

E-learningové kurzy vo vyučovaní predmetu Diskrétna matematika

E-learning Courses in Teaching of the Subject Discrete Mathematics



Pavel Híc, Milan Pokorný

Abstract

The paper deals with utilization of modern information and communication technologies in mathematics teaching at the Faculty of Education, Trnava University. In the first part the authors characterise two e-learning courses that they used in teaching of the subject *Discrete Mathematics*. In the second part of the paper the authors characterise an experiment with utilization of the courses in teaching process and analyse the results of the experiment.

Keywords

e-learning, computer supported learning, mathematics teaching, discrete mathematics, ICT, modern technologies in education

1 Úvod

Moderné informačné a komunikačné technológie zaznamenávajú v ostatnom období nevídaný rozvoj a postupne prenikajú do všetkých oblastí ľudského života. Je preto absolútne prirodzené, že si našli svoje významné miesto aj vo sfére vzdelávania.

Za ostatných desať rokov začíname vo vzdelávacom procese na slovenských univerzitách vo veľkej miere používať „learning management systémy“ (ďalej LMS), ktoré prinášajú obrovský pokrok v zapojení moderných informačných a komunikačných technológií do vzdelávacieho procesu. Zatiaľ čo ešte nedávno sme používali zväčša izolovaný softvér na dosiahnutie určitých čiastkových vzdelávacích cieľov, vďaka LMS sa dnes snažíme nielen o prezentáciu nových informácií študentom či poskytnutie možnosti precvičovať si nadobudnuté poznatky, ale o komplexné riadenie a monitorovanie všetkých študijných aktivít študentov.

Je pochopiteľné a prirodzené, že moderné technológie sa častejšie využívajú vo vyučovaní prírodovedných predmetov, ktorých vyučujúci k nim majú najbližšie. Takáto situácia vznikla aj na Pedagogickej fakulte Trnavskej univerzity. Jej pracovníci sa už od jej vzniku snažili efektívne využívať výhody moderných technológií na dosiahnutie vzdelávacích cieľov. Do týchto snáh boli prevažne zapojení pracovníci prírodovedne zameraných katedier (pozri napr. [2], [9], [11]), matematiku nevynímajúc. Spočiatku išlo najmä o používanie izolovaných programov v rámci počítačom podporovaného vzdelávania, avšak už v roku 2003 nastal obrovský krok vpred, pretože Trnavská univerzita začala používať LMS EKPTM, ktorý priniesol dovtedy nepredstaviteľné možnosti využitia IKT nielen na dosiahnutie vzdelávacích cieľov, ale aj na monitorovanie a riadenie študijných aktivít študentov (pozri napr. [8]). LMS mal obrovský význam tak pre študentov denného štúdia, ako aj pre študentov externého štúdia. Po uvedení LMS do prevádzky však bolo potrebné umiestniť do neho vhodné e-learningové kurzy. Preto začali aj autori tohto článku intenzívne pripravovať takéto kurzy a doteraz ich pripravili šesť:

1. Grafové algoritmy v školskej praxi,
2. Binárne relácie,
3. Logika,
4. Množiny,
5. Opisná štatistika,
6. Testovanie štatistických hypotéz.

Pedagogická fakulta Trnavskej univerzity však ani zďaleka nebola jedinou fakultou, ktorá sa pokúšala zúžitkovať potenciál moderných informačných a komunikačných technológií vo vyučovaní matematicky zameraných predmetov. Množstvo fakúlt a univerzít na Slovensku, ktoré sa vydali podobným smerom, svedčí o obrovskom význame využívania moderných technológií vo vyučovaní matematiky. Podľa Hanzela (pozri [3]) sa výraz e-learning pri riešení problémov vo vzdelávaní objavuje veľmi frekventovane a predstavuje kvalitatívne nový prístup k realizácii vzdelávania, ktorý je založený na aplikácii softvérových produktov. Podľa Klenovčana (pozri [10]) v súčasnej dobe môžeme pozorovať pomerne veľký rozmach vyučovacích metód, ktoré sú podporované počítačmi a rôznymi sieťovými systémami. Súhrnne sú nazývané ako e-learningové metódy. Sú jednou z alternatív, ktorá by mala zabrániť nežiaducemu zníženiu úrovne vyučovania. Sumarizujúca

štúdia o vyučovaní matematiky v prostredí IKT autorky K. Žilkovej [12] akcentuje najmä potrebu vytvárania interaktívneho prostredia a využívania dynamických aktivít v matematickom vzdelávaní, pričom poukazuje na možnosť veľkej variability vo výbere technických aj programových produktov.

