



UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY



Mgr. Daniela Onáčilová

AUTOREFERÁT DIZERTAČNEJ PRÁCE

Didaktika úvodného kurzu počítačovej grafiky

na získanie akademického titulu philosophiae doctor

v odbore doktorandského štúdia:

9.2.3. Teória vyučovania informatiky

Bratislava, 2012

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Katedre základov a vyučovania informatiky Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave.

Predkladateľ: **Mgr. Daniela Onačilová**
KZVI FMFI UK
Mlynská dolina
842 48 Bratislava

Školiteľ: **doc., RNDr. Andrej Ferko, Csc.**
KAGDM FMFI UK
Mlynská dolina
842 48 Bratislava

Oponenti: **prof. Ing. Veronika Stoffová, Csc.**
Katedra informatiky
Pedagogická fakulta
Univerzita J. Selyeho

doc., RNDr. Gabriela Andrejková, CSc.
Ústav informatiky
Prírodovedecká fakulta
Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

Mgr. Júlia Tomanová, PhD.
Katedra informatiky
Fakulta prírodných vied
Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre

Obhajoba dizertačnej práce sa koná **03.12.2012** o **11:00 h**
pred komisiou pre obhajobu dizertačnej práce v odbore doktorandského štúdia
vymenovanou predsedom odborovej komisie v odbore 9.2.3. Teória vyučovania informatiky
na adrese

Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Mlynská dolina,
842 48 Bratislava

Predseda odborovej komisie:
prof. RNDr. Ivan Kalaš, PhD.
Katedra základov a vyučovania informatiky
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzita Komenského
Mlynská dolina, 842 48 Bratislava

Abstrakt

Jadrom dizertačnej práce je výskum vyučovania počítačovej grafiky na vysokej škole, s prihliadnutím na propedeutiku niektorých jej pojmov vo vyučovaní matematiky a informatiky na základnej a strednej škole. Pri štúdiu tejto oblasti sme zistili, že počítačová grafika nemá vybudovanú a detailne preskúmanú didaktiku, pričom ide o rýchlo sa rozvíjajúcu oblasť informatiky. V našej práci sme sa zamerali na príspevok k jej rozvoju. Využili sme kvalitatívnu stratégiu výskumu na analýzu dát z rôznych zdrojov, ktorú sme podporili aj prvkami kvantitatívneho výskumu. Dáta sme získavali pomocou internetu a dotazníkov. Na spracovanie dotazníkov sme použili metódu analýzy textu a jednoduché štatistické metódy. V práci sme ďalej predložili prehľad najrozšírenejších prístupov k vyučovaniu úvodného kurzu počítačovej grafiky. Vymedzili sme šesť kľúčových tematických okruhov počítačovej grafiky a z pohľadu tejto klasifikácie sme analyzovali obsahy vybraných kurzov a dostupnú odbornú literatúru používanú na vyučovanie.

V práci sme charakterizovali tri úrovne poznania študentov prichádzajúcich na vysokú školu na Slovensku a opísali sme náš pohľad na postupné oboznamovanie sa s počítačovou grafikou v tomto období. Čitateľovi sme dali k dispozícii prehľad tém súvisiacich s počítačovou grafikou na základnej a strednej škole, charakteristiky kurzov počítačovej grafiky, rozbor publikácií používaných na vyučovanie počítačovej grafiky, analýzu vybraných didaktických tém (ako napr. metódy výučby, spôsoby hodnotenia študentov, vstupné a požadované vedomosti študentov, odporúčaná literatúra a pod.). Vykonali sme tiež analýzu domácich a zahraničných kurzov počítačovej grafiky a realizovali sme niekoľko s touto oblasťou súvisiacich dotazníkov.

Obsah

Úvod.....	5
Vymedzenie výskumného problému a výskumné otázky.....	6
Metódy zberu a analýzy dát.....	7
Prehľad problematiky.....	8
Analýza úvodných kurzov počítačovej grafiky.....	9
Analýza vyučovacích predmetov a doplňujúcich aktivít súvisiacich s počítačovou grafikou.....	10
Analýza úvodných kurzov počítačovej grafiky na FMFI UK.....	10
Výsledky výskumu.....	11
Záver.....	18
Publikácie	19
Literatúra.....	20

Skratky

ACM	Association for Computing Machinery
CAD	Computer Aided Design
GSVM	kurz „Grafické systémy, vizualizácia a multimédia“
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
PG	Počítačová grafika
SIGCSE	Special Interest Group on Computer Science Education
SIGGRAPH	Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques
ŠPÚ	Štátny pedagogický ústav
ÚKPG	Úvodný kurz počítačovej grafiky
ÚPG	kurz „Úvod do počítačovej grafiky“

Úvod

Počítačová grafika (skrátene PG) sa zvykne vymedzovať ako „metódy a techniky pre konštrukciu, manipuláciu, ukladanie a zobrazovanie obrazov pomocou počítača.“ (Ružický-Ferko, 1995). Vyučuje sa hlavne na vysokých školách, a to ako študijný odbor na technicky, teoreticky aj umelecky zameraných školách. Pojmový základ žiaci získavajú už na nižších stupňoch vzdelávania.

Rozsah dnešných vedomostí o spôsoboch a technikách zobrazovania spôsobil, že odovzdanie týchto vedomostí je zložitú. Preto bolo potrebné vytvoriť sylaby pre učiteľov, aby bol študent po skončení vysokej školy oboznámený so všetkými dôležitými oblasťami počítačovej grafiky. Pre náš výskum sú didakticky zaujímavé úvodné kurzy, pretože nemajú jednotné sylaby, synchronizované s odporúčaniami vedúcich organizácií ako napríklad ACM. To prináša otázky: Ako sa vyučuje počítačová grafika na vysokých školách? Aké metódy výučby používajú skúsení vyučujúci a aké témy učia v úvodných kurzoch? Ako analyzovať existujúce kurzy? Ako ich môžeme navzájom porovnať?

Napríklad úvodné kurzy počítačovej grafiky (skrátene ÚKPG) na FMFI UK prebiehajú prevažne v prvom alebo druhom ročníku bakalárskeho štúdia. Študenti si tu preto musia vystačiť s informatickými a matematickými vedomosťami zo strednej školy. Vstupné vedomosti sú teda kľúčové. To nastoľuje ďalšie otázky: Čo možno zistiť o študentoch úvodného kurzu? Aké sú ich vstupné vedomosti na úvodnom kurze? Aký je ich pohľad na počítačovú grafiku?

