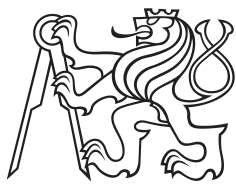


Bakalářská práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická

Pokročilé tutoriály v I3T

Adam Loucký

Vedoucí: Ing. Petr Felkel, Ph.D.
Květen 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Loucký** Jméno: **Adam** Osobní číslo: **498850**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra počítačové grafiky a interakce**
Studijní program: **Otevřená informatika**
Specializace: **Počítačové hry a grafika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Pokročilé tutoriály v I3T

Název bakalářské práce anglicky:

Advanced Tutorials in I3T

Pokyny pro vypracování:

Geometrické transformace jsou součástí všech grafických aplikací. Zároveň mají studenti problémy jim do hloubky porozumět. Proto je vyvíjen interaktivní nástroj na výuku transformací (Interactive Tool for Teaching Transformation, I3T). K urychlení výuky slouží tutoriály, již vznikly tři základní pro prvotní seznámení s aplikací.

Proveďte rešerši postupů, jak se implementuje u her a výukových aplikací úvodní část, kde se uživatel seznamuje s ovládním. Jak se zatráktivňují, jak se vyhodnocuje splnění úkolu, jaké používají grafické nápovědy a postupy, aby se zvýšila jejich interaktivita.

Navrhněte a implementujte v I3T změny, které kvalitativně zlepší možnosti tvorby tutoriálů, jako jsou např. animované GIFy, či skriptování, případně postupné uplatňování transformací (tracking), či využití specializovaných GUI elementů, např. nápověd či nových modulů.

Sestavte nejméně pět tutoriálů pro procvičení transformací v I3T či demonstraci pokročilých technik. Pracujte iterativně, metodou user centered design.

Seznam doporučené literatury:

1. Petr Felkel, Alejandra Magana, Michal Folta, Alexa Gabrielle Sears, Bedrich Benes I3T: Using Interactive Computer Graphics to Teach Geometric Transformations. Eurographics Education Papers 2018, <http://www.i3t-tool.org/>
2. Steve Krug: Webdesign. Nenuťte uživatele přemýšlet. 2. vydání, Computer press 2006

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Petr Felkel, Ph.D. Katedra počítačové grafiky a interakce

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

Datum zadání bakalářské práce: **08.02.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **22.09.2024**

Ing. Petr Felkel, 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.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval své rodině a přítelkyni za podporu během studia a Ing. Petru Felkelovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky během tvorby práce. Také děkuji kolegům, kteří se mnou vyvíjejí aplikaci I3T.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem obsah bakalářské práce na téma „Pokročilé tutoriály v I3T“ s použitím uvedené literatury a zdrojů.

V Praze, 15. května 2023

Abstrakt

Práce se zabývá vývojem nových výukových lekcí pro program I3T (Interactive Tool for Teaching Transformations). Program obsahuje úvodní sadu lekcí, která učí základy ovládání a transformací. Nové lekce mají za úkol naučit pokročilé uživatele ovládat složitější funkce programu a procvičit jejich znalosti transformací.

Během práce byly zkoumány grafické a výukové postupy, které jsou využívány v podobných programech. Dále probíhaly uživatelské testy, pomocí kterých byly pozorovány nedostatky ve výukových lekcích a rozhraní programu.

Výstupem práce je pět nových výukových lekcí. Dvě z lekcí slouží k procvičení znalostí, jedna vyučuje práci s kamerou a zbylé dvě doplňují informace, které v programu kvůli chybějícímu manuálu nejsou. Jedna z procvičovací lekcí byla dále testována a pro program byl proveden SUS test, který změřil spokojenost uživatelů s programem jako nadprůměrnou.

Klíčová slova: Počítačová Grafika, Human-Computer Interaction, User-Centered Design, User Experience, Uživatelské Rozhraní

Vedoucí: Ing. Petr Felkel, Ph.D.

Abstract

The thesis deals with the development of new tutorials for the I3T (Interactive Tool for Teaching Transformations) program. The program contains a set of introductory tutorials, that aims to teach the basic program controls and transformations. The new tutorials are designed to teach advanced users to operate complex functions of the program and to practice their knowledge of transformations.

During the course of the thesis, the graphical and instructional practices used in similar programs were examined. Furthermore, user tests were conducted to observe errors in the tutorial lessons and the program interface.

Five new tutorials were created for the thesis. Two of the tutorials focus on practicing familiar theory, one teaches work with cameras and the last two add information that is needed due to the lack of a program manual. One of the tutorials was further tested. A SUS test, which measures user satisfaction, was also conducted and the satisfaction was rated as above average.

Keywords: Computer Graphics, Human-Computer interaction, User-Centered Design, User Experience, User Interface

Title translation: Advanced Tutorials in I3T

Obsah

1 Úvod	1	6.4 Alternativní úvod do programu .	48
2 Interactive Tool for Teaching Transformations, I3T	3	6.5 Cvičení	49
2.1 Inspirace pro novou verzi I3T . . .	5	6.5.1 Skládání objektu - Skládání stolu	50
2.2 Stav programu	6	6.5.2 Manipulace s kamerou - Detektivní scéna.	51
3 Existující tutoriály	7	6.6 Závěr implementace	52
3.1 Témata tutoriálů	7	7 Diskuse	53
3.2 Tutoriálové okno.	9	7.1 Pomůcky pro zlepšení kvality výukových materiálů	53
3.3 Shrnutí stavu tutoriálů	11	7.2 Vestavěné lekce programu	54
4 Rešerše	13	7.3 Manuál programu I3T	54
4.1 Rešerše výukových materiálů . . .	13	8 Závěr	55
4.1.1 Blender	14	Literatura	57
4.1.2 SolidWorks	16	Příloha - Tutoriál	59
4.1.3 Maya	18	Příložené paměťové zařízení	63
4.1.4 Unreal Engine	19		
4.1.5 Shrnutí rešerše výukových materiálů	20		
4.2 Rešerše grafických postupů	21		
4.2.1 Blender	21		
4.2.2 Solidworks	22		
4.2.3 Maya	23		
4.2.4 Unreal Engine	24		
4.2.5 Rešerše postupů jiných programů	25		
4.2.6 Shrnutí rešerše grafických postupů	28		
4.3 Rešerše literatury a prací	28		
5 Uživatelské testování - User-Centered Design	31		
5.1 Cílová skupina programu	31		
5.2 Příprava testování	32		
5.3 Úvodní dotazník - Screener	32		
5.4 Struktura testovacího kola	33		
5.5 Průběh vývoje tutoriálů během testování.	33		
5.5.1 Úprava tutoriálů	34		
5.5.2 Úprava okna Workspace	38		
5.5.3 Úpravy ostatních částí programu	41		
5.6 Závěry vývoje	42		
6 Implementace nových tutoriálů	43		
6.1 Změny v existujících tutoriálech	44		
6.2 Kamera a práce s ní.	45		
6.3 Pokročilé ovládání programu . . .	47		

Obrázky

1.1 Logo programu navržené Lukášem Pilkou [7]	1	4.8 Úvodní okno Unreal Engine	19
2.1 Ukázka scény v programu, nahoře Workspace, dole Scene View	3	4.9 Obrázek se zvýrazněným rámečkem a popiskem v manuálu programu Blender	21
2.2 Blok matice	4	4.10 Poznámka v manuálu programu Blender	22
2.3 Vlevo prázdný blok sekvence, vpravo blok sekvence s maticí	4	4.11 Ikony kláves v manuálu programu Blender	22
2.4 Blok modelu vynásobený sekvencí s transformací	4	4.12 Obrázek doplněný vodičnými čárami z manuálu programu SolidWorks	23
2.5 Ukázka scény se dvěma kamerami ve Foltově práci viz [6]	5	4.13 Manuál Maya - nahoře .gif, dole ukázka použití ikon a fontů v textu	23
2.6 Ukázka výukové scény s hierarchií objektů ve Foltově práci viz [6]	6	4.14 Kapitola manuálu programu Maya s odkazem na video verzi kapitoly .	24
3.1 Náhled prvního tutoriálu Začínáme s I3T	7	4.15 Náhled kapitol v manuálu Unreal Engine	24
3.2 Náhled druhého tutoriálu Transformace a práce s nimi	7	4.16 Zvětšený obrázek v manuálu Unreal Engine se spotlight efektem	25
3.3 Změna rovnoměrného škálování na nerovnoměrné pomocí kontextového menu	8	4.17 Spotlight zvětšeného obrázku zkombinovaný s modálním oknem na stránce Canva (www.canva.com)	26
3.4 Náhled třetího tutoriálu Skládání transformací	8	4.18 Aplikace Duolingo (cs.duolingo.com) - vlevo využití pop-up textu, vpravo spotlight ikony knihy zkombinovaný s popup textem	26
3.5 Hierarchie modelu sněhuláka ze třetího tutoriálu	8	4.19 Tooltip v programu Blender	27
3.6 Pozice tutoriálového okna na obrazovce	9	4.20 Tooltip v programu MS Word (www.microsoft.com/cs-cz/microsoft-365/word)	27
3.7 Detailní pohled na tutoriálové okno <i>1. nadpis, 2. obsah, 2a. úkol, 2b. tip, 2c. popisek, 3. ukazatel postupu, 4. ovládací menu</i>	10	4.21 Příklady humoru v lekcích I3T	29
3.8 Rozbalený tip, který připomíná, jak přidat blok	11	5.1 Vlevo původní vzhled zvýrazněného textu, vpravo nový .	34
4.1 Loga posuzovaných programů	13	5.2 Nové tlačítko návratu do hlavního menu	35
4.2 Úvodní okno programu Blender	15	5.3 Nahoře původní nečíslované titulky, dole číslované	35
4.3 Scéna General v programu Blender	15	5.4 Vlevo původní rozhraní, vpravo rozhraní po změnách	36
4.4 Úvodní okno programu SolidWorks	16	5.5 Vlevo staré náhledy, vpravo upravené a očíslované náhledy	37
4.5 Okno pro procházení tutoriály programu SolidWorks	17	5.6 Vlevo původní textové vysvětlení homogenních souřadnic, vpravo nové	37
4.6 Stránka MySolidWorks Training pro procházení lekcí	18	5.7 Kurzor myši při najetí na klikatelné tlačítko	38
4.7 Sekce Learning v úvodním okně programu Maya	18		

Tabulky

4.1 Tabulka funkcionalit programů . 20

5.8 Původní kontextové menu a barva zvýraznění	39
5.9 Upravené kontextové menu a žluté zvýraznění vybraných krabiček . . .	39
5.10 Finální verze kontextového menu a zvýraznění	39
5.11 Upravená hlavní lišta programu s novou záložkou „Tutorials“	41
5.12 Funkce tracking. Nahoře vzhled bloků, které provádějí tracking, v okně Workspace, dole náhled na model a jeho kopii ve scéně . . .	41
5.13 Úprava značení funkce tracking	42
6.1 Seznam všech nových tutoriálů. Tutoriály bez rámečku slouží k výuce a tutoriály se zeleným rámečkem jsou cvičení	43
6.2 Value menu, které je součástí kontextového menu	44
6.3 Vlevo původní vysvětlení pořadí, vpravo vysvětlení obrázky	45
6.4 Náhled čtvrtého tutoriálu v úvodním okně	45
6.5 Blok kamery v I3T	46
6.6 Porovnání ortogonální (vlevo) a perspektivní (vpravo) projekce . .	46
6.7 Porovnání full detailu (vlevo) a set values detailu (vpravo)	46
6.8 Náhled pokročilého tutoriálu v úvodním okně	47
6.9 Klávesové zkratky programu . . .	47
6.10 Náhled alternativního úvodu v úvodním okně	48
6.11 Část alternativního úvodu	48
6.12 Stránka cvičení skládání stolu .	49
6.13 Náhled na cvičení stavby stolu v úvodním okně	50
6.14 Výsledný model cvičení stavby stolu	50
6.15 Finální topologie scény se stolem	51
6.16 Náhled na detektivní cvičení v úvodním okně	51
6.17 Příklad pohledu, který musí uživatel replikovat pomocí kamery	52

Kapitola 1

Úvod

Geometrické transformace jsou jedním z nejdůležitějších konceptů v mnohých inženýrských disciplínách, ať už v architektuře, fyzice, letectví, nebo v našem případě v počítačové grafice. Studenti jsou těmto konceptům vystaveni již v raném stádiu vysokoškolského studia a nejčastěji jsou jim transformace v prostoru vysvětlovány pomocí maticových operací. Aby studenti lépe pochopili problematiku transformací, vznikl nástroj Interactive 3D Transformations, zkráceně I3T [1]. Logo programu je na obrázku 1.1.



Obrázek 1.1: Logo programu navržené Lukášem Pilkou [7]

Rozhraní nástroje však bylo nepřehledné a program obsahoval pouze velmi jednoduché výukové lekce, které byly pro úvod do programu nedostatečné. Úvodní lekce mají sloužit k seznámení s programem a výuce základních transformací, které se v počítačové grafice využívají. V názvu práce a jejím zadání říkáme lekcím „tutoriály“, od anglického slova „tutor“, které znamená učitel. Slovo tutoriál bude v práci využíváno zaměnitelně se slovem lekce.

Cílem práce je provést rešerši úvodních částí her a výukových aplikací, ve kterých se uživatelé seznamují s ovládáním programu. Na programech má být zjištěno jak se úvody do programu ztraktivňují, jak vyhodnocují úkoly a jaké využívají grafické nápovědy a postupy, které zvyšují interaktivitu. Tyto postupy a změny mají být vhodně aplikovány pro program I3T pomocí metody User Centered Design (UCD). Dále by měly být kvalitativně zlepšeny možnosti tvorby tutoriálů, například pomocí animovaných obrázků formátu .gif, skriptování, nebo zahrnutí funkce tracking. Pro program má být vytvořeno pět nových tutoriálů, navržených pomocí UCD, které demonstrují pokročilé techniky práce s programem.

Základem této práce je trojice úvodních tutoriálů, které vznikly pro předmět „Samostatná práce“ (viz příloha 8) v pátém semestru autorova studia na Českém vysokém učení technickém v Praze (ČVUT). Tutoriály se věnují seznámení s programem a napravují nedostatky předchozích jednoduchých lekcí.

Téma tvorby tutoriálů je dále rozvíjeno v této práci - je zkoumán dosavadní stav programu (viz kapitola 2), stav úvodních tutoriálů (viz kapitola 3) a také další grafické a výukové postupy (viz kapitola 4), které by mohly program dále zlepšovat. Pomocí výzkumu nových grafických a výukových postupů byly navrženy a implementovány úpravy programu, které mají za úkol zlepšit uživatelské rozhraní a bylo vytvořeno pět nových lekcí, zaměřených hlavně na pokročilejší uživatele programu. Kvalita změn rozhraní a jedné z nových lekcí byla ověřena pomocí testu uživatelské spokojenosti.

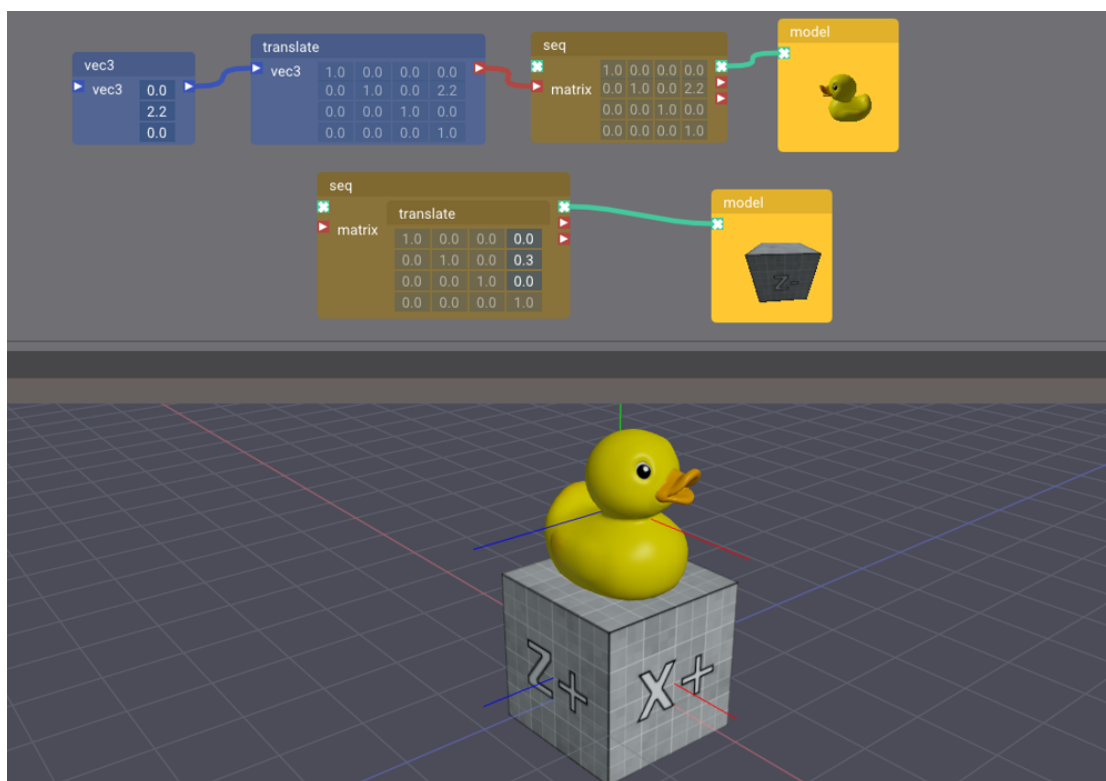
Všechny cíle práce byly splněny.

Kapitola 2

Interactive Tool for Teaching Transformations, I3T

I3T je program, který slouží k výuce transformací ve 3D (trojrozměrném) prostoru, a je využíván k doplnění výuky předmětu PGR (Programování Grafiky), který je součástí zaměření „Počítačová grafika“ na programu Otevřená informatika na ČVUT v Praze. Program byl vytvořen za účelem vizualizace transformací a umožňuje interaktivní práci s transformacemi a modely.

Modely a transformace si uživatel přidává jako propojitelné bloky do pracovní plochy (dále nazývané Workspace viz obrázek 2.1), interaktivního rozhraní, ve kterém uživatel tvoří trojrozměrné (3D) scény pomocí propojování bloků v grafu scény. Modely vložené do Workspace jsou zároveň zobrazovány v náhledu scény (nazvané Scene View), který zachycuje stav našich objektů po aplikování transformací.

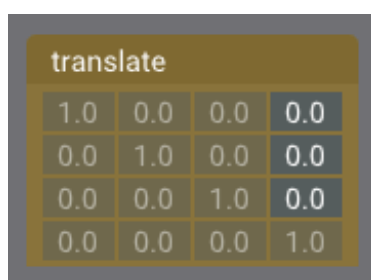


Obrázek 2.1: Ukázka scény v programu, nahoře Workspace, dole Scene View

Klíčovou výhodou programu I3T je jeho interaktivita – uživatel může měnit hodnoty matic, které reprezentují samotné transformace, a pozorovat výsledky změn v reálném čase. Interakce na vyšší úrovni probíhá primárně pomocí výše zmíněných bloků, které je možné přidávat, odebírat, posouvat a upravovat pomocí jejich kontextového menu.

Bloky (také krabičky) jsou základní jednotkou programu. Nejvýznamnějšími bloky jsou matice, sekvence a modely:

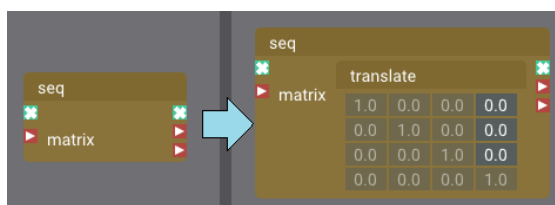
Maticové bloky reprezentují matice. Ty ukládají hodnoty transformací jako matici typu 4x4, kde je každá z hodnot reprezentována jedním textovým polem. Každý druh transformace má označené hodnoty matice (viz obrázek 2.2), které je možné upravovat buď tažením myši, nebo přepsáním hodnoty klávesnicí.



translate			
1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	1.0

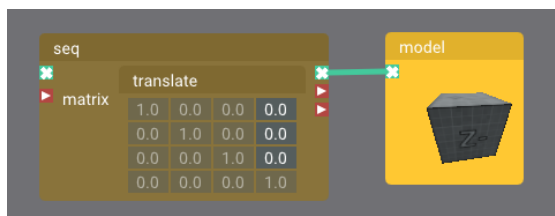
Obrázek 2.2: Blok matice

Sekvence představuje uzel grafu scény a slouží jako pouzdro na jednu nebo více matic. Umožňuje násobení transformací a transformování modelů. Transformace se vkládají do sekvencí (viz obrázek 2.3) tažením myši a po propojení s modelem nebo další sekvencí se transformace provedou.



Obrázek 2.3: Vlevo prázdný blok sekvence, vpravo blok sekvence s maticí

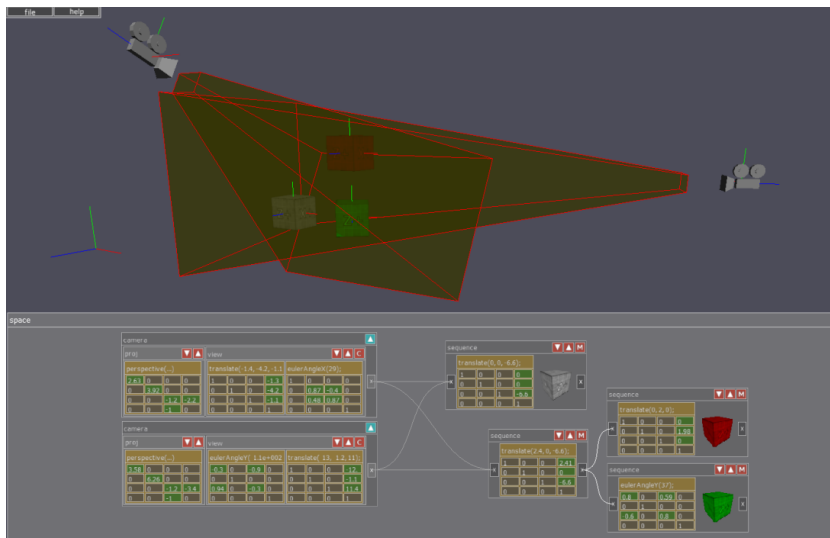
Bloky modelů reprezentují objekty ve 3D scéně a ve Workspace slouží jako listy grafu. Slouží k vizualizaci dopadu transformací na transformovaný objekt. Modely se po propojení se sekvencí transformují všemi maticemi v připojené sekvenci (viz obrázek 2.4) a všemi dalšími sekvencemi připojenými zleva až do kořene grafu.



