



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky



Eva Zábajniková

Autoreferát dizertačnej práce

**E-LEARNINGOVÝ KURZ LINEÁRNEJ ALGEBRY
PRE INŽINIERSKE ŠTÚDIUM MATEMATIKY**

na získanie akademického titulu philosophiae doctor

v odbore doktorandského štúdia: 9.1.8 Teória vyučovania matematiky

Bratislava 2013

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia
na Katedre algebry, geometrie a didaktiky matematiky Fakulty matematiky, fyziky a informatiky Univerzity
Komenského v Bratislave

Predkladateľ: **Mgr. Eva Zábojníková**
Katedra algebry, geometrie a didaktiky matematiky
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzita Komenského v Bratislave
Mlynská dolina
842 48 Bratislava

Školiteľ: **doc. RNDr. Štefan Solčan, PhD.**
Katedra algebry, geometrie a didaktiky matematiky
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzita Komenského v Bratislave
Mlynská dolina
842 48 Bratislava

Oponenti:
.....
.....
.....
.....

Obhajoba dizertačnej práce sa koná **o** **h**
pred komisiou pre obhajobu dizertačnej práce v odbore doktorandského štúdia vymenovanou
predsedom odborovej komisie

vo vednom odbore 9.1.8 Teória vyučovania matematiky
na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave

Predseda odborovej komisie:
prof. RNDr. Pavol Zlatoš, CSc
Katedra algebry, geometrie a didaktiky matematiky
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
Univerzita Komenského v Bratislave
Mlynská dolina
842 48 Bratislava

Úvod

E-learning ako nová forma vyučovania sa využíva od 90. rokov 20. storočia. „Všetky vysoké školy a niektoré stredné a základné zaviedli e-learning pevne do svojho vlastného vzdelávania - rôznymi spôsobmi s použitím rôznych technológií“ (Kopecký, 2006). Podľa prieskumu, ktorý sa uskutočnil na technických univerzitách na Slovensku (Konrádová, Konrád, 2007) sa e-learning v matematických predmetoch využíval pri zadávaní projektov, domácich úloh, ich vyhodnotení, pri sprostredkovaní študijných materiálov (odkazmi na literatúru, internet), podkladov k prednáškam, seminárom a cvičeniam. Stále viac vysokých škôl zverejňuje na svojich stránkach e-learningové kurzy pre jednotlivé predmety štúdia.

Pri koncipovaní doktorandského štúdia sme si predsavzali, že náš výskum bude mať konkrétny výstup, využiteľný v praxi. Rozhodli sme sa pre spracovanie témy: E-learningový kurz lineárnej algebry pre inžinierske štúdium matematiky. Pre realizáciu nášho zámeru bolo potrebné zvoliť výskumnú metodológiu. V niektorých európskych krajinách sa v posledných dvoch dekádach 20. storočia rozvinula kritika namierená proti výskumu vzdelávania pre nedostatočné uplatňovanie jeho potenciálu v praxi. Priepasť medzi výskumom a praxou sa podujali preklenúť nové metodológie typu design-based research. Ich vznik rozdelil výskum vzdelávania na dve kategórie: výskum o vzdelávaní, ktorého cieľom je lepšie porozumieť vyučovaniu a učenie sa a výskum pre vzdelávanie, ktorého pragmatickým cieľom je zlepšenie praxe vyučovania a učenia sa.

Zvolili sme výskum pre vzdelávanie, podľa princípov metodológie design-based research (DBR), ktorý kombinuje dizajn artefaktu a výskum učenia sa v prostredí dizajnu. Cieľom nášho výskumu bolo vytvorenie fungujúceho artefaktu - e-learningoveho kurzu lineárnej algebry pre zlepšenie vyučovania lineárnej algebry študentov prvého ročníka bakalárskeho stupňa Fakulty špeciálnej techniky Trenčianskej univerzity Alexandra Dubčeka v Trenčíne.

V predkladanej dizertačnej práci opisujeme jednotlivé fázy výskumu podľa modelu the integrative learning design framework¹ (ILDF). V prvej fáze ILDF - oboznamovaní sa s problematikou, sme štúdiom literatúry a diskusiami s odborníkmi dospeli k predstave štruktúry výskumu. Prehľad poznatkov, ktoré sme získali štúdiom literatúry uvádzame v teoretickej časti práce.

¹ Model výskumu, neprekladá sa.

V ďalšej časti sa venujeme druhej fáze ILDF – vytvoreniu intervencie². Navrhli sme, implemetovali do vyučovania, cyklicky dizajnovali a vyvíjali artefakt - e-learningový kurz lineárnej algebry. Prototyp kurzu sme zrealizovali vo vzdelávacom prostredí Moodle v zimnom semestri (ZS) 2011/2012. Našou prioritou nebolo predvedenie možností, ktoré poskytujú výpočtové technológie a LMS Moodle. Po zvážení okolností sme sa zamerali na vytvorenie kvalitného elektronického dištančného textu, ktorý zohľadňoval obsahové zameranie školy a štruktúru študentov, ktorým bol text určený. Po evaluácii sme prototyp kurzu prepracovali a doplnili o sústavu videonahrávok priebehu riešenia príkladov, písaných ručne na tablet. Prepracovaný kurz sme zrealizovali v ZS akademického roka 2012/2013.

V práci sa zaoberáme aj evaluáciou realizovanej intervencie, čo predstavuje 3. a 4. fázu ILDF. Na posúdenie účinnosti intervencie sme použili kvázi-experiment. Kvantitatívne a kvalitatívne sme analyzovali príklady z lineárnej algebry v písomných testoch študentov kontrolnej a experimentálnych skupín. Výsledky evaluácie posúdili nielen splnenie cieľov výskumu, ale ich zovšeobecnenie nás viedlo k vypracovaniu návrhov z oblasti didaktiky matematiky.

Práca má rozsah 97 strán. Prílohy sú na 63 stranách.

