



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

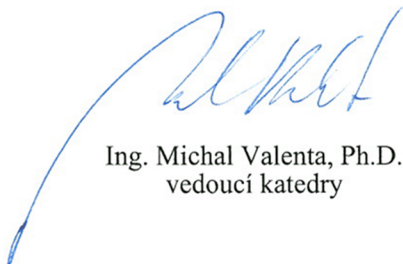
Název: Vyhodnocení vlastností prohlížečů 3D modelů
Student: Lukáš Nulíček
Vedoucí: Dr. Ing. Sven Ubik
Studijní program: Informatika
Studijní obor: Web a multimédia
Katedra: Katedra softwarového inženýrství
Platnost zadání: Do konce letního semestru 2016/17

Pokyny pro vypracování

Hlavním cílem práce je provedení rešerše dostupných programů pro vizualizace digitálních 3D modelů. Uvažujte samostatné programy i webové služby. Programy porovnejte zejména s ohledem na podporované formáty vstupních dat, jejich maximální velikost, podporované operační systémy a typy uživatelských zařízení a uživatelské funkce. Implementujte vizualizaci alespoň 5 určených digitálních modelů v programech podle dohody s vedoucím práce. Vyhodnoďte případné problémy, omezení a způsob práce při vkládání a prohlížení 3D modelů a možnosti využití.

Seznam odborné literatury

Dodá vedoucí práce.



Ing. Michal Valenta, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Pavel Tvrđík, CSc.
děkan

V Praze dne 27. ledna 2016

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
KATEDRA SOFTWAREVÉHO INŽENÝRSTVÍ



Bakalářská práce

Vyhodnocení vlastností prohlížečů 3D modelů

Lukáš Nulíček

Vedoucí práce: Dr. Ing. Sven Ubik

16. května 2017

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, panu Dr. Ing. Svenu Ubikovi, za možnost pracovat na tomto zajímavém tématu, dále pak za odborné vedení, cenné rady, a především trpělivost v průběhu realizace této závěrečné práce.

Rovněž bych rád touto cestou poděkoval své rodině za morální i finanční podporu a pomoc, kterou mi během mého studia bezvýhradně poskytla.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Beru na vědomí, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorského zákona, ve znění pozdějších předpisů. V souladu s ust. § 46 odst. 6 tohoto zákona tímto uděluji nevýhradní oprávnění (licenci) k užití této mojí práce, a to včetně všech počítačových programů, jež jsou její součástí či přílohou, a veškeré jejich dokumentace (dále souhrnně jen „Dílo“), a to všem osobám, které si přejí Dílo užít. Tyto osoby jsou oprávněny Dílo užít jakýmkoli způsobem, který nesnižuje hodnotu Díla, a za jakýmkoli účelem (včetně užití k výdělečným účelům). Toto oprávnění je časově, teritoriálně i množstevně neomezené. Každá osoba, která využije výše uvedenou licenci, se však zavazuje udělit ke každému dílu, které vznikne (byť jen zčásti) na základě Díla, úpravou Díla, spojením Díla s jiným dílem, zařazením Díla do díla souborného či zpracováním Díla (včetně překladu), licenci alespoň ve výše uvedeném rozsahu a zároveň zpřístupnit zdrojový kód takového díla alespoň srovnatelným způsobem a ve srovnatelném rozsahu, jako je zpřístupněn zdrojový kód Díla.

V Praze dne 16. května 2017

.....

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta informačních technologií

© 2017 Lukáš Nulíček. Všechna práva vyhrazena.

Tato práce vznikla jako školní dílo na Českém vysokém učení technickém v Praze, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna právními předpisy a mezinárodními úmluvami o právu autorském a právech souvisejících s právem autorským. K jejímu užití, s výjimkou bezúplatných zákonných licencí, je nezbytný souhlas autora.

Odkaz na tuto práci

Nulíček, Lukáš. *Vyhodnocení vlastností prohlížečů 3D modelů*. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta informačních technologií, 2017.

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou vizualizace digitálních 3D modelů a scénérií, která se vyskytuje v různých odvětvích lidské činnosti. Hlavním přínosem této práce je srovnání pečlivě vybraných prohlížečů 3D objektů dle rozmanitých kritérií. Dále se práce zabývá samotnou vizualizací několika svědomitě vybraných modelů a následným vyhodnocením jednotlivých prohlížečů.

Klíčová slova 3D, prohlížeč, model, scéna, vizualizace, porovnání, vyhodnocení

Abstract

This thesis deals with the issue of visualization of digital 3D models and scenes, which occurs in variety of fields of human activity. Main topic of this thesis is a comparison of carefully selected 3D object viewers in accordance to miscellaneous criteria. The thesis also contains a visualization of conscientiously selected models and subsequent evaluation of individual viewers.

Keywords 3D, viewer, model, scene, visualisation, comparison, evaluation

Obsah

Úvod	1
Cíle práce	1
Struktura práce	2
1 Definice a pojmy	3
1.1 Základní definice	3
1.2 OpenGL	5
1.3 WebGL	6
1.4 Virtuální realita	6
1.5 Rozšířená realita	6
1.6 3D tisk	7
2 Dostupné aplikace a služby	9
2.1 Desktopové aplikace	9
2.2 Webové služby	12
3 Kritéria k porovnání prohlížečů	15
3.1 Vlastnosti modelu	15
3.2 Funkce a vlastnosti prohlížeče	21
3.3 Kompatibilita	24
3.4 Ochrana modelu	27
4 Srovnání prohlížečů dle zvolených kritérií	29
4.1 Dle vlastností modelu	29
4.2 Dle funkcí a vlastností prohlížeče	32
4.3 Dle kompatibility	33
4.4 Dle ochrany modelu	34
5 Vizualizace určených 3D modelů	37
5.1 Desktopové aplikace	38

5.2 Webové služby	38
Závěr	43
Literatura	45
A Seznam použitých zkratk	49
B Strukturovaný seznam prohlížečů 3D modelů	51
B.1 Desktopové aplikace	51
B.2 Webové služby	52
C Obsah přiloženého CD	53

Seznam obrázků

1.1	Proces vykreslení grafického elementu v OpenGL	5
1.2	Srovnání skutečnosti, rozšířené a virtuální reality	6
2.1	Náhledy uživatelských rozhraní desktopových prohlížečů AB Viewer 11 a FBX Review	11
2.2	Náhled uživatelského rozhraní webového modeláře Clara.io	13
2.3	Náhled uživatelského rozhraní webové služby Sketchfab	14
3.1	Náhled jednoduchého meshe představujícího krychli	21
3.2	Kostra modelu animované postavy	22
3.3	Digitální podoba Langweilova papírového modelu Prahy	23
3.4	Graf zastoupení vybraných typů uživatelských zařízení na trhu	25
3.5	Graf procentuálního zastoupení počítačových OS	25
3.6	Graf procentuálního zastoupení mobilních OS	26
3.7	Graf procentuálního zastoupení internetových prohlížečů	26
4.1	Realistický model dobrodruha	32
5.1	Srovnání vykreslení modelu mezi FBX Review a Blender	38
5.2	Srovnání vykreslení modelu mezi Clara.io a Blender	39
5.3	Srovnání vykreslení modelu mezi Sketchfab a Blender	40
5.4	Srovnání vykreslení modelu mezi P3D.in a Blender	41
5.5	Srovnání vykreslení modelu mezi Augment a Blender	41

Seznam tabulek

4.1	Srovnání prohlížečů dle formátů modelu	30
4.2	Kompletní seznamy formátů podporovaných danými prohlížeči . .	30
4.3	Srovnání prohlížečů dle formátů textur	31
4.4	Srovnání prohlížečů dle maximální přípustné velikosti modelu . . .	31
4.5	Srovnání prohlížečů dle funkcí a vlastností (1.část)	33
4.6	Srovnání prohlížečů dle funkcí a vlastností (2. část)	33
4.7	Srovnání prohlížečů dle uživatelských zařízení	34
4.8	Srovnání prohlížečů dle operačních systémů	34
4.9	Srovnání webových služeb dle internetových prohlížečů	34
4.10	Srovnání webových služeb dle možností ochrany modelu	35
5.1	Seznam testovacích zařízení	37

Seznam ukázek formátů

1	Ukázka souboru ve formátu OBJ	16
2	Ukázka souboru ve formátu 3DS	16

Úvod

V současné době patří tvorba třírozměrných digitálních modelů mezi rychle se rozvíjející obory lidské činnosti, především díky rozrůstajícímu se množství způsobů využití těchto modelů. Související technologie nalezneme v celé škále procesů, od tvorby počítačových her či produkce animovaných filmů, přes simulátory virtuální či rozšířené reality, až po aditivní výrobu či matematické simulace.

Mezi hlavní výzvy, se kterými se potýkají i přední vývojáři, patří i problematika sdílení a následné vizualizace digitálních modelů. Poskytnutí pouhých dvoudimenzionálních náhledů obvykle není dostačující. Tato problematika se stává stěžejní například při vzdálené spolupráci virtuálních týmů, jejichž členové jsou roztroušeni po celém světě.

Vlastní téma této závěrečné práce bylo zvoleno pro jeho aktuálnost a specifčnost s ohledem na výše zmíněnou problematiku. Rovněž vedla k volbě tématu i skutečnost, že se osobně tvorbou digitálních modelů, především pro účely počítačových her či animovaných klipů, dlouhodobě zabývám, díky čemuž se se zmíněnou problematikou poměrně často setkávám.

Cíle práce

Hlavním cílem této bakalářské práce je zhotovení rešerše dostupných desktopových programů a webových služeb, které jsou vhodné pro vizualizace digitálních 3D modelů. Zmíněné programy a služby budou porovnány dle patnácti pečlivě zvolených kritérií, která byla pro přehlednost rozdělena do čtyř kategorií. Výstupem této práce bude, kromě podrobného srovnání zmíněných prohlížečů, rovněž i vizualizace pěti určených 3D modelů a vyhodnocení případných problémů, ke kterým došlo během její realizace.

Struktura práce

Tato práce se skládá celkem z pěti kapitol. V první kapitole budou nejprve zavedeny některé elementární pojmy a představeny některé zásadní technologie, které se budou posléze v textu objevovat. V kapitole druhé dojde ke krátkému seznámení se s dostupnými desktopovými aplikacemi a internetovými službami, používanými k zobrazování třídimenzionálních objektů. Ve třetí kapitole budou prezentována vybraná kritéria, dle kterých budou následně ve čtvrté kapitole porovnány jednotlivé prohlížeče 3D modelů. V páté, a poslední, kapitole budou implementovány vizualizace všech pěti stanovených modelů. Za touto kapitolou následuje závěr.

Definice a pojmy

Tato kapitola formuluje některé zásadní pojmy z oblasti 3D grafiky, které se budou v této práci vyskytovat. Rovněž představuje některé technologie, na které bude později odkazováno.

1.1 Základní definice

Definice 1.1 (Vertex)

Elementární prvek prostoru definovaný souřadnicemi (x, y, z) .

Definice 1.2 (Polygon)

Úsek plochy omezený určitým počtem vertexů.

Definice 1.3 (Trojúhelník)

Polygon ohraničený právě třemi vertexy.

Definice 1.4 (Mesh)

Kolekce vrcholů, hran a ploch popisující geometrii 3D objektu.

Definice 1.5 (Wireframe)

Sít vrcholů a hran reprezentující *topologii* objektu.

Definice 1.6 (Textura)

Sada vlastností určujících vzhled povrchu virtuálního trojrozměrného modelu.

Definice 1.7 (Pixel)

Obrazový bod zobrazený na monitoru počítače.

Definice 1.8 (Primitivum)

Fundamentální geometrický prvek. V rámci počítačové grafiky například vertex, hrana, trojúhelník, síť trojúhelníků či polygon.

Definice 1.9 (Shader)

Počítačový program napsaný ve specializovaném programovacím jazyku, který slouží k řízení určité části programovatelného grafického řetězce GPU.

Definice 1.10 (Vertexový Shader)

Shader umožňující transformaci vstupní geometrie, pozice kamer či světel, a rovněž informací o texturách. Pro každý vertex vstupního meshe proběhne jedna jeho instance.

Definice 1.11 (Fragmentový Shader)

Shader zodpovídající za barvu, texturu, osvětlení a stíny. Pro každý pixel výsledného 2D obrazu proběhne jedna jeho instance.

Definice 1.12 (Geometrický Shader)

Shader umožňující úpravy vstupní geometrie, včetně jejího odebrání či přidávání. Typicky se využívá pro doplnění detailů k existujícímu modelu v reálném čase.

Definice 1.13 (Teselační Shader)

Shader rovněž umožňující úpravy vstupní geometrie. Typicky se využívá pro doplnění detailů ve větším měřítku.

Definice 1.14 (Render)

Reálný obraz vytvořený na základě počítačového modelu.

Definice 1.15 (Engine)

Jádro počítačového programu, aplikace či databázového stroje.

Definice 1.16 (Renderovací engine)

Engine sloužící k vytváření renderů na základě poskytnutých modelů či scénérií.

Definice 1.17 (Herní engine)

Engine sloužící k vývoji počítačových her, obvykle za pomoci přidruženého API.

Definice 1.18 (Částicový systém)

Definuje shluky drobných částic se stejnými vlastnostmi. Typicky se využívá k reprezentaci trávy, vlasů či chlupů.

