

Optimalizace 3D modelů pro virtuální realitu

Miroslav Bednář¹, David Krákora¹, Michal Šimon¹

¹ Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Univerzitní 8, 306 14, Plzeň, Česká republika
bednarm@kp.v.zcu.cz
krakorad@kp.v.zcu.cz
simon@kp.v.zcu.cz

Anotace: Článek se zabývá analýzou 3D modelů vytvářených v různých CAD softwarech, které se hojně využívají napříč celým průmyslem a jejich implementací do virtuální reality. Tyto modely jsou velice náročné pro výpočet v softwarech používaných pro virtuální realitu. Z tohoto důvodu bylo potřebné zjistit, jaký program a jaké nastavení exportů je nejvhodnější pro implementaci do VR.

1 Úvod

Hlavním tématem tohoto článku je Optimalizace 3D modelů pro virtuální realitu. Obecně lze 3D modely rozdělit do dvou základních skupin: modely vytvořené CAD softwary a modely vytvořené pomocí alternativních modelovacích softwarů. První skupina se vyznačuje velkou náročností na tvorbu, jelikož v sobě musí obsahovat veškeré součástky, které v sobě reálný model má. Tyto modely jsou pro virtuální realitu takřka nepoužitelné, jelikož jejich složitost je pro vykreslování v programech pro tvorbu a úpravu aplikací do VR vysoce náročná. Aplikace totiž vykresluje veškeré součástky, které v sobě daný model má, a to i přesto, že tyto součástky nejsou skrze různé pláště a kryty vidět. Druhou skupinu tvoří modely tvořené v alternativních programech pro modelování, jako je například Blender, SketchUp, 3Ds Max, či Maya. V těchto programech se modely tvoří jiným způsobem, a to zejména tak, že je tvořen pouze viditelný obsah, nikoliv funkční prvky daného modelu. Tyto modely jsou tak přizpůsobené k dalšímu použití a úpravám, díky kterým lze tyto modely (zejména díky jejich jednoduchosti) implementovat do aplikací pro virtuální realitu. Většina těchto programů disponuje možností úprav základních vlastností modelů, jako je vzhled, funkčnost a pohyblivost. Mezi tyto základní úpravy patří například texturování, animování, renderování, atd.

Cílem tohoto výzkumu bylo tedy zoptimalizovat postup při převodu 3D modelů z CAD softwarů do programů zabývajících se tvorbou aplikací pro virtuální realitu. Hlavním důvodem je využívání průmyslových modelů pro virtuální návodky, které slouží především k zjednodušení procesu zaškolení nových zaměstnanců. Díky tomu není potřeba zastavovat linku pro zaškolení nových zaměstnanců, ale vše je možné provádět přímo ve VR. Další využití těchto modelů ve virtuální realitě může být při navrhování pracovišť, kdy se celé

pracoviště navrhuje ve 3D. Toto pracoviště se poté převádí do virtuální reality a následně je možné jej upravovat dle nedostatků zjištěných přímo ve vytvořené aplikaci. Díky tomu není potřeba zastavovat výrobní halu novými pracovišti a poté je postupně upravovat, ale tento celý proces může být uskutečňován přímo ve VR. Další výhodou tvorby pracoviště ve VR je možnost optimalizace tohoto pracoviště na základě ergonomické analýzy, kterou lze rovněž provádět přímo v aplikacích na virtuální realitu, a to především díky spojení brýlí na virtuální realitu a senzorů z různých obleků, které lze automaticky propojit právě s těmito aplikacemi.

2 CAD softwary

Tato kapitola popisuje nejpoužívanější CAD softwary a jejich možnosti pro import a export 3D modelů. Slouží jako základ pro pochopení modelování v těchto softwarech a také pro pochopení základů převodů formátů.