Štruktúra dizertačnej práce

Obsah.....	9
Zoznam obrázkov	11
Zoznam tabuliek	12
Úvod.....	13
1 Teoretické východiská.....	15
1.1 Teória didaktických situácií v matematike.....	15
1.1.1 Didaktické situácie. Situácia akcie, formulácie, validácie, inštitucionalizácie..	15
1.1.2 Didaktické fenomény	19
1.2 E-learning	24
1.2.1 Úvod. Vysvetlenie pojmu e-learnig. Kolaboratívne učenie	24
1.2.2 Formy e-learningu	26

² Zásah do vyučovacieho procesu za účelom jeho zlepšenia (nová metóda, študijný text).

1.2.3 Riadenie a technologické zabezpečenie e-learningu. LMS Moodle	27
1.2.4 Tvorba kurzu v LMS Moodle (verzia 1.8.2)	29
1.2.5 Výhody a nevýhody e-learningu	31
1.2.6 Metodika tvorby e-learningového kurzu	33
1.3 Lineárna algebra	33
1.4 Design-based research	36
1.4.1 Metodológia design-based research	36
1.4.2 The integrative learning design framework	40
1.4.3 Kvázi-experiment	42
2 Aktuálny stav riešenej problematiky	44
2.1 E-learning 21. storočia	44
2.2 Odporúčenia Thematic Monitoringu	45
3 Ciele a hypotézy výskumu	47
4 Metodika a organizácia výskumu	48
4.1 Oboznamovanie sa s problematikou - 1. fáza ILDF	48
4.2 Vytváranie intervencie – 2. fáza ILDF	50
4.2.1 Prototyp kurzu - september 2011	50
4.2.2 Prepracovaná verzia kurzu – september 2012	56
4.3 Evaluácia, lokálny dopad - 3. fáza ILDF	61
4.4 Evaluácia, širší dopad - 4. fáza ILDF	68
5 Výsledky výskumu a overenie hypotéz	69
5.1 Analýza úspešnosti LA v zápočtových písomných prácach	69
5.2 Analýza úspešnosti LA v písomnej skúške z MI	74
5.3 Analýza ankety	79
5.4 Overenie hypotéz	83
6 Zhrnutie výsledkov výskumu	84
7 Návrhy na použitie výsledkov výskumu	86

7.1 Komplexné témy dizertačných prác	86
7.2 Nový predmet doktorandského štúdia	87
7.3 Numerická gramotnosť	87
7.4 E-learning včera, dnes a zajtra	89
7.4.1 E-learning včera	89
7.4.2 E-learning dnes	90
7.4.3 E-learning zajtra	90
Záver	92
Zoznam použitej literatúry	94
Prílohy	98

Prílohy

- Príloha 1: E-learningový kurz lineárnej algebry. Elektronický dištančný text.
Verzia ZS 2012/2013
- Príloha 2: Zadanie testu v e-learningovom kurze lineárnej algebry zo ZS 2012
- Príloha 3: Zadania evaluačných testov z lineárnej algebry. Varianty A-F
- Príloha 4: Výsledné fotografie súboru 14 videí
- Príloha 5: Anketový lístok
- Príloha 6: Tabuľky úspešnosti lineárnej algebry (LA) v písomných študentských prácach (ŠP) v rokoch 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013. Usporiadané zostupne podľa úspešnosti LA

1 Teoretické východiská

V teoretickej časti práce sme opísali poznatky, ktoré sme získali štúdiom literatúry potrebnej pri realizácii nášho výskumu. E-learning ako moderná forma vzdelávania vyžaduje použitie moderných metód pedagogického procesu. Nepovažujeme za žiadúce poznať prehľad rôznych vyučovacích teórií, poprípade ich stručne charakterizovať. Takýmto povrchným poznávaním a následne uplatňovaním nových didaktických teórií sa obyčajne narobí veľa škôd vo vzdelávaní. Pre reálny pedagogický proces je rozumnejšie vybrať kvalitné prvky z teórie, s ktorou sme sa hlbšie oboznámili. Aj keď nie je najnovšia a najdokonalejšia. V rámci oboznamovania sa s problematikou sme sa dlhodobo venovali štúdiu francúzskej didaktickej školy, ktorú založil Gay Brousseau – teórii didaktických situácií v matematike. V dizertačnej práci sme sa venovali didaktickým situáciám a didaktickým fenoménom. Didaktické situácie má opisovaná teória v názve, ale je to ucelená teória vyučovania matematiky, ktorá sa komplexne zaoberá problémami vyučovania matematiky.

V ďalšej časti sa venovali e-learningu ako novej forme vzdelávania. Vysvetľujeme pojem e-learning, kolaboratívne učenie a súvislosť medzi nimi. Uvádzame formy, riadenie, technologické zabezpečenie, výhody a nevýhody e-learningu, tvorbu kurzu v LMS Moodle a metodiku tvorby kurzu. Lineárnou algebrou sa v teoretickej časti zaoberáme len krátko: analyzujeme osnovy lineárnej algebry fakúlt technického a prírodovedného zamerania. Dôležitou časťou teoretických východísk je metodológia výskumu design-based research. Zaoberáme sa okolnosťami jej vzniku, vysvetľujeme pojem a charakteristiku z pohľadu známych didaktikov. Opisujeme model DBR, the integrative learning design framework a výskumnú metódu odporúčanú pre evaluáciu, kvázi-experiment.

Design-based research môžeme definovať ako systematickú, ale flexibilnú metodológiu zameranú na zlepšenie vzdelávacieho procesu prostredníctvom iteračnej³ analýzy, tvorby, vývoja a implementácie intervencie v reálnom vyučovacom prostredí (Wang, Hannafin, 2005). DBR je predovšetkým založená na spolupráci výskumníka a učiteľa- praktika a vykonáva sa na skutočnom pôsobisku praktika často po dlhú dobu. Fundamentálny prvok DBR - dizajnový experiment požaduje aktívne zapájanie výskumníkov do vyučovania a učenia sa. Výskumníci riadia výskumné procesy a v spolupráci s ďalšími účastníkmi vyvíjajú a systematicky študujú intervenciu. Uskutočňujú návrh, vývoj, implementáciu intervencie, jej evaluáciu, kvantitatívnu aj kvalitatívnu. Skúmajú „čo, ako, kedy a prečo funguje“, hľadajú pragmatické aj teoretické prvky, ktoré ovplyvňujú praktické vyučovanie.