Definice 1.19 (Sculpting)

Proces tvorby trojrozměrného modelu odpovídající procesu využívanému v sochařství.

Definice 1.20 (Motion capture)

Proces zaznamenávání pohybu pozorovaného objektu či osoby.

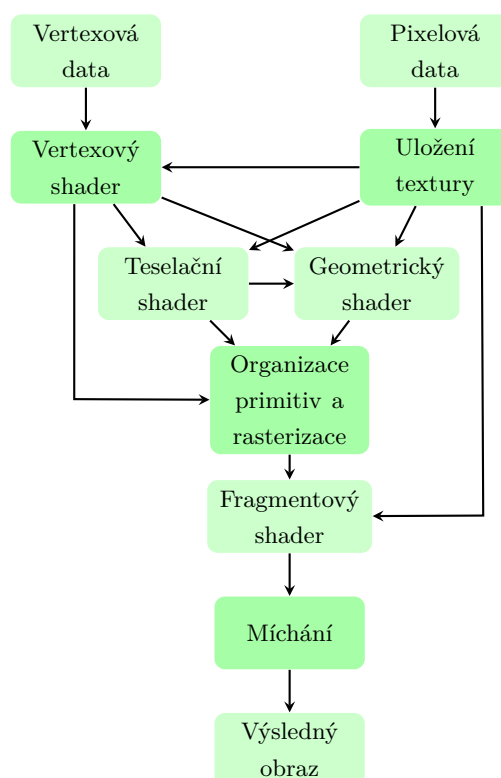
Definice 1.21 (Motion tracking)

Proces zpracování zaznamenaného pohybu a uchování získaných dat.

1.2 OpenGL

OpenGL[3] je grafická knihovna vytvořená a udržovaná konsorciem *Khronos Group*[2], která obsahuje sadu nástrojů pro definování a zobrazování 3D objektů, mapování textur a tvorbu speciálních efektů. Hlavní předností této knihovny je absolutní nezávislost na operačním systému a jeho grafickém uživatelském rozhraní.

Objekt v OpenGL sestává z fundamentálních grafických prvků, mezi které patří vertex, úsečka, posloupnost navazujících úseček, uzavřená posloupnost úseček, polygonální oblast, trojúhelník, síť trojúhelníků, obecný čtyřúhelník a síť čtyřúhelníků. Knihovna rovněž umožňuje vykreslování volně definovaných křivek a ploch. Zobrazení libovolného grafického elementu je prováděno posloupností dílčích úloh a jejich následného zpracování. Zjednodušená verze této posloupnosti je k vidění na obrázku 1.1. Přesná verze pro OpenGL 4.3 viz [54].



Obrázek 1.1: Proces vykreslení grafického elementu v OpenGL

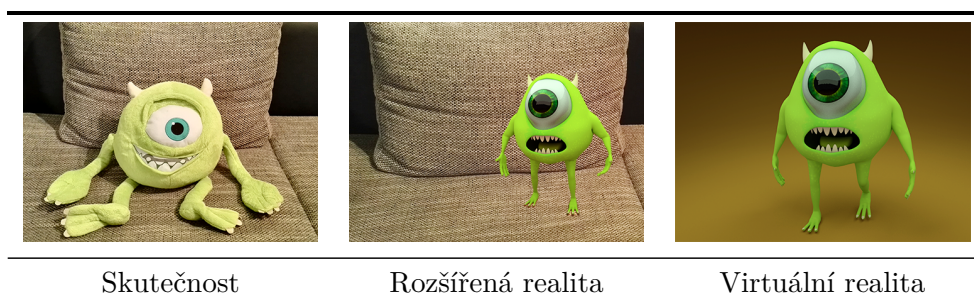
1.3 WebGL

WebGL[26] je grafická knihovna rovněž spravovaná společností *Khronos Group*. Tato knihovna z *OpenGL* vychází, avšak na rozdíl od ní zajišťuje nativní zobrazování 3D objektů v okně internetového prohlížeče. Ve většině moderních browserů je *WebGL* integrována, tudíž není třeba instalovat žádné doplňky či zásuvné moduly. Mimo jiné je na této knihovně postavena i celá řada programů pro tvorbu 3D modelů a animací.

1.4 Virtuální realita

Pojem *virtuální realita* (VR) [47] může nabývat mnoha významů, díky čemuž může spadat do nejrůznějších oborů lidské činnosti. V té nejobecnější podobě můžeme toto slovní spojení interpretovat, jako libovolné synteticky vytvořené prostředí, které do určité míry napodobuje skutečnost, a je schopno, více či méně sofistikovaným způsobem, reagovat na vnější podněty.

V souvislosti s informatikou by virtuální realita mohla být označena za technologii, která replikuje určité prostředí, reálné nebo smyšlené, simuluje fyzickou přítomnost uživatele a dovoluje mu dané prostředí určitým způsobem ovlivňovat. Ve své podstatě se tato technologie snaží uměle aktivovat smyslové vjemy.



Obrázek 1.2: Srovnání skutečnosti, rozšířené a virtuální reality

1.5 Rozšířená realita

Rozšířená realita (AR) [12], na rozdíl od reality virtuální, nevytváří syntetické prostředí, nýbrž různými způsoby obohacuje prostředí reálné. Pozměňuje to, co vidíme, slyšíme, cítíme, či dokonce to, čeho se dotýkáme. Svým způsobem tím rozmazává hranici mezi světem reálným a virtuálním.

Z technologického hlediska mluvíme v současné době o AR, jako o zařízení, které v reálném čase vkládá digitální projekce do skutečného prostředí. S touto

funkcionalitou se můžeme prozatím setkat nejčastěji v rámci aplikací pro chytré telefony, nicméně vykazuje potenciál, díky němuž by jednou mohla nahradit nejen telefony, ale i všechna ostatní chytrá zařízení.

1.6 3D tisk

3D tisk [30] je rapidně se rozvíjející aditivní výrobní proces, při kterém se z digitálního třírozměrného modelu vytváří fyzický model. Podstata aditivních procesů tkví v postupném nanášení jednotlivých celistvých vrstev materiálu, díky čemuž nevzniká žádný odpad. Existuje několik rozdílných technologií 3D tisku a rovněž různorodá řada materiálů, jenž je k němu možné využít.

Bez ohledu na zvolenou technologii či použitý materiál, začíná každé tištění nového objektu tvorbou jeho digitální reprezentace, tedy 3D modelu. I když je tento proces teprve v plenkách, již dnes je využíván v rozmanité, neustále se rozšiřující škále oborů, od medicíny, přes produktový design, až po automobilový průmysl.

Dostupné aplikace a služby

Smyslem této kapitoly je představení vybraných desktopových aplikací a internetových služeb, které jsou nejčastěji používané pro prohlížení a sdílení 3D modelů, jak běžnými uživateli, tak i experty v oboru, či specializovanými týmy vývojářů.

2.1 Desktopové aplikace

Existuje velké množství prostých desktopových aplikací, které jsou schopné nějakým omezeným způsobem interpretovat 3D objekty, nicméně vývoj většiny z nich byl pozastaven či dokonce ukončen, tudíž jsou v současné době zastaralé. Tato nedokonalá řešení fungují na stejném principu a často vznikají v rámci vysokoškolských prací nebo podobných příležitostí. Vzhledem k jejich množství, neaktuálnosti a neadekvátnosti nejsou předmětem této bakalářské práce.

2.1.1 Software pro tvorbu ve 3D

Software primárně určený pro tvorbu ve 3D sice přímo nespadá do oblasti, kterou se tato práce zabývá, avšak s přihlédnutím k tomu, že samozřejmě umožňuje prohlížení již zhotovených třídímenzionálních modelů, jsem se rozhodl krátce zmínit alespoň několik zástupců z této kategorie, se kterými jsem měl možnost pracovat. Podrobnější seznam, vytvořený na základě několika průzkumů publikovaných na internetu, naleznete v přílohách této práce, konkrétně v sekci B.1.1. V následném porovnání nebudu tyto aplikace již nijak zohledňovat.

3ds Max [8] je komerční, plně profesionální nástroj od společnosti *Autodesk*[1], určený téměř výhradně pro OS Windows, který nabízí skutečně širokou škálu technologií ze všech oblastí 3D počítačové grafiky. Bývá velmi často využíván ve filmovém průmyslu, při architektonických vizualizacích nebo

i při tvorbě počítačových her a simulací. Vzhledem ke své ceně, která se v současné době pohybuje kolem 53 000 Kč za rok, bývá 3ds Max nejčastěji využíván renomovanými filmovými či herními studii, popř. velkými korporacemi.

Blender [22] je multiplatformní open-source software, navržený pro tvorbu a renderování 3D modelů a animací. Narozdíl od ostatních zde zmíněných aplikací má mnohem nižší hardwarové nároky a je zcela zdarma i pro komerční použití. Grafické uživatelské rozhraní Blenderu, a interakce s ním, není zpočátku zcela intuitivní, nicméně je plně přizpůsobitelné a konzistentní v rozsáhlém spektru komponent a nástrojů. Do tohoto spektra spadají i pokročilé funkce, například práce s částicovými systémy či motion tracking. Blender je dále rozšiřitelný pomocí skriptů psaných v programovacím jazyku Python. Tyto skripty mohou obsahovat jednoduché i velmi sofistikované operace od vytváření smyček mezi částmi meshe až po generování složitých objektů. Největší předností Blenderu je značná uživatelská základna, díky které je ve své kategorii nejrychleji se rozvíjejícím softwarem na trhu.

Maya [11] je dalším komerčním programem společnosti Autodesk. V mnoha ohledech se však od 3ds Maxu liší. Zaprvé je výrazně cenově dostupnější. Jeho roční pronájem činí zhruba 8 500 Kč, což z něj dělá vyhledávanou alternativu mezi menšími společnostmi, indie developery a začínajícími herními studii. Dalším výrazným rozdílem je kompatibilita s operačními systémy *OS X* a *Linux*. Narozdíl od robustního nesourodého prostředí 3ds Maxu, je uživatelské prostředí této aplikace mnohem jednodušší a přívětivější. To ovšem neznamená, že by se nejednalo o plnohodnotný software pro 3D tvorbu.

Cinema4D [24] je placený multiplatformní nástroj pro modelování, vizualizaci, renderování a animaci ve třírozměrném prostředí. Nyní se na trhu objevuje ve čtyřech různých variantách, které se od sebe přirozeně liší cenou a množstvím užitečných funkcí. Cinema4D vyniká především přívětivým, přizpůsobitelným prostředím, které se snadno ovládá a je intuitivní již při prvním spuštění. Kromě toho disponuje tato aplikace několika užitečnými rozšířeními, z nichž nejvýznamnější je *Body Paint 3D*. Tento zajímavý přídatný prvek poskytuje příležitost vytvářet textury přímo na povrchu jednotlivých modelů.

SketchUp [36] je *CAD* software nabízený v placené i neplacené variantě. Bezplatná verze postrádá moduly *Styl Builder* a *LayOut*. K cílové skupině uživatelů tohoto programu se řadí především profesionální architekti a strojní či stavební inženýři. Kromě standardních nástrojů k modelování objektů a mapování textur na jejich povrch, nabízí Google SketchUp možnost umístit daný model na libovolné místo na Zemi prostřednictvím propojení aplikace *Google Earth* se softwarem GIS. Dalším zajímavým pluginem je *SketchUp Web Exporter*, který vytvoří panoramatický snímek modelu, zahrnující celých 360 stupňů,

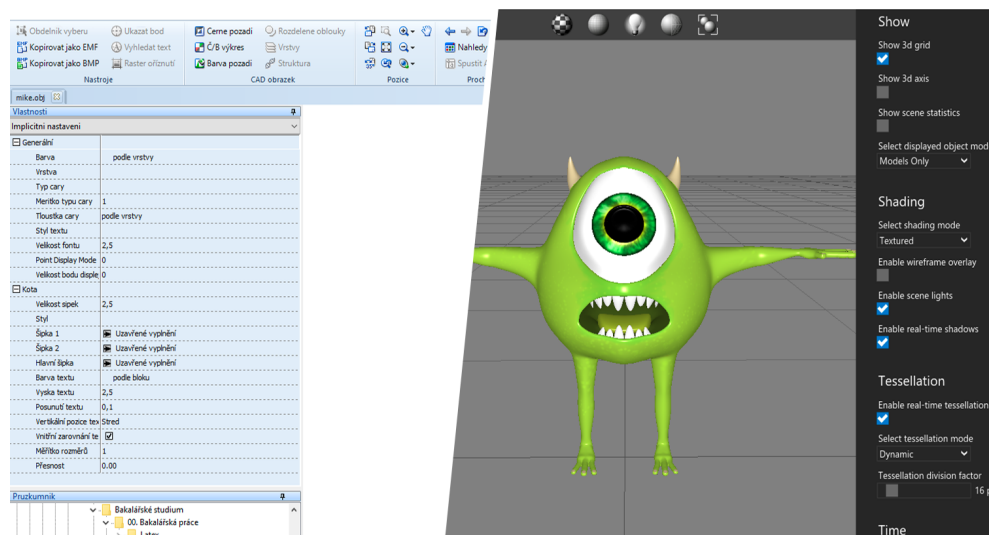
spolu s příslušným *HTML* souborem, pomocí něhož si můžeme dané panorama prohlížet.

