

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická
Katedra počítačové grafiky a interakce



Zkvalitnění výuky předmětu PGR

Diplomová práce

Štěpán Machovský

Vedoucí: Ing. Jakub Hendrich

20. května 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Machovský** Jméno: **Štěpán** Osobní číslo: **474661**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra počítačové grafiky a interakce**
Studijní program: **Otevřená informatika**
Specializace: **Počítačová grafika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Zkvalitnění výuky předmětu PGR

Název diplomové práce anglicky:

Pokyny pro vypracování:

Prozkoumejte formalizované přístupy k výuce, jako je framework ICAP, Flipped Learning a Bloomova taxonomie. Uvažte jejich vhodnost pro použití ve výuce předmětu PGR na Katedře počítačové grafiky a interakce FEL ČVUT. V duchu zvoleného přístupu navrhnete a implementujete konkrétní úpravy způsobu výuky jedné problematické části předmětu. V následném uživatelském výzkumu určete přínos a případné slabé stránky nově zavedeného způsobu výuky.

Seznam doporučené literatury:

Chi M. T. H., Wylie R.: The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. Educational Psychologist 49, 4 (2014), 219-243.
Talbert R.: Flipped Learning: A Guide for Higher Education Faculty. Stylus Publishing, 2017, ISBN 9781620364345.
Bloom B.S., Krathwohl D.R., Masia B.B.: Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. D. McKay, 1956, ISBN 9780582323865.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jakub Hendrich Katedra počítačové grafiky a interakce

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

Datum zadání diplomové práce: **03.02.2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **20.05.2022**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2023**

Ing. Jakub Hendrich
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu práce, Ing. Jakubu Hendrichovi, za vedení práce a časté a věcné připomínky k této práci. Také bych chtěl poděkovat Ing. Petru Felkelovi, Ph.D, který mne vyzval k výzkumu předmětu, jehož je garantem, za pomoc při zpracování této práce. Rád bych také poděkoval Ing. Radku Chylovi za to, že mi byl oporou. Dále bych rád poděkoval své přítelkyni, Magdaléně za to, že se mnou vydržela, když se mnou bylo k nevydržení. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za podporu a zázemí.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a všechny citace a prameny řádně vyznačil v textu. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v přiloženém seznamu literatury.

V Praze 20. května 2022

Abstrakt

Tématem mé práce je výzkum stavu předmětu PGR (Počítačová grafika) na FEL ČVUT a následný návrh změn pro tento předmět. Cílem práce je zkvalitnění výuky předmětu PGR, který je hlavním předmětem bakalářského studia pro budoucí počítačové grafiky.

Pro zkvalitnění této výuky je nutné vycházet ze zpětné vazby studentů. Těžištěm této práce je proto sběr zpětné vazby studentů a její následné zapracování do změn výuky.

V práci je shrnut výzkum stavu předmětu zahrnující devět rozhovorů a následný kvantifikační dotazník. Na tento výzkum poté navazují konkrétními změnami ve výuce předmětu PGR provedenými společně s garantem předmětu. Mezi ně například patří vytváření nových slidů na cvičení, zavedení párového programování, rozesílání motivačních emailů či implementace dvou nových cvičení.

Pro hodnocení a ladění těchto změn jsem během semestru provedl výzkum dalšími šesti rozhovory a třemi kvantifikačními dotazníky. Na tento výzkum následně navazují návrhem dalších kroků pro tento předmět, mezi něž patří například nutnost zavedení automatického hodnocení domácích úkolů v BRUTE.

Klíčová slova:

UX, Flipped Learning, Výuka na vysoké škole, Programování grafiky, Sběr zpětné vazby

Abstract

The topic of this thesis is research on the state of the PGR (Computer graphics) course at FEE CTU and subsequent changes proposals for this course. The work aims to improve the teaching of PGR, which is the main course of bachelor study for future computer graphics students.

It is necessary to proceed from students' feedback to improve the teaching. Therefore, the focus of this work is to collect feedback from students and the following incorporation into changes in teaching. Based on the collected feedback, a research summarization consisting of the current course's state, nine interviews, and a subsequent quantification questionnaire is included.

Research evaluation introduced specific changes in the teaching of PGR course, which are then consulted with the course's guarantor. Among those changes is, for example, the production of new slides for exercises, the introduction of pair-programming, sending motivational emails, or the implementation of two new exercises.

Additional research consisting of six interviews and three quantification questionnaires was performed to evaluate and fine-tune these changes. Finally, a proposal for future improvements for this course, such as the need to introduce an automatic assessment of homework in BRUTE, is then discussed.

Keywords:

UX, Flipped Learning, University Teaching, Computer Graphics, Feedback Collection

Obsah

Seznam obrázků	v
Seznam tabulek	vii
1 Úvod	1
2 Teoretické přístupy k výuce	3
2.1 Klasická výuka a Flipped Learning	4
2.2 ICAP	5
2.3 Bloomova taxonomie	7
2.4 Problémově orientované vyučování	8
3 Aplikace UX při výuce předmětu	11
3.1 Role výzkumu při výuce na vysoké škole	11
3.2 Proč není anketa dostatečná zpětná vazba?	12
3.3 Rozhovory jako základ výzkumu	13
3.4 Guerilla výzkum a jeho využití	14
4 Výzkum stavu předmětu	17
4.1 Anketa	18
4.2 První dotazník	18
4.3 Rozhovory	19

4.4	Interpretace dat z Rozhovorů	20
4.5	Dotazník	29
4.5.1	Interpretace dat	30
4.6	Možná zkreslení výzkumu	33
5	Realizované změny ve výuce předmětu	37
5.1	Kompetence a pravomoci	38
5.2	Motivační email	38
5.3	Přednášky	40
5.4	Cvičení	41
5.4.1	Párové programování	42
5.4.2	Cvičení na kostru práce	43
5.4.3	Cvičení na vývoj hry Asteroidy	43
5.5	Nová cvičení	48
5.5.1	Cvičení na transformace	48
5.5.2	Cvičení na ladění kódu	49
5.6	Výzkum dopadů změn ve výuce	56
5.6.1	One-minute test	56
5.6.2	Rozhovory	58
6	Aplikace Flipped Learning ve výuce předmětu	63
6.1	Sedmero Flipped Learningu - prakticky	63
6.1.1	První krok - generování výukových cílů	63
6.1.2	Druhý krok - seřazení výukových cílů	64
6.1.3	Třetí krok - návrh skupinové aktivity	65
6.1.4	Čtvrtý krok - rozdělení výukových cílů	66
6.1.5	Pátý krok - dokončení společné aktivity	66

6.1.6	Šestý krok - vytvoření individuální aktivity	68
6.1.7	Sedmý krok - vytvoření post-společných aktivit	68
6.2	Výzkum dopadu Flipped Learning na výuku	69
6.2.1	One-minute test	69
6.2.2	Rozhovor	70
7	Úskalí změn výuky předmětu	75
7.1	Časová dotace	75
7.2	Aplikace Flipped Learning	76
7.3	Zasazení do výukového plánu	77
7.4	OpenGL a jeho limitace	77
8	Další kroky	79
8.1	Cvičení	79
8.1.1	Cvičení - implementační	81
8.1.2	Cvičení - praktika	82
8.2	Přednášky	83
8.3	Práce na doma	83
8.3.1	Semestrální práce	84
8.3.2	Domácí úkoly	84
8.3.3	BRUTE pro OpenGL	85
8.3.4	Motivační email	87
8.4	Předměty bakalářského studia OI - grafika	88
8.5	Navazující výzkum	89
8.5.1	Anketa	89
8.5.2	Rozhovory	90
9	Závěr	91

A Výzkumná data	95
B Výukové materiály	97

Seznam obrázků

2.1	Kresba ukazující „klasické“ rozdělení kompetencí ve společném a individuálním časoprostoru.	4
2.2	Kresba ukazující převrácení rozdělení kompetencí ve společném a individuálním časoprostoru.	5
4.1	Preference počtu slidů na přednášce u studentů předmětu PGR.	31
4.2	Názor studentů na význam slidů na přednáškách.	32
4.3	Preference studentů ohledně výukových materiálů.	32
4.4	Otázka ohledně akademického roku.	35
5.1	Ukázka zpětné vazby přednášejícího studentům reagující na one-minute test.	41
5.2	Upravený slide vysvětlující geometrii horní poloviny UFO objektu ve výukové aplikaci.	44
5.3	Screenshot výsledné aplikace na konci čtvrtého cvičení Asteroidů.	46
5.4	Ukázka z prezentace dodávané k pátému cvičení na asteroidy	47
5.5	Poznámky k výuce transformací.	49
5.6	Ukázka kódu ze semestrálních prací studentů.	50
5.7	Slide z prezentace vysvětlující chyby v kódu.	51
5.8	Slide z prezentace vysvětlující chyby v kódu.	51
5.9	Slide z prezentace vysvětlující chyby v kódu.	52
5.10	Ukázka kódu z programu zaměřeného na práci s buffery. . . .	53

5.11	Slide z prezentace řešení cvičení na ladění kódu - textury. . .	54
5.12	Ukázka kódu z druhého programu zaměřeného na textury. . .	54
5.13	Slide z prezentace řešení cvičení na ladění kódu - světla. . . .	55
5.14	Ukázka kódu z prvního programu zaměřeného na práci se světly.	56
6.1	Porovnání grafik staré a nové prezentace.	65
6.2	Porovnání prezentací na cvičení.	67
8.1	Ukázka BRUTE skriptu z předmětu APG	85
8.2	Obrázek s jedním možným přístupem k domácím úkolům. . .	86

Seznam tabulek

4.1	Vybrané otázky z Ankety využívané v předmětu PGR ke sběru zpětné vazby.	18
4.2	Hypotézy z rozhovorů, které jsem provedl na určení stavu předmětu PGR.	28
4.3	Vybrané otázky z dotazníku navazujícího na hypotézy z rozhovorů viz tabulka 4.4.	30
5.1	Otázky z One-minute testu pro cvičení zaměřené na transformace.	57
5.2	Otázky z One-minute testu pro cvičení zaměřené na ladění kódu.	57
6.1	Seznam otázek v One-minute testu zaměřeném na výzkum dopadu Flipped Learning.	69
8.1	Aktuální plán probíraných témat na přednáškách a cvičení. . .	80
8.2	Nově navrhovaný výukový plán minimalizující prodlevy mezi přednáškou a cvičením.	80
8.3	Nejdůležitější hypotézy vygenerované během semestru.	89
8.4	Výběr otázek z nové ankety, která ověřuje konkrétní hypotézy.	90

Kapitola 1

Úvod

V této diplomové práci se věnuji zkvalitňování výuky předmětu Programování grafiky (dále jako PGR). Tento předmět jsem si zvolil na základě svých osobních zkušeností. Během studia navazujícího magisterského programu se specializací na počítačovou grafiku jsem pochopil, jak důležitý tento předmět opravdu je.

Domníval jsem se, že změna, kterou do PGR touto prací přinesu, bude implementace výukového nástroje, jak tomu bylo u mé bakalářské práce pro předmět HRY. Nicméně když jsem začal zjišťovat, se kterou částí předmětu mají studenti největší problém, tak jsem si uvědomil, že anketa, ze které jsem tyto informace čerpal, pro to není vhodná. Bylo to tím, že se neptá přímo na otázku, se kterou částí mají studenti problém, ale pouze která přednáška, cvičení či úkol jim přišly nejméně srozumitelné

Na tomto základě mi garant předmětu Ing. Petr Felkel, Ph.D. doporučil kontaktovat Mgr. Jakuba France, Ph.D. a konzultovat s ním, jak bych mohl tuto anketu přizpůsobit tak, aby od studentů zjišťovala užitečné informace.

Na základě konzultace s dr. Francem jsem namísto změn ankety provedl rozhovor s devíti studenty, ze kterého jsem poté čerpal podklady pro změny implementované do výuky. Těmito rozhovory jsem zjistil, že studenti nepotřebují jednu velkou změnu, ale spíše sérii menších, jako například méně slidů na přednáškách, kostru semestrální práce či srozumitelnější podklady na cvičení.

Vyučující předmětu PGR se neustále tento předmět snaží zlepšovat, což lze vidět například v tom, že každý rok upravují materiály tohoto předmětu. Nicméně jim chyběla detailnější zpětná vazba od studentů, což komplikovalo tyto postupné iterace. Na tomto základě jsem provedl rozsáhlý výzkum stavu tohoto předmětu, který poté posloužil vyučujícím jako základ pro další iteraci nad tímto předmětem.

.....

Tento výzkum spočíval v provedení devíti rozhovorů s bývalými studenty PGR. V těch jsem detekoval nejdůležitější problémy studentů a na jejich základě jsem vytvořil šest hypotéz. Poté jsem tyto hypotézy kvantifikoval dotazníkem. Na základě tohoto výzkumu a společné domluvy jsme se s garantem předmětu rozhodli implementovat do předmětu Flipped Learning.

Pro lepší pochopení, jak Flipped Learning funguje v praxi, jsem se domluvil s doc. Ing. Zdeňkem Hurákem, Ph.D., který velmi laskavě svolil, abych mohl navštívit jeho předmět Optimální a robustní řízení, do kterého již od roku 2014 zavádí tento přístup k výuce. Na základě těchto následků a teoretických přístupů k výuce jsem pro studenty v rámci změn výuky připravil patnáctiminutovou ukázkou praktického využití transformací v počítačové grafice a cvičení na vyzkoušení ladění C++ a glsl kódu. Jako jednu z hlavních změn, která tato spolupráce do předmětu přinesla, vnímám zavedení motivačního emailu, dle kterého se měli studenti připravovat na další týden. Do něj jsem garantovi předmětu na základě zpětné vazby od studentů dohledával výukové materiály, například naučná videa. Dále jsem pro studenty připravoval dva typy prezentací, a to pro domácí přípravu na cvičení a návodnou prezentaci na toto cvičení.

Následující stránky detailněji popisují teoretický základ a způsob aplikace jednotlivých změn v předmětu PRG. V první kapitole této práce popisují využití teoretické přístupy, jako například Flipped Learning nebo Bloomovu Taxonomii výukových cílů. Dále uvádím v kontext roli uživatelského výzkumu při výuce na vysoké škole a v praxi pak reflektuji důsledky tohoto výzkumu na změny v předmětu PGR. V předposlední kapitole poté nastiňuji úskalí, na která jsme s garantem předmětu během zavádění těchto změn narazili. Na závěr jsem si dovolil nastínit několik dalších kroků, které jsou dle mého názoru klíčové pro budoucí úspěch předmětu PGR.

Kapitola 2

Teoretické přístupy k výuce

Pro pochopení změn ve výuce zde popisuji teoretické přístupy k ní, které jsem během celého procesu využil. Nejdůležitějším teoretickým přístupem k výuce pro tuto práci je Flipped Learning, který jsme zvolili společně s garantem předmětu. Dospěli jsme totiž k tomu, že Flipped Learning může vyřešit některé z problémů, se kterými se PGR setkává, jako je například množství látky a její složitost.

Jako doplňkové přístupy k výuce jsem zvolil Bloomovu Taxonomii výukových cílů a framework ICAP. Bloomovu taxonomie velmi dobře pomáhá s klasifikací výukových cílů, které se generují v procesu „převrácení“ výuky. Frameworku ICAP jsem využíval jako jiný pohled na tuto klasifikaci, protože součástí tohoto frameworku je také zjednodušená taxonomie. Díky těmto dvěma pohledům na klasifikace jsem měl komplexnější pohled na náročnost jednotlivých výukových cílů. ICAP jsem také využil pro lepší určení fáze učení, ve kterých studenti jsou při mnou navrhovaných cvičeních, abych je mohl zapojit v dostatečné míře, ale nezahltit.

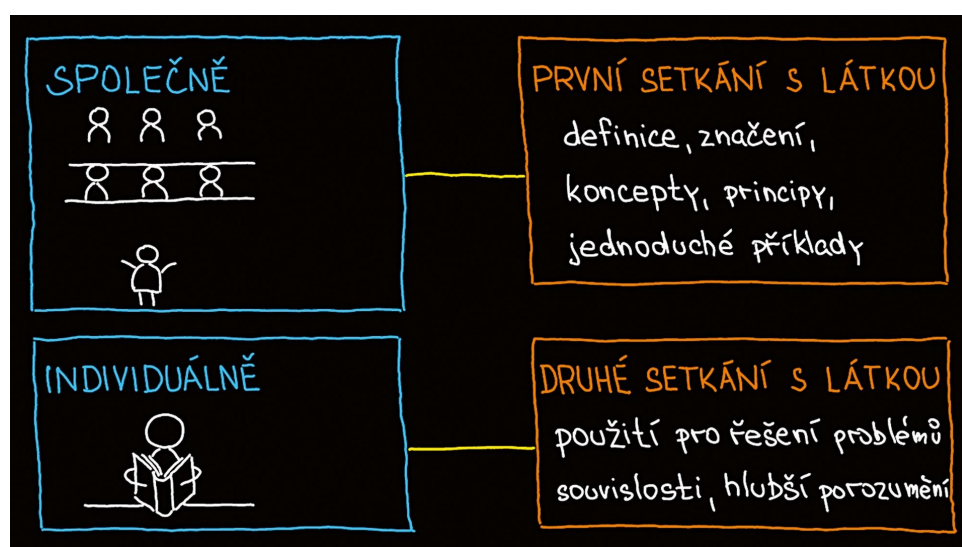
Dále jsem využíval teorii kognitivní zátěže. Tento přístup jsem využíval při navrhování nových cvičení, nicméně jsem jej nezapojil v plném rozsahu. Bylo to tím, že v některých ohledech jde teorie kognitivní zátěže proti myšlence ostatních teoretických přístupů, tudíž jsem často musel volit kompromis, který přístup bude mít jakou váhu. Tento problém jsem měl i u ostatních přístupů, nicméně u teorie kognitivní zátěže byl tento problém nejčastější.

V neposlední řadě jsem také využíval prvky Problémově orientovaného vyučování. Tento přístup jsem nejvíce využil při vytváření cvičení na transformace. Důvod byl ten, že jsem chtěl umocnit *aha-efekt*, který studenti zažijí při výuce, více v sekci 5.5.1, které o tomto cvičení pojednává.

2.1 Klasická výuka a Flipped Learning

Flipped Learning[20] je přístup k výuce, který má za cíl naučit studenty se samostatně učit a co nejefektivněji využít čas vyučujícího a studentů. Ten je dle optiky tohoto přístupu k výuce v aktuálním stavu školství využit velmi nevhodně.

Pro plnohodnotný popis Flipped Learning bych nejdříve rád nastínil, jak vypadá výuka „klasická“ (viz obrázek 2.1), kdy se zaměřím pouze na vysokoškolskou výuku omezenou na obory technické a přírodovědné[10]. Nejdříve však uvedu, že Flipped Learning kategorizuje výuku dle času a prostoru, ve kterém se odehrávají, na *společnou* a *individuální*.

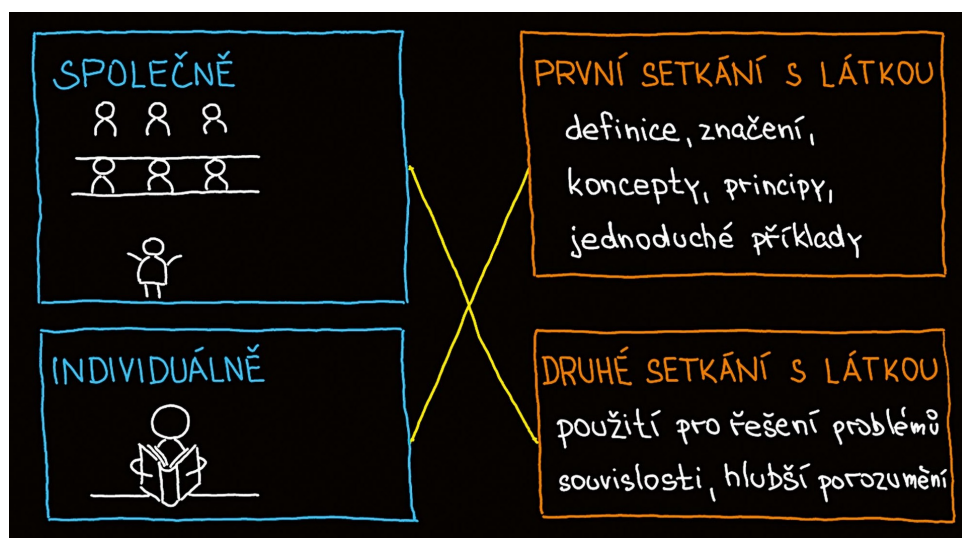


Obrázek 2.1: Kresba ukazující „klasické“ rozdělení kompetencí ve společném a individuálním časoprostoru. (autor: doc. Zdeněk Hurák)

„Klasická“ výuka začíná tím, že student přijde na přednášku, kde hodinu a půl poslouchá ve společnosti dalších studentů výklad od přednášejícího, experta v daném oboru. Tuto část budeme nazývat *společnou*, neboť je to část výuky, která se odehrává v přítomnosti ostatních spolužáků a vyučujícího. Během tohoto prvního setkání se studenti potkají s definicemi a značením, dále také poprvé slyší základní principy, vidí koncepty a mohou sledovat, jak přednášející řeší jednoduché, demonstrativní příklady. Kvůli náročnosti pochopit a vstřebat veškeré informace, kterými je v některých předmětech student „bombardován“, má dotazy pouze zlomek studentů. Tyto dotazy jsou však typicky upozornění na překlepy v rovnicích a prosby o zopakování.

Následně se na tuto přednášku zpravidla navazuje cvičením. Na tomto cvičení si většinou studenti prakticky vyzkouší látku, která byla na přednášce. Během tohoto cvičení se blíže seznamují s látkou, nicméně 90 minut cvičení většinou nedokáže pokrýt látku do dostatečné hloubky. Proto ve většině předmětů poté studenti doma dělají samostatně domácí úkoly a semestrální projekty. V těch demonstrují hlubší porozumění tématu a schopnosti použít

nové informace k řešení problémů. Tato část výuky se nazývá *individuální*, neboť na ní studenti individuálně uplatňují své znalosti.



Obrázek 2.2: Kresba ukazující převrácení rozdělení kompetencí ve společném a individuálním časoprostoru. (autor: doc. Zdeněk Hurák).

Tento „klasický“ model výuky však bere studentům během nejtěžší části výuky, tedy použití vědomostí z přednášek pro řešení problémů, možnost ad-hoc konzultovat své kroky s vyučujícím. Tento problém řeší Flipped Learning tím, že prohodí náležitosti *společné* a *individuální* výuky. To znamená, že studenti se nejdříve setkávají s látkou doma, kdy mají dostatek času si projít materiály, aby pochopili základní definice, značení a další základní vědomosti.

Díky této přípravě potom mohou studenti těžší část pochopení látky, tedy například její využití k řešení problémů či pochopení souvislostí, absolvovat společně s ostatními studenty a vyučujícím. To vede k tomu, že na cvičeních mohou studenti už pracovat na projektech a domácích úkolech. V některých případech část studentů zvládne tyto úkoly či projekty dodělat již na cvičení, pokud je však nestihnou dodělat, tak mají možnost konzultace s cvičícím, který je nasměruje, jak pokračovat doma. Tudíž čas, který studenti stráví přípravou dopředu, jim model Flipped Learning ušetří na samostatné práci doma. Ta může být pro studenty frustrující; obzvláště, pokud neví, jak pokračovat, a nemají možnost ad-hoc konzultace s vyučujícím, kterou Flipped Learning podporuje. Více o praktickém využití Flipped Learning v předmětu PGR popisují v kapitole 6.2.

2.2 ICAP

ICAP[4] je výukový framework, který je založen na myšlence, že se studenti učí lépe, pokud jsou do tohoto výukového procesu zapojeni aktivně. Pro lepší pochopení zapojení studentů při výuce rozděluje výuku do čtyř fází, kterými

studenti postupně procházejí při hlubším pochopení vykládané látky. Tyto módy jsou *pasivní*, *aktivní*, *konstruktivní* a *interaktivní*. Tyto módy na sebe plynule navazují a v některých případech tudíž není jednoduché určit, ve kterém módu se studenti nacházejí. Pro toto určení však má k sobě každý z těchto módů přiřazená akční slovesa, která tyto módy vystihují.

Pasivní

Prvním z módů, kterými si studenti procházejí, je mód *pasivní*. Tento mód je pojmenovaný na základě toho, že je pro něj charakteristické, že v něm studenti vstřebávají informace a myšlenky pasivně a nevytvářejí žádný vlastní výstup. Tento mód lze rozeznat dle toho, že studenti si pouze čtou knihy, dívají se na video či že pouze poslouchají přednášku bez toho, aniž by si vytvářeli jakékoliv vlastní poznámky či dělali jakoukoliv validaci přejímaných informací.

V rámci změn ve výuce předmětu PGR se pasivní mód učení přesunul na domácí přípravu. To jsme s garantem předmětu zajistili tím, že jsme studentům na každý týden posílali motivační email (viz sekce 5.2). Ten sloužil k tomu, aby se studenti pasivně seznámili s problematikou ve vlastním čase, mimo přednášky.

Aktivní

Druhý mód, *aktivní*, pracuje s tím, že studenti již neabsorbují informace pouze pasivně, ale aktivně se snaží extrahovat nejdůležitější myšlenky z předávaných informací. V této fázi si ale ještě nevytvářejí žádné reálné výstupy než pouze záznam informací, které dostávají. Pro *aktivní* mód je specifické, že studenti nad rámec pasivního přejímání informací využívají zvýrazňování důležitých bodů v knize, pozastavování a opětovného přehrávání videa či vytváření zápisků z přednášky.

Tento mód se při změnách v PGR projevil v pouze na přednáškách, kdy studenti již měli základní představu o probíraných pojmech, a tudíž mohli z přejímaných informací lépe extrahovat ty nejdůležitější. *Aktivní* mód se projevil u studentů, kteří se dopředu připravovali nad rámec motivačního emailu, už před přednáškou.

Konstruktivní

Konstruktivní mód je první mód s reálnými výstupy studentů, ačkoliv nejsou pro tento mód nezbytné. Je však nutné, aby studenti měli základní porozumění probírané látce a dělali si vlastní závěry o informacích, které přejímají. Studenti v tomto módu musí rozumět základním pojmům a musí být schopni

tyto pojmy vysvětlit. Některé z příkladů *konstruktivního* módu jsou kreslení myšlenkových map, vytváření grafů, ptaní se na otázky, psaní poznámek vlastními slovy a porovnávání látky s předchozími znalostmi či materiály.

Konstruktivní mód se ve změnách PGR projevil už na přednáškách, kdy se studenti ptali na otázky. Tohoto módu na přednáškách dosáhli z většiny pouze ti studenti, kteří dosáhli *aktivního* módu při přípravě na doma. Hlavní indikátor *konstruktivního* módu však byly výstupy studentů na cvičení, kdy se aktivně zapojovali do programování a prakticky využívali informace, které se doma a později na přednášce dozvěděli.

Interaktivní

Zatímco pro první tři módy je možné, aby jimi studenti prošli sami, tak pro poslední, *interaktivní*, je nutné, aby studenti měli s kým interagovat a vést konstruktivní debatu. Tento mód je založen na tom, že teprve při napadání cizích a obhajování vlastních názorů a pohledů na problematiku si studenti tento pohled upevní. Jeden z příkladů, jak může *interaktivní* mód vypadat, je to, že student bude v malé skupině obhajovat svůj názor, graf či myšlenkovou mapu. Dále se tento mód také projevuje konstruktivní odpovědí na otázky či hlubokou diskuzí se spolužáky.

V PGR jsem se snažil tento mód uplatnit tím, že jsem do cvičení zavedl párové programování. V něm studenti nevyhnutelně naráželi na to, že budou muset obhajovat své názory na to, jak by se daný kód měl implementovat. Toto samozřejmě ne vždy fungovalo, více o tom v kapitole 7. Studenti dosáhli tohoto módu pouze na cvičeních, a to pouze u některých dvojic, neboť ne všichni studenti jsou se spolužáky ochotni se konstruktivně bavit.

2.3 Bloomova taxonomie

Základem Bloomovy taxonomie[16], též nazývané taxonomie výchovných cílů, je šest vzdělávacích dovedností učení, které pomáhají vyučujícímu předat znalosti. Tyto dovednosti jsou: *Znalost*, *Pochopení*, *Aplikace*, *Analýza*, *Syntéza* a *Hodnocení*.

V ideálním případě by si dle Bloomovy taxonomie měli studenti projít všemi šesti dovednostmi s tím, že každá následující dovednost je závislá na předešlé. Hlavní přínos Bloomovy Taxonomie je ten, že má praktické příklady, jak poznat, které dovednosti již studenti mají a jak jim pomoci se posunout dál.

Historie Bloomovy taxonomie sahá do čtyřicátých let minulého století, kdy Benjamin Bloom se svými kolegy vytvořil taxonomii výukových cílů pro jejich jednodušší klasifikaci, vydaná však byla až v roce 1956. Poté byla padesát let nedotčená a během té doby pomohla řadě učitelů nalinkovat osnovu jejich předmětů, a to až do roku 2001, kdy Lorin Anderson, někdejší Bloomův student, přišel s revizí[2] této taxonomie. V této revizi zejména zaměnil podstatná jména popisující jednotlivé dovednosti za slovesa a prohodil poslední dvě dovednosti, tedy *Syntézu* a *Hodnocení*.

Bloomova taxonomie a Internet

Další změnou[5], kterou Bloomova taxonomie zaznamenala, je příchod internetu, kdy studenti změnili své postoje, chování a styl výuky obecně. Tyto změny velmi podstatně ovlivnily chápání Bloomovy taxonomie jako takové, protože nikdy nebyl jednodušší přístup k informacím nežli za poslední dvě dekády. Internet se stal jedním z nejefektivnějších, nejprístupnějších a nejpočetnějších přístupů k informacím, potažmo vzdělání.

