

VEDECKÁ RADA FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY
UNIVERZITY KOMENSKÉHO V BRATISLAVE

RNDr. Pavla Ňuňuková

AUTOREFERÁT DIZERTAČNEJ PRÁCE

The methodology of e-learning applied to computer vision

na získanie vedecko-akademickej hodnosti
philosophiae doctor
v odbore 9.2.1 Informatika.

BRATISLAVA 2010

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

Predkladateľ: **RNDr. Pavla Ňuňuková**
Katedra aplikovanej informatiky,
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzity Komenského
Mlynská dolina, 842 48 Bratislava

Školiteľ: **Doc. RNDr. Milan Ftáčnik, CSc.**
Katedra aplikovanej informatiky,
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky, Univerzity Komenského
Mlynská dolina, 842 48 Bratislava

Oponenti: **prof. Ing. Mária Bieliková, CSc.**
Ústav informatiky a softvérového inžinierstva,
Fakulta informatiky a informačných technológií, Slovenskej Technickej
Univerzity v Bratislave
Ilkovičova 3, 842 16 Bratislava

prof. Ing. Peter Sinčák, CSc.
Katedra kybernetiky a umelej inteligencie,
Fakulta elektrotechniky a informatiky,
Technickej Univerzity v Košiciach
Letná 9, 042 00 Košice

Ing. Tomáš Svoboda, PhD.
Centrum aplikovanej kybernetiky
Fakulta elektrického inžinierstva
České Vysoké Učení Technické Praha
Karlovo náměstí 13, 121 35 Praha

Obhajoba dizertačnej práce sa koná o hod. na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky UK, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava pred komisiou pre obhajobu dizertačnej práce doktorandského štúdia vymenovanou dňa predsedom spoločnej odborovej komisie vo vednom odbore 9.2.1 Informatika.

Predseda spoločnej odboreovej komisie:
prof. RNDr. Branislav Rován, PhD.
FMFI UK
Mlynská dolina
842 48 Bratislava

Abstract

The thesis focus on the possibilities in preparing the e-learning courses. There are many methodologies around the world. After their critical comparison we did not found an easy and effective approach. We created our own methodology with the Checklists, that should be followed during the creation of the e-learning course. According to this methodology we prepared the image processing e-course. We made some testing of the e-course with the students and compared it with the results of the students, who passed the traditional way of learning. At the end we declare the hypothesis, that the methodology and the application domain are closely connected.

The fundamental result of the thesis is the difference between the methodology of computers science and the other domains.

Key words

e-learning, image processing, methodology

Abstrakt

Bibliografická identifikácia	ŇUŇUKOVÁ, Pavla. Metodológia e-learningu aplikovaná na počítačové videnie [dizertačná práca]. Univerzita Komenského v Bratislave. Fakulta matematiky, fyziky a informatiky; katedra aplikovanej informatiky. Školiteľ: Doc. RNDr. Milan Ftáčnik, CSc. Stupeň odbornej kvalifikácie: doktor filozofie (PhD.). Bratislava: FMFI UK, 2010.
Text	Práca sa zaoberá možnosťami prípravy e-learningových lekcií. Existuje veľké množstvo postupov. Po kritickom zhodnotení týchto možností sme nenašli žiaden dostatočne jednoduchý a zároveň efektívny prístup. Vytvorili sme vlastnú metodológiu a kontrolné listy, na základe ktorých môže lektor postupovať. Následne sme na základe našej metodológie vytvorili e-learningový kurz zo spracovania obrazu. Otestovali sme jeho funkčnosť a výsledky sme porovnali so skupinou študentov, ktorá absolvovala prezenčnú formu tohto predmetu. Na záver sme vyslovili hypotézu, že metodológia a doména, na ktorú je aplikovaná spolu úzko súvisia.
Kľúčové slová	e-learning, metodológia, spracovanie obrazu

Úvod

Vzhľadom na vývoj informačných a komunikačných technológií rastú aj požiadavky kladené na študentov. Potreba vzdelávania ostáva aj naďalej kľúčová. Množstvo informácií rastie a v závislosti od toho rastie aj čas potrebný na ich spracovanie. Študenti sa preto často špecializujú a sami si organizujú čas na štúdium. Je preto potrebné v budúcnosti dať študentom možnosť vzdelávať sa diaľkovo. Aj na fakulte matematiky, fyziky a informatiky vznikla táto potreba.