2.1.2 Desktopové prohlížeče

Nástrojů specificky určených pouze pro prohlížení 3D modelů je podstatně méně než například nástrojů pro jejich tvorbu. Navíc jsou většinou určeny pro prohlížení modelů vytvořených pouze v jednom konkrétním software, což jejich použitelnost značně omezuje. Rozhodl jsem se proto, zabývat se pouze těmi, které jsou alespoň částečně využitelné univerzálně.

ABViewer 11 [14] je univerzální software s přívětivým uživatelským rozhraním, vytvořený společností *CADSoftTools* [16], který slouží k zobrazování, upravování a převádění 3D modelů i rastrových obrázků. Tento jednoduchý prohlížeč je poskytován v několika variantách uživatelských i plovoucích licencí, více informací viz [15].

FBX Review [10] je bezplatný, uživatelsky přívětivý nástroj specificky určený k rychlému, efektivnímu, a především interaktivnímu prohlížení 3D modelů a animací v několika základních renderovacích režimech, který je součástí portfolia aplikací společnosti *Autodesk*. Hlavní předností tohoto software je právě možnost jednoduché a svižné kontroly textur, detailů či topologie daného modelu.



Obrázek 2.1: Náhledy uživatelských rozhraní desktopových prohlížečů AB Viewer 11 a FBX Review

2.2 Webové služby

Vzhledem k tomu, že jsem nikde nenarazil na ucelený seznam webových služeb, které by umožňovaly prohlížení třídídimenzionálních modelů, provedl jsem před započítáním této práce vlastní průzkum, během něhož jsem narazil na poměrně značné množství služeb od prostých až po sofistikované, nicméně v rámci této závěrečné práce není možné zabývat se každou z nich, tudíž jsem pro její účely zvolil pouze ty nejpříhodnější zástupce. Seznam všech alespoň částečně optimálních služeb naleznete v přílohách v sekci B.2..

2.2.1 A360 Viewer

A360 Viewer [9] je univerzální webový prohlížeč třídídimenzionálních modelů, vyvinutý již několikrát zmiňovanou společností *Autodesk*, který je součástí služby inteligentního pracovního prostoru *A360*. Tento bezplatný prostý prohlížeč dovoluje elementární úpravy prostředí modelu, ale nikoli modelu samotného. Rovněž dovoluje model sdílet či tisknout jeho náhledy. V případě, že nevládníte placený účet u nadřazené služby *A360*, bude jakýkoli nahraný model po 31 dnech z vašeho účtu smazán, pokud před uplynutím této lhůty neprodloužíte jeho platnost.

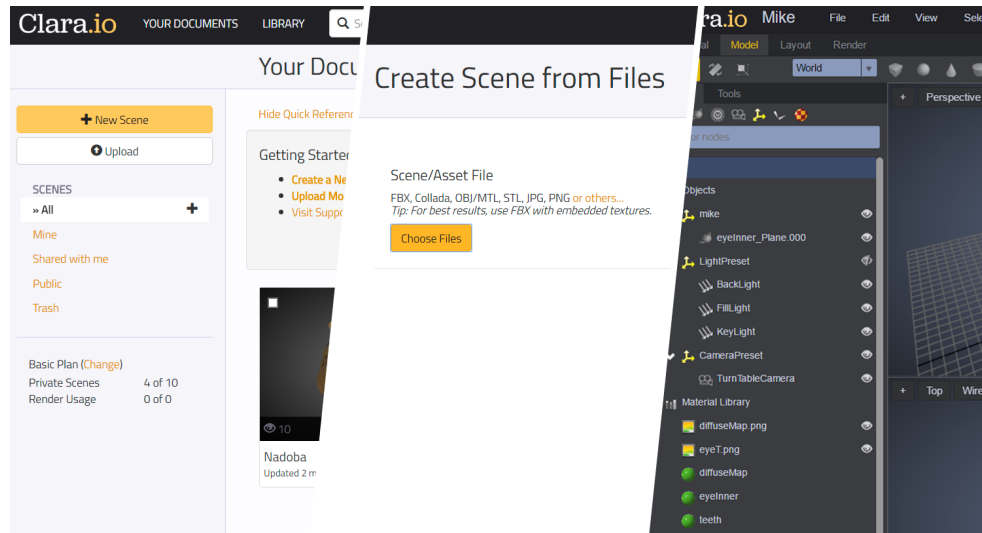
2.2.2 Augment

Augment [17] je internetová služba, zaměřená především na prezentaci produktů různých společností v rozšířené realitě, nicméně se dá využít i k prohlížení a sdílení libovolných 3D modelů. Vzhledem k jejímu primárnímu účelu, však není možné nahrané modely prohlížet přímo v internetovém prohlížeči, nýbrž si musíte do některého ze svých chytrých zařízení nainstalovat přidruženou aplikaci, ve které poté daný model zobrazíte, buď ve zvolené elementární scéně, či přímo v rozšířené realitě. Sdílet své projekty následně můžete pomocí speciálně vygenerovaného QR kódu, zasláním bezplatné textové zprávy, popř. sdílením specifického technického nákresu. Tato služba nabízí několik cenových variací viz [18].

2.2.3 Clara.io

Clara.io [51] je v podstatě poměrně sofistikovaný 3D modelář s optimalizovaným výkonem, jenž funguje v prostředí internetového prohlížeče. Kromě vytváření komplexních modelů a scén, poskytuje i nástroje k tvorbě animací. Dále nabízí knihovnu s obrovským množstvím fotorealistických materiálů a celou řadu již vytvořených modelů. Rovněž umožňuje sdílení, jak kompletních modelů pro účely prezentace koncovému uživateli, tak i těch rozpracovaných s možností spolupráce několika tvůrců. V neposlední řadě je možné nahrávat i projekty zhotovené v jiných softwarech. Tento online modelář nabízí několik

variant subskripce, více informací viz [52]. Na obrázku 2.2 je k vidění několik ukázek z uživatelského rozhraní.



Obrázek 2.2: Náhled uživatelského rozhraní webového modeláře Clara.io

2.2.4 P3D.in

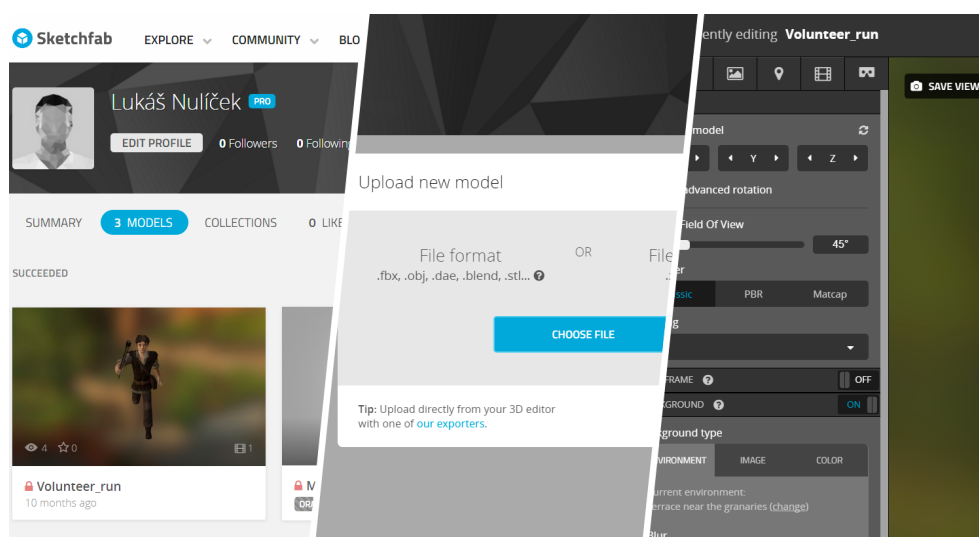
P3D.in [6] je prostá internetová galerie vytvořená ke sdílení 3D modelů, ať již jen mezi členy vývojářských týmů, tvůrcem a klientem, či přímo se širokou veřejností. S každým nahraným modelem je automaticky vygenerován skript, pomocí něhož je možné začlenit prohlížení daného modelu přímo do vlastních webových stránek. Tato galerie nabízí dva typy uživatelských účtů. Poměrně limitovaný základní účet, který je zcela zdarma, a placený účet Plus. Přehled rozdílů obou typů viz [7].

2.2.5 ShareMy3D

ShareMy3D [43] je internetová platforma určená k vizualizaci a sdílení třírozměrných modelů, jejíž cílem je pomoci společností k zviditelnění jejich produktů, čemuž mimo jiné napomáhá možnost integrace do sociálních médií a přidružené API, které poskytuje možnost zavedení daného řešení do firemních stránek. Přesto, že je možné využívat ShareMy3D zdarma, skutečný potenciál tkví v jeho placených verzích, o nichž se můžete dozvědět více zde [44]. Tato platforma ukládá všechny nahrané modely do cloudu, což souvisí s její nejvýznamnější předností, kterou je proprietární kompresní skript, díky němuž je možné zveřejnit i modely s miliony trojúhelníků.

2.2.6 Sketchfab

Sketchfab [45] je pravděpodobně nejznámější služba s nejrozsáhlejší uživatelskou základnou, jež umožňuje prohlížení, publikování a sdílení prostých i komplexních 3D projektů online i ve virtuální realitě. Tato služba, která je k dispozici v placené i neplacené variantě viz [46], oplývá širokou škálou nástrojů a funkcí, ke všem předním 3D softwarům rovněž poskytuje vlastní nástroj pro export a přímé publikování modelů. Další z jeho předností je možnost integrace, nejen do libovolných webových stránek, ale především do všech významnějších sociálních sítí, mezi které patří ku příkladu *Facebook*, *Twitter*, *LinkedIn* a *Tumblr*. Nakonec je třeba zdůraznit, že Sketchfab je neustále vyvíjen a v budoucnu slibuje několik opravdu zajímavých rozšíření. Náhled uživatelského rozhraní této webové služby viz obrázek 2.3



Obrázek 2.3: Náhled uživatelského rozhraní webové služby Sketchfab

Pro zpestření této kapitoly jsem v jejím průběhu přiložil několik náhledů uživatelských rozhraní některých vybraných prohlížečů 3D modelů. Podrobné ukázky rozhraní všech osmi vybraných prohlížečů naleznete na zdrojovém CD přiloženém k této závěrečné práci, konkrétně ve složce *ui*.

Kritéria k porovnání prohlížečů

Účelem této kapitoly je seznámení se s jednotlivými kategoriemi zvolených kritérií, jakožto i s každým jednotlivým kritériem. V neposlední řadě bude rovněž naznačeno, z jakého důvodu, či za jakým účelem, bylo to či ono hledisko zvoleno.

3.1 Vlastnosti modelu

Již dříve jsem zmiňoval, že jsou 3D modely využívány při různých příležitostech, což souvisí i s odlišnými nároky na vlastnosti daného modelu. Vzhledem k tomu, že cílem této práce je srovnání prohlížečů, nikoli modelářů či jiných sofistikovaných nástrojů, tak se zaměřím pouze na některé základní společné vlastnosti, které mohou vybrané prohlížeče nějakým způsobem omezovat.

3.1.1 Formát modelu

Existuje široké spektrum formátů třídimenzionálních modelů, nebo lépe řečeno formátů souborů, obsahujících jednotlivé modely či komplexní scény. Většina z nich původně vznikla jako proprietární formát nějakého konkrétního programu. Obvykle se tato rozsáhlá škála dělí do dvou kategorií. Rozhodujícím faktorem pro zařazení určitého formátu do příslušné kategorie je čitelnost, resp. nečitelnost, daného formátu člověkem.

Formáty interpretovatelné člověkem reprezentují data různými strukturami, které jsou pro člověka snadno pochopitelné a kontrolovatelné. Převážně se jedná o formáty popisované pomocí XML, formáty z XML vycházející či rozmanité varianty textových reprezentací. Výše popsaná organizace dat může být v určitých situacích i nevýhodná, jelikož soubory ve zmíněných formátech často dosahují větších velikostí. Typickým zástupcem této kategorie je ku příkladu formát OBJ, jehož ukázka, představující obyčejnou krychli, je k dispozici níže.

