové vybavení nutné ke spuštění aplikace.

5.2.1.1. Konfigurace počítače

Vzhledem k množství stavebních dílů, ze kterých se modely skládají, a detailu zpracování jsou zde kladeny jisté nároky na výpočetní techniku. Doporučená konfigurace pro čistý běh

aplikace osobním počítači s operačním systémem Microsoft Windows je:

- Procesor (CPU) - 2 GHz
- Operační paměť (RAM) - 2 GB
- Grafika - 512 MB

A doporučená konfigurace pro mobilní zařízení s operačním systémem Android je:

- Procesor (CPU) - 1.4 GHz
- Operační paměť (RAM) - 1.5 GB

5.2.1.2. Operační systém

Aplikaci lze spustit na osobních počítačích s operačním systémem Windows, nebo na mobilních zařízeních s operačním systémem Android.

5.2.2. Funkční požadavky

Jedná se o požadavky na funkcionalitu výsledné aplikace. Definují, co bude aplikace koncovému uživateli umožňovat.

5.2.2.1. Prohlédnutí si 3D modelů jednotlivých vynálezů

Uživatel má možnost různého natočení modelu, aby si mohl co nejlépe prohlédnout veškeré detaily. Navíc má každý model dvě možná zobrazení, jedno jako celek a druhé jako rozložení na jednotlivé díly. Mezi těmito dvěma typy zobrazení probíhá plynulý přechod v podobě animace, případně si sám uživatel může nastavit míru rozložení pomocí táhla. Dále je mu umožněno přibližování kamery do bezprostřední blízkosti modelu či přesouvání kamery ve vymezeném prostoru.

5.2.2.2. Výběr části modelu

Prostřednictvím výběru některé části modelu, se uživateli naskytne detailní pohled na danou součástku. Dále se mu zobrazí její popis, případně z čeho byla vyrobena a k jakému účelu sloužila.

5.2.2.3. Spustit stroj v chodu

Aplikace uživateli umožňuje spustit si vynález v chodu. To je zajištěno pomocí předem připravených animací, které se budou opakovaně přehrávat. Tato funkce se pokusí uživateli nastínit, jak stroj opravdu fungoval, nebo jak by teoreticky měl fungovat, pokud se ho nepodařilo sestrojit.

5.2.2.4. Zobrazení informací

Uživatel bude mít možnost zobrazení si informací o jednotlivých sekcích galerie. Bude si moci přečíst zajímavosti o každém zde vyobrazeném Leonardově vynálezu i o samotném jeho autorovi.

5.2.2.5. Vyzkoušení si vynálezu

Návštěvník této interaktivní galerie má dále možnost si vynález vyzkoušet. Například jízda obrněným vozem v terénu a střílení na cíl. Nebo si vyzkoušet vyluštění některé z Leonardových šifer a otevření Kryptexu, jehož autorství je mu taktéž přisuzováno.

5.3. Postup tvorby aplikace

Pro vytvoření této interaktivní 3D aplikace jsem si vybral grafický editor Maya 2013 v kombinaci s herním enginem Unity 3D.

Aplikace je navržena tak, aby návštěvníkovi umožnila výběr z několika kategorií, jichž se některé z Leonardových vynálezů týkají. Návštěvník si bude moci přečíst zajímavosti o každém vynálezu i o jeho autorovi.

5.3.1. Tvorba multimediálního obsahu aplikace

Pojem multimediální obsah aplikace byl vysvětlen již dříve (viz. kapitola 4. Herní engine), ovšem pro připomenutí: pod tímto pojmem jsou ukryty veškeré prvky, v podobě 3D modelů, textur, skriptů a zvukových souborů, použité ve výsledné aplikaci.

Ve vytvořené aplikaci jsou použity dva druhy textur. Jedny, textury použité pro grafické uživatelské rozhraní, jsou zcela vyrobeny pomocí nástrojů Malování a Adobe Photoshop CS5. Druhé, textury použité pro mapování na jednotlivé 3D objekty, vznikly úpravou obrázků nalezených na internetu pomocí nástroje Adobe Photoshop CS5.

Pro vytvoření prvků multimediálního obsahu aplikace v podobě 3D modelů byl použit grafický počítačový software Maya 2013 se studentskou licencí od společnosti Autodesk.

Obecná struktura projektu v daném modelovacím nástroji zahrnuje složku pro uložení scén ve formátu Maya Binary (.mb) či Maya ASCII (.ma) obsahující samotný vytvářený model. Dále se zde nachází složka pro zdrojové obrázky představující uložiště pro textury mapované na objekty a další složky sloužící pro ukládání například zvukových souborů, skriptů, videí či vykreslených snímků scén.

Veškeré modely použité v aplikaci byly vytvořeny pomocí polygonální modelovací techniky. Úpravou základních geometrických primitiv bylo dosaženo požadovaného tvaru výsledného objektu. Použitými nástroji byly nástroje pro editaci a transformaci vrcholů, hran a ploch. Dále nástroje pro vytlačovaní (extrude), vkládání nových smyček hran (insert edge loop tool), zacelení děr (fill hole), kombinování více sítí (meshes) do jednoho objektu, separování objektu a booleanovské funkce sjednocení a průniku. Pro modelování byly použity čtyřstěnné polygony z důvodu snazší editace. Při vytváření modelů otočného mostu a ručnice byly navíc použity deformátory pro modifikaci sítě modelů. Použitými deformátory jsou ohnutí (bend), to bylo využito hlavně při vytváření konstrukce mostu, a zatočení (twist), použitý pro vytvoření závitu na střelách do ručnice.

Vzorová schémata sloužící jako předlohy pro vytvářené modely pochází z knihy Leonardovy stroje, viz [Tadd08]. Tato kniha obsahuje stručné popisy k jednotlivým vynálezům, dále

obsahuje naskenované listy z některých Leonardových rukopisů sestávající z poznámek a nákresů a nakonec obsahuje i náhledy některých vyhotovených 3D modelů vynálezů.

Každý model je sestaven z většího počtu menších dílů, které ztvárnějí jednotlivé části vynálezů. Tyto jednotlivé díly jsou seskupovány do větších celků a následně do jednotného modelu. K seskupení byla použita funkce Group (skupina) nijak nenarušující následující funkčnosti aplikace. Použití hierarchie rodič-potomek (Parent-Child) nebylo možné z důvodu potlačení vlastnosti modelu, potřebné ke správné funkci zobrazování detailu ve výsledné aplikaci. Tato funkčnost výsledné aplikace vyžaduje, aby při výběru části modelu byla tato část přenesena do detailního pohledu v blízkosti kamery. Bohužel hierarchie rodič-potomek má tu vlastnost, že všichni potomci dědí veškeré transformace použité na jejich rodiče, jakožto na nadřazený objekt. To sice zpřehlední hierarchickou strukturu modelu zobrazenou v panelu Outliner, který slouží pro zobrazení veškerých viditelných i skrytých objektů ve scéně, ale v případě, že je vybrán rodičovský objekt, má tato vlastnost za následek přitažení rodičovského objektu i se všemi jeho potomky do detailního pohledu kamery.

Z tohoto důvodu byla zvolena funkce Group, která nevybere žádný objekt z výběru, aby z něho udělala rodiče, ale vytvoří „prázdný objekt", který daný výběr sjednotí. To poté umožní vybrat jakéhokoliv potomka samostatně a v případě, že chceme vybrat celou skupinu, tak jen stačí zvolit onen „prázdný objekt".

Po dokončení modelovací práce na objektech byly všem jednotlivým částem modelů nastaveny různé materiály. Taktéž byly na modely namapovány textury pro zvýšení dojmu realističnosti. Byly využity materiály implementované v softwaru Maya. Lambert materiál pro matné objekty, které reprezentují dřevěné či lanové části vynálezů a Phong materiál pro lesklejší povrchy, které reprezentují kovové části modelů.

Výsledné vykreslené snímky (rendery) všech modelů se nachází v příloze A.

Pro simulování funkčnosti některých modelů byly nastaveny výrazy (Expressions). Jedná se například o odtahování a opětovné natáčení mostu nad řeku pomocí otáčení rumpály. Nebo u modelu obrněného vozu se jedná o zajištění správného točení kol jako reakce na otáčení pohonnými tyčemi. Tato funkce znázorňuje Leonardovu inovaci tohoto vynálezu, který byl znám již v dobách středověku, ale který tento vynálezce nadále zdokonaloval.

Po vytvoření modelů přišla na řadu práce s animacemi. Aby se s modely při nastavování animací lépe pracovalo, byla všem modelům smazána historie transformací. Jednotlivé scény s modely obsahují i několik připravených animací, které byly vytvořeny pomocí nastavení klíčových snímků. Každý model obsahuje připravenou animaci rozložení tohoto modelu na jeho jednotlivé části. Dále například animace nabití ručnice koulí, otevření a uzavření vstupu do obrněného tanku, či let vzdušného šroubu.