Autorka vyštudovala odbor informatika so špecializáciou na počítačovú grafiku a úspešne ukončila aj pedagogickú aprobáciu predmetu informatika. Jej diplomová práca súvisela s úvodnými kurzami počítačovej grafiky a s podporou pre ich cvičenia (Onačilová, 2007c). Pri tejto príležitosti vytvorila tutoriály pre tri autorské nástroje Hugin, Blender a Truespace, ktoré sú zverejnené na internete. Pri štúdiu pedagogickej aprobácie sa zoznámila so stredoškolskou pedagogikou a didaktikou informatiky.

Samotná motivácia pre tento výskum postupne rástla aj vďaka rozhovorom so študentami a pedagógmi, a tiež pri objavovaní možností kvalitatívneho výskumu. Podľa preskúmaných zdrojov, sme ho v súvislosti s vyučovaním počítačovej grafiky

použili pravdepodobne ako jedni z prvých na svete. Bolo treba nájsť charakteristiky kurzov, určiť vstupné vedomosti, diferencovať motivácie študentov, ktoré neboli vopred definované. Zhromaždili sme veľké množstvo informácií z dotazníkov, z ktorých nám nakoniec poslúžila na analýzu iba časť. Analyzovali sme najmä odpovede na otvorené a uzavreté otázky. Z otvorených otázok sme sa dozvedeli veľa o predstavách študentov o počítačovej grafike. Uzavreté otázky overovali ich vedomosti a zručnosti. Samotný výskum môže o. i. prispieť k metodológii pedagogického výskumu, ktorý by napomohol konštruovaniu vysokoškolskej didaktiky počítačovej grafiky.

Vymedzenie výskumného problému a výskumné otázky

Výskumným problémom v našom dizertačnom projekte je vyučovanie počítačovej grafiky v rámci úvodného univerzitného kurzu, zaoberáme sa však aj propedeutikou vyučovania počítačovej grafiky na nižších stupňoch vzdelávania.

V našej práci:

- sa venujeme obsahu vzdelávania na základných a stredných školách, ktorý je dôležitý pre budúce porozumenie a štúdium problémov z oblasti počítačovej grafiky,
- sa zaoberáme úvodnými kurzami počítačovej grafiky na vybraných univerzitách a skúmame ich charakteristiky,
- v kontexte počítačovej grafiky skúmame pohľad študentov na túto oblasť a vedomosti, a to pred a po absolvovaní úvodného kurzu,
- identifikujeme rôzne úrovne poznania študentov pred úvodným kurzom PG,
- navrhujeme etapy oboznamovania sa s počítačovou grafikou.

V našej práci sa nebudeme zaoberať:

- návrhom konkrétneho úvodného kurzu počítačovej grafiky,
- porovnaním existujúcich kurzov z hľadiska ich kvality,
- návrhom vylepšení už existujúcich kurzov, ktoré sme analyzovali ako príklady.

Cieľom našej výskumnej práce je:

- analyzovať úvodné vysokoškolské kurzy počítačovej grafiky a na základe tejto analýzy vytvoriť súbor ich charakteristík, ktoré budeme do hĺbky skúmať,
- opísať postupné spoznávanie počítačovej grafiky od strednej školy až po absolvovanie úvodného kurzu,
- zistiť, akú úroveň poznania majú študenti úvodného kurzu PG.

Pre naplnenie cieľov nášho výskumného projektu sme si stanovili nasledujúce výskumné otázky.

1. ***Podľa akých kritérií analyzovať už existujúce úvodné kurzy počítačovej grafiky (ÚKPG)?***
 - a. *Pomocou akých kritérií možno charakterizovať tieto kurzy?*
 - b. *Akým okruhom tém sa ÚKPG venujú?*
 - c. *Aké metódy výučby sa využívajú v ÚKPG?*
2. ***Aké vedomosti z matematiky a informatiky v súvislosti s počítačovou grafikou má a mal by mať študent úvodného vysokoškolského kurzu PG?***
 - a. *Ktoré témy z predmetov matematika a informatika na strednej škole súvisia s počítačovou grafikou?*
 - b. *Aké sú prerekvizity úvodných kurzov PG na vybraných univerzitách?*
 - c. *Akú úroveň programátorských a praktických zručností dosahujú študenti pred úvodným kurzom na FMFI UK?*
 - d. *Aké úrovne poznania dosahujú študenti ÚKPG?*
3. ***Aký je pohľad študenta na počítačovú grafiku pred a po absolvovaní úvodného kurzu na FMFI UK?***

Metódy zberu a analýzy dát

Počas nášho výskumu nám ako dáta poslúžili informácie o univerzitných kurzoch PG, materiály ku kurikulumám a dotazníky vyplnené študentami navštevujúcimi ÚKPG. Informácie o univerzitných kurzoch, prípadne ich informačné listy, boli zverejnené na internete. Tieto dáta sme analyzovali pomocou metódy **analýzy textu**. Pod kurikulumami

rozumieme medzinárodné kurikulá počítačovej grafiky, napr. ACM SIGGRAPH (Alley, 2008) a slovenské dokumenty Štátneho vzdelávacieho programu (ŠPÚ, 2008), (Bálint et al., 2009). Z dotazníkov sme získali vyjadrenia participantov, ktorými boli študenti odborov informatika, aplikovaná informatika a matematika, ktorí sa zúčastnili úvodných kurzov počítačovej grafiky Úvod do počítačovej grafiky (skrátene ÚPG) (FMFI, 2008) a Grafické systémy, vizualizácia a multimédiá (skrátene GSVM) (FMFI, 2012) na FMFI UK. Analýza dotazníkov priniesla rôzne typy dát (napr. sebahodnotenia na škále, odpovede na otvorené otázky) od veľkého počtu študentov, spolu sme analyzovali 358 dotazníkov.

Prehľad problematiky

V práci sa venujeme vyučovaniu úvodných kurzov počítačovej grafiky, preto sme v prehľade problematiky priblížili teórie súvisiace s učením sa a vyučovaním matematiky, súčasné prístupy k vyučovaniu, informácie o obsahoch uznávaných i lokálnych publikáciách určených na podporu vyučovania počítačovej grafiky a prezentovali sme obsahy kurikul významných organizácií.

V úvode kapitoly 2 sme predstavili vývinovú teóriu od Piageta (Šebesta et al, 1996) a opis kognitívneho procesu v matematike podľa Hejného (Hejný–Kuřina, 2009). Obe teórie sú istým spôsobom analogické. Spája ich prechod od konkrétneho (objekty, izolované modely) k abstraktnému (štruktúry, vzťahy, abstraktný poznatok).