Obrázek 2.4: Blok modelu vynásobený sekvencí s transformací

2.1 Inspirace pro novou verzi I3T

První verzi I3T byla diplomová práce Michala Foltý [6]. Ta vznikla za účelem demonstrace postupu transformace objektů a práce s kamerami v trojrozměrném prostoru. Demo umožňuje vkládat objekty, transformovat je, ovlivňovat matice transformací a pracovat s kamerami a projekcemi.



Obrázek 2.5: Ukázka scény se dvěma kamerami ve Foltově práci viz [6]

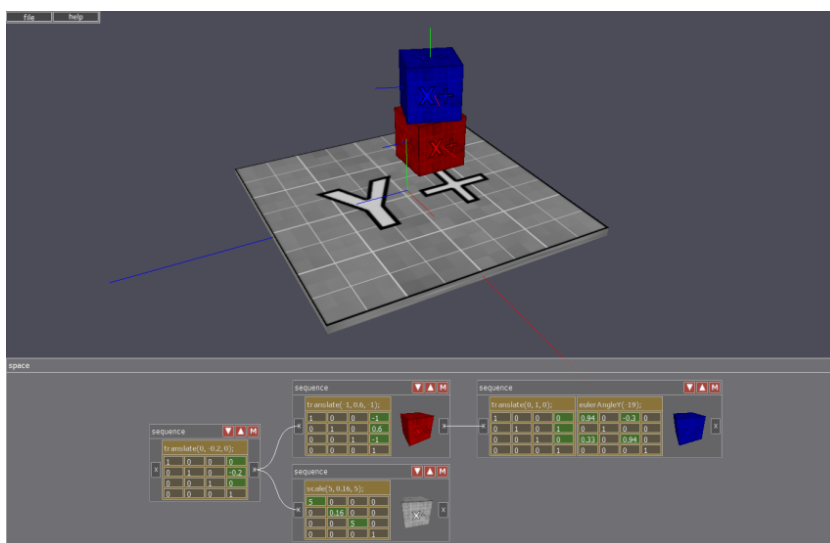
Folta ve své práci popisuje návrh a implementaci programu, který simuluje sekvenci transformací v pipeline knihovny OpenGL. Simulace probíhá v rámci scén, ve kterých uživatel manipuluje se vzájemně propojitelnými bloky, čímž tvoří graf scény (viz obrázek 2.5). Program však nebyl připravený pro publikaci a bylo nutné napravit některé nedostatky.

Nová verze programu, měla za úkol eliminovat problémy Foltovy verze. Tato práce se zaměřuje na napravení jednoho z problémů, konkrétně nepřístupnosti programu novým uživatelům, která se projevovala ve dvou zásadních aspektech.

Program obsahoval výukové scény (viz obrázek 2.6), které uživatelé zadaly úkol pomocí textového okna. Ten měl tento úkol splnit, čímž se naučil nějakou z funkcí programu. Scény však uživatelům nevyhovovaly - zadání úkolů byla příliš stručná a forma textového popisu nebyla dostatečná.

Druhým aspektem bylo ovládání programu, které bylo pro uživatele nezvyklé. Program zároveň obsahoval velmi stručný manuál, který studenti nechápali. Uživatelé nevěděli, jak s programem pracovat, jaké klávesové zkratky se v něm vyskytují a rozhraní jako takové bylo podle nich složité. Program obsahoval i výše zmíněné výukové scény s navrženými úkoly, úkoly však neobsahovaly žádné obrázky a pro nového uživatele byly příliš složité a nejasné.

Pro tyto účely bylo do nové verze přidáno samostatné okno se sadou instrukcí, obrázků a úkolů, které vytvořené výukové lekce prezentuje uživateli (oknem a vytvořenými lekcemi se bude zabývat kapitola 3).



Obrázek 2.6: Ukázka výukové scény s hierarchií objektů ve Foltově práci viz [6]

Rozhraní I3T bylo upraveno a klávesové zkratky standardizovány, aby odpovídaly podobným programům. Příkladem může být přidání funkce kopírování a vkládání, označení celé scény pomocí zkratky *Ctrl+A* nebo mazání vybraných bloků klávesou *delete*.

Dalšími důležitými problémy původní implementace bylo nedostatečné oddělení uživatelského rozhraní od jádra programu a chybějící multiplatformita. Nedostatečné oddělení znemožňovalo efektivní úpravu rozhraní nebo funkcionalit, což je pro další vývoj programu důležité. Program zároveň fungoval pouze na platformě Windows. Oba tyto nedostatky byly při vývoji I3T napraveny použitím multiplatformních knihoven a důrazným oddělením vývoje jádra a rozhraní.

2.2 Stav programu

Práce proběhla na nové upravené verzi programu I3T. Současná verze programu vychází z práce Lukáše Pilky [7], který navrhl úvodní okno a logo programu, Víta Zadiny [8], který pracoval na rozhraní programu a zkoumal klávesové zkratky, Filipa [9] Uhlíka, který navrhl hierarchické logování, Miroslava Müllera [5], který navrhl rozhraní tutoriálů, formát zápisu tutoriálů a knihovnu pro implementaci rozhraní, Martina Hericha [10], který projekt spravoval a implementoval jádro programu a Jaroslava Holečka [11], který vytvořil rozhraní programu a knihovnu DIWNE (Dear ImGui Wrapper Node Editor), která slouží k vykreslování a manipulaci s krabičkami. Práce všech kolegů jsou uvedeny ve zdrojích a během práce na ně bude odkazováno ve vhodných situacích.

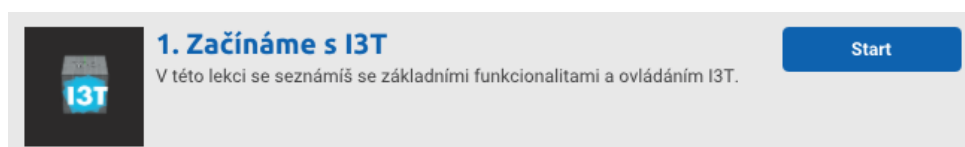
Kapitola 3

Existující tutoriály

Za účelem lepšího pochopení stavu programu je nutné zkoumat i tutoriály a rozhraní programu, které vzniklo před touto prací. První tutoriály vytvořil autor této práce v rámci předmětu „Samostatná práce“ (viz příloha 8). Jejich cílem bylo vytvořit úvod, který studentům umožní využívat program během studia.

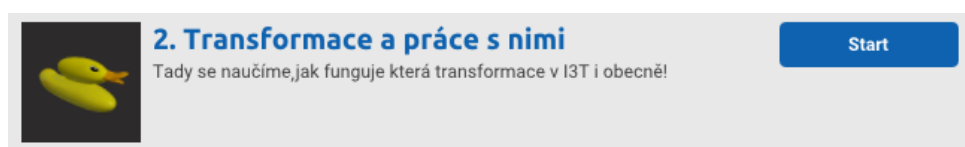
Tutoriály studentům pomáhají pochopit využití transformací, a tím doplňují látku přednášek předmětu PGR (Programování Grafiky). Zároveň uživatele učí pracovat s programem, který mohou později využít při tvorbě semestrální práce předmětu PGR nebo obecně jakéhokoliv grafického projektu. Pro samostatnou práci byly vytvořeny celkem tři tutoriály. První, který se zabývá úplnými základy, druhý, který učí uživatele práci s transformacemi a třetí, který využívá znalosti z předchozích lekcí k sestavení složitějšího objektu.

3.1 Témata tutoriálů



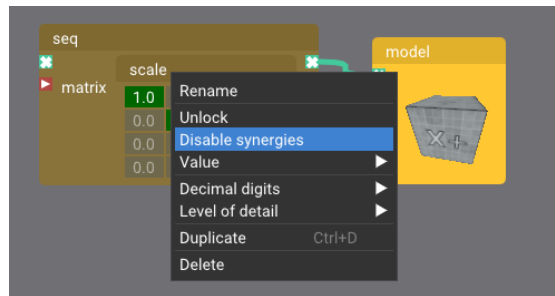
Obrázek 3.1: Náhled prvního tutoriálu Začínáme s I3T

První tutoriál, jehož náhled je na obrázku 3.1, se věnuje základnímu ovládní programu. Lekce uživatele seznámí s programovým rozhraním, propojitelnými bloky a zadá mu jednoduchý úkol, na kterém ověří, zda ovládní chápe. Úkolem je přidat do pracovní plochy tři bloky - sekvenci, matici škálování a model. Tyto bloky musí uživatel správně propojit a úpravou hodnot matice škálování zvětšit model. Pro další práci s programem je tento tutoriál nejdůležitější, nahrazuje totiž úvodní kapitolu manuálu.

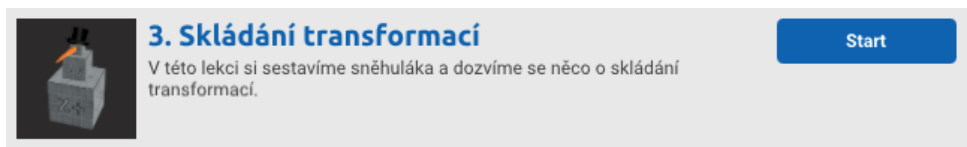


Obrázek 3.2: Náhled druhého tutoriálu Transformace a práce s nimi

Druhý tutoriál, pojmenovaný Transformace a práce s nimi (viz. obrázek 3.2), se věnuje transformacím. Studenty seznámí s maticemi transformací a jejich hodnotami, manipulací s objekty ve 3D prostoru a matematickou teorií potřebnou pro pochopení procesu transformování souřadnic. Uživatelé jsou zadávány úkoly, které znázorňují jednotlivé druhy transformací a podporují tak výuku matic, které je reprezentují. Tato lekce se týká teorie, obsahuje ale i několik tipů týkajících se ovládání programu. Příkladem je využití kontextového menu (viz obrázek 3.3) pro odemčení matice škálování, která obvykle škáluje objekty po všech osách stejně.

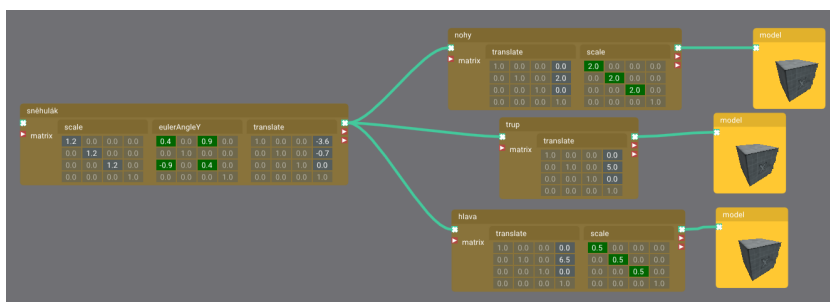


Obrázek 3.3: Změna rovnoměrného škálování na nerovnoměrné pomocí kontextového menu



Obrázek 3.4: Náhled třetího tutoriálu Skládání transformací

Třetí tutoriál, pojmenovaný Skládání transformací (obrázek 3.4), se soustředí na násobení transformací a modelování objektů pomocí metody hierarchické konstrukce scény, kdy vytváříme scény složené z několika samostatných modelů. Tyto modely uspořádáváme do hierarchií (také stromů), které určují, jak modely transformujeme. Uživatelé seznámí se standardním řazením transformací v sekvencích a funkcemi programu, které umožňují větvení bloků do hierarchií. Výsledná scéna tutoriálu je na obrázku 3.5.



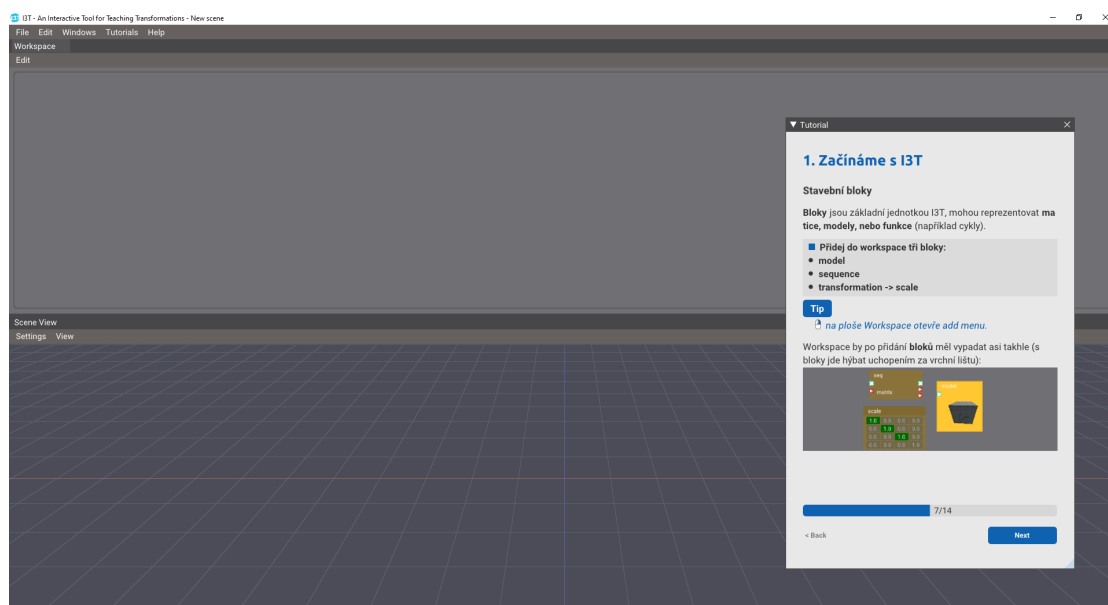
Obrázek 3.5: Hierarchie modelu sněhuláka ze třetího tutoriálu

Všechny tyto tutoriály byly vytvořeny podle stejné šablony vyvinuté v rámci předchozí samostatné práce (viz příloha práce), která střídá předávání nových znalostí s praktickými úkoly. Tím, že střídá úkoly a teoretické znalosti, udržuje uživatelskou pozornost, čímž uživateli umožňuje ověřit si nově nabyté znalosti v programu.

Ostatní metody tvorby tutoriálů použité při vývoji původních lekcí jsou blíže popsány v samostatné práci, která je zpracovává a vysvětluje. Pro účely této práce jsou nejdůležitější právě témata tutoriálů, nikoliv proces jejich tvorby.

3.2 Tutoriálové okno

Důležitou součástí rozhraní programu je tutoriálové okno, které slouží k prezentaci výukových lekcí uživateli. Okno je plovoucí a jeho pozici lze libovolně upravit, neblokuje tedy zbytek programu (viz obrázek 3.6). Okno je možné přesunout i na další obrazovku. Tutoriály jsou uloženy v datové složce programu a okno je načítá pomocí konvertoru z formátovacího jazyku Markdown.

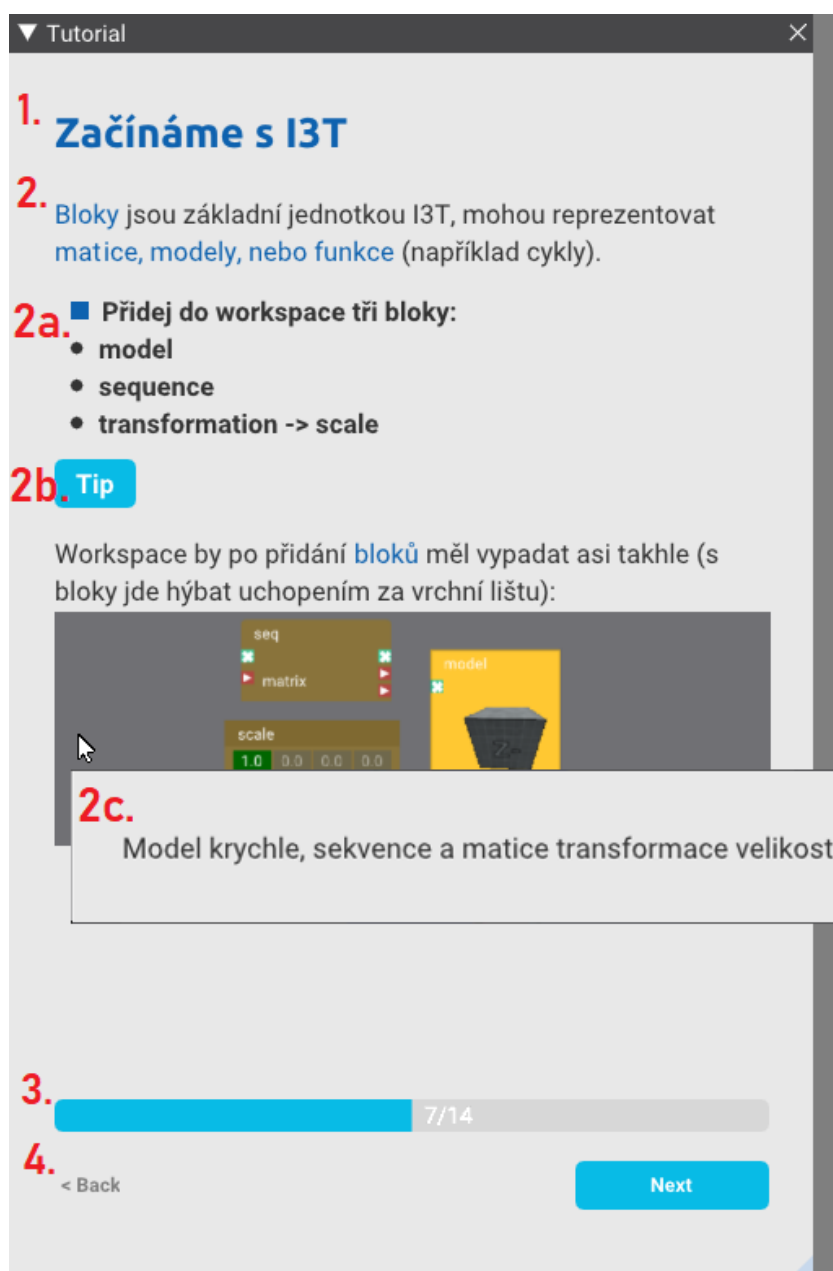


Obrázek 3.6: Pozice tutoriálového okna na obrazovce

Okno tutoriálu je rozděleno na čtyři sekce, blíže popsány pomocí obrázku tutoriálového okna 3.7. První sekcí je nadpis.

Nadpis (na obrázku 3.7 očíslovaný 1.) stanovuje, ve které lekci se uživatel nachází. V případě obrázku 3.7 vidíme, že se strana nachází v prvním tutoriálu - Začínáme s I3T. Nadpis uživateli pomáhá s orientací a je součástí originálního návrhu okna Miroslava Müllera [5].

Pod nadpisem se nachází samotný blok (očíslovaný 2.), který obsahuje text tutoriálu. Blok obsahuje informace pro uživatele, obrázky, úkoly a tipy.



Obrázek 3.7: Detailní pohled na tutoriálové okno

1. nadpis, 2. obsah, 2a. úkol, 2b. tip, 2c. popisek, 3. ukazatel postupu, 4. ovládací menu

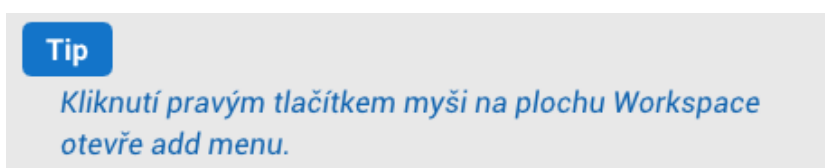
Obrázky v tutoriálech slouží jako vizuální doplnění textu a často nahrazují složité vysvětlování jednoduchou ukázkou. Příkladem je obrázek bloků v okně Workspace v ukázce okna (obrázek 3.7), který naznačuje rozložení bloků ve scéně, které by bylo velmi těžké vyjádřit textově. Obrázky zároveň dávají uživateli zpětnou vazbu a ujišťují ho, že dělá to, co má. Slouží tedy zároveň jako kontrola.

Po najetí myší na obrázek se zobrazí popisek (2c.), který uživateli vysvětlí, co se na obrázku nachází. Tato metoda popisu obrázků se nazývá *tooltip* a práce se jí věnuje ve čtvrté kapitole (viz 4 Rešerše).

Úkoly (2a.) jsou instrukce, pomocí kterých komunikujeme s uživatelem, a říkáme mu, co má dělat. Většinou obsahují nějaký rozkaz, jako například přidání bloku do Workspace, upravení hodnoty matice, nebo propojení dvou bloků. Graficky jsou úkoly vždy znázorněné tmavě modrým čtverečkem a tučným černým textem.

Úkoly v programu bývají doplněné tipy (2b.). Tipy mají podobu modrého tlačítka s nápisem *Tip* (viz obrázek 3.8) a jejich účelem je poskytnout uživateli radu, když neví, jak provést nějaký úkol. Po kliknutí na tlačítko se objeví nápověda v podobě modrého textu psaného kurzívou (viz obrázek 14), která uživateli připomene informaci, kterou se dozvěděl dříve v dané lekci. Toto pravidlo je důležité, tipy pak slouží pouze jako připomínka a nikdy neobsahují informace, které uživatel doposud nezná.

Spodní část okna tvoří ovládání (4.), pomocí kterého uživatel přepíná mezi jednotlivými stránkami tutoriálu. Celkový počet stránek a číslo současné stránky tutoriálu je zobrazováno na ukazateli postupu nad ovládáním (3.).



Obrázek 3.8: Rozbalený tip, který připomíná, jak přidat blok

3.3 Shrnutí stavu tutoriálů

Původní lekce získaly od testovaných uživatelů kladný ohlas. Interaktivní přístup jim vyhovoval a s programem se naučili pracovat bez větších problémů. Jejich efektivita však nebyla prokazatelná, původní testování totiž zahrnovalo pouze tři studenty.