³ Iterácia (lat.)- (mat) opätovné použitie toho istého početového úkonu (Šaling et al, 1997).

Na základe evaluácie prepracujú pôvodnú intervenciu, zdokonalia, zlepšia pôvodný návrh a celý cyklus sa opakuje. Intervencia a jej štúdium sa deje v iteračných cykloch

2 Aktuálny stav riešenej problematiky

21. storočie prináša odklon e-learningu od jeho technologickej stránky smerom k metodologickej, didaktickej stránke vzdelávania a ku kvalite e-learningu. E-learning presúva proces učenia sa opäť do individuálneho sveta vzdelávaného, študujúci samostatne prijíma informácie a sám konštruuje svoje vedomosti. Súčasný e-learning preto stavia do centra pozornosti osobnosť študujúceho. Thematic Monitoring konštatuje, že úspech e-learningu „závisí predovšetkým na prístupe študujúcich k vzdelávacej situácii, pričom výrazne nezáleží na multimediálnej a ďalšej technologickej podpore štúdia, ale na vzťahu medzi žiakom a facilitátorom/ tútorom/učiteľom“ (Kopecký, 2006). E-learning má mať črty tradičného vyučovania, má vzbudzovať zvedavosť, motivovať študujúcich, má pre nich zabezpečiť náročné študijné podmienky, má poskytovať individuálnu alebo kolaboratívnu podporu učenia sa. Toto sa dá zabezpečiť ak pre pedagogický proces e-learningom podporovaného vzdelávania bude platiť nové poradie z hľadiska dôležitosti jednotlivých prvkov:

VZDELÁVANÝ

VZDELÁVACIE CIELE

VZDELÁVACIE KATEGÓRIE

VZDELÁVACIE PROSTREDIE

VZDELÁVACIE MÉDIUM

3 Ciele a hypotézy výskumu

Cieľom nášho výskumu bolo zlepšenie vyučovania lineárnej algebry študentov prvého ročníka bakalárskeho stupňa Fakulty špeciálnej techniky Trenčianskej univerzity Alexandra Dubčeka v Trenčíne. Našou úlohou bolo vytvorenie adekvátnej intervencie do vyučovania, ktorá by nám umožnila splnenie cieľa. Zvolili sme výskumnú metodológiu pre vzdelávanie: design-based research, model the integrative learning design framework. V našom výskume nešlo primárne o overenie efektivity danej intervencie. V súlade s požiadavkou evaluácie intervencie a v súlade s tradičným výskumom sme zorganizovali kvázi-experiment a stanovili jeho hypotézy.

4 Metodika a organizácia výskumu

V úvodnej etape výskumu sme individuálne aj rámci seminárov doktorandského štúdia na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky (FMFI) Univerzity Komenského (UK) v Bratislave študovali okrem iného aj teoretické zdroje, ktoré nám mali byť prospešné pri našom výskume. Konfrontovali sme svoje predstavy o výskume s odborníkmi a kolegami na FMFI aj v mieste realizácie experimentu na Fakulte špeciálnej techniky (FŠT) Trenčianskej univerzity Alexandra Dubčeka v Trenčíne (TNUAD). Podoba budúceho výskumu sa formovala nielen na základe našich predstáv, ale aj na základe rešpektovania okolností z miesta výskumu.

V súlade s metodologickým modelom ILDF našej práce sme v rámci jeho druhej fáze, vytváraní intervencie, vyvinuli pilotnú verziu intervencie - jednoduchý e-learningový kurz lineárnej algebry v elektronickom vzdelávacom prostredí LMS Moodle. E-learningový kurz lineárnej algebry bol vytvorený ako podpora kontaktného vyučovania, teda prednášok a cvičení z matematiky I. Kurz bol zverejnený na webovej stránke TNUAD (www.tnuni.sk) v zložke e-learning, pod názvom Matematika1 – Lineárna algebra v ZS 2011/2012. Bol zabezpečený prihlasovacím kľúčom, ktorí dostali k dispozícii všetci študenti 1. ročníka študijného programu Servis a oprava automobilov, ktorým sme vedli kontaktné cvičenia z matematiky I (boli cieľovou skupinou výskumu v ZS 2011/2012). Pri tvorbe dištančného textu sme vychádzali z faktu, že najdôležitejšou úlohou inžinierskeho štúdia matematiky je vedieť pracovať s matematickými štruktúrami v technických aplikáciách. Matematika na vysokých školách technických nemá tendenciu dokazovať a zdôvodňovať. Jej úlohou je oboznámiť študentov s dôležitými poznatkami a naučiť ich používať pri riešení technických problémov. V texte preto dominujú riešenia príkladov. Snažili sme sa o stručný, zrozumiteľný, prehľadný, moderný text, v ktorom sme neuvádzali definície, vety, dôkazy, ale **pojmy, vysvetlenie pojmu, vlastnosti pojmu** (obvykle slovne pomocou jednoduchého príkladu, pričom sme uprednostnili vlastnosti dôležité pre aplikácie) a **úlohy**. Dôkazy sme uvádzali len výnimočne. Elektronické spracovanie textu nám umožnilo použiť grafické znázorňovanie úprav bežné v písomnom prejave na klasickej tabuli alebo v zošite, ale v knihách alebo učebných textoch sme ho zatiaľ nezaregistrovali.