Ďalej sme prezentovali požiadavky Wolfe (Wolfe, 1999) na úvodný kurz. Na ne nadväzovali súčasné prístupy k vyučovaniu ÚKPG, ktoré dodržiavajú spomenuté požiadavky. Iba teoretický prístup nezahŕňa aplikácie, čo spôsobuje u študentov problémy s aplikáciou vedomostí v praxi. Z uvedených publikácií nepriamo vyplynul opis bežného či tradičného kurzu, avšak názory na obsah kurzu a prístup k vyučovaniu sa rôznia. Mnohé publikácie na tému úvodných kurzov prezentujú skôr metódy výučby, prípadne obsahy, ale iba v jednom prípade zahraničnej (Sung-Ou, 2002) a jednom prípade domácej (Tomanová, 2005) publikácie sme zaznamenali prípadovú štúdiu aplikácie konštruktivistického prístupu k vyučovaniu PG na vysokej škole.

Obsahy kurzov a publikácií úzko súvisia, preto sme skúmali obsahový charakter významných i lokálnych publikácií. Na základe ich obsahov sme identifikovali šesť tematických okruhov počítačovej grafiky, ktoré sme využili pri analýze lokálnych publikácií a neskôr ich v práci používame na analýzu obsahu prednášok úvodných kurzov.

Prehľad dopĺňajú kurikulá pre počítačovú grafiku a informatické odbory navrhované expertmi popredných organizácií ACM a IEEE (ACM-IEEE, 2008), (Orr et al., 2007), (Bourdin et al., 2006), (Cunningham, 2007), (CGEMS, 2011), (ACM, 2010), (Martinez, 2008), (Joel, 2010). Ponúkajú ucelený koncept tém z počítačovej grafiky, ktoré by mal absolvent ovládať. Venovali sme sa aj aktivitám záujmovej skupiny ACM SIGGRAPH, ktorá ponúka portál CGEMS (CGEMS, 2011) s materiálmi a pomôckami na podporu vyučovania a ďalšie užitočné aktivity.

Analýza úvodných kurzov počítačovej grafiky

Analyzovali sme úvodné kurzy vybraných zahraničných univerzít a všetkých slovenských univerzít s dostupnými informačnými listami kurzov (spolu 38 kurzov). Z analýzy vyplýva, že obsahy kurzov sú rôznorodé aj napriek tomu, že boli analyzované len z pohľadu šiestich tematických okruhov. Časová dotácia sa pohybuje v rozmedzí 1-3 prednášky za týždeň. To ovplyvňuje aj množstvo a hĺbku prebranej látky. Spoločným okruhom tém pre zahraničné univerzity je vyučovanie zobrazovania priestorových dát a matematických základov. Niektoré slovenské univerzity dokonca 3D grafiku vôbec nevyučujú (UCM, STU) a zameriavajú sa jednotne na 2D grafiku. Pre prerekvizity sme identifikovali tri skupiny – programovanie, matematika a teoretická informatika. Prerekvizity analyzovaných kurzov slovenských univerzít môžeme zaradiť do dvoch predmetov, a to programovanie, algoritmy a štruktúry údajov, čo predstavuje praktickú a teoretickú informatiku. Rôzne spôsoby hodnotenia študentov naznačujú, že ani tu nie sú kurzy jednotné. Je vidieť, že vyučujúci využívajú rôzne možnosti a spôsoby, ako precvičiť a overiť u študentov ich praktické zručnosti a teoretické vedomosti. Z analýzy tiež vyplýva, že pre vybraných 38 univerzít (7 – slovenské, 19 – top 19 univerzít, 12 – druhá skupina) a 36 kurzov je najpoužívanejším programovacím jazykom C++.

Analýza vyučovacích predmetov a doplňujúcich aktivít súvisiacich s počítačovou grafikou

Z oficiálnych dokumentov Štátneho vzdelávacieho programu pre predmety matematika (Bálint et al., 2009) a informatika (ŠPÚ, 2008) vyplynulo, že na nižšom stupni vzdelávania sa žiaci zoznamujú hlavne s počítačom, programovaním, matematikou a tvorbou a úpravou rastrovej obrazovej informácie. Tieto výsledky podporila aj analýza dotazníkov predložených študentom našich kurzov. V práci sme uviedli príklady doplňujúcich aktivít súvisiacich s počítačovou grafikou na strednej škole a príklad experimentu, ktorý mal za cieľ integrovať počítačovú grafiku na strednej škole.

Analýza úvodných kurzov počítačovej grafiky na FMFI UK

Analyzovali sme ako študenti hodnotia úroveň svojich vedomostí z konkrétnych programovacích jazykov. Dostatočná programátorská úroveň študentov podporuje integráciu projektov s programátorským zadaním. Našli sme nedostatky vo vedomostiach, ktoré náš kurz vypĺňa. Študenti vedia vytvoriť a upravovať bitmapy, fotografie a webové stránky. Na nižšej úrovni sú zručnosti z vektorovej 2D grafiky, 3D modelovania, tvorby panorám a tvorby animácie. Výsledky tejto časti sme publikovali v článku (Onačilová, 2011a). Analýzou odpovedí študentov na otvorené otázky sme získali odpoveď na výskumnú otázku: *„Aký je pohľad začiatočníka na počítačovú grafiku pred a po absolvovaní kurzu?“*

Na základe týchto výsledkov a analógie s referenčným modelom počítačovej grafiky (Carson, 1993) sme identifikovali tri úrovne poznania študentov počítačovej grafiky – používateľ, pokročilý používateľ a programátor. Zo závislosti medzi troma úrovňami poznania a referenčným modelom počítačovej grafiky vyplynula oblasť, o ktorej študenti nevedia alebo ju nepoznajú – grafický systém. Pomocou vymenovaných cieľov kurzov ÚPG (FMFI, 2008), GSVM (FMFI, 2012) na FMFI UK a troch úrovní poznania študentov sme analyzovali náplň kurzov. V závere sme rozvinuli úvahy o piatich etapách spoznávania počítačovej grafiky od prvých vývinových štádií až po vysokú školu.

Výsledky výskumu

Výskumným problémom v našom projekte bolo vyučovanie počítačovej grafiky v rámci úvodného univerzitného kurzu, zaoberali sme sa však aj propedeutikou vyučovania počítačovej grafiky na nižších stupňoch vzdelávania. Cieľom bolo analyzovať úvodné vysokoškolské kurzy počítačovej grafiky a vytvoriť súbor ich charakteristík. Ďalej sme chceli preskúmať postupné spoznávanie počítačovej grafiky a zistiť, akú úroveň poznania majú študenti úvodného kurzu PG a tiež ako sa mení ich pohľad na odbor na základe absolvovania nášho kurzu. Tieto ciele sme splnili zodpovedaním výskumných otázok nasledovne.