Další část programu, kterou je nutné otestovat je uživatelské rozhraní, které by mělo být intuitivní a nemělo by uživatele rušit při práci.

Kvůli malému vzorku studentů bude pro další práci nutné množství testovaných rozšířit a testy opakovat. Každý z testů by měl zároveň probíhat za stejných podmínek, což je nutné zajistit vstupním dotazníkem a lepší organizací testů. Testování se blíže věnuje pátá kapitola *Testování*.

V programu také scházely výukové lekce, které se zaměřují na pokročilejší uživatele. Uživatelé, kteří s transformacemi umějí pracovat, tedy potřebují alternativní verzi úvodu do programu, která nezahrnuje výuku transformací. Právě tato alternativní verze byla v rámci této práce vytvořena a popsána v pozdější kapitole.

Pro pokročilé uživatele bude dále nutné navrhnout cvičení. Ta by měla sloužit primárně k procvičení a otestování schopností uživatele, čehož dosahují pomocí složitější sady úkolů, které jsou na rozdíl od původních lekcí méně přímé a nutí uživatele přemýšlet a kombinovat několik naučených konceptů dohromady. Alternativní úvod a všechna vytvořená cvičení jsou blíže popsána v šesté kapitole (6 Implementace Tutoriálů).

Doplněním nových tutoriálů a úpravou rozhraní by měly být nedostatky v úvodním seznámení s programem eliminovány a program by měl být připravený k vydání pro veřejnost. V další kapitole budou zkoumány možnosti, jak program dál vylepšit a dosáhnout tak co nejlepších výsledků během testování.

Kapitola 4

Rešerše

V kapitole rešerše se práce věnuje průzkumu grafických a výukových postupů, které využívají konkurenční programy jako pomůcky ke zlepšení úvodního uživatelského zážitku a programového rozhraní. Tyto postupy jsou posuzovány u čtyřech nejvýznamnějších programů, které se v poli grafiky a modelování využívají. Konkrétně se jedná o následující programy, u kterých je uvedena i posuzovaná verze a odkaz na oficiální internetové stránky (pod seznamem i loga viz obrázek 4.1):

- Blender 3.5 (<https://www.blender.org/>),
- SolidWorks 2021 (<https://www.solidworks.cz/>),
- Maya 2024 (<https://www.autodesk.cz/products/maya>),
- A Unreal Engine 5.1.1 (<https://www.unrealengine.com/en-US/>).



Obrázek 4.1: Loga posuzovaných programů

Tyto programy byly vybrány hlavně z důvodu podobnosti k I3T. Všechny obsahují náhled na 3D scénu, slouží k manipulaci s modely a umožňují práci s propojitelnými krabičkami (obsahují tzv. node editory).

Cílem rešerše je vytvořit seznam užitečných postupů, které pomohou kvalitativně zlepšit existující výukové materiály. Seznam může sloužit i jako základ pro tvorbu dalších materiálů, například výukových videí nebo internetového manuálu.

4.1 Rešerše výukových materiálů

Prvním z témat rešerše je obsah výukových materiálů programů. Manuály a další výukové materiály jsou důležitou součástí každého programu a pro zacházení se složitějšími programy jsou prakticky nepostradatelné.

Program I3T v současnosti manuál nemá, manuály jsou však dočasně nahrazeny tutoriály, které uživatele učí základní ovládání programu. Za účelem zajištění kvality současného úvodu do programu byly zkoumány úvodní výukové materiály každého z konkurenčních programů.

Všechny uvedené programy byly testovány z pohledu nového uživatele, který s modelovacími programy nemá žádné zkušenosti. Díky tomuto pohledu bylo pro rešerši možné vytvořit tři základní kritéria, která budou u každého z konkurentů posuzována:

- Kdy nabídne program uživateli výukový materiál?
- Jakou formu má výukový materiál?
- Kde se výukový materiál nachází?

První kritérium ukazuje, jakou váhu dávají vývojáři dokumentaci. Obecně existují dva přístupy. První přístup nabídne uživateli materiál hned v úvodním okně. Uživatel tak zjistí, že má program manuál nebo výuková videa, hned po otevření programu. Druhý přístup nechává uživatele pracovat s programem bez asistence a předpokládá, že se s programem naučí i bez manuálu nebo ho v případě nutnosti najde.

Druhé kritérium slouží ke zjištění populárních forem výukových materiálů, které program I3T nevyužívá, ale v budoucnu by mohl. Tímto kritériem jsou pozorovány nejčastěji používané formy výuky ovládání, jmenovitě internetové manuály, vestavěné tutoriály, předpřipravené programové scény nebo výuková videa. Zkoumané formy oficiálních výukových materiálů posoudíme a vyhodnotíme jejich roli v dalším vývoji programu I3T.

Neoficiálními a fanouškovskými materiály se práce zabývat nebude. Jsou sice velmi častým způsobem výuky ovládání, ale často naznačují spíše nedostatek oficiálních výukových materiálů. Nejsou oficiální součástí úvodního seznámení s programem a vývojáři programů by neměli počítat s tím, že je za ně někdo vytvoří.

Třetí kritérium sleduje, kam vkládají vývojáři odkazy na výukový materiál. To ovlivní dostupnost materiálů - pokud uživatel materiály nenajde, nemůže je využít. Výukové materiály nejčastěji najdeme pod záložkou *Help* na hlavní liště, nebo v úvodním menu programu. Výsledky průzkumu a odpovědi na toto kritérium ukážou, zda je dosavadní lokace materiálů v programu I3T dostačující nebo ji je nutné měnit.

Kombinací všech tří kritérií vznikne kompletní přehled výukových postupů každého z programů, ze kterého bude zformulován závěr a připraveny návrhy změn pro program I3T.

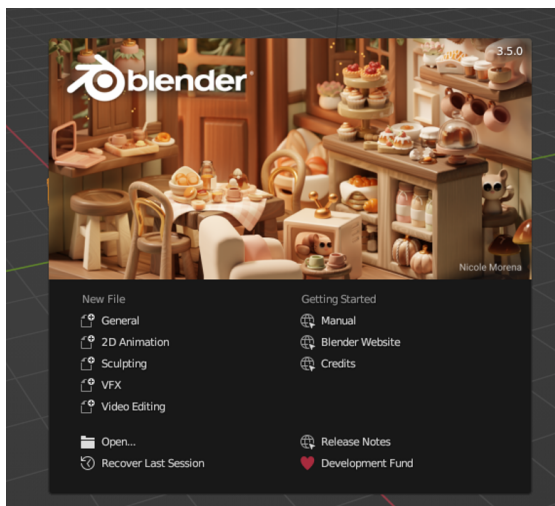
■ 4.1.1 Blender

Blender (<https://www.blender.org/>) je open-source (otevřený zdrojový kód) program pro práci se 3D scénami, který umožňuje tvořit, upravovat a animovat 3D modely, a jedná se o jeden z nejpoužívanějších modelovacích programů pro tvorbu modelů do počítačových her.

Kdy nabídne program uživateli výukový materiál?

Blender využívá startovního okna (viz obrázek 4.2), které uživateli nabízí několik možností. Uživatel může otevřít nový soubor, předdefinovanou scénu nebo vlastní uložený model. Také uživateli nabídne odkazy k výukovým materiálům, které jsou v pravé části

obrázku v sekci *Getting Started*. Odkazy uživatele přesměrují na internetové stránky programu (docs.blender.org/manual/en/latest/). „Manual“ přesměrovává do uživatelské příručky programu a „Blender Website“ na hlavní internetovou stránku.

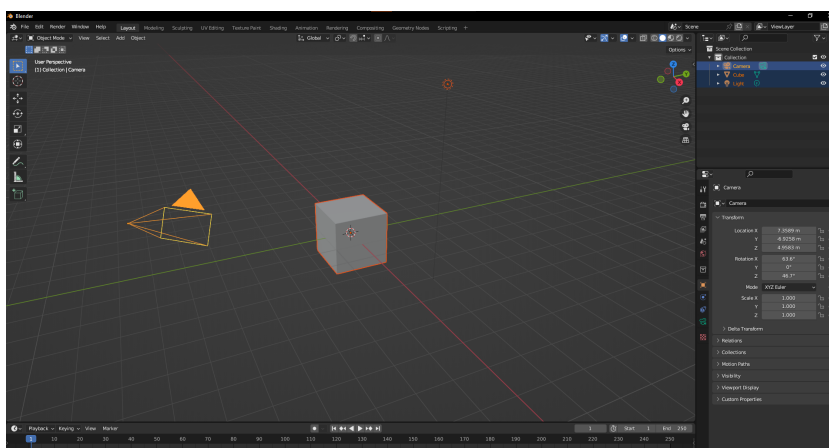


Obrázek 4.2: Úvodní okno programu Blender

Jakou formu má výukový materiál?

Manuál programu má podobu textového dokumentu děleného na tématické kapitoly, mezi kterými přecházíme pomocí hypertextových odkazů a navigačního menu. Úvodní kapitoly manuálu vysvětlují funkcionality programu, seznamují uživatele s rozhraním a přibližují mu pracovní postupy, nutné k efektivní práci s programem, například klávesové zkratky nebo několikanásobný výběr. Manuál také obsahuje nápovědy, které čtenářům poskytují rady k užívání programu.

Program dále obsahuje předpřipravené scény, které jsou uzpůsobené konkrétním vývojovým procesům (viz obrázek 4.2). Příkladem je základní scéna *General*, která otevře scénu s kamerou, světlem a základním modelem krychle (obrázek 4.3). Tyto scény uživatelům naznačují, jak mají s programem pracovat, aniž by ho nutily číst text nebo sledovat videa.



Obrázek 4.3: Scéna General v programu Blender

Blender využívá i oficiálních výukových videí nahraných na YouTube kanálu „Blender“ (<https://www.youtube.com/@BlenderOfficial/videos>). Videá jsou doplněna mluveným komentářem a zabývají se procesem tvorby modelu. První video-lekce se soustředí na seznámení s rozhraním a základy modelování, podobně jako manuál programu.

Kde se výukový materiál nachází?

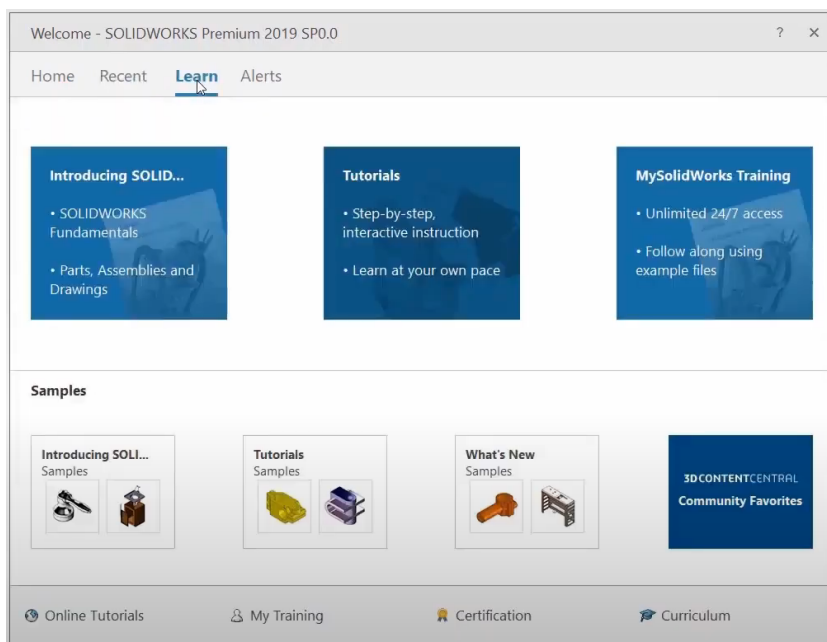
K výukovým materiálům můžeme přistoupit pomocí internetového prohlížeče na stránkách programu nebo přes výše zmíněné startovní okno programu. Odkazy lze najít i pomocí záložky „Help“ na hlavní liště programu.

■ 4.1.2 SolidWorks

SolidWorks (<https://www.solidworks.cz/>) je placený strojírenský program (CAD), určený k modelování součástek strojů a mechanismů. Pro rešerši byl vybrán kvůli vestaženým lekcím, které se v programu nacházejí.

Kdy nabídne program uživateli výukový materiál?

SolidWorks, podobně jako Blender, nabízí uživateli po spuštění úvodní okno. Funkce okna je také velmi podobná, v záložce *Home* můžeme vytvořit novou scénu, načíst vlastní nebo přejít na internetovou stránku programu. Další záložka *Recent* obsahuje seznam nedávných otevřených projektů. Z pohledu rešerše manuálů je důležitá i záložka *Learn*, která obsahuje výukové materiály (viz obrázek 4.4). Poslední záložka *Alerts* obsahuje informace o změnách v programu

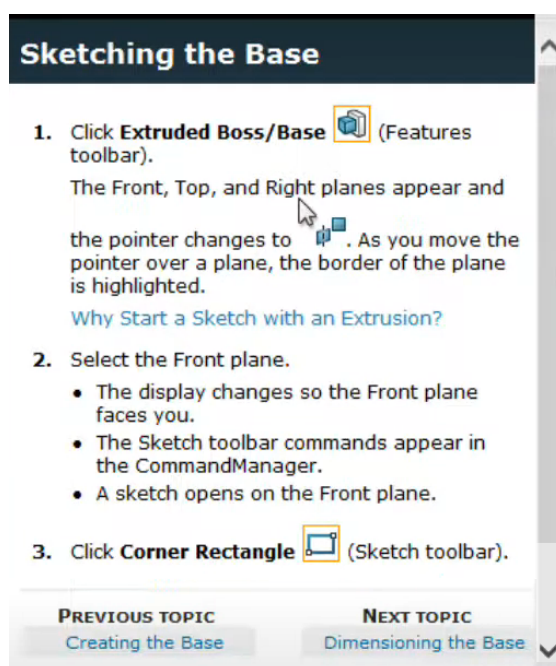


Obrázek 4.4: Úvodní okno programu SolidWorks

Jakou formu má výukový materiál?

Hlavní dokumentace programu se nachází na internetových stránkách SolidWorks. Podobně jako u Blenderu je členěna do kapitol, mezi kterými navigujeme pomocí hypertextových odkazů a navigačního menu.

Na rozdíl od ostatních posuzovaných programů jsou v SolidWorks vestavěné tutoriály. To znamená, že má program integrované okno, které je určené k procházení lekcí. Okno otevřeme pomocí startovního okna pod záložkou *Learn*. Lekce jsou dělené na stránky, mezi kterými přecházíme pomocí ovládání ve spodní části okna (viz obrázek 4.5).



Obrázek 4.5: Okno pro procházení tutoriály programu SolidWorks

Vestavěné tutoriály se soustředí na modelování a tvorbu objektů. Ukazují uživateli postup vytvoření modelu krok za krokem a umožňují uživateli pracovat vlastním tempem. Uživatel tak vytvoří funkční model a zároveň se s programem naučí lépe pracovat.

Video-lekce pro program SolidWorks existují, bohužel jsou více než deset let staré a pro představení aktuální verze programu nejsou dostatečné. Série výukových videí se nachází na oficiálním YouTube kanále SolidWorks (<https://www.youtube.com/@solidworks>).

Kde se výukový materiál nachází?

Výukové materiály jsou dostupné v úvodním okně programu, pod záložkou „Help“ na hlavní liště programu nebo na internetových stránkách Solidworks, na kterých je také možné využít službu MySolidWorks Training, která slouží jako knihovna všech existujících tutoriálů pro program (viz obrázek 4.6).

The screenshot shows the MySolidWorks Training interface. At the top right, there is a 'Sort by:' dropdown menu set to 'Newest' and a pagination control showing pages 1, 2, 3, 4. On the left side, there are three filter sections: 'Learning Type' with options for Lessons (441), Learning Paths (84), and eCourses (16); 'Access Level' with options for Guest (180), Standard (345), and Professional (16); and 'Product/Role' with a 'Sort:' dropdown and options for SOLIDWORKS 3D CAD (295), 3DEXPERIENCE SOLIDWORKS (286), SOLIDWORKS Simulation (30), Enterprise PDM (22), 3DEXPERIENCE (19), and SOLIDWORKS CAM (18). The main content area displays three lesson cards, each with a thumbnail image and a title: 'SOLIDWORKS PDM: Working with Named BOMs, BOM Versions and Comparing BOMs', 'SOLIDWORKS PDM Weldments BOMs and Weldment Cut Lists', and 'SOLIDWORKS PDM Copy/Move Tree'. Each card includes a brief description, a 'LESSON' label, a '2 days ago' timestamp, and an 'ENG' language indicator.

Obrázek 4.6: Stránka MySolidWorks Training pro procházení lekcí

4.1.3 Maya

Maya (www.autodesk.cz/products/maya) je program pro tvorbu 3D grafiky, který je vyvíjený společností Autodesk. Využívá se ke tvorbě 3D modelů, animací a efektů pro filmy a počítačové hry.

Kde se výukový materiál nachází?

Program Maya má úvodní okno, které má pět záložek. *Recent* obsahuje nedávné projekty, *Getting started* výukový materiál pro nové uživatele, *Learning* ukazuje zajímavá videa a výukové materiály, *What's New* novinky v programu a *Community* odkazy na uživatelská fóra a komunity.

The screenshot shows the 'Learning' section of the Maya 2024 introductory window. The interface is dark-themed. On the left, there is a sidebar with 'New' and 'Open' buttons, and a 'Current Project' dropdown set to 'amarsathline'. Below this are sections for 'Recent', 'Getting Started', 'Learning', 'What's New', and 'Community'. The main area is titled 'Learning' and contains a 'Tutorial Videos' section with two video thumbnails: 'Intro to Maya Lesson 1: Basic Skills' and 'Intro to Maya Lesson 2: Shaping and... Shapes and Transforms'. Below the videos is an 'Online Resources' section with four tiles: 'Maya Learning Channel' (with a YouTube logo and a URL), 'Intro to Maya Course', 'Tutorials', and 'Free Learning Resources'. At the bottom of the window, there are several utility icons: a question mark, 'Ctrl + C', 'MFI' (with a code editor icon), and 'python'.

Obrázek 4.7: Sekce Learning v úvodním okně programu Maya

Jakou formu má výukový materiál?

Program Maya má standardní dokumentaci, vzhledově a funkčně podobnou ostatním z posuzovaných programů. Podobně jako u nich se jedná o textový dokument členěný na kapitoly. Úvodní kapitoly manuálu se věnují ovládání a základům animace a modelování.

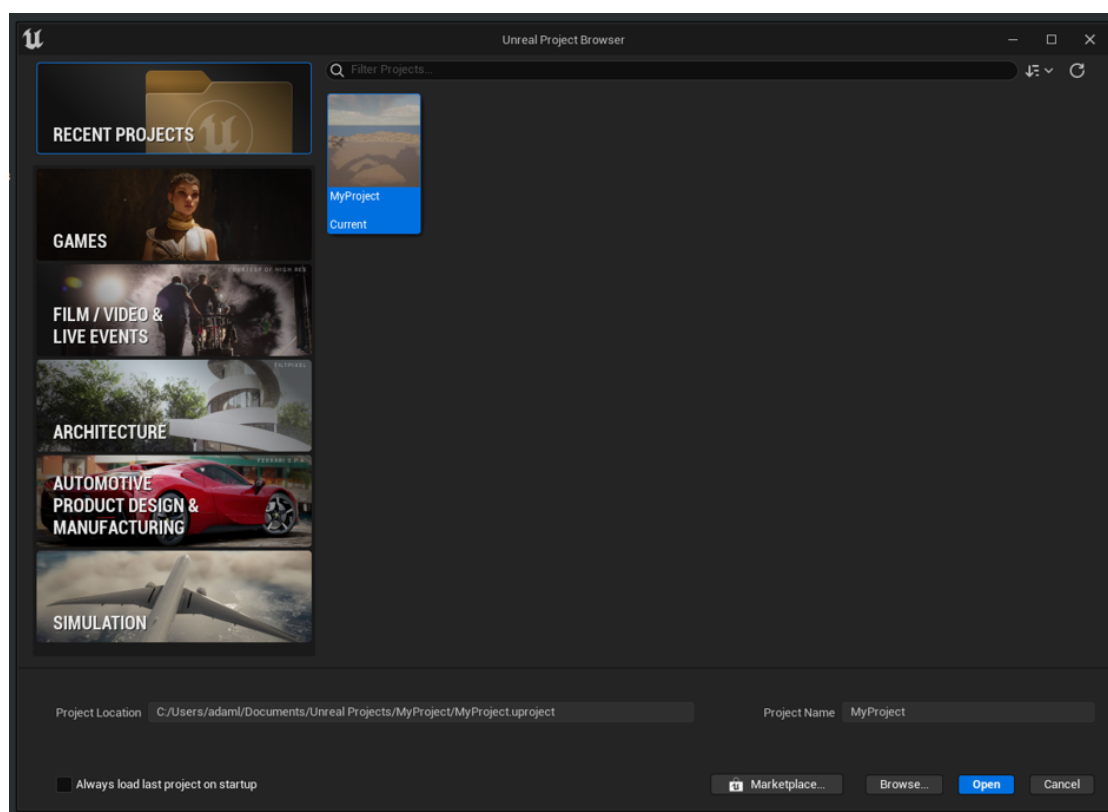
Maya využívá výukových videí, které jsou nahrané na YouTube na oficiálním kanále Maya Learning Channel (https://www.youtube.com/@Autodesk_Maya). Úvodní videa se věnují stejným tématům jako manuál - ovládání, modelování a animaci.

Kde se výukový materiál nachází?

Odkazy na výuková videa a dokumentaci najdeme v sekci *Learning* (viz obrázek 4.7) nebo na stránkách programu, které je také možné najít přímo v programu pod záložkou *Help*.

■ 4.1.4 Unreal Engine

Unreal Engine (<https://www.unrealengine.com/en-US/>) je herní engine, vytvořený firmou Epic Games, a je jedním z nejpobulárnějších všeobecných herních enginů, společně s Unity.



Obrázek 4.8: Úvodní okno Unreal Engine

Kde se výukový materiál nachází?