Po evaluácii sme pristúpili k prepracovaniu kurzu. Dištančný text sme opravili a doplnili o podkapitolu 5.3: Určenie inverznej matice pomocou determinantov. Prepracovaný text mal 27 strán a je v prílohe 1. Do tematických celkov sme pridali video nahrávky riešení určitého počtu príkladov z danej témy. Na záver sme zaradili test (nachádza sa v prílohe 2), ktorého

obsah vychádzal z evaluačných testov. Za jeho správne riešenie, ktoré študenti odovzdávali v písomnej podobe na kontaktných cvičeniach, mohli získať body do priebežného hodnotenia z predmetu matematika I, čím sme zvýšili motiváciu študentov zapísať sa do kurzu. Takto prepracovaný kurz bol pre študentov k dispozícii na e-learningu vysokej školy od začiatku zimného semestra akademického roka 2012/2013.

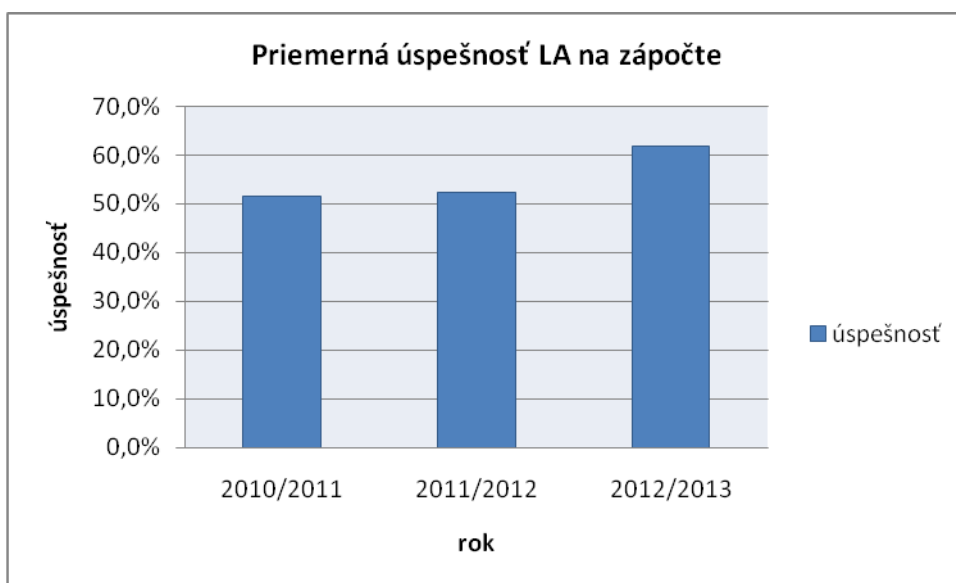
Na určenie efektívnosti intervencie sme zvolili kvázi-experiment. Za kontrolnú skupinu kvázi-experimentu zvolili študentov 1. ročníka FŠT v akademickom roku 2010/2011 pred tým, ako sme artefakt - e-learningový kurz implementovali do vyučovania. Za prvú experimentálnu skupinu sme zvolili študentov 1. ročníka FŠT v roku 2011/2012 a druhú experimentálnu skupinu študentov 1. ročníka v roku 2012/2013. Prvou štatistickou jednotkou, teda subjektom, ktorého vlastnosti sme merali, bola zápočtová písomná práca. Za ďalšiu štatistickú jednotku sme zvolili písomnú skúšku z matematiky I. Štatistickou premennou bola relatívna úspešnosť študenta z lineárnej algebry, teda podiel skóre získaného študentom z lineárnej algebry k maximálnemu možnému skóre z lineárnej algebry, vyjadrená v percentách. Ďalšou metódou výskumu bolo pozorovanie vyučovania lineárnej algebry na kontaktných cvičeniach a kvalitatívna analýza obsahu lineárnej algebry na písomnej skúške z MI. Uviedli sme typické chyby, ktoré sme zaregistrovali v akademickom roku v zimnom semestri 2010/2011. Okrem kvantitatívnej a kvalitatívnej analýzy písomných prác sme pre evaluáciu začiatkom letného semestra 2012/2013 uskutočnili medzi študentmi anketu o e-learningovom kurze.

Pri implementovaní prototypu kurzu v akademickom roku 2011/2012 sme ani neuvažovali o sprístupnení kurzu iným záujemcom, než pre skupinu v ktorej sme robili výskum. Pri realizácii prepracovaného kurzu v akademickom roku 2012/2013 sme sa rozhodli na e-learningu TNUNI zverejniť okrem kurzu pre študentov FŠT aj kurz nezabezpečený prihlasovacím kľúčom dostupný pre študentov, zaregistrovaných na e-learningu školy.

5 Výsledky výskumu a overenie hypotéz

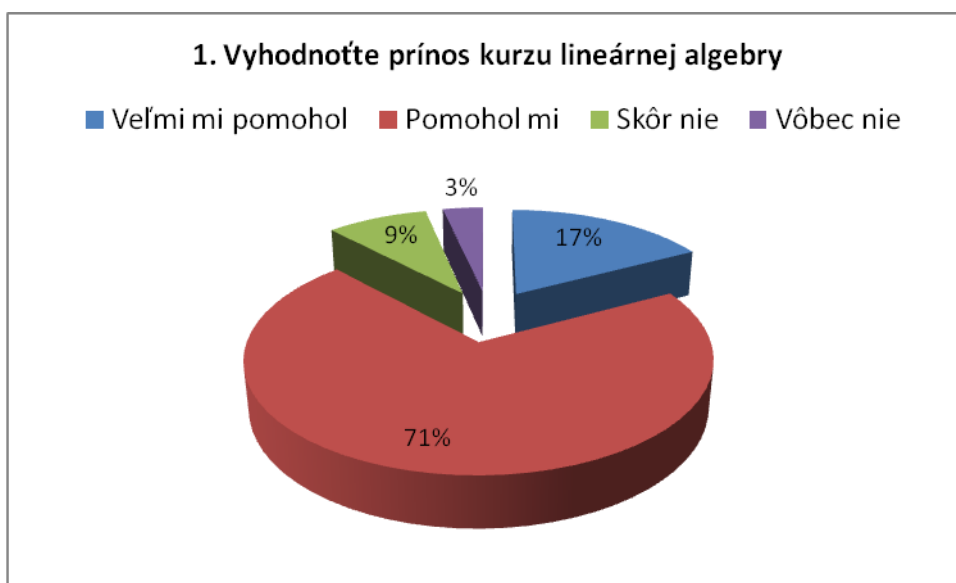
V tejto kapitole sme uviedli tabuľkové a následne prehľadné grafické spracovanie rozdelenia početnosti úspešnosti lineárnej algebry v daných intervaloch v zápočtových prácach a v písomnej skúške v sledovaných rokoch a analyzovali sme ich. Súčasne sme porovnávali priemery úspešnosti LA v zápočtových prácach v akademických rokoch 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013, podobne aj v písomných skúškach z MI. Na ilustráciu

uvádzame grafické porovnanie priemeru úspešnosti LA v zápočtových prácach v sledovaných rokoch.



