

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra počítačové grafiky a interakce



Bakalářská práce

Nástroj pro vytváření Interaktivní ilustrací

Martin Doležal

Vedoucí práce: Ing. Ladislav Čmolík, Ph.D.

Studijní program: Otevřená informatika, Bakalářský

Specializace: Počítačové hry a grafika

26. 5. 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu. Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 23. 5. 2023

.....

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Doležal** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **492271**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra počítačové grafiky a interakce**
Studijní program: **Otevřená informatika**
Specializace: **Počítačové hry a grafika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Nástroj pro vytváření interaktivních ilustrací

Název bakalářské práce anglicky:

Interactive illustration editor

Pokyny pro vypracování:

Seznamte se s principy vizuální komunikace používanými v ilustracích. Zejména s principy pro vizuální komunikaci vnitřní struktury složitých objektů (např. spalovací motor, lidské tělo) a s principy pro přitažení pozornosti diváka k určité vnitřní části zobrazeného objektu (např. kliková hřídel ve spalovacím motoru či nervová soustava v lidském těle). Na základě analýzy navrhnete postup pro vytvoření interaktivní ilustrace z vhodného existujícího 3D modelu, který je schopen využít i člověk neznalý problematiky počítačové grafiky. S využitím knihoven pro ilustrativní vykreslování 3D modelu dodaných vedoucím práce implementujte aplikaci, ve které bude možné vytvořit a zobrazit interaktivní ilustraci dle navrženého postupu. Najděte či vymodelujte alespoň tři 3D modely vhodné pro vytváření interaktivních ilustrací a implementovanou aplikaci na nich otestujte.

Seznam doporučené literatury:

- 1) R. Kosara and J. Mackinlay, Storytelling: The Next Step for Visualization, Computer, 46(5):44-50, 2013.
- 2) M. Meuschke, L. Garrison, N. Smit, S. Bruckner, K. Lawonn and B. Preim, Towards Narrative Medical Visualization, In proceedings of Eurographics Workshop on Visual Computing for Biology and Medicine, pp. 1–14, 2021.
- 3) L. Čmolík, Interactive Illustrative Visualization of 3D Models, PhD thesis, CTU in Prague, 2011.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

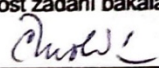
Ing. Ladislav Čmolík, Ph.D. Katedra počítačové grafiky a interakce

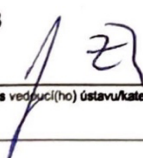
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

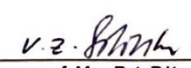
Datum zadání bakalářské práce: **02.02.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2023**



Ing. Ladislav Čmolík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce


podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.


25.4.2023
Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Mou hlubokou vděčnost bych rád vyjádřil zejména Ing. Ladislavovi Čmolíkovi, Ph.D., za jeho cenné rady a vedení této bakalářské práce. Jeho mentorství bylo v průběhu celého procesu neocenitelné. Dále bych chtěl vyjádřit uznání pedagogům, kteří se s ochotou zúčastnili testování aplikace. Jejich trpělivost a konstruktivní zpětná vazba byly klíčové pro dosažení cílů tohoto výzkumu. Mou vděčnost také dlužím mému příteli Jiřímu, který se velkoryse podělil o potřebnou technickou výbavu pro úspěšné dokončení projektu. Nakonec bych rád poděkoval mým nejbližším, kteří mě během psaní práce nepřetržitě podporovali. Jejich neustálá podpora a povzbuzení byly zásadní pro úspěšné dokončení této závěrečné práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá potenciálem využití 3D modelů a interaktivních digitálních nástrojů v edukaci. Shromažďuji poznatky z oboru digitální ilustrace a výkladové vizualizace a na základě těchto poznatků vytvářím funkční nástroj pro zpracování 3D modelů do prezentací. Výsledek pak testuji na pedagogích s bohatou praxí v oboru. Společně se pak snažíme identifikovat oblasti pro další zdokonalení nástroje. Tato práce poskytuje cenné poznatky pro další vývoj a aplikaci 3D modelů a interaktivních digitálních nástrojů v edukaci.

Klíčová slova: 3D modely, interaktivní digitální nástroje, výuka přírodních věd, distanční vzdělávání, vizualizace, uživatelské rozhraní

Obsah

KAPITOLA 1	ÚVOD	1
1.1	CÍL PRÁCE	1
1.2	MOTIVACE	1
KAPITOLA 2	ANALÝZA A NÁVRH	3
2.1	VÝŘEZOVÝ POHLED.....	3
2.2	ROZLOŽENÝ POHLED.....	5
2.3	ZPRŮHLIEDŇOVÁNÍ	7
2.4	NÁVRH ZPRACOVÁNÍ POHLEDŮ	8
2.5	VÝKLADOVÁ VIZUALIZACE	9
2.6	NÁVRH ZPRACOVÁNÍ	11
2.7	KNIHOVNA TIGER	11
2.8	POROVNÁNÍ NÁSTROJŮ JAVA SWING A JAVA FX	13
2.9	NÁVRH GUI	14
KAPITOLA 3	IMPLEMENTACE	17
3.1	STRUKTURA KÓDU	17
3.2	VÝKON	19
3.3	IMPLEMENTAČNÍ NEDOSTATKY	20
KAPITOLA 4	VÝSLEDKY	21
4.2	MOŽNÁ VYLEPŠENÍ.....	27
KAPITOLA 5	TESTOVÁNÍ	29
5.1	SHRNU TÍ.....	34
KAPITOLA 6	ZÁVĚR	35

Kapitola 1

Úvod

1.1 Cíl práce

Bakalářská práce se zaměřuje na vytvoření inovativního nástroje pro interaktivní ilustraci, který by mohl být efektivně využit učiteli pro výuku na základních školách a víceletých gymnáziích. Klíčovým cílem je umožnit učitelům vytvářet interaktivní prostředí s 3D objekty, která mohou být začleněny do výukového procesu.

1.2 Motivace

V současné době jsou učitelé často omezeni na použití standardních výukových pomůcek, jako jsou zeměpisné atlasy, kostry nebo anatomické plakáty. Tyto materiály jsou často stejné napříč školami a městy, což omezuje prostor pro inovace a individualizaci výuky. Naše snaha je vytvořit prostředek, který by umožnil výuku oživit a zároveň poskytl učitelům více možností a flexibility.

Pedagog, pokud by chtěl vytvořit vlastní ilustraci, se setkává se dvěma hlavními problémy. První spočívá v omezených znalostech v oboru grafiky a ilustrace, které by byly nezbytné pro vytvoření vlastních ilustrací a interaktivních materiálů. Druhou překážkou je nedostatek času na další vzdělávání v těchto oborech nad rámec své profese.

Další překážku poté představuje interakce s daným materiálem. Řekněme, že učitel dokáže ilustraci navrhnout a zpracovat. Pokud by chtěl, aby student mohl s materiálem více interagovat, a nejen jej pasivně prozkoumávat, musel by učitel znát programy vhodné pro práci s ilustrací, které by musel umět ovládat. Ano, existují virtuální anatomické atlasy, které obsahují interaktivní animace, tyto atlasy jsou však specializované na specifické téma (např. lidské tělo). Práce si však klade za úkol vytvořit vhodný nástroj pro manipulaci s jakýmkoliv modelem, který učitel zrovna k výuce bude potřebovat. Pokud bude mít kantor k dispozici potřebný model, dokázal by si udělat výukový materiál do různých předmětů a k různým tématům (např. kostra žáby – biologie, průřez sopky – zeměpis). Předpokladem pro používání nástroje v praxi je vytvoření databáze modelů, která bude přístupná pro každého uživatele. V rámci této databáze budou moci pedagogové mezi sebou sdílet vytvořené modely a hotové materiály, které budou moci následně stahovat a upravovat podle svých potřeb. Databáze by měla být předem naplněna značným počtem funkčních modelů, aby se s ní dalo pracovat. Tato databáze není součástí mé bakalářské práce jedná se pouze o vizi, jejíž naplnění by bylo potřeba k praktickému využití nástroje.

Tématy, jak správně vést výklad a používání interakce, se zabývá mnoho oborů, já si vybral obor výkladové vizualizace. Analýzou tohoto oboru můžu zjistit, co všechno učitel od nástroje potřebuje, aby byl vzniklý materiál vhodný k výuce. Interaktivní vizualizace zaměřená na publikum, nezahrnující experty v daném oboru, vyžaduje odlišné přístupy k návrhu. Výkladová vizualizace kombinuje vypravěčské techniky s interaktivní ilustrací, aby oslovila široké publikum [SH10]. Její cílem je prezentovat data ve sledovatelné progresi, která je zapamatovatelná a snadněji pochopitelná [Fig14]. Existují dva typy vyprávění: synchronní a asynchronní [LRIC15]. V synchronním vyprávění je vypravěč v přímém kontaktu s publikem (např. živé prezentace, výuka ve třídě), zatímco asynchronní vyprávění nevyžaduje přímý kontakt s publikem (např. online výuka, materiály k domácí výuce). Vyprávění mívají podobu nahraných videí, statické grafiky nebo vizuálně vedených prohlídek složitými strukturami s interaktivní ilustrací [MGS+21]. Nástroj by měl učiteli poskytnout prostředí, kde materiály pro synchronní i asynchronní vyprávění bude možné vytvořit.

Následující text je rozdělen do šesti kapitol. Druhá kapitola popisuje analýzu jednotlivých problematik a návrh na jejich zapracování do aplikace. Další kapitola rozebírá implementaci navrženého nástroje pro vytváření interaktivních ilustrací. Kapitola čtvrtá prezentuje dosažené výsledky. Kapitola pátá popisuje uživatelské testování implementované aplikace a popisuje možnosti rozšíření implementace aplikace v budoucnosti. Poslední kapitola pak shrnuje tuto práci.

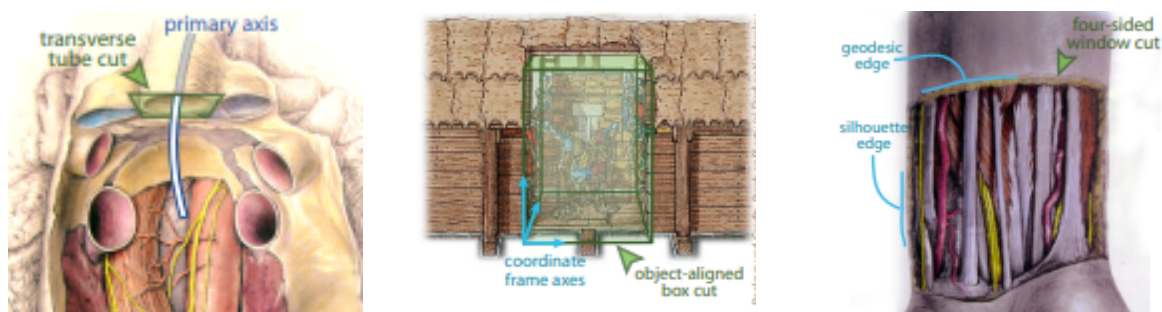
Analýza a Návrh

V této kapitole jsou popsány výzvy, se kterými se potýkají v praxi využívané druhy interaktivních ilustrací. Následně jsou zmapovány možnosti různých modelů ilustrací, se kterými by měl nástroj umět pracovat. Dále jsou nastíněny postupy používané pro dosažení správné plynulosti výkladové vizualizace, která se zabývá vytvářením příběhu na základě daných faktů, které chce vypravěč předat publiku. Nástroj by měl uživateli nabídnout prostředí, kde jsou dispozici prostředky pro aplikování těchto postupů. Poté je analyzována a srovnána technologie použitá při vytváření nástroje, zvláště pak grafická knihovna TIGER. Závěrem je sepsán návrh GUI a jsou uvedeny důvody v postupu při jeho navrhování.

2.1 Výřezový pohled

Výřezový pohled se využívá pro ilustraci komplexních geometrických modelů složených z mnoha odlišných částí zejména v oblastech medicíny, strojírenství a průmyslové výroby. Nejlepší z těchto pohledů jasně ukazují cílové části modelu, ale zároveň zachovávají některé vrstvy zakrývajících struktur, aby mohl pozorovatel lépe pochopit prostorové vztahy mezi všemi částmi modelu [LRA+07].

Při vytváření takového pohledu bychom se měli řídit dvěma pravidly. Řezy by měly respektovat geometrii okolních částí a ilustrace řezu by měly podporovat interaktivní prozkoumávání. Interaktivní kontrola nad pohledem a parametry řezu pomáhá pozorovateli při chápání modelu, ale složité ovládání může na pozorovatele působit nepřehledně. Tvůrce ilustrace by měl předpokládat, že pozorovatel nebude mít dostatečné odborné znalosti pro správné umístění řezu při využití nízko úrovněvých pomůcek (např. vytváření řezných rovin) [LRA+07]. Na druhé straně spektra můžeme uvést předem renderované atlasy anatomie, které umožňují pozorovateli interaktivně ovládat několik řezných parametrů (např. posun řezné roviny podél pevné osy), ale nedovolují uživateli volný posun pohledu na model [BR00; PPA+03].

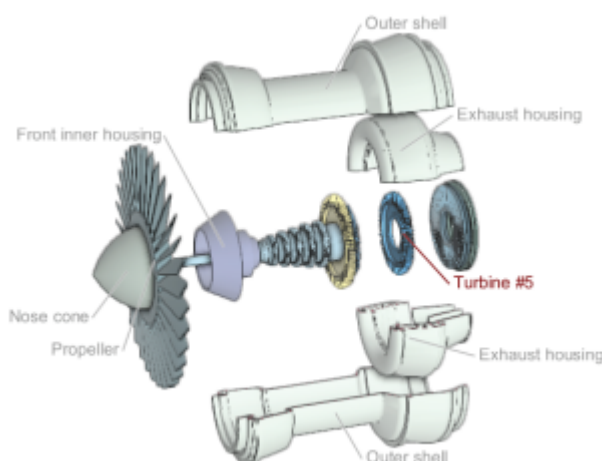


Obrázek 2.1: Ukázky řezů podle konvencí založených na geometrii modelu, válcový řez (vlevo), objektově zarovnaný krabicový řez (uprostřed) a okenní výřez (vpravo). (převzato z [LRA+07])

Efektivní výřezové pohledy vykazují různé konvence. Jednou z nich jsou konvence založené na geometrii, kde geometrický tvar části modelu určuje nejvhodnější strategii řezání. Pro modely znázorňující člověkem vytvořené objekty využíváme **objektově zarovnaného krabicového řezu**. Jelikož takové objekty bývají navrhovány s ohledem na tři hlavní ortogonální osy a v mnohých případech připomínají obdélníkové tvary. Zarovnání výřezu na hlavní ortogonální osy pomáhá zvýraznit geometrickou strukturu řezu a usnadňuje odvození chybějící struktury modelu. **Válcový řez** je vhodný pro biologické a člověkem vytvořené objekty, které se tvarem podobají válci, buď proto, že vykazují radiální symetrii (např. potrubí, ozubená kola), nebo protože jsou dlouhé a úzké (např. dlouhé svaly a kosti, kanalizace). Při vytváření řezu ilustrátoři zarovnávají řez s primární osou běžící po délce objektu, běžně pak provádí horní část řezu pomocí příčné roviny kolmé na primární osu. **Okenní výřezy** jsou pak používány u složitých 3D modelů, které obsahují tenké rozšířené uzavírající konstrukce (např. kůže, podvozek automobilu), které zakrývají mnoho vnitřního detailu. Další z těchto konvencí jsou konvence pohledu. Správný úhel pohledu na model dokáže vycentrovat cílové části a minimalizovat počet uzavřených struktur. Toto umožňuje odhalit části zájmu s relativně malým množstvím řezů a ponechává tak více okolní stavby neporušené pro kontext. Ilustrátoři také často odhalují vrstvení uzavřených struktur v řezu, jednotlivé vrstvy uzavřené části se řežou v menším rozsahu, čímž jsou ve výsledném výřezu struktury uspořádány do teras. Toto vrstvení je další konvencí pro dosažení efektivního výřezového pohledu [LRA+07]. Ukázky jednotlivých řezů si můžete prohlédnout výše na obrázku 2.1.