Unreal Engine také využívá startovního menu, na rozdíl od předchozích programů však menu nenabízí uživateli přístup k manuálu nebo návodům. Startovní okno tedy slouží pouze pro otevírání projektů. Projekty jsou rozděleny do šesti záložek (viz obrázek 4.8), *Recent* pro nedávné projekty, *Games* pro herní projekty, *Film/Video & Live Events* pro filmy a videa, *Architecture* pro architektonické vizualizace, *Automotive Product Design & Manufacturing* pro návrhy produktů a dopravních prostředků a *Simulation* pro fyzikální simulace.

Jakou formu má výukový materiál?

Dokumentace Unreal Engine se nachází na internetových stránkách programu. Obsahuje tematické sekce, které se člení na kapitoly, mezi kterými je uživatel navigován pomocí odkazů. Úvodní kapitoly se zabývají rozhraním programu a ovládáním.

Oficiální video návody pro práci s Unreal Engine existují a formou se podobají návodům programu Blender nebo Maya. Najdeme je však pouze na internetových stránkách programu, na YouTube oficiální úvodní série pro posuzovanou verzi programu není.

Kde se výukový materiál nachází?

Výukové materiály programu se nachází na oficiálních internetových stránkách Unreal Engine. V programu samotném je odkaz na materiály pod záložkou *Help* na hlavní liště programu.

4.1.5 Shrnutí rešerše výukových materiálů

Výstupem průzkumu různých manuálů a forem výuky ovládání je tabulka, která znázorňuje výskyt jednotlivých funkcionalit napříč zkoumanými programy (viz tabulka 4.1). V posledním sloupci tabulky jsou zapsány funkcionality programu I3T. Diskutovány budou pouze funkcionality, které v I3T v současnosti nejsou.

	Funkcionalita/Program	Blender	Solidworks	Maya	Unreal	I3T
1	Internetová stránka	x	x	x	x	x
2	Textový manuál	x	x	x	x	
3	Odkaz na hlavní liště	x	x	x	x	
4	Odkaz v úvodním menu	x	x	x		
5	Video-lekce	x		x	x	
6	Vestavěné tutoriály		x			x
7	Předpřipravené scény	x	x	x	x	x

Tabulka 4.1: Tabulka funkcionalit programů

Všechny posuzované programy mají textový manuál (viz řádek 2), který uživateli slouží jako hlavní zdroj informací. Najdeme v něm úvod do programu, všechny funkcionality a klávesové zkratky, případně i novinky a tipy na práci s programem. Program I3T dokumentaci nemá - jediným úvodem do programu jsou tutoriály. Aby mohli uživatelé vyhledávat funkce programu bude nutné manuál připravit a umístit na internetové stránky programu.

Program by měl odkazovat na dokumentaci přes *Help* menu na hlavní liště (viz řádek 3). Tím zajistíme, že se uživatel vždy dostane k programové dokumentaci, pokud ji bude potřebovat. Dokud není dokumentace připravena, stačí odkazovat na hlavní internetovou stránku programu.

Pro jednodušší seznámení s programem by měla vzniknout i výuková videa (řádek 5), ta využívají téměř všechny zkoumané programy. Videá by měla mít formu komentovaných nahrávek, které učí základní funkce programu, podobně jako tutoriály.

Zajímavým výstupem tabulky je řádek s vestavěnými tutoriály (řádek 6). Ten indikuje, že jsou vestavěné tutoriály specializovaným médiem pro komunikaci ovládání programu, je tedy nutné diskutovat, zda jsou dobrým výukovým postupem, či ne. Toto téma je dále zpracováno v kapitole Diskuse.

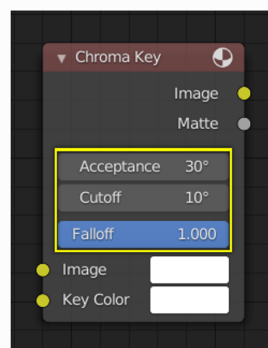
4.2 Rešerše grafických postupů

Druhým důležitým tématem jsou grafické postupy programů. Grafickými postupy je rozuměna jakákoliv pomůcka, která vizuálně odlišuje nebo zvýrazňuje důležité prvky. Hodnoceny budou i způsoby formátování a strukturování textu, ty je totiž možné využít i v tutoriálovém okně. U výukových videí bude hodnocena grafická stránka, například stříh nebo vložené obrázky. Cílem rešerše grafických postupů je prozkoumat grafické postupy a metody, které využívají zkoumané programy, a zvážit jejich užitečnost pro program I3T.

Stejně jako u předchozí kapitoly budou brány v potaz čtyři hlavní soudobé programy (viz obrázek 4.1). Tentokrát je posuzována primárně grafická stránka výukových materiálů.

Všechny zmíněné grafické postupy a metody budou označeny *kurzívou*. Tím bude zdůrazněno, které postupy byly během rešerše upozorovány a zváženy pro využití v I3T. Z předchozí rešerše je zjevné, že je struktura manuálu u všech programů stejná – jsou členěny na kapitoly, kapitoly jsou členěny na sekce, které od sebe oddělují nadpisy. Mezi kapitolami odkazují hypertextové odkazy a navigační menu na levé straně obrazovky. Manuály všech programů jsou také děleny podle verzí. Právě kvůli častým podobnostem byly posuzovány hlavně odlišnosti každého z výukových materiálů.

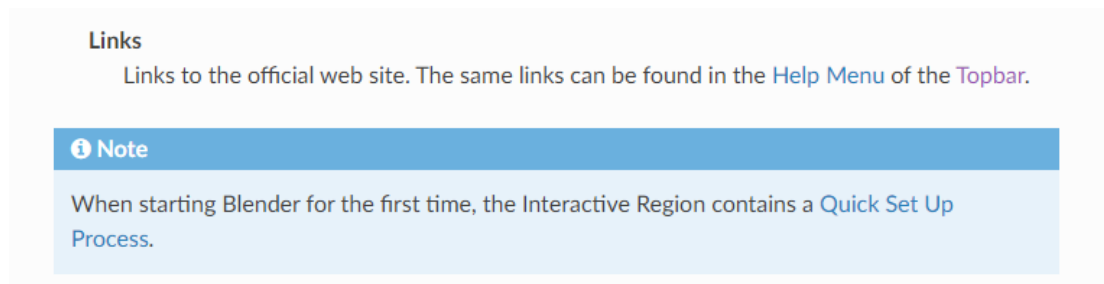
4.2.1 Blender



Obrázek 4.9: Obrázek se zvýrazněným rámečkem a popiskem v manuálu programu Blender

Programový manuál obsahuje *obrázky*, které mají podobu *snímku obrazovky*, doplněného o grafickou nápovědu v podobě rámečků a popisků. *Rámečky* upozorňují na konkrétní elementy rozhraní v graficky náročných snímcích obrazovky, *popisky* přibližují obsah snímku nebo obrázku, jak je vidět na obrázek 4.9.

Mezi další grafické prvky, které se v manuálu vyskytují, patří grafické odlišení poznámek pomocí odlišného *barevného pozadí*. Ty znatelně odliší poznámky od zbytku textu a zlepšují čitelnost celého textu (viz obrázek 4.10). Manuál také využívá *ikony kláves*, které připomínají klávesnici (viz obrázek 4.11). Ty uživateli naznačí, že se jedná o klávesu, a jsou názornější než slovní popis.



Obrázek 4.10: Poznámka v manuálu programu Blender

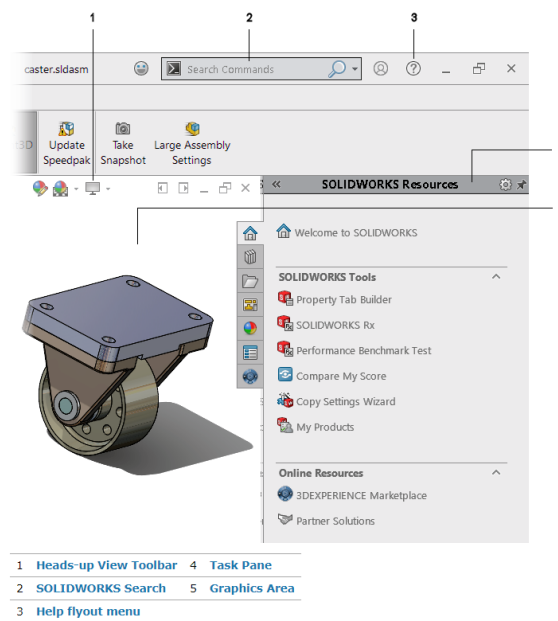


Obrázek 4.11: Ikony kláves v manuálu programu Blender

Video-návody mají formu *nahrávky obrazovky*, která je doplněna o *obrázky*, *slovní komentář* a *záznam stisknutých kláves*. Klávesy se objevují jako text na obrazovce. Záznam pomáhá uživateli nahlédnout na využití klávesové zkratky, které jsou důležitou součástí práce s programem.

4.2.2 Solidworks

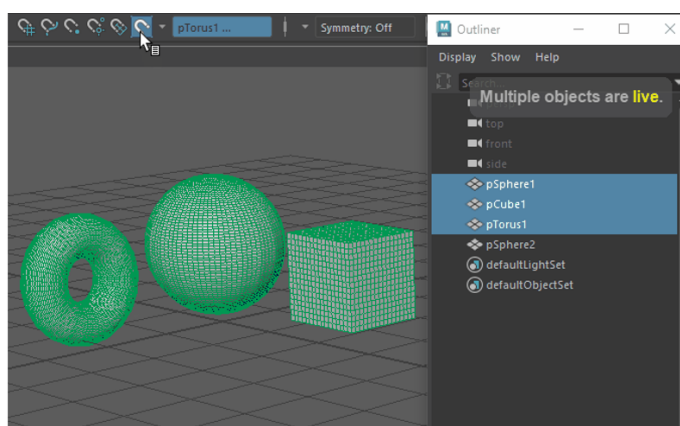
Manuál programu Solidworks se na stránkách programu nachází pod názvem „Solidworks Help“. Dokumentace využívá snímky obrazovky, podobně jako Blender, ty však místo rámečků doplňuje hlavně *očíslovanými vodíčími čarami* (viz obrázek 4.12), které odkazují na jednotlivé položky uživatelského rozhraní nebo části modelu. Čáry jsou vizuálně složitější než barevné rámečky, umožňují však pojmenovat větší množství prvků rozhraní na jednom obrázku.




Obrázek 4.12: Obrázek doplněný vodícími čarami z manuálu programu SolidWorks

Vestavěné tutoriály využívají *ikon funkcí programu* (viz obrázek 4.5), které uživateli napovídají, kterou funkci využít pro další krok. Text tutoriálů je formátován základními formátovacími metodami - obsahuje nadpisy, číslované seznamy, nečíslované seznamy a tučný text. Také se v nich nachází *hypertextové odkazy*, které mají podobu standardního textového odkazu, tedy modrý podtržený text, který mění kurzor myši na ikonu ruky, pokud na něj najedeme kurzorem myši.

4.2.3 Maya



Make Live now supports multiple objects, letting you snap to any of the surfaces that are live. Simply select all your objects and click the Make Live icon . The name of the first selected object is displayed in the field next to the icon in the following format: <FirstSelectedObject...>, indicating that you have more than one object in your live selection. Hovering over the field displays a

Obrázek 4.13: Manuál Maya - nahoře .gif, dole ukázka použití ikon a fontů v textu

Dokumentace programu obsahuje *animované obrázky formátu .gif*. Ty využívá primárně k demonstraci akcí, jako je táhnutí myši, úprava topologie modelu nebo využití nové funkcionality v programu. Tím může zobrazit složitější sadu instrukcí za kratší dobu.

Dalším výrazným rozdílem je využití *různých fontů* pro vyobrazení kódu v textu (viz obrázek 4.13). Kód je popsán více mechanicky vypadajícím fontem jak je vidět na obrázku. Díky fontu se kód jednoznačně odlišuje od zbytku textu a uživateli je jasné, že se jedná o název třídy nebo funkce.

Poslední odlišností manuálu jsou *odkazy na video-lekce* přímo v kapitolách (viz obrázek 4.14). Na začátku vybraných kapitol manuálu jsou odkazy na jejich video verze na YouTube, které si může uživatel přehrát místo čtení textu. Tím podporuje Maya uživatele v užívání výukových videí.

Interface overview



See also: [Intro to Maya: Interface Tour \(video\)](#)

This section is a brief summary of the main Maya interface. Numba

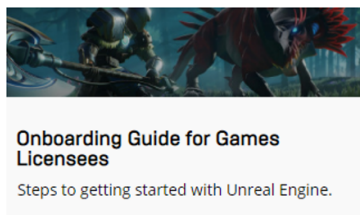
Obrázek 4.14: Kapitola manuálu programu Maya s odkazem na video verzi kapitoly

Videolekce k programu Maya mají podobu *nesestříhané nahrávky obrazovky* doplněné slovním komentářem, podobně jako u programu Blender. Na rozdíl od Blenderu však využívají *šipky, rámečky a ukazatele* ke zvýraznění důležitých oblastí obrazovky.

4.2.4 Unreal Engine

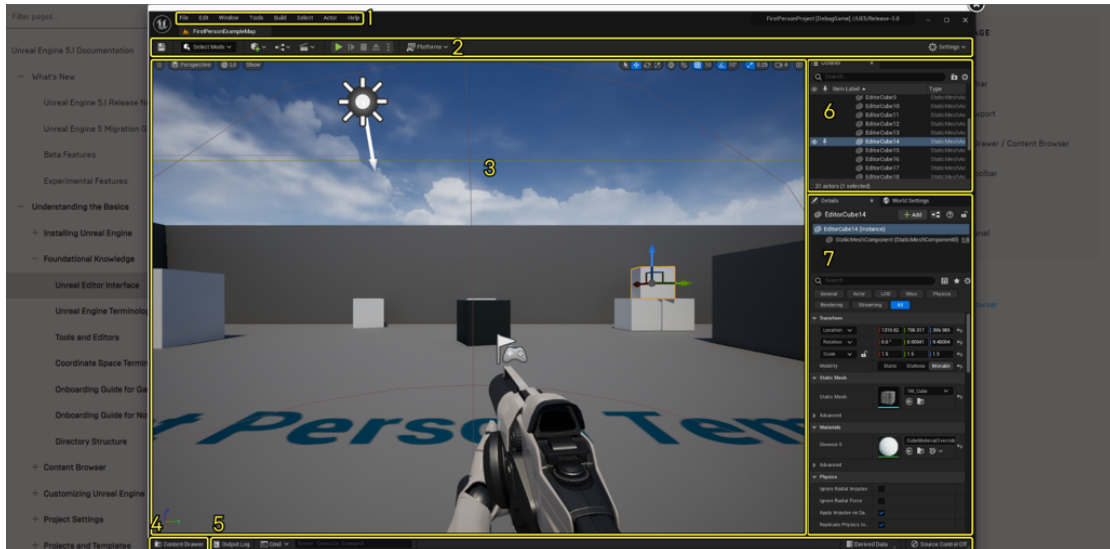
Dokumentace Unreal engine využívá konceptu *větvení kapitol*. Úvodní stránka ukazuje několik témat, jako např. „Understanding the Basics“ nebo „Working with Content“. Po rozkliknutí jednotlivých témat se otevře seznam podkapitol, které se daným tématem zabývají. Podkapitoly tak tvoří série, které může uživatel absolvovat, pokud chce nějakému konceptu porozumět. Díky členění může uživatel strukturu dokumentace lépe pochopit a případně přeskocit témata, kterým už rozumí.

Každá kapitola má také vlastní *náhled, název a popis*. Příklad náhledu je na obrázku 4.15. Náhledy plní funkci hypertextových odkazů v ostatních manuálech - jsou detailnější a popisují obsah kapitoly lépe než obyčejný odkaz.



Obrázek 4.15: Náhled kapitol v manuálu Unreal Engine

Vybrané obrázky také nabízejí možnost *rozšíření obrázku na celou obrazovku* po kliknutí, což umožňuje snímkům obrazovky zabírat méně místa na stránce, a zároveň zachycovat větší plochu obrazovky. Zvětšený obrázek zablokuje a ztmaví zbytek obrazovky (stane se modálním oknem). Efektu zešednutí neaktivních elementů se říká *spotlight efekt* (probraný blíže v kapitole 4.2.5).



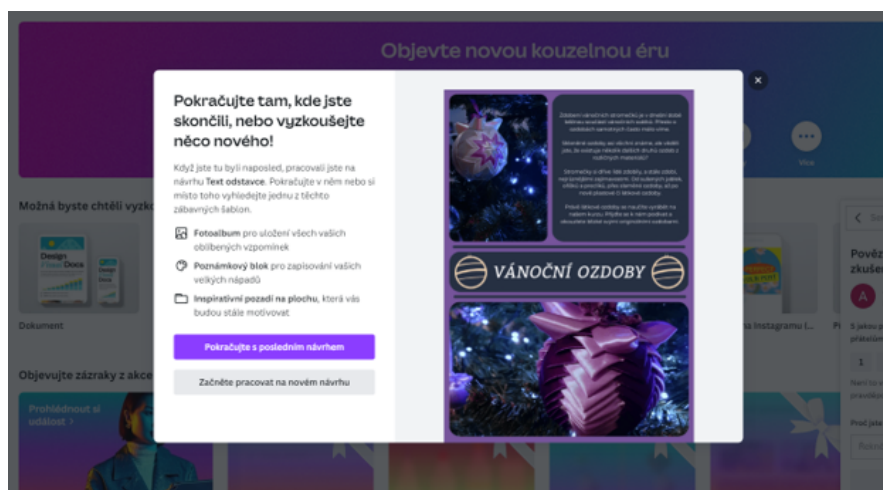
Obrázek 4.16: Zvětšený obrázek v manuálu Unreal Engine se spotlight efektem

Video návody se nacházejí na stránkách programu. Podobně jako u programu Maya se jedná o nesestříhané nahrávky obrazovky doplněné o komentáře, které využívají šipek a rámečků pro upoutání pozornosti diváka.

4.2.5 Rešerše postupů jiných programů

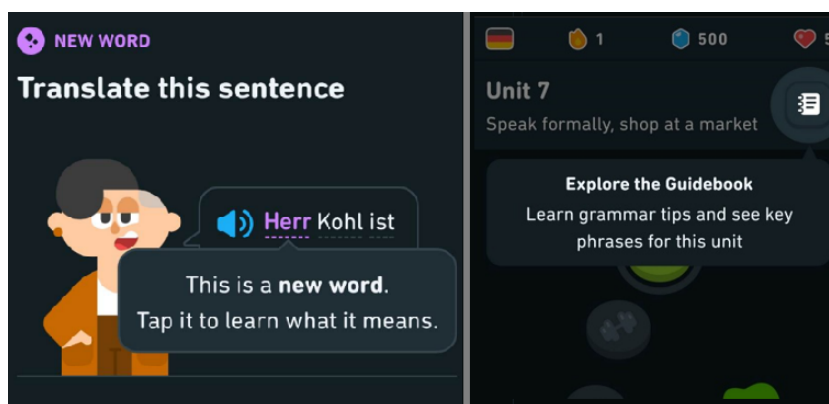
Dále byly zkoumány tři široce využívané postupy, které slouží k zachycení pozornosti uživatele během seznamování s ovládáním. Tyto postupy jsou nejčastěji využívány v úvodních sekcích aplikací, kdy chtějí vývojáři upozornit na důležité prvky prostředí nebo vysvětlit funkci nějakého elementu rozhraní.

Prvním zkoumaným postupem je dříve zmíněný *spotlight effect* (česky efekt reflektoru). Spotlight efekt využívá ztmavení celého uživatelského rozhraní, až na jeden zvýrazněný prvek, který je dodatečně možné dále zvýraznit světlým rámečkem. Tento efekt využívají vývojáři primárně k upozornění na element ve složitých rozhraních nebo v situaci, kdy zobrazujeme přiblížený obrázek pomocí modálního okna. Spotlight effect najdeme např. v dokumentaci Unreal Engine (viz obrázek 4.16), v programu Canva (obrázek 4.17) nebo aplikaci Duolingo (obrázek 4.18 vpravo).



Obrázek 4.17: Spotlight zvětšeného obrázku zkombinovaný s modálním oknem na stránce Canva (www.canva.com)

Druhou zkoumanou metodou je *pop-up text* (česky vyskakující popisek či komiksová bublina). Pop-up text má podobu textového pole, spojeného se šipkou - ukazuje na nějaký objekt a popisuje jeho funkci - viz obrázek 4.18 vlevo, kde text popisuje funkci zvýrazněného slova „Herr“. Využití popisku je podobné jako u reflektorového efektu, proto ho často vývojáři kombinují se *spotlight efektem* (viz obrázek 4.18 vpravo). Tím na prvek současně upozorní a vysvětlí jeho funkci.