Každý takto vzniklý model byl nakonec vyexportován ve formátu .fbx, který je podporován herním enginem Unity 3D. Jedná se tedy o jeden soubor obsahující model i všechny animace. To z důvodu, že při rozdělení do více souborů, kdy jeden soubor sloužil čistě jen pro model a zbylé soubory obsahovaly každý po jedné animaci, nastaly jisté komplikace. Použitá konvence jmen „fileName.fbx“, „fileName@decomposition.fbx“, „fileName@composition.fbx“, „fileName@openEntrance.fbx“ a další, která měla zajistit při importu těchto souborů jejich složení do jednoho souboru s více animacemi ale pouze jedním modelem, nefungovala, viz [Internet13]. Vždy byly vloženy i další reprezentace stejného modelu a to bylo nechtěné. Tento způsob importu animací je výhodný pro animace, které mohou být použity různými modely. Většinou se jedná o animace kostry modelu postavy, které

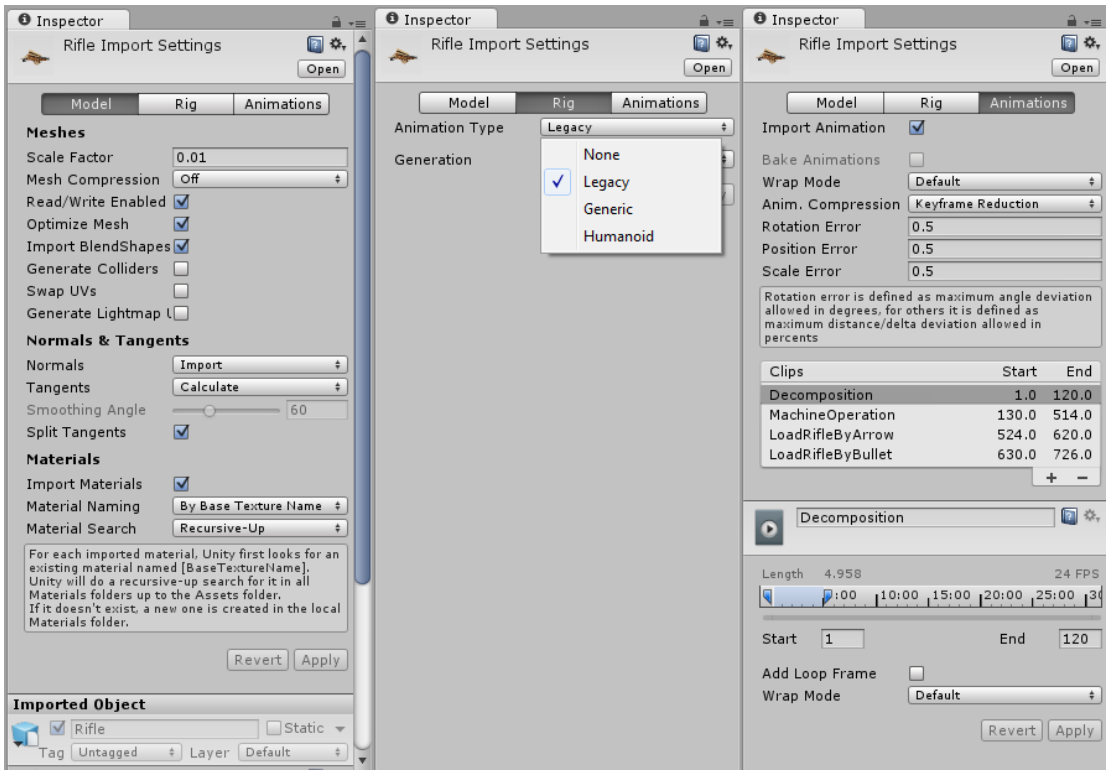
ztvárňují chůzi, běh či skákání. Tyto animace mohou být použity různými modely postav.

5.3.2. Sestavení aplikace

Pro tvorbu aplikace byl použit herní engine Unity 3D ve verzi 4.6. Obecná struktura projektu obsahuje složku Assets pro veškerý multimediální obsah aplikace. Tento adresář může obsahovat další podadresáře pro větší přehlednost použitého obsahu. Například jeden zvláštní adresář pro skripty, další pro modely či použité textury.

Veškerý multimediální obsah v podobě 3D modelů byl importován do nového projektu v Unity 3D jako soubory typu .fbx. Každý tento soubor obsahoval všechny animace vytvořené v modelovacím nástroji Maya, které bylo nutno rozdělit ručně, popsáno dále.

Po vybrání konkrétního modelu v panelu Project ve složce Assets se zobrazí nastavení importu (Import Settings) daného modelu. Toto nastavení se zobrazí v panelu Inspector a obsahuje tři záložky Model, Rig a Animations, viz obrázek č.7.



Obrázek č. 7 – Záložky v nastavení importu, jedná se o snímky obrazovky z prostředí Unity3D

Záložka Model slouží pro nastavení parametrů ohledně importované sítě modelu, například faktor zvětšení, komprese sítě, generování colliderů, prvků sloužících pro detekci kolizí a import materiálů.

Záložka Rig slouží pro zvolení typu animace. Mezi tyto typy patří humanoidní animace (animace postav, položka humanoid) a animace jiných objektů než postav (položka generic). Tyto dva typy jsou zprostředkovány pomocí animačního systému Unity zvaného Mecanim, viz [Internet9]. Tento systém je ale podporován až od verze Unity 4 a kompatibilitu se staršími projekty zajišťuje poslední položka ve výběru typu animace Legacy, viz [Internet10]. To také umožňuje přístup k animacím modelu pomocí funkce Play či odkázáním se na animaci pomocí animation["jméno animace"]. Pro veškeré modely ve výsledné aplikaci je použit právě typ Legacy.

Poslední záložkou je záložka Animations. Zde se nastavuje, zda se mají importovat i animace modelu, komprese animací a asi nejdůležitější nastavení klipů. V případě, že je importován soubor s modelem a několika animacemi, je potřeba tyto animace ručně rozdělit do příslušného počtu klipů. Zvolí se jméno klipu, přes které se bude následně k animaci přistupovat a poté se zvolí rozsah animace, první a poslední snímek. Laicky řečeno se jeden dlouhý klip rozřeže na několik menších, kdy každý reprezentuje jinou animaci.

Po naimportování všech důležitých částí aplikace, přišlo na řadu samotné vytváření jednotlivých scén. To zahrnovalo umístění modelů do scény, přidání světel, grafického uživatelského rozhraní a nakonec logiky celé aplikace v podobě skriptů připojených k jednotlivým objektům. Výsledná aplikace se skládá celkem ze tří scén.

První a úvodní scéna reprezentuje hlavní menu celé aplikace, viz obrázek č. 8. Zde se nachází maskot celého programu, svitek s iniciály LL znamenajícími Little Leonardo. Scéna působí poměrně jednoduše, sestává z jediného modelu

onoho maskota a grafického rozhraní pro přístup k jednotlivým modelům vynálezů, či informacím o samotném Leonardu da Vinci. Grafické uživatelské rozhraní je tvořeno pomocí objektu canvas (plátna), do kterého jsou vkládány další prvky jako tlačítka na přesměrování do jiných scén a obrázky pro nadpisy sekcí. Každá sekce je tvořena prvkem zvaným panel a odpovídá některému odvětví, kterého se daný vynález týkal. Obsahuje nadpis sekce a tlačítka pro přechod dál či návrat. Správná funkce je zajištěna skrýváním všech panelů a zobrazováním pouze jediné vybrané sekce.

Obrázek č. 8 – Snímek obrazovky hlavního menu aplikace. Hlavní menu je stejné pro obě verze.

Druhá scéna slouží pro prohlížení modelů vynálezů, kdy má uživatel možnost natáčení modelů do všech úhlů. Pohybem či oddalováním a přibližováním kamery pak může dosáhnout ještě lepšího výsledného pohledu na model.

Do scény byly umístěny všechny naimportované modely, kromě maskota aplikace. Každý model byl zbaven prefab spojení. To se provede odstraněním přebytečných částí importovaného modelu v podobě transformací, kterými model při vytváření prošel a které byly spolu s modelem vyexportovány ze softwaru Maya, nebo přidáním prázdného objektu do hierarchie modelu. Do

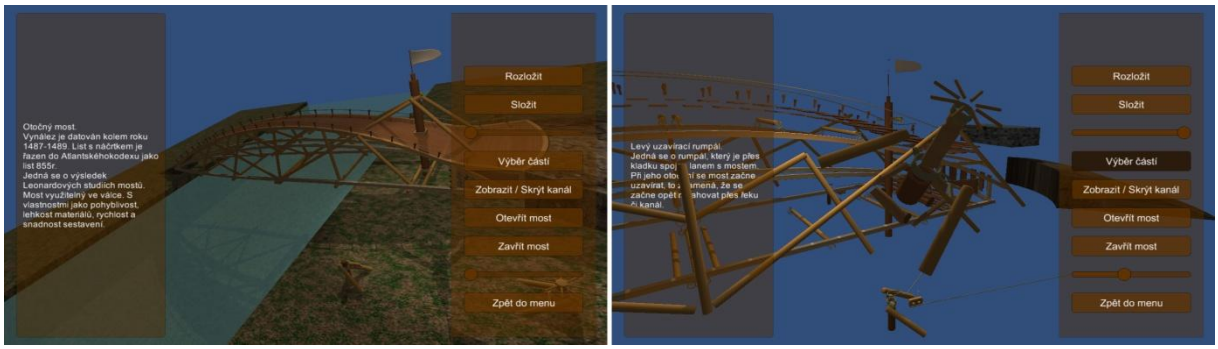
každého modelu by přidán prázdný objekt pojmenovaný „PositionOfPartIn*JménoModelu*“. Jedná se o objekt, který dočasně zaujme místo vybrané části v modelu, zatímco ta je přenesena do detailního pohledu před kameru. Tento objekt slouží k udržení návratových hodnot rotace a transformace.

Následně byla rozmístěna světla a kamery. Jedna kamera zajišťující pohled na jednotlivé modely a vykreslující uživatelské rozhraní. A druhá sloužící čistě pro model obrněného vozu pro připravenou animaci prohlídky vozu, kdy tato kamera zobrazí detailní pohled na jeho vnitřek. Uživatelské rozhraní je v této scéně opět tvořeno několika panely. Jeden panel pro každý model obsahující tlačítka pro spouštění připravených animací a šoupě pro ruční nastavení animace rozložení modelu na jednotlivé části, kterou obsahuje každý model. Dále se zde nachází panely s ovládacími prvky pro mobilní zařízení a panely s popisem ovládání aplikace, ukryté pod klávesou „i“. Jeden s ovládáním příslušejícím verzi pro osobní počítač, kdy je aplikace ovládána pomocí myši a klávesnice. A druhý s ovládáním pro mobilní zařízení, kdy je myš nahrazena dotykem prstů a fyzická klávesnice připravenými tlačítky. Jako poslední se zde nachází panel pro načítání informací o vynálezech, nebo jen o jejich částech. Tyto informace jsou načítány z externích souborů, které tvoří textovou část multimediálního obsahu.