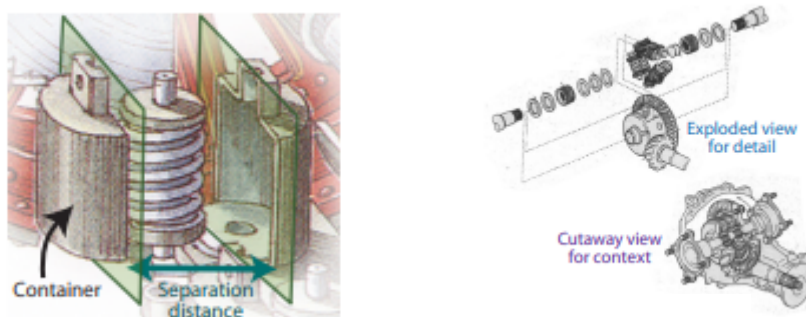
2.2 Rozložený pohled

S rozloženým pohledem se dá obvykle setkat u modelů mechanických sestav, elektronických zařízení nebo architektonických modelů. Jedná se o objekty, které se zpravidla skládají z mnoha částí a pro vyjádření vnitřní struktury takových modelů ilustrátoři často vytvářejí rozložené pohledy, ve kterých jsou části odděleny od sebe navzájem a odhalují části zájmu. Dobře navržené rozložené pohledy nejen odhalují vnitřní části objektu, ale také vyjadřují globální strukturu zobrazovaného objektu a lokální prostorové vztahy mezi částmi. Na rozdíl od jiných zmíněných ilustračních technik, rozložený pohled ukazuje i detaily jednotlivých částí. Tradiční statické rozložené pohledy však mají několik omezení, která mohou pozorovatelům ztížit prohlížení částí struktury složitých modelů. Vzhledem k tomu, že většina rozložených pohledů odhaluje všechny části v objektu, výsledná ilustrace často trpí nadměrným vizuálním nepořádkem, to pak může mít za následek, že pozorovatel musí pečlivě prohlédnout celou ilustraci, aby našel bod zájmu. Kromě toho části, které jsou blízko sebe, mohou skončit daleko od sebe, když je objekt plně rozložen, což ztěžuje pozorovateli určit, jak jsou části v objektu umístěny a orientovány. Statické pohledy dále neumožňují pozorovateli zkoumat prostorové vztahy na různých úrovních detailu. Například, pozorovatel může nejprve chtít vidět, jak dvě podsestavy do sebe zapadají, než prozkoumá jejich základní části [LACS08]. Ukázku dobře navrženého statického rozloženého pohledu si můžeme prohlédnout na obrázku 2.2.



Obrázek 2.2: Ukázka ilustrace rozloženého pohledu (převzato z [LACS08])

Konvence u rozloženého pohledu rozdělujeme na konvence rozložení a konvence řezů. Konvence rozdělení pomáhají ilustrátorům určit směr a intenzitu rozdělení na základě následujících faktorů. **Uzavírající omezení.** Části jsou od sebe explodovány neuzavřenými směry. Výsledné uspořádání částí pomáhá divákovi porozumět místním vztahům uzavření a relativním pozicím částí. **Viditelnost.** Prostor mezi částmi je zvolen tak, aby byly viditelné všechny sledované části. **Celistvost.** Rozložené pohledy často minimalizují vzdálenost přesunu částí z jejich původních pozic, aby bylo pro pozorovatele snazší mentálně rekonstruovat model. **Normativní směr rozložení.** Mnoho objektů má normativní souřadnicový rámeček, který může být definován řadou faktorů (např. symetrie, orientace v reálném světě). Ve většině rozložení jsou části rozkládány pouze podél těchto normativních os. Omezení počtu směrů rozkládání usnadňuje pozorovateli interpretaci toho, jak se jednotlivé části objektu posunuly z původní polohy. **Hierarchie částí.** V mnoha složitých modelech jsou jednotlivé díly seskupeny do podsestav. Pro zdůraznění toho, jak jsou části seskupeny, ilustrátoři často oddělují podsestavy vyšší úrovně rozděleny předtím, než dojde k nezávislému rozdělení. Konvence řezání jsou popsány dvěma běžnými způsoby. **Rozdělující kontejnery.** V mnoha složitých modelech jsou některé vnitřní části vnořeny do kontejnerových dílů. Pro vizualizaci těchto izolačních vztahů ilustrátoři často rozdělí nádoby řeznou rovinou středem části a poté rozdělí dva segmenty nádoby od sebe, aby obnažili vnitřní struktury. Pro zdůraznění, že segmenty pocházejí ze stejné části, je orientace roviny zvolena s účelem minimalizovat vzdálenost, od které musí být segmenty odděleny, aby byly vnitřní části viditelné. **Kontextuální řezy.** V některých případech se používá výřezový pohled, který poskytuje dostatečný kontext pro pohled rozložený [LACS08]. Příklady těchto dvou konvencí si prohlédneme na obrázku 2.3.



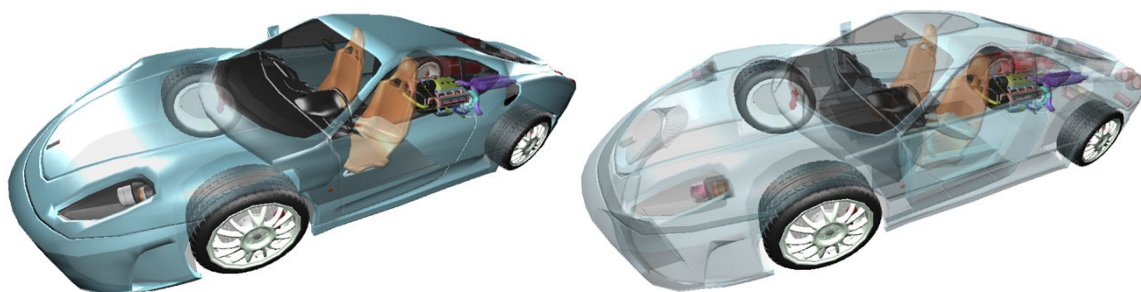
Obrázek 2.3: Ukázky konvencí řezání v rozloženém pohledu. Rozdělující kontejnery (vlevo) a kontextuální řez (vpravo). (převzato z [LACS08])

2.3 Zprůhledňování

Zprůhledňování je ilustrační technika, která je často využívána při vizualizaci komplexních 3D modelů nebo struktur, které obsahují několik vrstev nebo složek, jako jsou anatomické modely, stroje nebo architektonické modely. Hlavním cílem této techniky je poskytnout náhled na důležité části modelu, které jsou obvykle skryté vnitřními strukturami nebo uzavírajícími komponentami. Toho je dosaženo tak, že některé části modelu jsou zobrazeny jako průhledné nebo poloprůhledné, což umožňuje divákovi vidět skrze ně a prozkoumat skryté části modelu [BGKG05].

Zprůhledňování je zvláště účinné, pokud je použito interaktivně. Uživatelé mohou přizpůsobit úroveň průhlednosti jednotlivých částí modelu, aby viděli různé části struktury podle svých potřeb. Tato metoda je také účinná při vizualizaci modelů, které se skládají z mnoha vrstev nebo částí, které jsou těsně u sebe. Zprůhledňování může poskytnout užitečný kontext pro interpretaci složitých 3D struktur tím, že umožňuje divákovi vizualizovat prostorové vztahy mezi různými částmi modelu. Při aplikaci techniky zprůhledňování je důležité pečlivě zvážit, které části modelu by měly být průhledné a které ne. Zprůhlednění všech částí modelu může způsobit, že divák ztratí povědomí o prostorových vztazích mezi částmi, což může vést k zmatku. Na druhé straně, pokud jsou některé části modelu zobrazeny jako plně neprůhledné, mohou skrýt důležité detaily modelu. Aby bylo dosaženo ideálního výsledku, je třeba najít správnou rovnováhu mezi průhledností a důležitostí jednotlivých objektů [BGKG05]. Na obrázku 2.4. se můžeme podívat na rozdíl dvou typů zprůhledňování, kdy u jednoho se nebere v úvahu důležitost jednotlivých objektů, ale u druhého hodnoty důležitosti začleňujeme do procesu zprůhlednění jednotlivých vrstev.

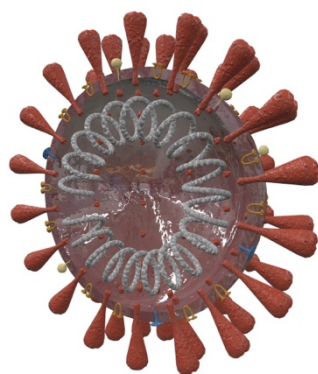
Technika zprůhledňování je často kombinována s dalšími ilustračními technikami, jako je stínování nebo modelování osvětlení, což přispívá k lepšímu pochopení trojrozměrných struktur a jejich prostorových vztahů. Kombinace těchto technik umožňuje tvůrcům ilustrací vytvářet komplexnější a detailnější vizualizace, které zlepšují srozumitelnost modelu a zvyšují estetickou hodnotu ilustrace [BGKG05].



Obrázek 2.4: Ukázka využití zprůhledňování na technickém modelu automobilu. Vpravo můžeme vidět prolínání poloprůhledných objektů pomocí alfa kanálu. Vlevo pak kombinaci alfa kanálu a hodnoty důležitosti. (převzato z [PF11])

2.4 Návrh zpracování pohledů

Každý ze zmíněných druhů pohledů se hodí na vizualizace jiných modelů, při návrhu uvažují, že rozloženého pohledu by mohl využít více učitel fyziky, naopak výřezový pohled nabízí ideální využití v hodinách biologie. Zprůhledňování vrstev modelů je jednou z ilustračních metod, která se neváže na specifický obor, proto bude nejvhodnější se při vytváření aplikace zaměřit právě na tuto metodu. Třída Ghosting, kterou mi za účelem této práce poskytl můj vedoucí práce doktor Čmolík, implementuje metody, které dokážou zprůhlednit jednotlivé vrstvy. Nástroj tedy poskytne uživateli možnost zprůhledňovat jakýkoliv model složený z více vrstev. Pokud bychom chtěli využít ostatních pohledů, budeme muset najít model, který daný pohled obsahuje, příklad takového modelu můžeme vidět na obrázku 2.5.



Obrázek 2.5: Model Corona viru COVID-19 obsahující výřezový pohled

2.5 Výkladová vizualizace

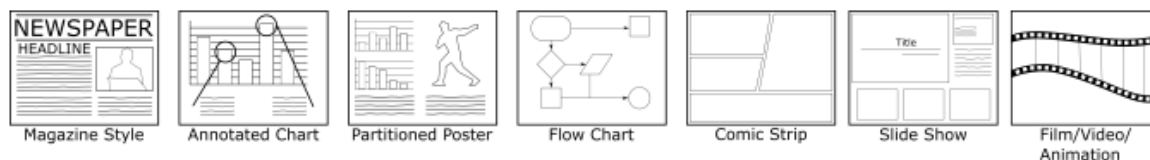
Výkladová vizualizace nám pomáhá poskládat příběh na základě určitých faktů, které chceme předat divákovi (studentovi). Při vývoji nástroje je důležité porozumět aspektům výkladové vizualizace, za účelem pochopení, co všechno musí nástroj nabídnout, aby s jeho využitím mohl uživatel vytvořit užitečný materiál k výuce.

Vizuální příběh se zakládá na určitých datech, tato data budeme nazývat „příběhovými díly“, data by měla být podložena studií nebo odborným článkem, pokud by s člověkem vedoucím výklad, chtěl někdo rozporovat [LRIC15]. Příběhové díly jsou vizualizovány tak, aby divákům předávaly důležitá sdělení. Vizualizace jsou obohaceny o příběhové prvky, jako jsou popisky, šipky, odkazy a textová vysvětlení, aby bylo možné jasně zdůraznit tyto zprávy a vyhnout se nejasnostem. Příběhové díly by měly být uspořádány do scén na základě smysluplného žánrového a designového vzoru, aby podpořily autorův komunikační cíl. Obecné cíle zahrnují informovat nebo bavit publikum [Fig14].

Vizualizace jsou nejlépe doplněny dalšími komunikačními prostředky a zvýrazňovacími technikami. Text je nejjednodušší způsob, jak vysvětlit data. Delší texty mohou být použity k podrobnému vysvětlení klíčových bodů a k zavedení nebo shrnutí tématu. Popisky mohou poskytnout uživateli podrobné informace o důležitých strukturách, nebo mohou napomoci označením cílových objektů [Fig14]. Zvukové vyprávění může být použito k povznesení vizualizací [SH10]. To umožňuje divákovi soustředit se více na vizuál, pokud je vyprávění časově spojeno s vizuálními prvky. Kromě toho lze pro upoutání pozornosti použít grafických vlastností. Prvky mohou být zvýrazněny pomocí specifických barev nebo technik, jako je pohyb nebo přiblížení. Pro pochopení souvislosti mezi jednotlivými prvky výkladu je třeba vytvoření spojitosti [SH10].

Interakce je účinný způsob propojení výkladových prvků. Interaktivita se týká nejen různých způsobů, jakými může uživatel manipulovat s vizualizací (např. filtrováním, přibližováním, otáčením a posunem), ale také jak se uživatel učí tyto metody používat (např. explicitní instrukce, tichý tutoriál, počáteční konfigurace) [SH10; SLRS16]. Úroveň interakce sahá od pasivního výkladu, kde není poskytnuta žádná interakce, po volné prozkoumávání, kde uživatel nemá žádná omezení [WH07]. Pasivní výklad může být přerušeno a uživatel může dočasně převzít kontrolu a změnit prezentaci (např. pomocí dynamických dotazů pro změnu vizuálního objektu), poté může pasivní výklad pokračovat [MGS+21]. Barva je další možností propojení příběhových dílů. Konzistentní barvy by měly být použity k reprezentaci objektů nebo atributů, které se objevují ve více vizualizacích. Barva může být také použita ke spojení textu a vizualizací přiřazením textu stejné barvy jako přidružené vizualizované objekty [SLRS16]. Animace mohou být také použity k propojení objektů, které pomáhají uživatelům srozumitelným způsobem propojit složité procesy. Je třeba dbát na to, aby uživatel neztratil zaměření, zatímco kontextové informace jsou potřebné pro orientaci [MGS+21].