3. KRITÉRIA K POROVNÁNÍ PROHLÍŽEČŮ

```
# Blender v2.77 (sub 0) OBJ File: 'cube.blend'
# www.blender.org
mtllib cube.mtl
o Cube_Cube.001
v -1.000000 -1.000000 1.000000
v -1.000000 1.000000 1.000000
v -1.000000 -1.000000 -1.000000
v -1.000000 1.000000 -1.000000
v 1.000000 -1.000000 1.000000
v 1.000000 1.000000 1.000000
v 1.000000 -1.000000 -1.000000
v 1.000000 1.000000 -1.000000
vn -1.0000 0.0000 0.0000
vn 0.0000 0.0000 -1.0000
vn 1.0000 0.0000 0.0000
vn 0.0000 0.0000 1.0000
vn 0.0000 -1.0000 0.0000
vn 0.0000 1.0000 0.0000
usemtl Material
s off
f 2//1 4//1 3//1 1//1
f 4//2 8//2 7//2 3//2
f 8//3 6//3 5//3 7//3
f 6//4 2//4 1//4 5//4
f 1//5 3//5 7//5 5//5
f 6//6 8//6 4//6 2//6
```

Ukázka formátu 1: Ukázka souboru ve formátu OBJ

Formáty neinterpretovatelné člověkem ukládají obvykle data v jejich binární podobě, čímž pochopitelně dosahují menších velikostí. Nicméně tato kompaktnost s sebou přináší omezení v podobě uzavřenosti těchto formátů, jež poměrně komplikuje implementaci podpory daného formátu v rámci programů, knihoven či vývojových prostředí. Jako zástupce této kategorie můžeme zmínit například formát 3DS, jehož ukázka, reprezentující stejnou krychli, viz ukázka formátu 2.

```
4d4d 9801 0000 0200 0a00 0000 0300 0000
3d3d 8801 0000 ffa0 4200 0000 00a0 0f00
0000 4d61 7465 7269 616c 0010 a00f 0000
0011 0009 0000 00cc cccc 20a0 0f00 0000
1100 0900 0000 cccc cc30 a00f 0000 0011
0009 0000 00ff ffff 0040 4001 0000 4375
6265 0000 4135 0100 0010 4168 0000 0008
0000 0080 bf00 0080 bf00 0080 bf00 0080
bf00 0080 bf00 0080 3f00 0080 bf00 0080
3f00 0080 bf00 0080 bf00 0080 3f00 0080
3f00 0080 3f00 0080 bf00 0080 bf00 0080
3f00 0080 bf00 0080 3f00 0080 3f00 0080
3f00 0080 bf00 0080 3f00 0080 3f00 0080
3f20 4191 0000 000c 0002 0000 0001 0000
0002 0001 0003 0000 0003 0007 0006 0000
0003 0006 0002 0000 0007 0005 0004 0000
0007 0004 0006 0000 0000 0004 0005 0000
0000 0005 0001 0000 0000 0002 0006 0000
0000 0006 0004 0000 0005 0007 0003 0000
0005 0003 0001 0000 0030 4129 0000 004d
6174 6572 6961 6c00 0c00 0000 0100 0200
0300 0400 0500 0600 0700 0800 0900 0a00
0b00 6041 3600 0000 0000 803f 0000 0000
0000 0000 0000 0000 0000 803f 0000 0000
0000 0000 0000 0000 0000 803f 0000 0000
0000 0000 0000 0000
```

Ukázka formátu 2: Ukázka souboru ve formátu 3DS

V rámci této bakalářské práce bohužel není možné zabývat se každým individuálním formátem, a navíc to není ani jejím účelem. Zvolené prohlížeče budou porovnány s ohledem na podporu několika níže zvolených zástupců, jenž jsou odbornou veřejností považovány za jakési standardy. Nicméně případná podpora dalších formátů, bude považována za výhodu.

COLLADA [25], svobodný formát s jednoduchou strukturou vycházející z XML. V současnosti je udržován a rozvíjen dříve zmíněným konsorciem *Khronos Group*. Přípona souborů tohoto formátu *dae* („digital asset exchange“, tj. výměna digitálních zdrojů) vcelku vystihuje jeho účel a zároveň napovídá, že není určen výhradně k zobrazování 3D modelů a scénérií, nýbrž zastupuje celou škálu digitálních dat. Vzhledem k velké popularitě tohoto formátu, došlo k jeho implementaci v celé řadě aplikací a vývojových prostředí.

FBX [56], proprietární formát vyvinutý firmou *Kaydara*, v současnosti spravovaný společností *Autodesk*, který disponuje, jak binární formou, tak formou, která je člověkem interpretovatelná, což umožňuje jeho zařazení do obou výše zmíněných skupin. I když se jedná o proprietární formát, jeho specifikace je volně dostupná. Daný formát je nejvíce rozšířen v oblasti videoherního designu.

IGES [5], neutrální formát, který je dřívějším standardem především na poli dat souvisejících s CAD. Původně byl vytvořen jako projekt amerického letectva, později byl přejet *Americkým Národním institutem standardů* (ANSI). Jde o relativně komplexní a sofistikovaný formát, tudíž bývá dostupný převážně v robustnějších aplikacích. S ohledem na stáří tohoto formátu, musíme počítat s tím, že může postrádat podporu některých novějších funkcí.

OBJ [38], elementární formát ve formě textového souboru, který lze libovolně upravovat i v těch nejprostších textových editorech. Byl vyvinut, a i nyní je rozvíjen, společností *Wavefront Technologies*. Zvláštností tohoto formátu je skutečnost, že nativně nedokáže popisovat vlastnosti materiálů či textur, k tomu používá přídatné soubory ve formátu *MTL*. Řadí se mezi nejrozšířenější formáty, díky čemuž je jeho podpora zásadní.

STL [49], univerzální formát určený čistě pro 3D data, který, podobně jako formát *FBX*, disponuje oběma formami, a tudíž spadá do obou kategorií. Častěji používaná je binární forma, právě díky její kompaktnosti. Tento formát vytvořila a stále jej zastřešuje firma *3D Systems*. Nevýhodou tohoto formátu je neschopnost jakkoli reprezentovat barvy, materiály a textury, přesto je oblíbený především v oblasti 3D tisku.

STEP [28], nejdoporučovanější neutrální formát, který oplývá nejširším spektrem využití především mezi CAD systémy. Řadí se mezi standardy *Mezinárodní organizace pro normalizaci* (ISO). Nejnovější norma tohoto formátu je známá pod kódem ISO 10303-21:2016. Struktura tohoto typu souboru je, nejen velmi komplexní, ale především i modulární, což umožňuje ji přizpůsobit potřebám jednotlivých vývojářů.

Mohlo by se zdát, že není nutné srovnání dle tohoto kritéria provádět, vzhledem k tomu, že existuje poměrně obtojně množství nástrojů, které jsou schopné převodu mezi jednotlivými formáty. Nicméně opak je pravdou. Jedním z důvodů, proč tomu tak je, může být to, že daný formát vykazuje nějakou specifickou vlastnost, nepřenositelnou do jiného formátu. Příkladem této vlastnosti, například u proprietárního formátu programu Blender, je jeho schopnost popisovat materiály zkonstruované pro renderovací engine *Cycles*. Pokud bychom z daného editoru vyexportovali objekt s materiálem tohoto typu do jiného formátu, nemusí již nadále mít všechny požadované vlastnosti. Stejný problém nastává i při konverzi.

3.1.2 Formát textury

Ve své podstatě jsou textury vlastně jen obrázková data, tudíž existuje relativně velké množství formátů k jejich uchovávání. Některé z nich jsou proprietární a některé se neváží k žádné specifické aplikaci. Při tvorbě komplexního modelu, či ku příkladu modelu určenému ke zpracování herním enginem, mívá obvykle vývojář danou texturu uloženou hned v několika formátech. Právě s ohledem na tento kreativní proces, můžeme formáty textur rozdělit do tří skupin.

Zdrojové formáty stojí na začátku výše zmíněného procesu. Většinou jsou to proprietární formáty daného grafického programu, ve kterém jsou textury vytvářeny či upravovány. Tyto formáty neztrácí na kvalitě ani po mnohonásobných editacích a uloženíích, uchovávají veškeré vrstvy i barevné kanály, a navíc umožňují vyšší bitové hloubky. Charakteristickým zástupcem této skupiny je formát PSD, nativní formát grafického editoru *Adobe Photoshop* [4]. Tato kategorie formátů, i přes její nezpochybnitelný význam, nebude v nadcházejícím porovnání hrát žádnou roli, jelikož ani většina komplexních 3D modelářů nepodporuje mapování zdrojových textur na výsledný mesh.

Prezentační formáty jsou pro 3D tvorbu v mnoha jejích podobách sěžejní, jelikož bývají nejčastěji využívány k uchovávání použitých textur. Tyto formáty jsou výchozími grafickými editory exportovány ze zdrojových a poté jsou v daných modelářích namapovány na vytvářený mesh. Do této kategorie, kterou bychom mohli dále rozdělit dle formy komprese dat, spadá majorita

známých 2D grafických formátů. Právě s ohledem na některé formáty z této kategorie budou následně zvolené prohlížeče 3D modelů srovnávány.

BMP [32], starší univerzální grafický formát, vyvinutý firmou *Microsoft*, který obvykle žádným způsobem nekomprimuje uložená data, nicméně existují i varianty využívající bezztrátovou RLE [53] kompresi. BMP sice zachovává kvalitu dat, ale na druhou stranu nepřináší ani žádné výhody, tudíž se z vybraných formátů používá nejméně.

GIF [40], rastrový grafický formát, využívající bezztrátové LZW [37] komprese, který podporuje bitový alfa kanál a jednoduché animace, bohužel je schopen ukládat pouze obrázková data s maximálním počtem 256 barev. Vhodný je především pro textury s výraznými jednolitými plochami.

JPEG [50], nejrozšířenější bitmapový formát se ztrátovou DCT [31] kompresí, jenž dokáže zkomprimovat až 16 milionů barev. Vzhledem k jeho ztrátové kompresi není žádoucí v něm provádět jakékoli úpravy, rovněž není způsobilý pro textury s jednolitými plochami či ostrými hranami, jelikož zde může docházet ke *Gibbovu jevu* viz [58]. Využívá se především pro textury s velkým množstvím detailů, u kterých nevedí případná ztráta kvality.

PNG [39], slučuje přednosti předchozích dvou formátů, navíc nabízí pokročilejší alfa kanál a bezztrátovou LZ77 [33] kompresi. Tento formát rovněž udržuje informaci o gamma korekci, díky čemuž případná obrázková data udržují stejný jas na různých monitorech i tiskárnách. Ukládání, obnovování a opětovné ukládání nijak nesnižuje kvalitu uložených dat. PNG je pravděpodobně nejvhodnější formát pro většinu běžných textur.

TGA [13], rovněž označovaný **TARGA**, je prostý rastrový grafický formát, podporující uchování dat v komprimované i nekomprimované podobě. Používá se pro bitmapy různých typů, kromě informací o barvách individuálních pixelů zvládá ukládat i alfa kanál. Často se využívá při procesech tvorby fotorealistických modelů, od případných textur, přes světelné mapy, až po výsledné rendery.

TIFF [29], univerzální grafický formát, jenž byl vytvořen především pro potřeby DTP, kde je považován za neoficiální standard. Rozsáhlé spektrum informací, které je ukládáno o každém pixelu, způsobuje značný objem souborů v tomto formátu. TIFF podporuje některé z dříve uvedených kompresních metod, ale obvykle je využíván v nekomprimované podobě.

Provozní formáty jsou obvykle využívané vývojovými prostředími, mezi které patří například herní enginey, až v konečné fázi procesu. Většina z nich ukládaná data komprimuje, čímž šetří paměť a šířku pásma, nicméně tím také ztrácí určitou míru kvality, tudíž není vhodné následně uložená data jakkoli upravovat. Vzhledem k častému užívání formátů z této kategorie, použijeme rovněž i některé z nich k výslednému srovnání vybraných prohlížečů.

DDS [34], souborový formát používaný jako kontejner k uložení textur. Slovo kontejner v tomto případě znamená, že daný formát může obsahovat různě uspořádaná libovolná obrázková data různých formátů v komprimované či nekomprimované podobě a v různých bitových hloubkách.

DXT [23], kompresní formát určený k uchovávání textur, který je v současné době podporován širokým spektrem grafických karet, což mu umožňuje zůstat komprimovaným i při zpracování danou kartou, díky čemuž může být v daném projektu využito větší množství textur či textury v podstatně větší kvalitě. Tento formát je obvykle uchováván v rámci některého z kontejnerových formátů, tudíž budeme jeho podporu, resp. nepodporu, automaticky odvozovat od zmíněných formátů.

VTF [55], další kontejnerový formát určený k ukládání textur či map prostředí. Tento formát má shodné vlastnosti s výše popsáním formátem DDS, oproti němuž navíc ukládá celou řadu obrázkových příznaků.

3.1.3 Velikost (v počtu bajtů)

U tohoto vcelku zřejmého kritéria by se nejspíše nabízelo nejprve vysvětlit, jaké faktory velikost souborů, uchovávajících 3D modely, především ovlivňují. Nicméně dopracovat se k takovým činitelům by vyžadovalo detailní rozbor jednotlivých formátů daných souborů, vzhledem k tomu, že různé formáty si o stejném modelu ukládají různé množství informací a metadat. Takto zevrubná analýza by však rozsahem odpovídala kratší knize.

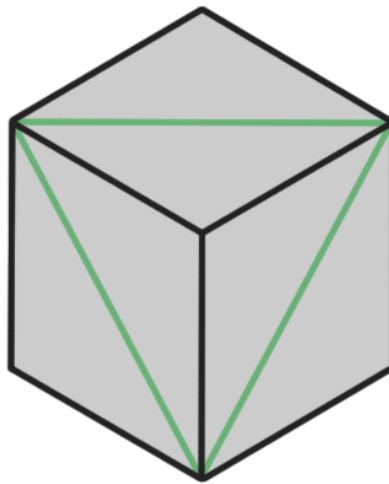
S ohledem na téma této bakalářské práce, a rovněž za účelem zachování rozumného objemu obsažených informací, jsem se rozhodl, že nebudu zmíněné faktory nijak specifikovat, a tudíž budu s kritériem velikosti modelu v počtu bajtů pracovat čistě v obecné rovině, bez ohledu na použitý formát uložených dat.