Pro načítání tohoto textového obsahu je využito funkce Resource.Load(cesta k souboru a název). Pro zajištění správné funkčnosti je nutné přidat do složky Assets v projektu složku Resource, do které všechny tyto soubory přidáme. Tento textový obsah se dá za běhu aplikace pouze číst, ale nikoliv modifikovat.

Poslední funkcí poskytovanou v této scéně je zobrazení detailu jednotlivých částí modelu, viz obrázek č. 9 a obrázek č. 10. Tato funkce je spouštěna jedním tlačítkem z ovládacích panelů. Po její aktivaci je zamezeno otáčení s modelem a

kliknutím se vybírají jednotlivé prvky modelu. Ty jsou následně přeneseny na připravenou pozici před kameru, aby byl vidět jejich detail. Zde se pomalu otáčí pro zobrazení celého jejich povrchu a po opětovném kliknutí se vrátí zpět na své místo v modelu.



Obrázek č. 9 – Snímek obrazovky druhé scény na počítači.

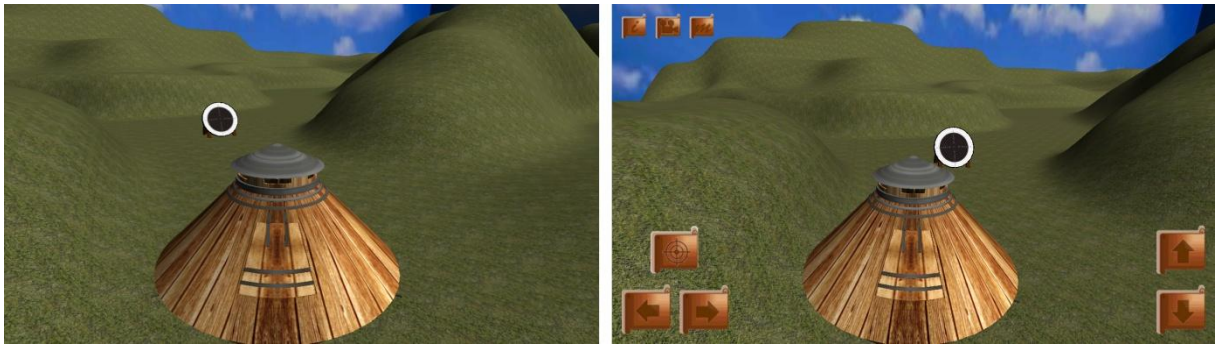
Obrázek č. 10 – Snímek obrazovky druhé scény na mobilním zařízení.

Třetí a poslední scéna slouží pouze pro model obrněného vozu, viz obrázek č. 11. Kromě modelu vozu jsou zde umístěny ještě modely terče a terénu. Do této scény byly umístěny dvě kamery, jedna pro záběry z pohledu třetí osoby a druhá pro pohled z věže vozu. Obě tyto kamery se používají pro vykreslení uživatelského rozhraní, aby bylo možné ovládat stroj z obou pohledů. Uživatelské rozhraní obsahuje panely s popisem ovládání pro obě verze aplikace. Dále panel s tlačítky pro řízení vozu na mobilním zařízení.

Zde jsou taktéž použity dříve zmiňované collidery, prvky k detekci kolizí objektu s jiným. Čtyři jsou umístěny na všech kolech vozu kvůli pevné opoře v podobě modelu terénu, na kterém jsou taktéž. Další dva jsou umístěny na terči, jeden slouží pro opření terče o terén a další k detekci střely.

Poslední je umístěn na střele, kvůli detekci kolize s terčem či terénem.

Scéna jako celek slouží pro vlastní vyzkoušení si vynálezu. Uživatelé si zde mohou zajezdit s obrněným vozem a vystřelit na terč. Dá se říci, že scéna slouží pro odreagování a snaží se dát uživateli možnost si vynález osahat.



Obrázek č. 11 – Snímek obrazovky třetí scény. (vlevo osobní počítač, vpravo mobilní zařízení)

5.4. Popis skriptů

Skripty řešící logiku aplikace byly napsány v prostředí MonoDevelop pomocí skriptovacího jazyku C#. Každý soubor obsahuje dokumentaci v angličtině. Dokumentace zahrnuje popis, k čemu obecně skript slouží, následně je zde umístěn popis všech použitých proměnných a nachází se zde také popis každé použité funkce. Některé skripty jsou ve scéně připojeny k samotným objektům, které přímo ovlivňují. Většina je však připojena k prázdnému objektu pojmenovanému ScriptHolder, který je ve scéně čistě jen za účelem držení těchto skriptů.

V první scéně sloužící jako hlavní menu aplikace je umístěn jediný skript. Tento skript slouží pro správné zobrazování a skrývání jednotlivých panelů grafického uživatelského rozhraní. Dále obsahuje funkci pro načtení druhé scény.

Druhá scéna aplikace je na počet skriptů bohatší. Jsou zde dva skripty připojené na každý model. Tyto skripty řeší přehrávání připravené animace rozložení modelu, kdy jsou možné dva způsoby tohoto přehrání. Jedním způsobem je pomocí

tlačítek složit a rozložit a druhým způsobem je pomocí ručního nastavení šoupěte.

Zbylé skripty jsou připojeny k prázdnému objektu. Je zde skript sloužící pro výběr aktuálního modelu. Tento skript obsahuje statickou proměnnou, která rozhoduje, jaký model má být aktivní a zbylé skryje. Dále je zde skript kontrolující spouštění animací či zobrazování skrytých panelů uživatelského rozhraní. Další skript slouží pro ovládání kamery, přesuny kamery ve vymezeném prostoru či přibližování a oddalování. Jeden skript řídí otáčení modelu a aktivaci a deaktivaci funkce výběru částí modelu. Poslední skript slouží pro samotnou funkci výběru částí. Tato funkce je řešena pomocí vyslání paprsku v místě kliknutí myší nebo prstem. Některé části modelů mají na sobě collidery, sloužící pro detekci kolize modelu s oním paprskem. Pokud je tato kolize zaznamenána, tak je příslušný model přenesen do popředí na připravené místo před kamerou, zde se začne otáčet kolem své osy, aby měl uživatel možnost si ho prohlédnout ze všech stran. Zároveň se do panelu s informacemi načte popis uložený v příslušném textovém souboru z multimediálního obsahu. V případě opětovného výběru části, či výběru jiné části, se aktuálně vybraná část vrátí na své původní místo v modelu.

Poslední scéna obsahuje dva skripty zajišťující reakci na detekci kolize vystřelené koule z obrněného vozu s terčem či terénem. Dále se zde nachází skript pro řízení pohybu vozu a další sloužící pro zajištění správného otáčení kol při pohybu. Další skript je použit pro kontrolu zkratek pro přecházení mezi scénami s funkcemi nahrávajícími konkrétní úrovně aplikace. Předposlední skript ve scéně se týká střelby z obrněného vozu. Slouží ke generování nových střel a přehrávání explozí v případě, že byl terč zasažen. Poslední skript se zabývá kontrolou kamery. Je zde řešeno přepínání mezi oběma kamerami ve scéně, zobrazování skrytých panelů a pohyb kamer spolu s vozem.

5.5. Požadavky na přidání nového modelu

V případě, kdy chce vývojář přidat nový model do výsledné aplikace, tak musí být dodrženo pár věcí týkajících se modelování a dále musí být provedeny menší zásahy do kódu některých skriptů.

Na modelování se klade pouze pár požadavků. Model by měl být vytvořen pomocí polygonálního modelování, které zajistí rychlejší vykreslování v reálném čase. Pro tuto aplikaci se stejně jako pro různé hry nehodí modely vytvořené pomocí křivek. Dále by měl být model dostatečně detailní a složený z většího počtu menších kusů, které by si uživatelé mohli prohlédnout. Tyto části by neměli být pospojovány pomocí hierarchie rodič-potomek, ale měla by být použita metoda Group, viz kapitola 5.3.1. Tvorba multimediálního obsahu aplikace. Poslední požadavek se týká vytváření animací. První animace by měla být animace rozložení modelu na jednotlivé části, která je nastavena od snímku 1 po snímek 120. Tato animace má tedy dobu přehrávání pět vteřin s rychlostí přehrávání dvaceti čtyř snímků za vteřinu. Na další vytvářené animace již nejsou kladeny žádné požadavky.

Po vytvoření modelu a nastavení všech animací je potřeba vyexportovat veškerý obsah scény do souboru typu .fbx. Tento soubor musí obsahovat síť modelu, nastavené animace a embedded media.

Tímto je ukončena modelovací část a na řadu přichází rozšíření samotné aplikace. To začíná importováním nového modelu do složky Assets, přesněji do podadresáře Models, kde si vývojář vytvoří novou složku pro nový model. Dále v panelu Inspector v nastavení importu vývojář vybere typ animace (Legacy) a následně rozdělí importovanou animaci do požadovaného počtu samostatných klipů, viz kapitola 5.3.2. Sestavení aplikace. Poté umístí model do druhé scény zvané „ModelScene" a pozmění jeho velikost, aby odpovídala ostatním modelům. Následně odmaže z modelu i přidanou skupinu

vyexportovaných transformací, nebo jinak naruší strukturu modelu, aby ztratil prefab spojení a přidá prázdný objekt sloužící pro udržení informací o rotaci a transformaci vybrané části modelu pro zobrazení detailu, viz kapitola 5.3.2. Sestavění aplikace. Vývojář také musí ručně nastavit collidery na všechny části modelu, u kterých chce uživateli umožnit jejich přitažení do detailního pohledu kamery. Posledním krokem se samotným modelem je připojení k němu dvou skriptů pojmenovaných „animateByButtons" a „animateBySlider", které slouží pro přehrávání animace rozložení na jednotlivé části.