2 Kurz Grafové algoritmy v školskej praxi

Kurz Grafové algoritmy v školskej praxi je našim prvým e-learningovým kurzom. Ukážku z tohto kurzu vidíme na obrázku 1. Jadrom tohto kurzu sú tri algoritmy z teórie grafov a ich využitie pri riešení praktických úloh. Ide o Tarryho algoritmus, ktorý je určený na prieskum grafov, a jeho dve modifikácie, Tremauxov algoritmus na hľadanie cesty v grafe a algoritmus Edmondsa a Johnsona na hľadanie Eulerovského ťahu grafu. Kurz je prednostne určený študentom v odboroch učiteľstva akademických predmetov v kombináciách s matematikou a informatikou. Kurz je spracovaný jednoduchým a názorným spôsobom a poukazuje aj na význam algoritmov a algoritmického myslenia pre riešenie problémov bežného života, čo si vyžaduje dodržiavať určitú presnosť a rigoróznosť. (pozri [5] a [6])

TRNAVSKÁ UNIVERZITA
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

Grafové algoritmy v školskej praxi

Prehľadávanie do šírky 5 / 9

Situácie opísané v predchádzajúcich dvoch odsekoch sú si síce podobné, ale je medzi nimi zásadný rozdiel. Kým v prvom prípade je možné, že sa rozhodneme ísť po ceste, ktorá nevedie k cieľu, v druhom prípade vedú k cieľu všetky cesty. Ak máme možnosť rozhodnúť sa, znamená to iba toľko, že úloha má viac riešení. Vysvetlíme si to na príklade políčka s číslom 14. Ako sme už spomenuli, susedia s ním dve políčka s číslom 13. Aký je význam čísla 13 v políčku? Číslo 13 v políčku znamená, že myš sa tam vie dostať na minimálny počet 13 krokov. To ale znamená, že cesta z tohto políčka k myši bude existovať a bude mať v optimálnom prípade 13 krokov. Teda zo všetkých políčok s číslom 13 sa dá dostať k myške, len trochu inou cestou. Skutočne sme teda našli viacero riešení. Jedno z nich je znázomené čiernou farbou na nasledujúcom obrázku.

16	17	18	19	20	21	29	30	31	37	38	39	
15			20		22	28		32	36		40	
14	13				23	27	33	34	35			
13	12		10		24	25	26	34	36	40		
12	11	10	9					35	37	38	39	
13		9	8		40	39	38	37	36	38	40	
			7		41					39	41	
3		5	6		42		44	43	42	41	40	
1	2	3	4	5	43	45	43				43	
3	4	5	6		44	45	46	47		46	45	44

COPYRIGHT (C) 2004 TRNAVSKÁ UNIVERZITA, TECHNICKÁ REALIZÁCIA E-LEARNMEDIA, DUPRES CONSULTING, SPOL. S R. O.

Obr. 1 Ukážka z kurzu Grafové algoritmy v školskej praxi

Kurz sa teda zameriava na tri oblasti z bežného života, ktorými sú prieskum labyrintu, hľadanie cesty medzi dvoma rôznymi miestami v labyrinte a kreslenie obrázkov jedným ťahom. Tieto problémy totiž môžeme efektívne riešiť pomocou Tarryho algoritmu a jeho špeciálnych modifikácií. Tarryho algoritmus patrí do oblasti teórie grafov, ktorá má tú výhodu, že jej metódami možno často

jednoduchým a prehľadným spôsobom riešiť problémy z iných oblastí, napríklad z fyziky, chémie, či ekonómie, ktoré sa na prvý pohľad môžu zdať pomerne komplikované.