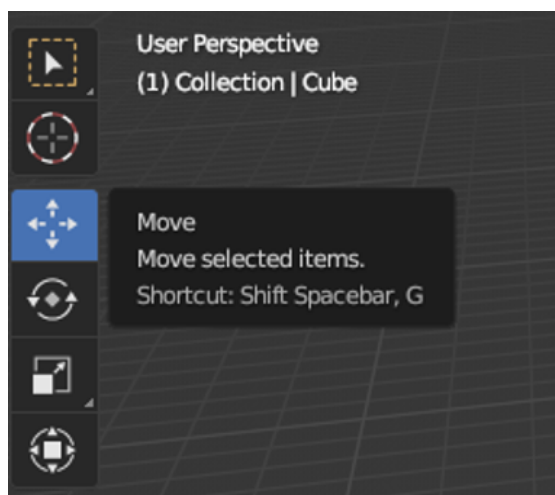


Obrázek 4.18: Aplikace Duolingo (cs.duolingo.com) - vlevo využití pop-up textu, vpravo spotlight ikony knihy zkombinovaný s popup textem

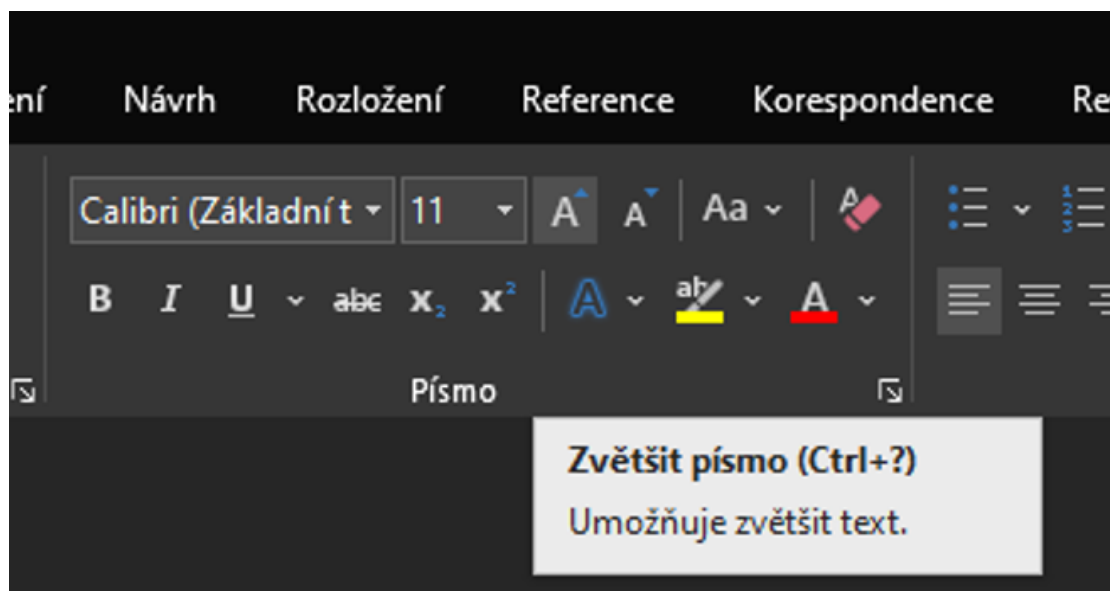
Třetím postupem je tzv. *tooltip* (také hover text nebo česky nápověda). Tooltip se využívá primárně k popisu funkce prvku rozhraní. Nápověda se objeví v malém okně, které se zobrazí po najetí myši na nějaký popisovaný element, čímž se tooltip odlišuje od pop-up textu. Tooltip se zobrazí pokaždé, co ho uživatel vyvolá (najetím myši na nějaký prvek rozhraní) - reaguje na akci uživatele. Pop-up se objevuje pouze na popud programu - uživatel neovlivní, kdy se objeví.

Tooltip je velmi cenným postupem pro všechny počítačové programy, umožňuje jim udržovat rozhraní programu jednodušší a čistší pomocí ikon bez textových popisů. Vysvětlující popisy se přesunou z rozhraní do nápovědy.

Tooltip se využívá téměř ve všech moderních programech, najdeme ho v Blenderu (viz obrázek 4.19, všech produktech Microsoft Office (např. MS Word viz obrázek 4.20), operačním systému Windows nebo libovolném internetovém prohlížeči.



Obrázek 4.19: Tooltip v programu Blender



Obrázek 4.20: Tooltip v programu MS Word (www.microsoft.com/cs-cz/microsoft-365/word)

4.2.6 Shrnutí rešerše grafických postupů

Výstupem rešerše je seznam pozorovaných postupů, které jsou klasifikovány do kategorií podle funkce, kterou v programu mají:

- **Ilustrace textu** - snímky obrazovky, animované gify, ikony, rozšíření obrázku

Ilustrační postupy mají za úkol zjednodušit vysvětlování a pomoci uživateli pochopit to, co se mu program snaží sdělit. Také zjednodušují komunikaci, protože nahrazují dlouhá textová vysvětlení.
- **Vysvětlování prvků rozhraní** - popisky, tooltip, pop-up, vodící čáry, náhled kapitoly

Informační postupy slouží k předání informací uživateli. Jejich hlavní funkcí je vysvětlovat funkci, využití nebo název nějakého konkrétního elementu rozhraní.
- **Zvýraznění částí rozhraní** - rámečky, barevná pozadí, fonty, pop-up, spotlight efekt

Zvýrazňovací postupy využívají vývojáři k upozornění na element textu nebo rozhraní programu. Využívají se primárně v situacích, kdy by uživatelé mohli něco přehlédnout.
- **Navigace v textu či videu** - větvení kapitol, odkazy na videa, hypertextové odkazy

Navigační postupy se nejčastěji využívají v manuálech a jejich hlavní funkcí je usnadnit průchod výukovými materiály. Ulehčují navigaci textem nebo poskytují odkazy na dokumentaci programu.
- **Video** - nahrávka obrazu, slovní komentář, záznam stisknutých kláves, šipky, obrázky, ukazatele

Video postupy se využívají při tvorbě video návodů a jsou kombinací všech předchozích postupů, aplikovaných pro videa. Video mohou obsahovat obrázky - ilustrační postup, mohou obsahovat záznam kláves - informační postup apod.

Z organizovaného seznamu postupů bude později možné vybírat jednotlivé postupy a využívat je k řešení problémů, které se objeví během testování. Díky kategorizaci bude možné identifikovat chybu, a prohledat seznam pro možné řešení (viz kapitola 5.5 *Průběh vývoje tutoriálů během testování*).

4.3 Rešerše literatury a prací

Dalším zdrojem pro rešerši byly předchozí práce kolegů, kteří vytvářeli program I3T, konkrétně jejich návrhy pro další vývoj programu.

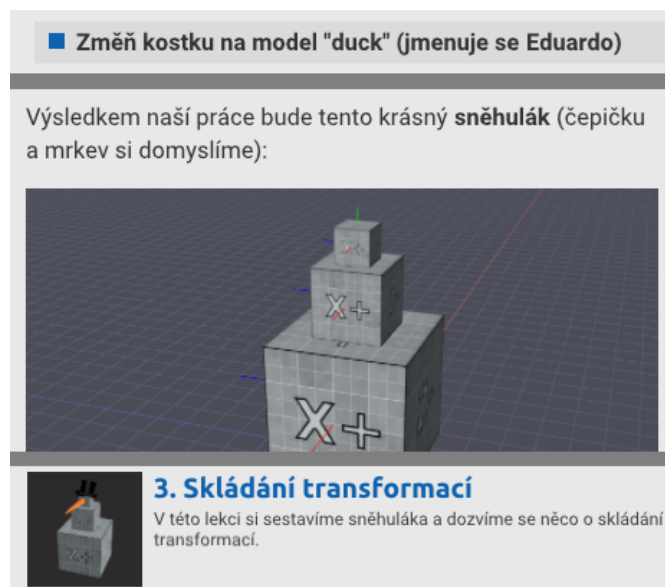
K tématu práce měla nejbližší práce Miroslava Müllera, který ve své práci [5] doporučuje celkem pět návrhů změn tutoriálů. Z nich byly vybrány dva nejrelevantnější, které budou během pozdějšího testování pozorovány. Prvním návrhem je zvýraznění doposud nevýrazných tutoriálových úkolů, druhým úprava barev rozhraní a textu.

Jako inspirace pro úpravu a testování rozhraní sloužila i kniha „Don't make me think“ autora Steva Kruga [2]. Ta se zabývá rozhraním webových stránek, doporučení pro návrh

rozhraní stránek se však vztahují i na rozhraní programů. Rady z knihy významně pomohly s testováním, upozornily totiž na nejčastější chyby, které se v rozhraních programů vyskytují. Nejvýznamnějším poselstvím knihy byly následující rady:

- Obsah a funkce by měly být evidentní na první pohled.
- Je očividné, zda na element lze kliknout nebo ne.
- Je zvýrazněné pouze to nejdůležitější.
- Programové zkratky a termíny jsou standardizované.
- Popisky a názvy funkcí jsou jasné a srozumitelné.
- Program nezahlcuje informacemi.
- Program neobsahuje zbytečný text, obsah je zredukovaný.
- Program podporuje přirozené letmé čtení (také scanning).
- Testovat často, i s menšími skupinami testujících.

Důležitou roli při vytváření tutoriálů hrál i humor. Snaha o implementaci humoru do výuky se vyskytuje jak v existujících tutoriálech vyvinutých pro samostatnou práci, tak v nových, implementovaných pro tuto práci. Humor je využíván ke zpříjemnění uživatelského zážitku (viz Brief Considerations on the Phenomenon of Humor in HCI [4]) a motivaci uživatele. Doplnujícím motivačním prostředkem je neformální jazyk, který pomáhá humoru působit přirozeně. Příklad humoru v lekcích je na obrázku 4.21, který ukazuje pojmenování gumové kachničky ve druhém tutoriálu a stavbu sněhuláka ve třetím tutoriálu.



Obrázek 4.21: Příklady humoru v lekcích I3T

Kapitola 5

Uživatelské testování - User-Centered Design

Z rešerše vyplynula potřeba doplnění a otestování úvodních tutoriálů, které pro úvodní seznámení s programem nebyly dostatečné. První bylo nutné zajistit kvalitu úvodních lekcí a programového rozhraní. Rozhraní bude během kapitoly doplněno o vhodné grafické prvky zkoumané v rešerši a lekce budou zdokonalovány do podoby, kde budou moci sloužit jako základ dalšího vývoje tutoriálů.

Pro další vývoj uživatelského rozhraní a tutoriálů byla vybrána metoda User-Centered Design (také UCD). User-Centered Design je vývojový postup, který využívá uživatele nebo dat generovaných uživateli jako kritérium, podle kterého je návrh (design) hodnocen nebo jako generativní zdroj nápadů na návrh [3].

Za účelem zjištění kvality a srozumitelnosti původních tří tutoriálů a rozhraní bylo provedeno uživatelské testování. Jako vhodné výzkumné metody byly zvoleny sledování uživatele při práci s programem a následný rozhovor. Součástí procesu byl také výběr cílové skupiny respondentů tak, aby byl test relevantní a přínosný. Zvolení respondenti neměli mít zkušenosti s využitím zkoumaného nebo podobného programu a neměli mít ani znalosti transformací, naopak byla požadována znalost lineární algebry.

Cílem tohoto testu bylo prověřit, zda jsou tutoriály dobře strukturovány a je pro studenty snadné porozumět tomu, jaké kroky mají provést, a co je jejich cílem. Dále byla zjišťována vizuální atraktivita prostředí, a také zda byl pro respondenty tutoriál podporující a motivující.

Výsledkem testu je soubor informací, které ukazují, jak uživatelé interagovali s tutoriály, jak je vnímali, a jaké byly jejich potřeby a tipy na zlepšení. Uživatelský test byl proveden v průběhu procesu desetkrát, přičemž byly tutoriály průběžně upravovány na základě provedených testů. Testování zároveň poskytlo uživatelské hodnocení programu a lekcí.

5.1 Cílová skupina programu

Ohledně testování byli kontaktováni výhradně studenti ČVUT, FEL, konkrétně studující předmět PGR (Programování Grafiky), a to právě kvůli podobnosti tematiky programu a předmětu, který mají ve svém studijním zaměření povinně.

U studentů se zároveň předpokládala znalost lineární algebry a základů teorie transformací z předmětu HRY (Počítačové hry), který absolvovali všichni testovaní. Další informace o jednotlivých studentech vyplynuly z dotazníku popsáném v kapitole Screener.

Cílem konečného výběru testovaných bylo dosáhnout dostatečné diverzity ve schopnostech a znalostech studentů tak, aby výsledky zachytily obecný názor na program.

- *Máte předmět PGR povinně?*
Cíl: Více ano, ale i několik ne
- *Kdy máte cvičení?*
Cíl: Různorodé
- *Nechte nám na sebe kontakt, prosím:*
Cíl: Discord, e-mail, Teams. . . .

5.4 Struktura testovacího kola

Testy začínaly přivítáním testovaného. Tomu byla poskytnuta sklenice s vodou a flash disk, na kterém byla spustitelná verze programu. Pro testované byla připravena i počítačová myš, která je nutná pro ovládnutí testované verze programu.

Studenti byli seznámeni s průběhem testu - testující zadal uživateli úkoly a pozoroval, jak s programem zachází. Testující zároveň reagoval na překážky, se kterými se testovaný potkal, a reagoval na ně. Tím pozoroval myšlenkové pochody testovaného a zjišťoval, co se testovaný snaží udělat, a čím je problém způsoben.

Úkolem testovaného bylo absolvovat první tři lekce programu. Nabyté schopnosti byly testovány po absolvování jednotlivých tutoriálů pomocí jednoduchých úkolů.

Po splnění cíle testování byl uživatel dotázán na 5 krátkých otázek, které zjišťovaly, zda si uživatel koncepty grafiky osvěžil:

- “Jak bys svými slovy popsal/a co je to transformace?”
- “Pamatuješ si, matici nějaké transformace?”
- “Jak probíhá proces transformace?”
- “Víš, k čemu slouží homogenní souřadnice?”
- “V jakém pořadí proběhnou transformace, když je do sekvence seřadíme podle TRS?”

Otázky byly formulovány neutrálně, cílem nebylo testovat žáka, ale ptát se, co si pamatuje. Důležité bylo zdůraznit respondentům, že testování nemají vnímat jako zkoušení jejich dovedností a znalostí, ale jako pomoc s vývojem. Proto pak uživatelé sami od sebe upozorňovali i na drobnější nedostatky, které by v budoucnu mohly dělat studentům problémy.

5.5 Průběh vývoje tutoriálů během testování

Během testování bylo pozorováno, jak uživatelé procházeli tutoriály, jak je vnímali, a jaké byly jejich potřeby a tipy na zlepšení. Do testování patřily i poznatky, které zpozoroval testující.

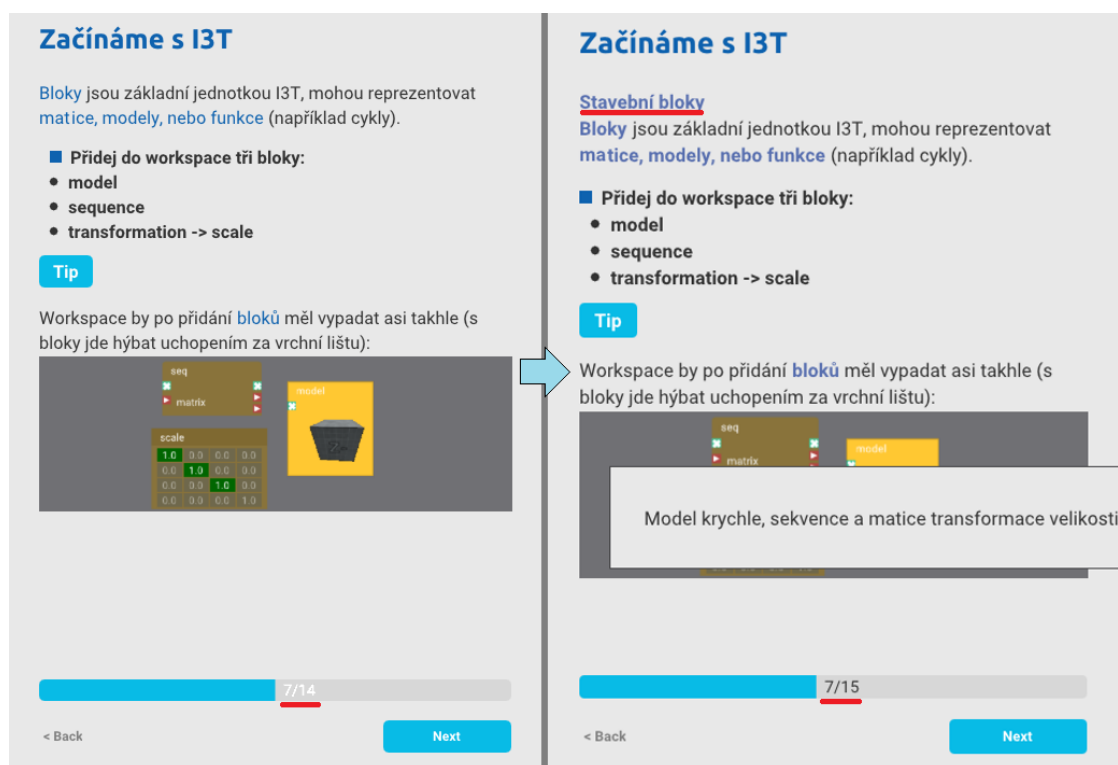
Postřehy byly roztříděny do dvou kategorií, kategorie námětů pro zlepšení a kategorie chyb. Do kategorie chyb spadal jakýkoliv objektivní problém s programem. Sekce námětů pro zlepšení obsahuje subjektivní změny, které navrhli testovaní, nebo které

vyplývaly z testování. Každý postřeh byl také vztažen k určité části programu, konkrétně k Workspace, Scene View, jádru programu a tutoriálům. Pro tuto práci jsou nejdůležitější právě poznatky týkající se tutoriálů a okna Workspace.

5.5.1 Úprava tutoriálů

Úpravy před testováním

Zásadním krokem k vylepšení tutoriálů bylo zdokonalení rozhraní (viz kapitola 3.2 Tutoriálové okno) a textu lekcí, které byly upraveny před zahájením testování na základě provedené rešerše. Na obrázku 5.1 jsou změny podtrženy červeně.



Obrázek 5.1: Vlevo původní vzhled zvýrazněného textu, vpravo nový

První úpravou původních tutoriálů byla *změna vzhledu textu*. Tutoriál začal využívat tučného fontu pro zvýrazněná slova, která předtím nebyla dostatečně výrazná. Dále se změnila barva textu, který ukazoval číslo stránky. Ten má nyní černou barvu, která lépe kontrastuje s barvou pozadí tutoriálu.

Pro zvýšení přehlednosti tutoriálových stránek byly *přidány popisky stran* (viz obrázek 5.1). Popisky naznačují obsah stránek, uživatel tak ví, co ho na dané stránce čeká, což zlepšuje přehlednost celého tutoriálu.

Tutoriálu také chybělo *tlačítko pro návrat* do hlavního okna, což znemožňovalo uživateli návrat, pokud udělá chybu (dokud nedokončí lekci nebo neotevře hlavní okno přes horní lištu). Z toho důvodu byla do okna přidána další možnost návratu do hlavního okna, která se objeví místo tlačítka „back“ na první straně tutoriálu (viz obrázek 5.2). Tato změna zamezuje situacím, kdy si uživatel otevře špatný tutoriál, a bude se chtít vrátit.



Obrázek 5.2: Nové tlačítko návratu do hlavního menu

■ První kolo testování

První upravená verze programu byla posuzována v prvním kole testování dvěma testovanými. Výstupem z prvního kola testování byly dvě chyby.

První chybou bylo *chybějící číslování tutoriálů* (viz obrázek 5.3), což způsobilo, že testovaní nevěděli, v jakém pořadí tutoriály absolvovat. Na vině bylo jak číslování, tak *název druhého tutoriálu*, který byl „Základy transformací“. Název byl tedy upraven na „Transformace a práce s nimi“.

Další chyby se nacházely v textu tutoriálů, který původně obsahoval nejasnosti a špatně specifikované instrukce, které byly matoucí. Na základě testování byl textový obsah upřesněn pro další testování.



Obrázek 5.3: Nahoře původní nečíslované titulky, dole číslované

■ Druhé kolo testování

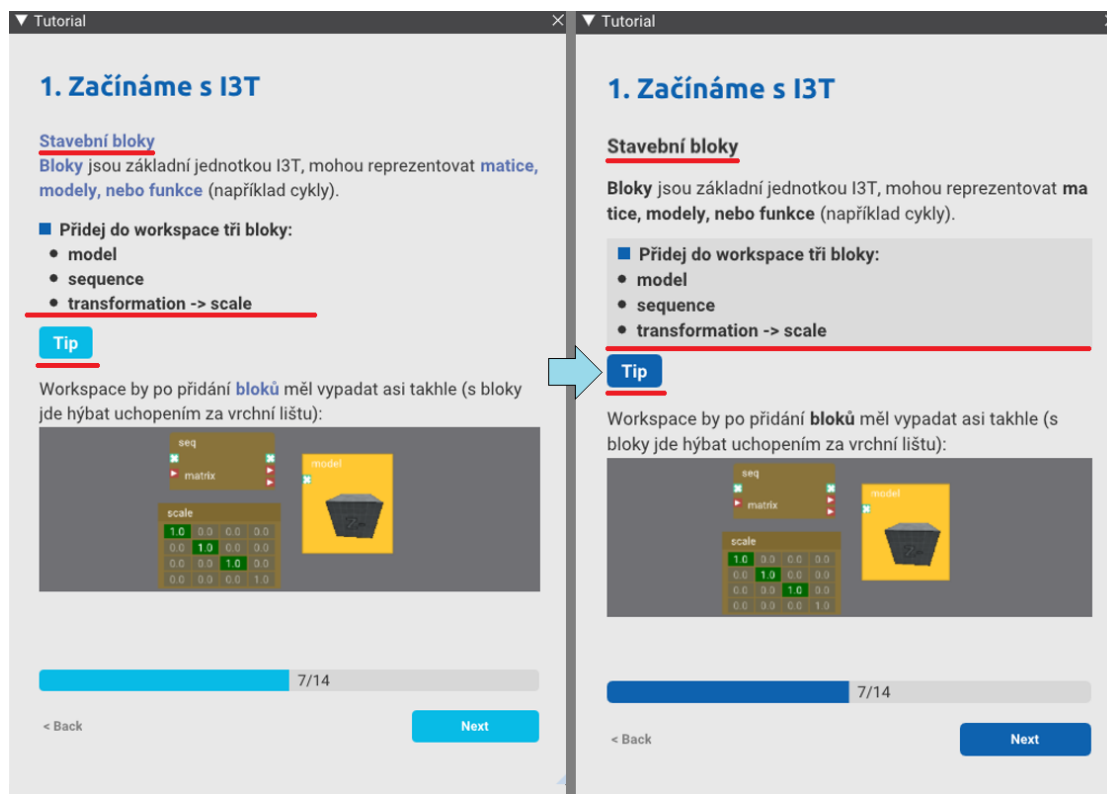
Nejnovější verze tutoriálů byla otestována čtyřmi studenty, kteří navrhli čtyři zásadní podněty pro další vylepšení tutoriálů.

První provedenou změnou bylo *zvýraznění úkolů pomocí šedého rámečku* (viz podtržené v obrázku 5.4), inspirovaného barevným rozlišením v manuálu programu Blender. Zvýraznění jasně oddělí úkoly od zbytku textu. Tato změna opravila problém, kdy si testovaní nevěšili některých úkolů, nebo na ně zapomněli.