Dalším krokem je vytvoření příslušného ovládacího panelu pro tento model. Panel může být zkopírován z nějakého již existujícího a jen přejmenován s dodržením konvence, kdy se v názvu panelu nachází jméno modelu, s následnou změnou ovládacích tlačítek a nastavením událostí.

Posledním úkolem netýkajícím se úpravy skriptů je vytvoření panelu v první scéně v hlavním menu, pokud se jedná o model zastupující novou kategorii vynálezů. V případě, že se jedná už o existující kategorii, tak je jen nutno přidat do příslušného panelu nové tlačítko, sloužící pro nahrání druhé scény a nastavit událost na kliknutí.

Následuje nutnost doplnění skriptů. V první řadě doplnit skript s názvem decideModel o nově přidaný model, nový ovládací panel a nový případ (case) příkazu switch, který zajistí aktivování nového modelu a skrytí ostatních. Dalším skriptem s případnou úpravou je skript s názvem controlScript, který musí být doplněn o nové funkce pro spuštění připravených animací. Tyto funkce musí být viditelné odkudkoliv, aby na ně mohly být nasměrovány události na kliknutí v novém panelu uživatelského rozhraní.

Posledním krokem vývojáře je doplnění aplikace o textové soubory tvořící část multimediálního obsahu. Tyto soubory jsou pojmenovány přesně podle jednotlivých částí či modelu jako celku, kterých se týkají. Následně jsou naimportovány do

složky Resources ve složce Assets, to je nezbytné pro zajištění správné funkčnosti načítání obsahu těchto souboru a vkládání tohoto obsahu do příslušného panelu. Složka Resources může obsahovat další podadresáře pro zvýšení přehlednosti v projektové složce. Všechny tyto adresáře se musejí uvádět v cestě popisující umístění souboru ve funkci Resources.Load(). Navíc veškerý text v těchto přiložených souborech musí být napsaný s kódováním UTF-8 z důvodu správného načítání.

Po splnění všech těchto kroků bude aplikace rozšířená o nový model bezchybně fungovat.

6. Testování aplikace

Testování výsledné interaktivní aplikace bylo provedeno se šesticí dobrovolníků z různých věkových generací spadající do cílové skupiny. Dobrovolníci byli informováni, že testování je zcela anonymní a má pouze informativní účel pro budoucí zdokonalení programu a nemusejí se tak ničeho obávat. I když je aplikace tvořena spíše pro zvědavé uživatele, kteří se chtějí dozvědět něco o vynálezech z 15. století, než pro věkově vymezenou skupinu lidí, tak bylo nutné otestovat aplikaci i s představiteli starší generace, o kterých je známo, že k výpočetní technice nemívají příliš kladný vztah.

Testování probíhalo formou uložení několika úkolů, které měli participanti splnit. Po přečtení úkolů a odsouhlasení, že rozumí všemu, co se po nich žádá, mohlo započít samotné testování. Participanti byli požádáni, zda by během plnění těchto úkolů mohli přemýšlet nahlas a ukázat tak místa, kde se zdrželi, co konkrétně nemohli najít, nebo čemu nerozuměli.

Během postupného plnění úkolů bylo zaznamenáváno vše, co řekli nebo udělali, viz Příloha B. Tyto poznámky byly po skončení testování použity pro shrnutí a následné vyvození závěrů. Díky tomuto testování byly odvozeny úpravy, které by se měly do budoucna provést. Ty byly roztříděny do kategorií dle nutnosti včasné nápravy, od velmi závažných chyb, které by měly být opraveny přednostně, až po „kosmetické" vady nijak nenarušující funkčnost aplikace.

Participanti byli také po skončení testování požádáni o vyplnění dotazníku, sestávajícího ze tří uzavřených otázek s možnostmi: „rozhodně ano", „spíše ano", „spíše ne" a „rozhodně ne". A s možností otevřeného vyjádření se k aplikaci.

Uzavřené otázky, ze kterých sestával dotazník:

- Připadá Vám ovládání aplikace snadno pochopitelné a srozumitelné?

- Je ze znázornění modelů pochopitelné, z čeho se dané vynálezy skládaly a jak fungovaly?
- Mají dle Vás scény s možností vlastního vyzkoušení si vynálezu smysl a své místo v aplikaci? (Více scén jako je „Tank v terénu"?)

Po zodpovězení těchto otázek, měli participanti možnost otevřeného vyjádření se k aplikaci. Co osobně by změnili, na co by kladli větší důraz, co by chtělo do programu přidat a co je nutné opravit.

Jelikož je aplikace tvořena pro osobní počítače s operačním systémem Windows a pro mobilní zařízení s operačním systémem Android, byli participanti požádáni, zda by mohli otestovat oba druhy programu. Tři dobrovolníci byli testováni nejprve s aplikací na počítači a po vyplnění dotazníku proběhlo testování na mobilním zařízení. Zbylí tři to měli naopak, nejprve dostali aplikaci na mobilním zařízení a až poté na počítači. Tento postup měl za úkol poodhalit, které ovládání je více intuitivní či lépe zkonstruované. Ukázalo se, že nejedná -li se o hráče počítačových her, tak přijatelnější bylo ovládání na mobilním zařízení. Panel s popisem ovládání aplikace na počítači může být totiž vyvolán klávesou „I" a to činilo jisté potíže. Naproti tomu popis ovládání na mobilním zařízení je vyvolán pomocí virtuální klávesy viditelné na displeji zařízení.

Poslední dotaz kladený participantům po otestování obou verzí programu byl, jaké zařízení pro tuto aplikaci preferují. V tomto případě se ovšem participanti rovnoměrně rozdělili a žádné zařízení tak nemělo navrch, neboť odpověď tří byl počítač a zbylých tří mobilní zařízení.

6.1. Úkoly pro testování

V průběhu testování musel každý participant splnit sedm zdaných úkolů, se kterými byl před začátkem testování seznámen. Jednalo se o úkoly:

- Zobrazit si informace o autorovi vynálezů, o Leonardu da Vinci.
- Zobrazit si panel s informacemi o modelu zvaném „Otočný most".
- Spustit si ukázku chodu stroje zvaného „Ručnice".
- Přiblížit a oddálit kameru (ve verzi pro Windows použít oba možné způsoby).
- Posunout kameru ve vymezeném prostoru.
- Rozložit model na jednotlivé části, spustit funkci výběru částí a vybrat tři různé části modelu.
- Spustit scénu s obrněným vozem v terénu, zobrazit si ovládání, nalézt a trefit terč a restartovat danou scénu.

Žádný z těchto úkolů nezabere více než tři minuty a nesestává z více než deseti na sebe navazujících kroků.

6.2. Výsledky testování

Po skončení testování s dobrovolníky proběhla analýza nasbíraných informací. Bylo zjištěno, že ani jedno zařízení není preferovanější než druhé. Starší participanti volili spíše osobní počítač, neboť s ním již přišli do styku a navíc se jedná o větší zařízení s možností lepší čitelnosti. Naopak osoby vlastnící nějaké mobilní zařízení s dotykovým displejem se přikláněli spíše k tomuto zařízení, neboť se jim zdálo ovládání intuitivnější.

Co se týče nalezených chyb v průběhu jednotlivých testování, tak se spíše jednalo o menší nedostatky, než o závažné chyby, které by narušovaly běh aplikace, nebo dokonce znemožňovali dokončení úkolu. Mezi nejvážnější chyby patří občasné zakrytí grafického uživatelského rozhraní některou částí větších modelů, jako je otočný most. Navrhovaným řešením je snížit vzdálenost mezi plátnem a kamerou.

U verze programu pro Windows se jednalo hlavně o již dříve zmiňovanou klávesu „I" ukrývající panel s popisem ovládání,

bez kterého je obtížné provést některé úkoly. Uživatelé se musí k dané klávese spíše dopátrat. Dalším menším problémem „kosmetického" rázu s touto klávesou je navržené zobrazení. Nyní je panel s popisem ovládání zobrazen pouze po dobu stisku klávesy. Navrhovaným řešením je zobrazovat a skrývat panel při stisku klávesy, nikoliv pouze po dobu držení. Tento problém se týká obou zařízení.

Dalším nalezeným menším nedostatkem bylo tlačítko „Výběr částí", které zamezí funkci otáčení modelu a umožní uživateli vybírat jednotlivé prvky vymodelovaného vynálezu. Toto tlačítko se jedním stiskem aktivuje a druhým stiskem opět deaktivuje. Ovšem není nijak graficky znázorněno, zda je funkce vybírání částí objektu aktuálně aktivní či ne. Tento problém opět nijak neznemožňuje dokončení úkolu, ani neohrožuje chod aplikace a navrhovaným řešením pro jeho odstranění je změna podbarvení tlačítka při aktivaci.

Jako poslední kosmetická vada bylo zmíněno dlouhé načítání mezi scénami, které není nijak vizuálně znázorněné. V uživatelích to budí dojem, jakoby na dané tlačítko neklikli, nebo že se aplikace sekla.

Žádné závažnější problémy zjištěny nebyly a testovaní výsledné aplikace tak dopadlo přijatelně.

Závěr

Tématem této bakalářské práce bylo vytvoření interaktivní aplikace v podobě galerie vynálezů Leonarda da Vinci.

Hlavním cílem mé práce bylo seznámit čtenáře s celým postupem tvorby takovéhoto programu. Dále mu nastínit problematiku týkající se modelování objektů ve 3D grafice a představit mu některé počítačové nástroje sloužící pro modelování a animování objektů a následné sestavení aplikace.

V práci jsem se stručně zmínil o historii 3D počítačové grafiky, abych čtenáři osvětlil, od kdy se daný obor vyvíjí a jaké důležité objevy byly provedeny během prvních pár let, kdy byl založen program pro rozvoj počítačové 3D grafiky na Univerzitě v Utahu.