Učivo spracované v kurze je rozdelené do troch skupín, čomu zodpovedá aj rozdelenie kurzu na tri moduly. V prvom module, ktorý sa nazýva „Prieskum labyrintu“, nájdeme: transformáciu mapy labyrintu na graf; princípy, na ktorých je založený Tarryho algoritmus; realizáciu Tarryho algoritmu prehľadným spôsobom použitím piatich farieb; aplikáciu Tarryho algoritmu pri prieskume labyrintov; výhody a nedostatky algoritmu „Odboč vpravo“ pri prehľadávaní labyrintu. V druhom module, ktorý sa nazýva „Hľadanie cesty v labyrinte“, sa študenti naučia: algoritmus prehľadávania do šírky a jeho aplikácia v praxi; princípy, na ktorých je založený Tremauxov algoritmus; aplikáciu Tremauxovho algoritmu pri hľadaní cesty v labyrinte; hlavné rozdiely medzi Tarryho a Tremauxovým algoritmom. V poslednom module, ktorý sa nazýva „Eulerovský ťah“, sa čitateľ dozvie: nutnú a postačujúcu podmienku pre kreslenie obrázka jedným ťahom; Eulerovský ťah grafu; princípy, na ktorých je založený algoritmus Edmondsa a Johnsona na hľadanie Eulerovského ťahu v Eulerovskom grafe; aplikáciu algoritmu Edmondsa a Johnsona pri riešení praktických problémov; hlavné rozdiely medzi Tarryho algoritmom a algoritmom Edmondsa a Johnsona; problém „siedmich mostov mesta Königsberg“.

V tomto kurze sme sa snažili efektívne využiť obrázky a videosekvencie na dosiahnutie cieľov vzdelávacieho procesu, nakoľko obsah tohto kurzu je na to veľmi vhodný. Zvolili sme si preto našu vlastnú realizáciu Tarryho algoritmu pomocou piatich farieb, ktorá je veľmi názorná. Z uvedeného dôvodu nemajú obrázky v kurze iba doplňujúcu či skrášľujúcu úlohu, ale sú priamo nutné pre zvládnutie uvedenej problematiky. Kurz preto obsahuje množstvo obrázkov hlavne vo výkladovej časti a pri úlohách. Veľmi vhodným doplnkom kurzu je aj približne 20 videosekvencií, z ktorých väčšina je umiestnená v časti videoúlohy. Nakoľko sa väčšinou jedná o simuláciu prieskumu labyrintu a hľadanie cesty v ňom, tieto videosekvencie priamo približujú študentom reálnu situáciu. Študent teda skutočne vidí, ako by mal zafarbiť chodby v skutočnom labyrinte.

3 Kurz Binárne relácie

Kurz Binárne relácie je našim druhým e-learningovým kurzom. Ako to vyplýva už z jeho názvu, jadrom tohto kurzu sú binárne relácie. Kurz je prednostne určený študentom predškolskej a elementárnej pedagogiky a študentom učiteľstva akademických predmetov v kombináciách s informatikou, ale dá sa použiť aj pre študentov učiteľstva akademických predmetov v kombináciách s matematikou. Aj tento kurz je spracovaný jednoduchým a názorným spôsobom a nezameriava sa na podrobné vysvetľovanie teórie a dôkazov, ale na aplikáciu nadobudnutých poznatkov na množstve konkrétnych príkladov a precvičovanie na množstve úloh. (pozri [4]) Úvodnú obrazovku z tohto kurzu vidíme na obrázku 2.