V rámci prípravy podkladov na tvorbu e-learningových kurzov sme sa zamerali na veľké množstvo metodológií. Boli pre nás dôležité, vzhľadom na to, že sme od kurzu očakávali vysokú kvalitu a efektivitu, ale zároveň čo najjednoduchšiu prípravu materiálov a náročnosť postupov.

Prehľad problematiky

Vo svete existuje veľké množstvo modelov a štruktúr na tvorbu dištančných a e-learningových kurzov. Spravidla sú modely ucelenou formou pre komplexný vývoj e-kurzov, zatiaľ čo štruktúry sa špecifikujú na konkrétnu fázu prípravy. Niektoré sú rozsiahlejšie ako iné na úkor ich jednoduchosti, kým jednoduché postupy sú často nedostatočne špecifikované.

V tejto časti práce sme preto vytvorili hodnotenie jednotlivých prístupov: **ADDIE** [1] je základný model, ktorý je vhodný aj na prípravu tradičných vzdelávacích jednotiek. Práve ADDIE je príkladom, kedy jednoduchosť krokov vedie k ich nedostatočnej špecifikácii. V kroku analýza, je veľké množstvo cieľov, ktoré je nutné definovať a nastaviť. Postrádame však prehľadný zoznam, ktorý by pomohol pri orientácii v procese tvorby e-kurzu. Hlavným problémom modelu ADDIE je, že nie je explicitne daná možnosť vrátenia sa k predchádzajúcim krokom a prípadnej korektúre. Túto možnosť dáva až ISD model, ktorý je rozšírením modelu ADDIE.

Australský model [2] je najkomplexnejším modelom, ktorý sa nachádza v našom zozname dostupných prístupov. Veľmi dobre sú v ňom zorganizované postupy na tvorbu e-kurzov. Taktiež veľmi precízne definuje dostupné nástroje vhodné pre tvorbu e-lekcii. Nevýhodou tohto modelu je paradoxe jeho rozsah. Vzhľadom na veľké množstvo informácií, nie je možné tieto vložiť do jedinej štruktúry a vytvoriť tak všeobecný postup.

Alessi and Trollip model [3] je jednoduchou transformáciou tradičných lekcii do e-learningového prostredia. Výhodou spracovania tohto prístupu sú prehľadne vypracované kontrolné listy, ktoré pomáhajú

lektorovi pri príprave e-kurzu. Zásadnou nevýhodou však je opis jednotlivých krokov, pre ktorý tento model vyžaduje viac ako len minimálne pedagogické vzdelanie.

Bloomova taxonometria [4] je založená na podrobnej vzdelávacej forme, ktorá presne definuje jednotlivé časti. Keďže počet krokov je sedem, pričom každý krok obsahuje dva a viac nástrojov v troch úrovniach, toto dáva veľké množstvo prístupov a nie je jednoduché sa v nich orientovať. Okrem toho opäť je potrebné aspoň minimálne pedagogické vzdelanie, na zvládnutie niektorých nástrojov.

Dick a Carey model [5] je definovaný pomocou deviatich krokov, ktoré uvádzajú cieľ každého z nich, niekedy aj funkcie, ale postrádame akýkoľvek zoznam využitia nástrojov, alebo spôsob spracovania tém. Výhodou však je, že existuje možnosť kedykoľvek sa vrátiť k už spracovanému kroku a urobiť zmeny.

ISDMELO model [6] je rozšírením modelu ADDIE, pričom druhá dimenzia je tvorená Top-down modelom. Týmto existuje širšie využitie modelu, no pre nás základné nedostatky žiadnym spôsobom nerieši.

Čo sa týka jednotlivých štruktúr, akými sú spracovanie návrhu e-lekcií Clarkovej a Mayera [7], Kickpatrickovo spracovanie hodnotenia e-kurzov [8] a Rothwellove Kazanasove základné princípy prípravy návrhov [9], tieto vzhľadom na ich špecializáciu považujeme za výborne opísané a špecifikované pre prácu s nimi.