Obr. 24 Graf priemernej úspešnosti LA v jednotlivých rokoch, zápočet

Okrem analýzy písomných prác sme pre evaluáciu prepracovaného kurzu urobili analýzu ankety, uskutočnenej medzi 58 študentmi, ktorí pokračovali v štúdiu v letnom semestri 2012/2013. Anketa obsahovala 5 otázok. V nasledujúcom grafe je prehľadné spracovanie relatívnej početnosti odpovedí na 1. anketovú otázku.



Obr. 29 Graf relatívnej početnosti odpovedí na 1. anketovú otázku

6 Zhrnutie výsledkov výskumu

V našom výskume pre vzdelávanie sme chceli vytvoriť v konkrétnom vzdelávacom prostredí fungujúci artefakt – e-learningový kurz lineárnej algebry, ktorý mal slúžiť k zlepšeniu vyučovania lineárnej algebry. Na e-learningu vysokej školy - TNUAD sme zverejnili dva kurzy, jeden pre potreby študentov FŠT, zabezpečený prihlasovacím kľúčom a druhý, obsahujúci iba dištančný text, voľne prístupný pre kohokoľvek, kto sa zaregistruje na e-learningu školy.

Pre evaluáciu prvého kurzu sme zvolili kvázi-experiment a môžeme konštatovať, že napriek klesajúcej hodnote priemeru úspešnosti pretestu (celkovej úspešnosti písomnej skúšky z matematiky I) kontrolnej a prvej a druhej experimentálnej skupiny, **sa výsledky študentov experimentálnych skupín z lineárnej algebry zlepšili.**

Prijatie druhého z kurzov, ktorý mal prezentovať širšie uplatnenie, nevyšiel podľa našich predstáv. V kurze sa zaregistroval jediný účastník a nekontaktoval sa s učiteľom. Myslíme si, že kurz mohol byť prínosom aj pre študentov ostatných fakúlt TNUAD, ale nebol dostatočne „viditeľný“. Študenti naň mohli natrafiť, iba ak by systematicky prezerali kurzy všetkých katedier FŠT. Aby mal kurz širšie uplatnenie, chceme ho v ZS 2013/2014 zverejniť na samostatnej webovej stránke.

Pozorovanie na kontaktných cvičeniach a kvalitatívna analýza príkladov z lineárnej algebry v písomnej skúške študentov z matematiky I nás viedla k nasledovným záverom: vedomosti z lineárnej algebry sa často zúžili na mechanicky naučené metódy a postupy, čo stačilo na získanie aspoň najnižšieho počtu bodov, požadovaného na zápočte alebo skúške z MI. Ale ak študent nevidel alebo aspoň netušil za postupom jeho históriu a dôvody, nejde o skutočné osvojenie si vedomostí a študent ich pravdepodobne nebude vedieť používať aj v budúcnosti. Ďalším znakom riešení bolo veľa numerických chýb a podceňovanie numerického doriešenia úloh. Ak študent aj chápal a ovládal postupy, numerické chyby znehodnocovali jeho prácu. Úspech študenta na skúške súvisel s jeho dôslednosťou a precíznosťou používania schém, tabuliek a štruktúr, ktoré zjednodušili výpočet a eliminovali chyby.

Na vyhodnotenie prijatia kurzu zrealizovaného v zimnom semestri 2012/2013 sme vo februári 2013 uskutočnili anketu. Na základe jej analýzy môžeme konštatovať pozitívne prijatie kurzu. Ankety sa zúčastnilo 58 zo 65 študentov 1. ročníka FŠT, ktorí pokračovali v štúdiu v letnom semestri a ktorí mali v zimnom semestri k dispozícii kurz. Až 88% opýtaných uviedlo, že kurz im pomohol alebo veľmi pomohol. Na otázku, či je potrebné

zvýšiť viac reálnu komunikáciu alebo viac online komunikáciu prostredníctvom kurzu až 84% respondentov sa vyslovilo pre viac reálnej komunikácie. V dobe zanedbávania komunikácie face to face a preferovaní online komunikácie prejavili študenti FŠT triezvosť a racionálnosť. Sledovaní respondenti predstavujú malú vzorku vysokoškolských študentov, ale považujeme uvedený fakt za nádejný a zdravý prejav pragmatického myslenia slovenskej mládeže.

Celkovo možno konštatovať, že zrealizovaný výskum splnil ciele, ktoré sme si predsavzali.

7 Návrhy na použitie výsledkov výskumu

Ak intervencie do vyučovania majú byť dôkladne navrhnuté, implementované, dizajnované, skúmané a majú skutočne zlepšovať vyučovanie nielen miestne, ale majú mať aj širšie použitie, mali by byť výsledkom tímovej práce. Problémy s vytvorením tímu výskumníkov by sa dali v súčasnosti riešiť vytvorením výskumného tímu študentov 3. stupňa vysokoškolského štúdia – doktorandov. Teda nie jeden, ale niekoľko doktorandov by malo riešiť spoločnú výskumnú úlohu. Predpokladáme, že doktorandi by mohli byť z rôznych odborov, v rámci jednej fakulty, alebo rôznych fakúlt, prípadne rôznych vysokých škôl. Zaoberali by sa rovnakou komplexnou témou, ktorú by vypísalo jedno z pracovísk potenciálnych doktorandov. Každý člen tímu by riešil výskumnú úlohu z pohľadu svojho odboru. Preto by sa nebolo treba obávať duplicity ich dizertačných prác.