1. Podľa akých kritérií analyzovať už existujúce úvodné kurzy počítačovej grafiky (ÚKPG)?

- a. Pomocou akých vlastností možno charakterizovať tieto kurzy?
- b. Akým okruhom tém sa úvodné kurzy PG venujú?
- c. Aké metódy výučby sa využívajú v ÚKPG?

Charakteristika kurzu	Opis charakteristiky
	Pedagogická definícia podľa (Průcha et al., 2009)
Cieľová skupina	Komu je kurz určený „Určitý segment populácie, na ktorý je zameraný nejaký napr. preven-tívny program“
Prerekvizity	Očakávané alebo požadované vstupné vedomosti, podmieňujúce pred-mety
Cieľ/ciele kurzu	Aké ciele chce vyučujúci daným predmetom naplniť „1 Účel, zámer výučby; 2 výstup, výsledok výučby“
Časová dotácia	Rozsah výučby z hľadiska času – v hodinách za týždeň/semester
Obsah výučby	Aké témy sú predmetom vzdelávania
Učebnice, odporúčaná literatúra	Literatúra pokrývajúca obsah výučby
Metóda výučby	Spôsob, akým sú vedomosti predávané študentom „Postup, cesta, spôsob vyučovania. Charakterizuje činnosť učiteľa vedúcu žiaka k dosiahnutiu stanovených vzdelávacích cieľov“
Podpora prednášky	Či je predmet podporovaný aj cvičeniami

cvičeniami	
Hodnotenie študentov	Hodnotenie a spôsoby hodnotenia vedomostí a zručností študentov
	„V bežnej pedagogickej komunikácii hodnotia učitelia žiakov priebežne tak, že im oznamujú, aké sú ich výkony, úspechy ai.“

Tabuľka 1: Opisy charakteristík, ktoré odpovedajú na výskumnú otázku 1.a.

V úvode práce sme predstavili filozofiu a prístupy k vyučovaniu úvodných kurzov počítačovej grafiky. Predstavili sme charakteristiky kurzu podľa (Paquette, 2005) a prezentovali sme nami navrhnuté charakteristiky, ktoré vyplynuli z analýzy kurzov. Uvádzame ich v tabuľke 1 .

Päť z týchto charakteristík – časová dotácia prednášky, teoretická/programátorská metóda výučby prednášky, okruhy tém, odporúčaná literatúra, prerekvizity a spôsoby hodnotenia študentov – sme podrobili opätovnej a hlbšej analýze.

Odpoveďou na otázkou 1.b. sú výsledky analýzy obsahov vybraných slovenských a zahraničných kurzov. Obsahy kurzov sú rôznorodé aj napriek tomu, že boli analyzované len z pohľadu šiestich tematických okruhov – 1 Grafické systémy, 2 Rovinná grafika, 3 Trojrozmerné modely, 4 Zobrazovanie priestorových dát, 5 Aplikácie. Spoločným okruhom tém pre zahraničné univerzity je vyučovanie zobrazovania priestorových dát a matematických základov. Niektoré slovenské univerzity 3D grafiku vôbec nevyučujú (UCM, STU) a zameriavajú sa jednotne na 2D grafiku. Deviantným prípadom v tejto analýze je kurz na University of Michigan, kde nie je žiaden úvodný kurz, iba sada siedmich grafických kurzov.

V otázke 1.c. sme sa pýtali, aké metódy výučby sa využívajú v ÚKPG. Z dostupných publikácií (Angel-Shreiner, 2011), (Ganovelli-Corsini, 2009), (Angel et al., 2006), (Sung-Ou, 2002), (Paquette, 2005) vyplýva, že úvodné kurzy počítačovej grafiky nemajú jednotný prístup k vyučovaniu. Identifikovali sme nasledujúce prístupy k vyučovaniu počítačovej grafiky :

- programátorské prístupy – vyučovanie programovaním grafických algoritmov a rôznych projektov,
- vyučovanie počítačovej grafiky bez rastrových algoritmov,
- Virtual Reality Based Learning – vyučovanie podporované virtuálnym výučbovým prostredím,

- modelovanie a CAD systémy – vyučovanie zamerané na modelovanie 3D grafického obsahu,
- 2D grafika a spracovanie obrazu,
- teoretický prístup – matematické a teoretické vedomosti bez priamej aplikácie.

V rámci tejto analýzy sme označili niektoré kurzy ako "bežné" alebo "tradičné". V odbornej literatúre nachádzame k tomuto označeniu rôzne obsahovo, filozoficky aj metodologicky orientované kurzy.

2. Aké vedomosti z matematiky a informatiky v súvislosti s počítačovou grafikou má a mal by mať študent úvodného vysokoškolského kurzu PG?

- a. Ktoré témy z predmetov matematika a informatika na strednej škole súvisia s počítačovou grafikou?*
- b. Aké sú prerekvizity úvodných kurzov PG na vybraných univerzitách?*
- c. Akú úroveň programátorských a praktických zručností dosahujú študenti pred úvodným kurzom na FMFI UK?*
- d. Aké úrovne poznania dosahujú študenti ÚKPG?*

Na otázku 2.a. sme odpovedali analýzou Štátnych vzdelávacích programov pre základné a stredné školy a porovnaním s Computer Graphics Knowledge Base Report od ACM SIGGRAPH sme získali predstavu o tom, aké vedomosti a zručnosti nadobudnú študenti pred vstupom na vysokú školu. Tieto výsledky sme podporili analýzou dotazníkov. S počítačovou grafikou v predmete Informatika najvýraznejšie súvisia tematické okruhy Informácie okolo nás, Princípy fungovania IKT, Postupy, riešenie problémov, algoritmické myslenie, Informačná spoločnosť. Z tematických okruhov matematiky sme vybrali Vzťahy, funkcie, tabuľky, diagramy a Geometria a meranie.