Dále jsem popsal tři nalezené aplikace na podobné téma ovšem tvořené pouze pro produkty firmy Apple jako jsou iPad či iPhone pro možnost srovnání s mou vytvářenou aplikací.

Další část práce se zabývá modelovacími technikami. Jejich charakteristikou a popisem, pro které účely se jaká technika hodí. Dále jsou v této části popsané tři modelovací nástroje. Jedná se o dva profesionální komerční nástroje Maya a 3DS Max oba od společnosti Autodesk a jeden volně dostupný a distribuovaný zdarma, modelovací nástroj Blender, který je srovnatelných kvalit s oněmi dvěma komerčními nástroji.

Následuje popis tří herních enginů, softwarových nástrojů sloužících pro sestavení prvků multimediálního obsahu do jedné výsledné aplikace. Zde jsem popsal JMonkeyEngine, CryEngine a nejdůležitější engine pro tuto práci Unity3D, který byl využit při tvorbě aplikace spolu s modelovacím nástrojem Maya.

Největší pozornost jsem věnoval popisu celého postupu tvorby aplikace. Z analytické části vývoje jsem zde popsal definování cílové skupiny uživatelů a obecné a funkční požadavky na aplikaci. Ty určují hardwarové požadavky pro čistý běh programu a očekávanou funkčnost celé aplikace.

Následuje podrobný popis vytváření veškerých prvků multimediálního obsahu. Zde jsem popsal, jak jsem vytvořil jednotlivé modely Leonardových vynálezů pomocí modelovacího nástroje Maya. Na všechny modely jsem použil techniku polygonálního modelování, které zajišťuje vytvoření 3D modelů vhodných pro vykreslování v reálném čase, které je pro danou aplikaci důležité. Následně jsem nastavil animace pomocí klíčových snímků a takto vyhotovené modely jsem importoval do herního enginu Unity3D. Pomocí tohoto enginu jsem z veškerých prvků sestavil výslednou aplikaci, do níž jsem přidal řídící logiku pomocí skriptů napsaných ve skriptovacím jazyce C#.

Aplikaci jsem vyhotovil dle zadání pro dvě verze, pro osobní počítač s operačním systémem Windows a pro mobilní zařízení s operačním systémem Android.

V poslední části práce jsem popsal postup testování vytvořené aplikace s reálnými uživateli reprezentujícími onu cílovou skupinu. Výsledky testování jsem analyzoval a navrhl případná řešení pro odstranění nalezených nedostatků. Některé tyto nedostatky již byly opraveny v rámci posledních úprav práce.

Osobně si myslím, že cíle práce byly splněny. Čtenáři byla nastíněna problematika a dále mu byly vysvětleny základní pojmy týkající se práce s počítačovou 3D grafikou. Nakonec mu byl poskytnut podrobný popis celého vývojového procesu zahrnující analýzu, návrh, implementaci a testování výsledné interaktivní aplikace.

Seznam bibliografických odkazů

Literatura

[Dera06] DERAKHSHANI, Dariush. *Maya: průvodce 3D grafikou*. 1. vyd. Praha: Grada, 2006, 428 s., 8 s. barev. obr. příl. Průvodce (Grada). ISBN 80-247-1253-9.

[Poko09] POKORNÝ, Pavel. *Blender: naučte se 3D grafiku*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 286 s. ISBN 978-80-7300-244-2.

[Tadd08] TADDEI, Mario, Edoardo ZANON a Domenico LAURENZA. *Leonardovy stroje: tajemství a vynálezy z kodexů Leonarda da Vinciho*. 1. vyd. Praha: Sun, 2008, 239 s. ISBN 978-80-7371-230-3.

[Watk11] WATKINS, Adam. *Creating games with Unity and Maya: how to develop fun and marketable 3D games*. Burlington, MA: Focal Press, c2011, xx, 528 p. ISBN 978-0-240-81881-8.

[Zara04] ŽÁRA, Jiří, Bedřich BENEŠ, Jiří SOCHOR a Petr FELKEL. *Moderní počítačová grafika*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Computer Press, 2004, 609 s., 16 s. barev. obr. příl. ISBN 80-251-0454-0.

Internetové zdroje

[Internet1]
http://a2.mzstatic.com/us/r30/Purple3/v4/a3/20/61/a32061e3-af3a-365a-cdf8-ef31e3cc9575/screen480x480.jpeg

[Internet2]
http://a4.mzstatic.com/us/r30/Purple3/v4/bf/ab/22/bfab2258-dfa9-de77-1a91-1ff4b079b8ef/screen480x480.jpeg
[Internet3]
http://design.osu.edu/carlson/history/lesson4.html
[Internet4]
http://design.osu.edu/carlson/history/lesson20.html
[Internet5]
http://docs.autodesk.com/3DSMAX/15/ENU/3ds-Max-Help/index.html?url=files/GUID-7F6CB5D0-A5DF-4FFC-857F-A2675C0489E7.htm,topicNumber=d30e214861
[Internet6]
http://docs.cryengine.com/display/SDKDOC2/Art+Asset+File+Types
[Internet7]
http://docs.cryengine.com/display/SDKDOC2/Art+Pipeline
[Internet8]
http://docs.cryengine.com/display/SDKDOC4/Physics
[Internet9]
http://docs.unity3d.com/Manual/AnimationOverview.html
[Internet10]
http://docs.unity3d.com/Manual/Animations.html
[Internet11]
http://docs.unity3d.com/Manual/class-RenderTexture.html
[Internet12]
http://docs.unity3d.com/Manual/PlatformSpecific.html
[Internet13]
http://docs.unity3d.com/Manual/Splittinganimations.html
[Internet14]
http://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_Max
[Internet15]
http://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Maya
[Internet16]
http://en.wikipedia.org/wiki/CryEngine

[Internet17]
http://en.wikipedia.org/wiki/Game_engine
[Internet18]
http://homen.vsb.cz/~ska74/HGF/uvod.htm.
[Internet19]
https://itunes.apple.com/us/app/leonardo-da-vinci-anatomy/id520564038?mt=8
[Internet20]
http://jmonkeyengine.org/tour/assets-pipeline/
[Internet21]
http://jmonkeyengine.org/tour/introduction/
[Internet22]
http://jmonkeyengine.org/tour/sdk/
[Internet23]
http://labs.cs.sunysb.edu/labs/projects/volume/Papers/
[Internet24]
http://unity3d.com/get-unity
[Internet25]
http://wiki.jmonkeyengine.org/doku.php/jme3:advanced:jme3_shadernodes
[Internet26]
http://www.autodesk.com/education/free-software/3ds-max
[Internet27]
http://www.autodesk.com/education/free-software/maya
[Internet28]
http://www.autodesk.com/products/3ds-max/free-trial
[Internet29]
http://www.autodesk.com/products/maya/buy
[Internet30]
http://www.blender.org/about/
[Internet31]
http://www.cadstudio.cz/3dsmax
[Internet32]
http://www.crytek.com/cryengine/cryengine3/overview

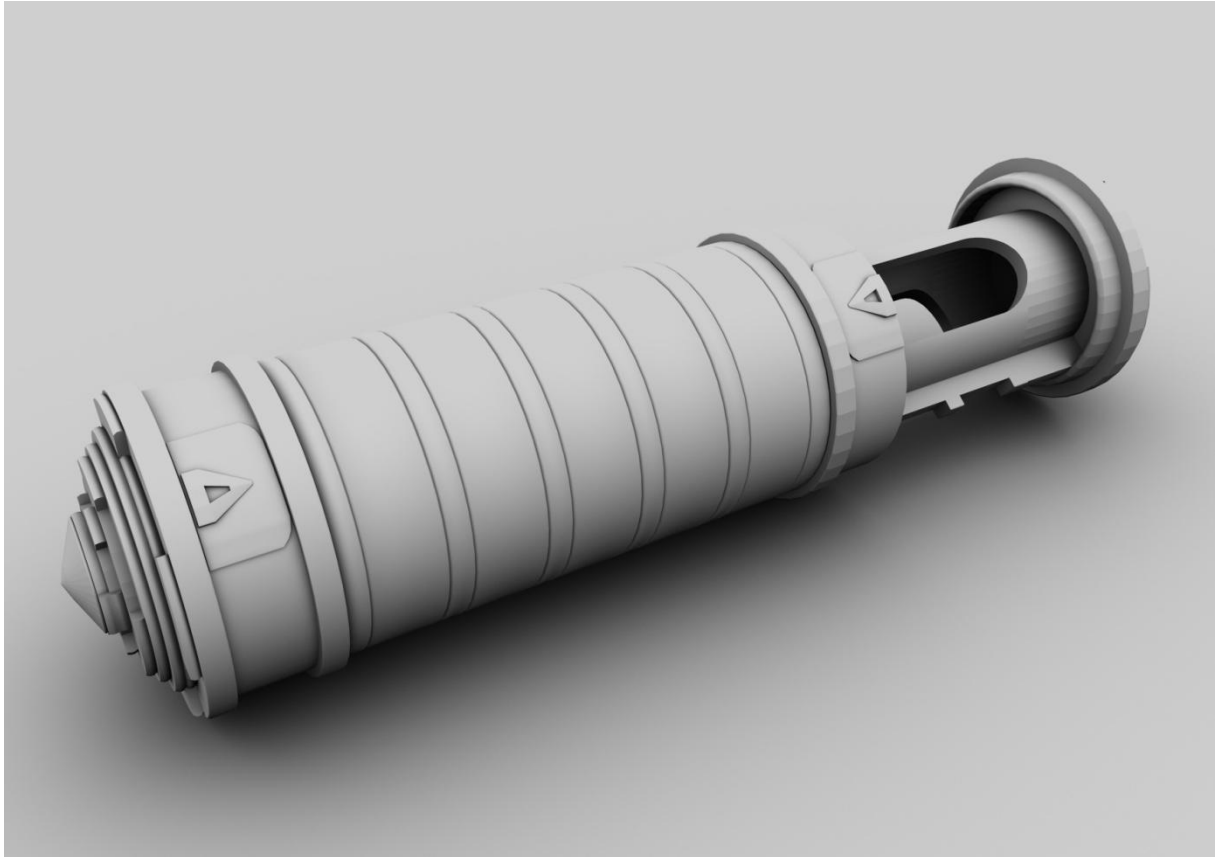
[Internet33]
http://www.crytek.com/news/free-educational-license-for-cryengine--3
[Internet34]
http://www.cs.cmu.edu/~ph/nyit/masson/history.htm
[Internet35]
http://www.esimple.it/en/item/leonardo-da-vinci-museum
[Internet36]
http://www.geforce.com/hardware/technology/physx/faq
[Internet37]
http://www.insidedavinci.com/codex_en.html
[Internet38]
http://www.insidedavinci.com/pix/scr-2.jpg
[Internet39]
http://www.insidedavinci.com/pix/scr-4.jpg