Myslíme si, že výskum vzdelávania by sa mal viac otvoriť učiteľskej verejnosti a v zmysle „výskumu pre vzdelávanie“ by mali výskumníci viac prichádzať na konkrétne pracoviská učiteľov. Pedagogický výskum uskutočňujú aj doktorandi. Vysoké školy určujú svojim doktorandom predmety a činnosti, napríklad vystúpenie na konferenciách, publikovanie, priamu pedagogickú činnosť. Navrhujeme nový predmet doktorandského štúdia: **Vystúpenie doktoranda vyššieho ročníka s určitou časťou svojho výskumu na konkrétnej škole, verejnej prednáške alebo stretnutí záujemcov, v malom kolektíve pre učiteľov alebo verejnosť.**

Paul Ernest na základe štúdií vyučovania matematiky vo Veľkej Británii na prelome desaťročí 1980, 1990 sformuloval 5 rôznych kategórií cieľov matematiky (Ernest, 2004). Ako prvú uviedol kategóriu:

1. Ciele pracovného tréningu – „späť ku základom“: numeracy - numerická gramotnosť, porozumenie reči čísiel a osvojovanie zručností počtových úkonov ako spoločenský tréning v poslušnosti.

Náš výskum sa týkal lineárnej algebry. Postupy riešení úloh z lineárnej algebry vedú k aritmetickým operáciám s maticami a ich elementárnym úpravám. Konštatujeme, že študenti sú schopní pochopiť a naučiť sa tieto postupy, ale riešenia aj tak bývajú často chybné. Dôvodom je nedostatočná schopnosť študentov pracovať s číslami: základné operácie s celými číslami, sčítanie, odčítanie, násobenie, delenie, zvlášť pravidlá pre operácie so zápornými číslami, úprava zlomkov, mocniny, odmocniny... Príčinu týchto chýb nemôžeme hľadať iba v nesústredenosti, nepozornosti a únave. Študenti nemajú dostatočné numerické zručnosti a veľakrát im elementárne úkony nie sú úplne jasné. Na základe našich skúseností z rôznych typov škôl sme presvedčení, že nejde iba o problém regionálnej vysokej školy, na ktorej sme uskutočnili výskum. Matematické kompetencie, ktoré spomíname majú význam nielen pre lineárnu algebru a matematiku, ale aj pre technické odbory a bežný život v informačnej spoločnosti. Verbálna komunikácia sa pri riešení problémov v ľubovoľnej situácii transformuje na komunikáciu digitálnu, pomocou čísiel a znakov. Preto aj u nás by sa mala povýšiť numerická gramotnosť a disciplína na prvý cieľ vyučovania matematiky na všetkých stupňoch.

Celková digitalizácia nášho života automaticky predpokladá aj digitalizáciu vzdelávania. V poslednej časti 7 kapitoly, E-learning včera, dnes a zajtra, sme spomenuli začiatky e-learningu spojené s jeho technologickými problémami. Zaoberali sme sa aj našimi súčasnými aktivitami, spojenými s konštrukciou a realizáciou e-learningového kurzu lineárnej algebry. Nakoniec sme uviedli krátko našu víziu budúcnosti e-learningu, ktorú vidíme v digitalizácii študijných materiálov kvalitných autorov a v realizácii zrozumiteľných e-learningových kurzov pre potrebu celkového rozvoja vzdelávania.

Záver

V práci sme opísali výskum pre vzdelávanie, ktorého cieľom bolo zlepšenie vyučovania lineárnej algebry na technickej fakulte regionálnej vysokej školy prostredníctvom cyklicky vyvíjanej, implementovanej do vyučovania, dizajnovanej, a skúmanej intervencie - e-learningového kurzu lineárnej algebry.

V zhode s modelom ILDF výskumnej metodológie design-based research sme zrealizovali na e-learningu školy fungujúci artefakt – e-learningový kurz lineárnej algebry ako podporu vyučovania lineárnej algebry. Výskum začal v zimnom semestri akademického roka 2010/2011 a skončil v letnom semestri 2012/2013. Pre kvantitatívnu a kvalitatívnu analýzu efektívnosti intervencie do vyučovania sme preskúmali riešenia príkladov z lineárnej algebry v 263 zápočtových prácach a 347 písomných skúškach z matematiky I. Postoje študentov ku

kurzu sme zisťovali v ankete. Podrobná analýza výsledkov evaluácie a ich zhrnutie uvedené v kapitolách 5 a 6 nás oprávňuje tvrdiť, že cieľ práce sme splnili. **Za najväčší prínos pre prax považujeme realizáciu kurzu.**

Pri oboznamovaní sa s problematikou sme podrobnejšie študovali práce zahraničných didaktikov, zaoberajúce sa design-based research. **Za prínos pre teóriu vyučovania matematiky považujeme nielen opísanie a vysvetlenie tejto výskumnej metodológie v našej dizertačnej práci, ale aj opísanie možnosti jej realizácie v slovenských podmienkach. Zovšeobecnenie výsledkov výskumu v rámci DBR nás viedlo k návrhom uvedeným v kapitole 7, časti 7.1 Komplexné témy dizertačných prác a v časti 7.2 Nový predmet doktorandského štúdia. Pozorovanie písomných prác študentov a jeho kvalitatívna analýza nás priviedla k ďalšej teórii, ktorú nám potvrdilo aj štúdium cieľov vyučovania matematiky. Opísali sme ju v časti 7.3 Numerická gramotnosť. Nad krátkou históriou, prítomnosťou a budúcnosťou e-learningu sme sa z pohľadu tvorcu kurzu zamysleli v časti 7.4 E-learning včera, dnes a zajtra.**

Osobnostný rozvoj, ktorý mi priniesla realizácia výskumu je veľký v mnohých smeroch. Obohatil ma o nové odborné vedomosti z matematiky, didaktiky matematiky a e-learningu. Posunul ma dopredu pri prezentácii výsledkov mojej práce a v zručnostiach z oblasti výpočtových technológií. Umožnil mi vstúpiť do vedecko-výskumnej komunity zaoberajúcej sa vyučovaním matematiky. Bol pre mňa nesporne prínosom.