Pohyb uvnitř a mezi vizuálními scénami bez dezorientace uživatele je základním aspektem vyprávění příběhu [SH10]. Jedním ze způsobů je omezit změnu objektu mezi scénami na minimum a zachovat kontinuitu objektu. Počet a styl objektů by se mezi dvěma snímky neměly zásadně měnit. S tím souvisí pojem známých objektů, který říká, že běžně používané symboly by měly být používány k reprezentaci faktů. Další kategorie zahrnuje smysluplný pohyb virtuální kamery. Úhel pohledu kamery by se měl měnit mezi dvěma scénami nebo při pohybu uvnitř scény, ale ne tolik, aby se vytvářely zcela odlišné pohledy. Také je třeba se vyhnout výrazným změnám rychlosti pohybu fotoaparátu mezi sousedními scénami. Další možností je použít animované přechody. Na základě morfologických transformací mohou být objekty jedné scény změněny na objekty jiné scény. Kromě specifikace striktní cesty (lineární příběh) je zde možnost poskytnout uživateli několik cest, ze kterých si může vybrat (uživatelsky řízený příběh). Běžně používané techniky pro procházení příběhem jsou následující/předchozí tlačítka a posouvání. Šipky vývojového diagramu mohou pomoci vyjádřit zamýšlenou strukturu vyprávění příběhu. Chcete-li přejít na určité místo, je možné poskytnout výběry nabídek nebo interaktivní mapy. Chcete-li uživateli ukázat, kde se nachází v záhlaví příběhové části, často se používají stopy ve formě bodů a časové osy ve formě ukazatele průběhu nebo kontrolního seznamu. Pro srozumitelné sdělení příběhu je třeba zvážit, jak jsou dějové díly uspořádány a kombinovány. Je známo sedm žánrů výkladu: časopisecký styl, komentovaný graf, rozdělený plakát, flow chart, komiks, slide show a film/video/animace. Jednotlivé žánry jsou pro lepší představu graficky znázorněny na obrázku 2.6. Tyto žánry se liší počtem zobrazených scén a uspořádáním příběhových dílů v rámci scény. Výběr žánru závisí na datové složitosti, stejně jako na zamýšleném publiku a médiu [MGS+21].



Obrázek 2.6: Sedm žánrů narativního výkladu. (převzato z [SH10])

Články, ze kterých jsou čerpány informace o výkladové vizualizaci, se týkají lékařského výkladu pro veřejnost, jehož cíle a složitost obsahu se v základu moc neliší od výuky přírodopisných předmětů. Cílem lékařského výkladu pro veřejnost je pochopení určité problematiky (např. důležitost očkování, diagnóza pacienta), složitost obsahu se pak odvíjí od složitosti problému, ale obvykle se lékař či jiný odborník snaží danou problematiku prezentovat s předpokladem nedostatečné odborné znalosti svých posluchačů. Učitel na základní škole má také za cíl vysvětlit problematiku, u které předpokládá, že publikum daného výkladu nemá dostatečnou odbornou znalost.

2.6 Návrh zpracování

Z učení o výkladové vizualizaci usuzuji, že nástroj by měl uživateli nabídnout možnost přidávání popisků a vysvětlení či přidání stopy audio výkladu, možnosti úpravy barev a stylu textu, možnost interakce (předání kontroly nad výkladem), možnost animací přechodů mezi jednotlivými snímky, možnost pohybu s modelem, možnost nastavení rychlosti přechodu mezi snímky a možnost přizpůsobení snímků daným žánrům výkladu. Nástroj, který vytvářím, bude podporovat hlavně dva výkladové žánry: slide show a film/video/animaci.

2.7 Knihovna TIGER

TIGER (Toolkit for Interactive Graphics rendERING) je Java knihovna pro usnadnění vývoje multi-pass renderovacích efektů v OpenGL. Knihovna přistupuje k OpenGL API přes JOGL. Jejím autorem je Ing. Ladislav Čmolík, PhD. Knihovna je vytvořena pro usnadnění vývoje aplikací, které využívají technologie multi-pass renderingu.

Knihovna TIGER obsahuje řadu důležitých tříd. Klíčová je třída Pass, která udržuje informace o vertex a fragment shaderech a souvisejících parametrech. Tato třída spravuje textury objektů, scény a další parametry, včetně matematických objektů, jako jsou matice a vektory, i jednoduchých proměnných. Také se stará o framebuffer a příslušné textury. Součástí třídy Pass je také třída Gslsprogram, která spravuje další třídy – GslVertexShader a GslFragmentShader. Podtřída třídy Pass, třída Saq, usnadňuje práci s vygenerovaným obrazem a jeho zobrazováním v okně, přičemž garantuje, že textura bude vždy viditelná přes celé okno, bez ohledu na změnu velikosti okna. Tyto třídy jsou schopny pracovat s daty, texturami a matematickými entitami v shaderech pomocí unikátních jmen, která odpovídají jménům objektů ve stromě.

Třída Texture2D slouží k manipulaci s texturami, umožňuje zápis dat během běhu aplikace nebo uchování obrázků z disku. Další důležitou třídou je FrameBuffer, kterou třída Pass využívá pro správu a změnu textury či textur při zápisu během průchodu.

Třída Ghosting představuje inovativní metodu pro vizualizaci vnitřních struktur objektů. Tato metoda je schopna odhalit všechny vnitřní struktury naráz nebo vizuálně zdůraznit pouze důležité 3D objekty. Překryv 3D objektů je eliminován pomocí modulace průhlednosti, která je založena na pěti vlastnostech 3D objektů. Hlavní přínos třídy spočívá v real-time ilustrativní vizualizaci vnitřních struktur 3D modelu reprezentovaný pomocí 3D sítí, přičemž se klade důraz na srozumitelnost vizualizace ze všech možných pohledů, a to i pro 3D sítě s nekonvexními tvary [Čm11]. Třída Ghosting obsahuje parametry důležité pro správné vykreslování modelu, jako například Importance jednotlivých sítí, tyto parametry můžeme následně uložit jako Properties a dále s nimi pracovat. Třída Ghosting není přímo součástí knihovny TIGER, ale byla mi poskytnuta vedoucím pro potřeby nástroje. Zároveň tato třída poskytuje podklady pro přidávání popisků k jednotlivým modelům, ale tato funkce mi nebyla zpřístupněna pro potřebu této práce.

Všechny tyto třídy jsou koordinovány hlavní třídou Effect, která zajišťuje správný průběh průchodů a správné zobrazení na obrazovce. Tato třída uchovává informace o používaných entitách, jako jsou textury a objekty.

Třída OrthogonalCamera, která implementuje rozhraní GEventListener, funguje jako posluchač událostí. Tento posluchač monitoruje a reaguje na specifické události v systému tím, že spouští odpovídající funkce. Konkrétně OrthogonalCamera řídí vizualizaci 3D scény. Díky interakci s myší je možné měnit perspektivu, točit model, přibližovat se k němu nebo jej posouvat. Stejně jako třída Ghosting, i OrthogonalCamera obsahuje určité parametry, které lze ukládat a načítat jako Properties.

V rámci knihovny se dále využívá třída Animator. Tato třída funguje jako samostatné vlákno, které se stará o vykreslování modelu na komponentu Canvas. Canvas je potomkem třídy JPanel z knihovny Java Swing a představuje grafický prvek uživatelského rozhraní. Na tomto prvku je uživatel schopen vidět vykreslené modely.

2.8 Porovnání nástrojů Java Swing a JavaFX

Vzhledem k tomu, že kód pana doktora Čmolíka je implementován v programovacím jazyce Java, v následující sekci provedu komparativní analýzu nástrojů pro tvorbu uživatelských rozhraní, které jsou kompatibilní s jazykem Java.

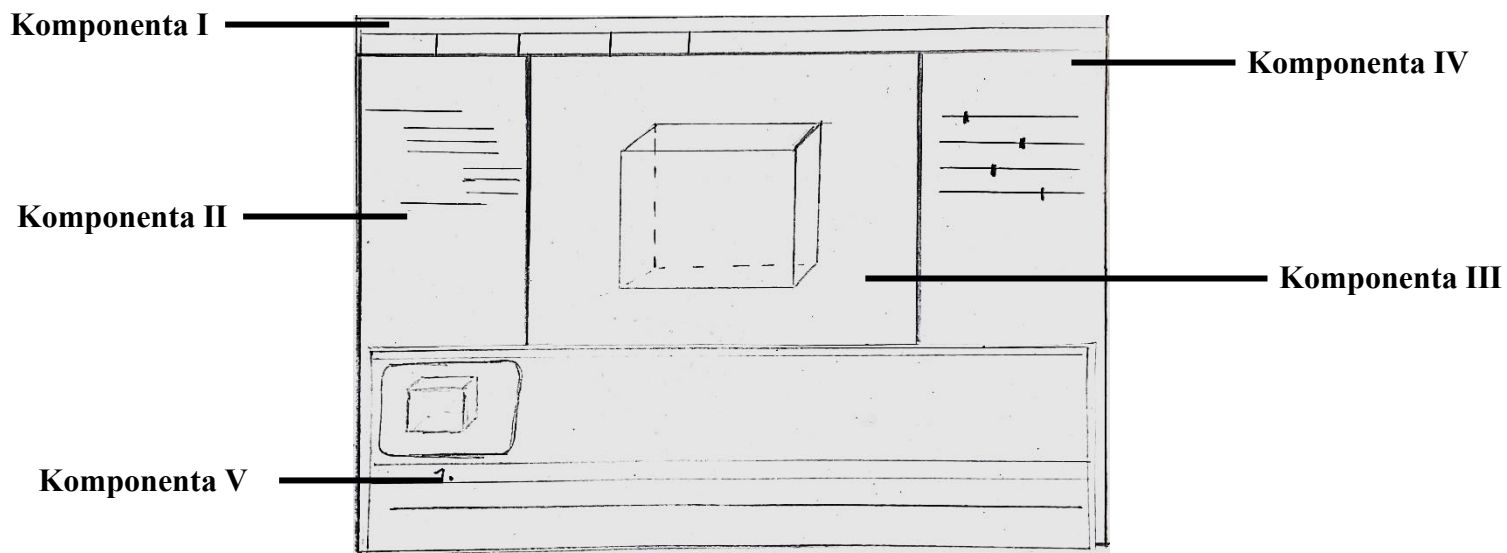
Java Swing je sada nástrojů pro vytváření GUI, svým příchodem nahradila knihovnu AWT, kterou překonala svojí flexibilitou. Java Swing není omezená na konkrétní sadu komponent uživatelského rozhraní, ale nabízí uživateli vytváření komponent pomocí rozhraní API Swing. Komponenty uživatelského rozhraní v aplikaci Swing jsou vyvíjeny výhradně v jazyce Java, a proto jsou nezávislé na platformě. Swing nejenže poskytuje uživateli obvyčejné komponenty uživatelského rozhraní, ale i pokročilé komponenty, jako panel s kartami, posuvné tabule, tabulky či stromy. Rámec přijatý Swingem je MVC, tj. Model-view-controller, který poskytuje abstrakci mezi grafickým uživatelským rozhraním a základní kódovou strukturou. Tato abstrakce pomáhá vývojáři UI komponenty udržovat „oddělení zájmu“, jako je architektura. Kterýkoli vývojář může mít přístup ke všem dostupným třídám Java Swing s úplnou dokumentací v příručce Java API. Jedním z elegantních aspektů Java Swing je jeho modulární architektura, protože každý uživatel může přijít s vlastní implementací uživatelského rozhraní standardních komponent, což má za následek potlačení výchozí implementace pomocí konceptu dědičnosti Java.

JavaFX funguje jako standardní knihovna GUI, dovoluje efektivně vytvářet desktopové aplikace. V dřívějším vydání JavaFX byly skripty používány k vytváření aplikací JavaFX, tyto skripty byly deklarativní a statické povahy. S příchodem verze JavaFX 2.0 je však implementována jako knihovna Java, což znamená, že aplikace lze nyní psát pomocí nativního kódu Java místo skriptů. Skripty JavaFX neobsahují pouze nová API, ale mají také přístup ke všem balíčkům Java. Scéna je vytvořena jako hierarchie vizuálních uzlů a může být vytvořena pomocí API scén, výsledná grafická scéna může efektivně reagovat na interakci uživatele. Úroveň abstrakce poskytovaná pomocí API je efektivní a poskytuje veškerou automatickou optimalizaci.

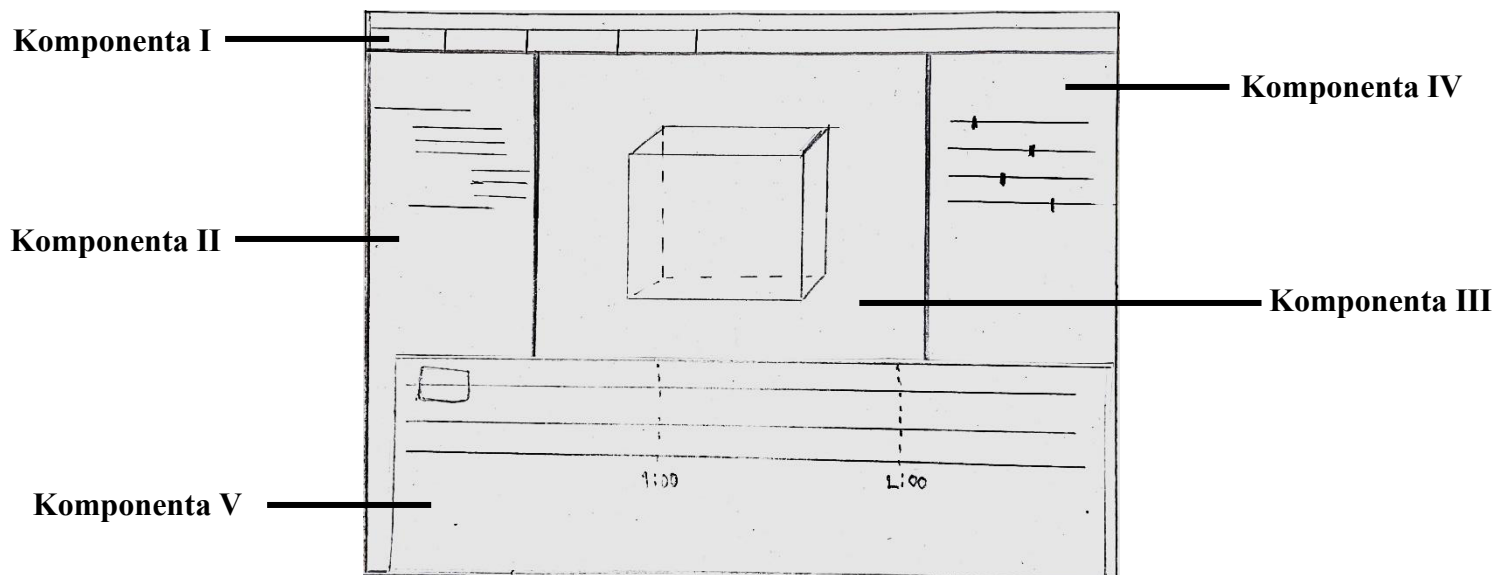
Nakonec jsem se pro účel této práce rozhodl pro sadu nástrojů Java Swing. JavaFX je sice novější a nabízí moderní vzhled komponent a další nové funkce, ale Swing oproti tomu nabízí více sofistikovaných komponent, které jsou vhodné a potřebné v naší aplikaci.