Druhou výraznou změnou byla *úprava barev okna* tutoriálů. Zvýrazněný text uživatelům připomínal hypertextový odkaz, byl totiž modrý (podobně jako je například v Solidworks).

Modrá barva byla nahrazena černým tučným textem (viz podtržené v obrázku 5.4). Barva tlačítek a ukazatele postupu byla také změněna, nyní více odpovídá odstínu zbytku prvků grafického rozhraní.

Třetí změnou byla *úprava nadpisů stran*, které se staly součástí hlavního rozhraní. Velikost nadpisů se zvětšila tak, aby lépe znázorňovala, že se jedná o nadpis. Také modrá barva nadpisu byla upravena, společně se zvýrazněným textem, na černou barvu. Důvodem byla podobnost s hypertextovými odkazy v jiných programech - text tak nabádal k rozkliknutí.



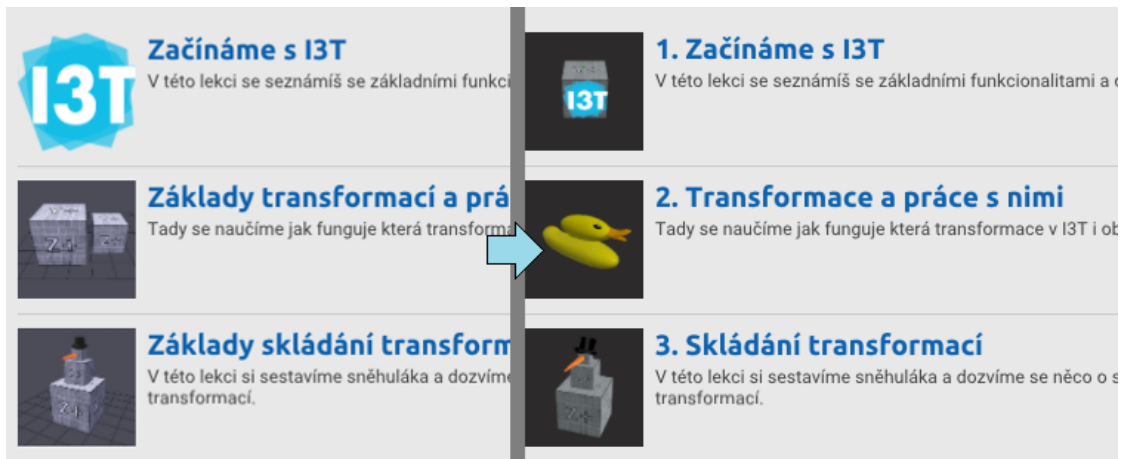
Obrázek 5.4: Vlevo původní rozhraní, vpravo rozhraní po změnách

Čtvrtou změnou byly *úvodní obrázky lekcí*, které neměly jednotný vzhled. Pozadí náhledu tutoriálů bylo nahrazeno tmavě šedou barvou, která pomáhá hlavním motivům náhledů vyniknout (podobně jako v případě Spotlight efektu).

■ Třetí kolo testování

Třetího kola testů se zúčastnili dva testující. Ti odhalili znatelně méně problémů než u předchozích testů, což naznačuje částečné zlepšení. Po testování přesto došlo k třem větším změnám v tutoriálech.

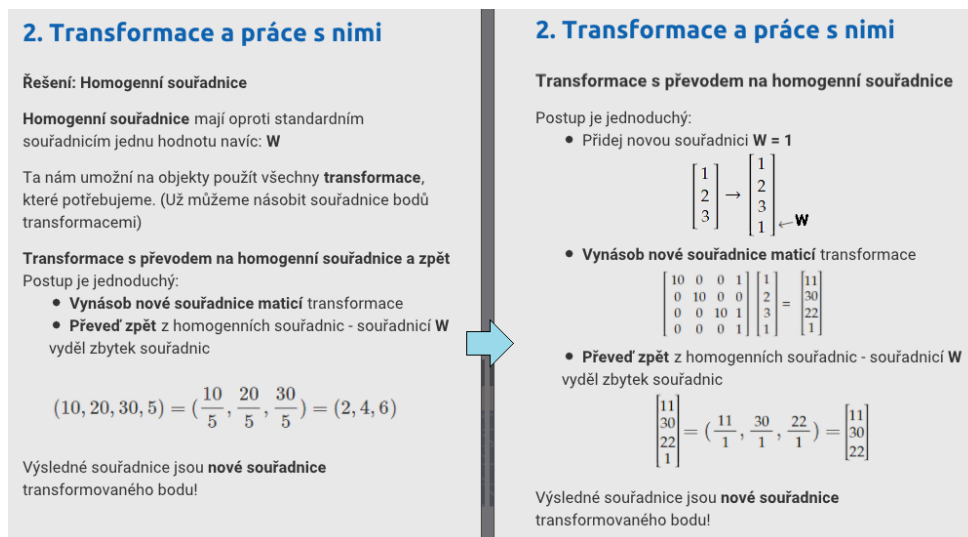
Nejdříve došlo k *výměně některých tutoriálových obrázků* tak, aby nové obrázky lépe zachycovaly koncepty vysvětlované v lekcích. Příkladem je stránka v druhém tutoriálu (obrázek 5.6), kde byl popis převodu homogenních souřadnic výrazně upraven z dlouhého slovního popisu na ukázkou matematického výpočtu pomocí popsáných obrázků. Tím bylo zredukováno množství textu, které musí uživatel přečíst, a byl podpořen tzv. scanning



Obrázek 5.5: Vlevo staré náhledy, vpravo upravené a očíslované náhledy

(Krug, 2006, [2]). Uživatelé si tak výpočet dokážou lépe představit a stránkou se jim bude procházet lépe.

Další změnou je také úprava tooltip nápovědy u obrázků, která byla dříve podle respondentů příliš rušivá a výrazná (viz obrázek 5.1 vpravo). Nový vzhled tooltip nápovědy (obrázek 5.6) se více podobá zbytku rozhraní a lépe odpovídá své původní funkci.



Obrázek 5.6: Vlevo původní textové vysvětlení homogenních souřadnic, vpravo nové

■ Čtvrté kolo testování

Poslední testovací termín absolvovali dva studenti, kteří ověřovali třetí verzi a ukončili tak testovací část vývoje. Výstupem z posledního termínu testování byly menší úpravy programu, které testujícím během ostatních termínů unikly.

Nejdříve byly do programu dodány *ukazatele klikatelnosti*, které po najetí myši znázorňovaly, zda je na tlačítko rozhraní možné kliknout změnou barvy pozadí tlačítka. Dále

byla programová tlačítka doplněna o *ukazatel v podobě symbolu ruky* (viz obrázek 5.7), který nahradí standardní kurzor myši při najetí myši na klikatelný element. Tím je uživateli naznačeno, na které elementy je možné kliknout, a na které ne (viz Krug, 2006, [2]).



Obrázek 5.7: Kurzor myši při najetí na klikatelné tlačítko

Testování si dále všimli, že jsou tipy v programu psány složitě, a měly by být stručnější. Hlavní pomůckou pro zestručnění byly ikony tlačítek a kláves, podobné ikonám kláves v manuálu programu Blender (obrázek 4.11 v rešerši), které nahradily zdlouhavé slovní popisy a umožnily výrazně zjednodušit obsah tipů bez ztráty na srozumitelnosti.

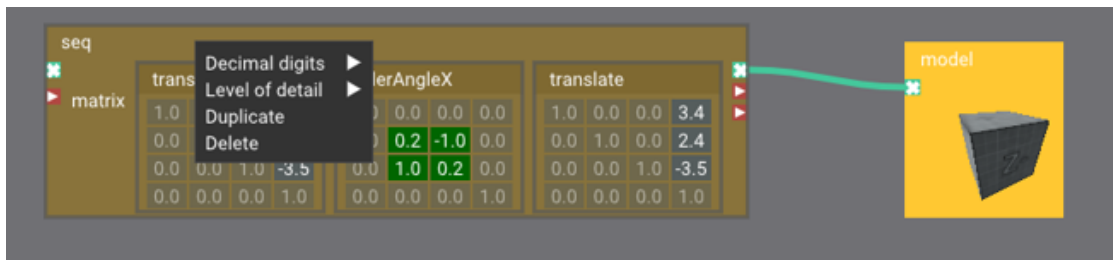
■ 5.5.2 Úprava okna Workspace

Důležitou součástí testování byla práce s oknem Workspace, ve kterém probíhá veškerá interakce s bloky, a jsou v něm sestavovány grafy scén. Kvůli tomu je důležité zajistit kvalitu uživatelského zážitku při využívání okna, závisí na něm totiž i rychlost a efektivita práce s programem. V této kapitole budou popsány odhalené chyby v okně Workspace a vysvětleno jejich řešení. Úpravy jsou členěny do dvou fází, které probíhaly současně s uživatelskými testy.

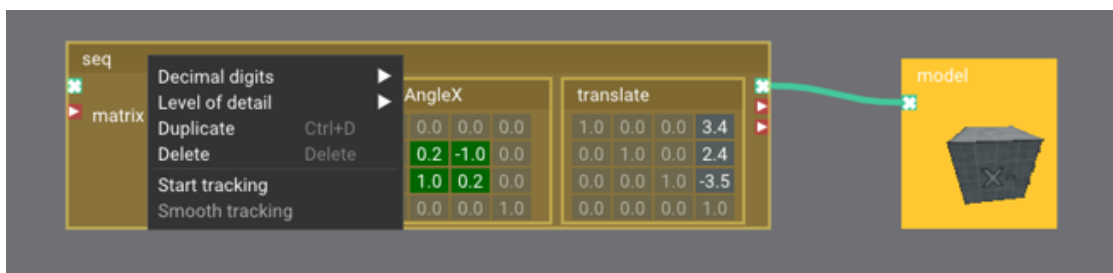
První fáze se zabývala podněty z prvních dvou testovacích kol a obsahovala dvě úpravy týkající se základních funkcionalit programu, jako například zvýraznění, nebo kontextová menu.

Druhá fáze se zabývala podněty z prvních tří testovacích kol. Tato fáze se zabývala opravou nejdůležitějších nedostatků rozhraní a dále zdokonalovala úpravy provedené v první fázi. V druhé fázi bylo provedeno celkem šest úprav rozhraní.

První fáze úprav



Obrázek 5.8: Původní kontextové menu a barva zvýraznění

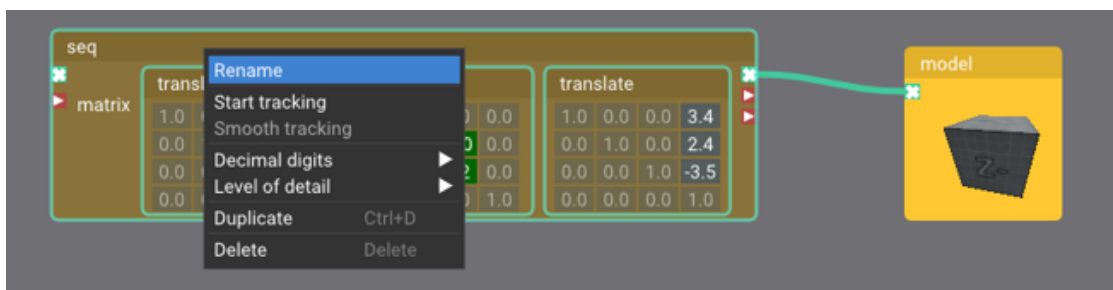


Obrázek 5.9: Upravené kontextové menu a žluté zvýraznění vybraných krabiček

První provedenou úpravou byla *změna barvy rámečků* zvýrazněných bloků. Ty měly původně tučné šedivé rámečky (viz obrázek 5.8), které naznačovaly, že byl blok vybrán myší. Šedivá barva však jako zvýraznění nestačila a uživatelé si zvýraznění nevšimli. Proto byla barva upravena na výraznější žlutou (viz obrázek 5.9), díky které bylo možné tučné rámečky bloků zmenšit na poloviční tloušťku, která působí elegantněji.

Dále byla upravena *kontextová menu jednotlivých bloků*. Funkce „tracking“ (blíže probíraná v kapitole 5.5.3), která byla původně v menu transformačních matic, byla přesunuta do menu sekvence (viz funkce „Start tracking“ v obrázek 5.9). Další změnou kontextových menu bylo dodání textu popisujícího klávesové zkratky jednotlivých funkcí.

Druhá fáze úprav



Obrázek 5.10: Finální verze kontextového menu a zvýraznění

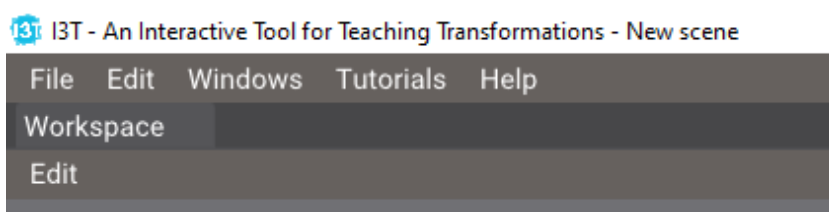
Druhá fáze úprav proběhla po třetím kole testování, které pro úpravu rozhraní vytvořilo nejvíce podnětů, celkem šest (viz obrázek 5.10):

5.5.3 Úpravy ostatních částí programu

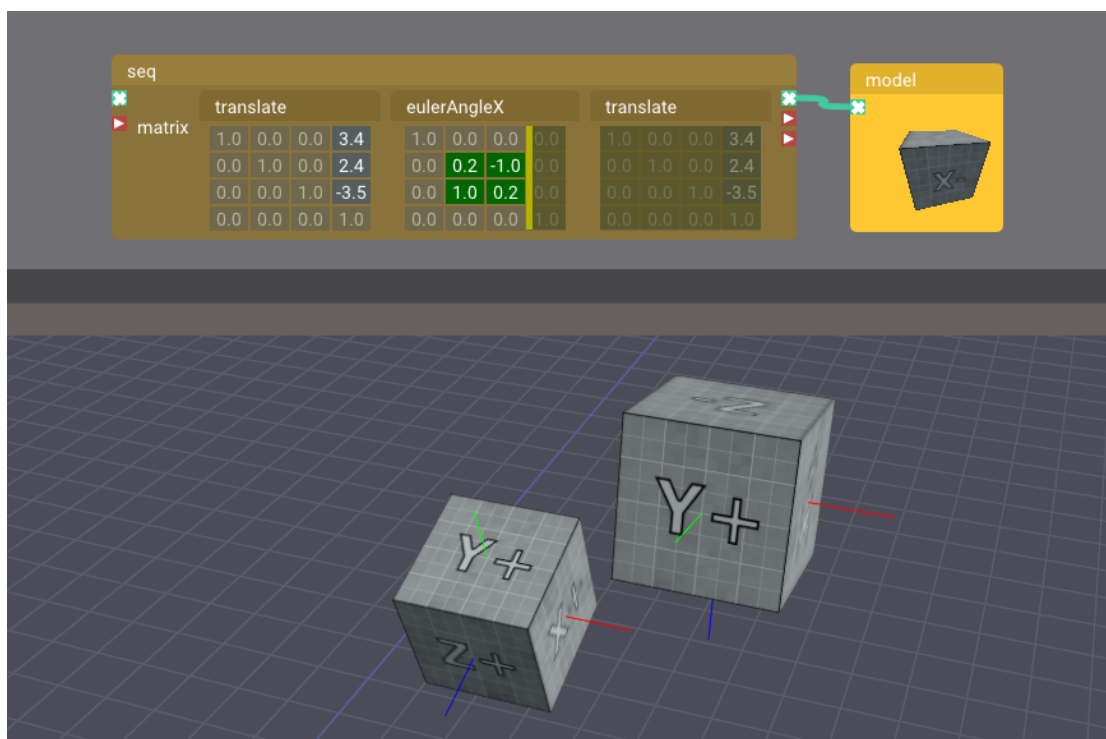
V rámci testování došlo nejen k úpravám tutoriálů a Workspace, ale i ostatních částí programu, byť byly změny méně výrazné. Celkem byly provedeny čtyři úpravy.

První úpravou programu je doplnění funkcí Copy a Paste o funkci *Cut*, která zkopíruje vybrané bloky a smaže je, podobně jako v operačních systémech nebo obdobných programech. Ta některým uživatelům chyběla, a nebyl žádný důvod ji do programu nepřidat.

Druhou úpravou je zjednodušení přístupu k tutoriálovému oknu, které uživatelé po zavření nedokázali najít. Okno bylo přístupné pouze pomocí záložky „Windows“, ta však podle testovaných působila „moc vývojářsky“, tutoriály tak hledali hlavně pod záložkou „File“. Kvůli tomuto nedostatku byla na hlavní lištu přidána záložka „Tutorials“ (viz obrázek 5.11) pomocí které je přístup k oknu jednodušší.



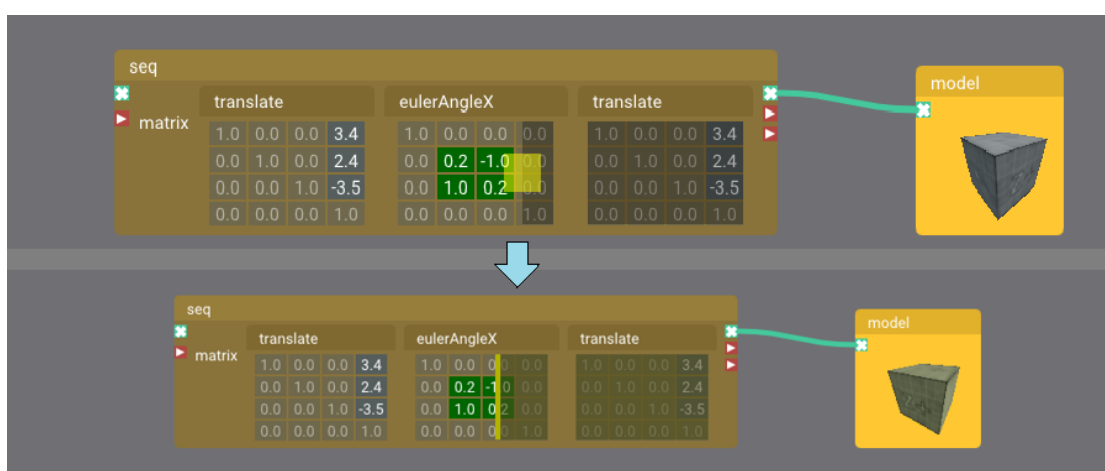
Obrázek 5.11: Upravená hlavní lišta programu s novou záložkou „Tutorials“



Obrázek 5.12: Funkce tracking. Nahoře vzhled bloků, které provádějí tracking, v okně Workspace, dole náhled na model a jeho kopii ve scéně

Dále byla do tutoriálů implementována nově přidaná funkcionální - *tracking*. Tracking slouží jako ukazatel postupu transformace, který postupně aplikuje transformace na simulovaný objekt v náhledu scény. Uživatel ho spustí pomocí kontextového menu sekvence, které se po spuštění trackingu zvýrazní lišta (obrázek 5.12). Do scény se zároveň vloží kopie modelu, ke kterému je sekvence připojena. Na maticích transformací vložených v sekvenci se objeví žlutý ukazatel postupu, kterým může uživatel posouvat pomocí šipek klávesnice, čímž postupně transformuje i kopii modelu.

Poslední změnou byla *úprava značení trackingu*, které bylo původně navrženo pro interakci pomocí myši. Kvůli tomu byl symbol postupu žlutý čtverec, který nabádal k uchopení myší. Kvůli nedokončenému stavu vývoje funkce tahání však vzhled symbolu neodpovídal jeho funkci - byl tedy nahrazen úzkým pruhem (viz obrázek 5.13), který slouží jako ukazatel současného postupu transformace.



Obrázek 5.13: Úprava značení funkce tracking

5.6 Závěry vývoje

Změny provedené během uživatelského testování výrazně změnily jak rozhraní programu, tak první tři tutoriály. Ty prošly iterativním vývojem, jehož důsledkem je lepší uživatelský zážitek. S každým testovacím termínem počet stížností testovaných klesal. Celkové pocity z programu byly zachyceny v závěrečném SUS (system usability scale) testu, jehož cílem je zachytit užitečnost programu a spokojenost uživatele [12]. Podle dotazníku s SUS testem, který vyplnilo šest z deseti účastníků testování, dostal program hodnocení rovné známce C (tedy 79.6 bodů z celkových 100), což je nadprůměrný výsledek, a ukazuje spokojenost uživatelů.

Změny v tutoriálech umožní vývoj dalších lekcí, které bude založené na poznacích objevených během uživatelského testování. Díky uživatelským podnětům a nápadům bude možné vyvinout lekce, které se zabývají tématy, která uživatelům v I3T scházejí. Příkladem takových tutoriálů jsou cvičení, která jsou blíže popsána v kapitole 6.5.

Kapitola 6

Implementace nových tutoriálů

Podle zadání práce bylo vytvořeno pět nových tutoriálů (viz obrázek 6.1), které mají za úkol doplnit do programu informace týkající se pokročilých funkcí programu a počítačové grafiky. Implementace jako taková byla inspirována upravenými verzemi tří úvodních tutoriálů, které byly v průběhu kapitoly 5 UCD vylepšeny do finální podoby, a navazuje na ně. Nové tutoriály také využívají uživatelského ohlasu získaného během testování a zpracovávají témata, která v programu podle testovaných chyběla.



Obrázek 6.1: Seznam všech nových tutoriálů. Tutoriály bez rámečku slouží k výuce a tutoriály se zeleným rámečkem jsou cvičení

Vzniklé tutoriály jsou rozděleny (na obrázku 6.1 ve stejném pořadí) na tři výukové tutoriály, které slouží k výuce ovládání programu a dva procvičovací tutoriály, které testují znalosti uživatele.