Zoznam použitej literatúry

Asami-Johansson, Y. *A study of problem solving oriented lesson structure in mathematics in Japan.*[online]. University of Gävle, Sweden, 2011. [cit.14.3.2011]. Dostupné na internete: <http://www.cerme7.univ.rzeszow.pl/WG/17b/CERME7_WG17BAsami_Johansson.pdf>.

Bannan-Ritland, B. *The role of design in Research: The Integrative Learning Design Framework.*[online]. In Educational Researcher, 2003, Vol. 32, No 1, pp 21-24. ISSN 0002-8312. [cit.3.1.2013]. Dostupné na internete: <<http://edr.sagepub.com/content/32/1/21.full.pdf+html>>.

Brousseau, G.: *Theory of Didactical Situations in Mathematics.* Dordrech; Boston; London: Kluwer Academic Publishers, 1997. ISBN 0-7923-4526-6.

Brown, A. *Design experiments: Theoretical and methodical challenges in creating complex interventions in classroom setting.*[online]. In Journal of the Learning Sciences, 1992.[cit. 10.1.2013]. Dostupné na internete: <<http://www.cs.uml.edu/ecg/projects/cricketscience/pdf/brown-1992-design-experiments.pdf>>.

Collins, A.M. *Towards a design science of education.* [Online]. In Scanlon, E. & O'Shea, T. (Eds.). *New directions in educational technology* (s.15-22). Berlin: Springer, 1992. ISBN 978-3-642-77750-9. Dostupné na internete: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-77750-9_2.pdf>.

Čeretková, S., Šedivý, O. *Aktuálne problémy teórie vyučovania matematiky.* Nitra: FPV UKF v Nitre, 2005. 144 s. ISBN 80-8050-923-9.

Čulíková, A. ... *E-learning – nová forma práce metodikov.* Bratislava: MPC Bratislavského kraja, 2006. ISBN 80-7164-411-0.

Edelson, D.C. *Design research: What we learn when we engage in design.*[online]. In Journal of the Learning Sciences, 2002. 11(1), 105-121. ISSN 1050-8405. [cit.18.2.2013]. Dostupné na internete: <<http://www.cs.uic.edu/~i523/edelson.pdf>>.

Elearningeuropa.info - *informačný portál pre Európu.* [online]. [cit. 10.1.2012]. Dostupné na internete: <<http://www.elearningeuropa.info>>.

*English dictionary.*Penguin Books Ltd. London. 2000, 2003. ISBN 80-551-1011-5.

Ernest, P. *What is the Philosophy of Mathematics Education?*[online]. Príspevok na kongrese ICME v Kodani, 2004. [cit. 25.2.2013]. Dostupné na internete: <http://people.exeter.ac.uk/PErnest/pome18/PhoM_%20for_ICME_04.htm>.

- Frk, B. *E-learning a nová forma vzdelávania dospelých*. [online]. Článok v elektronickom časopise Pedagogika.sk, 2010, ročník 1, číslo 2. ISSN 1338-0982. [cit. 10.1.2012]. Dostupné na internete: <http://www.casopispedagogika.sk/rocnik-1/cislo-2/E-learning_online_vzdelavania_dospelych.pdf/>.
- Gavora, P. a kol. *Elektronická učebnica pedagogického výskumu*. [online]. Bratislava: Univerzita Komenského, 2010. ISBN 978-80-223-2951-4. [cit. 19.3.2013]. Dostupné na internete: <<http://www.e-metodologia.fedu.uniba.sk/>>.
- Gokhale, A. *Collaborative Learning Enhances Critical Thinking*. [online]. Journal of Technology Education, 1995. ISSN 1045-1064. [cit. 15.1.2012]. Dostupné na internete: <<http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v7n1/gokhale.jte-v7n1.html?ref=Sawos.Org>>.
- Hošek, D. *Kooperativní a kolaborativní učení*. [online]. Praha: Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy, 2001. [cit. 10.1.2012]. Dostupné na internete: <http://it.pedf.cuni.cz/strstud/edutech/2001_Kolabor_Hosek/INDEX.HTM>.
- Hrušecký, R. *E-learning vo vzdelávaní budúcich učiteľov informatiky*. Dizertačná práca. Bratislava: Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, 2009.
- Chvál, M., Dvořák, D., Starý, K., Marková, K. *Design-based research při hledání cest dalšího vzdělávání učitelů*. In Orbis scholae. 2008, roč. 2, č. 3. ISSN 1802-4637.
- Juuti, K., Lavonen, J. *Design-Based Research in Science Education: One Step Towards Methodology*. [online]. In Nordina –Nordic Studies in Science Education, Vol 2, No 2. Oslo:Norwegian Centre for Science Education, 2006. ISSN 1504-4556. [cit.10.1.2012]. Dostupné na internete: <<https://www.journals.uio.no/index.php/nordina/article/view/424/486>>.
- Katriňák, T., Gavalec, M., Gedeonová, E., Smítal, J. *Algebra a teoretická aritmetika*. Bratislava: Univerzita Komenského, 2002. ISBN 80-223-1674-1.
- Kopecký, K. *E-learning (nejen) pro pedagogy*. Olomouc: HANEX, 2006. ISBN 80-85783-50-9.
- Koreňová, L. *Využitie didaktického softvéru a internetu vo vyučovaní stredoškolskej matematiky. Tematický celok funkcie, rovnice a nerovnice*. Dizertačná práca. Bratislava: Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, 2008.
- Mezník, I. a kol. *Matematika I*. Učebný text vysokej školy. Brno: Ediční středisko VUT Brno, 1988.