2.9 Návrh GUI

V této části jsem si připravil dva papírové prototypy, které si můžete prohlédnout níže na obrázku 2.7 a obrázku 2.8. Na těchto prototypyech ukážu a rozeberu svůj návrh GUI nástroje.



Obrázek 2.7: Papírový prototyp 1



Obrázek 2.8: Papírový prototyp 2

U obou prototypů jsem vyznačil jejich pět hlavních komponent. **Komponenta I** je panel nástrojů, který nabídne uživateli možnost uložení projektu, vytvoření snímku a vložení modelu. Dále nabídne všechny ostatní nástroje jako vložení a nastavení přechodů, podobně jako například aplikace Microsoft PowerPoint. **Komponenta II** je průzkumník souborů, ze kterého uživatel může vybrat a otevřít rozpracovaný projekt (podobně jako v Netbeans nebo Matlabu), nebo pomocí metody drag and drop otevřít model přetažením nad **Komponentu III**. Model se mu zde zobrazí, tato komponenta slouží jako náhled na model, uživatel bude moc modelem otáčet a posouvat kameru. **Komponenta IV** obsahuje parametry modelu, které si uživatel nastavuje podle potřeby, vše vidí v reálném čase v komponentě III.

Rozdílem mezi prototypem 1 a 2 je **Komponenta V**, jedná se o pomůcku, která uživateli dovoluje zpracovávání jednotlivých snímků do souvislého výkladu, snímky zde může uživatel naskládat za sebe podle potřeby, mezi snímky si pak může nastavit přechody a animace. U prvního prototypu jsem tuto komponentu vyjádřil jako lištu snímků, podobně jako v aplikaci Microsoft PowerPoint nebo Windows Moviemaker, do lišty by uživatel snímky vkládal za sebe a nástroj by automaticky nastavoval přechody mezi nimi, pokud by uživatel nezvolil jinak. Uživatel by měl možnost nastavit dobu a druh přechodu. Pod lištu jsem umístil osu, na kterou by uživatel mohl umístit audio nahrávku a pomocí nastavování doby přechodů by pak mohl nahrávku synchronizovat s vizuálním výkladem. Ve druhém prototypu tuto komponentu představuje časová osa, na kterou uživatel umísťuje jednotlivé snímky, můžeme znát z pokročilejších video editorů, výhodou časové osy je schopnost snadné synchronizace s audio nahrávkou a vizuální kontrola nad délkou materiálu. Nevýhodou oproti liště je, že uživatel musí umísťovat snímky za sebe v absolutním čase, co může mít za následek, že pokud se uživatel rozhodne, že je přechod mezi snímky moc rychlý nebo bude chtít přidat nový snímek, musí posunout všechny následující snímky na časové ose.

Nakonec se více přikláním k prototypu 1, připadá mi, že s lištou je snazší práce a učitelé jsou na programy typu Microsoft PowerPoint a Windows Moviemaker více zvyklí než na složitější video editory s časovou osou, dále předpokládám, že ne každému kantorovi je příjemné nahrávání svého hlasu, takže by výhodu časové osy nemusel vůbec využít.

Implementace

V této kapitole si popíšeme, jak byla aplikace vytvořena. Rozebereme strukturu hlavních tříd, jejich význam a jejich funkčnost.

3.1 Struktura kódu

Nástroj je implementován v projektu Ghosting od mého vedoucího práce doktora Čmolíka, je umístěn na cestě *Ghosting/src/tiger.effects/swingGUI*. Implementace proběhla ve verzi Javy 17. Projekt Ghosting je závislý na modulu Tiger-merge, který implementuje knihovnu TIGER. Nyní si pojdme představit jednotlivé třídy ve složce *swingGUI*.

Třída *PresentationCreator3D* představuje jádro celého softwarového nástroje. Je to klíčová třída, která provádí řízení a koordinaci ostatních částí aplikace. Třída je koncipována tak, aby se snažila o integraci a zpracování různých aspektů programu do jednotné a soudržné entity. Třída *PresentationCreator3D* obsahuje metody pro inicializaci, aktualizaci a vykreslování 3D scény. Tyto funkce jsou kritické pro správnou funkci a efektivitu tohoto nástroje, protože určují, jak se grafické prvky prezentace zpracovávají a zobrazují. Metody byly navrženy tak, aby optimalizovaly výkon a minimalizovaly zpoždění, což je kritické pro plynulý chod aplikace a pro dosažení optimálního uživatelského zážitku. Funkce třídy *PresentationCreator3D* také zahrnují správu uživatelského rozhraní a interakci s uživatelem. To zahrnuje reakci na vstupy od uživatele, jako je spuštění prezentace (*startGameLoop()*), stejně jako správu a manipulaci s komponentami uživatelského rozhraní. Funkce *relayout()* se stará o správné rozložení panelů na časové ose, pokud s nimi uživatel manipuluje pomocí Drag and Drop. Funkce *fillListWithFileNames()* naplňuje boční panel jmény modelů, které jsou uživateli k dispozici, aby s nimi mohl pracovat. Příkladem metod reagujících na vstupy uživatele jsou funkce *copyPanel()*, *deletePanel()*, které dovolují uživateli manipulovat se snímky na časové ose. Dále funkce *savePanelsToFile()* a *loadPanelsFromFile()*, které poskytují uživateli možnost ukládání a načítání hotových prezentací.

Třída *SlidePanel* manipuluje s datovými objekty reprezentujícími jednotlivé snímky v prezentaci. Zahrnuje metody a mechanismy pro manipulaci a ovládání těchto snímků. Umožňuje uživateli snadné a efektivní vytváření prezentace. To zahrnuje možnost přesouvat snímky po obrazovce a měnit jejich pořadí pomocí Drag and Drop, což umožňuje uživateli přizpůsobit příběh prezentace podle jeho potřeb. Třída se dá inicializovat jako kopie jiného *SlidePanelu*, čehož je využíváno funkcí *copyPanel()* pro vytváření totožných snímků, tato funkce je klíčová pro vytváření přehledné animace. Každá instance třídy *SlidePanel* nese *JButton*, který po stisknutí interaguje s plochou canvasu a tím vykresluje 3D grafiku, jejíž parametry jsou uloženy na snímku. Zároveň také vyvolává načtení nového modelu, pokud se aktuálně načtený model liší od modelu na snímku. Funkce *saveProperties()* se stará o ukládání dat na snímek prezentace. Tuto funkci může uživatel vyvolat pomocí tlačítka *save* v horní části grafického rozhraní, nebo se jej aplikace pomocí funkce *saveDialog()* zeptá jestli chce parametry na snímku uložit, pokud funkce *checkForChange()* odhalí, že se na snímku stala změna. Třída si tak sama hlídá, aby uživatel neztratil vykonanou práci. Třída také obsahuje informace o tom, zda je pro daný snímek povolena interakce nebo zda má být snímek zobrazen s interpolací mezi předchozím a následujícím snímkem.

Třída *GameLoop* reprezentuje smyčku prezentace, poskytuje sadu funkcí pro správu stavu prezentace, její aktualizaci a vykreslování na obrazovku. Funkce *run()* představuje jádro smyčky. Během každé iterace smyčky se nejprve volá funkce *update()* pro aktualizaci stavu vlákna, následně se volá funkce *render()* pro vykreslení stavu vlákna na obrazovku. Iterace smyčky se opakuje s konstantním časovým krokem, což zajišťuje plynulý a stabilní chod prezentace. Funkce *update()* je zodpovědná za aktualizaci stavu prezentace. Aktualizuje index prezentace, vyhodnocuje podmínky pro přechod na další slide, rozhoduje, zda je nutné provést interpolaci mezi dvěma slidy, a zda je nutné načíst nový 3D model na základě barvy, která je přiřazena danému indexu. Funkce *render()* je zodpovědná za vykreslení prezentace na obrazovku. Funkce aktualizuje polohu kamery a vlastnosti 3D modelu na základě aktuálního stavu prezentace. Pokud je prezentace pozastavena vyvolá se funkce *pause()*, která vlákno pozastaví, zároveň přenastaví vzhled tlačítka *play/pause*, aby uživatel věděl o stavu prezentace..

Třída *MyMenu* je uživatelské rozhraní, které poskytuje ovládací prvky pro spuštění, pauzování a zastavení prezentace. Dále obsahuje prvky pro správu slajdů, například pro jejich kopírování nebo smazání. Obsahuje také sadu funkcí, které umožňují uživateli nastavování parametrů na jednotlivých snímcích.

RootPanel je hlavní panel uživatelského rozhraní, na kterém jsou umístěny všechny ostatní komponenty, jako je *MyMenu* nebo seznam *SlidePanelů*. Třída obsahuje logiku pro správu a manipulaci s těmito komponentami.

FrameGLEListener implementuje rozhraní *GLEventListener*, které obsahuje metody pro manipulaci s grafickým prostředím OpenGL. Konstruktor třídy přebírá instanci třídy *PresentationCreator3D*, která obsahuje informace o vytvořených scénách. Metody *init*, *display*, *reshape*, *displayChanged* a *dispose* slouží k inicializaci, vykreslování, změně tvaru, změně zobrazení a zrušení grafického prostředí OpenGL.

Třída *DraggableMouseListener* implementuje rozhraní *MouseAdapter* a poskytuje funkcionalitu pro detekci stisku myši, který je potřeba pro možnost přetahování slide panelů.

Třída *DragAndDropTransferHandler* implementuje rozhraní *TransferHandler* a *DragSourceMotionListener* pro manipulaci s přenášenými objekty, jako jsou slide panely. Obsahuje metody pro vytvoření přenositelného objektu, reakci na pohyb myši při přetahování a další.

Další zmíněné třídy nalezneme ve složce *utilities*.

Třída *PresentationData* slouží k uchování dat pro prezentaci. Obsahuje řadu atributů, které popisují vlastnosti prezentace, jako jsou barvy, doba trvání slidu, doba trvání animace, informace o interpolaci, interakci a další. Je předávána *PresentationCreator3D* do *GameLoop*.

Enumerace *GameStatus* definuje tři stavy, ve kterých se může prezentace nacházet: *RUNNING*, *STOPPED* a *PAUSED*. Tyto stavy mohou být využity pro řízení průběhu prezentace, jako je pauzování, pokračování nebo zastavení.

Třída *ColorSolver* vytváří mapu barev, které jsou přiřazeny k jednotlivým 3D modelům v prezentaci. Třída načte všechny soubory s příponou *.obj* v definované složce a pro každý soubor generuje jedinečnou barvu, která je uložena do mapy spolu s názvem souboru. Metoda *solve* pak umožňuje získat barvu pro daný název souboru.

3.2 Výkon

Nástroj jsem vyvíjel na notebooku Acer Nitro AN515-52 s procesorem Intel® Core™ i7-8750H CPU @ 2.20GHz (12CPU), 8GM RAM s grafickou kartou NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti. Výkon aplikace jsem testoval pomocí vypisování FPS při vykreslování modelů. Počet FPS se lišil podle velikosti modelu, u modelu trávící soustavy *digestive.obj*, který se skládá z 15 objektů a 75 478 ploch, se hodnota FPS držela okolo 60. U modelu *virus.obj* skládacího se z 6 objektů a 81 088 ploch, se hodnota pohybovala okolo 50 snímků za sekundu. Problém nastal u modelu *shark.obj*, jedná se o anatomický model žraloka, který má 23 objektů a 1 307 004 ploch, po načtení tohoto modelu klesla hodnota FPS na 5, práce s tímto modelem není vhodná. Pro práci s aplikací je potřeba zvolit vhodný model.

3.3 Implementační nedostatky

V průběhu implementace nástroje jsem narazil na některé neoptimalizované aspekty, které by představovaly překážky pro praktické využití daného nástroje a vyžadovaly by v budoucnosti další zásahy. Nicméně, v kontextu mé bakalářské práce tyto aspekty neměly zásadní dopad. Jejich řešení by si vyžádalo značné množství času, který jsem raději věnoval produktivnějším úkolům.

Konkrétně se jedná o vlákno *Animator*, které kontinuálně renderuje model na obrazovku, což vede k vysoké energetické spotřebě. Tento problém by bylo možné řešit prostřednictvím posluchače, který by inicioval renderovací proces pouze v případě detekce změny na zobrazovaném modelu.

Další problém se vyskytl při pokusu o integraci náhledů jednotlivých snímků na časovou lištu uživatelského rozhraní, které by reprezentovaly samotné snímky, podobně jako v programu MS PowerPoint. Tento cíl jsem se snažil dosáhnout vytvořením speciálního frame bufferu, velikosti panelu reprezentujícího jeden snímek. Do tohoto frame bufferu by se po zadání příkazu vykreslil model, který uživatel vidí na obrazovce, a následně by byl uložen jako obrázek reprezentující snímek v liště. Při implementaci této funkce se však objevil problém, který jsem ve spolupráci s vedoucím práce nedokázal efektivně vyřešit.

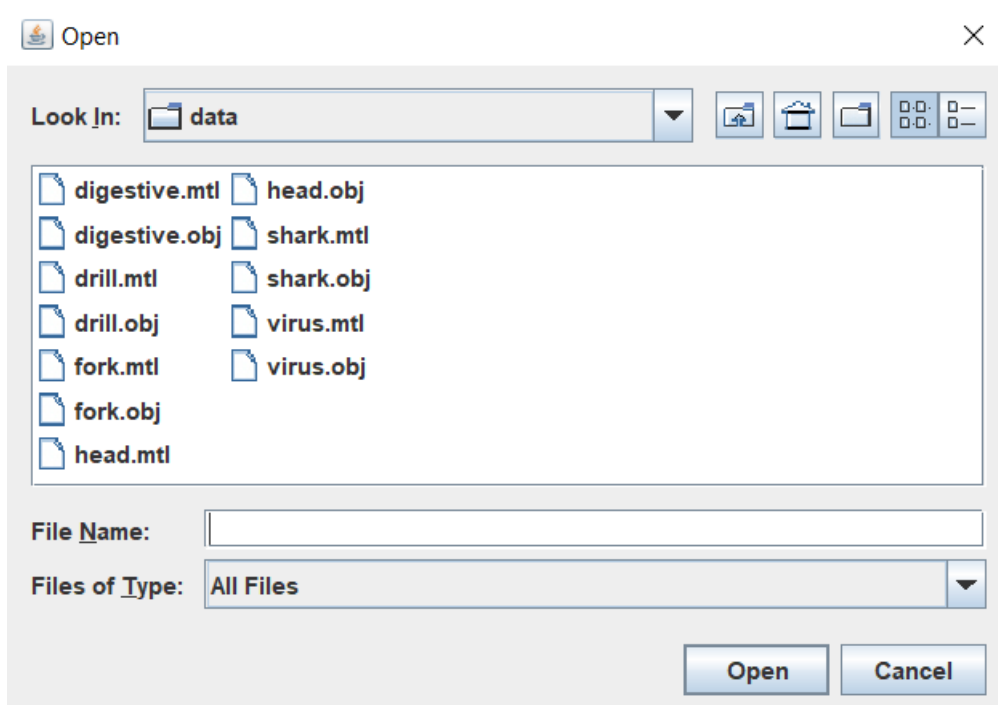
Poslední identifikovaný problém se projevil při posunu kamery, kde program nesprávně identifikoval přední rovinu kamery, což vedlo k mizení jedné části modelu při posunu v určitém směru. Tento problém byl však odhalen v pozdní fázi vývoje, kdy již nebylo dostatek času na jeho řešení.