Návrh metodológie

S ohľadom na predchádzajúce hodnotenie dostupných modelov sme sa rozhodli vypracovať našu vlastnú metodológiu. Rozhodli sme sa pre šesť krokov v dvoch úrovniach spracovania. Prvá úroveň je globálna, kde pristupujeme k e-kurzu ako celku a druhá úroveň je lokálna a v tejto sú spracovávané jednotlivé e-lekcie.

Prvým krokom metodológie je definovanie cieľov. Tento sme dali ako samostatný krok, pre jeho význam v priebehu celej tvorby e-kurzu. Definovanie formy, čo je druhým krokom metodológie, sa vyskytovalo aj v niektorých iných modeloch, no bolo len akousi súčasťou väčšieho celku a teda jeho význam podľa nás nebol dostatočne vyzdvihnutý. Ďalej sme pokračovali návrhom, čo je tretí krok. V tomto kroku prvý krát prechádzame z globálnej úrovne prípravy e-kurzu na lokálnu úroveň. Najprv pripravíme návrh celého kurzu a potom sa špecifikujeme na konkrétne e-lekcie. Štvrtým krokom je vývoj jednotlivých e-lekcií, ktorý sme vzhľadom na predchádzajúce prístupy rozšírili o prehľadný zoznam dostupných nástrojov. Piatym krokom je realizácia, pri ktorej zverejňujeme kompletný e-kurz. Posledným krokom metodológie je hodnotenie. Jedná sa o spätnú väzbu ako jednotlivých e-lekcií tak aj celého e-kurzu. Toto hodnotenie pozostáva z dvoch častí, kedy jedna je objektívna na základe výsledkov zo záverečných testov a druhá časť je subjektívna kedy

študenti majú možnosť na základe dotazníku vyjadriť sa ako k e-kurzu tak aj k jednotlivým e-lekciam. Aby bola orientácia lektora pri príprave e-kurzu čo najjednoduchšia vytvorili sme kontrolné listy ako pre globálnu úroveň, tak aj pre lokálnu úroveň. Pre názornú ukážku krokov sme pripravili nasledujúci obrázok 1.

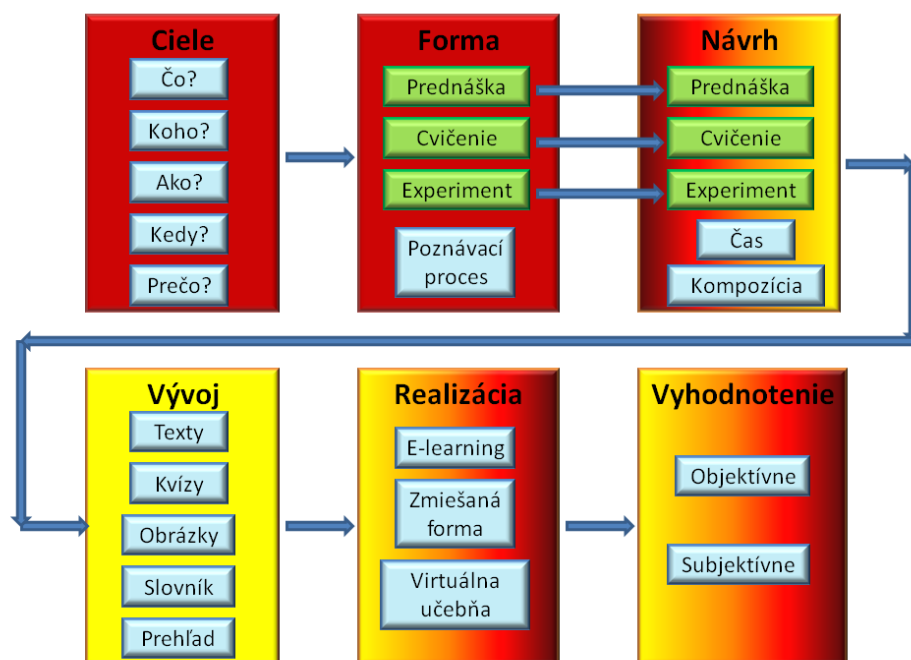


Figure 1: Metodológia

Ciele

V tomto kroku je našou úlohou definovať:

Čo budeme učiť? Definujeme kategóriu predmetu, lektora, ročník a semester kedy bude predmet prebiehať, ďalej určíme formu predmetu a množstvo kreditov. V rámci tejto otázky rozdelíme predmet na jednotlivé témy. **Koho** budeme učiť? Je dôležité vzhľadom na zvolenú formu a jazyk, v ktorom bude e-kurz prebiehať. **Prečo** budeme tento predmet učiť? Táto otázka je dôležitá vzhľadom na motiváciu študentov. **Ako** budeme daný predmet učiť? Tu definujeme, či bude daný e-kurz prebiehať synchronne, asynchronne, alebo formou zloženou z viacerých možností. Taktiež je to otázka pri ktorej sa musíme zaoberať možnosťami softvéru a hardvéru študentov. **Kedy** budeme učiť jednotlivé témy?