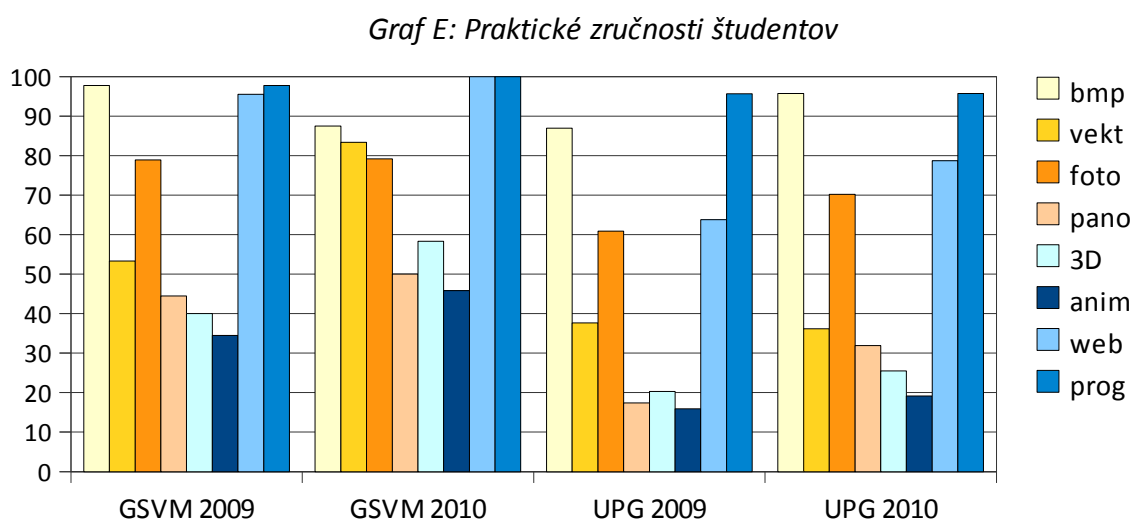
Z oficiálnych dokumentov vyplynulo, že na nižšom stupni vzdelávania sa žiaci zoznamujú hlavne s počítačom, programovaním, matematikou a tvorbou a úpravou rastrovej obrazovej informácie. Tiež sme uviedli príklady doplňujúcich aktivít súvisiacich s počítačovou grafikou na strednej škole.

Otázka 2.b. sa pýta na prerekvizity úvodných kurzov. Analýzou vybraných kurzov sme zostavili zoznam prerekvizít, ktoré sme rozdelili do troch kategórií – programovací jazyk, matematika a teoretická informatika:

- programovací jazyk C/C++,

- matematika,
 - lineárna algebra,
 - trigonometria,
 - numerické metódy,
 - kalkulus – diferenciálne rovnice a integrály, aj pre 3D,
- teoretická informatika,
 - algoritmy a dátové štruktúry, analýza programov,
 - úvod do počítačových systémov, architektúra, programovanie a organizácia počítača.

Na otázku 2.c. odpovedáme výsledkami analýzy dotazníkov predložených študentom úvodných kurzov ÚPG (FMFI, 2008) a GSVM (FMFI, 2012) na FMFI UK. Nasledujúci obrázok 1 zobrazuje percentuálne zastúpenie jednotlivých praktických zručností študentov úvodných kurzov počítačovej grafiky.



Obrázok 1: Vedomosti a zručnosti študentov z vybraných oblastí

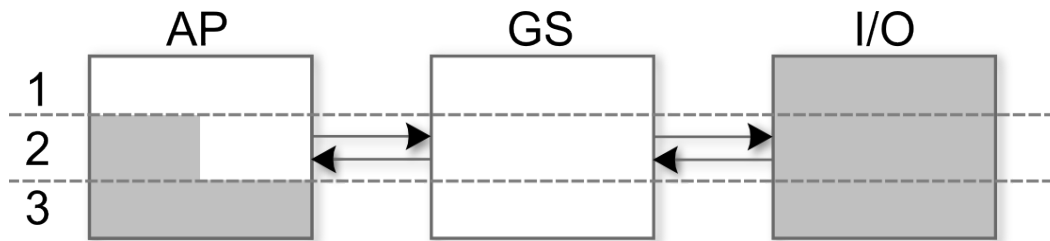
Z výsledkov je vidieť, že tvorba panorám a 3D obsahu patria medzi najmenej zvládnuté zručnosti. Tieto vedomosti sú na úvodnom kurze pre študentov nové. Medzi zručnosti, ktoré študenti pred úvodným kurzom PG ešte nemajú, patrí aj 2D a 3D animácia. Túto tému chápeme ako pokročilú a je potrebné sa jej venovať v rámci ďalšieho predmetu počítačovej grafiky. Nie veľmi rozšírené je aj vektorové kreslenie. Vo všetkých skúmaných prípadoch však dosahuje vyššie hodnotenie ako 3D modelovanie. Medzi najlepšie hodnotené patrí programovanie, čo podporuje výsledky hodnotenia

programátorských zručností, ktoré sme získali z dotazníkov. S bitmapovým alebo tiež rastrovým kreslením sa študenti stretli na nižšom stupni vzdelávania. K práci s rastrovou informáciou patrí aj úprava fotografií, ktorú zvládlo v rámci všetkých sledovaných odborov viac ako 60 % študentov. Tvorba webových stránok je dostatočne rozšírená a túto zručnosť sme skúmali pre potreby zadaní a zverejnení projektov.

Analýza sebahodnotenia študentov z programátorských zručností ukázala, že každý z odpovedajúcich študentov mal aspoň základy (hodnotenie 2 – základy kam patria premenná, cyklus, podmienka, a i.) z niektorého programovacieho jazyka. Na druhej strane vyššie nároky na programátorské zručnosti sú neadekvátne pre týchto študentov. Najvýraznejšie tento jav zaznamenávame pri programovacím jazyku C/C++, ktorý je v pokročilých kurzoch počítačovej grafiky na FMFI UK primárnym programovacím jazykom. Dokazuje to aj nasledujúca tabuľka 2 s výsledkami analýzy. Poznámky v tabuľke znamenajú nasledovné: * „2-4“ bez jedného prípadu hodnotenia 1; *+ „3-4“ bez jedného prípadu hodnotenia 1 a dvoch prípadov hodnotenia 2; *- „1-3“ bez jedného prípadu hodnotenia 4.