Co je vlastně CAD? Z anglického „computer-aided design“ se do češtiny překládá jako počítačem podporované projektování. Jde o velkou oblast IT, která zastřešuje širokou činnost navrhování. Jednoduše lze říct, že se jedná o používání pokročilých grafických programů pro projektování, místo rýsovacího prkna. CAD aplikace vždy obsahují grafické, geometrické, matematické a inženýrské nástroje pro kreslení plošných výkresů a modelování objektů a dějů reálného světa. Pokročilejší řeší výpočty, analýzy a řízení systémů (výroby, zařízení). Blízkým příbuzným je také oblast počítačových vizualizací, protože virtuální 3D návrhy jsou často klientům prezentovány ve formě fotorealistických vizualizací. [1]

Rozdělení:

- obecné CAD systémy
 - 2D
 - 3D
 - objemové
 - povrchové
- specializované CAD systémy
 - strojírenství – CAM (computer-aided manufacturing), CAE (computer-aided engineering)
 - stavebnictví a architektura – AEC (Architecture-Engineering-Construction), BIM (Building Information Model), CAAD (Computer-aided architectural design)
 - potrubní systémy a technické zařízení budov
 - liniové a dopravní stavby
 - správa nemovitostí – FM (Facility Management)
 - elektrotechnika – PCB (Printed Circuit Boards), EDA (Electronic design automation)
 - územní plánování a geografie – GIS (Geographic Information Systems) [2]

Mezi nejznámější CAD softwary patří:

- Autodesk Inventor
- SolidWorks
- Catia
- NX
- Fusion 360
- AutoCAD
- CorelCAD
- Solid Edge

Pro výzkum složitosti exportovaného 3D modelu byly zvoleny programy: Autodesk Inventor 2019, Catia V5R20, SolidWorks 20/21 a NX12, jelikož jsou to programy, se kterými se nejčastěji setkáme v průmyslových podnicích.

3 Optimalizace 3D modelů

Další částí tohoto článku popisuje již samotnou optimalizaci 3D modelů, kdy bylo potřeba vyzkoumat složitost modelů vytvářených různými CAD programy pro programy, které se zabývají tvorbou aplikací do VR. Tato složitost se zjišťuje dle počtu polygonů, které jsou základem pro výpočet vizuální stránky modelu. Dle počtu polygonů lze vytvářet různě kvalitní 3D modely. Modely, které mají málo polygonů jsou tzv. low-poly a nejsou moc kvalitní. Tyto modely jsou však velice přívětivé pro tvorbu aplikací do VR. Nejsou příliš náročné na výpočet a není proto potřebná výkonná výpočetní soustava, ale stačí počítač, či třeba mobilní telefon. Naopak high-poly modely, které mají velké množství polygonů jsou vysoce kvalitní a odráží se to v potřebném výkonu zařízení, které tyto modely přehrává. Pro filmařinu jsou tyto modely základním kamenem a je proto potřebný vysoce výkonný počítač, či výpočetní stanice, která dokáže převést takto kvalitní modely s pomocí renderování do filmu.

Samotný výzkum zabývající se počtem polygonů daných vymodelovaných částí se zaměřuje na konstrukční CAD programy, které jsou základem každého konstruktéra. Tyto programy však nejsou příliš přívětivé pro převod do aplikací, které se používají například pro virtuální 2D a 3D návodky, či přímo pro aplikace vytvářené ve virtuální realitě. Právě proto je potřeba vyzkoumat složitost modelů, které se vytváří v různých CAD programech.

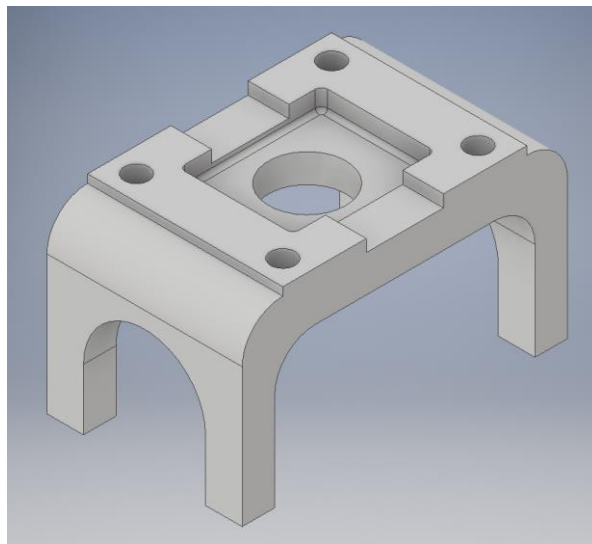
Pro výzkum byly zvoleny základní CAD programy, se kterými se setkáme v různých společnostech. V těchto programech byl vytvořen stejný model o stejných rozměrech. Poté byl daný model vyexportován do jednotného formátu, který je možné naimportovat do aplikace Blender, která se využívá právě pro tvorbu 3D modelů a ve které je možné zjistit složitost modelu právě z hlediska polygonů.