Výsledky

V rámci této kapitoly se zaměřím na konečnou konfiguraci nástroje. Představím, jakým způsobem uživatel interaguje s aplikací, jaké možnosti mu jsou poskytnuty a jaká jsou potenciální omezení. Na závěr se budu zabývat možnými směry budoucího vývoje a optimalizace této aplikace.

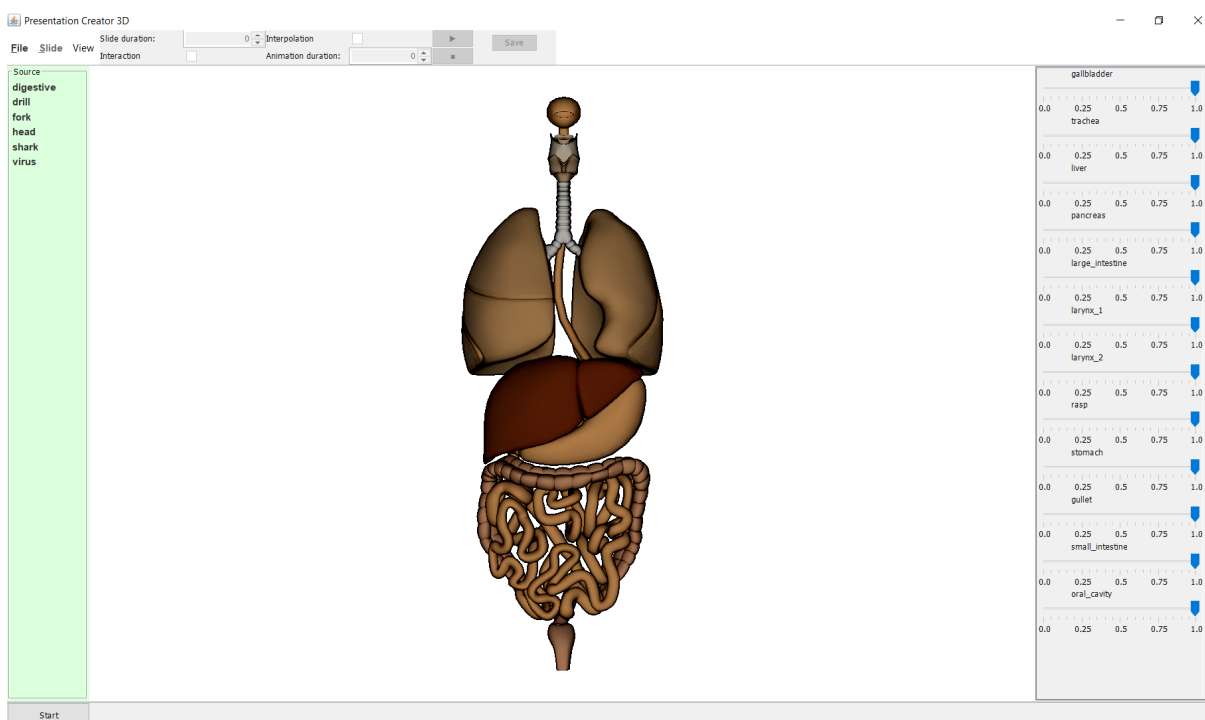
4.1 Průchod aplikací

Po inicializaci aplikace je uživateli prezentováno okno pro selekci modelu, ve kterém je požadováno otevření souboru s příponou .obj. Náhled tohoto okna můžete vidět na obrázku 4.1. Abych zvýšil uživatelskou přívětivost a efektivitu, nastavil jsem výchozí cestu tak, aby dialogové okno automaticky navigovalo do složky *data*, která je součástí projektové struktury aplikace.



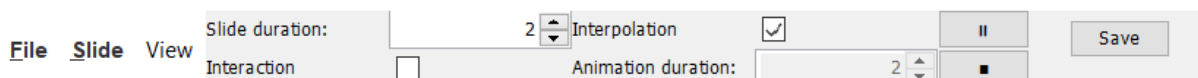
Obrázek 4.1: Úvodní okno pro výběr modelu

Po selekci modelu je uživateli zpřístupněno hlavní okno aplikace, jak můžete vidět na obrázku 4.2. Uživatelské rozhraní v tomto okně umožňuje interakci s vybraným modelem, vytváření specifických snímků a následné spuštění vytvořené prezentace. V horní části je umístěn nástrojový panel, zatímco na levé straně je panel pro výběr modelů obsažených ve složce *data*. Uživatel může vybrané modely přesunout do spodního panelu, který reprezentuje časovou osu snímků, prostřednictvím drag-and-drop metody. To umožňuje vytvoření konkrétního snímku pro daný model. Centrální panel, známý jako *canvas*, slouží pro vizualizaci modelu. Uživatel může prostřednictvím myši model otáčet, přibližovat a posouvat (při současném držení klávesy shift). Na pravém panelu jsou zase k dispozici možnosti pro nastavení parametrů pro zprůhledňování jednotlivých vrstev modelu.




Obrázek 4.2: Hlavní okno aplikace





Vrchní panel nástrojů se skládá, ze 3 podmenu (*File*, *Slide* a *View*) a polem s nástroji pro úpravu jednotlivých snímků. Detail tohoto panelu si můžete prohlédnout na obrázku 4.3.

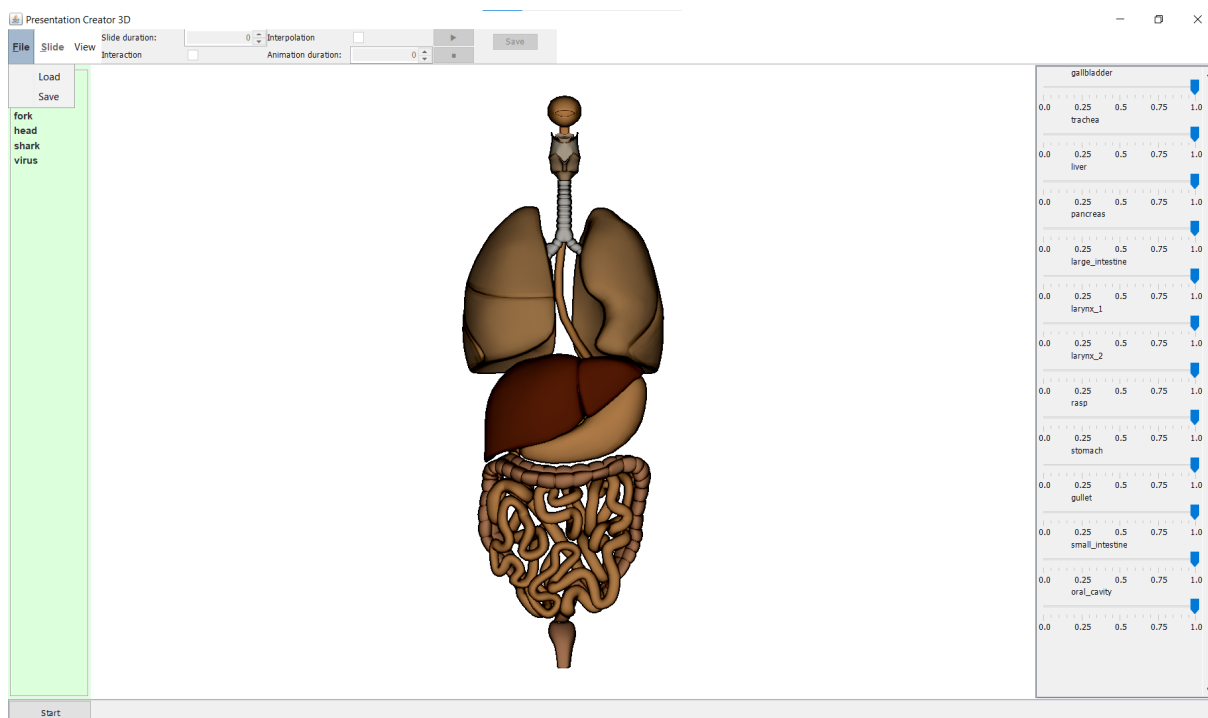


Obrázek 4.3: Panel nástrojů

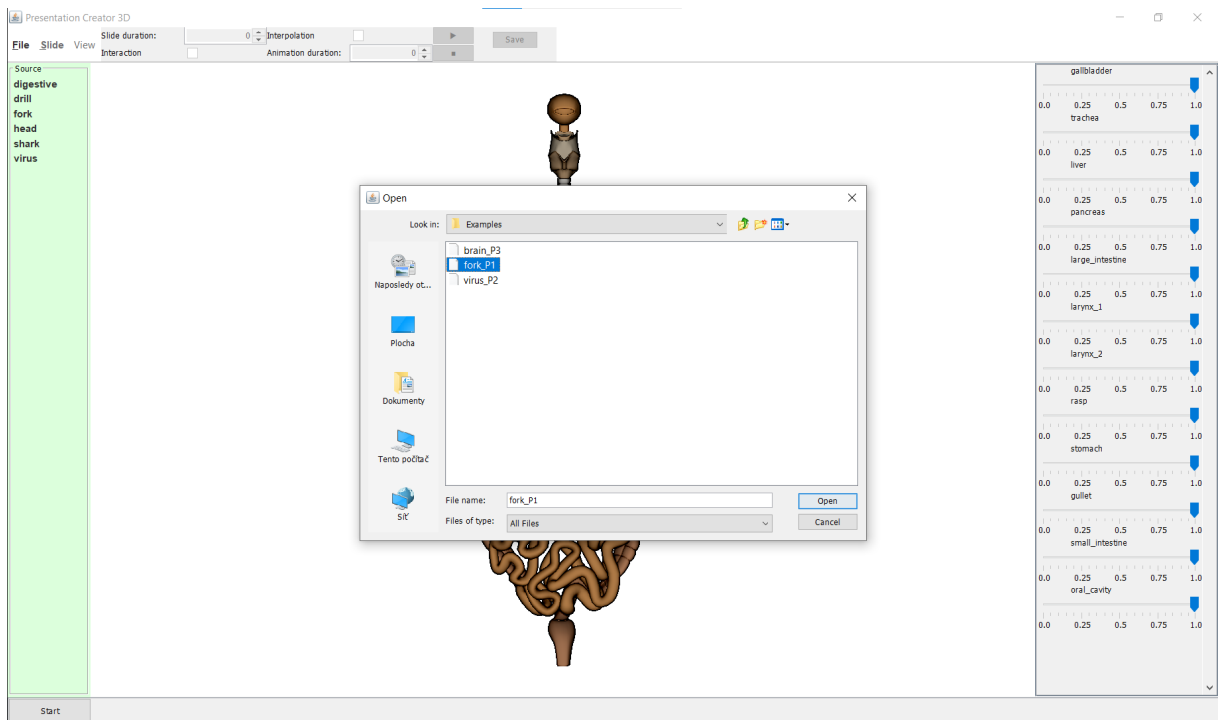
Podnabídka *File* poskytuje uživateli možnost persistence vytvořené prezentace, buď skrze její uložení či načtení. Rozbalením této nabídky si uživatel může zvolit mezi *Load* a *Save*, jak si můžete všimnout na obrázku 4.4. Každá z těchto funkcí uživatele přeměruje do dialogového okna pro správu souborů, kde lze vybrat cílovou složku pro uložení prezentace a definovat její název, či naopak vyhledat soubor s dříve uloženou prezentací. Po otevření souboru s existující prezentací je veškerá aktuální práce uživatele v aplikaci resetována, a proto je nezbytné, aby uživatel předem uložil jakoukoli probíhající práci na prezentaci před otevřením jiné. Náhledy jednotlivých dialogových oken jsou vidět na obrázku 4.5 a obrázku 4.6. Obrázek 4.7 pak ukazuje okno, ve kterém byla načtena již vytvořená prezentace.

Vrchní nástrojový panel pro úpravy vybraného snímku nabízí uživateli možnost nastavit dobu trvání statického zobrazení snímků v sekundách (*Slide duration*) a také poskytuje volbu *Interaction*. Po aktivaci této volby se prezentace po přechodu na daný snímek pozastaví a uživatel může v tomto momentě libovolně manipulovat s modelem; prezentaci poté opět spustí tlačítkem . Volba *Interpolation* umožňuje uživateli nastavit animovaný přechod mezi jednotlivými snímky, přičemž dobu trvání animace lze upravit v poli *Animation duration*. Interpolace však není vždy dostupná; uživatel nemůže tuto volbu aktivovat, pokud se nachází na posledním snímku v liště, nebo pokud následující snímek za vybraným obsahuje jiný model.