Forma

Rozšírili sme definíciu jednotlivých foriem daných [7] na základe vzdelávacieho procesu.

- **Prednáška** je rozšírená receptívna forma, v ktorej sa vo zvýšenej miere bude jednať o motiváciu študenta, následne separované modely, univerzálne modely a porozumenie. Hlavnou úlohou študenta je prevažne absorbovať informácie a pochopiť ich význam. Je to pasívna forma.
- **Cvičenie** je rozšírená direktívna forma, ktorá je prevažne aktívna. Ťažisko tejto formy je v upevnení, ale hlavne v kryštalizácii a automatizácii získaných vedomostí.
- **Experiment** je forma, v ktorej budeme využívať všetky prvky vzdelávacieho procesu a je preto najviac náročná na čas študenta. Vedomosti získané touto formou sú dlhodobé. Študent si na základe vlastných experimentov osvojí danú problematiku.

Návrh

Jedná sa o krok s oboma úrovňami práce. V globálnej úrovni navrhujeme priebeh celého e-kurzu. V lokálnej úrovni sa budeme venovať návrhu jednotlivých e-lekcí a ich kompozícii. Z predchádzajúceho rozdelenia do troch foriem budeme aj v tejto časti definovať každú formu zvlášť.

Vývoj

Vývoj je časť v ktorej sa priamo zaoberáme tvorbou e-lekcí. Je to časovo najnáročnejší krok. V tejto časti lektor využíva veľké množstvo nástrojov na dosiahnutie vysokej efektivity e-kurzu. Tieto nástroje môžeme rozdeliť do dvoch skupín na aktívne a pasívne, ako je prehľadne znázornené v tabuľke 1.

Aktívne prvky	Pasívne prvky
aplet	animácia
cvičenie	audio
hra	graf
kvíz	kód
otvorený problém	obrázok
problém	prezentácia
tutoriál	príklad
virtuálna realita	príbeh
	tabuľka
	text
	video
	vzorec
	zhrnutie

Table 1: Aktívne a pasívne prvky

Realizácia

Aj keď pojednávame o e-learningu, väčšina kurzov nie je čisto e-learningová, ale ide o takzvanú blended - zmiešanú formu. Je to z toho dôvodu, že zväčša sa lektor na úvodnej lekcii stretne so študentmi, kde vysvetlí podmienky absolvovania kurzu a v prípade nejasností, alebo špecifik e-kurzu tieto vysvetlí. Takisto na záver e-kurzu väčšina lektorov uprednostňuje, ak ukončením predmetu je skúška, prezenčnú formu skúšania, vzhľadom na overenie identity študenta vykonávajúceho skúšku.

Druhou úlohou tohto kroku je aktualizácia dát v e-kurze. Pri skúšaní, alebo v dotazníku sa môžu vyskytnúť podnety na úpravu niektorých častí e-kurzu. Takisto, keďže sa robia stále nové výskumy, v ktorých získavame nové poznatky, je dôležité aby študenti mali k týmto novinkám prístup. Preto je nutné e-kurz aktualizovať po každej zmene, ktorá je v ňom urobená.

Vyhodnotenie

Keďže je tento krok opäť prechodový musíme definovať dva ciele. Prvým je hodnotenie e-lekcii na lokálnej úrovni. Druhým cieľom je vyhodnotenie e-kurzu ako celku. Na obe hodnotenia nám budú slúžiť dve formy hodnotení, objektívne a subjektívne.