Postup tohoto výzkumu byl tedy následující:

1. Vytvoření jednotného modelu o stejných rozměrech v různých CAD programech
2. Export modelů na .stl, popřípadě .obj (u některých programů je možná volba kvality modelu – u této možnosti byly zvoleny všechny varianty)
3. Import modelů do aplikace Blender a zjištění počtu polygonů
4. Porovnání velikostí vyexportovaných souborů

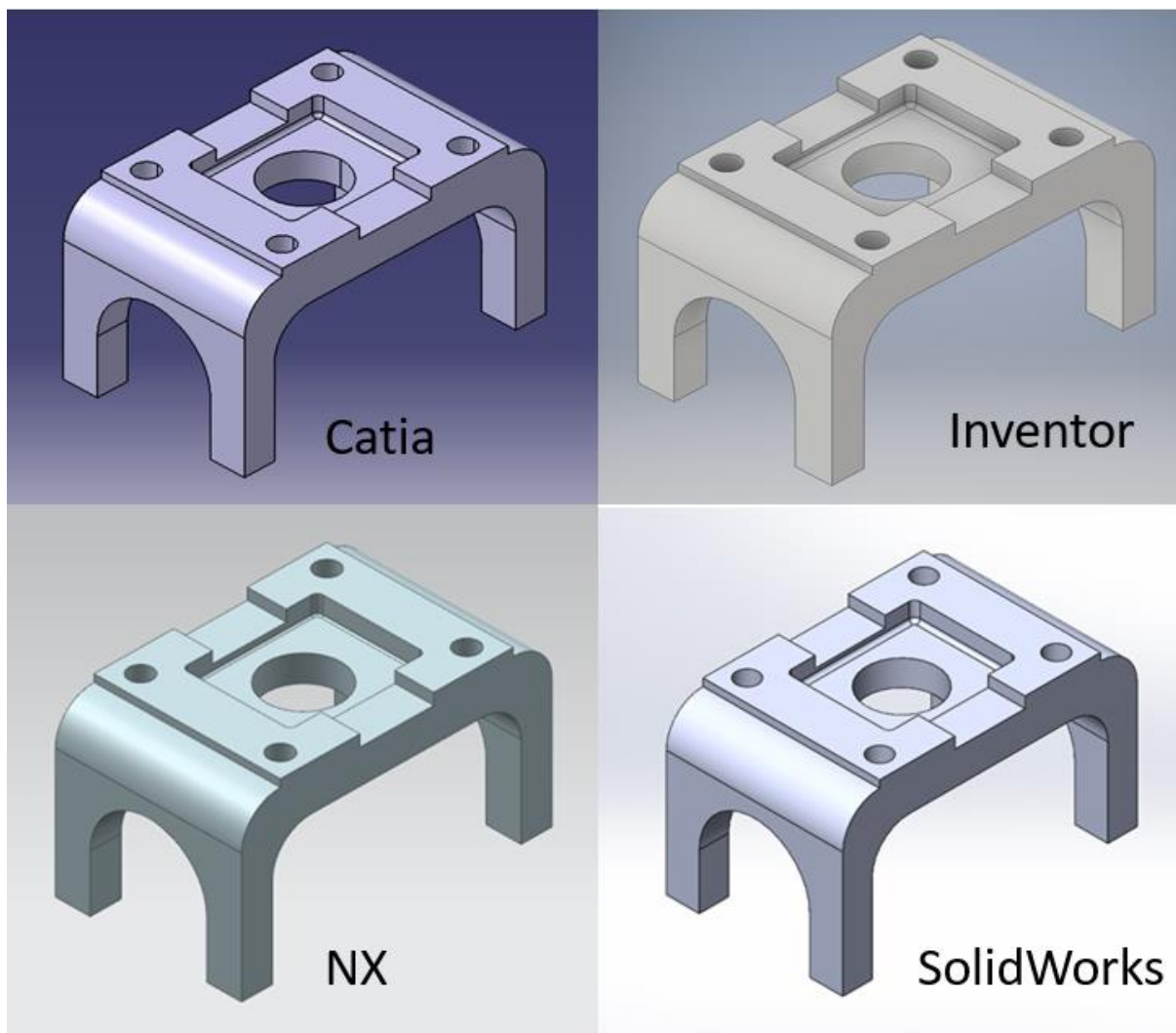
Při tvorbě modelu ve zmíněných programech byl velký důraz kladen na tvorbu zaoblených ploch, které bývají při exportu nejnáročnější a obsahují nejvíce polygonů, jelikož tyto programy používají pro výpočet těchto ploch jiný algoritmus, než programy pro tvorbu aplikací a je tedy jednodušší tyto modely převést do 3D podoby.