6.1 Změny v existujících tutoriálech

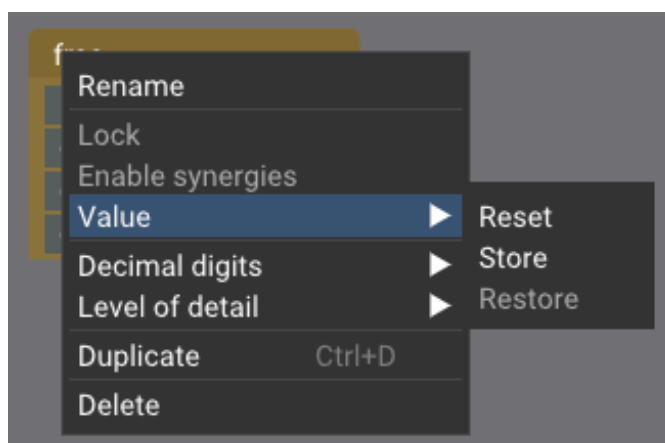
Během vývoje nových tutoriálů byly provedeny změny, které do kapitoly testování tématicky nezapadaly. Změny se týkaly obsahu úvodních tutoriálů, který byl upraven za účelem zkvalitnění lekcí. Dalším cílem bylo zkrátit první tři lekce, jejichž absolvování trvá cca. třicet minut.

První tutoriál byl zkrácen o jednu stranu, která obsahovala zadání úkolů. Ty byly rozprostřeny mezi ostatní stránky tutoriálu, na kterých vznikly komplexnější instrukce. Tato změna má vyřešit problém, kdy si někteří studenti stěžovali na primitivnost instrukcí v první lekci.

Do druhé lekce byla doplněna vysvětlení dvou funkcionalit, které jsou během lekce užitečné, a zjednoduší budoucí práci s programem.

První funkcionalitou je *představení kontextového menu*, které uživatelé využijí později v lekci. Kontextové menu je v I3T silným nástrojem a byla by chyba jej neuvádět. Menu slouží k manipulaci s bloky a umožňuje uživateli upravovat jejich vlastnosti, viz obrázek 6.2.

Druhá představená funkcionalita je součástí kontextového menu, konkrétně se jedná o „Value menu“ (obrázek 6.2). To slouží k ukládání a vynulování hodnot bloků matic - díky tomu je možné experimentovat s hodnotami matic a později je vrátit do původního stavu.



Obrázek 6.2: Value menu, které je součástí kontextového menu

Během úprav druhé lekce proběhly i menší změny. Podobně jako u první lekce byl počet stran redukován, aby zůstal i po přidání nových stran stejný. Redukce počtu stran probíhala stejně - byla nalezena strana, která není nutná, a její obsah byl rozdělen mezi jiné strany.

Poslední úpravou druhé lekce byla úprava původního modelu kostky na model gumové kačenky, která je pro uživatele zajímavější než kostka (viz Rešerše literatury a prací 4.3). Gumová kačenka byla přidána i do náhledu tutoriálu (viz obrázek 5.5).

Ve třetí lekci došlo ke stejné redukci stran jako u prvních dvou tutoriálů. Odebrány byly tři strany, které vysvětlovaly správné pořadí transformací při transformování objektů. Vysvětlení bylo nahrazeno dvěma stranami s názornějšími obrázky, které správné pořadí demonstrují srozumitelněji (viz obrázek 6.3).

Poslední stranu tutoriálu nahradila strana zabývající se funkcí *tracking*. Ta vysvětluje, k čemu se tracking využívá, a jak s ním pracovat, čímž uživateli umožní postupně aplikovat transformace na model a pozorovat jejich důsledek.

Základy skládání transformací

Proč jsme zvolili zrovna toto pořadí?

Transformace jsou uloženy v maticích, které se vzájemně násobí. Tím se transformace skládají dohromady.

$$\vec{f}^t M = \vec{f}^t ABCD$$

$$M = ABCD$$

Výslednou maticí *M* se pak násobí všechny body modelu.

Z teorie lineární algebry víš (určitě), že je pořadí násobení matic důležité a různá pořadí vrací různé výsledky. To si ukážeme.

Korektní pořadí násobení je vždy **Rotace, Translace, Škálování**, zkráceně **RTS**

3. Skládání transformací

"Já tak rád TRSám TRSám"

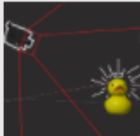
V sekvencích aplikujeme transformace **ZPRAVA DOLEVA** (opačně, než jak jsou v sekvenci):

Díky pořadí **TRS** zajistíme, že se **translace** provede vždy, jako **poslední**.

Podívej se na jiné pořadí, **SRT**:

Obrázek 6.3: Vlevo původní vysvětlení pořadí, vpravo vysvětlení obrázky

6.2 Kamera a práce s ní



4. Kamera a projekce

Nauč se pracovat s kamerami a projekčními maticemi

Start

Obrázek 6.4: Náhled čtvrtého tutoriálu v úvodním okně

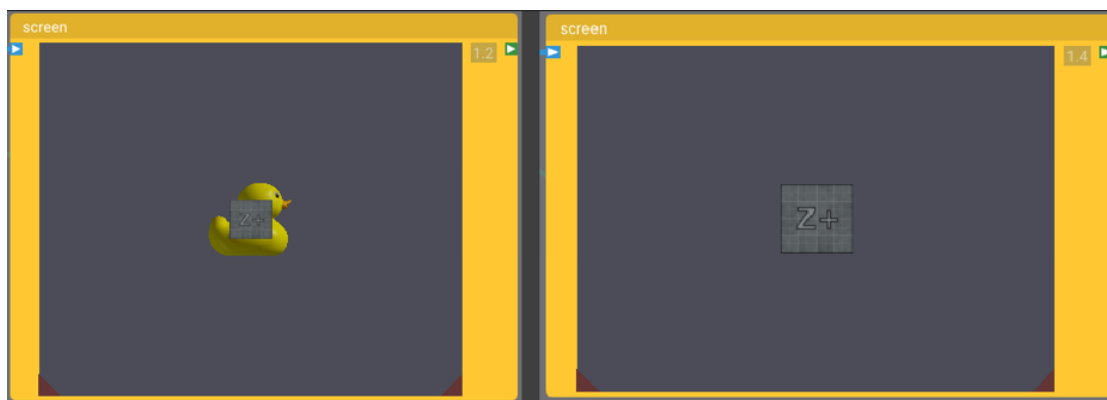
Kamerový tutoriál (obrázek 6.4) ukončuje úvodní sérii číslovaných tutoriálů, které učí základní ovládání programu. Struktura kamerového tutoriálu je podobná struktuře úvodních lekcí - střídá vysvětlování teorie a praktické úkoly (plný tutoriál je na konci práce v kapitole Příloha - Tutoriál 8). Hlavní funkcí tutoriálu je naučit uživatele pracovat s kamerami v grafice a to jak v programu I3T, tak mimo něj.

Hlavní novinkou tutoriálu je kamera. Ta je v programu reprezentována složeným blokem, který je tvořený dvěma sekvencemi (viz obrázek 6.5). Každá ze sekvencí reprezentuje jednu z matic, které jsou pro práci s kamerou potřeba, konkrétně projekční a pohledovou (view) matici. S těmito maticemi se uživatel naučí pracovat pomocí série úkolů, které demonstrují rozdíly mezi typy projekcí a důsledky změn pohledové matice.



Obrázek 6.5: Blok kamery v I3T

Rozdíly mezi projekcemi jsou v lekcí jasně vyobrazeny pomocí názorného příkladu gumové kačenky a krabice, ve kterém je gumová kačenka vidět pouze pomocí ortogonální projekce. Ta promítá objekty do výsledného obrazu kolmo (ortogonálně), což způsobí, že se při výpočtu velikosti jednotlivých objektů nebere v potaz jejich vzdálenost od kamery (viz obrázek 6.6). Perspektivní projekce vzdálenost zohledňuje, proto se gumová kačenka zmenší. Tím ji kostka zakryje a kačenku tak není v záběru vpravo vidět.



Obrázek 6.6: Porovnání ortogonální (vlevo) a perspektivní (vpravo) projekce

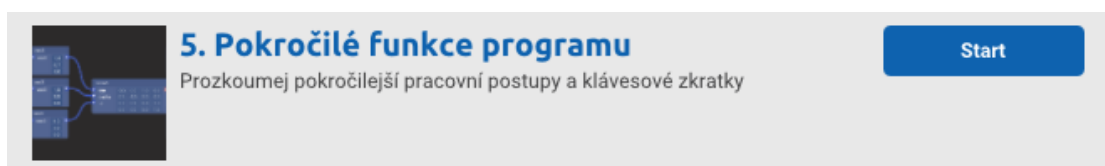
Uživatel se zároveň naučí pracovat s úrovněmi detailu I3T, které slouží ke zjednodušení manipulace s maticemi, a umožňují rychlejší práci s programem - místo hodnot matice zobrazují pojmenované hodnoty, které upravují zbytek matice. Příkladem je matice translace (obrázek 6.7), která po změně detailu ukazuje místo matice 4x4 pouze tři souřadnice posunutí.



Obrázek 6.7: Porovnání full detailu (vlevo) a set values detailu (vpravo)

Kamerový tutoriál je prvním z tutoriálů, který využívá načítání před-připravené scény při spuštění. To umožní vynechat úvodní tvorbu scény a dává tvůrcům lekcí větší volnost při tvorbě scénářů. U kamerové lekce je načítání využíváno k vložení modelu kostky a gumové kačenky do scény.

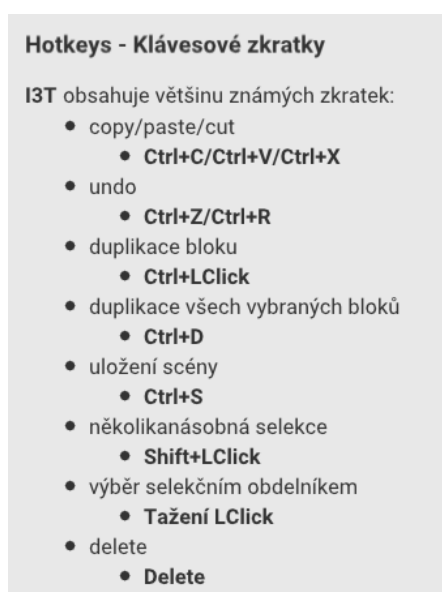
6.3 Pokročilé ovládání programu



Obrázek 6.8: Náhled pokročilého tutoriálu v úvodním okně

Tutoriál pokročilého ovládání (obrázek 6.8) vznikl kvůli chybějícímu programovému manuálu a slouží jako dočasný manuál k pokročilým funkcím programu. Tutoriál neobsahuje žádné úkoly ani tipy, pouze informuje uživatele o dalších možnostech práce s programem, které nebylo možné zahrnout v úvodní tutoriálové sérii, ať už kvůli tématickým rozdílům, nebo zdlouhavosti vysvětlení funkcionality.

Příkladem pokročilé funkcionality, ukázané v tutoriálu, jsou *operátory*. Operátory jsou speciální bloky, které se využívají pro konverzi dat a provádění matematických výpočtů. Kvůli velkému množství různých operátorových bloků je práce s operátory je složitá, jsou však velmi silným nástrojem pro přípravu názorných ukázek matematických výpočtů transformací. Pomocí operátorů je například možné invertovat matice, využívat cyklů k animaci objektů nebo využít tři vektory k formulaci pohledové matice lookAt pro kameru. Slouží však pro tvorbu ukázek, proto je jejich využití kategorizováno jako „pokročilé“.

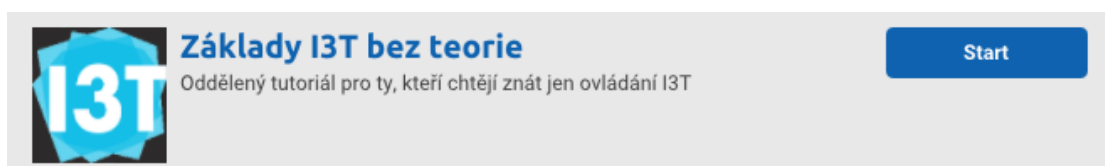


Obrázek 6.9: Klávesové zkratky programu

Tutoriál se dále věnuje všem klávesovým zkratkám, které se v programu nachází (viz obrázek 6.9). Hlavním důvodem jsou netradiční zkratky, například duplikace kliknutého bloku pomocí *Ctrl+LeftClick*.

Dalšími tématy pokročilého tutoriálu je ovládání okna Scene View a funkce tracking, kterou lekce popisuje do většího detailu, než dřívější tutoriály.

6.4 Alternativní úvod do programu

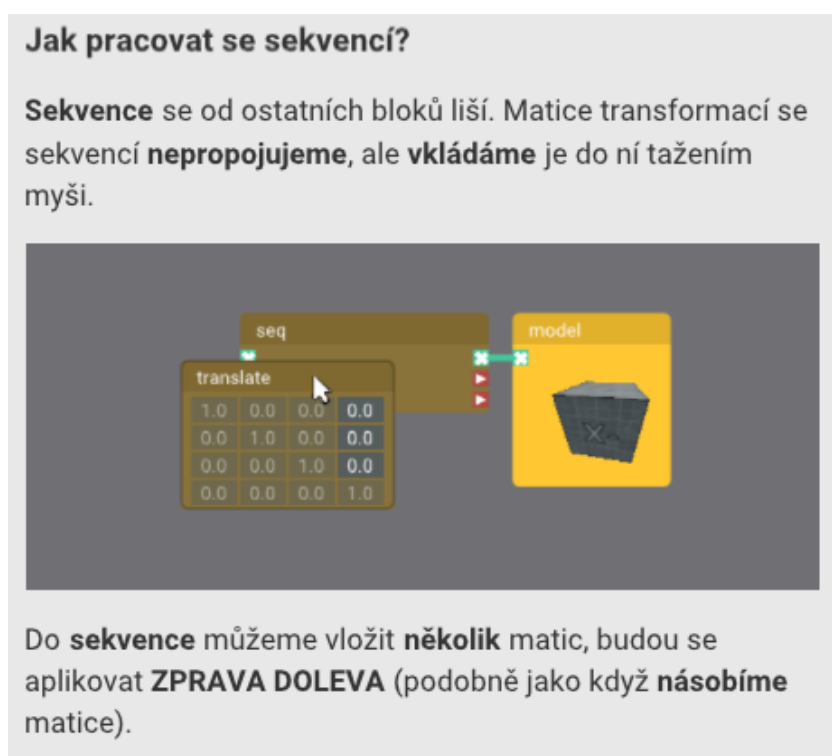


Obrázek 6.10: Náhled alternativního úvodu v úvodním okně

Druhým výukovým tutoriálem je tutoriál „Základy I3T bez teorie“ (obrázek 6.10). Ten vznikl díky testovaným, kteří požadovali implementaci alternativního úvodu. Alternativní tutoriál by podle testovaných neměl vyučovat grafiku, místo ní by se zaměřoval pouze na ovládání. Tento úvod by měli využívat hlavně uživatelé, kteří jsou s látkou předmětu PGR seznámeni, tedy absolventi nebo opakující studenti.

Struktura tutoriálu kopíruje celou úvodní číslovanou sérii tutoriálů s jedním důležitým rozdílem - neobsahuje úkoly. Ty se v původních tutoriálech týkají převážně teorie transformací, v alternativní verzi by tak nedávaly smysl.

Alternativní úvod uživatele seznámí s rozhraním a naučí ho propojovat bloky (obrázek 6.11). Dále ho informuje o kontextovém menu bloků a ukáže mu, jak bloky hierarchicky větvit do grafu scény. Vysvětlí mu i funkci tracking a ukáže mu, jak zacházet s kamerou. Tím shrne všechna témata úvodních lekcí na rozsah třinácti stran, což může být výhodné i pro studenty, kteří si chtějí ovládání připomenout po delší pauze s programem.



Obrázek 6.11: Část alternativního úvodu

6.5 Cvičení

Pro práci byl vytvořen nový typ tutoriálu – cvičení. Cvičení jsou krátké lekce, které obsahují instrukce k dosažení nějakého cíle, například sestavení objektu. Instrukce jsou doplněny snímky obrazovky, které uživateli napovídají, jak má výsledek úkolu vypadat. Příkladem je ukázka ze cvičení tvorby stolu na obrázku 6.12.



Obrázek 6.12: Stránka cvičení skládání stolu

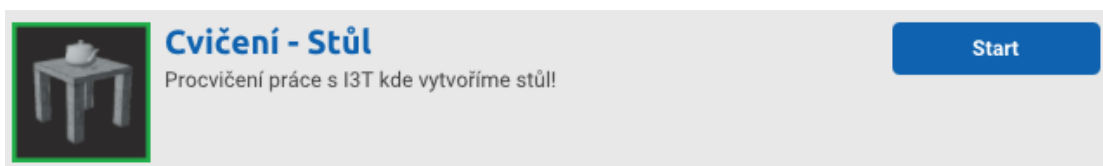
Cvičení byla nutným dodatkem do sestavy tutoriálů, testování studenti totiž vyžadovali dodání procvičujících úloh, které by jim umožnily využít vědomosti z přednášek a tutoriálů i ke tvorbě scén v I3T.

Cvičení jsou podobná tutoriálům v programu Solidworks, které jsou zmiňované v kapitole řešerše (4.1.2 Solidworks). Na rozdíl od Solidworks tutoriálů pouze napovídají očekávaný postup, místo explicitního popisu každého kroku tvorby. Tím dávají uživateli volnost řešit problém vlastním způsobem, pokud dosáhne stejného výsledku.

Na konci každého z cvičení se nachází shrnutí, které ukáže výsledný snímek obrazovky, a umožní uživateli zkontrolovat úspěšnost své práce. To zároveň pomáhá uživateli ověřit, zda pracoval efektivně, a využíval všechny vhodné postupy, které program nabízí (například větvení transformací).

Byla vytvořena dvě cvičení, která se soustředí na různá témata - první na skládání transformací a větvení bloků a druhé na práci s kamerou a projekcemi.

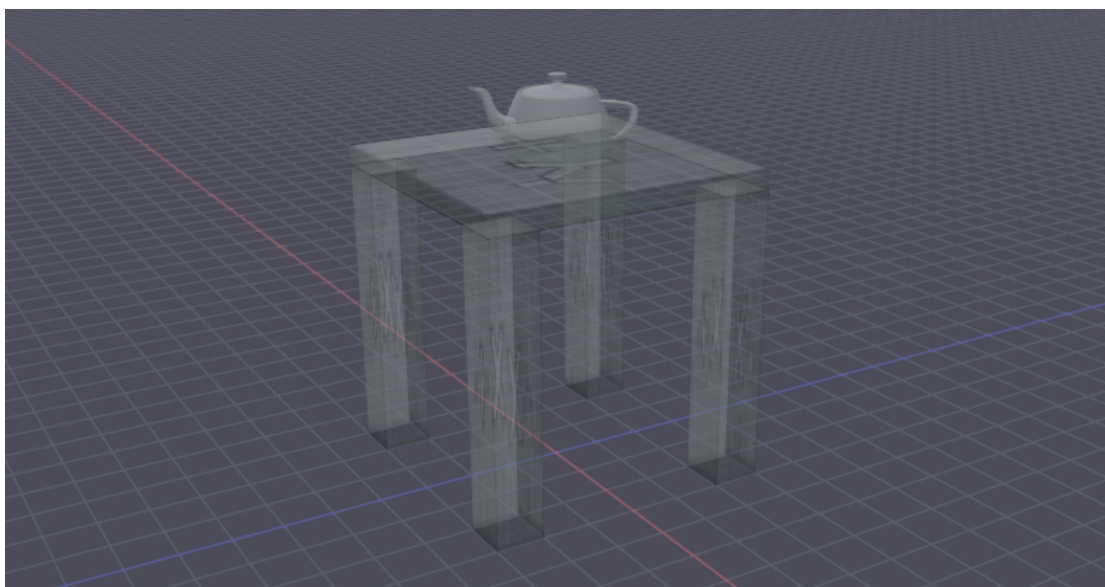
6.5.1 Skládání objektu - Skládání stolu



Obrázek 6.13: Náhled na cvičení stavby stolu v úvodním okně

První cvičení má za úkol procvičit znalosti, které student získá z prvních tří tutoriálů, jmenovitě schopnost nerovnoměrně škálovat objekty, skládat transformace a větvit bloky do scén. Podobně jako třetí tutoriál se cvičení zabývá hierarchickou konstrukcí scény, pomocí které uživatel skládá stůl z pěti modelů kostek a modelu čajové konvice.

Při spuštění cvičení se načte scéna s průhledným modelem dokončeného stolu (také „ducha“). Ten má funkci nápovědy - ukazuje velikost jednotlivých komponent stolu a jejich pozici. Zároveň uživateli slouží jako průběžná kontrola správnosti jeho práce, protože je jeho cílem nahradit průhledný model svým řešením.

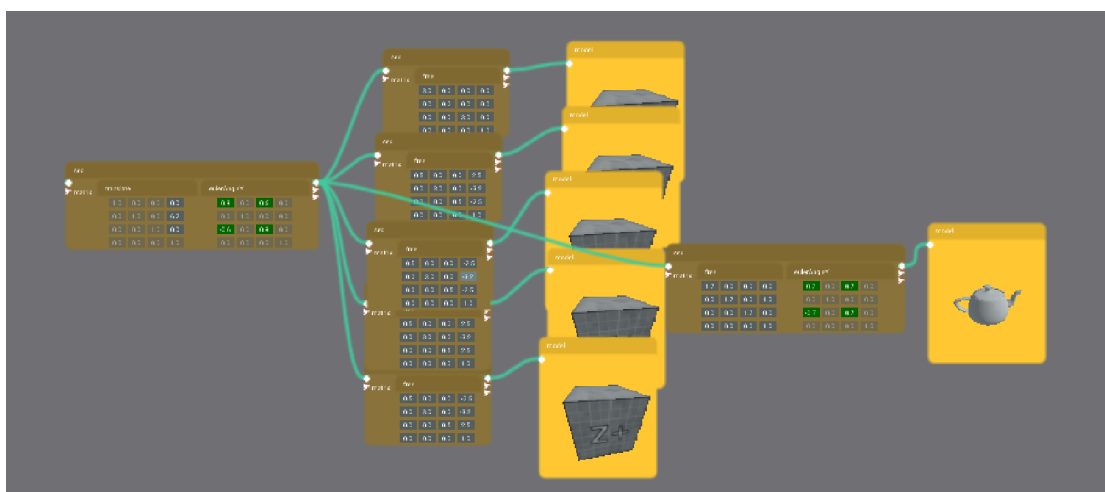


Obrázek 6.14: Výsledný model cvičení stavby stolu

Cvičení začíná přidáním bloku kostky, který musí uživatel transformovat do podoby desky stolu. K desce je nutné dodat čtyři nohy a na desku stolu přidat čajovou konvici. Tím se z modelu stane stůl, ten však musí uživatel přesunout tak, aby stál na ploše $y = 0$.