Kromě těchto změn také internet otevřel studentům dveře k informacím tím, že je pro ně vždy přístupný, mohou na se na něj připojit kdykoliv a odkudkoliv.[8] Tento fenomén jsme mohli velmi citelně pocítit během lockdownu vzniklému v důsledku pandemie nemoci Covid-19, kdy veškeré školství v České republice přešlo do distanční výuky. Do budoucna je klíčové počítat s dopadem internetu na výuku, ať už v pozitivním či negativním smyslu. Na základě různorodého pojetí Bloomovy taxonomie ji popisují jako kompilát všech těchto změn.

2.4 Problémově orientované vyučování

Problémově orientované vyučování[7] je přístup k výuce s velkým důrazem na studentovu zodpovědnost za vlastní vyučování. Tento přístup k výuce klade důraz na to, že pokud si studenti udělají vlastní závěry o fenoménu, tak je větší pravděpodobnost, že se o tomto fenoménu naučí víc. Tímto jde tento způsob výuky proti „klasickému“ modelu direktivního vyučování, kdy je student pouze konfrontován s fakty[6].

Problémově orientované vyučování je založeno na tom, že student odhaluje zákonitosti problému či experimentů, které pro něj připraví vyučující. Úkolem vyučujícího při této metodě je s co nejmenšími zásahy do procesu směřovat studenty ke správné tezi. Velkou výhodou této metody je to, že studenti si lépe pamatují a lépe chápou zákonitosti provedeného experimentu než u direktivní výuky.

Krom pozitiv má problémově orientované vyučování také negativa. Mezi ta nejčastější patří například to, že pokud studenti přijdou se špatným závěrem, tak je pro ně těžké tento závěr zavrhnout a vymýšlet další. Další negativum, které se v problémově orientovaném vyučování projevuje, je to, že studenti zažívají *strach z odmítnutí*, který popsali Joolingen a Jong[7]. Tento fenomén popisuje to, že se studenti bojí vytvářet závěry, které mají vysokou pravděpodobnost vyvrácení.

Kapitola 3

Aplikace UX při výuce předmětu

UX, neboli User Experience[13] je přístup k designu, jehož těžištěm je samotný uživatel a jeho zážitek s nabízeným produktem či službou. Základem UX je porozumění uživateli, jeho potřebám a přáním. Nad tímto porozuměním poté vzniká produkt, který musí tyto potřeby a přání pokrýt. Tento přístup k designu zažívá v posledních letech explozi v popularitě[14], kterou předpokládá Nielsen Norman Group, světová špička v UX designu se zaměřením na výzkum.

V této kapitole nejdříve popisují, proč je zpětná vazba pro výuku předmětu nezbytná. Dále popisují, jakou zpětnou vazbu měl tradičně předmět PGR. Poté navrhuji nový styl sběru zpětné vazby od studentů a nakonec popisují techniky pro časově či rozpočtově omezený výzkum.

3.1 Role výzkumu při výuce na vysoké škole

Jak je všeobecně známo, tak kvůli nedostatečným prostředkům často zaostává školský systém za průmyslovým standardem[11]. Není tedy divu, že ve chvíli, kdy v průmyslu raketovou rychlostí přibývají UX designéři, tak ve školském systému nejen že tito designéři chybí, ale také se ani příliš nevyvíjí forma sběru zpětné vazby. Tato tvrzení opírám o výzkum předmětu PGR, viz kapitola 4, tak i o výzkum 5.6 pocitů studentů ohledně zapracování zpětné vazby během jejich studia.

Jak je vidět například ve vyjádření prof. Žáry ohledně výsledků studentské ankety za zimní semestr 2021/22[22], tak zpětná vazba na Katedře počítačové grafiky a interakce se odráží na výuce. Například je z již zmiňovaného vyjádření vidět, že jak prof. Havran¹, tak doc. Míkovec brali zpětnou vazbu vážně a

¹Potřeba správně pojmenovat

dokázali zlepšit věci, které studentům vadily. Nicméně na základě mého výzkumu dopadů této ankety jsem zjistil, že studenti, na jejichž zpětné vazbě vznikly úpravy předmětů, již tyto změny zpětně nevidí. Poté mají pocit, že nemají žádnou možnost zpětné vazby během semestru, která by se během toho daného semestru projevila. Toto je způsobeno tím, že pro studenty neexistuje anonymní kanál zpětné vazby, kterým by mohli dát zpětnou vazbu vyučujícímu během semestru. Další problém s tímto typem zpětné vazby je to, že studentům přijdou otázky příliš generické a je těžké na ně odpovídat.

Citace výzkumů

Tyto závěry stavím na svém výzkumu, který jsem vedl již před začátkem semestru, abychom s garantem předmětu věděli, na čem bychom měli stavět změny výuky. Taktéž je stavím i na dalších výzkumech, které jsem vedl přes celý semestr, abychom měli rychlou zpětnou vazbu na to, jak se studentům pracuje s materiály a jak se jim líbí změny, které jsme do výuky vnášeli. Pro ilustraci uvádím citace i s kontextem, ve kterém je respondenti zmiňovali. Více citací je v sekcích věnujících se jednotlivým výzkumům.

První citace je z výzkumu, který jsem vedl na ověření spokojenosti se zpětnou vazbou, kterou jsem přes celý semestr implementoval. Participant na otázku (*Jak jsi spokojený se zpětnou vazbou během semestru?*)² řekl: „Mám rád takhle osobní zpětnou vazbu rozhovorama. Na Anketě vyplním smažlíka a co to komu řekne, že. To nemám rád. Navíc se tam na něco ptají, ale já nevím, co psát dřív, tak radši nepíšu nic, to už bych musel být hodně nespokojený, abych tam něco napsal.“

Další citace je z výzkumu dopadů mnou implementovaných cvičení³ s jiným participantem. Na otázku (*Jak jsi spokojený se vsuvkou na transformace, která dnes byla před implementační částí cvičení?*) odpověděl: „Přišlo mi, že to vysvětlovalo to, o co jsem žádal v tom one-minute testíku před dvěma týdny. Bylo to dobrý opakování a jsem rád, že když vyučující slyšeli, že něco by chtělo vysvětlit více, tak to vysvětlili víc. To se mi také líbí na těch one-minute testíkách na přednáškách, protože co nepochopím, tak potom pan Felkel vysvětlí jinak či podrobněji a to mi dost pomáhá.“

3.2 Proč není anketa dostatečná zpětná vazba?

Anketa je mocný nástroj, který však při špatném použití může vést k zavádějícím výsledkům[12]. Hlavní výhodou ankety je to, že se dá implementovat

²S participanty jsem si kvůli malému věkovému a kariéernímu rozdílu tykal, neboť by vykání působilo strojeně. Více toto téma rozebírám v sekci 5.6.

³Další ref?

plošně a přitom není potřeba odborníka, který by věnoval každému respondentovi hodinu svého času na rozhovor. Síla ankety spočívá v tom, že se s ní dají velmi efektivně kvantifikovat hypotézy či se přes ně dají zjistit fakta o respondentech, jako je například věk, pohlaví, místo bydliště a podobně. Další velkou výhodou je, že anketa může být zcela anonymní, kdežto rozhovor toho nemůže nikdy docílit.

Kde je však anketa silně nedostatečná, je v oblasti získávání kvalitativních dat a vhledů. UX je založeno na tom, že hledá motivace, pohnutky a zážitky uživatelů, zjišťuje tedy příběhy lidí. Nicméně pokud bychom chtěli tyto příběhy získávat od uživatelů dotazníkem či anketou, tak vlastně od uživatelů očekáváme, že dokáží přesně pojmenovat, co jim dělá problémy a zároveň to dokáží dostatečně stručně a výstižně napsat. To však v absolutní většině případů bohužel není pravda.

Pro získávání příběhů od uživatelů se využívají jiné, kvalitativní metody[3]. Mezi ně se například řadí rozhovory, etnografické výzkumy, deníkové výzkumy, card sorting a další. Anketu specifickou pro předmět PGR, kterou garant tohoto předmětu dával k vyplnění studentům po dokončení zkoušky, rozebírám v sekci 4.1.

3.3 Rozhovory jako základ výzkumu

Pro UX výzkum je nutné zjistit motivace a touhy, které vedou uživatele, v našem případě studenty, ke konkrétním činům. Proto například, pokud zjistíme, že velká část studentů se přestala připravovat dopředu na hodiny, tak je nutné zjistit tuto motivaci do hloubky. Pokud bychom totiž dali studentům krátký dotazník, který by zjišťoval příčinu, dost možná by se nám dostalo odpovědí *čas, je toho moc* a podobně.

Pokud bychom však se studenty provedli rozhovory, mohli bychom například zjistit, že se jim u dvou předmětů setkala zadání semestrálních prací. Nebo bychom zjistili, že kvůli tomu, že předmět PGR nemá během semestru deadliny, tak ho odsunuli na později a vrátí se k němu, až dodělají semestrální práce, které se musejí odevzdat dříve.

Na tomto ilustrativním případě jsem se snažil naznačit hloubku pochopení, které můžeme rozhovory docílit. Nicméně pokud bychom si chtěli tyto informace ověřit rozhovory, tak bychom jich museli provést příliš mnoho, abychom měli jistotu, že máme dostatečně validní informace. To by bylo velice časově náročné. Tudíž se v praxi na základě rozhovorů vytvoří sada hypotéz z nejčastěji se opakujících zjištění a ty se poté kvantifikují anketou či dotazníkem, aby se tyto hypotézy mohly buď vyvrátit či potvrdit. Praktické využití tohoto postupu popisují v následující kapitole.

3.4 Guerilla výzkum a jeho využití

Guerilla výzkum je převedení výzkumu do módu, kdy je potřeba snížit časové či finanční náklady [19]. Pro naše potřeby v předmětu PGR to znamenalo omezit co nejvíce časové náklady na výzkum. Toto se však nedotklo prvního výzkumu, dokumentovaného v kapitole 4. Pro správný přístup ke *guerilla* výzkumu je nutné si nejdříve vytyčit cíle, kterých chceme dosáhnout, co nejpřesněji. Tyto cíle poté zredukujeme dle jejich důležitosti pouze a necháme pouze ty nejdůležitější.

Existují dvě možnosti [18], jak snížit náklady na výzkum. Buďto se dá snížit záběr, který výzkum sleduje či přísnost výběru participantů a následné syntézy. V ideálním případě by měl výzkumník vyvážit tyto dva aspekty svého výzkumu, aby z výzkumu stále byla extrahovatelná dostatečná data.

Snižování záběru výzkumu neznamena nutně jen snižování počtu otázek, ale hlavně snižování počtu oblastí, na které daný výzkum odpovídá. Problém u snižování záběru je ten, že při přílišném snížení dojde k tomu, že při výzkumu bude chybět kontext. V extrémním případě se výzkumník zaměří pouze na jednu otázku, kterou poté položí dostatečně kvalifikovanému respondentovi. To není vždy špatné, nicméně pro naše potřeby výzkumu předmětu PGR bylo nutné mít dostatečně celistvý pohled na celou problematiku.

Naopak snižováním přísnosti výzkumu může dojít k tomu, že respondenti nebudou dostatečně zastupovat naši cílovou skupinu, tudíž bychom následně designovali produkt pro jiné publikum, než na které cílíme. Tato extrémní situace by se pro náš případ výuky předmětu PGR, který se vyučuje na technické škole, dal popsat například tak, že bychom se zeptali studenta medicíny, jaký je dle něj ideální počet slidů na přednášce. Odpověď tohoto respondenta by samozřejmě do určité míry vypovídající hodnotu měla, neboť se stále jedná o studenta vysoké školy, nicméně přesto by tyto informace byly velmi zavádějící. A to kvůli rozdílnosti oborů a zaměření.

Guerilla při výzkumu předmětu PGR

Při výzkumu předmětu PGR jsem kvůli daným časovým možnostem musel velmi redukovat časové nároky na výzkum, a proto jsem se snažil snížit přísnost výběru respondentů pro rozhovory. Toto snížení přísnosti jsem realizoval tím, že při výběru studentů jsem pouze náhodně oslovoval studenty na hodinách, bez jakéhokoliv screeneru, tudíž nedocházelo k žádné filtraci studentů. Toto náhodné oslovování spočívalo v tom, že jsem na základě náhodného generátoru čísel a rozesazení studentů „vylosoval“ dva až tři studenty pro každou fázi rozhovorů.

KAPITOLA 3. APLIKACE UX PŘI VÝUCE PŘEDMĚTU

Myslím si, že navzdory absenci jakéhokoliv filtrování studentů a pouhému spolehnutí se na to, že validní respondenti jsou ti studenti, kteří docházejí na cvičení PGR, jsem byl schopen pokrýt během více výzkumů dostatečně vypovídající skupinu na to, abych mohl dělat závěry z rozhovorů.

Kromě přísnosti jsem omezoval značně i záběr výzkumu, kdy jsem se místo zamýšlené zpětné vazby na každou část předmětu zaměřil pouze na cvičení. U některých studentů jsem však mohl provést rozhovor na veškerá témata napříč předmětem. Nicméně tyto informace jsem pouze využil pro kontext o tomto studentovi a analyzoval pouze část, většinou cvičení, neboť to doznávalo nejvíce změn.

Kapitola 4

Výzkum stavu předmětu

Při prvotním výzkumu stavu předmětu jsem začal u anket, které měl garant předmětu sesbírané za posledních několik let. Celkový počet anket byl dva tisíce, tudíž jsem měl pocit, že z nich budu schopen rovnou vyvodit závěry o tom, kde by bylo vhodné předmět PGR posílit. Bohužel jsem zjistil, že anketa byla nedostatečná (viz sekce 4.1).

Zjištěné nedostatky ankety jsem poté chtěl vylepšit tím, že jsem vytvořil nový dotazník (viz sekce 4.2), který jsem postupnými iteracemi zlepšoval. Tyto iterace probíhaly tak, že jsem navrhl dotazník, který jsem následně rozeslal pěti respondentům, aby mi na něj odpověděli a dali zpětnou vazbu, jak bych měl tento dotazník zlepšit. Tato zpětná vazba byla buďto formou online chatu či krátkého rozhovoru. Následně jsem tento dotazník chtěl konzultovat s odborníkem z praxe. Pro tento účel mi garant předmětu doporučil Mgr. Jakuba France, Ph.D., experta s dlouholetou praxí v oblasti získávání dat od uživatelů.

Po této konzultaci jsem došel k názoru, že dotazník není správný nástroj pro získávání potřebných informací a tudíž jsem na doporučení Mgr. Jakuba France, Ph.D, zvolil metodu semi-strukturovaných rozhovorů. Z těchto rozhovorů jsem postupně získal informace o motivacích, postojích a zvycích studentů a na jejich základě jsem poté mohl vytvořit hypotézy (viz sekce 4.4) o postojích studentů ke kvalitě výuky na vysoké škole.

Tyto hypotézy jsem poté kvantifikoval navazujícím dotazníkem (viz sekce 4.5). Tímto dotazníkem jsem nejenom potvrdil některé z hypotéz, ale také jsem jím získal množství dat, které jsem následně interpretoval (viz sekce 4.5.1). Na základě této interpretace jsem vyvodil závěry o stavu předmětu PGR a navrhl jeho změny.

4.1 Anketa

Otázka	Kód
Účast na přednášce v %:	O1
Co máme na přednáškách zachovat?	O2
Co by se dalo na přednáškách zlepšit (a jak)?	O3
Která přednáška byla nejméně srozumitelná?	O4
Která přednáška byla nejlepší?	O5
Co máme na cvičeních zachovat?	O6
Co by se dalo na cvičeních zlepšit?	O7

Tabulka 4.1: Vybrané otázky z Ankety využívané v předmětu PGR ke sběru zpětné vazby.

Původní anketa byla základním impulsem pro rozšíření sběru dat a pro hlubší výzkum stavu předmětu PGR. Během interpretace dat z této ankety mi došlo, že z otázek, které byly v této původní anketě položeny, se nedá extrapolovat na to, kde by se předmět PGR měl měnit.

Jedním z důvodů je, jak je vidět v tabulce 4.1, že otázky nezjišťovaly motivaci studentů. Například u otázky *O1* již není dodatečná otázka, která by zjišťovala, proč daný student na přednášky nechodil. Neboť pokud by například na přednášky student nechodil kvůli tomu, že ve své sociální situaci musí chodit do práce a ta mu s touto přednáškou koliduje, tak má tato odpověď jinou výpovědní hodnotu, než-li když udá důvod, že třeba neslyšel přednášejícího, nebo že přednášející píše na tabuli příliš malým písmem.

U některých otázek, jako například u *O4*, bylo malým písmem dopsáno „napíšte proč“, nicméně takto vypsaná informace nemá tak silnou vypovídající hodnotu, jako kdybychom se mohli doptávat dále, při osobním rozhovoru. Navíc například specificky u otázky *O4* bylo na odpověď tak málo místa, že student mohl napsat jedno, maximálně dvě slova.

4.2 První dotazník

Jak již bylo řečeno výše, první dotazník vznikl na základě původní ankety a měl být tedy jejím rozšířením. Obsahoval navíc otázky zjišťující motivaci studentů k účasti na přednáškách, k děláním úkolů na cvičení a k tvorbě semestrální práce.

Proces vzniku tohoto dotazníku byl ve formě čtyř iterací, kdy každá iterace obsahovala nejdříve návrh dotazníku, případně zpracování připomínek. Tento dotazník jsem zaslal pěti náhodným studentům, kteří měli předmět PGR a souhlasili s tímto testováním. Poté jsem od těchto respondentů sbíral zpětnou vazbu a to ať už formou rozhovoru či online chatu.

Po čtvrté iteraci jsem, jak jsem již zmiňoval, vyhledal dr. France, s úmyslem konzultovat tento dotazník. Při konzultaci jsem na základě různých připomínek dr. France dospěl k názoru, že informace, která chci od studentů získat, nezískám dotazníkem a proto jsem nakonec zvolil metodu semi-strukturovaného rozhovoru.

Kvalitativní informace se totiž dotazníkem či anketou, získávají velice špatně a je proto doporučováno[17], aby se ke sběru takovýchto informací využíval rozhovor[9] či případová studie. Dotazník se využívá až na následnou kvantifikaci hypotéz z těchto kvalitativních metod.

4.3 Rozhovory

Rozhovory jsem prováděl semi-strukturovanou formou. Semi-strukturovaný rozhovor je řízený rozhovor s danou kostrou, dostatečně flexibilní na to, aby se v něm dalo doptat na důležité informace. Většinou trvá 45-60 minut. Při prvním výzkumu jsem provedl dohromady devět rozhovorů se studenty fakulty elektrotechnické a fakulty informačních technologií. Pro výběr respondentů jsem zvolil strategii snowball, což je metoda výběru respondentů, kdy kontakt na další potenciální respondenty je zprostředkován při rozhovoru. Iniciální tři respondenty jsem vybral ze svých osobních kontaktů z mého dosavadního studia.

Respondenti nejdříve museli projít screenerem, což je forma dotazníku, která určuje, zda je daný kandidát vhodný na rozhovor či nikoliv. Většinou obsahuje kolem deseti otevřených otázek. U screeneru jsou dané cíle kritérií, které musí každý vhodný kandidát splňovat. Tímto screenerem jsem kontroloval dostatečné zastoupení různých skupin studentů. Mezi hlavní kritéria patřil například semestr, ve kterém student tento předmět studoval, forma výuky (prezenční či distanční kvůli covid-19), nebo úspěšnost při dokončení předmětu.

Během semi-strukturovaných rozhovorů je velice důležité, aby se výzkumník vyhnul častým chybám[1] při získávání dat. Mezi tyto chyby patří například zaujatost výzkumníka či nedostatečný rapport při rozhovoru. Rapport je krátkodobý vztah během rozhovoru, určený navázáním komunikace mezi respondentem a výzkumníkem. Další častou chybou je špatná interpretace dat z rozhovorů. Těmto chybám se nejlépe dá předejít dostatečnou výzkumníkovou introspekci, což je metoda zkoumání vnitřních motivací a pochodů mysli. Po této introspekci je také důležitá následná reflexe očekávání výsledků rozhovorů.

Na základě provedených rozhovorů jsem následně vytvořil pět hlavních hypotéz (viz 4.4), které jsem poté konzultoval s garantem předmětu PGR a následně na ně navázal dotazníkem.

4.4 Interpretace dat z Rozhovorů

Respondent 1

Respondent 1 (dále jen R1) je s aktuálním stavem předmětu PGR nespokojen. Na přednáškách mu nevyhovovaly rozsáhlé slidy. Na přednáškách měl R1 také problém s tím, že některým částem nerozuměl a chybělo mu obecnější vysvětlení. R1 byl dříve zvyklý chodit na přednášky a tudíž i na přednášky PGR chodil, ačkoliv na nich poté dělal domácí úkoly na jiné předměty.

Nejméně mu na předmětu PGR vyhovovala cvičení. Na cvičení R1 chybělo větší zapojení, ztrácel se v tom, co se vysvětlovalo a nedokázal se “odpíchnout”, kdykoliv se zasekl. R1 také většinu cvičení řešil tím, že si sehnal kód od svých spolužáků, aby si “pojistil body”. Krom toho se R1 špatně orientoval v kontextu asteroidů.

Naopak semestrální práce R1 přišla, že je velmi dobře zvládnutá část předmětu. Jedinou výtku, kterou R1 k semestrální práci měl byla, že mu chyběly znalosti základů OpenGL a také že si musel najít základ pro svou semestrální práci v archivu. Na semestrální práci R1 ocenil modularitu, neboť “jsem si mohl vybrat co dělat a to mě dost naplňovalo.” Celkově semestrální práce R1 velice bavila.

R1 nevyhovuje celkové složení předmětu, neboť mu přišlo, že je příliš komplexní a nevyhovovalo mu, že se učil základy OpenGL dohromady s teorií počítačové grafiky. Celkově však R1 přijde, že má předmět PGR velký potenciál a že je na vyučujících vidět jejich zájem o to, aby studenty svůj předmět naučili, jen struktura předmětu velice ztěžuje studentům učení.

Postoj R1 k dalším zdrojům informací je velice pozitivní. Rozmluvil se o YouTube kanále 3Blue1Brown, který dle R1 velice dobře vystihuje určité problematiku, které se během svého studia na vysoké škole učil. Na Internetových videích R1 ocenil, že jsou velice názorná a že je na nich vidět krok po kroku, jak se co počítá, popřípadě používá.

R1 by ocenil konzultace a rád by viděl názorněji příklady, jako například “prohazování Z souřadnice”, kdy by bylo vysvětleno, co přesně by se stalo, kdyby to bylo zapsané špatně.

Respondent 2

Respondentu 2 (dále jen R2) přijde, že “předmět neví, co chce učit. Jestli OpenGL, nebo jestli algoritmy počítačové grafiky.” R2 na předmětu získal základní přehled o počítačové grafice. Dle vlastních slov se OpenGL na PGR nenaučil a přiměl ho k tomu, kromě dalších předmětů, až vlastní zájem.

KAPITOLA 4. VÝZKUM STAVU PŘEDMĚTU

Dle R2 bylo se přednášky příliš zabývaly kódem a nevěnovaly dostatek času obecné teorii. Tento styl je dle R2 užitečný pro následné vyhledávání informací pro semestrální práci, ale takto by raději R2 využíval externí zdroj informací, nikoliv slidy přednášek. R2 vadilo, že na přednáškách byly informace, které se poté nevyskytovaly na zkoušce. Rád by měl více oddělené informace, které se po něm nebudou požadovat na zkoušce.

R2 cvičení shrnul větou: “Z těch cvik jsem si toho moc neodnesl, protože jsem to většinou někde obšlehnul.” R2 měl problém s tím, že na většinu informací si musel přijít sám, neboť koncepty dle R2 nebyly dostatečně vysvětlené. “Dostaneš aplikaci, kterou jsi nikdy neviděl, psanou způsobem, který jsi nikdy neviděl, protože jsi v OpenGL nikdy nedělal.”

R2 semestrální práce bavila, neboť si mohl hrát s různými praktikami počítačové grafiky, například grafem scény. R2 však chybělo “něco od čeho se odpíchnout, jako například kostra.” Dle R2 je absence projektu, který by mohl sloužit jako základ pro semestrální práci Achillova pata této práce, neboť na “doladování do dostatečného stavu” strávil polovinu celkového času. Také R2 vadilo, že se musel sám „prokousávat“ specifiky OpenGL.

R2 hojně využívá Stack Overflow na vyhledávání snippetů kódu, které zrovna potřebuje. Videá nejsou pro R2 příliš zajímavá, neboť “často nejdou přímo k věci.” R2 dále zmiňoval, že je pro něj důležité, aby video bylo názorné a mělo příklad, na kterém se téma vysvětlí. V tomto vyzdvihoval například 3Blue1Brown. R2 si také rád opakuje věci, aby věděl kde má ještě mezery. K tomuto většinou využívá obecné poznámky či zdroje informací, které nejdou tolik do hloubky.

Některé z témat, jako například Quaterniony, přišly R2 příliš abstraktní a raději by viděl jejich příklady. U křivek by také rád viděl názorné ukázky a to včetně výpočtu, aby o křivkách měl lepší přehled.

Respondent 3

Dle Respondenta 3 (dále jako R3) je předmět PGR “roztěkaný do hrozně moc směrů. Chtěj tě naučit křivky, chtěj tě naučit OpenGL, shadery a míchají do toho i tu teorii navíc.” Dále R3 potřeboval ke studiu více dalších zdrojů informací a ty mu v PGR nebyly poskytnuty, nebo si jich nevšiml. Dle R3 nebyla šance kvalitně pokrýt tolik témat, neboť časová dotace předmětu je omezená a “je to hodně našlapané informacemi.” R3 přišel předmět málo názorný, příliš teoretický a bez hmatatelných artefaktů.

R3 nevěděl, co si z přednášek odnést, neboť pro něj bylo na přednáškách příliš informací nových a nebylo zřetelné, na které informace je kladen důraz. R3 také chyběl souhrn toho, co by si měl odnést. R3 vadilo, že se na přednáškách probírala specifika OpenGL, neboť je zvyklý si takovéto informace dohledávat sám a raději by uvolnil místo pro jiné informace.

Na cvičení dle R3 něco chybělo. Velký problém měl s tím, že při prvním průchodu se v předmětu ztrácel a na cvičení vůbec nevěděl, co má dělat. Napodruhé již věděl více, ale stále by byl radši, kdyby byla cvičení “přímočařejší.” R3 chybělo postupné vysvětlení toho, co se po něm bude chtít při cvičení. Také se při cvičení ztrácel a rád by měl možnost se během cvičení něčím řídit či by rád více pomoci od cvičících. R3 by také rád šel ve cvičeních méně do detailu, neboť nepochopil základy OpenGL.

Semestrální práce R3 nevyhovovala, neboť byla důvodem, proč napoprvé předmět nedokončil. R3 vadilo, že neměl odkud začít, neboť asteroidy mu nepřišly jako “dobrá startovní čára.” Při prvním průchodu strávil R3 minimálně 50 hodin svého času tím, že se snažil pochopit, jak začít implementovat celý projekt. Napodruhé již věděl do čeho jde a tak se inspiroval projektem asteroidy a dodělal do nich potřebné funkcionality. R3 trápilo množství nových informací, které se musel sám donaučit, aby mohl dodělat semestrální práci. Také R3 vadila práce s Freeglut, neboť by raději ocenil knihovnu, která více odpovídá aktuálnímu stavu OpenGL.

R3 by velice ocenil možnost si přehrát přednášky předem, neboť během corona-križe se R3 velice líbilo, že si mohl přednášky zrychlit, zpomalit, přetočit či spustit znovu. R3 by také velice rád zlepšil názornost materiálů, neboť měl problém s konkretizováním některých abstraktních pojmů a jejich použití v praxi.

Respondent 4

Respondentka 4 (dále jako R4) předmět PGR nedokončila, neboť při prvním záchytném bodu semestrální práce, na kterém se kontroluje základní funkcionality této práce, předmět vzdala. Od té doby docházela pouze na přednášky.

R4 chodila na veškeré přednášky, ačkoliv předmět od cca. sedmého týdne neměla v plánu dokončit. Na přednášky dále chodila, neboť R4 přišel styl přednášek zajímavý. Jako výtoku přednášek R4 uvedla, že přednášky jsou příliš složité vzhledem k rozsahu předmětu, raději by některé části převedla do prosemináře, aby se místo na přednáškách uvolnilo k tomu, aby se mohly témata probrat v low i high-level.

První připomínka, kterou R4 ke cvičením měla, byla: "Na těch cvičeních nebylo tolik prostoru to vstřebat, tam před tebe hodili kód, tady vyznačili, napiš sem tohle a buď zdrav." Styl cvičení byl důvod, proč R4 nakonec přestala na předmět PGR docházet. Pro R4 nebyly dostatečnou motivací body, které za úkoly mohla získat, byla více motivovaná tím, aby porozuměla látce. To se bohužel nestalo a tak přestala na cvičení chodit a vzdala předmět. R4 si myslí, že je to o přístupu k výuce a tomu, aby se cvičící věnoval přímo jednotlivcům, nikoliv studentům jako skupině.

R4 jakožto základní zdroj informací během svého studia využívá své spolužáky, kterých se doptává na informace, které jí unikly či které nepochopila. Nyní se však spoléhá na to, že většinu informací "vygooglí." Také si větší část informací dohledává v knize MPG, která je dle R4 dobrá, ale "je to dost matematické a hůř se tam hledá povrchové vysvětlení."

R4 má zkušenosti s erasmem a tak srovnávala výuku v Čechách s výukou v Anglii. Dle R4 bylo na výuce v Anglii lepší to, že se na cvičeních většinou rozdával návod o tom, co se bude na cvičení dělat. Tento návod poté sloužil jakožto opěrná berlička pro studenty a ti se tolik nezastavovali nad banalitami.

R4 svůj semestrální projekt ani nezačala dělat, neboť pokaždé, když chtěla začít s prací, nevěděla, kde má začít a tak pouze přemýšlela, jak by to mohla dělat. Dle R4 toto bylo v Anglii řešeno lépe, kdy při zaseknutí nebylo většinou nutné kontaktovat vyučujícího, ale existovaly na to materiály.

Respondent 5

Respondentka 5 (dále jako R5) je také studentka FEL, která dříve studovala na FIT. Dle svých slov si „odstudovala nutné“ a nyní již má titul a je ráda, že je mimo školu a pracuje.