3.1.4 Velikost (v počtu trojúhelníků)

Toto hledisko, i když podobné, by na rozdíl od toho předchozího nemuselo být, zejména případnému laickému čtenáři, srozumitelné, proto se jej zde pokusím v krátkosti objasnit. Každý trojrozměrný model je v podstatě mesh, z jehož

definice, uvedené v první kapitole, víme, že se jedná o kolekci vrcholů, hran a ploch. V oblasti 3D počítačové grafiky můžeme jako synonymum k pojmu plocha uvést pojem polygon. V tuto chvíli už je snadné logickou úvahou odvodit, že každý třírozměrný model se skládá z polygonů, tudíž jejich množství představuje v určitém smyslu velikost daného modelu.

Ze stejné kapitoly rovněž víme, že nejjednodušším polygonem je trojúhelník. I když je v současné době již možné reprezentovat meshe složitějšími polygony, ve velkém množství případů, mezi které patří právě i vizualizace modelů zmíněnými prohlížeči, však stále dochází ke konverzi těchto složitějších polygonů na trojúhelníky. Pro ilustraci zmíněné problematiky uvádím na obrázku 3.1 mesh představující prostou krychli.



Obrázek 3.1: Náhled jednoduchého meshe představujícího krychli

3.2 Funkce a vlastnosti prohlížeče

V předchozí kapitole jsem v některých případech již krátce naznačil některé zajímavé funkce či vlastnosti zvolených aplikací a služeb. V této skupině kritérií budou nicméně figurovat spíše ty méně zajímavé, které jsou však zcela zásadní při práci s modely v různých sférách činnosti.

3.2.1 Zobrazení wireframe

Z definice, uvedené v první kapitole, je známo, že wireframe je síť vertexů a hran reprezentující topologii 3D objektu. V závislosti na postupu realizace daného modelu či zkušenostech tvůrce, je obvykle možné vytvořit kýžený objekt s různými variantami topologie. S ohledem na jeho účel nebo oblast jeho dalšího využití mohou být některé varianty správnější než jiné, tudíž je žá-

doucí, aby si případný spolupracovník či zákazník mohl prohlédnout, nejen výsledný model, nýbrž i jeho wireframe. Na obrázku 3.1 je k nahlédnutí wireframe krychle.

3.2.2 Zobrazení animace

Pod pojmem animace si většina z nás představí pohybující se objekt, kterým může být v podstatě cokoli, od lidské či zvířecí postavy, přes předmět až po abstraktní vzor, nebo dokonce text. Nicméně v oblasti 3D grafiky se k animaci, kromě samotného pohybu, vážou i další specifika, která se mohou měnit v čase. Mezi tato specifika se řadí například barvy, zdroje světla či úhel pohledu kamery. Při vytváření počítačových animací se využívá nejrůznějších metod, od prostého definování klíčových pozic, přes simulace fyzikálních jevů, až po motion capture. Postavy a mechanická zařízení se animují na základě kostry modelu, která je vzhledem i funkčností v mnohém podobná kostře živého organismu. Obrázek č. 3.2 znázorňuje právě jednu takovou kostru, náležící animované postavě.



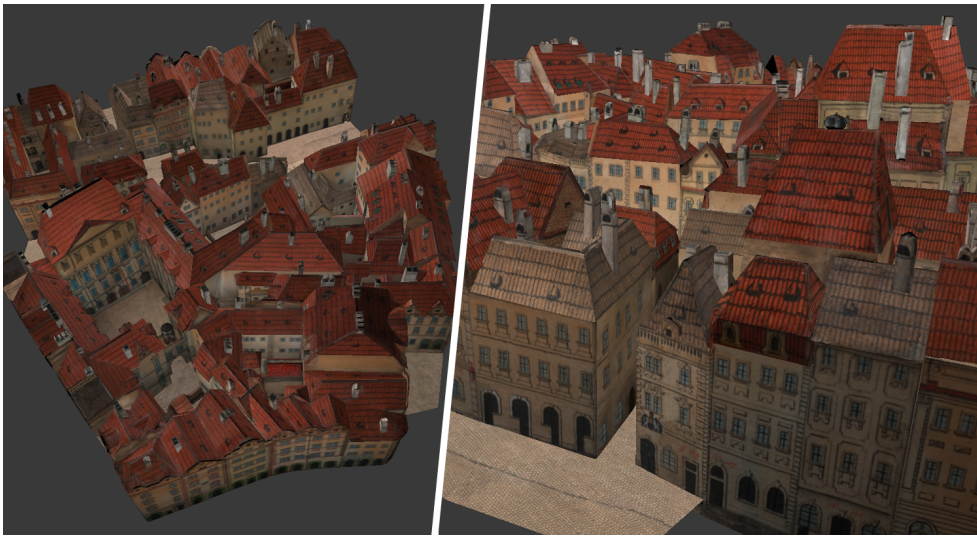
Obrázek 3.2: Kostra modelu animované postavy

Nejmarkantněji se s 3D animací setkáváme v oblasti počítačových her, animovaných klipů a kinematografie. Rovněž je nedílnou součástí světa vědeckých, lékařských a vojenských simulací, jakožto i základním stavebním kamenem simulátorů virtuální a rozšířené reality. Stále častěji však tento druh animace proniká i do sféry prezentačních nástrojů, kde pomáhá lépe vyjádřit principy, přednosti či nedostatky dané myšlenky, výrobku nebo technologie, čímž značně šetří čas i finanční prostředky. Právě rozmach v poslední zmíněné oblasti je příčinou narůstající poptávky po uživatelsky přívětivých, snadno do-

stupných, prohlížečích třírozměrných objektů, zásluhou čehož se stává podpora zobrazení animací klíčovou.

3.2.3 Zobrazení komplexních scén

Komplexní scéna může v odlišných kontextech znamenat ledacos, pro potřeby této práce bude definována, co by projekt, jenž obsahuje více než deset objektů, popř. na jednom či několika z nich využívá některého z komplexních modifikátorů, mezi které patří například částicový systém nebo animace na základě fyzikálního jevu. Komplexní 3D scenérie bývají často výhradou fantasktních krajin počítačových her, nicméně jsou mnohdy využívány i k vizualizacím reálných míst. Rovněž se používají k vyobrazení kulturních památek, které mohou být takto poskytnuty široké veřejnosti, aniž by tím byl jakkoli ohrožen stav původní pamětihodnosti. Příkladem budiž níže přiložený obrázek, na kterém je k vidění část slavného Langweilova papírového modelu Prahy [27] v digitální podobě. Tento unikát mi byl, pro účely této práce, zapůjčen ze síťové multimediální laboratoře SAGElab [41].



Obrázek 3.3: Digitální podoba Langweilova papírového modelu Prahy

3.2.4 Přidání anotace k modelu

Toto zdánlivě prosté hledisko by se mohlo zdát zanedbatelné či nedůležité, nicméně u meshů se složitější topologií, u kterých není na první pohled jasné, co která část objektu představuje, může být výstižný popis nepostradatelný. Významnou roli mohou anotace rovněž zaujímat při sdílení daného modelu během procesu jeho vývoje, popř. při jeho postupném upravování dle připomínek a přání koncového zákazníka.

3.2.5 Měření vzdáleností

Přestože v některých odvětvích 3D tvorby nejsou přesné rozměry a vzdálenosti nikterak důležité, v jiných mohou být naprosto zásadní. Mezi takové oblasti typicky patří exaktní vizualizace, strojní inženýrství a samozřejmě 3D tisk. Ve zmíněných sférách se možnost, snadného měření individuálních částí modelu či scény, nepochybně stává klíčovou, proto je bezpochyby v určité formě očekávána i v řadách vizualizačních nástrojů.

3.2.6 Spolupráce více uživatelů

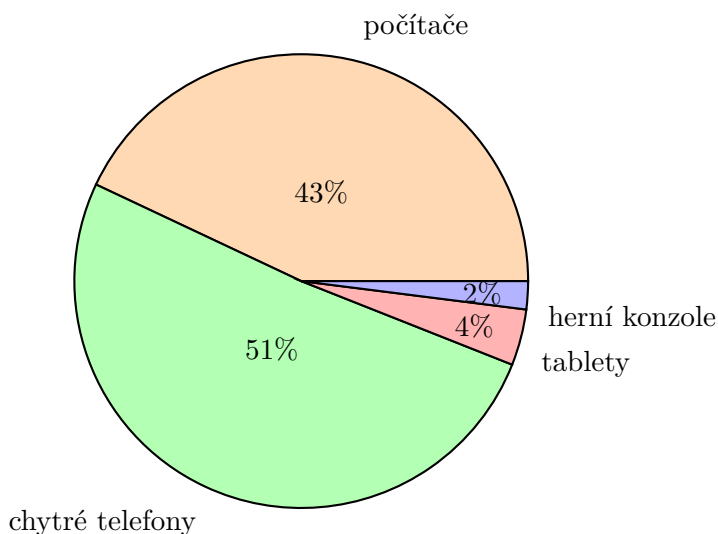
Název tohoto kritéria mluví v podstatě sám za sebe. V kontextu problematiky, kterou se tato práce zabývá, bude toto hledisko chápáno ve významu předávání změn mezi zúčastněnými stranami. V ideálním případě by mělo být možné, aby taková spolupráce probíhala v reálném čase, tedy pokud uživatel A vykoná v daném projektu nějakou změnu, tak by se tato změna měla okamžitě projevit i u uživatele B.

3.3 Kompatibilita

V dnešní době se dostávají do rukou, dokonce i těch nejzarytějších odpůrců nových technologií, nejrůznější chytrá zařízení, která nám umožňují věnovat se práci i oblíbeným aktivitám bezohledu na okolnosti či prostředí. S rozvojem těchto zařízení přirozeně narůstají rovněž i požadavky na kompatibilitu aplikací, jelikož různí lidé preferují různá zařízení, která využívají různorodé operační systémy. Na základě níže specifikovaných průzkumů byly zvoleny zástupci z řad zařízení, operačních systémů a navíc i internetových prohlížečů, vzhledem k tomu, že velká část zkoumaných nástrojů patří mezi webové služby.

3.3.1 Uživatelská zařízení

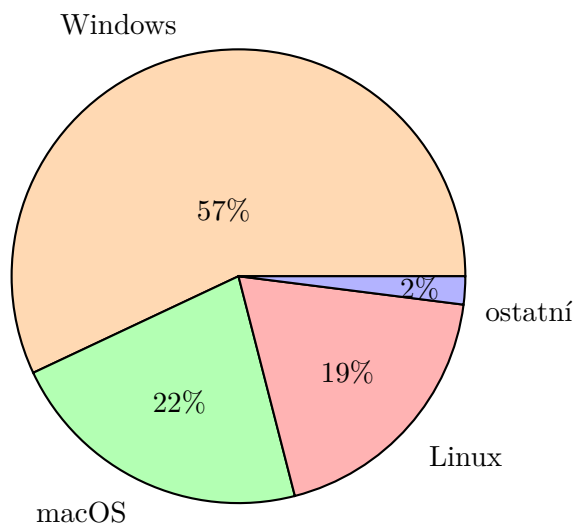
Typů uživatelských zařízení, jež by mohla být relevantní ke studované problematice, existuje celá řada, každý typ disponuje při nejmenším několika variantami a každá varianta bývá zpracována mnoha různými výrobci. S ohledem na zachování rozumného množství informací obsažených v této závěrečné práci, budou brány v potaz pouze obecné typy zařízení, vybrané na základě jejich postavení na trhu. Konkrétně jde o počítače, chytré telefony, tablety, herní konzole a simulátory virtuální reality, zařazené spíše pro zpestření. Postavení zvolených tříd na trhu je vystiženo grafem na obrázku č. 3.4. Tento graf byl sestaven na základě průzkumů publikovaných na různých webových stránkách [19] [57]. Kategorie herních konzolí bude v tomto kontextu zúžena pouze na platformy *Playstation 4* [48] a *Xbox One* [35].



Obrázek 3.4: Graf zastoupení vybraných typů uživatelských zařízení na trhu

3.3.2 Operační systémy

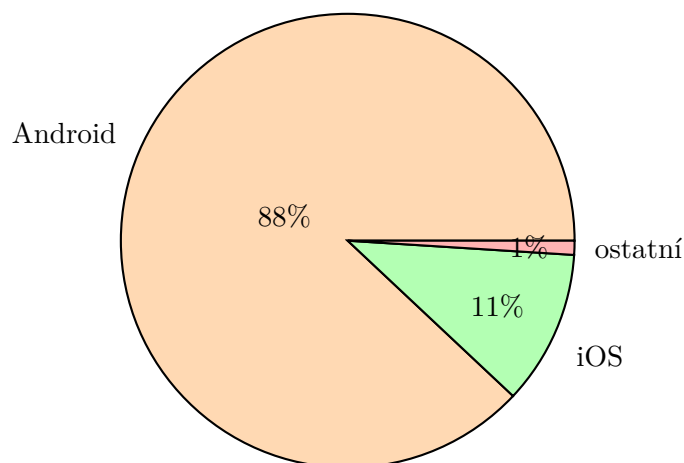
Operační systém je základní programové vybavení každého zařízení, jež uživateli umožňuje jej ovládat. Obvykle se o OS mluví především ve spojení s počítači, popř. mobilními telefony, nicméně jakýkoli přístroj, který poskytuje uživateli možnost jej nějakým způsobem kontrolovat, disponuje určitým druhem operačního systému. Avšak s ohledem na dříve uvedené typy zařízení, se tato práce zaměří pouze na nejčasteji používané počítačové a mobilní operační systémy.