- **Objektívne hodnotenie** môžeme rozdeliť na písomnú a ústnu časť, prípadne ich kombináciu. Jedná sa o preverenie nových poznatkov, kde môžeme objektívne merať, či študent danú úlohu zvládol, alebo nie. Na základe toho potom vieme určiť, ako celkovú úspešnosť e-kurzu, tak aj prípadné nedostatky v rámci jednotlivých tém.
- **Subjektívne hodnotenie** dostaneme po vyplnení dotazníka študentom, ktorý kurz absolvoval a nezáleží na tom či úspešne alebo neúspešne. Na základe otázok zvolených lektorom má tento možnosť spätnej väzby a subjektívnych názorov študentov, či už na e-kurz, alebo na konkrétne témy.

Metodológia v praxi

Podľa našej metodológie sme s použitím kontrolných listov vytvorili e-learningový kurz základov spracovania obrazu. Tento je voľne dostupný na stránkach [10]. Postupovali sme krok za krokom podľa vytvorenej metodológie pričom sme každé napredovanie zapisovali do tabuliek, aby sme nestratili kontrolu nad priebehom tvorby, ako je vidieť v tabuľke 2.

Goals	* / -	Comment
What		
Name of the subject	*	Základy spracovania obrazu
Name of the lector	*	Doc. RNDr. Milan Ftáčnik, CSc.
Year of the studies	*	3rd
Semester (summer / winter)	*	summer
Form of the subject	*	3K (3 hours course pre week)
Number of credits	*	4
Percentage during semester / exam period	*	50 / 50
Declaration of the topics	Topic	Number of e-lectures
	Introduction	3
	Properties of digital image	4
	Image transformation	3
	Image preprocessing	8
	Segmentation	6
	Representation and description	5
	Image recognition	4
	Mathematic morphology	2
	Textures	2
	Homeworks	2
Total	39	
Declaration of the time given to the topic	*	previous step
Who	Age	
Focus group	20 - 25	bachelors
How	* / -	
Synchronous	-	
Asynchronous	*	
LMS	*	web pages on Internet

Table 2: Global checklist - part goals

Po dokončení kurzu (Obr. 2) sme vytvorili dve testovacie skupiny, kedy jedna absolvovala e-learningovú formu, zatiaľ čo výučba druhej skupiny prebiehala tradičnou formou. Na záver obe skupiny absolvovali písomnú prácu a vyplnili dotazník. Písomná práca obsahovala nasledujúce otázky:

1. Aké faktory vplývajú na jas obrazu na konkrétnom mieste?
2. Ktoré faktory môžu u ľudí vytvárať vizuálne paradoxy?
3. Aký efekt má redukcia vzorkovacej mriežky?
4. Aké sú základné typy metód predspracovania?
5. Čo je jasový histogram?

Výsledky písomky, ako aj závery vyplývajúce z dotazníka nás dovedli k presvedčeniu, že je potrebné aj naďalej pracovať na tvorbe e-kurzov. Aj keď vo väčšine študenti uprednostňujú tradičnú formu vzdelávania významná časť študentov by privítala e-learningovú formu. Taktiež veľké množstvo študentov uprednostňujúcich tradičné vyučovanie by využívalo e-kurz ako pomocné materiály pri štúdiu. Toto je dôvod, prečo by e-kurzy mali aj naďalej vznikáť a to nie len v oblasti počítačového videnia, ale aj v ostatných predmetoch informatiky.

Prvýkrát sa spracovanie obrazu použilo v r. 1920 na prenos digitálnych obrazov podmorským káblom medzi NY a Londýnom, ale vážne sa začalo rozvíjať až v okolo roku 1960. Videnie umožňuje ľuďom vnímať a rozumieť svetu okolo nich. Počítačom to chceme napodobniť. Ale je to zložitá, lebo žijeme v 3D svete a počítačom dáme 2D informáciu. Problémom sú statické dáta dynamického prostredia.