Otázka 2.: Ohodnoťte svoje vedomosti z programovacích jazykov, programovania.				
Hodnotiaci škála:				
1 – neovládam, 2 – základy (premenná, cyklus, podmienka,...), 3 – tvorba aplikácie a objekty, 4 – expert (alebo práca vo firme ako programátor), N – neviem posúdiť				
Programovacie jazyky: C/C++, Pascal/Delphi, Java				
programovací jazyk	priemerné hodnotenie GSVM 2009	rozptyl a poznámky	priemerné hodnotenie GSVM 2010	rozptyl a poznámky
C/C++	2,16	„1-4“	2,38	„1-4“ *
Pascal/Delphi	2,99	„1-4“ *+	2,83	„1-4“
Java	2,63	„1-4“ *-	2,54	„1-4“
	priemerné hodnotenie ÚPG 2009	rozptyl	priemerné hodnotenie ÚPG 2010	rozptyl
C/C++	2,12	„1-3“	2,06	„1-3“
Pascal/Delphi	2,11	„1-3“	2,22	„1-4“
Java	1,24	„1-3“	1,64	„1-3“

Tabuľka 2: Priemerné sebahodnotenie študentov v programovacích jazykoch



Obrázok 2: Grafické znázornenie troch úrovní poznania študentov a ich súvislosť s referenčným modelom počítačovej grafiky

Odpoveďou na otázku 2.d je opis charakteristík troch úrovní poznania študentov – **používateľ**, **pokročilý používateľ**, **programátor**. Na obrázku 2 sú vyznačené tri úrovne v referenčnom modeli počítačovej grafiky – 1 používateľ, 2 pokročilý používateľ, 3 programátor. Biele časti grafu indikujú chýbajúce vedomosti. Z analýzy vyplýva, že študenti pred absolvovaním úvodného kurzu nepoznajú alebo neovládajú grafický systém počítačovej grafiky.

Tri úrovne poznania sme definovali nasledovne:

1. **Používateľ** – skupina študentov, ktorí bežne používajú zobrazovacie zariadenie. Študenti poznajú, prípadne ovládajú grafické aplikácie len na úrovni, s ktorou sa stretli v škole. Symbolické jazyky matematiky a informatiky spoznali na nižšom vzdelávacom stupni, ale neosvojili si ich.
2. **Pokročilý používateľ** – študenti, ktorí aktívne využívajú niektorý aplikačný grafický softvér. Osvojili si symbolický jazyk matematiky a/alebo informatiky a pomocou programovania (napr. Imagine alebo v Delphi) vytvárajú digitálny grafický obsah. Využívajú pri tom vedomosti z matematiky (uhol, vlastnosti geometrických útvarov a i.) a programovania (cyklus, podmienka, rekurzia a i.).
3. **Programátor** – študenti, ktorí majú vedomosti a zručnosti „pokročilých používateľov“ a pracovali už s profesionálnou knižnicou, ako je Open GL, alebo sa zaoberali programovaním 3D grafického výstupu. Využívajú pri tom vedomosti z matematiky, napríklad o vektoroch a premietaní. Bud’ nemajú žiadne znalosti o grafickom systéme, alebo len veľmi slabé.

3. Aký je pohľad študenta na počítačovú grafiku pred a po absolvovaní úvodného kurzu na FMFI UK?

Hlavným účastníkom výučby je študent. Jeho názor a pohľad na odbor je pre nás dôležitý. Pri skúmaní odpovedí študentov na otázky v dotazníkoch sme zistili niekoľko dôležitých faktov.

- Študenti majú rôznu úroveň skúseností s aplikáciou počítačovej grafiky pomocou autorských nástrojov a programátorských vedomostí.
- Študenti na začiatku vnímajú počítačovú grafiku hlavne aplikačne a pocitovo. Vytvárajú si o nej predstavu na základe vlastnej skúsenosti a aplikácií odpozorovaných z okolia. Teoretické pozadie ešte do tejto predstavy nezaradili.
- Po kurze vyjadrujú prekvapenie nad vnútornou časťou počítačovej grafiky, jej pozadím a matematicko-informatickými základmi. Dopĺňajú si praktickú skúsenosť s tvorbou 3D grafického obsahu. Začínajú vnímať túto oblasť z inej perspektívy a zamýšľajú sa nad študijným odborom zameraným na počítačovú grafiku.
- Ich motivácia sa spočiatku pohybuje hlavne na úrovni emócií, po absolvovaní kurzu sa zakladá na reálnejšej predstave vytvorenej z úvodu a prehľadu základných problémov, ktoré grafika rieši.

Ciele výskumu sme splnili a zodpovedali sme všetky výskumné otázky. Veríme, že výsledky budú prínosom v odbore počítačová grafika a didaktika informatiky, pretože táto výskumná práca prepája obe oblasti.

Predkladáme prehľad najvýznamnejších metód výučby úvodných kurzov počítačovej grafiky, čo poskytuje vyučujúcim možnosť výberu vhodnej metódy na základe špecifikovaných požiadaviek kurzu. Identifikovali sme osem charakteristík kurzu a šesť tematických okruhov počítačovej grafiky, ktoré sú vhodným nástrojom pri návrhu kurzu i pri analýze a porovnávaní kurzov. Analýzou univerzitných úvodných kurzov sme dospeli k záveru, že nejednotnosť v ich obsahu je značná. Preto je nutné úvodný kurz chápať v kontexte celej série kurzov počítačovej grafiky v tomto odbore na danej univerzite.

Analýzou Štátneho vzdelávacieho programu a dotazníkov sme charakterizovali vedomosti študentov úvodného kurzu a ich pohľad na daný odbor. Na základe týchto výsledkov sme charakterizovali tri úrovne poznania študentov. Tento poznatok

prispieva k špecifikácii požiadaviek na vstupné vedomosti študenta, k špecifikácii aplikačne orientovaných projektov a odhaľuje oblasti, ktoré študent nepozná alebo neovláda. Tiež sme zistili, že na základe úvodného kurzu má študent jasnejšiu predstavu o odbore a vie sa neskôr rozhodnúť pri výbere špecializácie.

Záver

Rozsah dnešných vedomostí o spôsoboch a technikách zobrazovania spôsobil, že odovzdanie týchto vedomostí je zložité. Pre náš výskum boli didakticky zaujímavé úvodné kurzy, pretože nemajú jednotné sylaby, synchronizované s odporúčaniami vedúcich organizácií. Zaoberali sme sa preto analýzou univerzitných kurzov na zahraničných aj slovenských univerzitách a poskytujeme návrh charakteristík úvodných kurzov počítačovej grafiky. Počas prieskumu odbornej literatúry sme identifikovali niektoré výrazné metódy výučby. Podrobne sme sa zaoberali spôsobmi hodnotenia študentov, typmi odporúčanej literatúry a okruhom tém, ktorým sa na úvodnom kurze venujú.