Obrázek 3.5: Graf procentuálního zastoupení počítačových OS

3. KRITÉRIA K POROVNÁNÍ PROHLÍŽEČŮ

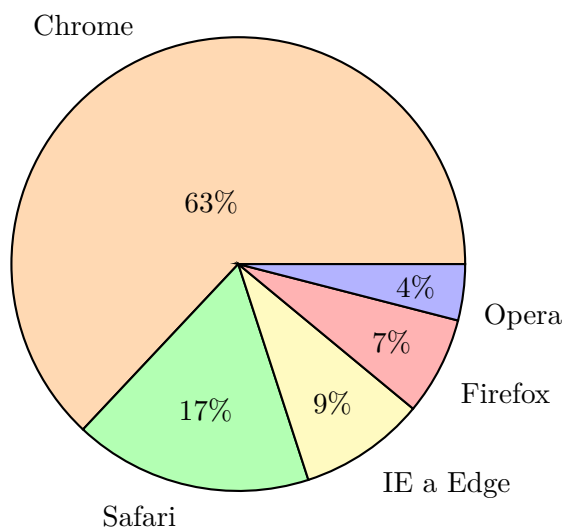
Na uvedených obrázcích (3.5, 3.6) jsou k vidění grafy procentuálního zastoupení jednotlivých operačních systémů na trhu, zhotovené s ohledem na aktuální internetové statistiky [20] [57].



Obrázek 3.6: Graf procentuálního zastoupení mobilních OS

3.3.3 Internetové prohlížeče

Značná část porovnávaných nástrojů patří mezi webové služby, z čehož vyplývá, že jsou rovněž závislé na vlastnostech internetového prohlížeče. S přihlédnutím k tomuto faktu, je nezbytné, zahrnout mezi kritéria také typy internetových prohlížečů. Graf míry oblíbenosti jednotlivých zástupců, jenž čerpá z pravidelně aktualizovaných webových statistik [21] [42], viz obrázek č. 3.7.



Obrázek 3.7: Graf procentuálního zastoupení internetových prohlížečů

3.4 Ochrana modelu

V zájmu každého tvůrce, ať už se jedná o programátora, grafického designera, spisovatele či třeba hudebního skladatele, obvykle bývá, zabránit krádeži a zneužití svého díla. Oblast 3D tvorby samozřejmě není žádnou výjimkou. V kontextu prohlížečů třírozměrných modelů se toto hledisko bude zabývat především dvěma druhy ochrany daného díla, a sice licenčními podmínkami a uživatelskými právy.

3.4.1 Licenční podmínky

Licenční podmínky vymezují vztah mezi uživatelem a poskytovatelem dané aplikace či služby, v podstatě jsou jakýmsi souhrnem jejich práv a povinností, často velmi obsáhlým. Za účelem nadcházejícího srovnání bude zjišťováno, zda si poskytovatel v některé oblasti nenárokuje nepatřičná práva.

3.4.2 Uživatelská práva

Uživatelská práva umožňují, autoru či vlastníku díla, v určitých ohledech definovat nejen zabezpečení daného díla, ale například i úroveň modifikací. U vybraných vizualizačních nástrojů bude zkoumáno, zda vůbec nabízejí možnost nastavení přístupových práv.

Srovnání prohlížečů dle zvolených kritérií

Záměrem této stěžejní kapitoly je provedení objektivního srovnání dříve představených aplikací a služeb, zaměřených na vizualizaci trojrozměrných modelů. Vlastní porovnání, prezentované ve formě smysluplně strukturovaných tabulek doprovázených případnými komentáři, je rozděleno do několika kategorií, jež přímo vycházejí z předcházejících částí této závěrečné práce. Konkrétní údaje byly čerpány z vlastních poznatků, nabytých při testování jednotlivých prohlížečů, a zároveň ze zdrojů uvedených ve druhé kapitole.

4.1 Dle vlastností modelu

V rámci předešlého oddílu byly představeny některé zcela zásadní vlastnosti, které neodmyslitelně patří k jakékoli smysluplné práci s třídímními modely, díky čemuž bezpochyby hrají podstatnou roli i v oblasti, jíž se zabývá tato bakalářská práce. V následujících sekcích je popsána a pochopitelně znázorněna míra podpory jednotlivých vlastností vybranými vizualizačními nástroji.

4.1.1 Dle formátu modelu

V průběhu předchozí kapitoly bylo podrobně popsáno několik klíčových formátů souborů, vhodných k uchování 3D projektů. Tyto formáty jsou v určitých oborech považovány za standardy, tudíž by je v ideálním případě měl umět daný vizualizační nástroj interpretovat všechny. Nicméně z hlediska realizace se již implementace korektního zpracování jednoho formátu jeví jako poměrně komplikovaná záležitost, díky čemuž se ne všichni vývojáři, jinak kvalitních prohlížečů, zabírají podporou vyššího počtu formátů. V níže uvedené tabulce č. 4.1 jsou k vidění konkrétní údaje, vztahující se ke zmíněným formátům.

4. SROVNÁNÍ PROHLÍŽEČŮ DLE ZVOLENÝCH KRITÉRIÍ

Již dříve bylo podotknuto, že 3D tvorba, ve všech svých podobách, patří mezi rychle se rozvíjející odvětví, což mimo jiné vede ke zvyšování nároků na uvedené formáty, důsledkem čehož se i standardy postupem času mění, vyvíjejí, popř. přibývají nové. Pro úplnost v tabulce č. 4.2 uvádím u jednotlivých nástrojů internetové adresy, na nichž jsou pravidelně aktualizovány kompletní seznamy podporovaných formátů. Webové služby *Augment* a *P3D.in* žádné další formáty nepodporují, ani v nejbližší době nechystají případnou implementaci.

	COLLADA	FBX	IGES	OBJ	STL	STEP
ABViewer 11	✗	✗	✓	✓	✓	✓
FBX Review	✓	✓	✗	✓	✗	✗
A360 Viewer	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Augment	✓	✗	✗	✓	✓	✗
Clara.io	✓	✓	✓	✓	✓	✓
P3D.in	✗	✗	✗	✓	✗	✗
ShareMy3D	✓	✓	✗	✓	✓	✗
Sketchfab	✓	✓	✓	✓	✓	✗

Tabulka 4.1: Srovnání prohlížečů dle formátů modelu

	URL (<i>internetová adresa</i>)
ABViewer 11	https://goo.gl/KNYzlp
FBX Review	https://goo.gl/mCxhdR
A360 Viewer	https://goo.gl/qaABJA
Augment	✗
Clara.io	https://goo.gl/Ihu2cx
P3D.in	✗
ShareMy3D	https://goo.gl/yKTB9b
Sketchfab	https://goo.gl/mDSJf9

Tabulka 4.2: Kompletní seznamy formátů podporovaných danými prohlížeči

4.1.2 Dle formátu textur

Během seznámení se s tímto kritériem byly představeny tři základní kategorie formátů textur, společně s některými zástupci. Z tabulky č. 4.3 je patrné, že prezentační formáty mají, oproti těm provozním, podstatně lepší statistiky. Za příčinou tohoto fenoménu stojí skutečnost, že se v případě prezentačních

formátů v podstatě jedná o běžné 2D obrázkové formáty, jejichž podpora byla již mnohokrát integrována do nejrůznějších prostředí, a proto bývá snažší ji implementovat. Dalším faktorem by mohl být fakt, že většina grafických editorů, ve kterých se textury nejčastěji vytvářejí, neumí, v současné době, exportovat přímo do provozních formátů.

	BMP	GIF	JPEG	PNG	TGA	TIFF	DDS	VTF
ABViewer 11	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗
FBX Review	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
A360 Viewer	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗
Augment	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Clara.io	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
P3D.in	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗
ShareMy3D	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Sketchfab	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabulka 4.3: Srovnání prohlížečů dle formátů textur

4.1.3 Dle velikosti modelu

V minulé kapitole byly zavedeny dva způsoby reprezentace velikosti třírozměrného objektu či scenerie. Maximální přípustné velikosti podporované konkrétními prohlížeči jsou vyplněny v tabulce č. 4.4 s ohledem na oba způsoby.

	v bajtech	v trojúhelnících
ABViewer 11	∞	∞
FBX Review	∞	∞
A360 Viewer	<i>2 GB</i>	-
Augment	<i>100 MB</i>	<i>1000000</i>
Clara.io	-	<i>750000</i>
P3D.in	<i>100 MB</i>	-
ShareMy3D	<i>5 GB</i>	-
Sketchfab	<i>50 MB / 100 MB / 200 MB</i>	<i>500000</i>

Tabulka 4.4: Srovnání prohlížečů dle maximální přípustné velikosti modelu

Ze shromážděných empirických dat je zřejmé, že všechny webové služby v určité míře omezují maximální přípustnou velikost případného modelu, což může znemožnit využití některé z nich v nějaké konkrétní situaci. Tato skutečnost

4. SROVNÁNÍ PROHLÍZEČŮ DLE ZVOLENÝCH KRITÉRIÍ

je více či méně stěžejní dle preferencí konkrétního tvůrce, dle požadavků daného odvětví 3D tvorby či dle sofistikovanosti výstupu konkrétního pracovního procesu. Příkladem zmiňované situace může být níže uvedený realistický model dobrodruha vytvořený procesem zvaným sculpting, jenž byl formulován v první kapitole.



Obrázek 4.1: Realistický model dobrodruha

Desktopové aplikace, oproti výše zmíněným službám, zdánlivě nepřináší v daném ohledu vůbec žádná omezení. V tomto případě totiž nestanovují únosné hranice samotné aplikace, nýbrž přímo uživatelská zařízení. V dnešní době i ta nejlevnější z nich poskytují úctyhodné prostředky, nicméně v některých specifických případech může být poměrně snadné je vyčerpat. Takovým specifickým případem je ku příkladu komplexní scéna, která na mnoha jednotlivých objektech využívá částicových systémů.

4.2 Dle funkcí a vlastností prohlížeče

V minulé kapitole bylo uvedeno několik funkcí a vlastností vyžadovaných od ideálního prohlížeče 3D modelů, některé z nich sofistikované, jiné poměrně prosté. Jejich podpora v rámci individuálních vizualizačních nástrojů je k vidění v tabulkách č. 4.5 a č. 4.6.

Nástroje ABViewer 11 a FBX Review byly v kontextu spolupráce více uživatelů vynechány, jelikož patří mezi desktopové programy a nejsou nijak propojeny s žádným serverem ani cloudovou službou, což jim implicitně znemožňuje tuto funkci implementovat. V případě zájmu, by bylo možné realizovat obdobu

této funkcionality za pomoci cloudové služby třetích stran (např. *Dropbox*, *Google Drive*) či některého verzovacího systému (např. *GIT*, *SVN*, *Mercurial*).

	wireframe	animace	komplexní scény	anotace
ABViewer 11	✓	✗	✗	✓
FBX Review	✓	✓	✓	✗
A360 Viewer	✓	✗	✓	✓
Augment	✗	✓	✗	✗
Clara.io	✓	✓	✓	✓
P3D.in	✓	✗	✗	✗
ShareMy3D	✓	✗	✓	✓
Sketchfab	✓	✓	✓	✓

Tabulka 4.5: Srovnání prohlížečů dle funkcí a vlastností (1. část)

	měření vzdáleností	spolupráce více uživatelů
ABViewer 11	✓	-
FBX Review	✗	-
A360 Viewer	✓	✓
Augment	✗	✓
Clara.io	<i>ve vývoji</i>	✓
P3D.in	✗	✓
ShareMy3D	✓	✓
Sketchfab	<i>ve vývoji</i>	✓

Tabulka 4.6: Srovnání prohlížečů dle funkcí a vlastností (2. část)

4.3 Dle kompatibility

Již dříve bylo zmíněno, že existuje široká škála uživatelských zařízení, operačních systémů i internetových prohlížečů, což značným způsobem ztížilo provedení objektivního a přesného testování kompatibility zvolených vizualizačních nástrojů. Avšak díky rozmanitosti testovacích zařízení, specifikovaných v poslední kapitole, a množství informací uvedených samotnými poskytovateli jednotlivých prohlížečů, se nakonec podařilo sestavit alespoň ucházející přehled. Nicméně stejně nemůže být stoprocentně zaručeno, že pro každý konkrétní model uživatelského zařízení, každou verzi operačního systému nebo internetového prohlížeče bude údaj uvedený ve výsledných tabulkách (4.7, 4.8, 4.9) zcela odpovídat skutečnosti.