Pro R5 bylo PGR první předmět, který se během jejího bakalářského studia zabýval počítačovou grafikou. R5 by ocenila, kdyby se OpenGL přesunulo do prosemináře či jiného předmětu. Předmět dle ní zahrnoval příliš témat a informací. Kdyby R5 neměla PGR jako povinný předmět, tak by jej nedokončila, neboť ji cvičení stresovala, ačkoliv se na ně připravovala.

Na přednášky docházela R5 pravidelně, protože jí přišly velmi důležité. Přednášky byly pro ni však velmi těžké, protože na se na nich probíralo příliš konceptů, se kterými se R5 dříve nesetkala. R5 by změnila ukázky kódu OpenGL, které jí nevyhovovaly, neboť nevěděla, kam si je zasadit a co dělají. R5 preferuje slidy, na kterých je hodně informací, tudíž jí slidy PGR vyhovovaly.

Cvičení R5 nebavila, “přišla jsem si to tam odsedět, abych měla body, ale jinak jsem z toho nic neměla.” R5 by se ráda během cvičení radila se spolužáky, ale bohužel jí to cvičícím nebylo dovoleno, neboť se o body musí “zasloužit sama”. “Podle mě ale, když neopisuješ kód a jenom se o tom bavíte, tak je to správně. Brainstorming by měli podporovat.” Toto se však nedělo pouze u cvičení PGR. R5 si myslí, že cvičení na ČVUT jsou obecně slabinou předmětů a to jak na FIT, tak i FEL. R5 se na cvičení připravovala dopředu a velmi jí vadilo, že neměla kód k dispozici dopředu, neboť by se na něj ráda připravila před cvičením, aby měla alespoň čas pochopit, co vlastně bude implementovat, nikoliv pouze kam má co napsat, aniž by věděla proč. R5 by ráda asteroidy implementovala od začátků, aby měla lepší přehled o jejich struktuře a implementačních obtížích.

Jako základ pro svou semestrální práci využila R5 asteroidy, ale “začátek byl hodně krušný.” Nejdříve se totiž R5 musela zorientovat, „co kam má napsat“, než-li vůbec mohla aplikaci spustit. Tudíž R5 první třetina její semestrální práce nebavila, neboť si musela “prokopávat cestu kódem.” R5 také vadila nutnost prezentace projektu, neboť je silně introvertní.

R5 chybělo procvičování transformací a dalších teoretických témat na cvičení. Také by ráda více rozuměla Quaternionu, neboť je pro ní pouze „černou skříňkou“, které doteď nerozumí. R5 také chybělo médium, které by blíže popisovalo funkce a strukturu OpenGL.

Respondent 6

Respondent 6 (dále jako R6) se PGR velice líbilo, neboť mohl svou semestrální práci spojit se svým volnočasovým projektem. Svůj účel PGR dle R6 splnilo, neboť ho dobře připravilo na další studium grafiky v magisterském studiu. Navzdory tomu mělo PGR dle R6 špatně alokovaný čas na jednotlivá témata a také by R6 rád věděl, co se bude po něm požadovat na zkoušce, aby mohl více času věnovat zajímavým tématům PGR, místo obecného “chození po povrchu všeho.”

R6 chodil na veškeré přednášky, neboť chtěl, aby se mu lépe ukotvily informace z předmětu. Dále také aby věděl, na která témata dává vyučující důraz, aby spíše věděl co bude u zkoušky. U PGR byly dle R6 dostatečně “výřečné slidy” a tudíž si nemusel dělat poznámky, neboť mu stačilo se učit ze slidů. Dle R6, by měly být přednášky nahrazeny již existujícími zdroji, neboť si R6 myslí, že je zbytečné, aby si vědečtí pracovníci vyučující na vysoké škole dělali vlastní slidy, když pro formalizování slidů nemají dostatek času. Před předmětem PGR měl R6 již praxi mimo předmět, nebyla tudíž pro něj většina konceptů novinkou.

Cvičení R6 “příliš neutkvěla v hlavě, fakt nevím, co se tam probíralo.” Do projektu asteroidů měl R6 “problém se prokousat. Taky jsem neměl možnost si projít a pochopit zdrojové kódy, protože jich bylo hodně. R6 měl pocit, že rozsah cvičení byl dostatečný, nicméně byl podán velice nezáživnou a neinteraktivní formou, (mysleno, že neinteragoval se spolužáky a učitelem).

R6 byl se semestrální prací nadmíru spokojen, neboť mohl implementovat dodatečnou funkcionalitu do vlastního projektu. Důležité u semestrálních projektů je dle R6 to, aby se práce nedělala pouze pro zápočet, neboť nemá rád, když se “semestrálka hodí do koše.” Tato neúčelnost semestrálních prací přijde R6 demotivující.

Jakožto dodatečné zdroje informací využívá R6 mix videí a .pdf dokumentů. “Ideálně by se mělo vyučovat dle nejlepších slidů, nebo například nějakého videa, jako od 3Blue1Brown. Ono by stačilo hodit odkazy na tyhle videa do přednášek a trochu je prodat, jako například ukázat screenshoty videí a nebo krátký gif z appletu, abych měl větší motivaci se podívat. Protože když se tam jenom ukáže pár odkazů, tak na ně nekliknu.”

Respondent 7

Respondentovi 7 (dále jako R7) přišlo, že se na PGR probralo příliš informací. Na zkoušku se R7 učil tak, že udělal „maraton“ přednášek za tři dny a kvůli tomu musel zkoušku opakovat. R7 na předmětu nejvíce vadila cvičení, která by měl raději “tak připravená, jako cvičení Paralelní a distribuované výpočty, kde cvičící věděl přesně jak pomoci, když jsme se zasekli.”

Na přednášky R7 chodil pouze první tři týdny, ale nedával na nich pozor a nepamatuje si, co se na nich probíralo. Kvůli corona-krizi trpěl R7 silnou demotivací a tudíž dělal předmět pouze tak, aby ho dokončil. R7 by chtěl mít přístupné nahrávky z přednášek. Dle R7 je na slidech příliš informací, ze kterých se bez nahrávek nic nenaučil. Obsahují dle R7 příliš vzorečků a frází, které studenti dle R7 stejně brzy zapomenou. “V této době by přednášky nemusely být, přednášky jsou přežitek.” Z cvičení si R7 dle vlastních slov vůbec nic neodnesl a OpenGL dodnes nerozumí. “Cvičení mi nedávala smysl, chtělo by to změnu.”

R7 na své semestrální práci strávil týden a půl “full-time záprahu.” “Tři dny z toho jsem se snažil rozchodit asteroidy, ale kdykoliv jsem něco umazal, tak to přestalo fungovat. Docela frustrující. Nakonec jsem použil archiv a přepsal něčí práci. Víc práce tam bylo toho člověka přede mnou, minimálně v těch věcech, co nebyly za body. Já víc dělal, aby vypadala dobře a aby tam byla ta funkcionalita, co ode mne chtěli. Byl jsem z toho celý zmatený a tak jsem použil cizí kód jako základ. Ale když jsem ho použil, tak mě to najednou začalo bavit. Potřeboval jsem prostě vidět ten progress, který jsem ty první tři dny neviděl.” R7 neměl rád možnost vybrat si různé přístupy k semestrální

práci, raději by měl předem „nalinkovaný průchod“. Dle R7 je semestrální práce zbytečně velkým strašákem a myslí si, že kdyby měl možnost začít rovnou pracovat na práci tak, aby ho bavila, předmětu by to velice prospělo a víc by si z něj odnesl.

R7 jakožto další zdroje informací využívá YouTube. Mezi různými kanály vypíchl Isibalo, který využívá na matematické předměty. R7 si také často pročítá dokumentaci. „Dozvím se tam inside info, které jinde není a hlavně tam je přehled toho, co můžu použít.“ R7 však nerad využívá informace třetích stran, tedy mimoškolních, neboť je to něco, co dle R7 po něm nebudou vyučující vyžadovat u zkoušky a raději se tyto informace dozví ze školních materiálů. Velice rád má R7 skripta, ve kterých by si mohl tyto informace dohledat.

Dle R7 je na slidech o křivkách až příliš informací, které jsou zbytečné, jako například vzorečky. Tyto informace by dle R7 měly být ve skriptech, ke kterým by se i zpětně po dokončení předmětu vrátil, neboť ho křivky velice zajímají a baví. Také by rád měl spojení teorie křivek s jejich využitím, které se dozvěděl až na VGO¹, což dle R7 byla „škoda“.

Respondent 8

Respondent 8 (dále jako R8) by na předmětu ocenil, kdyby se OpenGL osamostatnilo od teoretických základů a vymezilo by se místo, kde by se probíralo více „do hloubky“. Také se R8 velice líbilo, že se prezentovaly semestrální práce, neboť mohl vidět, jak ostatní měli trochu jiný přístup k semestrální práci a viděl, co vše mohl dělat.

R8 na přednášky nechodil, neboť během corona-krize musel dost věcí kvůli práci vypustit. Místo přednášek PGR R8 pracoval za výdělek. Na přednášky se R8 díval zpětně, ačkoliv na přednášky ostatních předmětů chodil. R8 si nezjišťoval dodatečné informace k probíraným tématům, ale občas si některé odkazy z přednášek proklikal, nicméně si z nich nic neodnesl. Kdyby přednášky dle R8 byly metaforicky knihou, vypadaly by jako encyklopedie s dobrou strukturou, kde jsou „samá fakta a žádná omáčka“. R8 však tento styl přednášek nedokázal upoutat a nebavil ho, nicméně byly dostatečné, aby se z nich mohl učit. Na vkus R8 byly přednášky příliš faktické a ocenil by, kdyby OpenGL bylo v prosemináři. Dle R8 by se takto neměla míchat praxe a teorie. „Na slidech vypadá to OpenGL nepěkně, prostě by tam nemělo být, uplná pěst na oko. Bylo toho hodně i na studenty grafiky a co teprve pro ty, co to mají dobrovolně.“

¹Vytváření grafického obsahu - předmět na FEL ČVUT

R8 na cvičení příliš nechodil, bylo to kvůli tomu, že minul email s odkazem na cvičení a kvůli tomu mu tři cvičení unikla a poté měl problém cvičení „dohnat“. R8 by však na cvičení raději probíral matematické aparáty o které se teorie předmětu opírá, neboť tento styl cvičení R8 nevyhovoval. „Na cvičení existuje už nějaká cestička pro to kódění a člověk si nemůže programovat podle sebe, ale musí je následovat. Doplnovat logiku je OK, ale spíše bych to měl raději oddělenější od semestrálky a nedoplňoval takhle na “blind”, protože většinu toho kódu jsem prostě neměl šanci rozumět a raději bych si to kódil sám, nebo doplňoval do nějakého malého dema, které by na to bylo zaměřené. Chyběla mi ta zpětná vazba na to, že něco doplním a přímo se něco změní, raději bych jasně viděl co dělám a jaký to má dopad a proč.”

R8 chyběla kostra semestrální práce, neboť ho práce bavila až po tom, co „rozhodil“ základní funkcionality. R8 měl největší problém s načítáním objektů. Chyběl mu framework, kterého by se mohl držet, nikoliv aby tento framework musel psát. “Třeba mě by stačil nějaký jednoduchý wrapper na 3D model, abych viděl, jak správně načítat body a ne abych to musel psát jako spaghetti code. Bylo to hodně časově vytěžující a přitom by stačilo málo a mohlo by to být o hodně míň a mohl bych si z toho více odnést.” R8 by také ocenil seznam věcí, který by sloužil jako doporučený průchod semestrální práci, aby věděl, co jsou základní praktiky v OpenGL a co lze vynechat.

R8 sledoval na YouTube videa o tom, jak implementovat v OpenGL. K teorii nepotřeboval doplňkové informace, ačkoliv by velice ocenil skripta, která by sloužila jako základ předmětu, jako tomu je u jiných předmětů.

Respondent 9

Respondent 9 (dále jako R9) je student FEL ČVUT, který předmět neúspěšně absolvoval na FIT a poté již úspěšně na FEL. Na FIT měl R9 předmět prezenčně, kdežto na FEL měl R9 předmět distančně. Jako zdroje informací používá R9 slidy, ale raději využívá skripta, která si čte během semestru. R9 nemá příliš zájem o externí zdroje informací.

Na předmětu R9 nejvíce nevyhovovalo, že se přeskakovaly slidy. “Co není na přednášce bych nedával do slidů, ale do nějakých materiálů vedle. Takhle to nedává smysl.” Ve slidech bylo dle R9 příliš kódu navíc, který by si raději přečetl z dokumentace či skript. R9 přišlo, že jsou přednášky zbytečně dlouhé a špatně se mu v nich orientovalo. R9 nevyhovovalo, že slidy fungují jakožto skripta. Byl by raději, kdyby se skripta odkazovala do externího zdroje, neboť je na takovýto způsob zvyklý z různých hypertextových zdrojů. U OpenGL ukázek také R9 chyběl kontext.

Cvičení byla dle R9 příliš „pod tlakem“ a moc nenaučila, R9 chybělo více kontextu na cvičení a lepší materiály, dle kterých by se studenti mohli orientovat. Online cvičení byla dle R9 lepší, neboť mohl pracovat z pohodlí

domova. I tak by R9 zavedl prosemináře, na kterých by se vysvětlovalo OpenGL více do hloubky a kde by se například programovaly asteroidy od absolutních začátků, neboť mu tato možnost chyběla. Na cvičeních R9 vadilo, že doplňoval pouze malé části kódu, které samy o sobě nedávaly smysl. R9 by raději doplňoval do menšího kódu, protože asteroidy byly příliš rozvleklé. Na asteroidech také R9 mrzelo, že se mu měnily pod rukama, kdykoliv v nich chtěl pracovat na semestrální práci, tak poté zbytečně slepoval předešlou a následující verzi. R9 také chyběly materiály, kterých by se mohl „přidržit“ při cvičení, neboť se často ztrácel a potřeboval lehce popostrčit.

Napoprvé měl R9 velký problém se semestrální prací. “Byl to pro mne pokus omyl a vůbec se mi na tom dobře nepracovalo. Hlavní problém pro mě byly callbacky. Do té doby jsem byl zvyklý pouze na sekvenční kódy.” Napodruhé R9 práce na semestrální práci bavila. V obou semestrech, kdy R9 PGR měl, vycházel při semestrální práci z asteroidů a i napodruhé dělal od začátku, ačkoliv R9 nepřišly asteroidy dostatečné.

Hypotézy

Na základě rozhovorů jsem vytvořil hypotézy (viz tabulka 4.2). Nejčastěji v rozhovorech byl zmiňovaný fakt, že studentům chybí kostra semestrální práce a že nevědí, jak na semestrální práci začít, což je shrnuto v H1. Tuto hypotézu jsem následně konzultoval s garantem předmětu a ten souhlasil, že je připomínka, kterou jako zpětnou vazbu od studentů dostává často a tudíž jsme tuto hypotézu dále neověřovali a pro naše další kroky jsme s ní počítali jakožto s platnou. Tímto samo-ověřením hypotézy jsem ušetřil místo v následném dotazníku a mohl jsme se tudíž doptávat na další informace, které mi pomohli při návrhu změn předmětu.

Hypotéza	Kód
Studentům chybí kostra semestrální práce.	H1
Studenti nemají dostatečné podklady pro cvičení.	H2
Studentům nevyhovuje složitost asteroidů.	H3
Přednášky jsou na studenty příliš obsáhlé. (příliš slidů)	H4
Jediný poskytnutý zdroj informací pro studenty jsou slidy.	H5
Studentům vadí složitost OpenGL.	H6

Tabulka 4.2: Hypotézy z rozhovorů, které jsem provedl na určení stavu předmětu PGR.

Zajímavá hypotéza, která z rozhovorů vyplynula je H2. Zajímavá je kvůli tomu, že studenti podklady mají, ale někteří z nich o nich vůbec nevěděli či je nikdy nevyužili. H2 úzce souvisí s H3, neboť během rozhovorů také vyplynulo, že by ocenili podrobnější návod. Také by raději doplňovali kód do méně složitěho frameworku, než jakým jsou asteroidy. Z těchto důvodů jsem se k hypotézám H2 a H3 stavěl jakožto k jednomu problému, nicméně při další iteraci sběru dat, jsem zkontroloval stav těchto dvou hypotéz zvlášť.

Nejméně překvapivou hypotézou z rozhovorů byla H4, neboť z vlastní zkušenosti a z krátkého neformálního „průzkumu terénu“ před samotnými rozhovory jsem na tento problém narážel nejčastěji. Je zajímavé, jak se někteří studenti stavěli k velkému počtu slidů na přednášce. Některým vyhovoval, nicméně většina respondentů se shodla na tom, že jim více vyhovuje menší počet slidů a zároveň k tomu využívají další výukové materiály, ve kterých jsou dodatečné informace a to často i nad rámec přednášek. Hypotéza H4 velice úzce souvisí s H5 a tudíž je znovu „škatulkuji“ do jednoho problému, nicméně znovu při další iteraci výzkumu by bylo záhodno je kontrolovat odděleně.

Poslední hypotéza, která z rozhovorů vyvstala je H6. Studentům vadí složitost OpenGL a to, že je OpenGL široce prezentováno na přednáškách, tudíž se nedostává dostatek času na teorii počítačové grafiky. Naštěstí během rozhovorů s jedním z respondentů jsem zjistil, jak se s tímto problémem vypořádávají na nejmenované německé² univerzitě při výuce počítačové grafiky. Na internetu jsou dostupné zdrojové kódy toho, jak tato univerzita implementuje různé grafické algoritmy přímo do prohlížeče, kde si student může vyzkoušet základní postupy a dokonce je možné i pracovat v 3D scéně za pomoci WebGL.

4.5 Dotazník

Při následné kvantifikaci dat dotazníkem je důležité, aby se výzkumník neukvapil a neptal se respondentů přímo na řešení, čímž by přenášel na tyto respondenty zodpovědnost. Spíše je vhodné, aby se výzkumník v dotazníku ptal na behaviorální otázky[9]. Tudíž místo otázky „Jak byste změnil vysokoškolské přednášky?“ či „Jak dle Vás vypadá ideální přednáška na vysoké škole?“ se můžeme zeptat na otázku „Jaký hlavní přínos pro Vás mají slidy z přednášek?“ a z toho je poté přímo vidět, jak studenti využívají slidy a lze poté tato data využít při návrhu změny předmětu.

²V rámci udržení anonymity respondentů nemohu uvést jméno této univerzity.

Otázka	Testuje	Kód
Ideální počet slidů na vysokoškolské přednášky	H4	A1
Jaký hlavní přínos pro Vás mají slidy z přednášek?	H4 a H5	A2
Hlavní přínosy cvičení na vysoké škole	Obecné	A3
Instrukce na cvičení:	H2	A4
Jak na Vás působila cvičení předmětu PGR?	H2 a H3	A5
Cvičení za body v PGR:	H2 a H3	A6
Oblíbenost výukových materiálů.	Obecné	A7

Tabulka 4.3: Vybrané otázky z dotazníku navazujícího na hypotézy z rozhovorů viz tabulka 4.4.

Na základě hypotéz z rozhovoru jsem sestavil dotazník. Některé z hypotéz (jak jsem zmiňoval v 4.3) jsem vypustil, neboť po konzultaci s garantem předmětu jsme společně dospěli k názoru, že některé z těchto hypotéz není nutno kvantifikovat a to H1 a H6.

Zpětně po rozeslání dotazníku jsem zjistil, že některé otázky nebyly položeny nejlépe, nicméně by to nemělo ovlivnit výsledky dotazníku. Například otázka A3 navazovala přímo na A2, ale již se v ní explicitně neopakuje, že jde o přednášky na vysoké škole. Více k těmto problémům se vyjadřuji v 4.6.

Je nutno zmínit, že dotazníky nesbírají kvalitativní data a tudíž pokud by se ve zpětné vazbě dotazníku objevovaly zajímavé vhledy, bylo by nutné znovu provést rozhovory. Navíc vzhledem k tomu, že studentům PGR za posledních 5 let jsem již posílal email s prosbou o vyplnění dotazníku, nemyslím si, že by byli příliš ochotní účastnit se dalšího výzkumu.

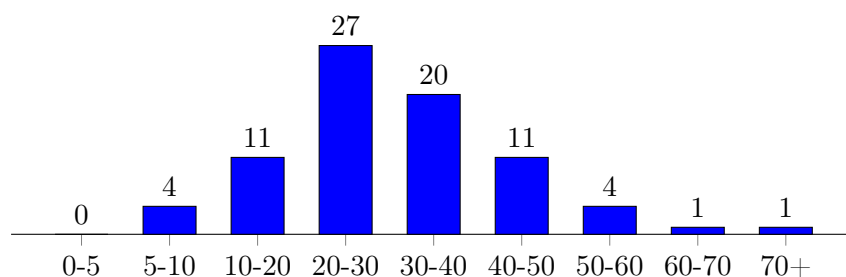
4.5.1 Interpretace dat

V následující sekci interpretuji otázky z dotazníku. Pro tuto interpretaci jsem zvolil strukturovaný přístup, kdy nejdříve předložím výsledný graf odpovědí, následně tento graf popíši poté interpretuji a nastíním přínos této otázky pro další směřování předmětu. V této práci nerozebírám všechny otázky, které jsem v dotazníku položil, neboť některé z nich byly špatně interpretovatelné.

Na obrázku 4.1 je vidět, kolik slidů preferují studenti při přednášce na vysoké škole. Otázka ohledně počtu slidů reaguje na hypotézu H4. Spočtením jednoduchého průměru vychází preference na 30,7 slidu na jednu přednášku. Tento průměr jsem vypočítal tak tak, že jsem pro každou hodnotu vypočetl průměr rozpětí, tedy například 20-30 jsem interpretoval jako 25. Pouze u speciálního případu 70+ jsem interpretoval jako 75, abych mohl pokračovat na pomyslné škále, která s každou další hodnotou stoupá o 10. A následně jsem veškeré odpovědi zprůměroval.

Pohledem je na grafu vidět, že okolo čísla 30 je jakási špička a dál od ní klesají preference křivkou připomínající Gaussovu křivku. Pokud bych bral odpovědi pouze s jedním výskytem jakožto výjimky a nebral je v potaz, tak data vycházejí skoro zrcadlově až na rozdíl mezi otázkami 20-30 a 30-40 v sedmi respondentech. Je tedy z těchto dat vidět, že studenti PGR preferují 20-40 slidů na vysokoškolských přednáškách.

Jaký počet slidů je dle Vás ideální na jednu běžnou vysokoškolskou přednášku (1,5 h)?

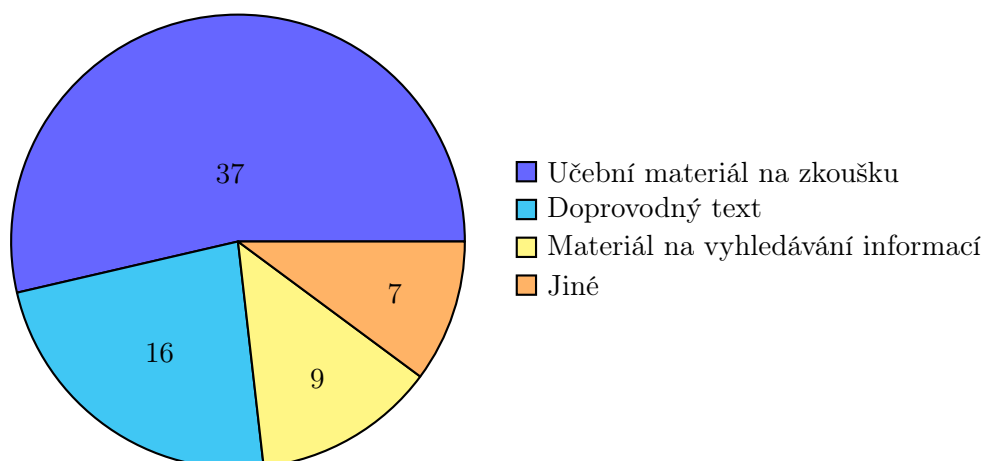


Obrázek 4.1: Preference počtu slidů na přednášce u studentů předmětu PGR. Na ose X je počet slidů a na ose Y počet studentů s touto preferencí.

Při navrhování změn vysokoškolského předmětu jsem bral v potaz, že by se měly slidy přizpůsobit rozpětí 20-40 s přihlédnutím na informační objem. Průměrná přednáška by se však měla držet okolo 30 slidů, aby vyhovovala co největšímu počtu studentů. V případě předmětu PGR, jsem však nemohl ovlivnit počet slidů přímo, neboť jsem nebyl zodpovědný za změny v přednáškách. Tudíž jsem skrz tento výzkum garantovi předmětu doporučil vzhledem k tomu, že je předmět informačně velice hustý, počet slidů u přednášek směřovat do rozmezí 30-40, aby se vyhovělo preferencím studentů, ale nemusel se přitom snižovat objem předávaných informací.

Další otázka mířila na hlavní přínos slidů pro přednášky, neboť každý student může význam slidů na přednáškách chápat jinak. Na obrázku 4.2 je vidět názor studentů na význam slidů na přednáškách. Většina respondentů odpověděla, že jsou pro ně hlavním učebním materiálem na zkoušku. Druhá nejčastější odpověď je, že studenti chápou slidy jakožto doprovodný text k výkladu přednášejícího. Další častou odpovědí bylo, že studenti mají slidy na přednášce jakožto materiál na vyhledávání informací. V neposlední řadě studenti odpovídali i do kolonky jiné, nicméně nelze tyto odpovědi přiřadit čistě do žádné z těchto tří hlavních směrů. Podrobnější informace o této a dalších otázkách je v příloze A.

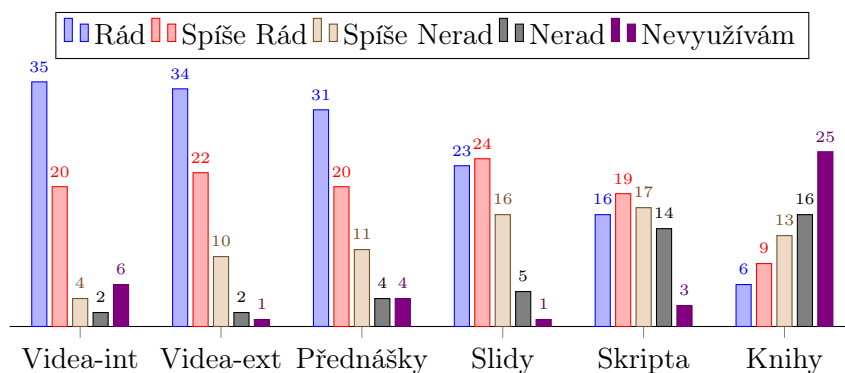
Jaký hlavní přínos pro Vás mají slidy z přednášek?



Obrázek 4.2: Názor studentů na význam slidů na přednáškách. Na grafu je vidět počet studentů s preferencí dle legendy.

Z těchto dat a z obrázku 4.1 lze vyčíst, že navzdory tomu, že studenti chtějí rozpětí přednášek okolo 20-40 slidů, nejčastěji chápou tyto slidy jakožto učební materiál na zkoušku. Tento jev může nastávat z různých důvodů. Na rozpoznání důvodu tohoto jevu nemám dostatečné informace, nicméně mezi možnými důvody je například častá neexistence dalších doprovodných materiálů, ze kterých by se student mohl učit. Tento důvod uvádělo velké množství studentů při rozhovorech. Proto jsem pro účely změn výuky s touto hypotézou pracoval jako s platnou, nicméně pro následující výzkum by bylo dobré tento předpoklad více prozkoumat.

Jak rádi využíváte následující výukové materiály při přípravě na zkoušky na vysoké škole?



Obrázek 4.3: Preference studentů ohledně výukových materiálů. Respondenti měli pro každou kategorii právě jeden hlas. Na ose Y jsou poté tyto počty vyneseny dle jednotlivých kategorií.

Na základě těchto odpovědí si myslím, že studenti slidy vnímají jakožto učební materiál hlavně kvůli absenci dalšího výukového materiálu. Tomuto tématu je věnován obrázek 4.3. Dále je vidět, že studenti chápou slidy jako doprovodný text k výkladu a materiál na vyhledávání informací, kterým například nerozumí. Do budoucna by bylo dobré tyto dvě části slidů posílit a to například tím, že na slidech budou pouze nezbytné informace a budou tedy tvořit jakousi kostru předmětu s tím, že by v nich měly být odkazy na preferované výukové materiály. Tímto lze zjednodušit studentům přístup k informacím a snížit kognitivní zátěž na ně nakládanou, která není nezbytná k obsahu předmětu.

Na obrázku 4.3 zachycuji různé výukové materiály a postoje studentů k nim. Z dat můžeme vidět, že studenti více preferují audio-vizuální materiály nad klasickými materiály, jako jsou slidy, skripta či knihy. Rozdíl mezi preferencemi u školních a externích videí je v tom, že školní videa jsou využívána studenty méně. Studenti také u externích videí uvedli, že je využívají spíše neradi. Z klasických psaných zdrojů jsou nejoblíbenější slidy. V těsném závěsu za nimi jsou skripta, a nejméně oblíbeným výukovým materiálem jsou knihy, kdy 25 respondentů uvedlo, že je nevyužívají.

Jak je vidět z dat, studenti více preferují audio-vizuální zdroje. Vzhledem k informacím z rozhovorů si myslím, že je to způsobeno tím, že na videa jsou studenti zvyklí ze svých volnočasových aktivit, kdy velká část informací, z kterých čerpají, je z internetových videí, jako jsou například tutoriály na YouTube a podobné. Toto lze krátkodobě řešit nahranými přednáškami, nicméně do budoucna si myslím, že pro zkvalitnění výuky předmětu PGR je důležité vytvořit výuková videa, ze kterých by se studenti mohli učit.

4.6 Možná zkreslení výzkumu

V této sekci se věnuji možným zkreslením mého výzkumu, se kterými jsem musel při interpretaci dat počítat. Také jsem při následné implementaci nad těmito daty musel být opatrný, abych nezakládal své kroky na zkreslených informacích.