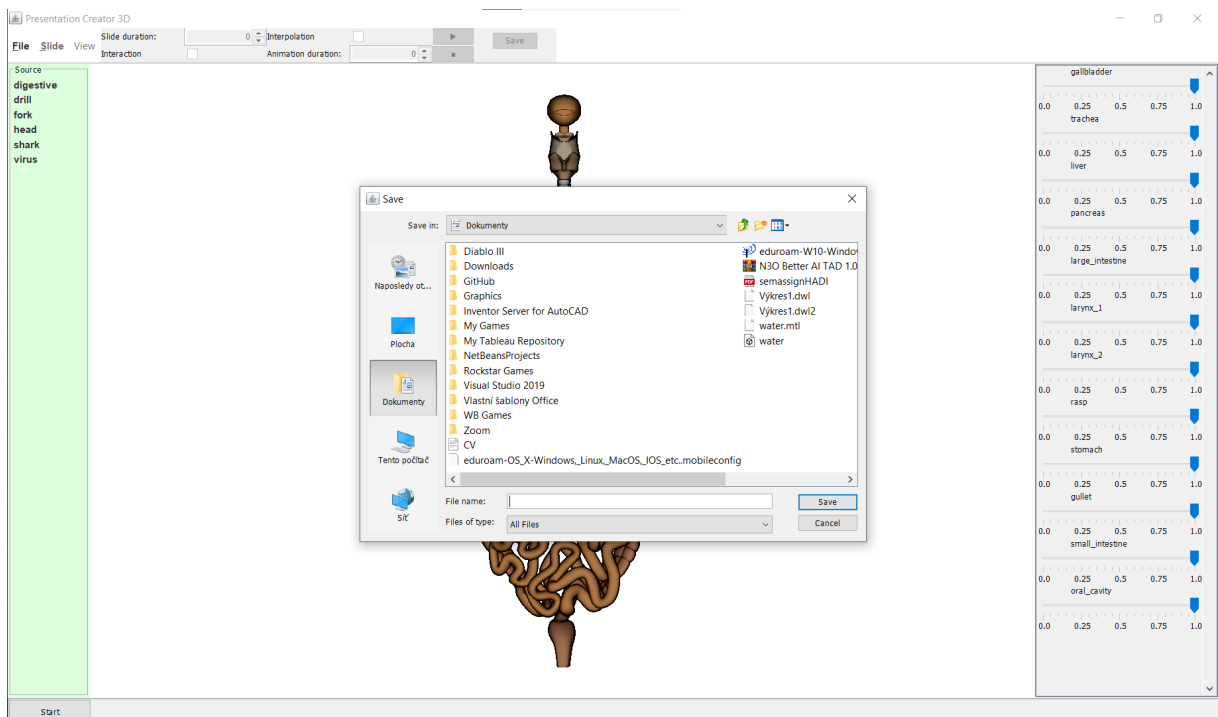
Tlačítkem  uživatel aktivuje vlákno prezentace, které probíhá od prvního do posledního snímku podle nastavených parametrů na jednotlivých snímcích. Po spuštění prezentace se tlačítko  změní na , jeho stisknutím uživatel prezentaci pozastaví a může ji od tohoto bodu znovu spustit. Pomocí tlačítka  uživatel ukončí prezentaci a po jejím opětovném spuštění se aktivuje nová instance prezentačního vlákna. Tlačítkem *Save* uživatel uloží parametry aktuálně aktivního snímku.



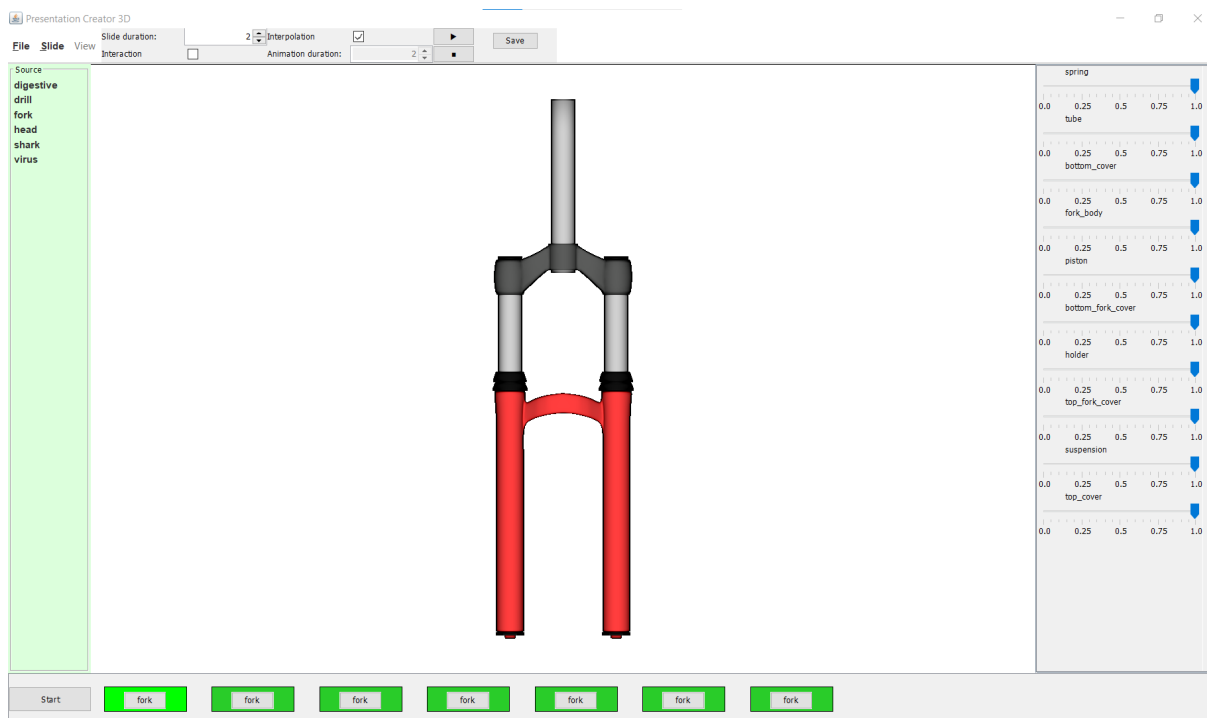
Obrázek 4.4: Rozkliknutí podnabídky *File*




Obrázek 4.5: Okno pro výběr souboru, při stisknutí *Load*



Obrázek 4.6: Okno pro výběr složky, při stisknutí *Save*

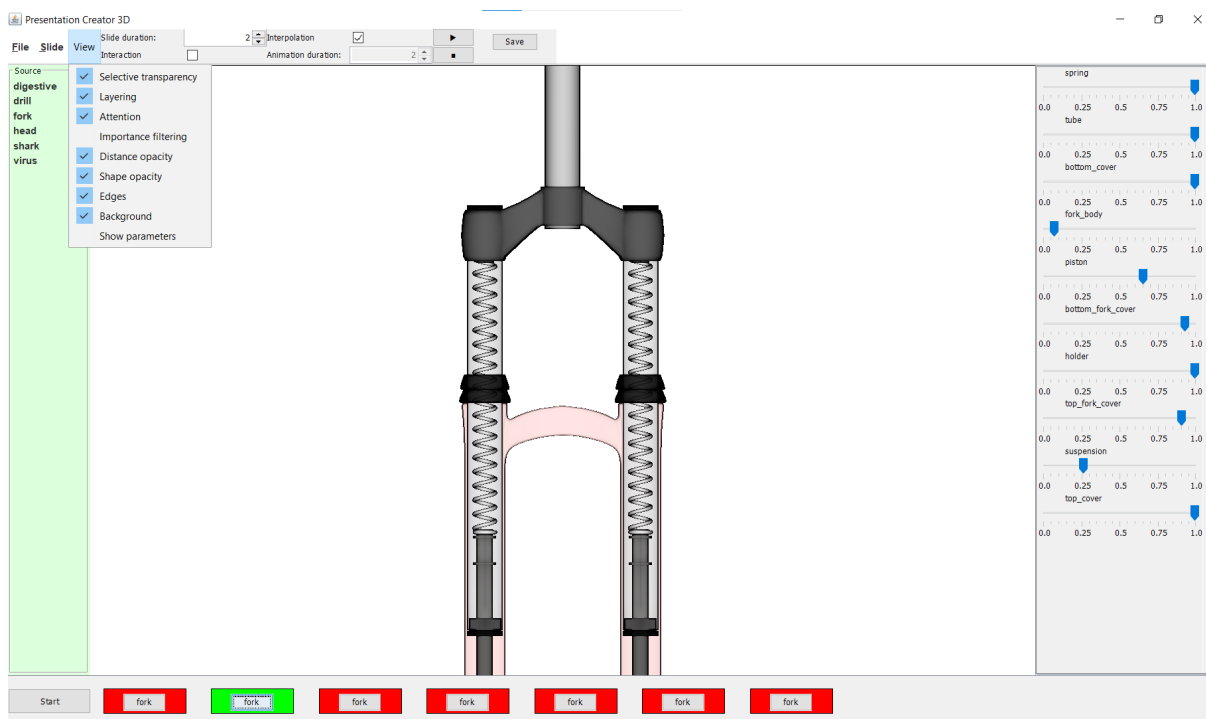


Obrázek 4.7: Náhled po načtení hotového souboru pomocí *Load*

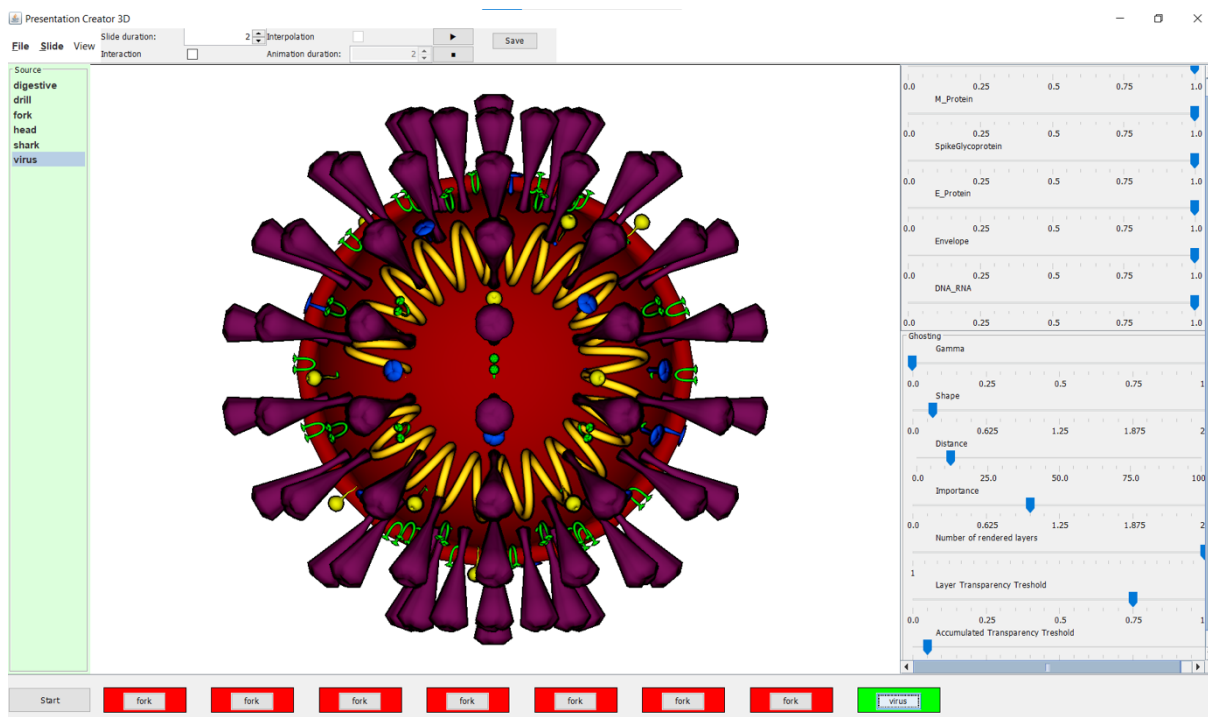
Podnabídka *Slide* poskytuje uživateli možnost manipulovat s aktuálním snímkem buď jeho duplikací či odstraněním. Pokud uživatel využije funkci *Copy Slide* pro vytvoření kopie snímku, je tato kopie umístěna na konci sekvenčního řazení všech snímků. Uživatel má možnost libovolně reorganizovat pořadí snímků na liště prostřednictvím funkce *Drag and Drop*. Aktuálně vybraný snímek je uživateli vizualizován světle zelenou barvou, zatímco snímek, který již byl předtím zobrazen, je označen červeně. Nový, dosud nezobrazený snímek je vybarven barvou odpovídající modelu na snímku. Tato barevná kódování lze pozorovat na panelech reprezentujících snímky na spodní liště. Tlačítkem *Start* umístěným v levém dolním rohu aktivuje uživatel instanci prezentačního vlákna, což koresponduje s funkcí tlačítka  v horním nástrojovém panelu.

Poslední podnabídka *View* nabízí uživateli schopnost modifikovat parametry zprůhledňování prostřednictvím zapnutí či vypnutí určitých tlačítek. Jednotlivé parametry si můžeme prohlédnout na obrázku 4.8. Je důležité poznamenat, že se nejedná o parametry, které by měnily specifické vrstvy modelu nebo míru jejich průhlednosti, ale spíše o funkce, jež upravují proces zprůhledňování jako celek. Tyto parametry jsou rovněž asociovány s jednotlivými snímky, v důsledku čehož může mít každý snímek odlišně nastavené parametry zprůhledňování.

Po zaškrtnutí posledního tlačítka (*Show parameters*) v nabídce *View* se uživateli mezi parametry v pravé části aplikace zobrazí nové posuvníky, jak můžeme vidět na obrázku 4.9. Skrze ty může uživatel nastavovat dodatečné, pokročilejší parametry zprůhledňování. Tyto parametry mohou nabývat hodnot mimo binární soustavu (1 nebo 0), a proto jsou zobrazeny ve formě posuvníků. Tyto pokročilé funkce zprůhledňování jsou primárně při otevření aplikace skryté, aby byla uživatelská rozhraní co nejvíce přehledná. Avšak pro zkušeného uživatele jsou tato nastavení snadno dostupná.