4. SROVNÁNÍ PROHLÍZEČŮ DLE ZVOLENÝCH KRITÉRIÍ

	PC	chytrý telefon	tablet	herní konzole	VR simulátor
ABViewer 11	✓	✗	✗	✗	✗
FBX Review	✓	✓	✓	✗	✗
A360 Viewer	✓	✓	✓	✗	✗
Augment	✗	✓	✓	✗	✓
Clara.io	✓	✓	✓	✗	✗
P3D.in	✓	✗	✗	✗	✗
ShareMy3D	✓	✓	✓	✗	✗
Sketchfab	✓	✓	✓	✓	✓

Tabulka 4.7: Srovnání prohlížečů dle uživatelských zařízení

	Windows	macOS	Linux	Android	iOS
ABViewer 11	✓	✗	✓	✗	✗
FBX Review	✓	✓	✗	✗	✓
A360 Viewer	✓	✓	✓	✓	✓
Augment	✗	✗	✗	✓	✓
Clara.io	✓	✓	✓	✓	✓
P3D.in	✓	✓	✓	✗	✗
ShareMy3D	✓	✓	✓	✓	✓
Sketchfab	✓	✓	✓	✓	✓

Tabulka 4.8: Srovnání prohlížečů dle operačních systémů

	Chrome	Safari	IE a Edge	Firefox	Opera
A360 Viewer	✓	✓	<i>pouze Edge</i>	✓	✓
Clara.io	✓	✓	<i>pouze Edge</i>	✓	✓
P3D.in	✓	✓	✓	✓	✓
ShareMy3D	✓	✓	✓	✓	✓
Sketchfab	✓	✓	✓	✓	✓

Tabulka 4.9: Srovnání webových služeb dle internetových prohlížečů

4.4 Dle ochrany modelu

Z tohoto závěrečného srovnání byly úplně vypuštěny nástroje *ABViewer 11* a *FBX Review*. Jedná se o desktopové aplikace, které nejsou žádným způsobem spojeny se serverem poskytovatele, tudíž u nich nemá smysl zaobírat se licenčními podmínkami, vztahujícími se k ochraně vizualizovaného modelu.

Zabývat se uživatelskými právy je v tomto případě rovněž zbytečné, nýbrž daný model musí být případnému uživateli poskytnut kompletně, se všemi zdrojovými soubory, aby si jej mohl následně pomocí těchto programů prohlížet. Opatření, týkající se krádeže a zneužití díla, by v dané situaci musela být zajištěna smluvně.

V tabulce níže je uveden přehled zbývajících prohlížečů. Správa přístupových práv se u nich zdá být adekvátní. Všechny disponují obdobným systémem, ve kterém je umožněno nastavit, zda bude model privátní či veřejný, zda má být chráněný heslem, zda bude možné jej stáhnout a zda bude možné jej dále sdílet. Licenční podmínky nejsou zcela korektní pouze u webové služby *A360 Viewer*. Před započítím tvorby této bakalářské práce v nich bylo uvedeno, že si společnost *Autodesk* vyhrazuje právo na uchování všech nahraných modelů, a to i v případě, že je daný model původním uživatelem smazán. Po odeslání e-mailu s žádostí o vysvětlení tohoto stanoviska, došlo k odstranění této formulace, nicméně v současné chvíli se mezi právy a povinnostmi uživatele nachází tato věta: „If You delete Your Content from the Service, You understand it may persist in backup copies.“, která v češtině zní: „Pokud ze služby smažete svůj obsah, chápete, že může přetrvat v záložních kopiích“. S ohledem na předcházející situaci zní tato věta při nejmenším podezřele.

	licenční podmínky	uživatelská práva
A360 Viewer	?	✓
Clara.io	✓	✓
P3D.in	✓	✓
ShareMy3D	✓	✓
Sketchfab	✓	✓

Tabulka 4.10: Srovnání webových služeb dle možností ochrany modelu

Vizualizace určených 3D modelů

Podstatou této závěrečné kapitoly je pokus o odhalení případných problematických aspektů objevujících se během implementace vizualizací ve zvolených prohlížečích. Za tímto účelem bylo vybráno pět 3D modelů, oplývajícími odlišnými vlastnostmi. Tyto testovací subjekty byly postupně prohlíženy ve všech zmiňovaných vizualizačních nástrojích, pomocí několika různých zařízení s různými operačními systémy, která jsou specifikována v tabulce č. 5.1. Vzhledem k počtu realizovaných testování a především ke shodnosti některých analýz, budou v průběhu této kapitoly podrobněji popsány jen některé z nich.

Nejsem vlastníkem všech využívaných modelů, některé mi byly z různých zdrojů zapůjčeny pro studijní účely, tudíž zde nebudou uváděny přímé odkazy na konkrétní implementované projekty. U vypůjčených modelů je vždy uvedena citace zdroje. Pro představu budou přiloženy snímky porovnávající podobu konkrétního modelu v testovaném vizualizačním nástroji (na levé straně) a uvnitř rozhraní 3D modeláře Blender (na pravé straně). Využit ke srovnání rozhraní daného modeláře, místo renderu, se jevílo adekvátnějším.

operační systém	zařízení	specifikace
Windows 10 Pro	Dell Inspiron 7720	https://goo.gl/Xxp3KC
MacOS Sierra	MacBook Pro (late 2016)	https://goo.gl/ny6jVH
Ubuntu 17.04	Lenovo IdeaPad Z575	https://goo.gl/AAqS2D
Android Lollipop	Huawei P8	https://goo.gl/T8U3sx
iOS 10	iPhone 7	https://goo.gl/2jTl26

Tabulka 5.1: Seznam testovacích zařízení

5.1 Desktopové aplikace

V kontextu desktopových aplikací se u vizualizací ani nedá hovořit o implementaci, jelikož v podstatě stačí jen spustit danou aplikaci a přetáhnout vybraný model do jejího rozhraní, popř. jej importovat obdobným postupem, jaký by byl použit například u klasických kancelářských programů. Během takto prostého postupu je nepravděpodobná jakákoli komplikace, za předpokladu využití funkčního zařízení. V průběhu testování nebyly objeveny žádné problémy ani omezení, s výjimkou těch, která již byla v této práci uvedena.

Uživatelské rozhraní programu *AB Viewer 11* se podobá aplikacím z balíku *Microsoft Office*, u nástroje *FBX Review* by se dalo hovořit o období klasických prohlížečů obrázků. V obou případech jde o elementární a intuitivní rozhraní. S ohledem na omezení zmíněná v předchozí kapitole se jeví jako smysluplné, využívat tyto programy například k rychlým průchodům rozsáhlejších databází modelů, popřípadě k běžným revizím v průběhu daného projektu. Níže uvedený snímek reprezentuje srovnání vykreslení meshe hrnku [41] v *FBX Review* s výše zmíněným modelovacím software.



Obrázek 5.1: Srovnání vykreslení modelu mezi *FBX Review* a *Blender*

5.2 Webové služby

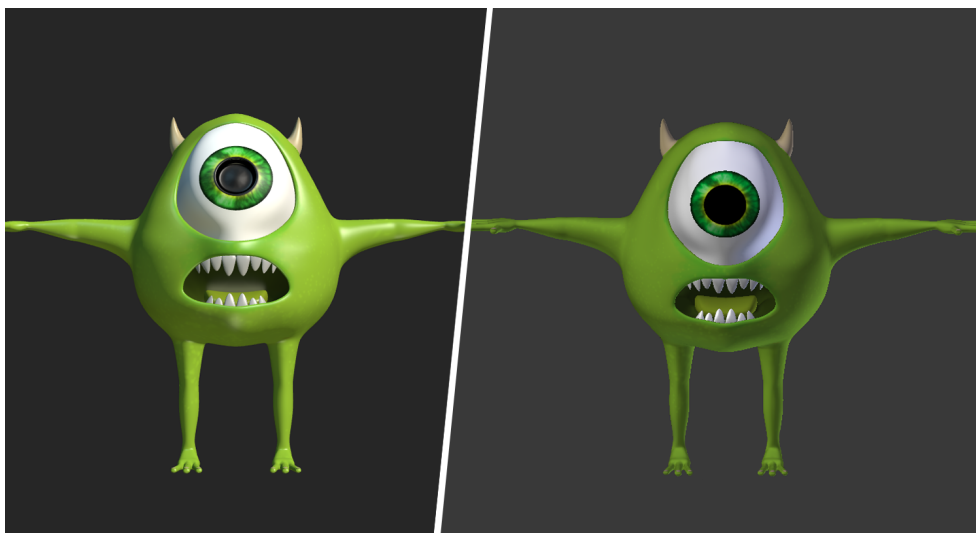
V případě webových služeb je realizace vizualizací trochu komplikovanější. Typicky je nejprve třeba vytvořit si v dané službě uživatelský účet, který může být v některých případech i zpoplatněn, viz kapitola 2. Po úspěšném vytvoření a schválení daného účtu je teprve možné nahrát zvolený model se všemi zdrojovými soubory. U rozsáhlejších projektů je stabilní připojení k internetu

nutností, v opačném případě se nahrávání nemusí podařit. Dalším krokem je nastavení kýžené podoby daného díla, které je omezeno možnostmi konkrétního nástroje. A v neposlední řadě je nezbytné nastavit správná přístupová práva, popsaná v kapitole 3. I když může tento proces znít velmi složitě, tak je ve skutečnosti poměrně snadný, jelikož všechny zkoumané prohlížeče disponují určitou formou systému, který uživatele všemi kroky provede.

Všechny testované webové služby jsou v jádru založené na knihovně WebGL, představené v kapitole 1, jejich uživatelská rozhraní se vzhledem i funkcionalitou blíží k softwarům pro tvorbu ve 3D, míra podobnosti je přímo ovlivněna sofistikovaností konkrétního nástroje. Pro případné laické uživatele je vždy k dispozici srozumitelná nápověda. V rámci testování jsem se u žádného zástupce nesetkal s problémem ani omezením, které by na něm záviselo a nebylo zde již zmíněno. S ohledem na vzájemnou podobu jednotlivých zástupců podrobněji rozeberu jen některé z nich.

5.2.1 Clara.io

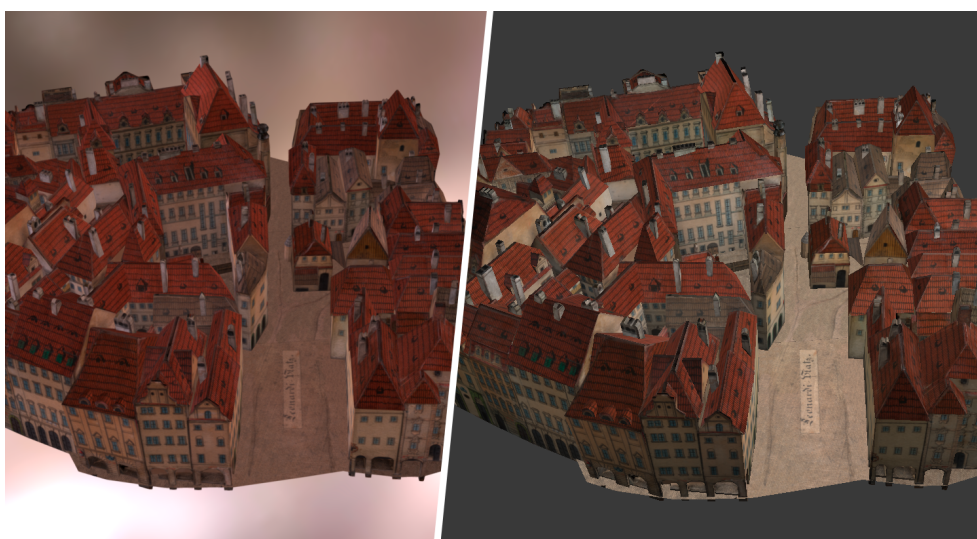
Aplikace *Clara.io* má nejkomplexnější rozhraní ze všech testovaných subjektů, které je srovnatelné s běžnými 3D modeláři. Tato výsada ji nicméně dělá prakticky nepoužitelnou pro běžného laika, avšak více než vhodnou pro člověka s alespoň základními znalostmi práce s 3D grafickým software. Využití této aplikace je odvoditelné od zmíněných modelářů. Zásadní limity v tvorbě přichází až u velmi pokročilých funkcí.



Obrázek 5.2: Srovnání vykreslení modelu mezi Clara.io a Blender

5.2.2 Sketchfab

V přehledném moderním prostředí Sketchfabu jsou chytře zkombinovány prvky modelovacích nástrojů s funkcemi čistě prezentačního charakteru. Tato služba si snadno poradí s rozsáhlými scénériemi či animovanými prvky. Nadměru užitečná je i možnost dodatečně měnit připojené textury. V roli prohlížeče 3D modelů nebyla nalezena žádná situace, ve které by nebylo možné Sketchfab použít, s výjimkou potřeby měření vzdáleností, nicméně i tato funkce by měla být brzy dostupná.



Obrázek 5.3: Srovnání vykreslení modelu mezi Sketchfab a Blender

5.2.3 P3D.in

Rozhraní vizualizačního nástroje P3D.in je nejprostším ze všech testovaných. Díky striktní podpoře jediného formátu trojrozměrných dat, kterým je navíc elementární formát OBJ, je vhodný spíše k rychlému sdílení jednodušších modelů. Při testování docházelo poměrně často k výpadkům této služby. Na obrázku č. 5.4 je k vidění srovnání vykreslení v P3D.in a v Blenderu.