Rozhovory

Mezi možná zkreslení mého prvního výzkumu, v případě rozhovorů patří například to, že se osobně znám s některými z dotazovaných. Dále také mnou zvolená metoda snowball není ideální, neboť se někteří respondenti mezi sebou znají a patří do podobné sociální skupiny. U metody snowball by také mohl nastat problém s tím, že vzorek respondentů nebude dostatečně reprezentativní, neboť se respondenti mezi sebou znají a mohou mít velmi podobný postoj vůči předmětu. Další zkreslení, které se mohlo vyskytnout, je,

že nejsem vůči předmětu neutrální a to z důvodu, že jsem si předmětem prošel a také, že jsem už dopředu věděl, že budu navrhopvat změny tohoto předmětu.

Těmto zkreslením jsem se snažil předejít tím, že před vlastním výzkumem jsem si v rámci předmětu PUR sepsal svá očekávání a po výzkumu jsem zpětně reflektoval, nakolik jsem výzkum ovlivnil. S výsledkem této sebereflexe jsem poté musel počítat při interpretaci dat, neboť jsem některé výpovědi nemohl interpretovat kvůli špatně položeným, často i zaujatým otázkám. Dalším způsobem, jak jsem redukoval zkreslení, bylo to, že jsem prováděl rozhovory většinou na půdě fakulty či na fakulním Teams³, kvůli neutrálnímu a hlavně klidnému prostředí.

Dotazník

Největším zdrojem zkreslení u dotazníků je forma položené otázky. Nejdůležitější je nepřidávat záporny uprostřed vět, neboť je velice jednoduché pro respondenty se přehlédnout. Další zkreslení může vzniknout například otázkou, na kterou je pro respondenta těžké odpovědět. Například, pokud je naše výzkumnická otázka, kolik hodin věnuje respondent předmětu za semestr, je mnohem jednodušší se zeptat kolik jich věnuje týdně a poté si propočítat, kolik hodin to vychází na semestr.

Další zkreslení, které může při dotazníku nastat, je dotazování se na dvě věci jednou otázkou. Například otázka „Nevyhovují Vám přednášky, protože je tam příliš slidů?“ by se dala rozdělit na dvě otázky, každá s vlastní výpovědní hodnotou. Tyto otázky by mohly například být: „Vyhovuje Vám současný stav přednášek?“ a poté navázat otázkou „Pokud Vám přednášky nevyhovují, jaký je k tomu důvod?“. Tato předchozí otázka rovnou vybízí ke zmínění dalšího možného zkreslení a to je navádění k odpovědi.

Otázky by měly být neutrální a nemělo by z nich být znát, jakou odpověď výzkumník očekává. Například otázka „Proč jsou přednášky PGR tak dobré?“ je silně emočně zabarvená. Naproti tomu by se mělo například zeptat otázkou: „Co Vám na přednáškách vyhovovalo?“, abychom neovlivnili respondentův pohled.

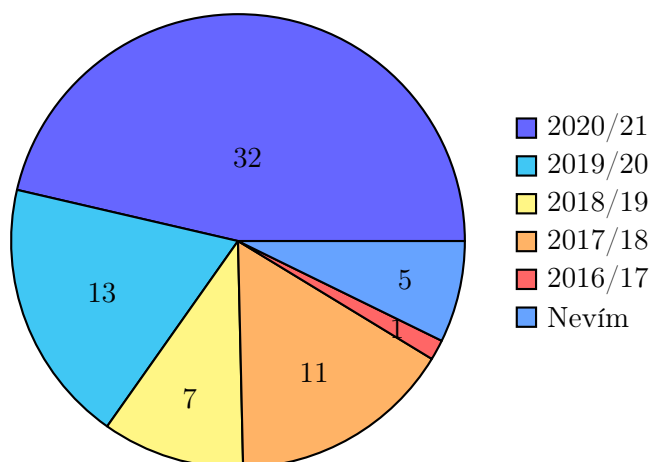
V neposlední řadě je u kvantitativních dotazníků velice důležité ptát se na přesná data, neboť každý respondent si pod pojmy málo, středně a hodně představí jiná čísla. Je tedy doporučováno^[9] se na otázky, kde se dá aplikovat počet ptát na přesná čísla či rozmezí.

Těmto zkreslením jsem se snažil předejít tím, že jsem svůj dotazník konzultoval s různými potenciálními respondenty a ptal se jich, jak chápali kterou otázku. Dále jsem tento dotazník konzultoval jednak s garantem

³Microsoft Teams je platforma, která umožňuje komunikaci v rámci firmy či školy. Na této platformě během pandemie covid-19 probíhaly některé z přednášek na FEL.

předmětu a již zmiňovaným Mgr. Jakubem Francem, Ph.D. Pokud některá doporučení šla proti sobě, musel jsem hledat kompromisy, jako například u otázky A7 jsem se nemohl doptat na to, jak často které výukové materiály studenti využívají, neboť je možné, že jejich oblíbené zdroje informací prostě neexistují, jako například neexistující skripta, absence nahraných přednášek či neexistující nahraná specializovaná videa.

Ve kterém akademickém roce jste studoval/-a PGR?



Obrázek 4.4: Otázka ohledně akademického roku. Na grafu je vidět počet studentů s preferencí dle legendy.

Jak je vidět na obrázku 4.4, většina respondentů byla z ročníků 2020/21 a 2019/20. Vzhledem k tomu, že v letním semestru 2021 byl předmět PGR plně distanční formou a v roce 2020 přešel do distanční formy po pár týdnech, musel jsem počítat se zkrácením, že někteří studenti nemohli být na cvičeních prezenčně a tudíž nemají zkušenost s předmětem ve formě, na který byl navrhován. Další zkrácení nastalo tím, že ti studenti, kteří si tento předmět pamatují v jeho prezenční formě, již mohou mít zkrácený pohled na předmět, neboť měli tento předmět před dvěma a více lety. Vzhledem k těmto dvěma zkrácením si myslím, že by se na tento výzkum mělo nejpozději v horizontu dvou let navázat.

Kapitola 5

Realizované změny ve výuce předmětu

Předmět PGR zaznamenal během posledního semestru řadu změn. A to ať už přímo či nepřímo zapříčiněných mou prací. Před začátkem semestru jsem seznámil garanta předmětu s výsledky výzkumu, dokumentovaného v kapitole 4. Na jejich základě a na základě toho, že bylo domluveno, že budu navrhovat dvě nová cvičení, se garant rozhodl, že se budou měnit i přednášky a s nimi i celý přístup k výuce do režimu Flipped Learning.

Pro studenty nejcitelnější změna byly každotýdenní emaily, ve kterých se dozvídali, co se budou nadcházející týden učit a jak se na to připravit. Ruku v ruce s emailem byl do předmětu zaveden i kvíz, který tuto přípravu podporoval, neboť fungoval jako motivační element. Tento typ motivace byl zdařilý, neboť na základě výzkumu (sekce 5.4 a 6.2) studentům vyhovovalo, že měli motivaci dělat něco pro předmět PGR; to v některých předmětech nemají a často jim to vadí, neboť někteří neměli dostatečnou vnější motivaci k tomu, aby se připravovali na hodiny dopředu.

V této kapitole nejdříve nastíním, jak vypadala kostra emailu, a následovně popíši změny ve cvičení a přednáškách. Změna přednášek byla čistě v režii garanta předmětu, tudíž v této části pouze popíši změny a nastíním motivace, ostatním částem předmětu se věnuji podrobněji. Semestrální práce jsem z tohoto popisu vynechal, neboť to byla jediná část předmětu PGR, které se změny nijak nedotkly, pouze byla zmíněna v motivačním emailu, aby studenti věděli, které části těchto prací už umí naimplementovat. K závěru této kapitoly popisuji praktický pohled na výukové formalizmy popsané v kapitole 2 a jejich reálné využití při změně výuky PGR. Nakonec završím tuto kapitolu výzkumem dopadů těchto výukových změn na studenty. Krom tohoto výzkumu jsem provedl i výzkum zaměřený na dopady Flipped Learningu, který je popsán v kapitole 6.2. Tyto dva výzkumy se silně překrývají, neboť nebylo možné oddělit výzkum dopadu změn celkově a dopadu Flipped Learningu.

Změny, které jsme společně s garantem předmětu implementovali do výuky předmětu PGR, byly velmi komplexní, tudíž je nutné odlišit, jak byly rozvržené pravomoci a kompetence. Proto v první sekci této kapitoly uvádím, jaké jsem měl během těchto změn výuky kompetence a pravomoci, abych ujasnil, z jakého postavení k těmto změnám přistupuji.

5.1 Kompetence a pravomoci

Před začátkem semestru byla dohoda implementovat změny do jednoho cvičení a jedné přednášky. Na těch jsem měl vyzkoušet různé teoretické přístupy k výuce v praxi a změřit jejich dopad na výuku. V příštím běhu předmětu by se poté aplikovaly ty techniky, které by se osvědčily.

Během prvního týdne se však garant předmětu rozhodl, že pokud se budou implementovat změny do výuky předmětu, tak by to chtělo změny plošné, neboť jedno změněné cvičení a jedna přednáška by celý předmět příliš nezměnily. V tomto musím s garantem předmětu souhlasit a zpětně si myslím, že to byl velice dobrý krok. Ve chvíli, kdy se garant předmětu rozhodl pro změny v předmětu, se však spustila lavina deadlinů, zodpovědností a úkolů, které se musely řešit každý týden. Pro mne tato lavina ustala až s odesláním posledních materiálů studentům, což bylo až koncem dvanáctého výukového týdne.

V prvních týdnech změn byly jednotlivé kompetence a zodpovědnosti nejasné, neboť se až během implementace změn odhalovalo, co vše se těmito změnami ovlivní a co bude tudíž nutné měnit.

Mé kompetence při těchto změnách se během semestru ustálily na změnách materiálů na cvičení a výpomoci s motivačním emailem. Do něj jsem pomáhal generovat a třídit výukové cíle, vyhledával odkazy na materiály, a to jak z vlastních zkušeností, tak na základě zpětné vazby, kterou jsem během semestru od studentů sbíral. Dále jsem také pomáhal s výrobou kvízů, což jsem ne vždy kvůli časovým možnostem stihl. Dále jsem byl zodpovědný za výzkum dopadu těchto změn a konzultaci těchto změn s teoretickými přístupy k výuce. Do změn v přednáškách jsem nijak nezasahoval, pouze mne garant předmětu dvakrát kontaktoval, abych mu poskytl zpětnou vazbu.

5.2 Motivační email

Každý týden dostávali studenti motivační email, který obsahoval kompetence na daný týden. Struktura emailu byla rozdělena do dvou částí, a to výukových cílů a přípravy na cvičení a přednášky. Ilustrativní emaily jsou v příloze B. Veškeré citace beru z osmého emailu.

Naší motivací pro vytvoření emailu byla praktická aplikace Flipped Learning. Jelikož je základem metody Flipped Learning prohození kompetencí v individuálním a skupinovém prostoru (viz sekce 2.1), tak bylo nutné studentům dát dopředu před výukou vědět, co vše se od nich očekává. Inspiraci jsem s garantem předmětu PGR hledal ve výuce doc. Huráka, který se také dříve rozhodl aplikovat Flipped Learning. Doc. Hurák studentům dává tyto kompetence na Moodle¹. Těto formě zveřejňování kompetencí na internet však předchází úvodní email, který vysvětluje, jak bude výuka nastavena.

Při změně ve výuce PGR jsme se však rozhodli pro cestu emailů přes celý semestr. Studenti se totiž s touto formou výuky nikdy dříve nepotkali, tudíž jsme s garantem očekávali, že nebudou zvyklí sledovat stránky předmětu, tím spíše, když jsou tyto mimo CourseWare i Moodle. Také jsme, na rozdíl od doc. Huráka, nevytvářeli vlastní obsah, ale využívali jsme již existující materiály. Toto rozhodnutí bylo na základě nedostatku času během semestru, neboť jsme s garantem předmětu měnili předmět až po začátku semestru v době, kdy probíhal. Více o tom v sekci 7.

První část emailu se vždy věnovala výukovým cílům, což v praxi znamená vyjmenované kompetence na doma a kompetence ve škole. Kompetence ve škole byly dále rozděleny na ty probírané na přednášce a probírané na cvičení.

Kompetence na doma byly akční formou, aby si studenti mohli vyzkoušet, zda dané látce rozumí, např.: *Napište maticový vzorec popisující sekvenci transformací vrcholu na obrazovku*. Na tomto příkladu je velmi názorně vidět, že student musí porozumět už vcelku komplexnímu problému, na kterém poté může přednášející stavět při přednášce. Abychom ulehčili práci studentům, tak za každou kompetencí na doma následoval odkaz na příložený materiál, kde byla odpověď či návod na tuto problematiku. U dříve citované kompetence to byl odkaz na slidy do přednášky vyrobené garantem předmětu. Tyto slidy byly následně přeskočeny v přednášce. Tomuto se však věnuji v další sekci 5.3. Krom odkazů do přednášek jsme do emailu dávali jiné typy materiálů, například jsme velice často využívali YouTube kanál 3Blue1Brown, který respondenti často zmiňovali při výzkumu popsáném v sekci 4.3. Dále jsme také odkazovali studenty na Khronos² či OpenGL-tutorial³.

Kompetence na přednáškách a na cvičeních byly pouze orientační, aby studenti věděli, co je bude čekat a mohli se na to připravit nad rámec požadavků, pokud by je to zajímalo. Jakožto příklad kompetencí na přednášku znovu cituji osmý email: „Výběr objektu pomocí zápisu ID objektu do paměti šablony (stencil).“ Jak je na této ukázce vidět, tak v kompetencích ve škole jsme pro studenty už pouze vyjmenovali probíraná témata v pasivní formě,

¹Moodle je softwarový balíček pro tvorbu výukových systémů, používaný na ČVUT.

²Khronos je nezisková organizace, vytvářející otevřené standardy pro API. Součástí její webové stránky je dokumentace OpenGL. <https://www.khronos.org/opengl/>

³Webová stránka obsahující návodné tutoriály pro OpenGL 3.3 a vyšší. <http://www.opengl-tutorial.org/>

nicméně často na praktické ukázce. Do kompetencí, které se budou probírat na cvičení, jsme shrnuli dovednosti z přednášek, které si studenti vyzkoušejí prakticky. „Plynule se pohybující textura po ploše obdélníku (plynulou změnou souřadnic).“ Na tomto příkladu je vidět, že zde popisujeme výsledek studentské práce na cvičení, nikoliv průběh.

V předposlední části emailu byla příprava na cvičení a přednášky, pro ověření těchto kompetencí z první části emailu. Motivací bylo vytvořit dvě až tři velice praktické úlohy s reálným výstupem pro studenty, aby viděli výsledek svého učení. „Ve své semestrální práci implementujte výběr objektů (např. vypište ID objektu při kliknutí).“ Tyto praktické úlohy řešily dva problémy. Za prvé měly studentům potvrdit, že se opravdu připravili na cvičení dostatečně. V ostatních předmětech tuto úlohu plní domácí úkoly, nicméně až zpětně (více o tom v kapitolách 8 a 7). Za druhé měla studentům ukázat, jak naučené kompetence využít v semestrální práci.

Využití kompetencí do semestrální práce jsem do emailu zakomponoval na základě výzkumu, který je popsán v kapitole 4. Dále to také bylo na základě zpětné vazby od studentů, více popsané v poslední sekci této kapitoly.

„Vysvětlete, jak se liší míchání barev ve FS při tvorbě mlhy a míchání barev využívající blending.“ Z této ukázky je vidět, že praktické úlohy na přednášku často neměly měřitelný výstup, což pro Flipped Learning není ideální. S garantem předmětu jsme totiž často využili akčních sloves *vysvětlete*, *diskutujte* či *napište*. Navzdory tomu, že nebyly vždy perfektní, se tyto praktické úlohy setkaly s velkou oblibou u studentů. Viz poslední sekce této kapitoly.

Na závěr emailu jsme s garantem předmětu dávali materiály, ze kterých měli studenti čerpat informace pro naplnění kompetencí z první části emailu. Materiály, kterými jsem přispíval do společného seznamu, jsem většinou čerpal z předešlých výzkumů. Zbylé materiály jsem hledal na základě zpětné vazby, kterou jsme celý semestr sbírali od studentů.


5.3 Přednášky

Přednášky doznaly značných změn už na začátku semestru, ale během semestru se dále vyvíjelo pojetí toho, jak by měly vypadat. Například se snížil počet odpřednášených slidů. Tato postupná změna vyplynula z převedení částí témat na doma po vzoru Flipped Learning. A také ze zpětné vazby, kterou jsme během semestru společně s garantem předmětu implementovali napříč předmětem.

Zpětná vazba na přednáškách byla doménou přednášejícího. Ten se ji rozhodl dělat formou „one-minute“ testů, které byly vždy jako poslední slide na přednášce. Studenti v něm odpovídali zpravidla na čtyři otázky. Dvě

vědomostní, aby si mohl přednášející ověřit, zda studenti správně pochopili odpřednášenou látku, a dvě na zpětnou vazbu. Vědomostní otázky se na každé přednášce lišily obsahem, občas i počtem. Nicméně otázky na zpětnou vazbu byly vždy stejné a to *Čemu jste dnes nerozuměli* a *Co bylo pro Vás nové a zajímavé*. Všechny otázky poté přednášející zapracoval do prezentace (viz obrázek 5.1), kterou zahájil další přednášku a poté vystavil na stránku předmětu. Zadání všech one-minute testů i se zpětnou vazbou na ně je v Příloze B.

One minute test po světlech



Co všechno z toho zařizuje OpenGL a co musíme my?

- OpenGL – nic
- My – všechno

- Čím je určeno \vec{c} ?
 - \vec{c} = vektor z bodu ke kameře
 - $\vec{c} = \text{poz}_{\text{kamery}} - \text{poz}_{\text{bodu}}$
 - V kamerových souřadnicích je kamera v počátku
 - $\vec{c} = - \text{poz}_{\text{bodu}}$
- Proč cos přes skalární součin?
 - jednodušší výpočet (3 součiny + 2 sčítání)
 - x
 - CORDIC algoritmus (tabulky + iterace)

PGR
4

Obrázek 5.1: Ukázka zpětné vazby přednášejícího studentům reagující na one-minute test. Obsahem této zpětné vazby bylo většinou do vysvětlení konceptů či koncepčních detailů, které studenti nepochopili.

Kromě zpětné vazby se na přednáškách projevil i motivační email a kvíz, které jsem popisoval v předchozí sekci. Na přednášku tak byli studenti připravenější a s nezákladnějšími koncepty se nepotkávali až na ní, ale už před ní.

5.4 Cvičení

Cvičení se změny ve výuce ze všech výukových celků dotkly nejvíce. Nejdříve v této sekci popisují plošné změny, které byly aplikovány napříč všemi cvičeními. Mezi nejdůležitější z nich bezesporu patří párové programování. Další plošné změny bylo například vystavení kódu pro cvičení předem či už zmiňovaná příprava zasílaná studentům v emailu či rozdělení prezentací, ze kterých měli studenti čerpat na cvičeních, na dvě různé prezentace. Jedna sloužila jako

příprava na toto cvičení a druhá jako doprovodný materiál během plnění jednotlivých úloh na tomto cvičení.

Kromě plošných změn přibyla i tři nová cvičení. Dvě jsem navrhl já, třetí navrhli vyučující předmětu PGR. Hodnotím pouze mnou navrhovaná cvičení, třetí si nedovoluji si hodnotit. Místo toho pouze nastíním motivaci za jeho vznikem, krátce popíšu obsah a na závěr této kapitoly v sekci 5.6 nabídnu pohled studentů na toto cvičení.

5.4.1 Párové programování

Párové programování [15] je jeden z možných přístupů k programování. Je založen na tom, že při programování nesedí programátor sám u počítače, ale má k sobě na pomoc druhého programátora, který kontroluje, co první programuje. Tato praktika je často využívána ve firmách, kdy zvyšuje kvalitu kódu na úkor rychlosti vývoje.

Párové programování je možné využít i pro výuku [21], kdy studenti více vědomě programují. Jedna možnost, jak implementovat párové programování, je ta, že jeden z programátorů, v našem případě studentů, programuje a druhý mu radí. V ideálním případě by párové programování na vysokých školách vypadalo tak, že první student píše a druhý kontroluje, zda v kódu nepíše chyby, popřípadě na internetu dohledává specifikace metod, které první student využívá ve svém kódu.

Výhod využití párového programování při výuce je hned několik. Jedna z hlavních výhod je to, že studenti plynuleji řeší problémy. Další je ta, že lépe porozumí napsanému kódu, neboť ho se svým spolužákem musí konzultovat. Nejen to, ale také při komunikaci se spolužákem studenti sdílí své přístupy k programování a učí se přemýšlet nad tím, jak nad programováním přemýšlet. Je to kvůli tomu, že studenti musí aktivně obhajovat svá rozhodnutí při psaní kódu před svým spolužákem a tím si lépe uvědomí, proč a co dělají. V neposlední řadě při párovém programování můžeme na studenty dát větší zátěž, neboť můžeme očekávat, že ve dvou budou řešit problémy podstatně rychleji, než by je řešil student sám. Je to tím, že na rozdíl od průmyslové praxe studenti pracují na stejném zadání, a tudíž jde pouze o rychlost vývoje jedné úlohy, nikoliv celého projektu. Na tyto výhody jsem narazil při výzkumu stavu předmětu.

Toto ne vždy funguje ideálně, Neboť kromě výhod jsem narazil i na nevýhody. Více o tomto výzkumu a nevýhodách píše v sekcích 5.4 a 6.2.

5.4.2 Cvičení na kostru práce

V pořadí první změněné cvičení v běhu předmětu PGR bylo cvičení na kostru semestrální práce. Cvičící prováděl studenty kostrou OpenGL programu nadesignovanou tak, aby z ní mohli studenti vycházet pro svou semestrální práci.

Motivací pro toto cvičení bylo to, že výzkumem ze semestru předcházejícího běhu předmětu PGR jsem zjistil, že studentům chybí kostra pro jejich semestrální práci. Na tomto základě vyučující předmětu PGR vyrobili cvičení, které mělo za úkol jim tuto kostru poskytnout.

Již zmiňovaná kostra je základní „formulář“ pro běžnou interaktivní aplikaci, do něj studenti dopisují kód pro zadané úkoly. Dříve používali kód z projektu Asteroidy, který je však příliš komplexní a nevede ke stavbě zdola nahoru.

Dále mělo toto cvičení studentům poskytnout základní nadhled nad tím, jak vypadá OpenGL, neboť v mnou provedeném výzkumu v kapitole 4 si respondenti stěžovali, že nejdříve museli dlouho bádát nad tím, jak vlastně se svojí semestrální prací začít. Jakmile ale jejich semestrální práce začala „něco vykreslovat“, tak došli určitého uspokojení a práce je začala bavit.

5.4.3 Cvičení na vývoj hry Asteroidy

Po tomto cvičení následovalo šest cvičení věnovaných vývoji hry Asteroidy (dále pouze jako Asteroidy), které v předmětu PGR byly i v dřívějších bĕzích. Asteroidy jsou cvičení, která jsou zaměřená na to, aby studenti postupně stavĕli celou aplikaci od začátku.

Nejdříve shrnu každĕ z těchto ěsti cvičení a nastavím kontext těchto cvičení i tím, že popíši, s čím měli studenti nejčastĕji problém. Následně popisuji některé ze zajímavých zmĕn, které jsem na těchto cvičeních provedl. Ne všechny zmĕny, které se staly na cvičení, jsou zde zdokumentovány, ale veškeré odkazované materiály jsou v příloze B v upravenĕ i neupravenĕ formĕ.

První cvičení - primitiva

První cvičení ze sĕrie Asteroidy je o tom, že studenti vykreslí základní tvar UFO. Na tomto prvním cvičení studenti píší pole s daty pro geometrii UFO. Následně tuto geometrii inicializují a vykreslují. Toto vykreslování si vyzkouší jak přes `glDrawArrays()`, tak i indexovanĕ přes `glDrawElements()`. To znamená, že si studenti musí prostorovĕ představit, jak UFO vypadá dle obrázků v prezentaci (viz. obrázek 5.2).

Na tomto cvičení měli studenti problém s tím si představit, jak UFO vypadá. Také pro ně bylo matoucí, že je UFO navrženo tak, že se rozprostírá po ploše X/Z a osa Y je směrem ke kameře.

úloha 1 – horní část UFO TASK 1_2-Y

pohled shora

pohled z boku

vykreslete horní část UFO tak, aby se střídaly barvy trojúhelníků (viz obrázek)

před úlohou

výsledek

PGR cvičení
Jaroslav Sloup / Petr Felkel
5

Obrázek 5.2: Upravený slide vysvětlující geometrii horní poloviny UFO objektu ve výukové aplikaci. Zde jsem se snažil pro studenty být co nejnázornější, tudíž na slidech měli ukázkou toho, jak vypadá aplikace před implementací daného kroku i po ní.

Druhé cvičení - transformace

Druhé cvičení mělo v sobě zakomponovanou dvacetiminutovou vsuvku o transformacích, kterou jsem vytvořil a odevčil. Více o této vsuvce píš v sekci 5.5.1. V tomto cvičení mají studenti za úkol zpracovat vstup z klávesnice a aplikovat změny do stavové struktury objektu *vesmírné lodi*. Dále je na studentech, aby nastavili kameru tak, aby se mohli po scéně rozhlížet z pohledu *vesmírné lodi* a nastavit i zpracování vstupu myši pro změnu úhlu kamery v ose Y.

V tomto cvičení měli studenti problém s pochopením, jak fungují argumenty funkce `glm::lookAt()`, pro kterou nastavovali dva body a vektor, které se do ní poté poslaly jako tyto argumenty. Dále měli studenti problém pochopit, jak přesně funguje `timeDelta` při zpracování vstupu klávesnice a jak ovlivní ovládání, protože z předchozích předmětů tyto koncepty neznají.

Třetí cvičení - světla

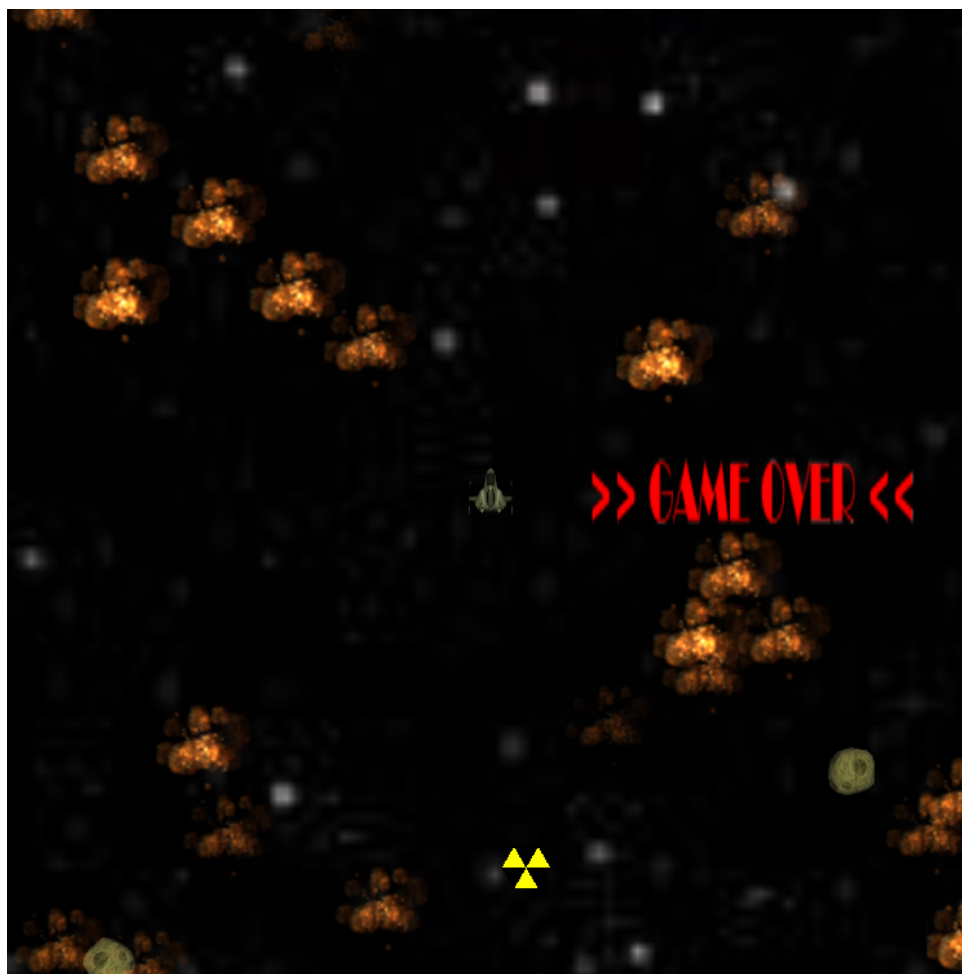
Ve třetím cvičení měli studenti za úkol naimplementovat ve vertex shaderu Phongův osvětlovací model. Tento model měli studenti nastavit pro směrové světlo i reflektor. Dále měli studenti nastavit parametry pro reflektor tak, aby svítil z objektu *vesmírné lodi* dopředu, jako kdyby si tento objekt svítil na cestu. Pokud studenti stíhali, mohli si zkusit implementovat toto osvětlení nejen jako per vertex, ale také jako per fragment, tedy přesunout tento výpočet z vertex shaderu do fragment shaderu.

Většina studentů měla problém s tím, že zapomínali na normalizaci vektorů, které se využívají při výpočtu osvětlení. Dále měli problém při převádění pozice slunce do kamerových souřadnic, neboť si neuvědomili, že jde o směr ke slunci, nikoliv o pozici slunce. Tento problém přetrvával i u výpočtu pozice a směru reflektoru, kdy vypočítávali pozici reflektoru jako směr a směr reflektoru jako pozici.

Čtvrté cvičení - textury

Ve čtvrtém cvičení studenti pracovali s texturami. Jejich úkolem bylo vykreslit na obrazovku animaci exploze přes dynamickou texturu a pohybující se texturu s nápisem „GAME OVER“ (viz obrázek 5.3). Studenti si také vyzkoušeli práci s funkcí `glEnable()`, kdy povolovali míchání barev, které poté nastavovali přes funkci `glBlendFunc()`. Tím zajistili, aby nápis GAME OVER a exploze byly průhledné.