Uživatel tak má dvě možnosti - přesunout každý model zvlášť nebo využít větvení bloků. Pokud zvolí první postup, bude mu řešení trvat déle, ale procvičí si manipulaci s hodnotami matic. Pokud zvolí druhý postup procvičí si posloupnost transformací a větvení. Obě cesty tedy vedou k poučení.

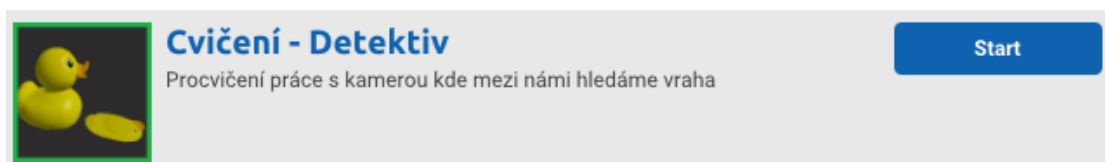
Na konci cvičení je uživateli odkryto řešení (viz obrázek 6.15), které minimalizuje množství matic ve scéně. Uživatel tak může porovnat své řešení se snímkem obrazovky v lekcí a pozorovat případné rozdíly.



Obrázek 6.15: Finální topologie scény se stolem

Cvičení bylo testováno šesti studenty, kteří program testovali již prvním uživatelském testu (v kapitole 4). Cílem testů bylo připomenout, jak se s programem pracuje a získat od studenta odpověď na dotazník se SUS testem (viz kapitola 5.6). Studenti cvičení vypracovávali samostatně na vlastních počítačích a společně s dotazníkem odevzdávali snímek obrazovky, který ukazoval výsledek jejich práce. Cvičení mělo kladný ohlas a všichni studenti úkol splnili.

6.5.2 Manipulace s kamerou - Detektivní scéna



Obrázek 6.16: Náhled na detektivní cvičení v úvodním okně

Druhé cvičení trénuje práci s kamerou a jejími maticemi, navazuje tedy na čtvrtý tutoriál. Cvičení je tematicky zaměřené na scénu zločinu, ve které musí uživatel zachytit několik snímků pomocí kamery. Jako zachycení snímku se ve cvičení počítá upravení matic kamery tak, aby kamera zaznamenala stejný pohled, jako je na obrázku v tutoriálu (například obrázek 6.17).

Podobně jako u prvního cvičení se po spuštění tutoriálu načte scéna, která obsahuje objekty potřebné k práci se cvičením. Mezi objekty v načtené scéně patří kamera s vloženými maticemi a dům se dvěma modely gumových kačenek.

Uživatel načtené kameře upravuje její frustum a transformuje ji tak, aby se náhled kamery podobal obrázkům ve cvičení. K tomu je potřeba správná manipulace s maticí lookAt, která slouží k nastavení středu záběru a pozice kamery. Také musí upravovat projekční matici kamery, které ovlivňuje velikost frusta (výseče) kamery. Pomocí manipulace frusta uživatel nahlédne na model gumové kačenky skrz překážku nebo si model přiblíží zúžením výseče.



Obrázek 6.17: Příklad pohledu, který musí uživatel replikovat pomocí kamery

Cvičení vyústí v humorné dostihnutí „pachatele“ a uživateli předá cenné vědomosti ohledně práce s kamerou.

Druhé cvičení testováno nebylo. Důvodem bylo jeho zaměření na práci s kamerou, pro kterou v době SUS testu nebyl dokončený tutoriál (zmíněný v kapitole 6.2). Uživatelé by tak nevěděli, jak s kamerou pracovat, a cvičení by neplnilo účel opakování.

■ 6.6 Závěr implementace

Do programu bylo dodáno pět nových lekcí, celkový počet lekcí v programu je tedy osm. Programové tutoriály tak pokrývají všechny doposud implementované funkcionality a tvoří kompletní úvod do práce s programem. K výukovým tutoriálům byla dodána i dvě cvičení, která pokročilým uživatelům umožňují ověřovat jejich znalosti grafiky a programu I3T.

Pro tvorbu tutoriálů byla využita zpětná vazba z testování. Tvorba lekcí byla inspirovaná zdokonalenými úvodními tutoriály, které byly upraveny metodou UCD. Jeden z nových tutoriálů byl dále testován samostatně v rámci SUS testu, ve kterém obdržel kladné hodnocení.

Kapitola 7

Diskuse

Kapitola diskuse obsahuje doporučení pro další vývoj programu. Diskutovaným obsahem budou pomůcky, pomocí kterých bude možné program a tutoriály dále vylepšovat. Dále bylo porovnáno využití vestavěných lekcí oproti jiným formám výukových materiálů. Posledním tématem jsou specifikace pro tvorbu manuálu programu.

7.1 Pomůcky pro zlepšení kvality výukových materiálů

Animované obrázky formátu .gif (také GIFy) jsou zmíněny v zadání práce jako jeden z možných způsobů zlepšení uživatelského rozhraní a v rešerši grafických postupů bylo zmíněno, že se vyskytují v manuálu programu Maya (viz kapitola 4.2.3), kde slouží jako ukázka nových funkcí programu. Animované obrázky se využívají primárně k názorné ukázce sekvencí akcí - GIFy by tedy byly užitečné, jsou však i situace, ve kterých by mohly zřetelnosti programu škodit.

Pokud chceme zobrazit složitou sekvenci akcí, využívat .gif by mohlo být nevýhodné - hrozí, že uživatel nepochopí všechny dílčí kroky sekvence akcí a bude muset animovaný obrázek opakovaně zastavovat, dokud ho nezastaví na potřebném snímku (pokud je implementováno zastavování GIFů). Kvůli tomuto problému je s GIFy nutné zacházet opatrně a důkladně zvažovat, kdy jsou vhodné.

Pro budoucí manuál programu I3T by animované obrázky dávaly smysl - mohly by ukázat průběh funkce tracking nebo demonstrovat nové funkcionality programu. Pro tutoriály však vhodné nejsou, pro lekce je lepší

V budoucí práci bude také možné využít skriptování. Skriptování je plánovanou funkcionalitou programu, která má za úkol přidat do programu způsob, jak s programem pracovat pomocí konzole, což umožní volat funkce programu i z tutoriálového okna. Do lekcí by tak bylo možné přidat tlačítka, která spustí kontrolu výsledku nebo přidají do scény náhled řešení, což by výrazně zjednodušilo práci s tutoriály a dodalo lepší způsob kontroly výsledků.

V dalším vývoji tutoriálů budou důležité i manipulátory, které zpracovává ve své práci Daniel Rakušan. Ty jsou dalším plánovaným zlepšením programu a umožní uživateli pracovat s transformacemi snadněji a výrazně urychlí interakci s programem. Dávají uživateli možnost manipulovat s objekty přímo v náhledu scény, čímž obchází potřebu manipulace hodnot matic.

Manipulátory jsou jednoduché a intuitivní, pro účely programu je však přímá manipulace s maticemi důležitá a slouží jako výuka hodnot matic a důsledků jejich změn.

Manipulátory je proto nutné zahrnout do pokročilých prostředků manipulace s programem.

■ 7.2 Vestavěné lekce programu

Jak bylo zjištěno v kapitole rešerše (kap. 4 Rešerše) vestavěné lekce se vyskytují pouze v jednom posuzovaném programu, konkrétně v programu Solidworks. V případě programu I3T jsou však vestavěné lekce potřebné, protože se jedná o výukový program. Výukové programy, které mají předem připravené výukové scénáře (v případě I3T tutoriály), mohou díky vestavěným lekcím využívat funkcí programu. Příkladem funkcí je načtení scény, ukázka nápovědy nebo kontrola výsledku práce uživatele. Tato úroveň interaktivity by bez integrovaných tutoriálů nebyla možná - jsou tedy důležitou součástí I3T.

■ 7.3 Manuál programu I3T

Pro vydání plnohodnotné verzi programu bude nutné zpracovat i programový manuál, který bude sloužit jako dokumentace programu. Manuál by měl splňovat standardy stanovené v rešerši manuálů (viz kapitola 4):

- Měl by být uložen na stránkách programu.
- Měl by být členěn na kapitoly.
- Měl by obsahovat navigační menu.
- Měl by popisovat všechny funkcionality programu.
- Měl by obsahovat obrázky.
- Měl by být dělen na verze programu.
- Program by měl odkazovat na manuál pomocí záložky Help.

V rámci tvorby manuálu by mohla vzniknout i výuková videa, která shrnují obsahy kapitol, případně prochází tutoriály, a tím slouží jako alternativa k manuálu.



Kapitola 8

Závěr

Bakalářská práce se zabývala úpravou úvodních tutoriálů a vývojem nových pokročilých tutoriálů pro program I3T. K úpravě tutoriálů byly využity znalosti z rešerše grafických a výukových postupů využívaných v soudobých programech a rešerše literatury. Během práce byly provedeno uživatelské testování, které zkoumalo nedostatky úvodních tutoriálů a rozhraní programu, které byly iterativně upravovány pomocí metody UCD. Rozhraní programu a obsah tutoriálových lekcí byl zdokonalen a sloužil jako základ pro vývoj pěti nových pokročilých lekcí.

Pokročilé lekce se zabývají představením nových funkcionalit uživateli, doplňují pokročilé znalosti o programu a slouží jako procvičení znalostí nabytých během práce s programem. Tím pokrývají veškeré funkcionality programu a slouží tak jako kompletní úvod do programu I3T.

Program byl na závěr práce testován System Usability Scale testem a dosáhl průměrného hodnocení 79.6 bodů ze 100 celkových bodů, což je kladné hodnocení.



Literatura

- [1] Petr Felkel, Alejandra Magana, Michal Folta, Alexa Gabrielle Sears, Bedrich Benes I3T: Using Interactive Computer Graphics to Teach Geometric Transformations. Eurographics Education Papers 2018, <http://www.i3t-tool.org/>
- [2] Steve Krug. 2014. Don't Make Me Think, Revisited: A Common Sense Approach to Web Usability (3rd. ed.). New Riders Publishing, USA.
- [3] John Karat, Michael E. Atwood, Susan M. Dray, Martin Rantzer, and Dennis R. Wixon. 1996. User centered design: quality or quackery? In Conference Companion on Human Factors in Computing Systems (CHI '96). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 161–162. <https://doi.org/10.1145/257089.257232>
- [4] Andreea I. Niculescu. 2021. Brief Considerations on the Phenomenon of Humor in HCI. In Asian CHI Symposium 2021 (Asian CHI Symposium 2021). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 152–156. <https://doi.org/10.1145/3429360.3468201>
- [5] Miroslav Müller. 2021. Tutoriály pro nástroj na výuku geometrických transformací. <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/96718>
- [6] Michal Folta. 2016. Systém na výuku transformací. <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/64836>
- [7] Lukáš Pilka. 2018. Grafické návrhy rozhraní pro nástroj I3T.
- [8] Vít Zadina. 2020. Testování užitečnosti nástroje pro výuku transformací. <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/83400>
- [9] Filip Uhlík. 2020. Logovací systém pro nástroj na výuku transformací I3T. <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/87647>
- [10] Martin Herich. 2021. Restrukturalizace interaktivního nástroje pro výuku transformací I3T a reimplementace grafického rozhraní pomocí knihovny Dear ImGui. <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/96746>
- [11] Jaroslav Holeček. 2023. Adaptivní učení v softwarovém nástroji I3T pro výuku geometrických transformací. <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/107077>

- [12] James R. Lewis and Jeff Sauro. 2018. Item benchmarks for the system usability scale. *J. Usability Studies* 13, 3 (May 2018), 158–167.

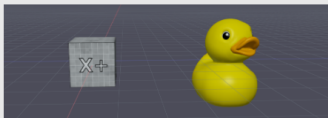
Příloha - Tutoriál

4. Kamera a projekce

Kamera, akce!

Vítej v **kamerovém** tutoriálu. Tentokrát si ukážeme, jak pracovat s **kamerami** v 3D prostoru.

Taky se dozvíš něco o **view** a **projekčních** maticích.



Do scény se ti načelto několik **objektů**, které budeme kamerou zachycovat!


1/16

< Start Menu Next >

4. Kamera a projekce

Blok kamery

Přidej do scény kameru



Kamera je unikátní - má v sobě dvě **sekvence**:

- **Projection** - pouzdro pro matici **projekce**
- **View** - pouzdro pro matici **lookAt**

Má tři **výstupy**:

- - výstup pro **obrazovku** (screen)
- - výstup pro **zkopírování** výsledné matice
- - výstup pro **násobení** kamerovými maticemi

My budeme využívat hlavně **první** výstup, napojením **screen** u totiž uvidíme to, co vidí **kamera**.

2/16

< Back Next >

4. Kamera a projekce

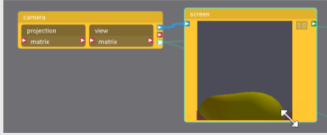
Screen

Abychom se mohli podívat, co naše **kamera** vidí, musíme si do **workspace** přidat i **screen**.

Přidej do workspace blok screen

Propoj screen a kameru

Velikost **screenu** můžeš upravit tažením za **červené rohy** obrazovky.



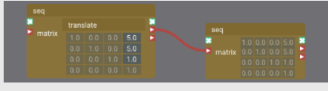
3/16

< Back Next >

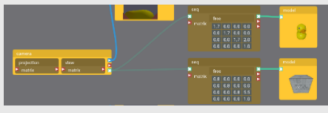
4. Kamera a projekce

Ostatní výstupy kamery

Druhý výstup **kamery** funguje podobně jako v **sekvenci** - slouží k předání hodnoty **výsledné matice**



Třetí výstup **kamery** se sám propojuje se všemi **modely** nebo **sekvencemi**



Zelený drát znázorňuje násobení všech modelů maticemi **projection** a **view** - tak jako v **OpenGL**.

```
PVMmatrix = projection * view * model;
```

4/16

< Back Next >

4. Kamera a projekce

View

View matice nám říká, **kde** bude naše kamera ležet a **jak** bude natočená. Používáme pro to speciální matici **LookAt**

Přidej si do workspace lookAt matici (transformations/lookAt)

Matice **lookAt** se vytváří ze tří trojrozměrných vektorů:

- **eye vector** - souřadnice kamery
- **center vector** - souřadnice středu pohledu
- **up vector** - vektor orientace kamery (kde je nahoru)

	eye	center	up
X	0.0	0.0	0.0
Y	0.0	0.0	1.0
Z	1.0	0.0	0.0

Problém: matice **nevypadá** jako na obrázku, nemůžeme v ní **měnit hodnoty**

5/16

< Back Next >

4. Kamera a projekce

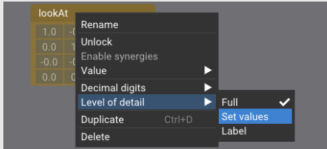
Level Of Detail

Pokud si chceme **zjednodušit manipulaci** s maticemi, můžeme využít **Level Of Detail**:

- **Full** = plný detail, vidíme **všechno**
- **Label** = pouze **jméno**, zbytek je **schovaný**
- **Set values** = pouze **měnitelné hodnoty**, nastavitelné jen u matic

Detail bloku nastavíme přes kontextové menu

Nastav lookAt matici "Set values" úroveň detailu



V našem případě budeme používat hlavně možnost **Set values**.

6/16

< Back Next >

4. Kamera a projekce

Příprava lookAt

- Vlož lookAt do View části bloku Kamery



Vidíme, že se nám kamera posunula pryč ze středu scény



K lookAt se ještě vrátíme, teď ale potřebujeme projekci.

7/16

< Back Next

4. Kamera a projekce

Projekční matice

Projekce nám umožňuje zobrazovat 3D objekty ve 2D.

Projekční matice ovlivňuje, jak vypadá frustum kamery (frustum je objem, který kamera "vidí").

Existují dva základní typy projekcí:

- rovnoběžná (paralelní) projekce - "plochý" (kolmý) pohled
- perspektivní projekce - "realistický" pohled



Orthographic projection (O) Perspective projection (P)

8/16

< Back Next

4. Kamera a projekce

Rovnoběžná projekce

Rovnoběžná projekce představuje kolmý pohled na scénu, kvůli tomu má frustum tvar hranolu.

- Přidej do workspace matici Rovnoběžné projekce (transformations/projections)

Při rovnoběžné projekci neovlivňuje vzdálenost objektů od kamery jejich velikost.



Orthographic projection (O)

Rovnoběžná projekce je důležitá při modelování objektů, můžeme se s ní podívat na profil našeho objektu.

9/16

< Back Next

4. Kamera a projekce

Parametry rovnoběžné projekce

- Nastav si u projekce úroveň detailu "Set value"



Hodnoty nastavují hranice frustum matice:

- left/right/top/bottom - levá/pravá/vrchní/spodní hranice frusta
- near/far - kde frustum začíná a kde končí

Hodnoty left/right a bottom/top jsou původně propojené ale můžeme si je pomocí "disable synergies" odemknout.

10/16

< Back Next

4. Kamera a projekce

Pohled s rovnoběžnou projekcí

- Vlož rovnoběžnou projekci do kamery



Ve screenu vidíme profil naší scény - vidíme kačenku i blok.

- Vyzkoušej si práci s frustrem kamery. Uprav projekci tak, aby kačenka nebyla vidět

Tip

Když jsi si vyzkoušel/a práci s frustrem, můžeš pokračovat na perspektivní projekci.

11/16

< Back Next

4. Kamera a projekce

Perspektivní projekce

Perspektivní projekce funguje podobně jako naše oči - objekty se se vzdáleností zmenšují.

- Přidej do workspace matici perspektivní projekce



Perspective projection (P)

Frustum perspektivní projekce vychází z jednoho bodu (kamery nebo oka) a má tvar komolého jehlanu.

Perspektivní projekci použijeme kdykoliv, kdy nepoužíváme rovnoběžnou projekci (skoro vždy)

12/16

< Back Next

4. Kamera a projekce

Parametry perspektivní projekce

- Nastav si perspektivní projekci na úroveň detailu "Set value"

perspective	
fovy	1.2
aspect	1.3
near	1.0
far	10.0

Matice má tyto parametry:

- fovy** - jak "široký" je frustum
- aspect** - poměr stran frusta
- near** - kde frustum začíná
- far** - kde frustum končí

Perspektivní projekce se stěnami frusta manipuluje rovnoměrně.

Pro nerovnoměrnou manipulaci můžeme přidat matici "frustum".

13/16

< Back Next

4. Kamera a projekce

Pohled na scénu s perspektivní projekcí

- Vyměň v kameře rovnoběžnou projekci za perspektivní projekci



Kachničku nevidíme, i když je ožividně ve frustu. Kostka ji totiž blokuje!

14/16

< Back Next

4. Kamera a projekce

lookAt kačenka

- Uprav matici lookAt tak, aby byla kačenka zaměřená kamerou

Tip

To nám zajistí, že se kamera bude koukat vždy na kačenku.

- Posuň kameru tak, abychom kačenku viděli

Tip




Tady je! Hodnoty projekce i lookAt si dál můžeš upravovat a zkoušet další práci s kamerou.

15/16

< Back Next

4. Kamera a projekce

Klapka!



Co jsme si ukázali:

- jak pracovat s kamerou
- druhy projekce
- lookAt matici

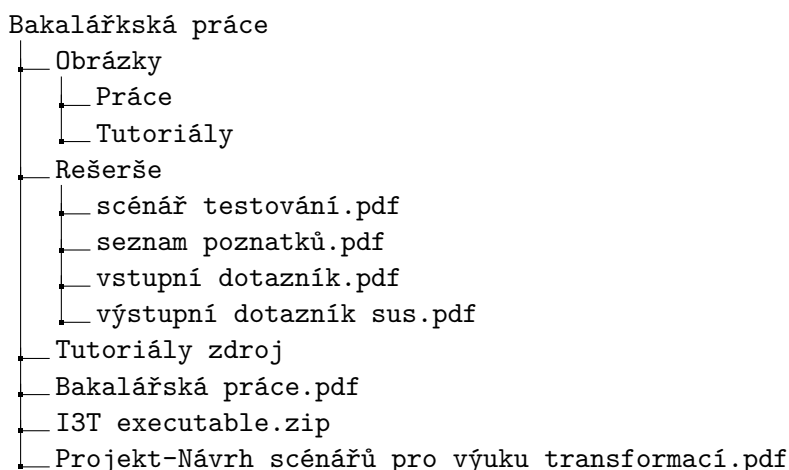
Klikni na **Finish** ↵ pro návrat do úvodního okna.

16/16

< Back Finish

Příložené paměťové zařízení

Na disku přiloženém k práci se nachází veškeré materiály využitě během práce. Ty jsou vyobrazeny na diagramu níže:



Adresář **Obrázky** obsahuje obrázky využitě v této práci (složka **Obrázky//Práce**) a snímky všech nově vytvořených tutoriálů (složka **Obrázky//Tutoriály**).

Ve složce **Rešerše** se nachází výsledky všech dotazníků provedených během práce (**vstupní dotazník.pdf** a **výstupní dotazník sus.pdf**), scénář, podle kterého probíhaly individuální testy (**scénář testování.pdf**) a seznam všech odhalených nedostatků (**seznam poznatků z testování.pdf**).

Složka **Tutoriály-zdroj** obsahuje zdrojový kód tutoriálů v jazyce Markdown, společně se všemi obrázky, které se v lekcích objevují.

Soubor **Bakalářská práce.pdf** obsahuje digitální verzi práce.

Archiv **I3T - EXE.zip** obsahuje spustitelnou verzi programu. Tu je možné spustit po extrahování archivu a spuštění programu pomocí souboru **I3T.exe**, který se nachází na relativní adrese **I3T - EXE//Release//I3T.exe**.

Soubor **Projekt-Návrh scénářů pro výuku transformací.pdf** obsahuje autorovu samostatnou práci na téma „Návrh scénářů pro výuku transformací s podporou I3T“.