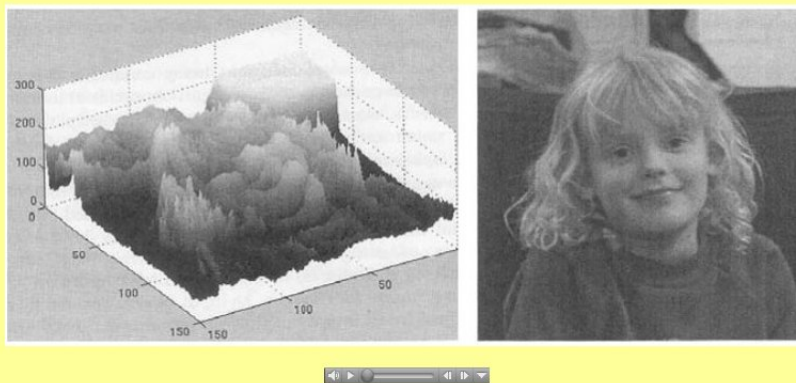


Figure 2: e-lekcia zo základov spracovania obrazu

Porovnanie s rôznymi dištančnými kurzami

Položili sme si hypotézu: metodológia a aplikačná doména spolu úzko súvisia. Aby sme pravdivosť nášho tvrdenia potvrdili, alebo vyvrátili, absolvovali sme nasledovné kurzy:

- dištančný kurz francúzskeho jazyka na Humboldt Inštitúte diaľkového štúdia
- radiologická fyzika v röntgenovej diagnostike na ČVUT Praha

Pri hodnotení sme použili kontrolné listy, pričom sme hodnotili každý kurz samostatne. Výsledky sme rozdelili podľa jednotlivých krokov metodológie, s prihliadnutím na skutočnosť, že niektoré nastavenia a postupy mohli byť rozdielne.

V oblasti cieľov boli výsledky zhodné. Všetky hodnotené kurzy mali výborne špecifikované ciele, ako aj informácie o priebehu kurzu. V kroku forma výsledkom bolo, že všetky tri kurzy boli rozdelené podľa potreby na prednáškovú časť, v ktorej študent získava nové vedomosti a cvičenia, ktoré slúžia na upevnenie a precvičenie novo nadobudnutých vedomostí. Časť návrh nevieme na základe výstupu hodnotiť. Najväčšie rozdiely sme objavili vo vývojovej časti. Po preskúmaní použitých nástrojov v rámci vzdelávania musíme konštatovať, že kurz francúzskeho jazyka postráda, až na úlohy, aktívne prvky. Táto skutočnosť viedla k stereotypu v učení. Taktiež množstvo využitých pasívnych nástrojov je podľa nášho názoru nedostatočné. Bola nutná vysoká motivácia a sebadisciplína na úspešné zvládnutie tohto kurzu. V prípade radiologickej fyziky je množstvo použitých prvkov výrazne vyššie a aj priebeh štúdia tohto predmetu bol výrazne rozmanitejší. Oceňujeme hlavne kontrolné otázky na konci každej témy na overenie úrovne pochopenia nového učiva. V prípade spracovania obrazu množstvo aktívnych aj pasívnych prvkov bolo najvyššie. Podľa nás priebeh štúdia bol pre študentov dostatočne atraktívny. Najviac vyzdvihujeme použitie Java apletov, ktoré interaktívne ukazujú funkcie naprogramovaných javov. Študent tak v reálnom čase vidí napríklad rozdiely medzi jednotlivými mediánovými filtrami, alebo vplyv zmeny jasnosti na histogram daného obrázku. Vo fáze realizácie sme ani v jednom prípade nezaznamenali žiaden problém a všetky kurzy boli ľahko dostupné. V záverečnej fáze vyhodnotenia boli splnené podmienky dané v cieľoch kurzu. V kurze spracovania obrazu sme ako v jedinom mali možnosť spätnej väzby formou dotazníka. Zvyšné kurzy žiadnu takúto možnosť študentom neponúkali.

Na záver porovnania môžeme povedať, že možnosti spracovania obrazu prípadne počítačového videnia majú širšie možnosti v oblasti vývoja a použitia dostupných nástrojov. Preto ich špecifikácia by mala byť súčasťou metodológie vhodnej na prípravu takýchto kurzov. Teda môžeme povedať, že metodológia a aplikačná doména spolu úzko súvisia.