Obrázek 4.8: Možnosti nastavení parametrů v podnabídce *View*



Obrázek 4.9: Nabídka sliderů s pokročilým nastavením parametrů zprůhledňování po zvolení *Show parameters*

4.2 Možná vylepšení

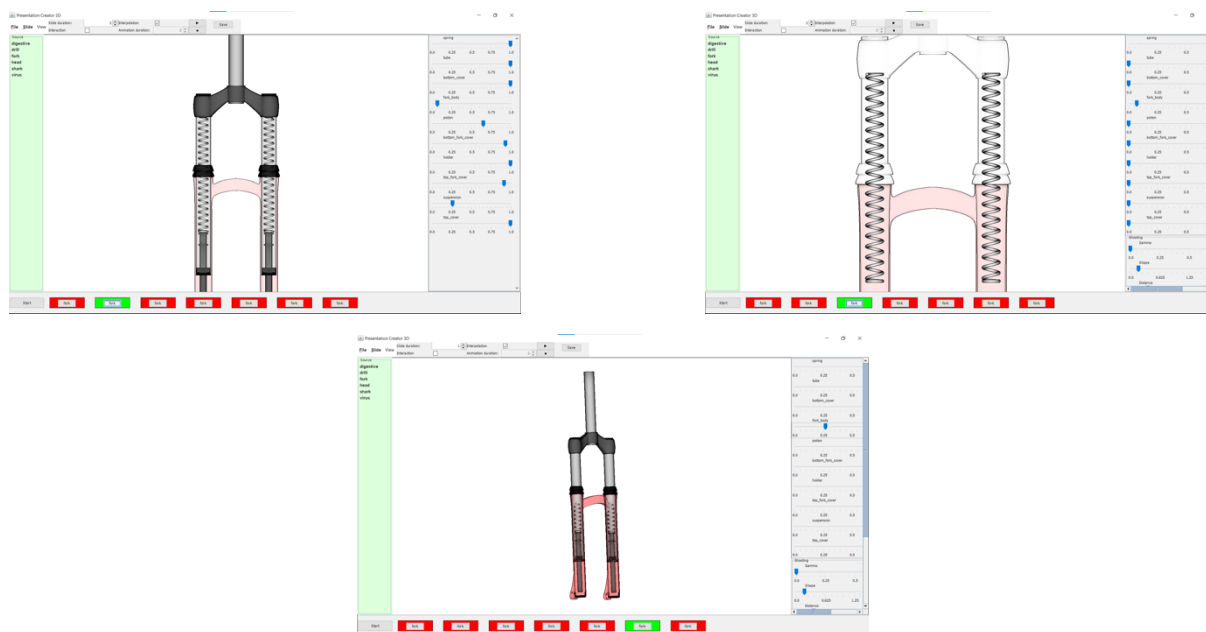
Před zahájením diskuse o možných rozšířeních nástroje bych rád zdůraznil několik funkcí, které momentálně aplikace nepodporuje, avšak jejich přidání by bylo pro budoucnost přínosné. Jedním z takových aspektů je poskytnutí rozšířených možností uživatelské personalizace. Optimalizace by měla umožnit uživateli konfigurovat vlastní klávesové zkratky a ovládací prvky (například navigaci modelu pomocí kláves šipek), stejně jako změnu jazyka uživatelského rozhraní a vizuálního tématu. Pokud by měl být nástroj použit pro distanční výuku nebo pro vytváření interaktivních prezentací pro studenty, je třeba přidat možnost připojit audio záznam k jednotlivým snímkům. Tento záznam by mohl být učitelem nahrán pro každý snímek individuálně, nebo později přidán do celé prezentace. Další užitečnou funkcí by byla schopnost přidávat popisky k jednotlivým modelům nebo jiné geometrické prvky pro zvýraznění (například šipky, kruhy). Schopnost přidávat popisky k jednotlivým modelům již třída *Ghosting* nabízí, pro účely mé práce mi tato funkce nebyla vedoucím zpřístupněna. Na základě této funkce se dá v budoucnu schopnost přidávání popisků implementovat. Uživatelská přívětivost by byla zvýšena i možností označit specifické části modelu kliknutím na vybranou oblast v plátně; vybranou část by pak uživatel mohl přejmenovat, zprůhlednit nebo barevně zvýraznit. Pokud by měl být nástroj v budoucnosti používán v praxi, klíčovou prioritou by mělo být propojení nástroje s databází modelů a dříve vytvořených prezentací. Toto by umožnilo pedagogům sdílet nové metody a ověřené ilustrace mezi sebou, zatímco ostatní by je mohli stahovat a upravovat dle svých potřeb. V kontextu procházení databáze by bylo vhodné vytvořit doplňkovou aplikaci, která by umožnila učiteli prohlížet modely a prezentace vytvořené ostatními a označovat si mezi nimi oblíbené položky. Ty by se mu následně zobrazily v panelu, pokud by si nástroj otevřel na svém stolním počítači.

Testování

Testování nástroje bylo realizováno prostřednictvím kvalitativních rozhovorů s čtyřmi pedagogy, kteří mají minimálně desetiletou praxi v oboru. Tato interakce byla strukturována do jednohodinových sezení. Na úvod jsem všem účastníkům podal podrobné informace o cílech projektu a koncepčních základech, které jsme s vedoucím práce doktorem Čmolíkem stanovili v rámci návrhu a analýzy. Následně jsme se věnovali praktickému testování nástroje, kde každý z pedagogů měl možnost vytvořit výukový materiál pomocí modelů, které jsem jim předem poskytl. Po ukončení této fáze jsem se zaměřil na získání zpětné vazby, diskutoval jsem s nimi o potenciálních oblastech využití a možných vylepšeních nástroje. Testování probíhalo na zařízení Lenovo Legion Y530-15ICH, s procesorem Intel® Core™ i5-8300H CPU @ 2.30GHz, 8GB RAM a grafickou kartou NVIDIA GeForce GTX 1050.

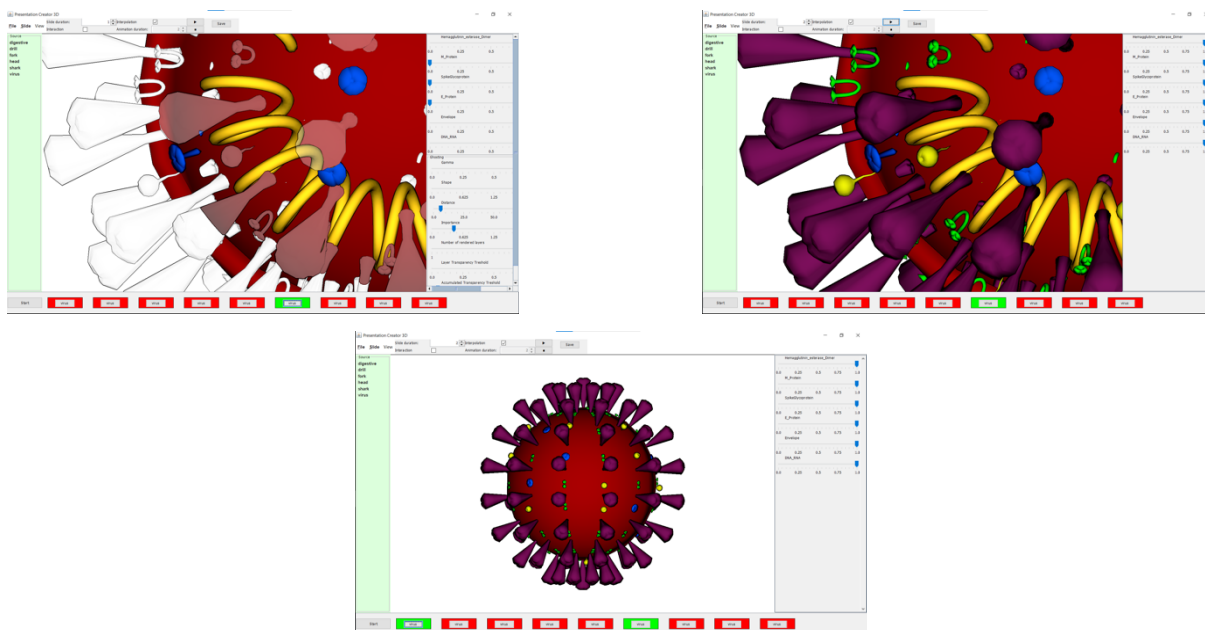
Můj první respondent (dále označen jako P1) byl pedagog s odborností v oblasti fyziky a informatiky. Vyjádřil zájem o využití 3D modelů ve své pedagogické praxi, a to zvláště ve fyzice, kde se často stýká s koncepty, které jsou obtížně demonstrativní pomocí fyzických modelů – ať již kvůli jejich malé velikosti (např. atom), výrazné velikosti (např. urychlovač částic v Cernu, astronomické modely), či potenciálnímu nebezpečí. V informatice by pak nástroj sloužil pro demonstraci průřezu fotoaparátém nebo prezentaci architektury počítačů. V současné době P1 využívá Blender, Malování3D nebo Fusion 360, avšak pouze pro otevření modelu a následné pořízení snímků obrazovky, které poté vkládá do prezentací vytvořených v MS PowerPoint. Uvedl, že se pokusil naučit se práci v Blenderu, ale v rámci své pracovní doby neměl dostatek času ani motivace. Během distanční výuky upřednostňoval kreslení na virtuální tabuli nebo využití YouTube videí. Během testování nástroje jsme se zaměřili na vytváření učebního materiálu na modelu vidlice bicyklu. Video výsledné prezentace je přiloženo v příloze, ukázkou této prezentace si můžete prohlédnout na obrázku 5.1. V rámci prezentace chtěl P1 ukázat studentům pružinu, která se ve vidlici nachází, přemýšlel, že by prezentaci v tento moment pozastavil a zadal třídě slovní úlohu na tuhost pružiny ve vidlici bicyklu. Zároveň přiznal, že pokud by chtěl vést výuku o dynamice, raději by použil reálné pružiny, ale u té by nemohl ukázat, že se nachází ve vidlici kola. P1 ocenil design a nízkou vstupní úroveň požadovaných znalostí pro použití nástroje. U konkrétní ilustrace pružiny a sil uvedl, že by ocenil fyzikální animace, jako je zkracování a natahování pružiny. V závěru jsme shrnuli jeho názor na nástroj. P1 zdůraznil, že pro jeho efektivní použití by byla klíčová rozsáhlá databáze s předem připravenými modely a ilustracemi. Dále by ocenil možnost upravovat ilustrace podle svých preferencí, protože, jak řekl: „Každý pedagog vede výuku jinak“. U ilustrací pro výuku fyziky by ocenil složitější animace, například zmíněné natahování a zkracování pružiny nebo jednoduchý pohyb lana v kladkostroji. Považoval by za užitečné mít možnost zvýrazňování specifických objektů pomocí změny barev a přidávání popisků. Pokud by nástroj měl být používán pro tvorbu domácích studijních materiálů pro studenty, P1 by určitě potřeboval možnost přidávat audio záznamy k jednotlivým snímkům. Také by bylo užitečné přidávat k jednotlivým snímkům geometrické tvary, například pro zobrazování paprsků při výuce optiky.

Pro něj by byla klíčová také možnost exportu výsledné ilustrace do různých typů souborů. Jedním z rozhodujících faktorů pro P1 při adopci nového softwaru je čas potřebný k pochopení ovládání, což u našeho nástroje hodnotil pozitivně. Avšak zdůraznil, že pro každého pedagoga, který by měl s nástrojem pracovat, je důležité, aby byla k dispozici kvalitní dokumentace nebo video průvodce.



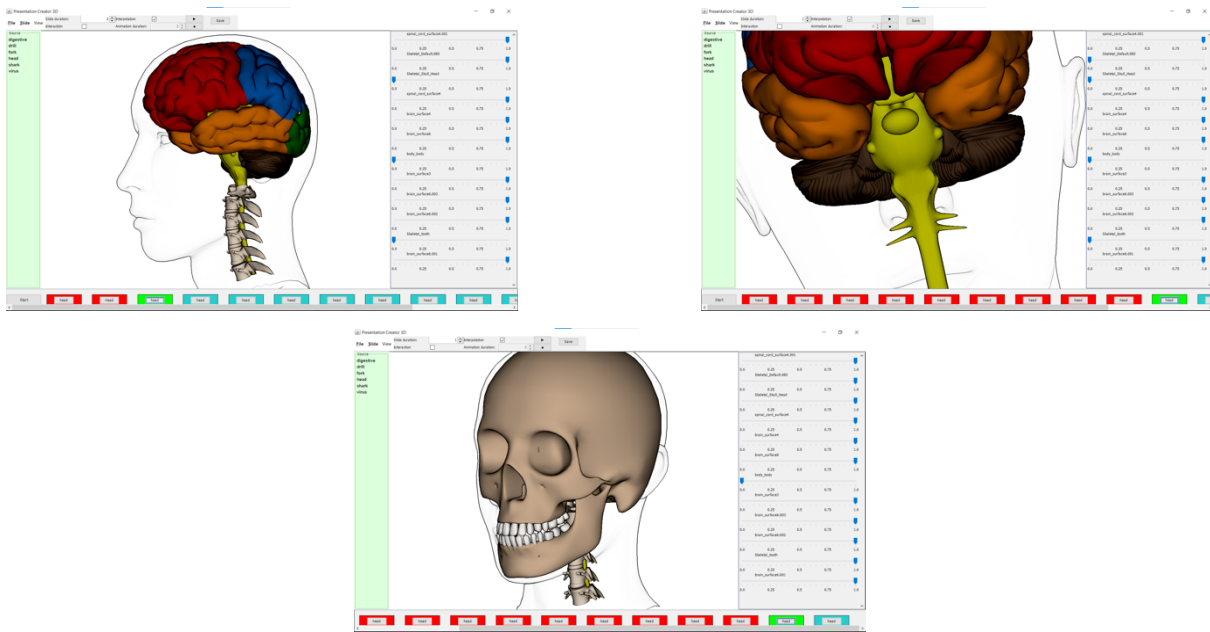
Obrázek 5.1: Ukázka vytvořené prezentace s P1

Druhým subjektem byla pedagožka specializující se na chemii a biologii (dále jen P2). P2 identifikovala potenciál 3D modelů v edukaci pro vizualizaci organických struktur a komplexních proteinů, které jsou náročné pro demonstraci na fyzických modelech. Nicméně, v současné době 3D modely ve výuce nepoužívá. Většinou vyhledává ilustrace jako obrázky na Google nebo Wikipedii. V rámci distančního vzdělávání poskytovala studentům odkazy na videa na YouTube, nebo využívala aplikací jako Khan Academy. Tyto digitální zdroje jsou využívány i během prezenční výuky, kdy jsou studentům poskytnuty tablety. Během testování nástroje jsme experimentovali s vytvořením výukového materiálu na téma virů, konkrétně na modelu koronaviru COVID-19. P2 chtěla studentům pomocí prezentace znázornit strukturu viru a zvýraznit postupně jeho jednotlivé složky. Nejdříve ukazuje virus jako celek, poté model otáčí a ukazuje vnitřek, kde je vidět genom viru. Na dalším snímku pak ukazuje studentům vnější obal a na něm membránové M-Proteiny. Na dalších snímcích postupně zvýrazňuje studentům nejdříve E-Proteiny, poté obalové Glykoproteiny a na závěr hemagglutinin esterázu. V úplném závěru prezentace model odtáhne a ukazuje jej jako celek v průřezovém pohledu. Video výsledné prezentace je přiloženo v příloze, ukázku této prezentace si můžete prohlédnout na obrázku 5.2. P2 ocenila jednoduchý design uživatelského rozhraní a vyjádřila potřebu možnosti přepnout jazyk nástroje na češtinu a latinu. P2 konstatovala, že nástroj hodnotí jako "úspěšný", avšak pro každodenní praktické využití by byla nezbytná databáze předem připravených ilustrací, které by mohla jednoduše upravit. Kromě toho by bylo nutné přidat možnost nahrání audio stopy k jednotlivým snímkům. P2 také zmínila možnost přemístění některých biologických hodin do počítačových učeben, kde by studenti mohli interaktivně prohlížet animace vytvořené pomocí našeho nástroje.