Na následujícím obrázku je 3D model, který byl zvolen jako výchozí:



Obrázek 1 - 3D model pro výzkum

Tento model o stejných rozměrech byl vytvořen ve všech zvolených CAD programech. Model byl sestaven ze stejného materiálu, avšak vizualizace se v různých programech liší. Porovnání vizualizace těchto modelů v těchto programech je na následujících obrázcích:



Obrázek 2 - Všechny CAD modely

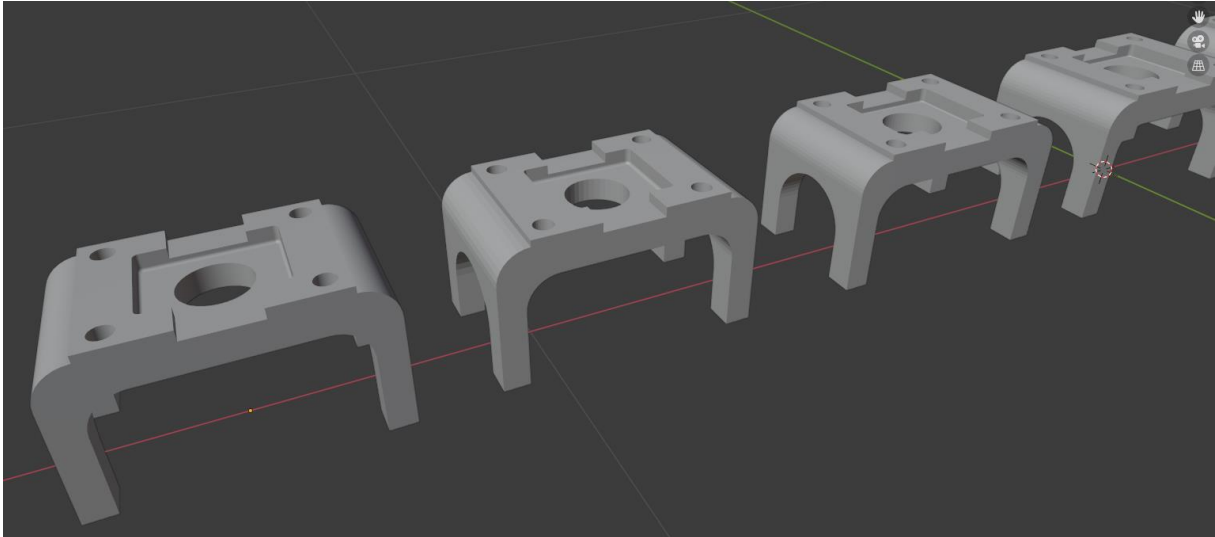
Tyto modely byly exportovány do formátu, který podporuje Blender. Po exportu bylo již možné zjistit velikost daného modelu. Tyto velikosti jsou základem pro zjištění složitosti modelu, avšak nejsou dostatečně vypovídající o složitosti z hlediska počtu polygonů.