Mezník, I. *Matematika II*. Učebný text vysokej školy. Brno: PC-DIR, spol.s r.o. – Nakladatelství, Brno, 1998. ISBN 80-214-1087-6.

NSRR- *Národný strategický referenčný rámec SR na roky 2007-2013* .[online].Strategický dokument vypracovaný v súlade s novými nariadeniami Európskej únie pre možnosť využívať zdroje z fondov EÚ.[cit. 14.9. 2011]. Dostupné na internete: <<http://www.nsrr.sk/operacne-programy/vzdelavanie/>>.

Petrufová, M., Kurhajcová, L. *E-learning future of human resources*. In Inovačný proces v e-learningu. Zborník príspevkov z medzinárodnej konferencie. Bratislava: Ekonóm, 2008. ISBN 978-80-225-2510-7.

Rosa, V. *Metodika tvorby didaktických testov*. Bratislava: ŠPÚ, 2007. ISBN 978-80-89225-32-3.

Sierpinska, A. *Lectures on the Theory of Didactic Situations*. [online]. Prednášky z Teórie didaktických situácií odprednášané v rámci programu „Master in Teaching of Mathematics“ na Concordejskej univerzite v Montreali v zimnom semestri 1999. [cit 5.1.2011]. Dostupné na internete: <http://annasierpinska.wkrib.com/index.php?page = lecture _on _tds>.

Šaling, S., Ivanová-Šalingová, M., Maníková, Z. *Slovník cudzích slov pre školu a prax*. Bratislava: Vydavateľstvo SAMO, 1997. ISBN 80-967524-1-3.

Švarc, Š. *Efektívne počítačom podporované vzdelávanie*. Bratislava: MC v Bratislave, 1994.

Švejda, G. a kol. *Vybrané kapitoly z tvorby e-learningových kurzov*. Nitra: Pedagogická fakulta Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre, 2006. ISBN 80-8050-989-1.

Trenčanský, I. *Teória didaktických situácií*. Príspevok na Nitrianskej matematickej konferencii konanej v dňoch 24.-25.9.2009 na Katedre matematiky FPV UKF v Nitre.

Turek, I. *Elektronické vzdelávanie (e-learning)*. [online]. In Pedagogické rozhľady, časopis. Bratislava: MPC Bratislava, 2007, ročník 16, číslo 2. ISSN 1335- 0404. [Cit. 10.1.2012]. Dostupné na internete: <<http://www.rozhlady.pedagog.sk/cisla/pr2-2007.pdf>>.

van der Akker, J. *Principles and methods of development research*. In van den Akker, J., Nieveen, N., Branch R.M., Gustafson, K.L.& Plomp, T. (Eds.) Design methodology and developmental research in education and training. (pp.1-14). The Netherlands: Springer Netherlands, 1999. ISBN 978-94-010-5845-2.

Wang, F., Hannafin, M. J. *Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments*. [online]. In ETRD-Educational Technology Research and Development, 2005, Vol.53, No 4, pp.5-23. ISSN 1042-1629. [cit.16.2.2013]. Dostupné na internete: <<http://courses.ceit.metu.edu.tr/ceit627/week-9-research/design-based-research.pdf>>.

Zlatoš, P. *Lineárna algebra a geometria*. Bratislava: Marenčin PT, 2011. ISBN 978-80-8114-111-9.

Židová, D. *Interaktívne aplety vo vyučovaní Goniometrických funkcií*. Dizertačná práca. Bratislava: Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave, 2010.

Zoznam relevantných publikovaných prác autora

Zábojníková, E. *Didaktické fenomény*. In Zborník 9 Bratislavského seminára z Teórie vyučovania matematiky. Bratislava: UK v Bratislave, 2011. ISBN 978-80-89186-82-2.

Zábojníková, E. *E-learning. Yesterday, today and tomorrow*. In Aplimat: 12th Conference on Applied Mathematics. [elektronický zdroj]. Bratislava: STU, 2013. Art. No. P71, s 1-5 [CD-ROOM]. ISBN 978-80-227-3865-1.

POZNÁMKA: Vyšlo aj ako abstrakt. APLIMAT 2013. Bratislava: STU, 2013. S 105. ISBN 978-80-227-3866-8.

Brousseau, G.; prekl. Trenčanský, I., ..., Zábojníková, E. *Základy a metódy didaktiky matematiky: výskumné ciele didaktiky matematiky, didaktické javy a základy modelovania*. Voľný preklad 1. kapitoly z knihy *Théorie des situations didactiques*. Bratislava: FMFI UK, 2011. 43s. ISBN 978-80-89186-91-4.

Summary

The discontinuation between the potential of the education research and praxis has led to division of education research into two categories: research about education, that has an objective to better understand teaching and learning, and research for education that has a pragmatic objective to improve teaching and learning praxis. This PhD. thesis described an analysis of our research for education, that combines the design of an educational artefact and research concerning the learning in the designed setting. Our work had an objective to generate going artefact - e-learning course on linear algebra to improve teaching and learning of linear algebra for students in the first year of bachelor degree at technical faculty regional college. In first part of this thesis we described the knowledge gathered by studying literature, which allowed us to understand the issue: The theory of didactical situations in mathematics, e-learning, linear algebra and design-based research. In the next section we described the implementation of our research according to the design-based research principles in the integrative learning design framework model phases. We have developed a course in LMS Moodle and through cyclical iterations we designed it and researched learning outcomes (through fall semester of years 2011/2012 and 2012/2013). Videos recorded handwritten real exercise's solutions on a tablet was original element of redesigned prototype. In order to evaluate the course we choose a quasi-experiment. Qualitatively and quantitatively have we analysed examples in the written tests of control and experimental groups. We investigated student's opinions on the course in a survey. The research results confirmed the objectives and led to the proposal of to the didactics of mathematics: Comprehensive PhD. theses, new object of PhD. study, numeracy and e-learning yesterday, today and tomorrow. This thesis is relevant to the practice of teaching on linear algebra and the theory of didactics of mathematics.