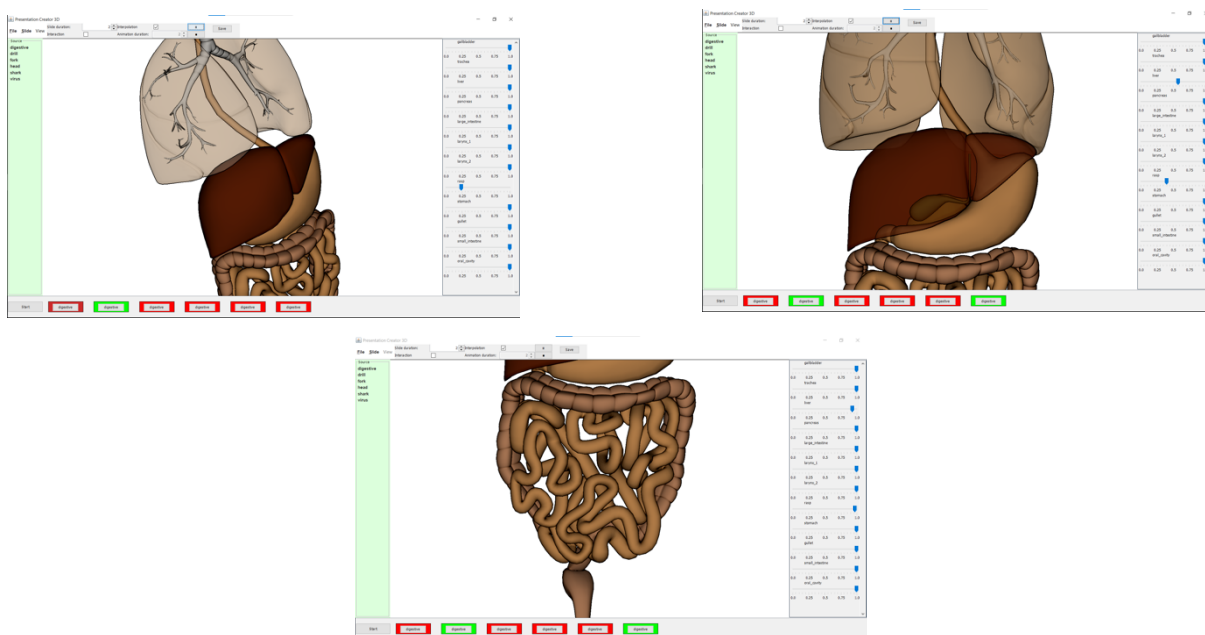
Obrázek 5.2: Ukázka vytvořené prezentace s P2

Jako další byl ke zkoušení nástroje v rámci mé bakalářské práce pozván pedagog specializovaný na biologii a fyziku (dále jen P3). V přípravě na výuku nepoužívá přímo 3D modely, preferuje však práci s výřezovými pohledy, které poté jako obrázky integruje do svých prezentací. Přestože tyto obrázky poskytují užitečnou vizuální podporu, P3 vnímá nedostatek animací, které by umožnily spojit jednotlivé pohledy. Fyzické modely používané při výuce často neumožňují zobrazení průřezů objektů, což je další limitace, kterou P3 identifikoval. V rámci distančního vzdělávání nahrával P3 své lekce jako videa na Youtube. Vyjádřil, že by nástroj, který jsme vytvořili, určitě využil, neboť v průběhu distančního vzdělávání nenašel nic srovnatelného. S P3 jsme experimentovali s vytvořením prezentace na modelu lidské hlavy. Nejdříve model zprůhlednil na pouhou lebku, poté pokračoval a zprůhlednil i lebeční kost, aby byly vidět jednotlivé části mozku. Následně snímek po snímku zvýrazňoval danou část mozku, ke které by vedl výklad. Začal jenom čelním lalokem, postupně k němu přidal temenní lalok a otočil modelem, aby byl lépe vidět, dále stejný způsob aplikoval na týlní a spánkový lalok. Pokračoval zvýrazněním mozečku, hypofýzy a prodloužené míchy. Na závěr pak znovu ukázal celou strukturu mozku a znovu jej zakryl lebeční kostí a kůží. Video výsledné prezentace je přiloženo v příloze, ukázkou této prezentace si můžete prohlédnout na obrázku 5.3. Po krátké době se P3 sám ujal ovládání aplikace a rychle pochopil, jak nástroj funguje. Uživatelské rozhraní hodnotil jako dobře navržené a příjemně jednoduché. Ocenil skrývání pokročilých nastavení, které by podle něj mohlo začínajícího uživatele zmást. P3 připustil, že by při používání nástroje využil i pokročilé nastavení zprůhlednění. Rovněž by ocenil možnost zobrazení průřezu na jakémkoli modelu a schopnost posunovat model pomocí šipek. Dále by, byť s menší prioritou, uvítal možnost přidání popisků k jednotlivým modelům, které by reagovaly na posun a otáčení modelu. V extrémním případě také možnost nahrávání audio záznamu k jednotlivým snímkům.



Obrázek 5.3: Ukázka vytvořené prezentace s P3

Poslední účastníci testování v rámci mé bakalářské práce byla pedagožka se specializací na biologii a matematiku (dále jen P4). Jako klíčový nedostatek fyzických modelů identifikovala nemožnost zvýraznění nebo zvětšení specifických částí modelu. V situaci, kdy se snaží použít model k demonstraci nějakého detailu, je tak potřeba zakoupit nový, detailnější model. Modely jsou však nákladné a obvykle je k dispozici pouze jeden model pro celou třídu. Toto vede k situaci, kdy se model musí předávat mezi studenty a jejich pozornost je rozdělena mezi model a výklad učitele. Postupně pak studenti ztrácejí přehled o tom, co si měli na modelu prohlédnout a na jakou část se zaměřit. V rámci distančního vzdělávání P4 kladla důraz na vytváření prezentací, které by studenty zaujaly a udržely jejich pozornost. Snažila se do prezentací integrovat animace a 3D modely, většinou ve formě odkazů na videa na Youtube. Spolu s P4 jsme se rozhodli vypracovat prezentaci s modelem trávicí a dýchací soustavy člověka. P4 se začátku chtěla studentům hlavně ukázat, že jícen vede za zádní stranou plic a poté se postupně mezi plicemi dostává k žaludku, toho docílila tak, že celým modelem otočila a lehce zprůhlednila část plic, čímž zvýraznila jícen. Poté by vedla výklad k žaludku, a proto přiblížila pohled a zvýraznila žaludek. Na závěr by výkladem přešla ke střevům a vylučovací soustavě, nastavila si tedy prezentaci, aby doprovázela její výklad. Video výsledné prezentace je přiloženo v příloze, ukázkou této prezentace si můžete prohlédnout na obrázku 5.4. Po krátké době byla P4 překvapena, jak intuitivně se s nástrojem pracuje a jak přirozené je ovládání modelu. Kritizovala však absenci popisků a uvedla, že pro samostudium by bylo vhodné nejen přidávat popisky k jednotlivým objektům, ale také detailní popis při kliknutí na objekt, který by mohl nahradit audio stopu. Na rozdíl od předchozích pedagogů, P4 nebyla zastáncem nahrávání audio záznamů k jednotlivým snímkům. Uvedla, že se jí to zdá "podbízivé" vůči studentům, že studenti by mohli zlenivět a ztratit pozornost při samostudiu. "Vizuální vjem je pro většinu studentů důležitější než sluchový, student, který považuje sluchový vjem za prioritní, si učitelovy poznámky může číst nahlas," argumentovala P4. V současné podobě se jí nástroj jevil jako vhodný k použití, avšak postrádal funkci zobrazení prezentace na celou obrazovku.



Obrázek 5.4: Ukázka vytvořené prezentace s P4

5.1 Shrnutí

Testování našeho nástroje bylo provedeno se čtyřmi pedagogy specializovanými na přírodovědecké předměty – P1, P2, P3 a P4. Každý z nich přistoupil k testování s různými předpoklady a požadavky. Většina se shodla, že nástroj potřebuje podporovat přidávání popisků, ať už jednoduchých nebo komplexnějších. Jak už jsem uvedl ve 2. kapitole v podkapitole o knihovně TIGER, třída Ghosting obsahuje metody, které jsou připravené na přidávání popisků k jednotlivým částem modelů. Takže se na této funkci dá do budoucna pracovat. Zároveň všichni kromě poslední dotazované považují za důležité přidání možnosti doprovodných audio stop, tuto funkcionalitu zmiňuji v předchozí kapitole v podkapitole *Možná vysvětlení* a testováním jsme si potvrdili, že je o danou funkci zájem. Dále učitelé vyjádřili požadavky, které byly specifické jejich oboru. Příkladem můžu uvést pokročilé animace, které chtěl v rámci výuky fyziky P1, nebo možnost přepnutí nástroje do latiny pro výuku biologického semináře, kterou zmínila P2. Dále se pedagogové shodli, že uživatelské rozhraní nástroje je intuitivní a nástroj požaduje přijatelnou vstupní úroveň dovednosti.

Z testování tedy vyplývá, že všichni pedagogové uznali potenciál nástroje pro vizualizaci a demonstraci komplexních konceptů, ačkoli byly identifikovány některé oblasti pro další vylepšení.

Závěr

Bakalářská práce se zaměřuje na konstrukci nástroje pro zpracování interaktivních digitálních prezentací s využitím 3D modelů. Počáteční fáze práce zahrnovala důkladné seznámení s širokým spektrem digitálních ilustrací a jejich relevantními aplikacemi. Analytické zkoumání jednotlivých typů digitálních ilustrací odhalilo, že každý z nich má unikátní uplatnění v různých segmentech přírodních věd. Například výřezové pohledy se jeví jako neocenitelné pro studium anatomie a dalších biologických disciplín, zatímco rozložené pohledy se ukázaly jako vhodné pro mechanické modely a mohou být efektivně implementovány do výuky fyziky a informatiky.

Navržený nástroj následně začlenil funkci pro zprůhlednění jednotlivých vrstev modelu. Tato technika digitální ilustrace není omezena na konkrétní oblast přírodních věd, což umožňuje její aplikaci pro pedagogy s širším výukovým záběrem. Tento nástroj však také podporuje práci s modely, které integrují jakýkoliv z výše uvedených pohledů, což umožňuje uživatelům dosahovat požadovaných výsledků při manipulaci s komplexními geometrickými modely.

Analýza výkladové vizualizace poskytla základ pro konstrukci funkcí nástroje pro tvorbu animačních přechodů mezi jednotlivými pohledy. Tyto přechody musí být snadno nastavitelné, ať už se jedná o rychlost přechodu nebo možnost interakce s modelem během přechodu. Taková interakce by měla umožnit manipulaci s modelem. Dále mi analýza výkladové vizualizace poskytla inspiraci pro další možná vylepšení, která zahrnují přidání popisků k jednotlivým částem modelu, možnost nahrání audio stopy k jednotlivým snímkům nebo možnost větší personalizace jednotlivých snímků.

Aplikace byla implementována v programovacím jazyce Java s využitím knihovny Java Swing a knihovny TIGER Ing. Ladislava Čmolíka, Ph.D. Nástroj byl následně otestován pedagogy specializujícími se na chemii, biologii, fyziku, informatiku a matematiku. Z těchto hodnocení vyplývá, že 3D modely a interaktivní nástroje nabízejí pedagogům a studentům nové způsoby prozkoumání a pochopení komplexních konceptů, které jsou obtížné vizualizovat tradičními metodami. Pedagogové ocenili schopnost nástroje poskytnout detailní a přizpůsobitelné vizualizace a jeho potenciál pro podporu distančního vzdělávání. Současně byly identifikovány oblasti pro další vývoj a zdokonalení nástroje, které se shodují s možnostmi zjištěnými v rámci analýzy doporučené literatury.

Použitá literatura

BRUCKNER, Stefan, Sören GRIMM, Armin KANITSAR, and M. Eduard GRÖLLER. 2005. *Illustrative context-preserving volume rendering*. In *Proceedings of the Seventh Joint Eurographics / IEEE VGTC conference on Visualization (EUROVIS'05)*. [online] Eurographics Association, Goslar, DEU, 69–76. Dostupné z: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2384060.2384073>

BROWN H. 2000. *ADAM interactive anatomy*. [online] BMJ (Clinical researched.), 320(7233), 521.. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10678887/>

ČMOLÍK, Ladislav. 2011. *Interactive illustrative rendering of 3d meshes*, Ph.D. thesis, [online] 11 2011. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/237045623_Interactive_Illustrative_Rendering_of_3D_Meshes

FIGUEIRAS, Ana. 2014. *Narrative Visualization: A Case Study of How to Incorporate Narrative Elements in Existing Visualizations*. [online] Proceedings of the International Conference on Information Visualisation. 10.1109/IV.2014.79. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/266057780_Narrative_Visualization_A_Case_Study_of_How_to_Incorporate_Narrative_Elements_in_Existing_Visualizations

LI, Wilmot, Maneesh AGRAWALA, Brian CURLESS, and David SALESIN. 2008. *Automated generation of interactive 3D exploded view diagrams*. [online] ACM Trans. Graph. 27, 3 (August 2008), 1–7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1145/1360612.1360700>

LI, Wilmot, Lincoln RITTER, Maneesh AGRAWALA, Brian CURLESS, David SALESIN. 2007. *Interactive cutaway illustrations of complex 3D models*. [online] ACM Trans. Graph.. 26. 31. 10.1145/1276377.1276416. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/220183668_Interactive_cutaway_illustrations_of_complex_3D_models

LEE, B., N. H. RICHE, P. ISENBERG and S. CARPENDALE. 2015. *More Than Telling a Story: Transforming Data into Visually Shared Stories*. *IEEE computer graphics and applications*, [online] 35(5), 84–90. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/MCG.2015.99>

MEUSCHKE, M, L. GARRISON, N. SMIT, S. BRUCKNER, K. LAWONN and B. PREIM. 2021. *Towards Narrative Medical Visualization*. [online] Eurographics Workshop on Visual Computing for Biology and Medicine, pp. 1–14, Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/353863338_Towards_Narrative_Medical_Visualization

PINTO, Francisco and Carla FREITAS. 2011. *Illustrating volume data sets and layered models with importance-aware composition*. [online] The Visual Computer. 27. 875-886. 10.1007/s00371-011-0606-7. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/220067149_Illustrating_volume_data_sets_and_layered_models_with_importance-aware_composition

PFLESSER, Bernhard, Andreas PETERSIK, Andreas POMMERT, Martin RIEMER, R. SCHUBERT, Ulf TIEDE, Karl Heinz HÖHNE, Udo SCHUMACHER, E. RICHTER. 2001. *Exploring the visible human's inner organs with the VOXEL-MAN 3D navigator*. *Studies in health technology and informatics*. [online] 81. 379-85. 10.3233/978-1-60750-925-7-379. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/12017693_Exploring_the_visible_human%27s_inner_organ_with_the_VOXEL-MAN_3D_navigator

SEGEL, E., and J. HEER . 2010. *Narrative visualization: telling stories with data*. [online] IEEE transactions on visualization and computer graphics, 16(6), 1139–1148. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2010.179>

STOLPER, C. D., B. LEE, N. H. RICHE and J. STASKO. 2016. *Emerging and recurring data-driven storytelling techniques: Analysis of a curated collection of recent stories*. [online] Dostupné z: <https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/emerging-and-recurring-data-driven-storytelling-techniques-analysis-of-a-curated-collection-of-recent-stories/>

WOHLFART, Michael and Helwig HAUSER. 2007. *Story Telling for Presentation in Volume Visualization*. [online]. 91-98. 10.2312/VisSym/EuroVis07/091-098. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/220067149_Illustrating_volume_data_sets_and_layered_models_with_importance-aware_composition

Soubory přílohy

- BP_Project/ - IntelliJ IDEA projekt, ve kterém se nachází spustitelná aplikace
- Examples/ - Výsledné prezentace vytvořené při testování a jejich videoukázky
- text.pdf – text bakalářské práce
- readme.txt - popis struktury přílohy