Přílohy

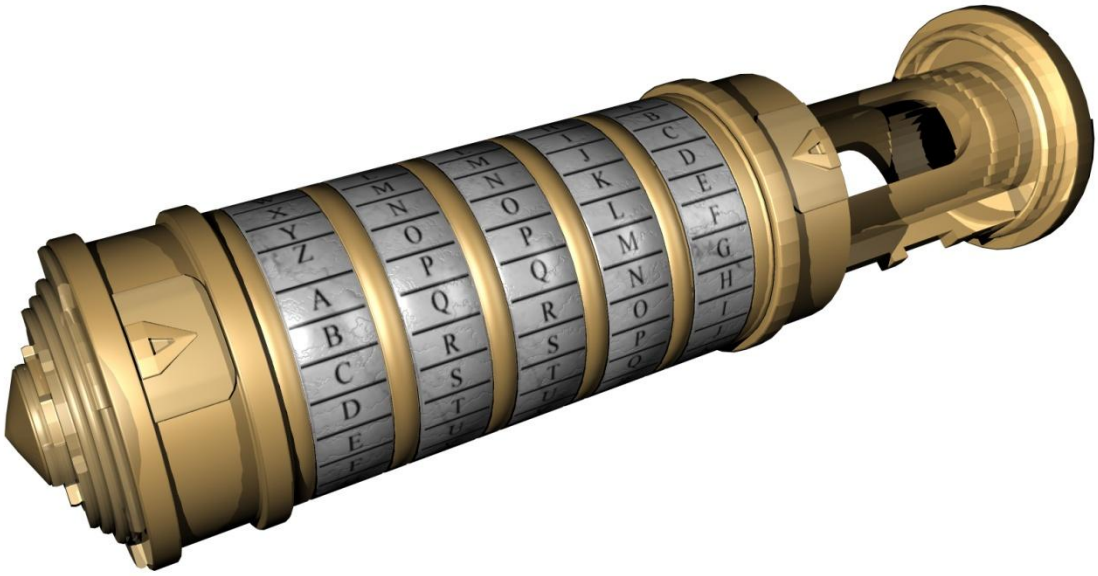
V této části se nacházejí jednotlivé přílohy k bakalářské práci v podobě vykreslených obrázků jednotlivých modelů, poznámek z testování s uživateli, kapitoly popisující instalaci a ovládání aplikace a popsaným obsahem přiloženého CD.

Příloha A – Obrazové přílohy

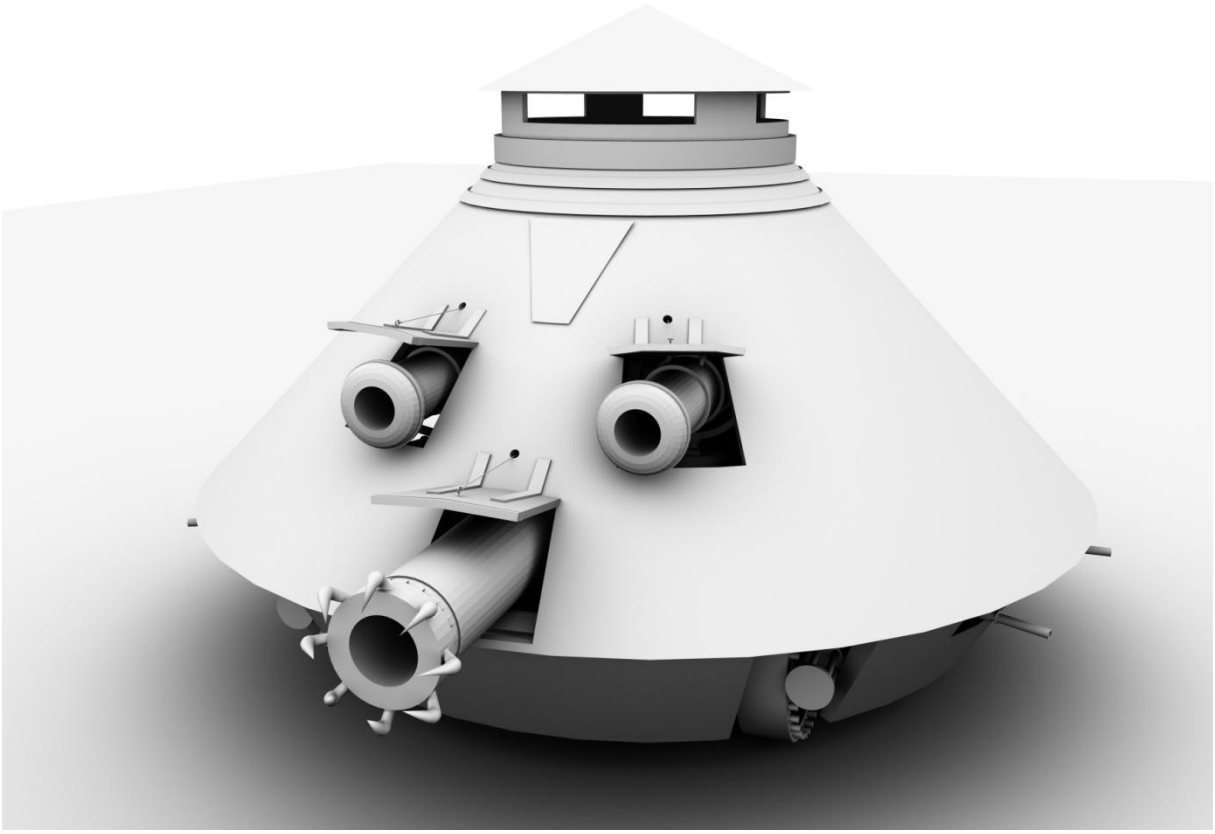
Tato příloha obsahuje výsledné vykreslené snímky (rendery) jednotlivých 3D modelů vynálezů vytvořených v grafickém softwaru Maya. Každý model je zobrazen pomocí dvou obrázků, kdy jeden je vykreslen pomocí Maya software a druhý pomocí Ambient Occlusion, což je algoritmus používaný pro výpočet toho, jak je každý objekt vystaven světlu z okolního prostředí.



Obrázek č. 12 – Kryptex vykreslený pomocí Ambient occlusion.

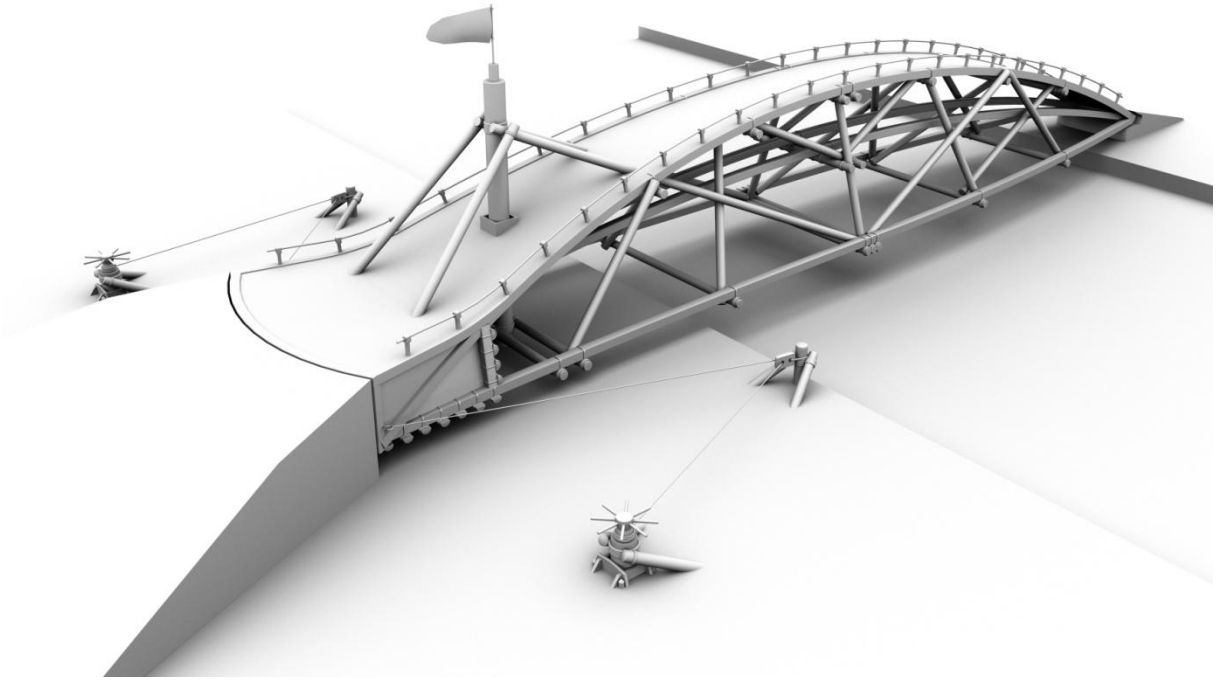


Obrázek č. 13 – Kryptex vykreslený pomocí Maya software.