Studenti na tomto cvičení měli problémy s dynamickou texturou, kdy měli problém si představit, jak se vypočítává výřez z textury, který zrovna chtějí vykreslit. Dále měli studenti problémy s `glBlendFunc()`, neboť si nebyli jistí, jak ji nastavit, a to i přesto, že to bylo v dodávané prezentaci explicitně napsáno. Dále měli studenti problém animovat nápis GAME OVER, neboť nevěděli, jak funguje funkce `glTexParameteri()`.




Obrázek 5.3: Screenshot výsledné aplikace na konci čtvrtého cvičení Asteroidů, ve kterém studenti implementovali dvě animované texturey. První byla animace výbuchu a druhá nápis GAME OVER značící konec hry.

Páté cvičení - animace

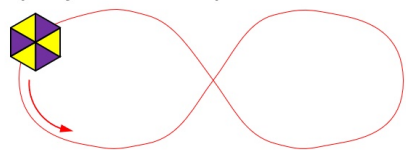
Páté cvičení asteroidů bylo věnováno rozhýbání objektů. Studenti měli za úkol vypočítat derivaci a pozici na oblouku křivky v závislosti na parametru t . Poté měli tyto výpočty provázat na uzavřené křivce z více napojených segmentů a nakonec nastavit UFO objekt, aby po této křivce (viz obrázek 5.4) létal v závislosti na uběhlém čase.

Výpočty nad segmentem byly prováděny maticovými počty. S tím měli studenti problém, protože v OpenGL je maticová notace po sloupcích *column order*, ale oni předpokládali řádkovou. Další problém pro studenty byl výpočet segmentu a následně parametru t z uběhlého času, neboť měli problém přijít na to, že po dokončení běhu po křivce začíná animace cyklicky od začátku.



Úlohy

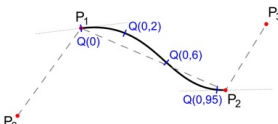
Cílem cvičení je rozpohtybovat UFO po křivce



úloha 2

TASK 5_2-1 • výpočet pozice na segmentu

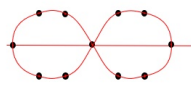
TASK 5_2-2 • výpočet derivace (natočení)



úloha 3

TASK 5_3-1 • výpočet pozice a derivace na uzavřené křivce složené z více vzájemně napojených segmentů

TASK 5_3-2 • volání funkce **alignObject()** pro správné natočení objektu UFO



PGR cvičení
Petr Felkel / Jaroslav Sloup / Tomáš Barák

Obrázek 5.4: Ukázka z prezentace dodávané k pátému cvičení na Asteroidy, které se zaměřovalo na animaci objektů. Na tomto slidu je naznačena posloupnost jednotlivých kroků, které student musí implementovat, i s pojmenováním dle bloků kódu, do kterých mají studenti implementovat svá řešení. Také stojí za zmínku barevné zvýraznění funkce, kterou studenti implementují.

Šesté cvičení - interakce

V šesté, závěrečné úloze měli studenti za úkol zajistit, aby objekty zůstávaly na obrazovce. Což měli zajistit tím, že pokud se jejich obalující koule ocitla mimo obrazovku, měli objekt vrátit na druhou stranu obrazovky, aby se ve stejnou chvíli začal objevovat. Druhým úkolem bylo zajistit kolize přes výpočet jednoduchých testů a to, zda je bod uvnitř koule a zda se koule protíná s jinou koulí. Posledním úkolem bylo napsat v aplikaci *picking*⁴ přes zápis a čtení z paměti šablony.

Problém v posledním cvičení na Asteroidy měli studenti převážně v uvědomění si, jak udržet objekt v rámci obrazovky. Často pouze „natvrdo“ nastavili pozici na druhou stranu a nepočítali s tím, že objekt se může pohybovat po obrazovce rychle. Tudíž vznikal zajímavý artefakt, kdy se objekty chovaly, jako kdyby je vždy při přejetí hrany obrazovky někdo „postavil znovu na startovní čáru“. Dále měli také studenti problém s nastavováním `glStencilFunc()` a čtením z paměti šablony funkcí `glReadPixels()`, neboť zapomněli překloupat osu Y, která je jedním z parametrů této funkce.

⁴Picking je proces určení objektu, který se nachází v tří-dimenzionální scéně, na základě vykresleného ID.

5.5 Nová cvičení

Další součástí změn ve výuce byla dvě nová cvičení. V prvním z nich jsem studentům interaktivní formou přiblížil důležitost pořadí transformací. V druhém jsem studentům připravil čtyři malé aplikace, které měli za úkol projít a opravit v nich chyby.

5.5.1 Cvičení na transformace

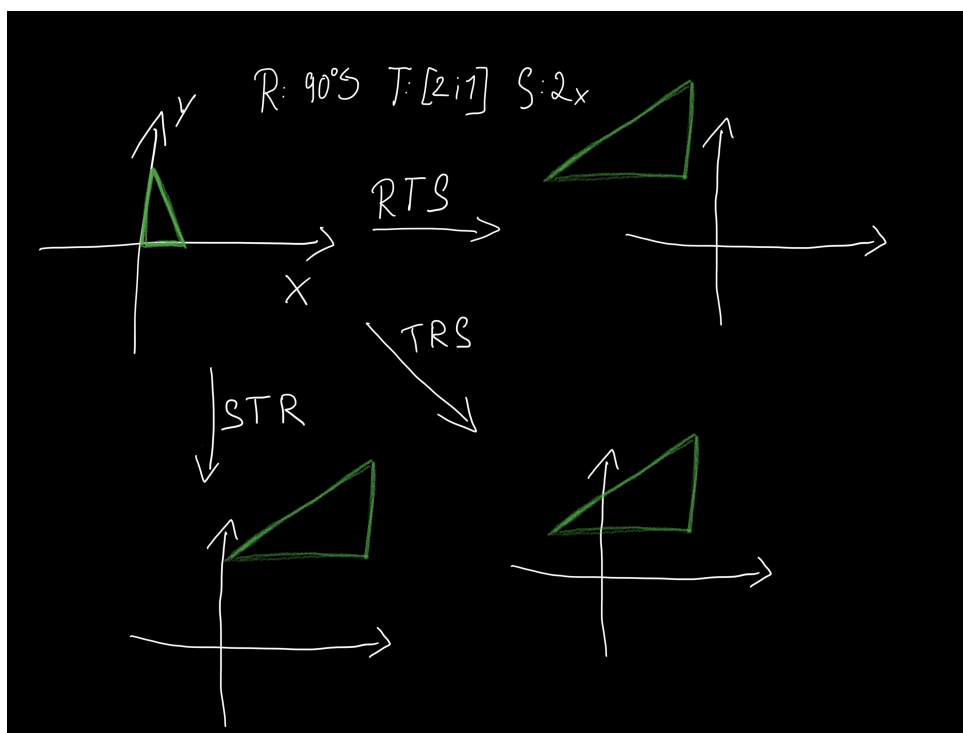
První nové cvičení bylo kvůli rigidní osnově předmětu implementováno jako dvacet až třicet minut dlouhá vsuvka, a to ještě pouze u dvou paralelek. Jedna z paralelek byla na FEL, druhá na FIT. Důvod k takto konzervativnímu přístupu byl ten, že se studenty bylo ve zbylém čase potřeba implementovat další část Asteroidů.

Pro toto cvičení jsem na základě výzkumu (viz kapitola 4) vytvořil krátký neformální manuál (k nahlédnutí v příloze B), který jsem poté použil jako vodítko. Studenti na základě výzkumu měli největší problém s transformacemi a jejich ukotvením v praxi a kvůli tomu se toto cvičení věnovalo transformacím a jejich skládání.

Můj návod měl v sobě různé typy průchodů, podle pokročilosti studentů při práci s maticemi. Nejdříve jsem dal studentům za úkol, aby si napsali základní transformační matice dle zadání. Tento krok jsem považoval za skoro zbytečný, neboť jsem byl pevně přesvědčen o tom, že studenti tuto látku již dávno znají z přednášek a jiných předmětů.

Matici pro škálování napsali studenti velice rychle, nicméně velmi překvapivé bylo, že napsat z paměti matici pro posun ve 2D trvalo studentům kolem tří minut. Matici pro rotaci poté už studenti nebyli schopni složit vůbec, tedy až na jednu výjimku na FEL.

Dalším krokem bylo se studenty probrat, jak ovlivní pořadí násobení matic výslednou transformaci, kdy jsem využil Problémově orientované výuky (viz 2.4), aby si studenti tuto část více upevnili v paměti. Tato část se však lišila na FIT a FEL. Na FIT byli studenti méně akční, tudíž jsem je vyvolával k tabuli a nechal je počítat transformace a nestihl jsem s nimi vyzkoušet praktickou ukázkou, kdy si měli vypočítat pozici jednoduchého trojúhelníku (viz 5.5) po pronásobení maticí s různým pořadím transformací. Na FEL rozdíl od FIT jsme se studenty stihli projít praktické ukázkou i s výpočty a ukázáním toho, jak se různé posloupnosti transformací liší.



Obrázek 5.5: Poznámky k výuce transformací. Jednoduché schéma nastiňuje, jak se projeví pořadí transformací na pozici zeleného trojúhelníku. Tyto pozice trojúhelníku si měli studenti na hodině nakreslit a zjistit, proč se transformace navzájem ovlivňují.

Reakce studentů na tuto krátkou vsuvku byly velmi pozitivní. Nejpravděpodobnější důvod je ten, že toto cvičení bylo vytvořeno na základě potřeb studentů. Výsledky tohoto cvičení shrnuji v sekci 5.6.

5.5.2 Cvičení na ladění kódu

Ve výukovém plánu⁵ bylo dříve na zkoušku cvičení na procvičování transformací, kdy se studenti seznamovali s aplikací I3T⁶. Na základě výzkumu jsem toto cvičení nahradil procvičováním ladění *OpenGL* kódu.

V tomto cvičení měli studenti za úkol odladit tři krátké programy v *OpenGL*. Jeden z těchto programů byl zaměřen na práci s buffery, druhý na texturování objektů a třetí na výpočet osvětlení ve fragment shaderu. Kromě těchto tří programů měli studenti přístup ještě k jednomu velmi jednoduchému programu, který jsem se studenty prošel a na něm jim ukázal, jak ladit *C++* kód s prvky *OpenGL*⁷. Cvičení na FEL jsem vedl já a na FIT je vedl garant předmětu.

⁵K nahlédnutí na stránce předmětu:

<https://cent.felk.cvut.cz/courses/PGR/seminars.html>

⁶Interaktivní nástroj pro výuku transformací. <https://i3t-tool.org/>

⁷Kvůli špatné komunikaci z mé strany bylo toto projití kódu se cvičím pouze na FEL.

Každý z programů byl vytvořen na základě zpětné vazby, kdy při jednom z *one-minute* testů jsme zjistili, že největší problémy studentům dělá práce s buffery, texturování objektů a ladění kódu v shaderech. Krom těchto tří témat jsem si také u studentů všiml, že nemají skoro žádné zkušenosti s laděním kódu.

```
//To be used incrementally with scrolling
void GameState::updateFov(float mouseDir) {
    this.fieldOfView = INIT_FOV + mouseDir * FOV_CHANGE;
}
```

Obrázek 5.6: Ukázka kódu ze semestrálních prací studentů. Student, který napsal tento kód, se ve své semestrální práci snažil měnit zorné pole kamery inkrementálně otáčením kolečka myši. Při otočení kolečka této funkci předával hodnotu směru otáčení kolečka. Tudíž otáčení kolečka myši by teoreticky přičítalo či odčítalo od proměnné, která by se poté předávala kameře jako parametr zorného pole. Problém zde byl v tom, že student k proměnné nepřičítal, ale přiřazoval do ní konstantku, k níž přičítal druhou konstantu pronásobenou proměnnou *mouseDir*, která je vždy +1 či -1.

Případů, kdy měli studenti problém se základními znalostmi ladění kódu, je mnoho; pro ilustraci je na obrázku 5.6 krátký úryvek kódu obsahující chybu, kterou měl student problém odhalit. Tato chyba spočívala v tom, že student zorné pole pouze přepínal mezi dvěma různými hodnotami. Je to tím že protože *INIT_FOV* je konstanta, od které když odečteme konstantu *FOV_CHANGE*, pronásobenou o směr otáčení kolečka myši⁸, tak můžeme dostat pouze dvě různé hodnoty.


Pokud by studenti měli zkušenosti s laděním, jaké by se po roce a půl práce s kódováním a dvou předmětech čistě zaměřených na výuku programování (PRP a PJV) daly očekávat, tak by teoreticky neměl být problém tuto chybu najít. Nejedná se o žádnou závažnější chybu, tudíž při krokování by měl student velice rychle odhalit, že tato funkce neplní svůj zamýšlený účel.

Studenti takto pokročili v ladění bohužel nejsou⁹, ale dle výzkumu víme, že by rádi věděli, jak odhalovat chyby ve svých semestrálních pracích. Kvůli tomu jsem spojil tři hlavní témata a ladění kódu do jednoho cvičení. Studenti si mohli vybrat, které z témat je nejvíce zajímavé, a s pomocí cvičících tento kód ladili. Většina studentů stihla tři ze čtyř programů, tedy základní se cvičícím a dva samostatně. Někteří ze studentů byli rychlejší a stihli odladit všechny čtyři programy.

Programy byly navrženy tak, aby měly pouze nezbytnou funkcionalitu k tomu, aby se na nich daly ukázat různé chyby, které studenti mohou potkat během svých semestrálních prací. Inspirací pro tyto chyby byli přímo sami studenti, neboť během toho, kdy jsem s nimi konzultoval semestrální práce, jsem si zapisoval různé chyby, kterých jsem si všiml.

⁸Směr otáčení myši je reprezentován jako +1 či -1.

⁹Odvozeno na základě výzkumu a empirie.



Demo 1 - Buffers


```

2  ObjectInstance::ObjectInstance(ShaderProgram& shader, const glm::mat4& ModelMatrix) {
3      m_geometry = new ObjectGeometry();
4      glGenVertexArrays(1, &(m_geometry->vertexArrayObject));
5      glBindVertexArray(m_geometry->vertexArrayObject);
6
7      // Make vbo for vertices
8      glGenBuffers(1, &(m_geometry->vertexBufferObject));
9      glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, m_geometry->vertexBufferObject);
10     glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, ufoTrianglesCount, ufoVertices, GL_STATIC_DRAW);
11     CHECK_GL_ERROR();
12
13     //Bind locations
14     glEnableVertexAttribArray(shader.locations.pos);
15     glVertexAttribPointer(shader.locations.pos, 4, GL_FLOAT, GL_FALSE, 6 * sizeof(float), 0);
16     glEnableVertexAttribArray(shader.locations.color);
17     // color of vertex starts after the position (interlaced arrays)
18     glVertexAttribPointer(shader.locations.color, 3, GL_FLOAT, GL_FALSE, 6 * sizeof(float), (void*)(3 * sizeof(float)));
19     CHECK_GL_ERROR();
20
21     //ebo
22     glGenBuffers(1, &(m_geometry->elementBufferObject));
23     glBindBuffer(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, m_geometry->elementBufferObject);
24     glBufferData(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, 3 * ufoTrianglesCount, ufoIndices, GL_STATIC_DRAW);
25     CHECK_GL_ERROR();
26

```

PGR cvičení Štěpán Machovský / Petr Felkel 3

Obrázek 5.7: Slide z prezentace vysvětlující chyby v kódu. Každý program měl nejdříve ukázaný kód se zvýrazněnými chybami, které byly poté vysvětleny v dalších slidech. Číslování chyb bylo děláno tak, aby odpovídalo jednomu možnému průchodu ladění kódu.



Demo 1 - Buffers

2. Chyba – nenavázaná VertexArray() před glDrawArrays()

Jak odhalit?

- GL error occurred in ObjectInstance::draw:38: GL_INVALID_OPERATION
- Při hledání zjistíme, že glDrawArrays hází GL_INVALID_OPERATION, protože není navázaná VertexArray

Proč je to problém?

- GPU neví odkud má brát informace pro vrcholy

Jak to řešit?

- Přesuneme glBindVertexArray před první glDrawArrays

```

...
glBindVertexArray(m_geometry->vertexArrayObject);
glDrawArrays(GL_TRIANGLES, 0, 3*ufoTrianglesCount/2);
...

```

object.cpp

PGR cvičení Štěpán Machovský / Petr Felkel 6


Obrázek 5.8: Slide z prezentace vysvětlující chyby v kódu. Tento slide vysvětluje chybu popsanou v obr. 5.10. Součástí každého kroku vždy byl popis odhalení této chyby, co tato chyba způsobuje a krátký nástin řešení této chyby. V neposlední řadě u těchto kroků vždy byl snippet kódu pro kontext. Chyba zde rozebíraná spočívá v tom, že v programu se vykreslují dvě množiny trojúhelníků, jedna z nich však nemá navázané Vertex Array.

Týden po tomto cvičení dostali studenti řešení jednotlivých programů (viz obrázek 5.7). Týdenní zpoždění řešení bylo kvůli tomu, aby si studenti mohli v klidu projít tyto programy doma a vyzkoušet si je odladit ve svém čase. V tomto řešení měli studenti vysvětlené chyby v kódu. Chyby jsem vysvětloval podrobně (viz obrázek 5.8), aby si studenti mohli vyzkoušet odladit programy společně se slidy.

Práce s buffery

První program byl zaměřen na práci s buffery. Na obrázku 5.9 je vidět už funkční program, který vykresluje z boku objekt UFO, který je součástí projektu Asteroidy, nad kterým je již zmiňovaná série cvičení. Každá z těchto částí je totiž vykreslována jinak. Horní část je vykreslována `glDrawArrays()`, což je vykreslování přímo nad polem dat bez indexace, kdežto spodní část je vykreslována přes `glDrawElements()`, která vykresluje dle indexů v EBO¹⁰. V těchto částech jsou na sobě nezávislé chyby a tudíž bylo nutné, aby studenti na první pohled mohli rozeznat, která část se špatně vykresluje.

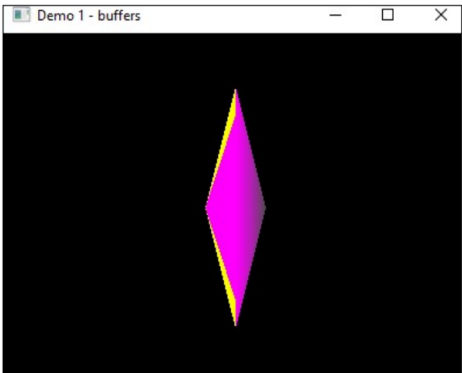
Demo 1 - Buffers



Nyní se nám správně vykresluje UFO.

Chyba, která neovlivní vykreslování UFO:
Pozice se do shaderu posílá jako 4 floaty `object.cpp:15`

Otázka pro vás:
Proč to vykreslování UFO neovlivní?



PGR cvičení
Štěpán Machovský / Petr Felkel
10

Obrázek 5.9: Slide z prezentace výsledků cvičení na ladění kódu - práce s buffery. Na tomto slidu je vidět vykreslený UFO objekt, který je převzatý z projektu Asteroidy. UFO je vykreslováno z boku, aby studenti na první pohled viděli obě části UFO, tedy spodní i horní část. Obě části UFO jsou totiž vykreslovány zvlášť, je tedy nutné pro ladění, aby studenti viděli obě části.

¹⁰Element Buffer Object.

```

...
// draw the first three (yellow) triangles of ufo top ...
CHECK_GL_ERROR();
glDrawArrays(GL_TRIANGLES, 0, 3 * ufoTrianglesCount / 2);
CHECK_GL_ERROR();

// draw the second three (magenta) triangles of ufo top ...
glBindVertexArray(m_geometry->vertexArrayObject);
glDrawArrays(GL_TRIANGLES, 3 * ufoTrianglesCount / 2,
             3 * ufoTrianglesCount / 2);
CHECK_GL_ERROR();
...

```

Obrázek 5.10: Ukázka kódu z programu zaměřeného na práci s buffery. Chyba zde spočívala v tom, že před prvním voláním funkce `glDrawArrays` nebylo navázáno Vertex Array, a tudíž se první tři žluté trojúhelníky UFO objektu z hry Asteroidy nevykreslovaly.


Na obrázku 5.9 je vidět ukázka kódu z tohoto cvičení s jednou ze základních chyb, kterou studenti při svých semestrálních pracích dělali. Tato chyba vypisovala do konzole chybu `GL_INVALID_OPERATION`, při volání `CHECK_GL_ERROR()` o řádek níže, což studentům velice usnadnilo práci. Některé z chyb, jako například špatně předaná velikost pole či stride do funkce `glVertexAttribPointer()` nejsou zachyceny `CHECK_GL_ERROR()` a jejich odhalení je o poznání složitější.

Textury

V druhém programu pracovali studenti s texturami. Soudě dle času, který studenti vynaložili na ladění tohoto programu, se jednalo o nejjednodušší program. Cílem bylo opravit program tak, aby se uprostřed obrazovky vykreslil čtverec s texturou (viz obrázek 5.11).

Některé z chyb jsem nasimuloval tak, aby reprezentovaly nejčastější chyby, jako například úryvek kódu 5.12. V této části kódu simuluji chybu, která vznikla kopírováním (Ctrl+C/Ctrl+V). Někteří studenti totiž při přidávání nových funkcionalit pouze okopírují již existující funkcionalitu a přepíší, co se mění. Často u toho bohužel zapomenou změnit některé z důležitých detailů. V tomto úryvku jsou špatně dvě věci. První je ta, že nejsou u druhého volání `glEnableVertexAttribArray()` a `glVertexAttribPointer()` nastaveny texturovací souřadnice, ale opakuje se pozice (viz obrázek 5.12). Druhá chyba je, že parametr *stride*¹¹ je nastavovaný na 6 floatů, ale pozice má 3 floaty a texturovací souřadnice 2, jejich součet je tedy 5.

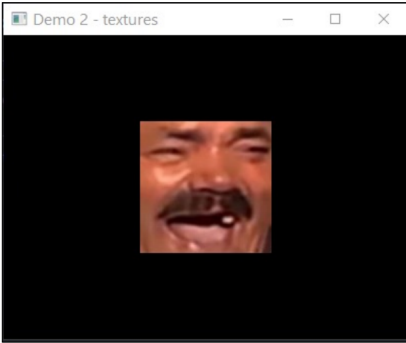
¹¹Parametr *stride* udává velikost v bytech mezi jednotlivými vrcholy ve Vertex Array. Tato velikost se udává jako délka atributů jednoho vrcholu v bytech.



Demo 2 - Textures

Nyní se nám správně vykresluje KEKW.

Otázka pro vás:
Fungoval by místo `GL_TRIANGLE_STRIP` i `GL_TRIANGLE_FAN`? Proč?



PGR cvičení
Štěpán Machovský / Petr Felkel
18

Obrázek 5.11: Slide z prezentace řešení cvičení na ladění kódu - textury. Na čtverci uprostřed obrazovky je nanesena jako textura fotografie, na které je zachycen Juan Joya Borja. Tato fotografie je též známá jako *KEKW*. Tuto fotografii jsem zvolil kvůli tomu, že je vysoká pravděpodobnost, že jí budou studenti znát. Šlo tedy o jakýsi „easter egg“ pro studenty.

```

...
glEnableVertexAttribArray(shader.locations.pos);
glVertexAttribPointer(shader.locations.pos, 3, GL_FLOAT,
                      GL_FALSE, 6 * sizeof(float), 0);
glEnableVertexAttribArray(shader.locations.pos);
glVertexAttribPointer(shader.locations.pos, 2, GL_FLOAT,
                      GL_FALSE, 6 * sizeof(float),
                      (void*)(3 * sizeof(float)));
CHECK_GL_ERROR();
...

```

Obrázek 5.12: Ukázka kódu z druhého programu - zaměřeného na textury. V kódu je typická chyba způsobená kopírováním - „CTRL+C - CTRL+V“. Problém spočívá v tom, že obě volání `glEnableVertexAttribArray()` i `glVertexAttribPointer()` obsahují `shader.location.pos`, zatímco druhé volání těchto funkcí by mělo obsahovat `shader.locations.texCoord`, jinak zůstane proměnná texturovací souřadnic nenainicializovaná.

Světla

Třetí program byl zaměřený na implementaci světel v OpenGL. Jako v jediném byly chyby čistě ve fragment shaderu, aby si studenti vyzkoušeli ladit *gsl* kód. Kvůli tomu to byl nejtěžší kód na ladění, neboť studenti nikdy takovýto kód neladili. Dále studentům ladění tohoto kódu ztěžoval fakt, že v *gsl*

neexistují breakpointy. V tomto programu byly veškeré proměnné napsané v shaderu, tudíž se studenti nemuseli vůbec dívat na `C++` soubory. Jak je vidět na obrázku 5.13, tak výsledný vykreslovaný obrázek byl nasvícený rovnoramenný lichoběžník. Ten jsem zvolil kvůli tomu, aby bylo lépe odlišitelné, jaká geometrie se vykresluje. Překryv celé vykreslované plochy by totiž mohl pro studenty být matoucí.

V tomto cvičení museli studenti ladit kód přes obarvování geometrie podle jednotlivých parametrů světla. To znamená, že si studenti do návratové hodnoty barvy fragmentu například dali spekulární složku světla, aby zjistili, zda je správně nastavená. Jak je vidět v kódu 5.14, tak funkce, která měla nastavovat světlo, neměla návratovou hodnotu ani modifikátor `out` před parametrem funkce, tudíž se do materiálu nepropsaly žádné změny a vykreslovaný materiál zůstal neinicializovaný.

Demo 3 - Lights



Nyní se nám správně vykresluje osvětlení.

Otázka pro vás:
Proč je ve výsledném obrázku specular černý?



PGR cvičeníŠtěpán Machovský / Petr Felkel26

Obrázek 5.13: Slide z prezentace řešení cvičení na ladění kódu - světla. Studenti na něm implementovali základní Phongův osvětlovací model. Na tomto slidu je vidět, že student na konci každého programu byla navazující otázka, zde například „Proč je ve výsledném obrázku specular černý?“. Odpovědí na to je to, že kamera byla umístěná v ploše zobrazované geometrie a tudíž osvětlení závislé na pozici kamery bylo vykreslováno jako černé.

```

...
void setupMat(Material mat){ //should be out Material mat
    mat.ambient = vec3(0.5);
    mat.diffuse = vec3(1);
    mat.specular = vec3(1);
    mat.shininess = 5;
}
...

```

Obrázek 5.14: Ukázka kódu z prvního programu zaměřeného na práci se světly. Chybí zde modifikátor *out*, bez něhož se změny v materiálu nepropíší do proměnné, která se do tohoto parametru vloží.

5.6 Výzkum dopadů změn ve výuce

Ve výzkumu dopadů změn ve výuce jsem se zaměřil hlavně na dvě cvičení, která jsem implementoval, a změny nesouvisející s Flipped Learning, jako například párové programování.

5.6.1 One-minute test

Během semestru jsem na cvičení provedl tři one-minute testy. Dva z nich byly specificky zaměřené na mnou implementovaná cvičení a třetí byl zaměřen na spokojenost se změnami Flipped Learning obecně. Následují první dva one-minute testy, třetí jsem spojil se zpětnou vazbou na Flipped Learning v sekci 6.2. Ve zdigitalizované formě jsou One-minute testy v příloze A.

Cvičení na transformace

Z One-minute testu zaměřeného na zpětnou vazbu na cvičení na transformace vyplývá, že drtivá většina studentů ocenila tuto vsuvku. Pouze dva ze dvanácti dotazovaných by chtěli něco na této vsuvce změnit, a to zakončit ji složitějšími výpočty a zlepšit přehlednost obrázků na tabuli.

Z odpovědí na první dvě otázky víme, že jedné polovině studentů tato vsuvka přišla jako dobré a užitečné opakování a druhá polovina ocenila to, že se prakticky naučili skládání transformací.

Pořadí	Otázka
1.	Jak užitečné Vám přišly počty na začátku?
2.	Co jste si odnesl/a ze cvičení?
3.	Co Vám na cvičení chybí?
4.	Kterou část PGR byste si chtěli prakticky vyzkoušet?

Tabulka 5.1: Otázky z One-minute testu pro cvičení zaměřené na transformace.

Naopak třetí a čtvrtá otázka jsou velmi špatně interpretovatelné, neboť na ně odpověděla pouze polovina studentů. Kromě toho některé odpovědi neodpovídaly na položené otázky. Například názor jednoho ze studentů, že mu na cvičení chybí občerstvení zdarma, káva a čaj, je sice úsměvný, ale bohužel ne přínosný. Nicméně ostatní studenti naštěstí odpovídali smysluplně. Z ostatních odpovědí plynulo, že studenti nerozumí texturování a také, že by chtěli lépe propojit cvičení se semestrálními pracemi. V neposlední řadě také, že by chtěli více cvičení. Tento názor se v one-minute testu objevil dvakrát, což z šesti studentů, kteří na poslední dvě otázky odpověděli, představovalo třetinu.

Cvičení na ladění kódu

Zpětná vazba na cvičení na ladění kódu byla v drtivé většině pozitivní a studenti ocenili, že zde bylo cvičení, na kterém mohli v kontrolovaném prostředí ladit kód. Tedy že se mohou obrátit na cvičícího v případě, že nevědí, jak dále pokračovat.

Z testu je též patrné, že studenti se s laděním kódu již dříve setkali, ale buď jen okrajově, nebo si to příliš nepamatují. Pár studentů napsalo do zpětné vazby, že ladění kódu není dovednost, kterou by jim mohla škola poskytnout, ale že se ji musí naučit sami notnou dávkou zkušeností. S tímto tvrzením osobně souhlasím. Na druhou stranu si myslím, že pokud bychom ladění kódu zakomponovali do více cvičení, tak bychom tento proces pomohli studentům urychlit.

Pořadí	Otázka
1.	Jak přínosné pro Vás bylo toto cvičení?
2.	Ve kterých předmětech jste se učili debugovat?
3.	Co by se na dnešním cvičení dalo zlepšit?
4.	Vyhovovalo Vám dnešní cvičení?

Tabulka 5.2: Otázky z One-minute testu pro cvičení zaměřené na ladění kódu.