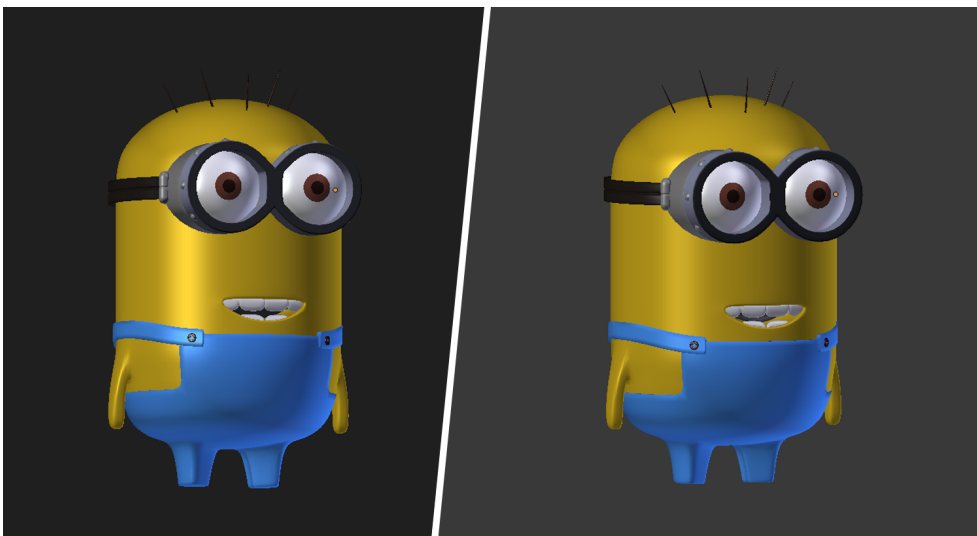
5.2.4 Augment

Augment je kombinací webové služby a mobilní aplikace. Implementační část výše popsaného procesu je prováděna v internetovém prohlížeči, prezentační část v chytrém telefonu či tabletu. Zásadním nedostatkem tohoto jinak použitavého rozložení je fakt, že během implementační části není k dispozici náhled nahraného projektu, tudíž bez zařízení disponující poskytovanou mobilní aplikací není možné daný projekt prohlížet. Zajímavou předností této služby je funkce zobrazení modelu v rozšířené realitě, která se dá využít v širokém

spektru situací. Kvalita vykreslení meshe ve službě Augment demonstruje model vázy [41] na obrázku č. 5.5.



Obrázek 5.4: Srovnání vykreslení modelu mezi P3D.in a Blender



Obrázek 5.5: Srovnání vykreslení modelu mezi Augment a Blender

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo provedení srovnání vybraných prohlížečů 3D modelů na základě zvolených kritérií, dále též vizualizace pěti určených modelů v daných nástrojích a vyhodnocení případných problémů v jejím průběhu. Požadované porovnání bylo realizováno ve formě přehledných strukturovaných tabulek s případnými komentáři. Tabulky byly sestaveny na základě zdrojů uvedených v druhé kapitole a zároveň poznatků, získaných vlastním testováním jednotlivých aplikací a služeb. Následná vizualizace byla, za účelem dosažení, co nejobjektivnějšího výsledku, prováděna systematicky na několika různých zařízeních s různými operačními systémy, a v případě webových služeb i v různých internetových prohlížečích.

Závěrem bych rád zdůraznil, že cílem této závěrečné práce nebylo zvolení jednoho konkrétního nástroje, jelikož zcela objektivní naplnění takového cíle by vyžadovalo mnohem sofistikovanější analýzu, provedenou při nejmenším několika nezávislými uživateli na několika různých zařízeních, a i přesto by se taková snaha, vzhledem k rozmanitosti požadavků jednotlivých odvětví 3D tvorby, mohla snadno stát sisyfovskou.

Literatura

- [1] Autodesk. <http://www.autodesk.cz/>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [2] Khronos group. <https://www.khronos.org/>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [3] Bohuslav Hudec a Petr Felkel. *Základy počítačové grafiky*. České vysoké učení technické v Praze, Česká technika - nakladatelství ČVUT, Tháku-rova 1, 160 41 Praha 6, 2007.
- [4] Adobe. Adobe photoshop. <http://www.adobe.com/cz/products/photoshop.html>. Navštíveno: 2016-12-18.
- [5] ANSI. Iges. <https://goo.gl/Y1020I>. Navštíveno: 2016-12-17.
- [6] Global Scanning Denmark A/S. P3d.in. <https://p3d.in/about>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [7] Global Scanning Denmark A/S. P3d.in accounts. <https://p3d.in/faq/account>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [8] Autodesk. 3ds max. <https://goo.gl/p8mfVn>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [9] Autodesk. A360 viewer. <https://a360.autodesk.com/viewer/>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [10] Autodesk. Fbx review. <https://goo.gl/5CZWAW>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [11] Autodesk. Maya. <https://goo.gl/KYW7Ug>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [12] Kevin Bonsor. How augmented reality works? <https://goo.gl/1e5rwr>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [13] Paul Bourke. Creating tga image files. <http://paulbourke.net/dataformats/tga/>. Navštíveno: 2016-12-19.

- [14] CADSoftTools. Abviewer 11. <https://goo.gl/z013Sn>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [15] CADSoftTools. Abviewer 11 pricing. <https://goo.gl/TAwQV0>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [16] CADSoftTools. Cadsofttools. <http://cadsofttools.com/company/about/>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [17] et. al. Chianetta, Jean-Francois. Augment. <http://www.augment.com/>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [18] et. al. Chianetta, Jean-Francois. Augment pricing. <http://www.augment.com/pricing/>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [19] Stats Counter. Desktop vs mobile vs tablet market share worldwide. <https://goo.gl/6FR7s5>. Navštíveno: 2017-04-28.
- [20] Stats Counter. Os market share worldwide. <http://gs.statcounter.com/os-market-share>. Navštíveno: 2017-04-28.
- [21] W3 Counter. Browser and platform market share. <https://www.w3counter.com/globalstats.php>. Navštíveno: 2017-04-28.
- [22] Blender Foundation. Blender. <https://www.blender.org/about/>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [23] Epic Games. Dxtc examples and technical comparison. <https://goo.gl/RGZBwd>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [24] Maxon Computer GmbH. Cinema4d. <https://goo.gl/RQZP89>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [25] Khronos Group. Collada. <https://www.khronos.org/collada/>. Navštíveno: 2016-12-17.
- [26] Khronos Group. WebGL. <https://www.khronos.org/webgl/>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [27] Muzeum hlavního města Prahy. Langweilův model Prahy. <http://www.langweil.cz/projekt.php>. Navštíveno: 2017-04-28.
- [28] ISO. Step application handbook. <https://goo.gl/wj9gN6>. Navštíveno: 2016-12-17.
- [29] Evropská komise. Tagged image file format (tiff). <http://ec.europa.eu/ipg/standards/image/tiff/>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [30] Brian Krassenstein. What is 3d printing and how do 3d printers work? <https://goo.gl/tgdCm3>. Navštíveno: 2016-11-01.

-
- [31] Ličev Lačezar. Dct - diskrétní kosinová transformace. <http://www.cs.vsb.cz/licev/lzsI//dct.html>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [32] Microsoft. Bitmap storage. <https://goo.gl/P0ZDct>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [33] Microsoft. Lz77 compression algorithm. <https://goo.gl/Rh5miV>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [34] Microsoft. Programming guide for dds. <https://goo.gl/4zB6pN>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [35] Microsoft. Xbox one s. <https://goo.gl/Tt0CB3>. Navštíveno: 2017-04-28.
- [36] Trimble Navigation. Google sketchup. <http://www.sketchup.com/about/sketchup-story>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [37] Mark Nelson. Lzw data compression. <https://goo.gl/hPJJKs>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [38] Martin Reddy. Object files. <https://goo.gl/wYXik>. Navštíveno: 2016-12-17.
- [39] Greg Roelofs. A basic introduction to png features. <https://goo.gl/BqHBs1>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [40] Root.cz. Grafický formát gif. <https://goo.gl/c4B9b0>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [41] SAGELab. Laboratoř sagelab. <https://sagelab.cesnet.cz/cz/o-laboratoři/>. Navštíveno: 2017-04-28.
- [42] W3 School. Browser statistics. <https://www.w3schools.com/browsers/>. Navštíveno: 2017-04-28.
- [43] ShareMy3D. Sharemy3d. <https://sharemy3d.com>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [44] ShareMy3D. Sharemy3d price calculator. <https://sharemy3d.com/pricing>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [45] Sketchfab. Sketchfab. <https://sketchfab.com/about>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [46] Sketchfab. Sketchfab plans. <https://sketchfab.com/plans>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [47] Virtual Reality Society. What is virtual reality? <https://goo.gl/Rfk82Z>. Navštíveno: 2016-11-01.

- [48] Sony. Playstation 4. <https://www.playstation.com/cs-cz/explore/ps4/>. Navštíveno: 2017-04-28.
- [49] 3D Systems. What is an stl file? <https://goo.gl/B2xfRU>. Navštíveno: 2016-12-17.
- [50] JPEG Systems. Jpeg. <https://jpeg.org/about.html>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [51] Exocortex Technologies. Clara.io. <https://clara.io/>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [52] Exocortex Technologies. Clara.io pricing plans. <https://clara.io/pricing>. Navštíveno: 2016-11-01.
- [53] Mezinárodní telekomunikační unie. Run-length color encoding. <https://goo.gl/G7NTsz>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [54] G truc Creation. Opengl 4.3 pipeline. <http://www.g-truc.net/post-0580.html>. Navštíveno: 2016-11-4.
- [55] Valve. Valve texture format. <https://goo.gl/97EuuV>. Navštíveno: 2016-12-19.
- [56] Daniele Vettorel. A quick tutorial about the fbx ascii format. <https://goo.gl/iTxM8d>. Navštíveno: 2016-12-17.
- [57] Wikipedia. Usage share of operating systems. <https://goo.gl/U0sDuz>. Navštíveno: 2017-04-28.
- [58] Příspěvatelé Wikipedie. Gibbs phenomenon. https://en.wikipedia.org/wiki/Gibbs_phenomenon. Navštíveno: 2016-12-19.

Seznam použitých zkratk

- 2D** Dvourozměrný
- 3D** Trojrozměrný
- ANSI** American National Standards Institute
- API** Application Programming Interface
- AR** Augmented Reality
- BMP** BitMaP
- CAD** Computer Aided Design
- COLLADA** Collaborative Design Activity
- CD** Compact Disc
- CPU** Central Processing Unit
- DCT** Discrete Cosine Transform
- DDS** DirectDraw Surface
- DTP** DeskTop Publishing
- FBX** FilmBoX
- GIS** Geografický Informační Systém
- GIF** Graphics Interchange Format
- GPU** Graphic Processing Unit
- HTML** HyperText Markup Language
- IGES** Initial Graphics Exchange Specification

A. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ISO International Organization for Standardization

JPEG Joint Photographic Experts Group

LZW Lempel-Ziv-Welch

MTL Material Template Library

OpenGL Open Graphics Library

OBJ Object File

OS Operační Systém

PC Personal Computer

PNG Portable Network Graphics

PSD Photoshop Document

QR Quick Response

RLE Run-Length Encoding

STEP Standard for the Exchange of Product Data

STL STereoLithography

TARGA Truevision Advanced Raster Graphics Adapter

TGA Truevision Graphics Adapter

TIFF Tagged Image File Format

URL Uniform Resource Locator

VR Virtual Reality

VTF Valve Texture Format

WebGL Web Graphics Library

XML Extensible Markup Language

Strukturovaný seznam prohlížečů 3D modelů

B.1 Desktopové aplikace

B.1.1 Software pro tvorbu ve 3D

123D <http://www.123dapp.com>

3D Coat <http://3dcoat.com/home/>

3Ds Max <https://goo.gl/p8mfVn>

Blender <https://www.blender.org>

Cinema 4D <https://goo.gl/RQZP89>

Daz Studio https://www.daz3d.com/get_studio

Houdini <https://www.sidefx.com>

LightWave 3D <https://www.lightwave3d.com/overview/>

Maya <https://goo.gl/KYW7Ug>

Modo <https://www.thefoundry.co.uk/products/modo/>

Mudbox <https://goo.gl/a0DtPv>

Sculptris <http://pixologic.com/sculptris/>

SketchUp <http://www.sketchup.com>

Wings 3D <http://www.wings3d.com>

ZBrush <https://goo.gl/7VSTsD>

B.1.2 Desktopové prohlížeče

ABViewer 11 <https://goo.gl/z0l3Sn>

3D View Station <https://goo.gl/3EhGC3>

BIMx Desktop Viewer <https://goo.gl/REaHvv>

FBX Review <https://goo.gl/5CZWAW>

Open 3D Model Viewer <http://www.open3mod.com>

SketchUp Viewer <https://goo.gl/zqc3AZ>

Studio Viewer <https://goo.gl/DptSVG>

Viewer Basic <https://goo.gl/s1UU7N>

B.2 Webové služby

3D Viewer <http://3dviewer.net>

3D Viewer Online <https://www.3dvieweronline.com/>

A360 Viewer <https://a360.autodesk.com/viewer/>

Augment <http://www.augment.com/>

Babel3D <https://www.babel3d.com/>

Cortona 3D Viewer <http://www.cortona3d.com/cortona3dviewer>

Clara.io <https://clara.io>

Marmoset Viewer <https://www.marmoset.co/viewer>

P3D.in <https://p3d.in>

ShareCAD <http://beta.sharecad.org>

ShareMy3D <https://sharemy3d.com>

Sketchfab <https://sketchfab.com>

Obsah přiloženého CD

	readme.txt.....	stručný popis obsahu CD
	src.....	adresář se zdrojovými soubory textu práce
	thesis.tex.....	zdrojová forma práce ve formátu $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$
	thesis.pdf.....	text práce ve formátu PDF
	ui.....	adresář s ukázkami uživatelských rozhraní vybraných prohlížečů