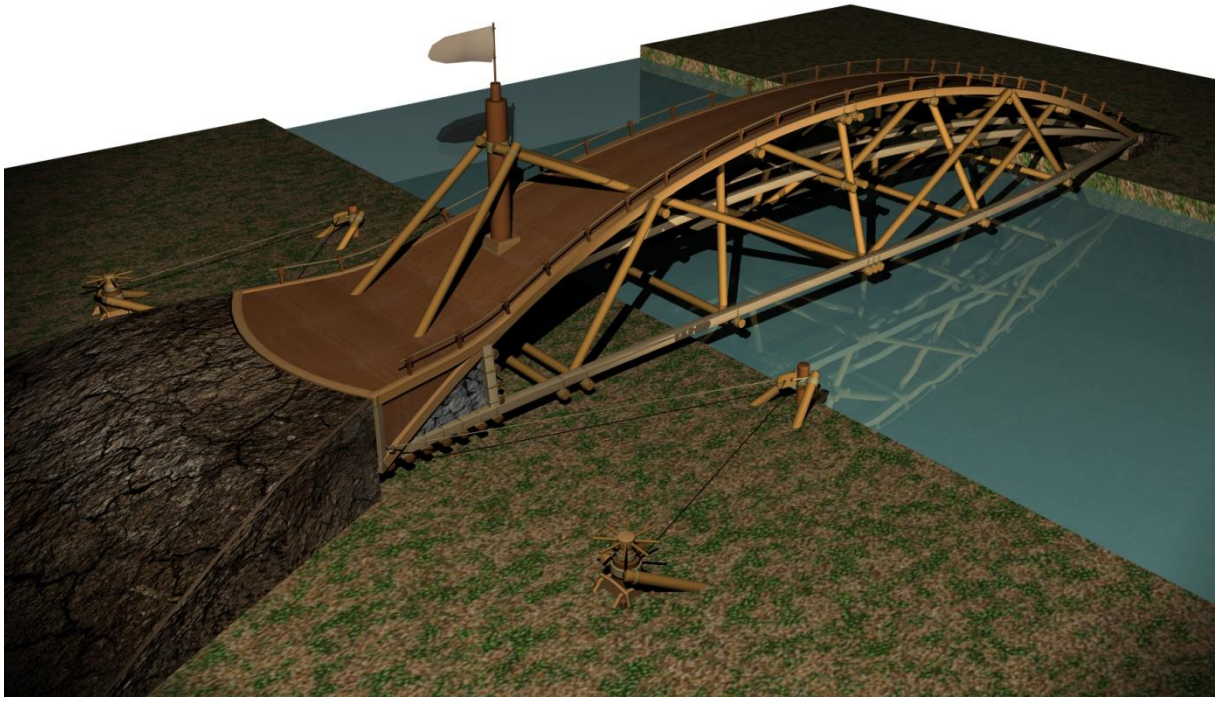


Obrázek č. 14 – Obrněný vůz vykreslený pomocí Ambient occlusion.

Obrázek č. 15 – Obrněný vůz vykreslený pomocí Maya software.



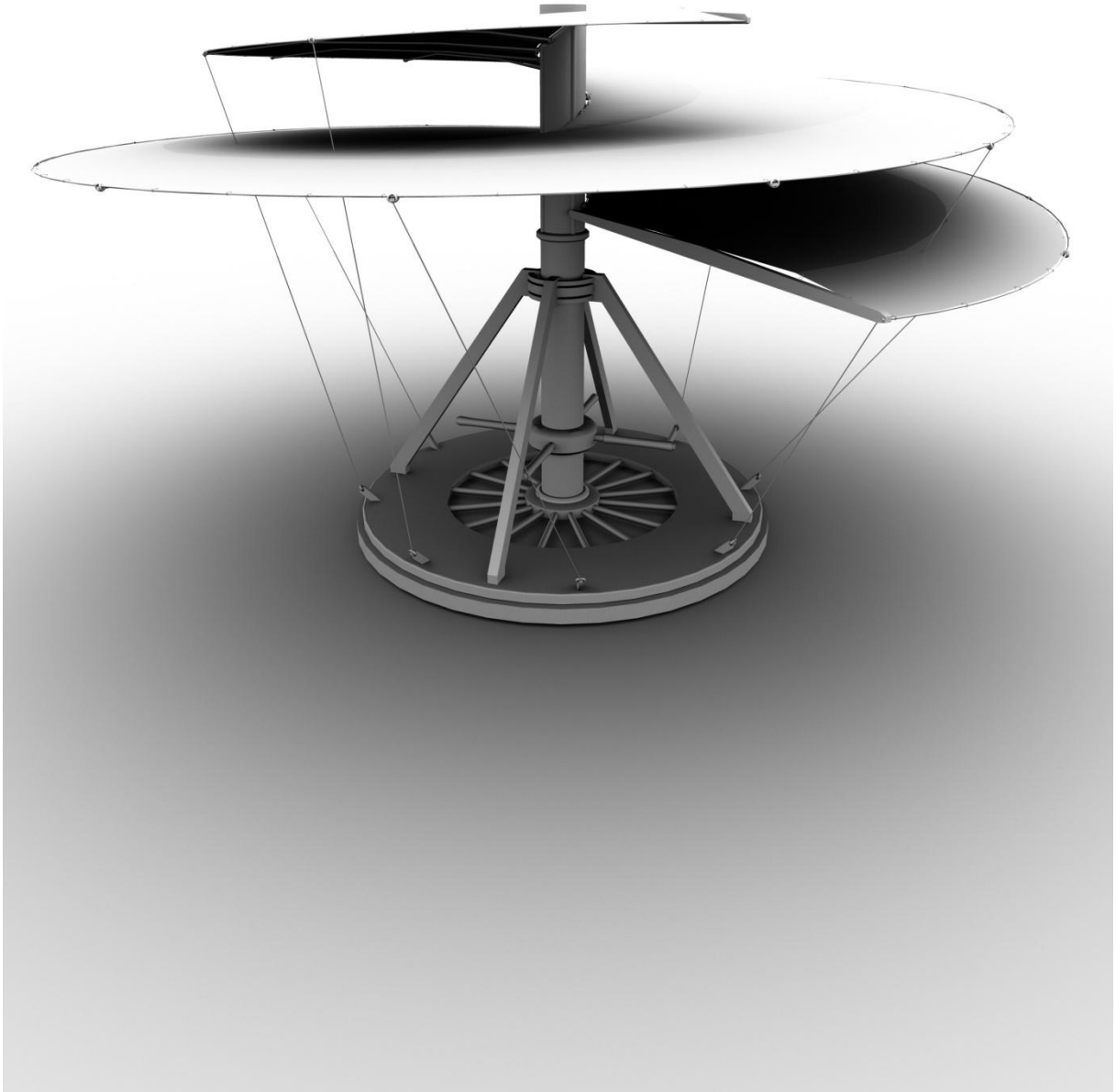
Obrázek č. 16 – Otočný most vykreslený pomocí Ambient occlusion.



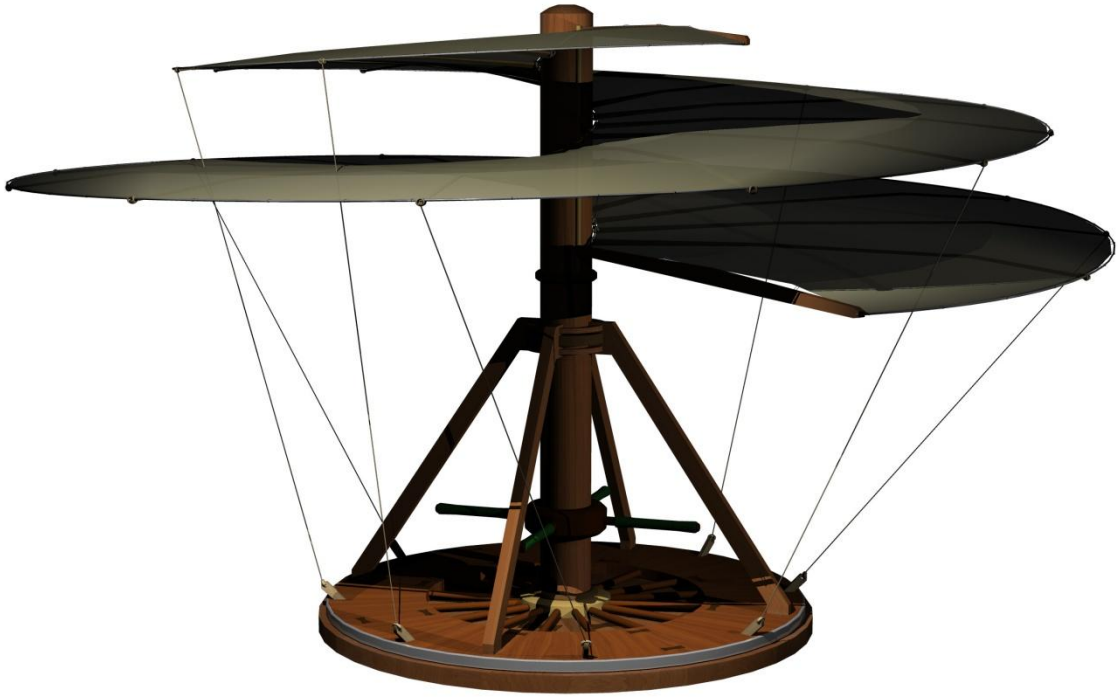
Obrázek č. 17 – Otočný most vykreslený pomocí Maya software.

Obrázek č. 18 – Ručnice vykreslená pomocí Ambient occlusion.

Obrázek č. 19 – Ručnice vykreslená pomocí Maya software.



Obrázek č. 20 – Vzdušný šroub vykreslený pomocí Ambient occlusion.



Obrázek č. 21 – Vzdušný šroub vykreslený pomocí Maya software.