Ze zpětné vazby jsem také zjistil, že pro studentům FIT přišlo toto cvičení pozdě, neboť tou dobou měli už pouze týden do odevzdání svých semestrálních prací. Studenti psali, že by raději měli toto cvičení dříve, protože v této situaci už jim s jejich semestrálními pracemi příliš nepomůže.

Kolem čtvrtiny studentů se domnívalo, že tato cvičení na ladění byla příliš těžká a že nemohli věřit ničemu, co bylo napsáno. Obtížnost sice byla záměrem, ale dle zpětné vazby soudím, že pro některé studenty by bylo důležité, abychom jim pomohli s laděním kódu postupně během semestru. To dále podporuje myšlenku, že by se cvičení na ladění kódu mělo rozprostřít přes celý semestr či zakomponovat krátce do všech cvičení.

5.6.2 Rozhovory

V rozhovorech zaměřených na výzkum dopadů změn ve výuce jsem se snažil vyhnout tématům Flipped Learning, abychom s garantem předmětu měli oddělenou zpětnou vazbu i na ostatní části změn.

Na základě těchto rozhovorů soudím, že se studentům líbilo párové programování a že jsou velmi spokojeni s tím, že mají možnost dát zpětnou vazbu na právě probíhající předmět. Dva ze studentů mě dokonce jednou zastavili na chodbě a řekli mi, že jsou rádi, že tyto rozhovory provádím. Proto si myslím, že je důležité, aby se tato zpětná vazba zakomponovala i do dalších předmětů. Více o tom píše v sekci 8.4.

Respondent 1

Respondent 1 (dále jako R1) je student, který má zapsán předmět PGR již napotřetí, kvůli tomu, že ho na poprvé neudělal, napodruhé také ne, neboť se kvůli ukončení studia nepřihlásil ke zkoušce. Nyní má předmět napotřetí, protože se rozhodl i přes toto ukončení studia získat titul, ale musel kvůli tomu opakovat některé předměty.

Na přednášky R1 nechodí, neboť se mu kryjí s jiným předmětem, ale v dřívějších letech na ně chodil. Tudíž nemůže přednášky soudit, jen zmínil, že dle jeho spolužáka, který také opakuje, se přednášky změnilly k lepšímu, že se na nich nyní více „chytá“. *Tento spolužák bohužel neměl dostatek času na to, abych s ním provedl rozhovor.*

R1 také přišlo, že jsou cvičení mnohem lepší, nežli byla dříve. Myslí si, že je to tím, že může pracovat s někým ve dvojici, a také tím, že se díky kvízům připravuje dopředu. Kvízy vyplňuje R1 na základě Googlu a poskytovaných

prezentací. „Mám rád, když mám něco čím se orientovat každý týden. To si myslím, že testíky (*zde myslel kvíz*) a vlastně i ten email splňují velmi dobře.“ R1 na kvízech vadilo, když byly spojené se starší látkou.

Krom těchto kvízů oceňoval R1 i emaily, které dostával každý týden. „Je super, když je takto praktický. Hlavně pokud potom na jejich základě vyplňujeme kvízy, je super si to zopakovat.“

Rozhovor potom R1 zakončil tím, že oceňuje možnost jiné zpětné vazby, neboť nerad vyplňuje anketu. „Vyhledávání zpětné vazby je jen pozitivní. Kdo nechce zpětnou vazbu, ten se nechce zlepšit. Takhle se mi navíc mnohem lépe odpovídá, protože v Anketě neřeknu vše, protože se mě nikdo nedoptá.“

Respondent 2+3

Kvůli časovým možnostem studentů jsem byl nucen jeden rozhovor provést se dvěma studenty najednou. Při interpretaci tohoto rozhovoru je důležité brát v potaz, že se respondenti navzájem ovlivňovali. Proto oba respondenty shrnu do jedné podsekce. Nicméně díky tomu jsem také mohl vidět „hlouběji“ do fenoménu párového programování, neboť respondenti pracovali ve dvojici na cvičeních.

Respondent 2 (dále jako R2) i Respondent 3 (dále jako R3) vnímají zavedený motivační email velmi pozitivně. Oba ho vnímají jako „dobrou notifikaci“. R2 s emailem pracuje tak, že si ho doma v klidu přečte a poté se soustředí na prezentaci na doma, ze které se snaží naučit na cvičení.

R3 však s emailem pracuje jinak. Také si ho přečte, ale spíše tak zjišťuje, jaké budou kompetence, aby si je poté mohl vyhledat na Googlu. R3 také říká, že je kvíz občas velmi zvláštně formulovaný, ale že víceméně odpovídá tomu, co se mají naučit. V tomto se R2 velmi lišil od R3, neboť dle něj kvíz neodpovídal vyučované látce.

Jak R3, tak R2 velmi oceňovali dodatečné materiály v emailu. Dle slov R2: „Nejvíce se mi líbilo to video na křivky, co mělo asi 24 minut. Myslím si, že kdyby bylo víc takových videí, že bych ani nemusel na přednášky.“ R3 na to reagoval tak, že se mu tyto materiály také líbily, ale že se mu více líbila relevance odkazů, s tím, že i některé odkazované YouTube kanály v materiálech znal. Z nich zmínil například Linus Tech Tips a 3Blue1Brown.

V názoru na přednášky se R3 a R2 lišili nejvíce. Zatímco R2 na přednášky nechodil, protože „Nemám potřebu tam chodit, já dám předmět i bez toho“, tak R3 na přednášky chodí. Dle R3 je to spíše z povinnosti, ale i přesto mu přednášky přijdou velmi užitečné, zvláště pokud se na ně připraví z emailu. R3 také komentoval rozdíl v přednáškách oproti minulému roku a říkal, že až na počet slidů takový rozdíl nebyl. Což však velmi nesouhlasilo s jeho dalším

tvrzením: „Počítačová grafika mě baví, takže tyto přednášky mám rád. Navíc mi narozdíl od těch nahrávek připadají ucelenější.“¹²

Na otázku ohledně cvičení R3 odpověděl, že mu přijde, že na cvičeních se nestihne probrat dostatek látky. Poté dodal: „Rád bych měl víc těch cvičení, protože na PGR je toho opravdu hodně a mě to baví, takže bych měl rád alespoň možnost si to vyzkoušet. Asi by nemusely být nutně povinný ty cvičení, ale takhle tu možnost nemám.“ Na to R2 zareagoval tím, že mu cvičení velmi vyhovují. R2 se obzvláště líbí README.txt a je rád, že na cvičení má dva cvičící. Poté také R2 dodal: „Nestalo se mi, že by to cvičení bylo k ničemu, což se mi občas u jiných předmětů stává.“

R3 se také cvičení velmi líbila. Zaměřil se také na to, že párové programování je velmi užitečné a že by ho měl rád i u ostatních předmětů. Nicméně R3 také zmiňoval, že měl problém s tím, že R2 nechodil na přednášky, a tak mu R3 musel často pomáhat. Dále R2 komentoval, že se mu párové programování velice líbí. Ale že se poté trochu cítí špatně, že nechodí na přednášky, a kdyby měl ve dvojici někoho jiného, než svého dlouhodobého kamaráda R3, tak by kvůli němu začal chodit na přednášky. Tuto motivaci však bral R2 pozitivně.

Poté jsem se R2 a R3 zeptal, co si mysleli o cvičení na transformace, a oba souhlasně řekli, že jim přišlo velmi užitečné a že jim to lépe pomohlo si představit, jak využít informace z předmětu Lineární Algebry v předmětu PGR. R3 také řekl, že informace o tom, jak skládat transformace, rovnou dal do své semestrálky, protože tou dobou na rozdíl od R2 na ní již pracoval. „Říkal jsem si, jak mám ty transformace dávat za sebe, protože se to chovalo divně, ale byl jsem líný na to si to zjišťovat. Takže se mi to cvičení velmi hodilo a navíc i chápu, proč to tak je. To nebývá často zvykem, když něco implementuji, protože často si informace jen vezmu ze StackOverflow.“

Dále se R3 vyjádřil ke cvičením, že jsou to nejlepší cvičení, na kterých zatím byl. „Baví mne, jak je pan Felkel vede, a je vidět, že chce studenty opravdu naučit. Myslím si, že jsou moc dobře stavěná. Jsou to ty nejlepší cvičení, co jsem zatím měl.“ Na to reagoval R2 tím, že se dle jeho názoru tato cvičení dělí o první místo s cvičeními PDV. R2 a R3 se poté shodli na tom, že je na cvičeních problém s tím, že píšou do příliš velkého projektu, nad kterým nemají kontrolu. R2 to shrnul následovně: „Chápu, že asi chtějí abychom si vyzkoušeli pokročilejší techniky a viděli hotovou aplikaci, ale když píšu do něčeho tak velkého, tak si pak nejsem jistej, kolik práce vlastně udělám, je tam tolik kódu, že nemám šanci si to číst na cvičení a doma si to číst odmítám, na to opravdu není čas. Radši bych si ten projekt psal celý sám na úkor toho, že by to nebylo tak interaktivní.“

¹²Zde je vidět, proč je nutné provést se studenty rozhovor, neboť bez rozhovoru bychom od R3 zjistili, že nevnímal rozdíl mezi přednáškami, ale když měl možnost se rozpovídat, tak jsme zjistili, že mu přišli ucelenější.

V neposlední řadě R2 komentoval formu zpětné vazby, kterou jsem do předmětu PGR zakomponoval. „Mám rád takhle osobní zpětnou vazbu rozhovorama. Na Anketě vyplním smajlíka a co to komu řekne, že. To nemám rád. Navíc se tam na něco ptají, ale já nevím, co psát dřív, tak radši nepíšu nic, to už bych musel být hodně nespokojený, abych tam něco napsal.“ Na toto reagoval R3 tím, že se mu tato forma zpětné vazby také líbí a že je velice rád, že má dopad, stejně jako One-minute testy, které během cvičení a přednášek vyplňují.

Kapitola 6

Aplikace Flipped Learning ve výuce předmětu

V této kapitole popisují specifika Flipped Learning, která jsme s garantem předmětu společně začlenili do výuky předmětu PGR, a sedm kroků, jak toho lze dosáhnout [Flipped Learning]. Do předmětu PGR nebyl zapojen Flipped Learning plně, neboť stále probíhaly přednášky. Nicméně z výzkumu v podsekcí 6.2 vyplývá, že studenti měli pocit lepší orientace v přednáškách, nežli je normou pro vysokoškolskou přednášku. Přednášky díky tomuto mohly probíhat v odlehčenější formě připravené na dotazy.

6.1 Sedmero Flipped Learningu - prakticky

Implementace Flipped Learning se dá shrnout do sedmi kroků. Tyto kroky jsou však ve své teoretické podobě velmi abstraktní. Proto se v této sekci podíváme na praktickou aplikaci těchto kroků a co to znamenalo za akce při změně výuky předmětu PGR. Ne vždy se však dařilo těmto sedm kroků provést v tomto sledu, někdy jsme museli s garantem předmětu některý přeskočit či odložit na později.

6.1.1 První krok - generování výukových cílů

První krok Flipped Learning by teoreticky měl znamenat, že si garant předmětu v klidu sepíše veškeré výukové cíle, kterých chce během hodiny dosáhnout, a poté je znovu v klidu zredukuje na minimum, které stále plně pokrývá celý obsah zamýšlené hodiny.

V praxi toto znamená, že pokud je čas, tak se opravdu sepíše seznam všech možných cílů, kterých lze touto hodinou dosáhnout. Následně se tento seznam prořezává. S garantem předmětu jsme však pouze vypsali cíle, kterých jsme chtěli dosáhnout, a některé z nich mohly být i duplicitní. Tento krok opravdu vyžaduje trpělivost a hlavně hodně času, což při změně předmětu za běhu příliš nejde. Nezřídka se také stalo, že se sloučilo více kroků Flipped Learningu dohromady a rovnou se vypisovaly cíle do přihrádek cvičení a přednáška.

6.1.2 Druhý krok - seřazení výukových cílů

Ve druhém kroku jde o seřazení veškerých výukových cílů dle kognitivní složitosti. Pro Flipped Learning se doporučuje Bloomova Taxonomie výukových cílů, nicméně i framework ICAP lze využít pro tento účel. Pokud však využijeme oba přístupy najednou, dají nám dohromady celistvější pohled na každý výukový cíl a poté se nám budou snáze seřazovat dle jejich náročnosti.

Praxe ukazuje, že úplně jednoduché to však není. Seřazení výukových cílů dle taxonomie je věc jedna, ale velmi záleží na tom, jak je tento výukový cíl popsán. Pokusím se toto nastínit na příkladu dvou výukových cílů ze stejné přednášky a to přednášky číslo 5 - **Barvy a výpočet osvětlení**.

Porovnejme například první cíl (*Nakreslete vektory, které se účastní výpočtu difúzní / spekulární složky osvětlení a načrtněte tvar odezvy.*) s druhým výukovým cílem (*Vysvětlete, jak je možné, že člověk vidí celé spektrum barev, když má čidla jen na tři barvy?*). První výukový cíl by dle svých akčních sloves *nakreslete* a *načrtněte* byl zařazen dle Bloomovy taxonomie do třetí kategorie a to *Aplikace*. Zatímco druhý výukový cíl by dle *vysvětlete* byl v kategorii druhé a to *Porozumění*.

Pokud bychom tedy tyto dva výukové cíle porovnali pouze dle Bloomovy Taxonomie, vyšlo by nám z toho, že první výukový cíl je kognitivně složitější, což samozřejmě nemůže být v kontextu předmětu PGR pravda, neboť nakreslení difúzní a spekulární složky osvětlení vyžaduje letmé pochopení Phongova osvětlovacího modelu. Zatímco druhý výukový cíl vyžaduje pohled na počítačovou grafiku z většího odstupů a vyžaduje porozumění metamerismu a integraci světla pro jednotlivá čidla.

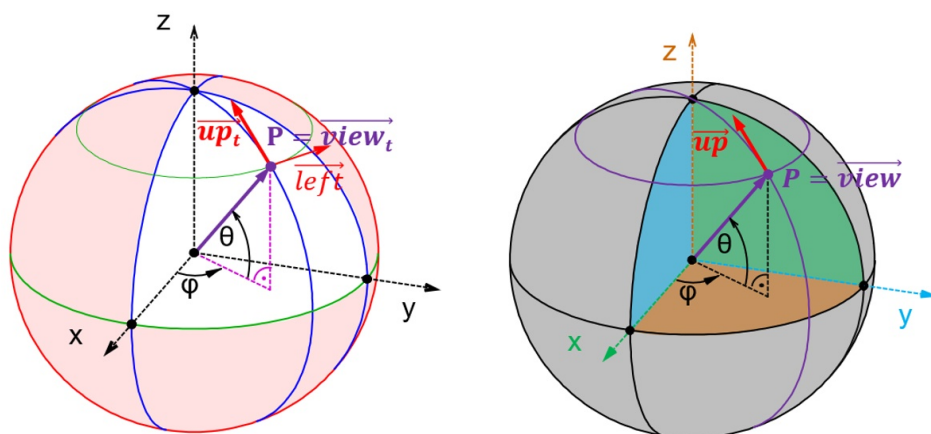
Druhý výukový cíl je nadstavba nad přednášenou látkou a jen dává kontext k tomu, proč reprezentujeme barvy v *RGB*. Je tedy očividné, že druhý výukový cíl zabírající se vnímáním barev je několikanásobně kognitivně složitější, nežli první pouze popisující Phongův osvětlovací model.

Tento problém by nebyl odhalen ani frameworkem ICAP, který by oba výukové cíle zařadil do stejné kategorie a to *Aktivní*. První výukový cíl by byl v druhé kategorii, neboť nejde o inovativní činnost, pouze z paměti nanášíme na papír co jsme viděli na přednáškách. U druhého by to bylo kvůli tomu, že pouze „*papouškujeme*“, co jsme slyšeli.

Jak je vidět, seřazování výukových cílů je nelehký, nejednoznačný a silně subjektivní úkol, který vyžaduje více pohledů na věc a to nejen ve smyslu taxonomií, ale také více lidí, neboť každý z vyučujících může mít na problematiku jiný náhled. Například pokud porovnáím sebe s garantem předmětu, tak kvůli tomu, že jsem před třemi lety absolvoval PGR, tak vidím některé výukové cíle složitěji, než je vidí on. Je to také tím, že nemám tak velký nadhled nad problematikou jako on. Nicméně toto mi naopak umožňuje se více vžít do pozice studenta a chápat kognitivní zátěž z jejich pohledu. Nejen kvůli více pohledům na věc je rozřazování výukových cílů velmi časově náročný krok ve Flipped Learning.

6.1.3 Třetí krok - návrh skupinové aktivity

Ve třetím kroku má cvičící navrhnout hrubé kontury skupinové aktivity, v naše případě tedy cvičení. Mezi tyto kontury patří například typ aktivity, délka, obsah a další. V tomto kroku se řeší výukové cíle pouze mlhavě, finální přiřazení je až v kroku pátém.



(a) Obrázek ze staré prezentace.

(b) Obrázek z nové prezentace.

Obrázek 6.1: Porovnání grafík staré a nové prezentace. Rozdíl není jen v barevném podání, ale na pravém obrázku je vynechán vektor *left*, který se na cvičení nevyužíval; na slidu byl pouze pro kontext a v této prezentaci působil rušivě.

Z pohledu předmětu PGR toto znamená upravit cvičení, které bylo dopředu dané, což znamenalo hrubě projít prezentace na cvičení, rozdělit je na domácí přípravu a pokyny na cvičení. Do tohoto kroku jsem také zařadil nejhrubší změny v prezentacích, jako je vynechání duplicitních slidů z před-

nášky či úpravy barevného podání (viz obrázek 6.1). V neposlední řadě jsem v tomto kroku vynechával z prezentací informace, které byly navíc a vyžadovaly ústní dovysvětlení, jako například vektor *left*, který se na cvičení nevyužíval. Hlavní výzvou pro mne v implementaci tohoto kroku bylo to, že jsem pro tento semestr byl časově limitován. Na provedení všech sedmi kroků byl pouze týden a tudíž jsem nemohl implementovat cvičení od začátku, tedy až na dvě, která jsou zmíněna ke konci sekce 5.4.

6.1.4 Čtvrtý krok - rozdělení výukových cílů


Ve čtvrtém kroku má vyučující rozdělit výukové cíle na lehké a pokročilé. Lehké poté většinou v dalších krocích zakomponuje do individuální části, tedy pro nás emailu a přípravy na doma. Pokročilé výukové cíle se poté zakomponují do skupinové aktivity, což pro nás znamená částečně přednášku, ale zejména cvičení, popřípadě semestrální práce.

Čtvrtý krok byl ze všech kroků při změnách předmětu PGR ten nejkratší. A to i přes to, že v teorii by neměl být časově tolik odlišný od ostatních kroků. Je to tím, že při rozdělování musí vyučující myslet na to, které vyučující cíle pokryje která aktivita a to nejlépe do detailu, ne však až na hranici implementace. V tomto kroku bylo při vytváření změn v předmětu nejjáludnější to, že víceméně neproběhl, nebo minimálně ne v tomto pořadí a duchu. Problém byl ten, že ačkoliv Flipped Learning má přinést „nový vítr do plachet“ předmětu, tak tím, že se předmět měnil až během semestru, tak se nemohly podnikat příliš velké a smělé změny, jako například změna podstaty cvičení či nahrazení přednášky konzultací.

Jinak řečeno, kostra předmětu byla dána dopředu a mohly se dodělat pouze jemné detaily. Detaily sice dělají celek, ale ten nebyl dostatečně pružný pro přizpůsobení detailu, což občas vedlo ke krokům, které brzdily další rozvoj tohoto předmětu. Nicméně větší změny jsme s garantem předmětu nezkusili, tudíž nemohu soudit. Více o úskalích v kapitole 7.

6.1.5 Pátý krok - dokončení společné aktivity


V tomto kroku už můžeme stavět na tom, že máme hotové výukové cíle a pouze je vneseme do společné aktivity, tedy cvičení. Znamená to, že vezmeme koncept, který máme z třetího kroku a doplníme do něj přesnější informace, co bychom chtěli se studenty dělat. Například, pokud bychom měli cvičení trénovat počítání matic, tak v tomto kroku budeme navrhovat takové matice, aby si na nich studenti vyzkoušeli různé techniky, které se při výpočtu matic používají. Po tomto kroku bychom se ke společným aktivitám neměli vracet, tudíž v tomto kroku i musíme vymyslet a dodělat jakákoliv vodítka, kterých se studenti mohou držet. Například prezentace s návodem co programovat.



Úloha 3 – posouvající se textura

mapování textury s textem “GAME OVER” tak, aby se posouvala zleva doprava → klávesa “g”

- počáteční mapování – textura roztažena na celý billboard
→ doplnit texturovací souřadnice v poli `bannerVertexData`




- posun textu realizován ve vertex shaderu přičtením offsetu měnícího se v závislosti na čase
- textura obsahuje alfa kanál
→ míchání dle alfa složky kresleného fragmentu v poměru

barva textury	
+	
alfa kanál	>> GAME OVER <<<
=	
>> GAME OVER <<<	

$\text{SRC_ALPHA} : (1-\text{SRC_ALPHA})$


PGR cvičení
Jaroslav Sloup / Petr Felkel
17

(a) Stará navigace cvičení.



úloha 3 – posouvající se textura

mapování textury s textem “GAME OVER”



kroky

- počáteční mapování textury na geometrii TASK 4_3-1
 - doplnit texturovací souřadnice v poli `bannerVertexData[]`
- přemapování souřadnic ve vertex shaderu TASK 4_3-4
 - animace pohybu textury TASK 4_3-3
 - texture wrap v c++ TASK 4_3-2
- vykreslení se zapnutým mícháním barev TASK 4_3-2
 - zapnout správné míchání barev ($\text{SRC_APLHA} : 1-\text{SRC_ALPHA}$)
 - míchání dle alfa kanálu

PGR cvičení
Jaroslav Sloup / Petr Felkel
6

(b) Nová navigace cvičení.

Obrázek 6.2: Porovnání prezentací na cvičení. Bráno z prezentace k cvičení 4 - textury. Na horním obrázku (a) je vidět, že neobsahuje jednotlivé kroky, ale pouze funguje jako návod k jednotlivým krokům. Na spodním obrázku (b) je vidět, že jsem seřadil kroky podle jejich logické posloupnosti (nikoliv podle číslování) a snížil celkový objem informací na tomto slidu. Ty jsem případně dal na další slidy či na slidy jednotlivých podkroků.

V PGR tento krok vypadal tak, že jsem předělával prezentace, která byla určena jako návod na cvičení, tak, aby se jich mohli studenti lépe držet a aby strávili méně času přemýšlením nad tím, co se po nich chce, a více programováním (viz obrázky 6.2). Jak je vidět na obrázcích, velmi často to znamenalo zpřehlednění rozložení stránky a dodání metainformací, jako zde například zeleně psané kroky, které se také objevují v kódu. Motivace za tímto krokem byla taková, že studenti nebudou muset hledat vztah mezi prezentací a kódem, když jim toto propojení přímo vizualizujeme. Nejen díky tomuto snížení kognitivní zátěže na studenty jsme snížili počet výskytů plagiátorství kódů na cvičení, což dle výzkumu popsaném v kapitole 4 nebyl pro studenty nikterak ojedinělý jev.

V této fázi jsme také finalizovali nepřesnosti v textovém popisu úloh v souboru README.txt a řešili, do jak velké hloubky mít prezentaci návodnou a co nechat na vlastní invenci studentů při psaní kódu.

6.1.6 Šestý krok - vytvoření individuální aktivity

V šestém kroku by dle Flipped Learning měl cvičící navrhnout individuální aktivity. A to ať už čtení článků, shlédnutí videí či cokoli jiného, co mohou dělat studenti ve svém volném čase doma. K této části také patří návrh kontroly této přípravy, jako je například krátký test, kvíz a tak podobně.

V realitě PGR se však v tomto kroku měnila prezentace, která už existovala dopředu. Změny se hlavně dotkly počtu odpřednášených slidů, kdy se některá témata přesouvala do paralelně vznikajícího kvízu a motivačního emailu. Více se o těchto změnách zmiňuji v kapitole 5.

6.1.7 Sedmý krok - vytvoření post-společných aktivit

V posledním, sedmém kroku by měl vyučující vytvořit post-společné aktivity, což jsou individuální aktivity, které mají studenti za úkol po společných. Mezi ně patří například semestrální práce, domácí úkoly či práce na projektu. V tomto kroku vytváří vyučující poklady k tomu, aby student poté mohl využít své nově naučené znalosti prakticky.

Protože předmět PGR nemá domácí úkoly, ale pouze semestrální práci, tak tento krok byl při změnách v předmětu takřka přeskočen. Nicméně jsme postupně během semestru začali přidávat praktické úlohy do emailu, které byly pro studenty po přednášce a cvičení zvládnutelné. Většinou se týkaly semestrální práce. Jako například úloha *Vložte do své semestrální práce jednoduchý objekt (svůj, nebo krychli) a naneste na něj texturu. Tuto texturu následně animujte.* z 8. týdne, kdy se v cvičeních vyučovaly textury.

6.2 Výzkum dopadu Flipped Learning na výuku

Z výzkumu dopadu Flipped Learning vyšla řada zajímavých hypotéz. Některé z nich se dokonce ani netýkaly Flipped Learning samotného. Je to tím, že výuka na vysoké škole je tak komplexní fenomén, že není možné Flipped Learning zkoumat samostatně, ale musí se vždy zkoumat i s kontextem.

Mezi hypotézy nesouvisející s Flipped Learning například patří to, že studenti mají pocit, že garant předmětu dr. Felkel se velmi snaží, aby pomohl studentům pochopit předmět PGR. Také, že mu záleží na tom, aby studenti opravdu pochopili předmět a něco si z něj odnesli, ne jen aby předmět dokončili. Tento fakt velice ulehčil další výzkum, neboť díky tomu byli studenti velmi ochotní dávat zpětnou vazbu, anžto viděli, že je tato zpětná vazba obratem zpracovávána a vidí z ní výsledky.

6.2.1 One-minute test

Z one-minute testu, který byl zaměřen na dopad Flipped Learning (otázky viz tabulku 6.1), nám jako hlavní výsledek vyšlo, že kolem 75 % studentů využívá materiály pouze na vyplnění kvízu a kolem 15 % studentů nevyužívá materiály vůbec. Raději využívají Google či slidy, a to jak na přednášku, tak na domácí přípravu.

Pořadí	Otázka
1.	Jak využíváte materiály z emailu?
2.	Jsou pro vás tyto materiály přínosné?
3.	Napište Vaši časovou dotaci pro jednotlivé předměty minulý týden.
4.	Využíváte prezentaci na přípravu na cvičení? Proč?
5.	Kterou část z PGR byste si rádi zopakovali za dva týdny? (Pouze FEL)

Tabulka 6.1: Seznam otázek v One-minute testu zaměřeném na výzkum dopadu Flipped Learning. Pátá otázka byla pouze pro studenty FEL, neboť studentům na FIT končil semestr dříve.

Další výsledek tohoto One-minute testu je to, že ne všichni studenti využívají prezentaci na přípravu na cvičení. Necelá třetina studentů nevyužívá tuto prezentaci vůbec. Druhé dvě třetiny se dělí mezi studenty, kteří využívají prezentaci pro vyplnění kvízu či domácí přípravu, a ty, kteří tuto prezentaci pročítají až na cvičení. Studentů, kteří využívali prezentaci na práci s kvízem a domácí přípravu, bylo přibližně 50 %.

Z toho plyne, že druhá polovina studentů nepracuje s přípravou na cvičení tak, jak jsem při jejich tvorbě zamýšlel. Pro další výzkum by bylo vhodné zjistit studentské motivace v pozadí tohoto jevu. Také by bylo vhodné zjistit, jakou formou by tyto informace, které byly v prezentaci, studenti preferovali.

Dále jsem při zpracování one-minute testů zjistil, že studenti se dají řadit do dvou skupin dle jejich zapojení do předmětu. A to na ty, kteří už začali pracovat na semestrální práci, a ty, kteří ji stále odkládají. Rozdíl v časové dotaci byl několikanásobný. Studenti, kteří ještě nezačali se svou semestrální prací, věnovali předmětu typicky dvě až pět hodin svého mimoškolního času týdně. Naopak studenti, kteří již začali, věnovali předmětu týdně až třicet pět hodin svého času. Dále jsme také zjistili, že studenti jsou často časově zaneprázdnění i ostatními předměty, zejména OPT, ZUI a PDV.

V neposlední řadě jsem vlastním one-minute testem zjistil preference studentů ohledně mnou implementovaného cvičení, více informací viz 5.5.2. Tři nejčastěji zmiňovaná témata byly textury, transformace a práce se světly. To mi pomohlo zvolit témata pro programy zaměřené na ladění kódu. Digitalizované one-minute testy jsou v příloze A.

6.2.2 Rozhovor

Rozhovor vedený pro zjištění hlubšího kontextu aplikace Flipped Learning jsem vedl v *guerillovém* stylu, kdy jsem pro svůj rozhovor vybíral studenty bez jakéhokoliv screeneru, neboť se domnívám, že by ho studenti nechtěli vyplnit a bylo by to další zdržení zpětné vazby. Tento rozhovor jsem provedl se třemi studenty, v této práci interpretuji však pouze dva, neboť třetí kvůli anonymizaci studenta nechci zveřejňovat.

Z rozhovoru víme, že studenti jsou sice spokojeni s tím, že jsou v předmětu změny, nicméně jejich hlavní motivace pro děláni práce do předmětu je kvíz. To je problém, neboť pokud by to takto zůstalo do budoucna, tak by úspěch dalších kroků byl přímo závislý na tomto kvízu. Proto si myslím, že je nutné do předmětu implementovat domácí úkoly, které by tuto motivaci podpořily.

Implementace domácích úkolů je také nutná kvůli tomu, že studentům chybí přímé propojení cvičení a praktického využití. Z rozhovorů plyne, že studenti nevědí jak by měli implementovat probranou látku za daný týden do semestrálních prací a ani k tomu nemají motivaci. Toto by se dalo řešit nejen domácími úkoly, ale také rozdělení diplomové práce do kratších celků.