Učivo spracované v kurze je rozdelené do desiatich modulov:

1. Karteziánsky súčin dvoch množín,
2. Binárna relácia v množine,
3. Určenie binárnej relácie charakteristickou vlastnosťou,
4. Vrcholový graf binárnej relácie,
5. Inverzná a doplnková relácia,

6. Vlastnosti binárnych relácií (reflexívnosť, antireflexívnosť, symetrickosť, antisymetrickosť, tranzitívnosť, súvislosť),
7. Relácia ekvivalencie a rozklad množiny,
8. Relácia usporiadania,
9. Lineárne usporiadaná množina,
10. Zobrazenie (binárna relácia z množiny A do množiny B , zobrazenie z množiny A do množiny B , vlastnosti zobrazení, inverzné zobrazenie, zložené zobrazenie, permutácia).

Aj v tomto kurze sme sa snažili efektívne využiť obrázky na dosiahnutie cieľov vzdelávacieho procesu, nakoľko množstvo problémov je vhodné riešiť pomocou vrcholového grafu.

TRNAVSKÁ UNIVERZITA
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

e-learnmedia

Binárne relácie

Obsah

Vitajte v kurze Binárne relácie.

V tomto kurze si prostredníctvom riešení konkrétnych príkladov osvojíte poznatky o binárnych reláciách na úrovni špecifického transferu.

Kurz je rozdelený do nasledujúcich častí:

- Úvodné slovo
- Karteziánsky súčin dvoch množín
- Binárna relácia v množine
- Určenie binárnej relácie charakteristickou vlastnosťou
- Vrcholový graf binárnej relácie
- Inverzná a doplnková relácia
- Vlastnosti binárnych relácií
 - Reflexívnosť
 - Antireflexívnosť
 - Symetrickosť
 - Antisymetrickosť
 - Tranzitívnosť
 - Súvislosť
 - Úlohy
- Relácia ekvivalencie a rozklad množiny
 - Relácia ekvivalencie na množine M
 - Rozklad množiny M
 - Relácia ekvivalencie a rozklad množiny
- Relácia usporiadania
- Lineárne usporiadaná množina
- Zobrazenie
 - Binárna relácia z množiny A do množiny B
 - Zobrazenie z množiny A do množiny B
 - Vlastnosti zobrazení
 - Inverzné zobrazenie
 - Zložené zobrazenie
 - Permutácie

COPYRIGHT (C) 2006 TRNAVSKÁ UNIVERZITA, TECHNICKÁ REALIZÁCIA E-LEARNMEDIA, S.R.O.

Obr. 2 Úvodná obrazovka z kurzu Binárne relácie

S použitím tohto kurzu vo vzdelávacom procese máme vysoko pozitívne skúsenosti, a to jednak u študentov denného štúdia, ako aj u študentov externého štúdia. Naše skúsenosti ukazujú, že aj tí študenti, ktorí nie sú špecializovaní na matematiku, sú schopní zvládnuť problematiku spracovanú v kurze výrazne lepšie ako na minimálnej požadovanej úrovni, a to aj v prípade, že majú výrazne redukovaný počet kontaktných hodín s vyučujúcim. Viac o skúsenostiach s využívaním kurzu vo vzdelávacom procese nájdeme napríklad v [7].