Záver

Na základe porovnania dostupných metodológií spraveného v rámci prehľadu problematiky môžeme povedať, že ani jedna z týchto štruktúr nevyhovuje požiadavkám, ktoré máme na tvorbu e-learningového kurzu. Vytvorili sme si preto vlastnú metodológiu. Táto pozostáva z dvoch úrovní spracovania, pričom v globálnej úrovni pracujeme s e-kurzom ako s celkom a v rámci lokálnej úrovne s konkrétnymi e-lekciami. Nasleduje šesť jednoduchých krokov, ktoré sme dostatočne špecifikovali tak, aby ani lektor, ktorého pedagogické vzdelanie je minimálne, nemal problém pri tvorbe vlastného e-kurzu. Na pomoc pri orientácii v priebehu prípravy mu budú slúžiť aj kontrolné listy. Výsledky z procesu tvorby, ako aj kompletnú metodológiu sme prezentovali v článkoch [11] a [12]. Metodológiu sme použili aj v rámci počítačovej grafiky pri príprave viacerých súťaží pre študentov, ktoré boli následne publikované v článkoch [13] a [14].

Pomocou našej metodológie sme vytvorili ľahko dostupný e-kurz zo základov spracovania obrazu, ktorý sme pilotne odskúšali a výsledky sme porovnali so skupinou absolvujúcou tradičnú formu vzdelávania. Výsledky a priebeh tvorby e-kurzu sme publikovali v článkoch [15], [16] a [17].

Pre overenie našej hypotézy sme absolvovali a porovnali rôzne dištančné kurzy. Výsledkom bol záver, že metodológia a aplikačná doména spolu úzko súvisia. Obzvlášť výrazne rozdiely boli vo fáze vývoja, kedy dostupné nástroje dávali väčší priestor pre kreativitu práve pri tvorbe e-kurzu počítačového videnia. Najviditeľnejšia je táto kreativita pri používaní apletov, kde študenti aktívne pracujú s daným problémom a v reálnom čase vidia zmenu po aplikovaní konkrétnej metódy. Napriek týmto aktivitám je dôležité študentov neustále motivovať a len ich sebadisciplína a vôľa budú viesť k úspešnému absolvovaniu e-learningového kurzu.

Bibliography

- [1] Learning theory ADDIE. (2010, March) [Online] Available: <http://www.learning-theories.com/addie-model.html>.
- [2] Department of education, Australia. (2009, September) [Online] Available: http://designing.flexiblelearning.net.au/learning_materials/index.htm.
- [3] Alessi, S. M. and Trollip, S. R., *Multimedia for learning: Methods and development*. Needham, 3rd ed., 2001. pp. 89-137.
- [4] Learning elements. (2009, November) [Online] Available: <http://www.skagitwatershed.org/~donclark/learning/learning.html>.
- [5] Dick, W., Carey, L. and Carey, . O.J, *The Systematic Design of Instruction*. Allyn & Bacon, 5th ed., 2000.
- [6] Baruque L., Porto F. and Melo R., “Towards an Instructional Design Methodology based on Learning Objects,” 2003. presented at the International Conference on Computers and Advanced Technology in Education (CATE 2003).
- [7] Clark, R. C., *Performance Improvement*. 2000. pp. 31-37.
- [8] Kickpatrick model. (2010, February) [Online] Available: http://www.e-learningguru.com/articles/art2_8.htm.
- [9] Rothwell, W. J. and Kazanas, H. C., *Mastering the Instructional Design Process*. Pfeiffer, 2nd ed. ISBN 0-7879-0948-3.
- [10] Image processing e-course. (2010, April) [Online] Available: <http://www.sccg.sk/ip>.
- [11] P. Ľučková and M. Ftáčnik, “The theoretical part of preparing an e-learning course.,” *FCGE conference*, 2009.
- [12] P. Ľučková, “E-learning applied to computer vision.,” *IADIS Amsterdam Proceeding*, pp. 251–254, 2008.
- [13] A. F. S. Czanner and P. Ľučková, “Applet competition as an educational tool in creating novel e-textbook,” *EUROGRAPHICS Munchen*, pp. 1–8, 2009.

- [14] Czanner, S., Ľuňuková, P., “Java Applets as an Efficient Tool for Computer Graphics Education,” *Virtual University Bratislava*, pp. 26–29, 2007.
- [15] Ľuňuková, P. , “Methodology of e-learning applied to image processing.,” *WASET Paris*, 2009. Vol 54 pp. 221-223.
- [16] Ľuňuková, P. , “The effectiveness of the e-learning course in image processing.,” *WASET Paris*, 2010. Accepted for oral presentation.
- [17] Ľuňuková, P. , “Timeline for preparing e-lessons.,” *WASET Venice*, 2009. Accepted for oral presentation.