Dále z těchto rozhovorů víme, že studenti velmi oceňují email, neboť jim slouží jako kostra předmětu a notifikace, že musí pro tento předmět něco tento týden udělat. I tento fakt podporuje myšlenku zavedení domácích úkolů do výuky, neboť domácí úkoly by mohly tuto kostru předmětu posílit. Navrhované další kroky ohledně domácí přípravy blíže popisují v sekci 8.3.

Respondent 1

Respondenta 1 (dále R1) styl PGR bavil a to hlavně cvičení. Předmětu dává dle jeho slov „trochu méně času, protože nejsou tvrdé deadliny.“ Nicméně kvůli tomu, že má každý týden kvíz, tak mimo hodiny dává předmětu 30-60 minut a to dle náročnosti kvízu.

R1 pracuje s kvízem tak, že si ho nejdříve otevře a pročte. Následně se snaží získat informace z dodávaných materiálů. Když zde R1 nenajde odpověď na svou otázku, použije google. Svoji práci s kvízem shrnul R1 slovy „kvíz je pro mne taková motivace něco do toho předmětu dělat, sice mě PGR baví, ale bohužel na něj nemám čas. Takže беру kvíz jako něco pozitivního.“

Email vnímá R1 jakožto dobrý vhléd do předmětu, neboť mu pomáhá se v něm neztratit. „Místo úkolů to drží strukturu, kdybych nemusel nic dělat, tak ani nevím, kde v tom předmětu jsme.“ Email pro R1 funguje jakožto upomínky, že vůbec předmět PGR má a tudíž mu vyhovuje. „Email je taková notifikace, že bych měl tomu předmětu něco dát, jednou mi to přišlo brzo a do konce týdne jsem na to zapomněl a neudělal jsem kvíz.“

Poskytované odkazy na materiály v emailu využívá R1 spíše sporadicky, neboť nechce číst nic co se po něm nebude chtít u zkoušky. „Na odkazy v mailu nekoukám, protože tam je moc věcí okolo. To si raději hodím do Googlu a jdu rovnou k věci.“ V kontrastu s tím pracuje R1 s vyráběnými slidy velice intenzivně. Tento fakt je zapříčiněn tím, že R1 hledá odpovědi na kvíz. „Kvíz mě donutí si pročíst celé slidy na přípravu na cvičení., protože často na něj nejde odpovědět rychle, že by odpověď byla přímo někde napsaná. Proto musím pochopit souvislosti, co se vlastně ty slidy snaží říct.“

R1 byl na všech přednáškách. Jeho hlavní motivací je, že chce, aby mu těžší koncepty byly vysvětleny v audioformátu. R1 s pochopením přednášek velice pomáhají kvízy, protože na ostatních přednáškách se teprve seznamuje s novými koncepty, kdežto v PGR o nich již alespoň slyšel. R1 přirovnával přednášky PGR k přednáškám Digitální Fotografie (dále DIF). Dle R1 je DIF na rozdíl od PGR tvůrčí, PGR je totiž na R1 příliš technické a abstraktní a dlouho trvá, než vidí reálné využití, nebo paralely s jinými obory. Dále R1 přirovnával přednášky k Paralelním a Distribuovaným Výpočtům (dále jako PDV). Kdy se R1 více líbí přednášky PGR, neboť jde o jakési rozšíření slidů, protože se k nim dodává kontext. „Na PDV se často odpřednáší slidy a chybí tam ta omáčka. Ta tam podle mě být musí, aby to bylo pochopitelné.“

R1 se připravuje na zkoušky ze záznamů, ale to jen, když má dostatek času. „Pokud jsem v časovém presu a nestíhám záznamy, tak zkouším skripta. Taky mi funguje si počítat příklady, ale to funguje jenom u matematických předmětů.“ Velké těžiště také R1 klade na praktikum, kterým si látku osvojuje do větší hloubky.

Na cvičení R1 oceňuje, že bylo implementováno párové programování. „To párové programování mi hlavně přineslo, že jsem se seznámil. Potom psaní kódu bylo rychlejší, protože něco vím já a něco on (*soused v lavici*). Přejde mi, že to pochopím více, protože toho víc stihnu, určitě bych to rád i do dalších předmětů.“ Na cvičeních se dále R1 líbí, že má k dispozici během cvičení dva cvičící.¹ Důvod je ten, že R1 nerad čeká na cvičení. „Nemám rád takový ty hluchý místa, kdy na tebe cvičící nemají čas a bez nic se neposuneš dál.“

Dle R1 bylo cvičení PGR nejlepší cvičení v daném semestru. Bylo to tím, že je velmi praktické a to se R1 velmi líbilo. Jakožto druhé uvedl PDV, kdy byla komunikace se cvičícím velmi interaktivní. „V PDV se ten cvičící pořád ptal a musel jsem stále dávat pozor.“ Na sdíleném třetím a čtvrtém místě byly Základy Umělé Inteligence (dále jako ZUI) a Databázové Systémy (dále jako DBS). R1 to odůvodnil tím, že na nich studenti pouze opakuji to, co dělá cvičící. Na posledním pátém místě skončilo OPT, neboť to bylo pouze o výpočtech, což R1 zas tolik nezajímalo.

Na semestrální práci R1 v době rozhovoru ještě nezačal pracovat. *To je čtyři týdny před odevzdáním.* Je to kvůli tomu, že nevěděl, jak začít. Na otázku, zda by chtěl párové programování i na semestrální práci, R1 odpověděl, že ne, neboť z dřívějších zkušeností z Programování v jazyce Java (dále jako PJV) a Počítačové hry (dále jako HRY) nemá dobré vzpomínky. Na PJV musel R1 pracovat navíc na částech, které ho nezajímaly, a v předmětu HRY měl problém se synchronizovat, neboť týmy byly po čtyřech. U semestrální práce PGR R1 také chyběly menší kroky, které by si mohl zkusit například v BRUTE².

Informace mimo předmět si R1 většinou hledá na YouTube, kde si hledá videa týkající se určitého tématu. Hledá je z toho důvodu, že má rád, když mu někdo vysvětluje těžké koncepty prakticky. Krom YouTube využívá R1 také předchozí uniklé zadání zkoušek. „Potom vím, co se ode mně čeká, vím, co si mám procvičit a hlavně do jaké hloubky. Celkově to dost snižuje stres.“

Respondent 2

Respondent 2 (dále jako R2) je student, kterého PGR „vcelku baví“. Ačkoliv PGR R2 baví, tak mu dává méně. „Mám čas, jenom pokud nejsou jiné úkoly, je toho teď moc.“ Důvod k tomu má R2 takový, že na něj PGR netlačí, nemá dle jeho názoru dostatek „tvrdých deadlinů“.

R2 chodil na veškeré přednášky. Hlavním důvodem je, že by jinak měl špatný pocit, že mu něco uniká. R2 se velice divil, že se má připravovat na přednášky. „Nejsem zvyklej takhle se připravovat na přednášku. Ale tak

¹Dva cvičící byli stabilně pouze na jednom cvičení.

²Odevzdávací systém na FEL ČVUT. Součástí je automatická evaluace a tudíž student má zpětnou vazbu velmi rychle.

vyhovuje mi to, protože po dvou týdnech toho začlo být tolik, že nevím, jak by to šlo jinak. Takhle mi to vyhovuje.“ Na přednáškách R2 stíhá látku pochopit. Myslí si, že mu s tím pomáhá jak domácí příprava, tak dobrý výklad přednášejícího. „Ten přednášející prostě dává smysl, když tam vlastně rozvíjí takový příběh“. Co však R2 vadí, je, že mají přednášky až příliš slidů, ze kterých by se měl učit. S tím mu však v jeho očích pomáhají kvízy, které vnímá jako něco, co je důležité se naučit, a zbytek vnímá jako „omáčku“.

Kvíz vnímá R2 velmi pozitivně, protože mu pomáhá se lépe orientovat v kontextu celého předmětu. Na kvíz se R2 připravuje tak, že si nejdříve přečte otázky v emailu, následně si projde zdroje, se kterými je velmi spokojen, a až poté jde vyplňovat samotný kvíz. „Ale občas se stalo, že jsem kvíz nevyplnil, protože ten email přišel jindy, než jsem to čekal. Si myslím, že jednou přišel v úterý a to mi pak vypadlo, že něco bylo.“

Email slouží R2 jako notifikace, že má něco udělat pro PGR. „To je fakt fasa, že si dává tu práci a takhle to posílá. Já jsem zapomnělivej a tak když se připomene, tak něco udělám. Proč to nedělají i jiné předměty?“ Email si R2 prochází pouze jednou, ale má pocit, že z toho dostane dostatečný kontext pro nadcházející týden. R2 má z emailu dobrý pocit, že se opravdu něco učí a že má „hmatatelný pokrok při učení.“ R2 se dle svých slov většinou nedostal k praktické úloze, protože neměl dostatek času, nicméně materiály si většinou prokliká a dva až tři ho osloví. „Tak ono ten mail je hodně užitečný, protože tam je, co se bude probírat a i ty otázky, abych si na ně odpověděl a věděl, jestli tuším. A i ty odkazy, co tam jsou, tak jsou fajn. Většinou mě dva až tři osloví, tak si je přečtu, nebo zkouknu celý.“ R2 měl k emailu pouze jednu výtku a to, že by rád měl někde kompilát všech emailů, aby si je mohl prohledávat zpětně a nemusel si je dohledávat.

R2 se velice líbí materiály, které mu vyučující předmětu dávají k dispozici. „Ty odkazy jsou fakt dobrý, ty slidy jsou taky většinou moc fajn. Jediný co mě tak napadá, že se to nedávalo do emailu, tak si ty slidy projdu až na cviku a tam mi dojde, že by mi to pomohlo s tím kvízem. Ale zatím jsem to nikdy neotevřel dopředu. Na druhou stranu, na cviku mi ta příprava na doma pomáhá víc, než ty instrukce, protože tam jsou ty věci dobře popsány a dá se to z toho pochopit.“ R2 předpokládá dle své zkušenosti s předchozími předměty, že se na zkoušku bude učit ze slidů z přednášek. Nicméně si myslí, že přípravné slidy na cvičení mu u toho také velmi pomohou. R2 také během rozhovoru zmiňoval, že zprvu nevěděl, proč by měli být troje různé slidy³, ale později mu začlo vyhovovat, že má v každé části předmětu o co se opřít.

Cvičení R2 velice bavila. Zvláště kvůli tomu, že se na cvičení programovalo po párech. „To, že se dělá ve dvojicích, je moc příjemný, něco vím já, něco druhý, to je příjemný.“ R2 na cvičeních vadilo, že se učilo po samostatných částech, na které se ale poté nenavazovalo, chtěl mít možnost odevzdávat úkoly proti BRUTE, aby se tím kdyžtak „nezabýjelo cvičení“. R2 by si přál,

³Slidy na přednášku, příprava na cvičení a instrukce na cvičení.

aby se na cvičení navázalo úkoly, jako tomu je na PDV. Chce totiž rovnou využít, co se naučil, aby si utvrdil, co zná. Také R2 chybělo více cvičení na semestrální práci během semestru.

R2 přišlo, že semestrální práce konceptuálně zní dobře, ale rád by dělal na své semestrální práci na cvičení, nebo ho více s tím cvičením propojil. „Když už nic jiného, tak bych chtěl víc konzultací k semestrálním pracem, protože ta konzultace, co tam je, tak je hrozně pozdě.“ R2 zatím nedělal na své semestrální práci, prozatím dělal jenom v Blenderu. Na otázku, zda by R2 vyhovovalo pracovat ve dvojicích na semestrálních pracích, odpověděl, že to záleží podle dvojice, protože „na hrách jsme byly čtyři a nakonec jsme to dělali jenom dva“. R2 také během rozhovoru nadhodil, že by raději dělal semestrální práci přímo na cvičení, nebo měl alespoň rychlou zpětnou vazbu ve formě BRUTE. „Všechny předměty to mají, tak nechápu, proč to nemá PGR.“

R2 má rád praxi a chce dělat věci prakticky. I proto, dle jeho slov, se mu líbilo krátké cvičení na transformace, protože mu to pomohlo si projít výpočty transformací a prakticky ukázat, jaké jsou dopady záměny jejich pořadí.

R2 se PGR celkově velice líbí, „tak PGR mi přijde pro mojí budoucnost důležité, narozdíl třeba od OPT, který bych mohl klidně chápat o něco méně, je to na úkor všeho ostatního.“ R2 se velmi líbí, že když si projde přednášku dopředu, tak pochopí látku mnohem lépe a může se doptávat.

Kapitola 7

Úskalí změn výuky předmětu

V této kapitole popisují problémy, na které jsem narazil během implementace změn ve výuce předmětu PGR. Nejprve jsem narazil na problém s časovou dotací, neboť jsme s garantem měnili předmět během probíhajícího semestru. To znamenalo, že na úpravu materiálů jsem měl vždy pouze týden, a hned poté už jsem musel začít pracovat na materiálech na další týden. Další problém, na který jsem narazil, bylo, že studenti FEL ČVUT nejsou zvyklí se připravovat na hodiny dopředu, což velmi ztěžovalo aplikaci Flipped Learning. Při výrobě nových materiálů jsem narážel na neznalosti studentů, které by dle zasazení předmětu do výukového plánu měli již znát či na další úskalí nespecifická pouze pro tento předmět. V neposlední řadě jsem také narážel na limitace OpenGL a vhodnost tohoto standardu pro výuku studentů, kteří se s počítačovou grafikou potkávají poprvé.

7.1 Časová dotace

Problém, se kterým jsem se setkával celou dobu, po kterou jsem dělal změny výuky, byla časová dotace, kterou jsem na změnu materiálů měl. Toto bylo způsobené tím, že jsme s garantem předmětu chtěli zavést veškeré změny během jednoho běhu předmětu PGR. Toto je velmi odlišný přístup, než který ve své výuce zaujal doc. Hurák, který také implementoval Flipped Learning na stejné fakultě, tedy fakultě elektrotechnické. Doc. Hurák měnil výuku pozvolna a postupně, neboť jak sám píše v časopisu Vesmír[10], tak je tato změna výuky velmi časově náročná.

Nedostatek času se nejvíce odrazil na tom, že v průběhu semestru nebyl čas si odpočinout či se zastavit a v klidu promyslet další kroky. Toto nás s garantem předmětu udržovalo celý semestr v poměrně vybuzeném stavu.

Pro mě ani pro garanta předmětu nebyl tento stres příjemný. Proto si myslím, že pokud by se měl další předmět převádět do Flipped Learning, měl by se měnit postupně po vzoru doc. Huráka. Také je možné změnit předmět během jednoho semestru, ale garant předmětu by měl mít alespoň jednoho člověka navíc, aby se vše stíhalo. V našem případě se stalo, že motivační email nebyl dvakrát poslán včas.

Časový nedostatek se také promítal do toho, že materiály, specificky prezentace pro studenty, nebyly v takové vizuální kvalitě, jakou jsem před začátkem semestru zamýšlel. Naštěstí tento nedostatek neovlivnil výukovou hodnotu materiálů¹. Do příštích běhů předmětu PGR by vizuální kvalita materiálů měla být jedním z problémů k řešení. Toto však velmi záleží na tom, zda do budoucna budou cvičení zůstávat ve své aktuální formě, nebo budou taková, jak nastiňuji v sekci 8.1.

7.2 Aplikace Flipped Learning

Ačkoliv byl Flipped Learning při výuce PGR oceňovaný jak vyučujícím, tak i studenty, tak jsme během výuky naráželi na to, že studenti nejsou zvyklí na to se učit dopředu na hodiny. U většiny dotazovaných byl hlavní motivací připravovat se dopředu pouze kvíz a nechtěli se učit nic víc nad rámec tohoto kvízu. Nejčastějším důvodem k tomu byl nedostatek času v semestru.

Tato filosofie, kterou si studenti osvojili, jde však přímo proti myšlence Flipped Learning, který by měl studenty naučit se učit samostatně a dohledávat si vše, co by je případně zajímalo. V rozhovorech jsem však odkryl, že dva studenty z osmi oslovených², PGR namotivovaly naše odkazy na externí materiály tak, že si dohledávali informace nad rámec předmětu.

Nejjednodušším řešením nedostatečné přípravy studentů by samozřejmě bylo do každotýdenního kvízu přidat více otázek, aby se jím pokryla větší část látky k přípravě, a k tomu zvednout i nároky na kvíz, aby studenti byli nuceni se opravdu tuto látku naučit. To by ale samozřejmě prohlubovalo další problém, a to ten, že v aktuální situaci si povinné předměty čtvrtého semestru konkurují a „přetahují se“ o studenty. Dle mého výzkumu studenty nejvíce vytěžuje předmět Optimalizace, kdy jsou studenti nuceni každý týden dát tomuto předmětu až deset hodin. Kvůli tomu mají poté studenti menší kapacity na ostatní předměty. Samozřejmě kromě předmětu Optimalizace studenty vytěžují i ostatní předměty, více o tom v následující sekci.

Dalším řešením, které více rozebírám v sekci 8.4, by bylo zvést Flipped Learning i u ostatních předmětů a snížit tím nadbytečnou kognitivní zátěž na

¹Opírám o výzkum, kdy mi v rozhovorech studenti říkali, že jim materiály velmi pomáhaly, nicméně se jim občas tolik nelíbily.

²Rádný rozhovor jsem vedl pouze se šesti z nich

studenty. Tyto problémy by se daly odhalit uživatelským výzkumem, který by mohli provést například studenti magisterského předmětu Psychologie Uživatelského Rozhraní, více o tom v sekci 8.4.

7.3 Zasazení do výukového plánu

Při výuce předmětu PGR jsem také narazil na problémy, které byly spjaté se zasazením předmětu PGR do výukového plánu bakalářského programu - Počítačové hry a grafika³.

Největší problém při výuce předmětu PGR je ten, že studenti neumějí jazyk *C++* dostatečně, což přidává předmětu PGR na složitosti. Tato neznalost jazyka se odráží v tom, že studenti neumí ladit základní *C++* kód, například neumí efektivně využívat breakpointy ve Visual Studiu. To se samozřejmě promítá do toho, že pokud pracují se standardem *OpenGL* v jazyce *C++*, tak je pro ně velmi složité odhalit i základní chyby v jejich semestrálních pracích.

Kromě tohoto jsme také narazili na problém s transformacemi, kdy studenti nebyli schopni si propojit již naučené znalosti z předmětu Lineární Algebra s praktickým využitím v předmětu PGR. Tento problém jsem odhalil v prvním výzkumu a následně jsem na něj navázal v průběžném výzkumu, kdy jsem si tuto hypotézu potvrdil. Na tomto základě také vzniklo cvičení na transformace, které bylo implementováno jako krátká vsuvka do výuky během cvičení zaměřeného na implementaci transformací do hry Asteroidy.

Oba tyto problémy mají společné to, že mají svůj počátek v prvním semestru studia, kdy se studenti před rozřazením do specializací nezaměřují na praktické využití vědomostí, které nabývají. Tento problém je komplexní a tudíž na něj neexistuje jednoduché řešení, nicméně jeden z možných přístupů nabízím v sekci 8.4.

7.4 OpenGL a jeho limitace

Jak jsem již zmiňoval dříve, studenti nejsou zvyklí na ladění svého kódu, neřku-li efektivní ladění. Z výzkumu vyplývá, že to je způsobeno tím, že k tomu nejsou vedeni v předešlých předmětech. Studenti zmiňují, že nejbližší k ladění měli v předmětu Operační Systémy (dále jako OSY) a PDV. Nicméně ve většině případů se studenti spokojí s podmínkami a v nich *printf* či *std::cout*, což není ideální pro ladění kódu. Samozřejmě existují případy, kdy je toto logování jediným schůdným řešením, nicméně se jedná o velmi omezený a „nepružný“ nástroj ladění kódu.

³Více informací na stránce o doporučeném průchodu specializací: <https://fel.cvut.cz/cz/education/bk/pruchody/pr956142326605.html>

Další obtíž, na kterou jsem narazil během změn ve výuce, je to, že nejsou studenti zvyklí na programování přes zpětná volání, která jsou ve standardu *OpenGL* hojně využívána. Myslím si, že cvičení předmětu jsou velmi dobře navržena a tuto dovednost studenty velmi rychle naučí, nicméně je to další zvýšení náročnosti předmětu.

Dále si myslím, že předmět PGR je velmi náročný kvůli tomu, že učí praxi i teorii počítačové grafiky zároveň, což není nutně na škodu. Pro studenty je nicméně tento předmět těžký, zvláště, pokud mají na konci předmětu vypracovat semestrální práci. To je totiž jedním z hlavních důvodů, proč studenti nedodělají předmět PGR. Z výzkumu v sekci 5.6 vyplývá, že studenti mají problém pracovat na svých semestrálních pracích, často i kvůli triviálním chybám. Toto je způsobeno tím, že ačkoliv jsou cvičení navržena tak, že jsou jednotlivé části OpenGL aplikace velmi separované a tudíž je studentům velmi ulehčeno je přepsat do semestrálních prací, tak studenti nejsou dostatečně motivováni k tomu, aby po každém cvičení naimplementovali část své semestrální práce. Řešením na tento problém by mohla být implementace automatizovaně odevzdávaných částí semestrálních prací. Více o tom v další kapitole.

Kapitola 8

Další kroky

V této kapitole shrnuji mnou navrhované další kroky, které by se mohly pro PGR v budoucnu podniknout. Tyto změny zakládám jak na své zkušenosti z výuky předmětu PGR z posledního semestru, tak na zpětné vazbě od studentů.

Nejdůležitější změny pro předmět jsou do budoucna zavést domácí úkoly, aby studenti měli motivaci pracovat i mimo školní hodiny. Pro tyto domácí úkoly je klíčové, aby se naimplementovala automatická evaluace v systému BRUTE, neboť kontrolování všech domácích úkolů ručně není z kapacitních důvodů možné.

8.1 Cvičení

Cvičení jsou část předmětu PGR, která zaznamenala největší změny a sám jsem se účastnil jejich přípravy, tudíž do nich mám díky zpětné vazbě od studentů největší vhléd. Cvičení jsou úzce spjata s přednáškami, a proto by se do příštích běhů předmětu měly lépe synchronizovat přednášky a cvičení. V aktuálním stavu předmětu se téma cvičení a přednášek liší i o dva týdny. Jak je vidět v tabulce 8.1, tak ne vždy se shoduje téma přednášky a cvičení. V některých případech je látka probíraná na cvičení až s dvoutýdenním zpožděním oproti přednáškám.

Pro snížení náročnosti předmětu, bez újmy na obsahu, by v budoucnu měla cvičení sladit svůj časový harmonogram s přednáškami. V tabulce 8.2 je naznačeno, jak by v budoucnu mohl vypadat plán přednášek a cvičení. Pro větší názornost jsem v novém plánu počítal s absencí přednášky v 10. týdnu, aby byl co nejpodobnější aktuálnímu plánu.

Týden	Přednášky	Cvičení
1.	Psaní Shaderů 1 - základy	Úvod do OpenGL
2.	Psaní Shaderů 2 - data a buffery	Programování shaderů
3.	Transformace 1	Buffery
4.	Transformace 2	Struktura aplikace
5.	Světlo, barva a materiály	Grafické elementy
6.	Textury a texturování	Transformace
7.	Vykreslovací pipeline	Stínování a světla
8.	Interakční techniky	Textury
9.	Křivky 1	Křivky a plochy
10.	-	Selekce a interakce
11.	Křivky 2	Ladění kódu
12.	Reprezentace Rotace a quaterniony	Konzultace sem. prací.
13.	Graf scény	Odevzdání sem. prací.
14.	Předtermín	Prezentace sem. prací.

Tabulka 8.1: Aktuální plán probíraných témat na přednáškách a cvičení. Tento rozvrh je platný pouze pro fakultu elektrotechnickou, neboť fakulta informačních technologií má kratší semestr. V tomto plánu stojí za povšimnutí, že se téma cvičení opožďuje za přednáškou až o dva týdny.

Týden	Přednášky	Cvičení
1.	Psaní Shaderů 1 - základy	Struktura aplikace
2.	Psaní Shaderů 2 - data a buffery	Shadery
3.	Transformace 1	Buffery
4.	Transformace 2	Transformace
5.	Světlo, barva a materiály	Světlo a materiály
6.	Textury a texturování	Textury
7.	Vykreslovací pipeline	Ladění kódu 1
8.	Interakční techniky	Interakční techniky
9.	Křivky 1	Křivky
10.	-	Konzultace sem. práce
11.	Křivky 2	Ladění kódu 2
12.	Reprezentace Rotace a quaterniony	Quaterniony
13.	Scéna grafu	Odevzdání sem. prací.
14.	Předtermín	Prezentace sem. prací.

Tabulka 8.2: Nově navrhovaný výukový plán minimalizující prodlevy mezi přednáškou a cvičením. Tímto by se snížila kognitivní zátěž na studenty. Tento plán také počítá s tím, že některá z přednášek může odpadnout. Do tohoto týdne navrhuji dát konzultaci semestrální práce.

Krom této velké organizační změny by se cvičení měla na základě zpětné vazby více věnovat praktickým úlohám, jako jsou například výpočty matic, ladění kódu či výpočty kvaternionů. Tudíž navrhuji rozdělit cvičení na praktická a implementační. Také je ze zpětné vazby patrné, že by studenti chtěli cvičení, které se zaměřuje na konzultaci jejich semestrálních prací, dříve, aby měli více času na implementaci. Což v praxi nefunguje, neboť problém spočívá v tom, že studenti musí začít implementovat dříve. Více o tom v sekci 8.3.

8.1.1 Cvičení - implementační

Implementační cvičení nepokrývají celé spektrum potřeb studentů, tudíž je nutné upravit jejich obsah, aby více odpovídal potřebám studentů. Nad těmito úpravami lze uvažovat jak z dlouhodobého, tak i z krátkodobého hlediska.

Dlouhodobé hledisko

Implementační cvičení by z dlouhodobého hlediska měla být rozšířením stávajících cvičení na implementaci hry Asteroidy, ale na základě zpětné vazby od studentů by se implementoval celý projekt od začátku, včetně vytvoření projektu ve Visual Studiu.

Studenti jsou totiž nespokojeni s tím, že přichází o pocit vlastnictví či kontroly nad projektem, pokud většinu kódu tohoto projektu nainplementují sami. S rostoucí částí kódu, kterou by studenti implementovali, by se zvedala časová náročnost, tudíž by se tyto změny měly projevit i do semestrálních prací a domácích úkolů. Více o této variantě v sekci 8.3.

Další z možností, jak studenty nechat si nainplementovat většinu kódu projektu, je vyrobit sérii menších projektů, kdy by studenti stavěli na menších částech kódu. Nevýhodou tohoto přístupu však je, že si studenti neosvojí praktiky, jak přistupovat k větším OpenGL projektům, jako jsou Asteroidy.

Krátkodobé hledisko

V krátkodobém hledisku je pro cvičení důležité, aby bylo označení jednotlivých kroků pro studenty průhlednější. Například některým studentům nevyhovovalo, že úkoly, které mají implementovat, jsou číslované tak, že implementují až druhý úkol, protože první úkol zpravidla znamená projití kódu se cvičícím.

Další problematika v rámci průhlednosti a přehlednosti instrukcí je fakt, že některé (například viz obrázek 6.2) z úloh nejsou číslované podle zamýšleného pořadí, ve kterém tyto úlohy mají studenti implementovat, ale v pořadí, ve kterém se objevují v kódu. Kvůli tomuto studenti často nevěděli, jakou úlohu

mají právě řešit. Toto se částečně potlačilo tím, že v prezentacích, které slouží jako vodítko při cvičení, byly jednotlivé úlohy seřazeny v pořadí, ve kterém by se měly chronologicky implementovat (viz sekce 6.1.5). Avšak toto bylo pouze dočasné řešení problému s navigací, do budoucna bude nutné navigaci přestrukturalizovat.

8.1.2 Cvičení - praktika

Z výzkumu je patrné, že studenti oceňují praktická cvičení. A tak, abychom naplnili tuto jejich potřebu, je nutné vytvořit cvičení, která studentům nabídnou možnost si své nově nabyté informace z přednášek prakticky vyzkoušet. Od implementačních cvičení by se tato cvičení lišila tím, že by se v nich nijak neprogramoval projekt, ale buď by se se studenty cvičil matematický aparát transformací a quaternionů či by se procvičovalo ladění kódu.

Matematické cvičení

Matematická cvičení by nebyla pouze o výpočtech transformací a rotací, ale byl by to jejich základ. Studenti totiž mají dle výzkumu problém si představit, jak přesně různé transformace fungují. Navíc, ačkoliv studenti by již dle studijního plánu měli umět základy lineární algebry, tak stále mají problémy se základními transformacemi a jejich maticovým zápisem.

Kvůli tomu by měla v dalších krocích vzniknout matematická cvičení, kde by si studenti mohli prakticky vyzkoušet, jaké výpočty jsou součástí transformačního řetězce či by si mohli vyzkoušet výpočty křivek a quaternionů, neboť tyto dvě části PGR jsou pro studenty často jako „černá skříňka“.

Ladění kódu

Dle zpětné vazby na cvičení zaměřené na ladění kódu víme, že studenti oceňují tento koncept. Problém s tímto cvičením však byl v jeho načasování, kdy studenti na FIT měli pouze jeden týden na to, aby mohli tyto nově nabyté zkušenosti uplatnit ve svých semestrálních pracích, neboť semestr na FIT končí o dva týdny dříve.

Ze zpětné vazby od studentů také víme, že obsahu na tomto cvičení na ně bylo příliš a museli část dodělávat doma, tudíž by do budoucna bylo lepší toto cvičení rozdělit na dvě části a ty učít separátně.

8.2 Přednášky

Z dosavadních výsledků Flipped Learning si myslím, že by pro předmět z dlouhodobého hlediska bylo vhodné, aby se přednášky kompletně převedly do Flipped Learning. To by znamenalo vytvořit podklady pro to, aby se studenti mohli veškerou látku probíranou na přednáškách naučit doma, a z přednášek následně vytvořit prostor pro konzultace a praktické ukázky využití těchto informací.