Úvodné kurzy počítačovej grafiky ÚPG (FMFI, 2008) a GSVM (FMFI, 2012) na FMFI UK prebiehajú v prvom alebo druhom ročníku bakalárskeho štúdia. Študenti si tu preto musia vystačiť s informatickými a matematickými vedomosťami prevažne len zo strednej školy. Výsledky našej analýzy Štátneho vzdelávacieho programu a dotazníka predloženého študentom hodnotia ich vedomosti a praktické zručnosti súvisiace s počítačovou grafikou.

Úvodný citát vystihuje laický pohľad na počítačovú grafiku. S ním sa stretávajú vyučujúci na kurzoch a študenti často nevedia, že počítačová grafika je skonštruovaná z aparátov matematiky a informatiky. Ich názor nemôžeme ignorovať, pretože práve oni sú adresátmi celého vyučovania. Miera ich pochopenia prednášky a ich poznávací proces určujú, ako problematiku predkladať. Časť otázok v dotazníkoch predložených študentom FMFI UK sa týkala práve ich názoru na počítačovú grafiku pred a po absolvovaní kurzu. Na základe referenčného modelu počítačovej grafiky a nadobudnutých výsledkov analýz sme definovali tri úrovne poznania študentov úvodného kurzu

počítačovej grafiky. V závere sme rozvinuli úvahy o piatich etapách spoznávania počítačovej grafiky od prvých vývinových štádií až po vysokú školu.

Náš výskum naznačil niekoľko tém vhodných pre ďalšie pokračovanie výskumu v tejto oblasti. Etapy kognitívneho procesu v počítačovej grafike sú nepreskúmané, preto sme rozvinuli úvahu o piatich etapách spoznávania počítačovej grafiky. Tieto úvahy je nutné podporiť vedeckým výskumom. Súvisiacou témou je analýza budovania pojmov z počítačovej grafiky, ktoré by výrazne napomohli pri návrhu kurikula úvodného kurzu. Tiež by sme vďaka takejto analýze vedeli určiť, ktoré témy z počítačovej grafiky je vhodné vyučovať aj na nižších stupňoch vzdelávania. Je potrebné uvedomiť si, že znalosti z nižších stupňov vzdelávania patria k všeobecnému prehľadu, preto aj znalosti z počítačovej grafiky by mali mať praktický a aplikačný charakter.

Analýzou Štátneho vzdelávacieho programu a dotazníkov sme charakterizovali vedomosti študentov úvodného kurzu a ich pohľad na daný odbor. Na základe týchto výsledkov sme charakterizovali tri úrovne poznania študentov. Tento poznatok prispieva k špecifikácii požiadaviek na vstupné vedomosti študenta, k špecifikácii aplikačne orientovaných projektov a odhaľuje oblasti, ktoré študent nepozná alebo neovláda. Konkrétne sme špecifikovali, že oboznámenie sa s grafickým systémom a jeho budovanie je cieľom vysokoškolského štúdia. Tiež sme zistili, že na základe úvodného kurzu má študent jasnejšiu predstavu o odbore a vie sa neskôr rozhodnúť pri výbere špecializácie.

Publikácie

súvisiace s výskumom

- ONAČILOVÁ, DANIELA. 2007a. E-learning for computer graphics : Urbánne rekonštrukcie. Proceedings of Symposium on Computer Geometry, Vol. 16, Bratislava : Slovak University of Technology, 2007. s. 87-89. ISBN 978-80-227-2734-1.
- ONAČILOVÁ, DANIELA. 2007b. Tutorials for urban reconstructions in computer graphics education. 8th International Conference Virtual University VU'07 : Proceedings, Bratislava : Slovenská e-akadémia, 2007. s. 256-260. ISBN 978-80-89316-09-0.

- ONAČILOVÁ, DANIELA. 2007c. E-learning for computer graphics : Urbánne rekonštrukcie. Bratislava : FMFI UK, 2007. Diplomová práca.
- ONAČILOVÁ, DANIELA. 2009. Počítačová grafika a jej edukácia. DidInfo 2009, Banská Bystrica : Univerzita Mateja Bela, 2009. s. 148-15. ISBN 978-80-8083-720-4.
- ONAČILOVÁ, DANIELA – FERKO, ANDREJ. 2009. Towards didactics of computer graphics. Future of Computer Graphics Education. s. 31-34. Bratislava : 2009.
- ONAČILOVÁ, DANIELA. 2011a. Tvorba úvodného kurzu počítačovej grafiky. Počítačová grafika z pohľadu študenta. Študentská vedecká konferencia FMFI UK. Bratislava : Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, 2011. s. 370-372. ISBN 978-80-89186-87-7.
- ONAČILOVÁ, DANIELA. 2011b. Tvorba úvodného kurzu počítačovej grafiky : Vstupné vedomosti študentov. Interdisciplinárni mezinárodní vědecká konference doktorandů – QUAERE 2011. Hradec Králové: MAGNANIMITAS, 2011. ISBN 978-80-904877-3-4, ETTN 085-11-11007-04-1.
- ONAČILOVÁ, DANIELA – FERKO, ANDREJ. 2012. Computer Graphics Education from High School to University. 19th Conference of Geometry Graphics and Computer. 25 - 27. VI. 2012. Ustroń: Polish Society for Geometry and Engineering Graphics 2012. Článok prezentovaný na konferencii.

Literatúra

- ACM SIGGRAPH EDUCATION COMMITTEE. 2010. CgSource [online]. last modified 2010-06-13 20:58. Dostupné na internete: <<http://education.siggraph.org/resources/cgsource>>
- ACM, IEEE COMPUTER SOCIETY. 2008. Computer Science Curriculum 2008: An Interim Revision of CS 2001 [online]. December 2008. Dostupné na internete: <<http://www.acm.org//education/curricula/ComputerScience2008.pdf>>.
- ALLEY, TONY. 2008. Computer Graphics Knowledge Base Report [online]. ACM SIGGRAPH Education Committee, last modified 2008-05-27. [cit.2012-02-24]. Dostupné na internete: <<http://education.siggraph.org/resources/knowledge-base/report>>.
- ANGEL, EDWARD – CUNNINGHAM, STEVE – SHIRLEY, PETER – SUNG, KELVIN. 2006. Teaching computer graphics without raster-level algorithms. In Proceedings of the 37th SIGCSE technical symposium on Computer science education (SIGCSE '06). ACM, New York, NY, USA : ACM, 2006. 266p.-267p. DOI=10.1145/1121341.1121423

<<http://doi.acm.org/10.1145/1121341.1121423>>.

ANGEL, ED – SHREINER, DAVE. 2011. Teaching a Shader-Based Introduction to Computer Graphics. IEEE, 2011. 0272-1716/11.