Tabulka 1 - Porovnání velikostí modelů

CAD	Velikost
Catia	315 kB
Inventor	234 kB
NX	346 kB
SolidWorks	183 kB

Z tabulky výše je patrné, že největší model vytváří program NX, naopak nejmenší je z programu SolidWorks. Jak již bylo ale zmíněno, velikost nemusí vypovídat o složitosti 3D modelu, ale je jedním ze základních parametrů pro volbu vhodného programu pro tvorbu těchto modelů.

Po exportu modelů do formátu .stl a zjištění jejich velikostí bylo potřeba tyto modely nainportovat do programu Blender. Zde měli tyto modely různou vizualizaci, která se odlišuje především díky počtu polygonů, které vykreslují daný model.



Obrázek 3 - Vykreslení modelů v Blenderu

Na obrázku výše je poznat rozdíl ve vykreslení modelů v Blenderu, kdy některé modely nevypadali zaobleně, což způsobuje právě menší počet polygonů.

4 Výsledek

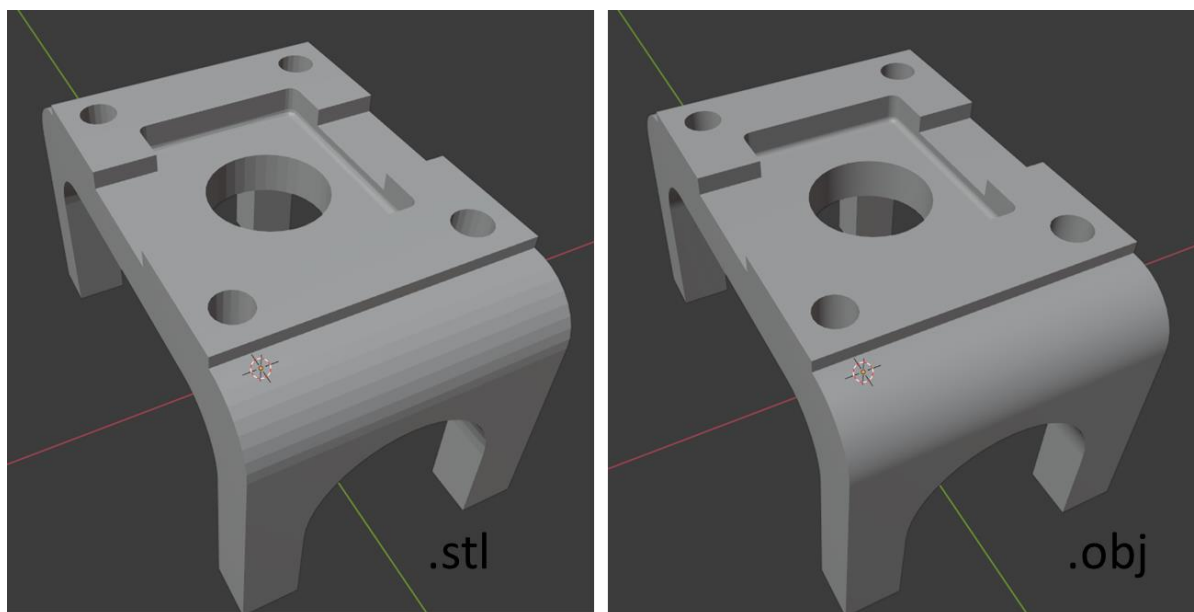
Jak již bylo zmíněno, nejdůležitější částí pro výzkum bylo zjištění počtu polygonů (triangles), bodů (vertices) a hran (edges) každého z modelů, jelikož právě tyto hodnoty vypovídají o tom, zdali je 3D model možno implementovat do aplikace pro virtuální realitu. Porovnání těchto modelů z hlediska těchto parametrů je na následující tabulce.