Překlopení přednášek do Flipped Learning však bude velmi náročné. A to nejen časově, ale také tím, že ostatní předměty, které studenti během svého studia absolvují, jsou v „klasickém“ stylu výuky. Z výzkumu však vím, že studentům se tento převrácený styl výuky líbí, jen na něj nejsou zvyklí. Na tomto základě si myslím, že by prospělo do módu Flipped Learning v horizontu několika let „převrátit“ i ostatní předměty bakalářského studia. Více o tom v sekci 8.4.

8.3 Práce na doma

Dříve byla práce na doma pro studenty zúžena pouze na semestrální práci. V posledním semestru jsme s garantem předmětu do předmětu PGR implementovali motivační email, který do předmětu přinesl přípravu na cvičení. Tato příprava by se dala považovat za práci na doma, avšak dle optiky Flipped Learning se nejedná o post-společnou aktivitu, ve které by studenti mohli využít své nově naučené informace.

Práce na doma v kontextu předmětu PGR by se dala rozdělit na dvě kategorie, a to semestrální práce a domácí úkoly. V aktuálním běhu však nejsou pro studenty připraveny žádné formálně zadané domácí úkoly, pouze výukové cíle v emailu. Tudíž se práce na doma pro studenty prakticky zužuje pouze na semestrální práci.

Jak víme z výzkumu, tak studenti často nevědí, jak s touto semestrální prací začít a to navzdory tomu, že se od posledního běhu předmětu vytvořilo nové cvičení na uvedení studentů do kostry projektů OpenGL. Kvůli tomuto soudím, že tento fenomén bude mít hlubší kontext, tudíž ho zohledním v navazujícím výzkumu shrnutém v sekci 8.5. Na tomto základě doporučuji vytvořit pro semestrální práci dílčí deadliny.

Tyto deadliny by se daly například zavést po každých dvou tématických blocích probraných na cvičení. To by v praxi znamenalo celkem tři deadliny před odevzdáním, pokud bychom tedy poslední téma, interakci, spojili s odevzdáním.

8.3.1 Semestrální práce

Semestrální práce od posledního běhu semestru zůstala víceméně beze změn, pouze byla často zmíněná v motivačním emailu. V tom se studentům naznačilo, jak by mohli v semestrální práci uplatnit informace probírané v aktuálním týdnu.

Problémů s implementací semestrální práce do předmětu PGR je celá řada. Jeden z hlavních problémů je ten, že tím, že každá semestrální práce je unikátní. A tudíž se musí kontrolovat společně se studentem, a tím připraví studenty o jedno celé cvičení, které by mohlo být věnováno jiným tématům.

Tento problém by se dal řešit například tím, že by se semestrální práce rozpadla do dílčích domácích úkolů či by se jakožto semestrální práce dala pouze implementovat funkcionalita do již existujícího projektu, jak tomu je například v předmětu PDV.

Nesmíme však zapomínat, že semestrální práce je jedna z věcí, která se studentům v minulých letech na předmětu PGR velice líbila, což podporuje myšlenku více rozvinout individuální práci v semestru. Na tomto základě je nutné tuto problematiku více prozkoumat v dalším, navazujícím výzkumu.

8.3.2 Domácí úkoly

Předmět PGR nemá žádné domácí úkoly, což znamená, že po skončení cvičení nemá student již žádnou externí motivaci k tomu se věnovat předmětu PGR. Toto může být problematické, protože jak někteří studenti ve výzkumu popisovali, tak chybějící úkoly často vedly k tomu, že předmět PGR odkládali na později a poté měli problém tyto nedodělky nárazově dodělat.

Z výzkumu plyne, že by studenti ocenili krátké domácí úkoly, které jsou například v předmětu PDV, kdy studenti implementují část algoritmu, pro kterou mohou využít informace procvičené na cvičení. Tento přístup je využitý i v dalších předmětech bakalářského studia programu OI, tudíž jsou na něj studenti zvyklí.

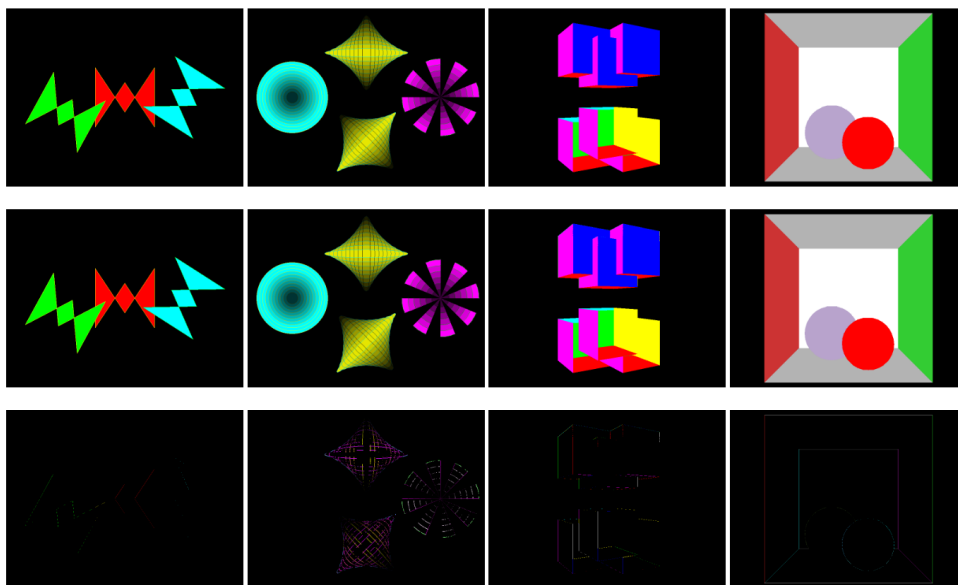
Pro tyto domácí úkoly by však bylo nutné vytvořit jejich automatickou kontrolu. To plyne z faktu, že PGR mívá průměrně okolo 100 studentů. A kontrolovat každý domácí úkol jednotlivě by bylo časově velmi náročné, zvláště, pokud by tyto domácí úkoly byly každotýdenní. Pro tyto úlohy by mohl pomoci nástroj BRUTE, který je používán ve většině ostatních předmětů.

8.3.3 BRUTE pro OpenGL

Implementovat automatické vyhodnocování OpenGL aplikace nebude tak jednoduché, neboť nelze přes výpisy do konzole ověřit, zda program funguje tak, jak má. Jako příklad budiž magisterský předmět Algoritmy počítačové grafiky (dále jako APG), který která vytvořila semestrální práci na API SGL.

Úkoly předmětu APG jsou založené na tom, že studenti postupně implementují vlastní grafickou knihovnu. Tato grafická knihovna poté vykresluje do obrazové paměti jednotlivé pixely, které se při spuštění ve Visual Studiu zobrazí v aplikaci, popř. uloží do souboru grafického formátu. Toto velké pole je ale také velmi těžké vyhodnotit automaticky, neboť u některých algoritmů není např. přesně určeno, na který pixel se zaokrouhlí výsledek, tudíž se může obraz mírně lišit.

U PGR by se tento obraz mohl lišit také, neboť obecně není zaručena pixelová shoda ovladačů *OpenGL*. Dále se ve výsledném obrázku může projevit nepřesnost proměnných typu float, což může vést k dalším odlišnostem výsledných obrázků. Proto tento proces nelze přímočaře automatizovat.



Obrázek 8.1: Ukázka BRUTE skriptu z předmětu APG, tento je pro druhý domácí úkol, kdy studenti měli vykreslovat základní obrazce a jejich výplň. Horní řada obrázků představuje obrázky vykreslené studentským kódem, druhá řádka je vykreslená kódem referenčním a ve třetí řádce poté máme rozdíl mezi těmito dvěma řadami. Jak je vidět, největší rozdíl je v druhém sloupci, kdy dochází k častému rozdílu v zaokrouhlování floatů.

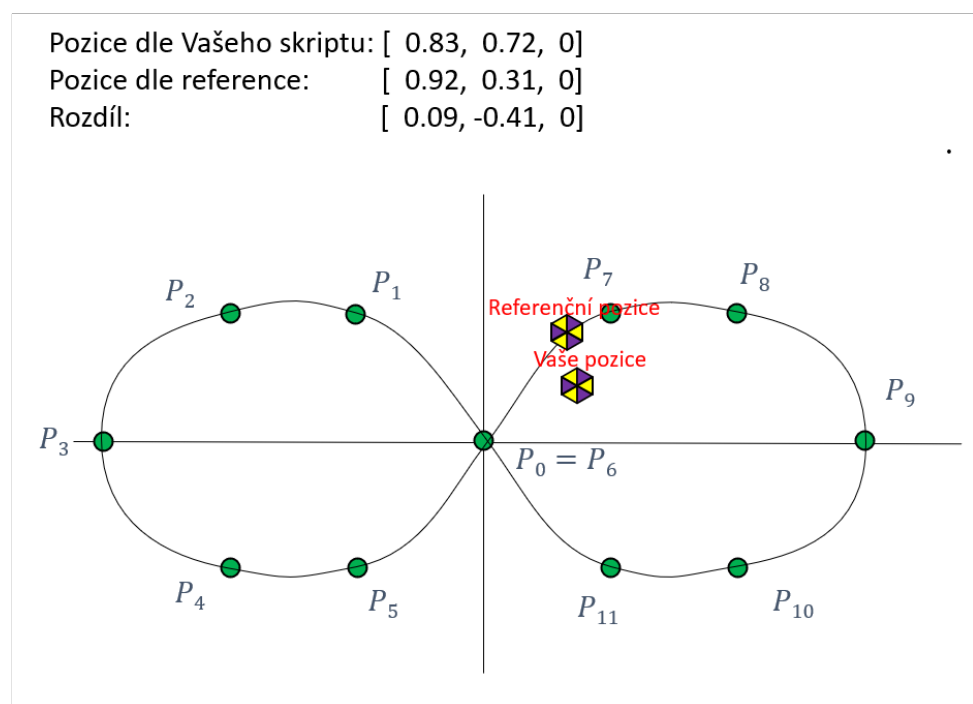
Předmět APG tento problém řešil tím, že kromě výsledného obrázku vykresleného algoritmem studentů také vykreslil referenční řešení a rozdíl mezi tímto referenčním řešením a obrázkem studentů (viz obrázek 8.1). Toto řešení šetřilo čas studentů i vyučujících, neboť studenti mohli přesně vidět, kde je rozdíl oproti referenčnímu řešení. Tím se velmi snížila časová náročnost opravování domácích úkolů, tudíž bylo více času dávat hlubší zpětnou vazbu. Toto

řešení však mělo i svá úskalí, a to, že i po automatickém vyhodnocení rozdílů mezi obrázky museli vyučující ručně ohodnocovat studenty na základě jejich výsledků v tomto automaticky generovaném porovnání a kvality zdrojového kódu.

Problém, který by mohl nastat při vytváření domácích úkolů pro OpenGL, by byl ten, že aby bylo možné hodnotit kód studentů, tak by se musely veškeré logické celky izolovat. Tyto celky by studenti implementovali do abstrahovaných modulů, které by se poté daly hodnotit. Bohužel tato abstrakce by vedla k tomu, že studenti by se ještě více vzdálili od aplikace, kterou píší.

Příklad domácího úkolu

Pro implementaci domácích úkolů do BRUTE je třeba nejen vytvořit skript, který by tyto domácí úkoly kontroloval, ale i samotná výroba domácích úkolů, hlavně kvůli tomu, že v *OpenGL* se často implementuje pohybující se objekt, což je velmi těžké postihnout.



Obrázek 8.2: Na obrázku je jeden možný přístup k domácím úkolům, a to, že se *OpenGL* úplně vynechá a místo něj se využijí pouze hodnoty, které vrátí studenty napsaná funkce na výpočet pozice. Zde je například vidět ukázka, jak by mohl vypadat hodnotící výpis na BRUTE, kdy by se vykreslovaly na vypočtených pozicích UFO objekty.

Na obrázku 8.2 je vidět, že i pro pohyb po křivce by bylo možné implementovat testování vyhodnocování pozice na křivce, a to staticky, tedy pouze vyhodnocením napsané funkce. Nicméně toto statické řešení vede k tomu, že by studenti neměli mít přístup ke všem datasetům, neboť by poté mohli svůj kód pro tyto datasety „optimalizovat“. Tím by mohli obejít hlavní

cíl domácího úkolu, tedy praktické vyzkoušení teoretických znalostí. Tento problém řeší například předmět PRP a ALG, kdy studenti mají přístup k většině datasetů a poté existují dva referenční, které kontrolují, zda student opravdu naprogramoval správný algoritmus.

Další možnosti, jak implementovat domácí úkoly pro předmět PGR, by bylo vytvořit statickou scénu a zkoušet na ní studenty naprogramované funkcionality. Například uživatelský vstup se dá velmi jednoduše simulovat, pokud ho mají studenti napsaný nepřímo přes keymap. Tím se dá například velice přesně nasimulovat ovládání klávesnicí, zvláště pokud můžeme upravovat proměnnou `deltaTime`¹.

Dále například můžeme velice jednoduše kontrolovat správnost nastavení bufferů objektu a načítání objektu, neboť nám stačí, aby studenti napsali vlastní modul, který načítá a inicializuje geometrii. Samozřejmě by tento modul musel mít striktní konvence, jak mají studenti jednotlivé části nastavit. Ale poté by bylo pro náš kontrolní skript velmi jednoduché načíst přes studentský modul geometrii a vykreslit ji na obrazovku.

8.3.4 Motivační email

U motivačního emailu docházelo k problémům, že studenti si v prvních týdnech nebyli jistí tím, co pro ně tento email znamená a co přesně se po nich chce. Do jisté míry je toto způsobeno tím, že studenti nejsou zvyklí na to, pracovat s takovýmto emailem. Nicméně zodpovědnost za to, jak se studentům s materiály pracuje, nese jejich autor. V tomto případě jsem to já, ačkoliv jsme na emailech pracovali s garantem společně, neboť jsem emaily řešil z hlediska použitelnosti. Během semestru se však dle zpětné vazby od studentů forma tohoto emailu měnila. Například v jednom z emailů garant předmětu v reakci na mnou provedené rozhovory explicitně zmínil, jak s tímto typem emailů pracovat, neboť z těchto rozhovorů vyplynulo, že to studenti nevědí.

Problém byl také ten, že se studentům nechtělo přemýšlet nad tím, jak s emaily od nás pracovat (viz kapitola 3), a pracovali s ním intuitivně. V tuto chvíli jsem se studenty mohl provést v duchu guerillového výzkumu usability testing². Bohužel na tento výzkum již nebyly kapacity a dobrovolníci, neboť získávání dobrovolníků pro zpětnou vazbu na předmět PGR bylo velice složité. Tudíž by tento výzkum měl proběhnout v příštím běhu PGR.

¹Proměnná udávající uběhnutý čas od posledního upravení vnitřního stavu aplikace, jmenná konvence se může lišit.

²Typ kvalitativního výzkumu uživatelů zaměřující se na testování použitelnosti.

8.4 Předměty bakalářského studia OI - grafika

Na základě výzkumu popsaného v sekci 5.6 vím, že studenti mají problém s tím, že jsou přes celý semestr vytíženější než v předchozích semestrech. Je to tím, že mají v semestru společně s předmětem PGR další čtyři časově velmi náročné předměty. Těmi jsou DBS, OPT, PDV a ZUI. Každý z těchto předmětů má časově velmi náročnou práci na doma, tudíž se studenti často cítí příliš zahlceni.

To je dáno také tím, že předměty v tomto semestru společně nesouvisejí, tudíž se studenti musí učit pět různých předmětů. Jeden z participantů výzkumu (viz sekce 6.2) shrnul svou frustraci následovně: „V tomto semestru máme pět dost těžkých předmětů. A když se například naučím na OPT, abych zvládl test, tak zas zapomenu vše z ostatních předmětů. Je to docela frustrující, protože to jsou všechno dost zajímavý, ale extrémně těžký předměty. Raději bych to rozložil do víc semestrů.“

Další z problémů, na který studenti v tomto semestru naráželi, je, že neuměli dostatečně ladit svůj kód a měli problém se základními transformacemi (výzkum viz 5.6). Proto si myslím, že by se měl upravit předmět PRP, němž by se dle mého názoru měl dát větší důraz na naučení studentů kvalitnějšímu ladění kódu, aby se jim poté ulehčil další průchod studiem. Pro vyřešení problému s transformacemi by se měla sjednotit v předmětu PGR konvence zápisu matic a transformací s konvencemi z předmětu LAG, neboť to studentům během semestru dělalo velké problémy.

Kromě těchto změn si myslím, že by bylo pro ostatní předměty bakalářského studia vhodné, aby se pro ně změnila zpětná vazba, nebo minimálně rozšířila o rozhovory a následné kvantifikační praktiky. Z výzkumu totiž vyplývá, že studenti o dávání zpětné vazby stojí, ale rádi by tuto zpětnou vazbu dávali během semestru a rovnou viděli i výsledky své zpětné vazby. Myslím si, že by pro plánování změn dalších předmětů bylo nejvhodnější využít studenty magisterského předmětu PUR. Předmět PUR vede dr. Franc, odborník na uživatelský výzkum. V předmětu PUR studenti provádí výzkum, který je aktuálně zaměřený na nevidomé a seniory.

Pokud by se však studentům předmětu PUR bylo nabídnuto v rámci jejich semestrálních prací dělat výzkum předmětů vyučovaných na FEL, tak si myslím, že by se z dlouhodobého hlediska kvalita výuky velice zlepšila a studenti by měli možnost vidět změny prováděné na základě své zpětné vazby. Tento krok jsem s garantem předmětu dr. Francem konzultoval a byl této změně otevřený.

8.5 Navazující výzkum

Pro budoucí úspěch předmětu PGR je stěžejní využít možnosti zpětné vazby od studentů, kteří úspěšně dokončí tento předmět. Další možnost, kdy od studentů získat zpětnou vazbu, bude zase až během dalšího běhu předmětu PGR. Tento výzkum provedu během zkouškového období a jeho shrnutí bude v prezentaci na obhajobě této práce.

8.5.1 Anketa

Během výzkumů jsem generoval množství hypotéz, které jsme s garantem předmětu na základě nedostatku času brali jako fakta a stavěli na nich změny ve výuce. Nyní však s koncem semestru se naskýtá možnost změnit každoroční anketu, kterou studenti dostávají k vyplnění po úspěšném dokončení semestru, aby garant předmětu měl zpětnou vazbu pro jeho další rozvoj.

Hypotéza	Kód
Studenti by rádi měli dvě cvičení za týden.	H1
Studenti byli spokojeni s novým formátem cvičení.	H2
Studenty bavila práce ve dvojicích na cvičení.	H3
Studentům vyhovoval počet slidů na přednášce.	H4
Studenti nejsou zvyklí na Flipped Learning.	H5
Studenti vnímali kvíz jako užitečný.	H6
Studenti nevěděli, jak začít se semestrální prací.	H7
Studenti nevnímají stránku předmětu jako intuitivní.	H8
Studenti by rádi měli domácí úkoly v BRUTE.	H9

Tabulka 8.3: Nejdůležitější hypotézy vygenerované během semestru. Hypotéza H9 se nijak neprojevila na anketě, neboť po konzultaci s garantem předmětu se tato hypotéza rovnou zapracuje do dalšího běhu předmětu ve formě domácích úkolů.

Jak rozebírám v sekci 3.2, tak dosavadní anketa nedávala dostatečnou a hlavně vypovídající zpětnou vazbu. Tudíž navrhuji anketu tento rok upravit a kvantifikovat jejím prostřednictvím nejdůležitější hypotézy, které jsme během semestru vygenerovali. Návrh otázek viz tabulka 8.4.

Otázka	Hypotéza
Co si myslíte o možnosti mít dvě cvičení týdně?	H1
Jak Vám vyhovovala zadání na cvičení-Asteroidy?	H2
Jaké pro Vás bylo párové programování?	H3
Jak hodnotíte počet odpřednášených slidů na přednášce?	H4
Jak Vám vyhovovalo se připravovat na přednášky dopředu?	H5
Jak Vám vyhovovaly kvízy?	H6
Jak těžké bylo začít pracovat na semestrální práci? (proč?)	H7
Jak se Vám pracovalo se stránkou předmětu?	H8

Tabulka 8.4: Výběr otázek z nové ankety, která ověřuje konkrétní hypotézy. Každá z otázek zde zmíněných ověřuje jednu z hypotéz v tabulce 8.3. Odpovědi na tuto anketu budou dále směřovat předmět PGR. V otázkách není postihnuta hypotéza H9, neboť ji na základě časté zpětné vazby na toto téma považují za ověřenou.

8.5.2 Rozhovory

Vzhledem k nevyřešeným problémům, které jsme s garantem předmětu během změn v předmětu PGR odhalili, navrhuji, aby se krom ankety využil čas studentů k provedení posledního rozhovoru za tento semestr. Pro zjišťování studentských motivací v pozadí těchto problémů navrhuji formu semi-strukturovaného rozhovoru s velmi omezenou strukturou, neboť některé z hypotéz generovaných z výzkumů popsanych v této práci je nutné více generalizovat.

Hlavní hypotézou, kterou by bylo potřeba rozhovorem prozkoumat, je to, že studenti měli stále problém s tím začít semestrální práci. To řešil garant předmětu tím, že vytvořil pro studenty kostru semestrální práce, do které mohli studenti implementovat jednotlivé kroky.

Další hypotézou, kterou bych rád prozkoumal do hloubky tímto rozhovorem, je neochota studentů se více připravovat na přednášky. Tento problém se projevil až v polovině semestru, do té doby se totiž studenti pravidelně připravovali. To je nutné vyřešit, neboť tato příprava je klíčová pro hlubší aplikaci Flipped Learning.

Také se v tomto výzkumu zaměřím na to, jak tento předmět vnímali studenti jako celek. Při tom chci odhalit, co vnímali jako nejlepší a nejhorší části, pro položení základů dalšímu výzkumu při dalším běhu předmětu.

Kapitola 9

Závěr

V této práci dokumentuji celý proces změn předmětu PGR. Od počátečních motivací přes teoretické výukové přístupy až po metodiky sběru dat a jejich využití v praxi. Také jsem v této práci nastínil důležitost uživatelského výzkumu pro udržitelnost vysoké kvality výuky, úskalí aktuálního stavu zpětné vazby na fakultě elektrotechnické a také, jak tento uživatelský výzkum provést. Poté na příkladu předmětu PGR ukazuji, jak výsledky uživatelského výzkumu přetavit do zkvalitnění výuky na vysoké škole, a problémy, které mohou během implementace změn výuky nastat.

Také navrhuji další kroky, které jsou klíčové pro budoucnost předmětu PGR. Tyto změny opírám o celosemestrální výzkum, který jsem prováděl se studenty. Jejich motivace k participaci na tomto výzkumu byla z části zkušenost s nedostatečnou zpětnou vazbou na fakultě a také to, že studenti měli z garanta předmětu pocit, že mu opravdu jde o vylepšení předmětu, a chtěli mu pomoci.

Změny předmětu PGR byly implementovány plošně, což znamená, že každá část předmětu zaznamenala určitý posun. Nejvíce se tyto změny projeví v zavedení motivačního emailu, který studenti dostávali po celý semestr, a kvízu, který poté na základě informací poskytnutých v emailu vyplňovali. Další velké změny se také dotkly cvičení, kdy jsem rozdělval slidy, které působily jako vodítko. Ty jsem rozdělil na slidy na přípravu na doma a na návodné slidy, které mohli studenti využívat při implementaci zadání na cvičení. I přednášky doznaly úprav, a to hlavně ve snížení počtu odpřednášených slidů, což studenti hodnotili jako velmi pozitivní.

Na základě zpětné vazby od studentů si myslím, že veškeré změny předmětu PGR, kterých jsem se mohl zúčastnit, byly úspěšné. Nicméně pro předmět je důležité, aby se dále vyvíjel a aby byla zapracována zpětná vazba z tohoto semestru, což by se mělo vyústit ve vytvoření domácích úkolů a jejich implementaci do systému BRUTE. V neposlední řadě je důležité pro následující

semestry neustávat ve výzkumu a dále sbírat od studentů kvalitativní zpětnou vazbu, neboť tehdy a pouze tehdy může tento předmět odpovídat studijním potřebám studentů.

Můj přínos do těchto změn bylo v první řadě zavedení průběžných výzkumů, které dávaly na tyto změny včasnou zpětnou vazbu. Dále implementace párového programování, které studenti oceňovali. Poté jsem navrhl a vedl dvě cvičení, jedno zaměřené na pořadí transformačních matic v počítačové grafice a druhé na ladění kódu. V neposlední řadě jsem prováděl změny v materiálech na cvičení a pomáhal s vytvářením motivačního emailu.

Tyto změny však nejde řešit pouze v rámci jednoho předmětu, ale pouze v rámci celé instituce. Například u Flipped Learning jsme zaznamenali zlepšení při výuce, nicméně kvůli tomu, že se s ním setkali studenti pouze na předmětu PGR, nebylo možné, aby se projevila pozitiva tohoto přístupu v plné míře.

Bibliografie

- [1] 5 Facilitation Mistakes to Avoid During User Interviews. <https://www.nngroup.com/articles/interview-facilitation-mistakes/>. Přistoupeno: 01-08-2022.
- [2] Anderson, L.W. and D. Krathwohl. *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman, New York., 2001. ISBN: 978-0801319037.
- [3] Nick Babich. *The "Why" Behind Qualitative User Research*. <https://xd.adobe.com/ideas/process/user-research/why-behind-qualitative-user-research/>. Přistoupeno: 03-05-2022.
- [4] Michelene T.H. Chi a Ruth Wylie. "The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes". In: *EDUCATIONAL PSYCHOLOGIST* 4.49 (2014), s. 219–243.
- [5] Andrew Churches. *Bloom's Digital Taxonomy*. Edorigami Wikispaces. 2008.
- [6] DEANNA KUHN DAVID DEAN JR. *Direct Instruction vs. Discovery: The Long View*. 2006. DOI: 10.1002/sce.20194.
- [7] T. De Jong a W. R. Van Joolingen. "Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains." In: *Review of Educational Research* 2.68 (1998), s. 179–201.
- [8] Nazan Dogruer, Ramadan Eyyam a Ipek Menevis. "The use of the internet for educational purposes". In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. New York: Oxford University Press, 2011, s. 606–611.
- [9] Goodman E., Kuniavsky M. a Moed A. *Observing the User Experience, Second Edition. A Practitioner's Guide to User Research*. Morgan Kaufmann Publishers Inc. USA, zář. 2012. ISBN: 978-0-12-384869-7.
- [10] Zdeněk Hurák. *Převrácená výuka a nová role učitele*. <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2021/cislo-9/prevracena-vyuka-nova-role-ucitele.html>. Přistoupeno: 03-05-2022.

- [11] Zdravko Krstanov. *Školství brutálně zaostává a podceňuje svou společenskou roli, apeluje špička umělé inteligence Pěchouček*. <https://forbes.cz/skolstvi-brutalne-zaostava-a-podcenuje-svou-spolecenskou-rolu-apeluje-spicka-umele-inteligence-pechoucek/>. Přistoupeno: 03-05-2022.
- [12] Saul McLeod. *Questionnaire: Definition, Examples, Design and Types*. <https://www.simplypsychology.org/questionnaires.html>. Přistoupeno: 03-05-2022.
- [13] Kevin P Nichols a Donald Chesnut. *UX For Dummies*. en. Nashville, TN: John Wiley & Sons, 2014. ISBN: 1118852788.
- [14] Jakob Nielsen. *A 100-Year View of User Experience*. <https://www.nngroup.com/articles/100-years-ux/>. Přistoupeno: 03-05-2022.
- [15] *On Pair Programming*. <https://martinfowler.com/articles/on-pair-programming.html>. Přistoupeno: 03-05-2022.
- [16] Christine Persaud. *Bloom's Taxonomy: The Ultimate Guide*. blog. Srp. 2018.
- [17] *Qualitative Data Collection and Analysis*. <https://freeonlinesurveys.com/survey-research/qualitative-data-collection>. Přistoupeno: 01-08-2022.
- [18] Amanda Stockwel. *Getting Started with Popular Guerrilla UX Research Methods*. <https://uxmastery.com/popular-guerrilla-ux-research-methods/>. Přistoupeno: 03-05-2022.
- [19] Amanda Stockwel. *Going Guerrilla: How to Fit UX Research into Any Timeframe*. <https://uxmastery.com/guerrilla-ux-research/>. Přistoupeno: 03-05-2022.
- [20] Robert Talbert. *Flipped learning : a guide for higher education faculty*. Sterling, Virginia : Stylus Publishing, LLC, 2017. ISBN: 9781620364321.
- [21] *The what and the why: pair programming in education*. <https://meetedison.com/pair-programming-in-education/>. Přistoupeno: 03-05-2022.
- [22] Jiří Žára. *Vyjádření vedoucího Katedry počítačové grafiky a interakce (DCGI, 13139) k výsledkům studentské Ankety za zimní semestr 2021/22*. <https://fel.cvut.cz/cz/anketa/archiv/anketa.B211/13139.pdf>. Přistoupeno: 03-05-2022.

Příloha A

Výzkumná data

V příloze `Vyzkum.zip` je kořenový adresář `Vyzkum`. V něm jsou dva podadresáře `Anketa` a `One_minute_tests`.

V adresáři `Anketa` jsou `.pdf` soubory s naskenovanými anketami z předtermínu zkoušky předmětu, který proběhl 16.5.2022.

V adresáři `One_minute_tests` jsou `.xls1` soubory obsahující přepisy one-minute testů z výzkumů.



Příloha B

Výukové materiály

V příloze `Vyukove_materialy.zip` je kořenový adresář `Výukové materiály`, v němž jsou tři podadresáře `Demos`, `Emaily` a `Prezentace`.

V adresáři `Demos` jsou veškeré zdrojové kódy k navrženému cvičení na ladění kódu a `.pdf` soubory, které studenti dostali na tomto cvičení.

V adresáři `Emaily` jsou `.docx` soubory obsahující emaily, které garant předmětu rozesílal během semestru studentům.

V adresáři `Prezentace` jsou upravené prezentace pro studenty. Ty jsou rozdělené na `_home` a `_seminar` dle toho, jestli byly cílené na přípravu na doma, či jako vodítko na cvičení.