BÁLINT, ĽUDOVÍT – JANISKOVÁ, JARMILA – KUBÁČEK, ZBYNĚK – ORAVCOVÁ, EVA – REITEROVÁ, MONIKA. 2009. Štátny vzdelávací program: Matematika. Príloha ISCED 3A. Bratislava: ŠPÚ, 2009.

BOURDIN, JEAN-JACQUES – CUNNINGHAM, STEVE – FAIRÉN, MARTA – HANSMANN, WERNER. 2006. Report of the CGE 06 Computer Graphics Education Workshop. Viena: Eurographics 2006.

CARSON, GEORGE S. 1993. Introduction to the Computer Graphics Reference Model. SIGGRAPH Computer Graphics Volume 27, Issue 2 (September 1993). ACM New York, NY, USA : 1993. s. 108-119. DOI=10.1145/165529.165539. Dostupné na internete: <<http://doi.acm.org/10.1145/165529.165539>>.

CGEMS. 2011. COMPUTER GRAPHICS EDUCATIONAL MATERIALS SOURCE. Latest News, 23/3/2011. [cit. 2011-05-25]. Dostupné na internete: <<http://cgems.inesc.pt/>>.

CUNNINGHAM, STEVE. 2007. A Discussion of the CGE06 Workshop Report: A computer Graphics Curriculum that Addresses the Bologna Requirements. Praha: Eurographics 2007. ISSN 1017-4656.

FMFI UK BRATISLAVA. 2008. Matematika, 1-MAT-180 Úvod do počítačovej grafiky [online]. Bratislava, 25.02.2008.[cit. 2012-05-25]. Dostupné na internete: <http://www.fmph.uniba.sk/fileadmin/user_upload/editors/studium/bc_mgr/IL/1-MAT-180.html>.

FMFI UK BRATISLAVA. 2012. Informatika, 1-AIN-240 Grafické systémy, vizualizácia, multimédiá [online]. [cit. 2012-04-25]. Dostupné na internete: <http://www.fmph.uniba.sk/fileadmin/user_upload/editors/studium/bc_mgr/IL/1-AIN-240.html>.

GANOVELLI, F., CORSINI, M. 2009. eNVyMyCar: A Multiplayer Car Racing Game for Teaching Computer Graphics. Oxford: Computer Graphics Forum, Volume 28 2009. 2025 s. - 2032 s. DIO 10.1111/j.1467.8659.2009.01425.x.

HEJNÝ, MILAN – KUŘINA, FRANTIŠEK. 2009. Dítě, škola a matematika. Praha : Portál, 2009. ISBN: 978-80-7367-397-0.

JOEL, BILL. 2010. ACM SIGGRAPH Education Committee: Undergraduate Research Alliance [online]. last modified 2010-05-27 15:02. Dostupné na internete: <<http://education.siggraph.org/community/ug-research>>.

- MARTINEZ, JAMES. 2008. ACM SIGGRAPH Education Committee: Primary & Secondary (K-12) Education [online]. last modified 2008-12-03 10:00. Dostupné na internete: <<http://education.siggraph.org/community/k-12>>.
- ORR, GENEVIEVE – ALLEY, TONY – LAXER, CARY – GEIGEL, JOE – GOLD, SUSAN. 2007. A knowledge base for the emerging discipline of computer graphics. In CGEMS: Computer graphics educational materials source (CGEMS), Frank Hanisch and Joaquim Jorge (Eds.). The CGEMS Project , Article 1 , 1 pages. [cit. 2012-04-25]. Dostupné na internete: <<http://cgems.inesc.pt/ModuleInfo.aspx?id=41>>.
- PAQUETTE, ERIC. 2005. Computer Graphics Education in Different Curricula: Analysis and Proposal for Courses. Comput. Graph. 29, 2 (April 2005), 245-255. DOI=10.1016/j.cag.2004.12.011 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2004.12.011>>.
- RUŽICKÝ, EUGEN - FERKO, ANDREJ. 1995. Počítačová grafika a spracovanie obrazu. 1. vyd. Bratislava: SAPIENTIA, 1995. 334 s. ISBN 80-967180-2-9.
- SUNG, WEN-TSAI – OU, SHIH-CHING. 2002. Learning Computer Graphics Using Virtual Reality Technologies Based on Constructivism – Case Study of the WebDeGrator System. Interactive Learning Environments. Vol. 10, Iss. 3, 2002. DOI:10.1076/ilee.10.3.177.8767.
- ŠEBESTA, JURAJ – RYBÁR, JÁN – HRICOVÁ, DANA – KVASZ, LADISLAV. 1996. Kapitoly z epistemológie, Zväzok 3. Bratislava : Univerzita Komenského, 1996. ISBN 978-80-22310826.
- ŠPÚ – ŠTÁTNY PEDAGOGICKÝ ÚSTAV SLOVENSKEJ REPUBLIKY. 2008. Štátny vzdelávací program: Informatika. Príloha ISCED 3A. Bratislava: ŠPÚ, 2008.
- TOMANOVÁ, JÚLIA. 2005. Počítačová grafika pre učiteľov informatiky: Dizertačná práca. Nitra: 2005.
- WOLFE, ROSALEE. 1999. New Possibilities in the introductory Graphics Course for Computer Science Majors. Computer Graphics 33(1) May 1999, 35-38.

Summary

This thesis focuses on the research in teaching computer graphics at the university, with respect to the fact that some of the basic skills and knowledge necessary to understand computer graphics is taught already at primary and secondary school – particularly in mathematics and informatics. Studying this area, we found that didactics of computer graphics is not well formed nor studied, although it is a rapidly expanding branch of informatics. Therefore, we focused on the contribution to its development. We used a qualitative research strategy to analyze data from different resources, which was supported by quantitative research methods. Data-sets were obtained using the Internet and questionnaires. We processed data using text analysis and simple statistical methods. In this work, we further characterized an introductory computer graphics course. We have identified six key topics in computer graphics. Using this classification, we analyzed the contents of the selected courses and available educational literature.

Further, we recognized three levels of knowledge among students coming to university in Slovakia and we describe our observations of their gradual familiarity with computer graphics in this period. For the reader, we offer an overview of topics related to computer graphics at primary and secondary school, the characteristics of computer graphics courses, analysis of selected publications used for teaching computer graphics, and an analysis of teaching approaches within selected topics (such as methods of teaching, assessment of students' input and knowledge required from students, recommended literature, and so on). We analyzed the selected domestic and foreign introductory courses and conducted several questionnaires related to our research topic.