Příloha B – Poznámky z testování s uživateli

Tato příloha obsahuje poznámky z testování aplikace s reálnými uživateli. Jedná se však o sumarizaci poznámek, nikoliv o každý záznam týkající se jednotlivých účastníků tohoto testování, neboť se poznámky často i opakovaly.

Samotné testování obsahovalo sedm úkolů, které musel každý participant splnit. Úkoly byly:

1) Zobrazit si informace o autorovi vynálezů, o Leonardu da Vinci.
2) Zobrazit si panel s informacemi o modelu zvaném „Otočný most".
3) Spustit si ukázku chodu stroje zvaného „Ručnice".
4) Přiblížit a oddálit kameru (ve verzi pro Windows použít oba možné způsoby).
5) Posunout kameru ve vymezeném prostoru.
6) Rozložit model na jednotlivé části, spustit funkci výběru částí a vybrat tři různé části modelu.
7) Spustit scénu s obrněným vozem v terénu, zobrazit si ovládání, nalézt a trefit terč a restartovat danou scénu.

Za každou poznámkou je v závorce uvedené číslo, kterého úkolu se týkala. Při testování byly zaznamenány tyto poznámky:

- Uživatel kliká na logo hlavního menu jako na jediný světelný bod. (1)
- Po bližším zkoumání si všímá tlačítka zvaného Leonardo da Vinci uprostřed hlavního menu. Úkol je dokončen. (1)
- Uživatel si bez většího váhání otevřel příslušnou scénu, nemůže ale přijít na způsob, jak panel zobrazit. (2)
- Stále hledá zobrazení panelu pro informace o modelu pod písmenem P, nebo zobrazení panelu s popisem ovládání skrytým pod písmenem I. (2)
- Téměř každý uživatel, který nemá zkušenosti s počítačovými hrami, má problém přijít na klávesu I, pod kterou se ukrývá panel s podrobným popisem ovládání

v aktuální scéně. Trochu to znesnadňuje dokončení úkolu. Ovšem každého postupem času napadá zkoušení různých kláves. (2)

- Po objevení klávesy I je dokončení úkolu už jen otázkou času. Popis ovládání je zjevně dostatečný. Úkol je dokončen. (2)
- Uživatel našel příslušnou scénu s modelem ručnice, první co po předchozí zkušenosti zkouší je hledání pod klávesou I. (3)
- Všiml si tlačítka pro spuštění chodu stroje na hlavním panelu. Úkol je dokončen. (3)
- Uživatel hledá v panelu s popisem ovládání, jak se přibližování provádí. Úkol je dokončen. (4)
- Uživatel hledá v panelu s popisem ovládání, jak se pohyb kamery ve vymezeném prostoru provádí. Úkol je dokončen. (5)
- Uživatel rozkládá model pomocí tlačítka „Rozložit" a poté hledá v panelu s popisem ovládání, jak se provádí výběr částí. Po nalezení spouští funkci výběru částí. (6)
- Je trochu zmatený, protože zapnutí funkce není nijak viditelné. I přes to vybírá 3 různé části modelu. Úkol je splněn. (6)
- Uživatel se přepnul do scény s obrněným vozem a hledá spuštění scény v terénu v panelu s popisem ovládání. (7)
- Všiml si tlačítka na hlavním panelu a spouští scénu. Je trochu zmatený, neboť není nijak zobrazeno načítání nové scény, které chvilku trvá. (7)
- Po načtení scény si zobrazuje, díky předchozí zkušenosti, panel s popisem ovládání, zde taktéž skrytým pod klávesou I. (7)
- Po zjištění ovládání projíždí scénu a hledá terč. Bez problému terč nachází a střílí. (7)

- Restartování scény pomocí klávesy R, díky panelu s popisem ovládání, nečiní žádnou obtíž. Úkol je dokončen. (7)

I přes menší komplikace, v podobě delšího hledání nebo trochu horší čitelnosti textu na položkách hlavního menu napsaného typem písma Old English Text, se všem participantům podařilo zadané úkoly dokončit.

Příloha C – Instalace, spuštění a ovládání aplikace

Tato příloha obsahuje kapitolu s popisem postupu při instalaci a spouštění aplikace. Dále je v této kapitole poměrně podrobně popsáno ovládání napříč celou aplikací.

Verze aplikace pro osobní počítač se nemusí nijak instalovat. Uživatelé si pouze zkopírují příslušnou složku s daty a samotný spustitelný soubor. Spuštění aplikace se provádí dvojklikem na tento soubor. Po jeho otevření se objeví dialogové okno, kdy si uživatelé mohou vybrat rozlišení obrazovky, kvalitu grafiky, monitor, na kterém se má aplikace spustit a zda má být přes celou obrazovku nebo v okně. Po nastavení požadovaných parametrů uživatel potvrdí tlačítkem Play a aplikace se spustí.

Naproti tomu verze pro mobilní zařízení se instalovat musí. Uživatelé si zkopírují jediný soubor typu apk do mobilního zařízení, po jeho otevření zvolí Instalovat a aplikaci tak nainstalují. Někteří musí v nastavení zařízení povolit instalaci z cizích zdrojů, neboť aplikace nyní není dostupná na ověřených uložištích jako je například Obchod Play. Po nainstalování je jim nabídnuto okamžité spuštění aplikace, případně se jim objeví ikona v menu. Spuštění poté probíhá pouhým ťuknutím na tuto ikonu.

Verze pro osobní počítač je ovládána pomocí klávesnice a myši. V hlavním menu si uživatelé vystačí se samotnou myší, neboť klávesnice zde slouží pouze k ukončení aplikace pomocí stisku Alt a F4, tato kombinace kláves lze použít ve všech scénách. Druhá scéna s modely je již plně ovládána oběma zařízeními. Po stisku klávesy I se zobrazí panel popisující veškeré ovládání aplikace. Uživatelé zde mají možnost otáčet modelem pomocí stisku levého tlačítka myši a jejím tažením po obrazovce, nebo mohou využít písmen W, A, S, D či šipek. Dále klávesa Escape slouží k návratu do hlavního menu a klávesa Backspace pro návrat na dřívější scénu. Posledními klávesovými zkratkami jsou plus a mínus sloužící pro přibližování kamery,

to je také možné provádět pomocí horizontálního pohybu myší se stisknutým pravým tlačítkem, číslice nula pro vrácení kamery na původní místo a klávesa R pro natočení modelu do počáteční polohy. Přesun kamery ve vymezeném prostoru se provádí pomocí pohybu myší se stisknutým levým tlačítkem a levou klávesou Alt.

Třetí a poslední scéna s obrněným vozem v terénu je ovládána pomocí klávesnice. Pohyb vozu je zajištěn klávesami W, A, S, D a šipkami, střelba se provádí pomocí mezerníku, panel s popisem ovládání se i zde zobrazí stiskem klávesy I. Klávesa R zde slouží pro restartování scény, kdy se tank vrátí na počáteční pozici a terč se znovu objeví, pokud byl předtím zasažen. Dalšími klávesami jsou zde O a P, pro otevření a zavření vstupu do tanku, dále C pro přepínání mezi kamerami a E a Q pro natáčení kamery uvnitř tanku do stran. Poslední klávesou je písmeno M, které zobrazí panel s tlačítky pro návrat do předchozí scény či do hlavního menu.

Verze pro mobilní zařízení s dotykovým displejem je ovládána pomocí dotyku různého počtu prstů, nebo pomocí připravených virtuálních kláves. Panel s podrobným popisem ovládání ve druhé scéně se zobrazí pomocí tlačítka „i" v levém horním rohu. V tomto rohu se dále nachází tlačítko „r", které na podržení otočí model do původní pozice. Tah jedním prstem po displeji slouží k otáčení modelem. Pohybem dvěma prsty od sebe a k sobě se provádí přibližování a oddalování kamery a pohyb tří prstů současně přesouvá kameru ve vymezeném prostoru. Tlačítko Zpět mobilního zařízení vrátí uživatele do hlavního menu.

Ovládání vozu v poslední scéně se provádí pomocí připravených tlačítek. Jsou zde tlačítka se šipkami, která slouží pro pohyb vozu, dále se zde nachází tlačítko pro střelbu a v levém horním rohu je sada tří připravených tlačítek. Tlačítko „i" slouží, stejně jako v předchozí scéně, k zobrazení panelu s popisem ovládání. Vedle něho je tlačítko

se znakem kamery sloužící pro přepínání mezi kamerami a posledním je „m“, které zobrazí panel pro návrat do předchozí scény či hlavního menu.

Nyní uživatelé znají vše potřebné a zbývá jen samotné prohlédnutí si výsledné aplikace.

Příloha D – Obsah přiloženého CD

V této příloze je popsán obsah přiloženého CD.

- **/** - kořenový adresář
  - **README.txt** – textový soubor s popisem jednotlivých adresářů
- **/BAP_Maya** - projekt z grafického nástroje Maya pro vytváření prvků multimediálního obsahu aplikace (obsahuje jednotlivé scény, zdrojové obrázky pro textury a rendery)
- **/BAP_Unity** - projekt z herního enginu Unity3D pro tvorbu aplikace (obsahuje jednotlivé scény a všechna aktiva)
- **/PC_version** – soubory pro verzi aplikace pro osobní počítače s operačním systémem Windows
  - **InventionsOfLeonardoDaVinci_Data** – adresář obsahující veškeré zdroje použité při tvorbě aplikace
  - **InventionsOfLeonardoDaVinci.exe** – spustitelný soubor aplikace
- **/Android_version** – soubory pro verzi aplikace pro mobilní zařízení s operačním systémem Android
  - **InventionsOfLeonardoDaVinci.apk** – spustitelný soubor aplikace
- **/Text** – soubor s textem bakalářské práce
  - **InteraktivniGalerieModeluLeonardaDaVinci.pdf** – text bakalářské práce ve formátu .pdf