Tabulka 2 - Porovnání vlastností modelů

CAD	Vertices	Edges	Triangles
Catia	541	1 647	1 098
Inventor - Low	594	1 806	1 204
Inventor - High	2 498	7 518	5 012
NX	993	3 003	2 002
SolidWorks - Low	428	1 308	872
SolidWorks - High	1 117	3 375	2 250

Z této tabulky lze vidět, že nejvýhodnější pro tvorbu 3D modelů vhodných pro implementaci do aplikací určených pro průmysl, jako jsou 2D, 3D a VR návody je program SolidWorks, který se svou Low verzí modelu má hodnotu 872 polygonů. Pro využívání programu SolidWorks bylo zjištěno, že tento program je možné pořídit ve 3 komerčních a 3 výukových verzích a zkušební licence tohoto CAD programu je na 2 týdny. Dalším vhodným programem je Catia, která je ovšem poněkud složitější a je vhodná spíše pro konstruktéry než pro začátečníky, kteří chtějí modelovat v CAD programech. Pro ty je spíše vhodný program Inventor, který je možné jako student získat zdarma.

Při volbě nejvhodnějšího CAD programu bylo ovšem potřeba také uvažovat o možnostech exportu v různých formátech, jelikož každý formát se převede do dalšího programu jinak, a tudíž i jeho vizuální stránka může být jiná. Po několika pokusech bylo zjištěno, že nejvhodnějším formátem pro export 3D modelů z CAD programů je formát .obj, který dokáže jednoduše vykreslit zaoblenou hranu s menším množstvím polygonů. Z toho důvodu bylo potřeba zvolit kompromis, mezi programem, který vytvoří model s nejmenším počtem polygonů a programem, který dokáže vyexportovat formát .obj. Jelikož toto nezvládá ani jeden ze softwarů Catia a SolidWorks, byl jako nejvýhodnější CAD program pro tvorbu 3D modelů pro aplikace upravující modely pro virtuální realitu zvolen program Autodesk Inventor. [3]



Obrázek 4 - Rozdíly mezi formáty

5 Závěr

Tento článek analyzoval složitost 3D modelů vytvářených v různých CAD softwearech vyexportovaných pro programy tvořící modely pro virtuální realitu. Při analýze byly zjištěny rozdíly v počtu polygonů při exportu z různých CAD softwarů. Z tohoto hlediska vyšel jako nejvhodnější program pro tvorbu 3D modelů do aplikací ve virtuální realitě program SolidWorks, který při nastavení low quality modelu měl pouhých 872 polygonů. Jelikož však tento model ve formátu .stl nedokázal dobře vykreslit zaoblené hrany, bylo potřeba nalézt optimální řešení pro tvorbu 3D modelů v CAD, které by mělo kvalitnější vizuální stránku. Z toho důvodu bylo vyexportováno několik dalších formátů, které jsou kompatibilní s programy pro tvorbu aplikací do VR. Jako nejvhodnější se jevil formát .obj, který lze importovat do spousty dalších programů. Tento formát dokáže vyexportovat program Autodesk Inventor, který při exportu vytvořeného modelu při nižším nastavení kvality modelu vykazoval 1204 polygonů. Inventor byl tedy zvolen jako optimální CAD software pro tvorbu 3D modelů a to zejména z hlediska poměru počet polygonů vs. kvalita vykreslování v modelovacích programech pro VR.

Poděkování

Tento článek byl vytvořen za podpory interního grantu Západočeské univerzity v Plzni číslo SGS-2021-028 s názvem Vývojové a tréninkové prostředky pro interakci člověka a kyber-fyzického výrobního systému.

Použité zdroje

- [1] **Procore Technologies, Inc.** What is Computer-Aided Design (CAD) and Why It's Important. [Online] [Citace 16. 9. 2021.]
<https://www.procore.com/jobsite/what-is-computer-aided-design-cad-and-why-its-important/>
- [2] **CADBIM.CZ - CADBIM WIKI – CAD.** CAD. [Online] [Citace 16. 9. 2021.]
- [3] **technology-support, trvalá podpora vašich provozů.** CAD, standardy, rozdělení, možnosti, formáty sdílení dat, překladače. [Online] [Citace 17. 9. 2021.]