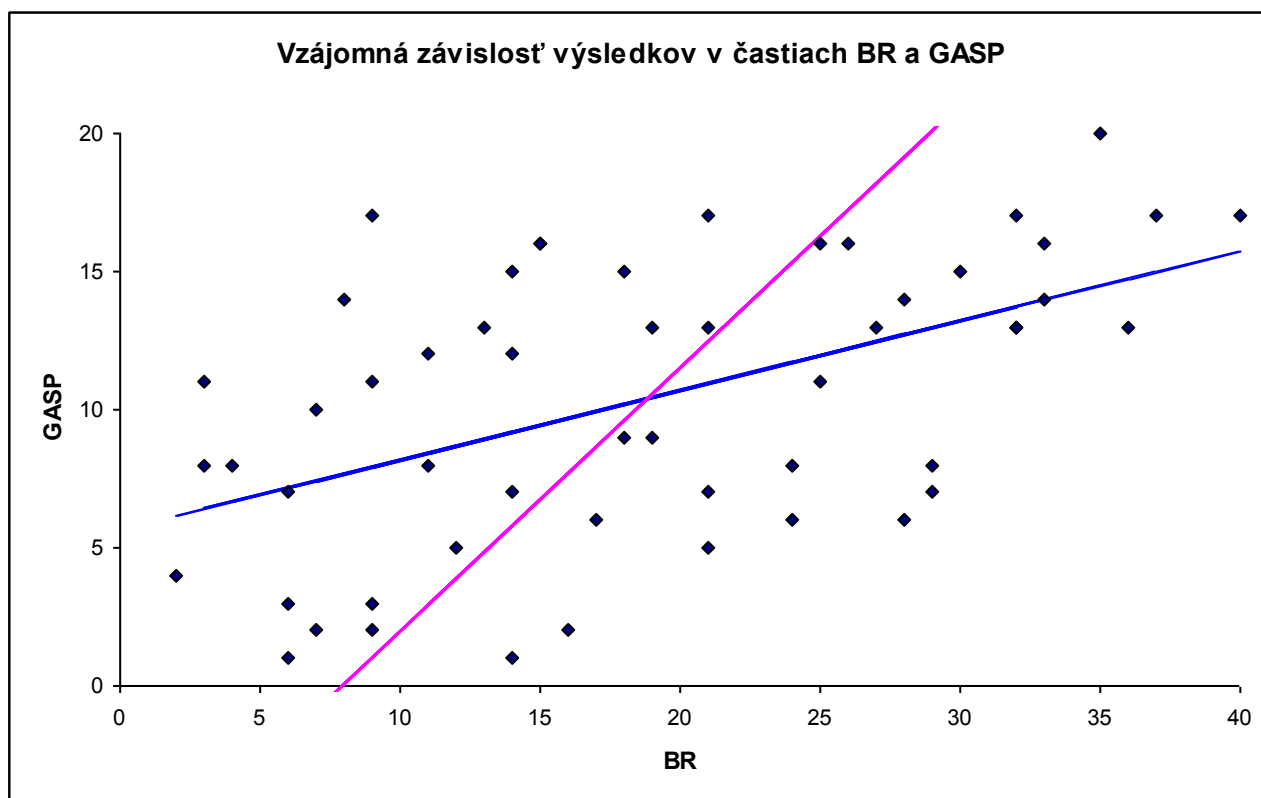
4 Vyučovanie predmetu Diskrétna matematika pomocou e-learningových kurzov

Predmet Diskrétna matematika je na Pedagogickej fakulte Trnavskej univerzity povinným predmetom pre študentov bakalárskeho študijného programu učiteľstva akademických predmetov v kombinácii s informatikou a povinne voliteľným predmetom pre študentov bakalárskeho študijného programu učiteľstva akademických predmetov v kombinácii s matematikou.

Hlavnú náplň predmetu tvoria vybrané problémy z teórie grafov (základné pojmy, maticové reprezentácie, komponenty grafu, polomer a priemer grafu, centrum grafu, stromy, kostry grafu a ich počet, kódovanie a izomorfizmus stromov, labyrinty a ich prehľadávanie, Eulerovský ťah, binárne a triediace stromy) a binárne relácie. Na zvládnutie tohto obsahu je určených spolu 36 kontaktných hodín.

Ako už vyplýva z uvedenej obsahovej náplne predmetu a charakteristiky oboch našich e-learningových kurzov, tieto kurzy nepokrývajú celý obsah, ale jeho podstatnú časť. Preto sme zvolili nasledovný spôsob rozdelenia obsahu učiva na kontaktné hodiny:

- binárne relácie – 8 kontaktných hodín, (ďalej BR)
- teória grafov spracovaná v kurze Grafové algoritmy v školskej praxi – 4 kontaktné hodiny, (ďalej GASP)
- teória grafov nespracovaná v kurze Grafové algoritmy v školskej praxi – 18 kontaktných hodín, (ďalej K)
- testy a ich vyhodnotenia – 6 kontaktných hodín.

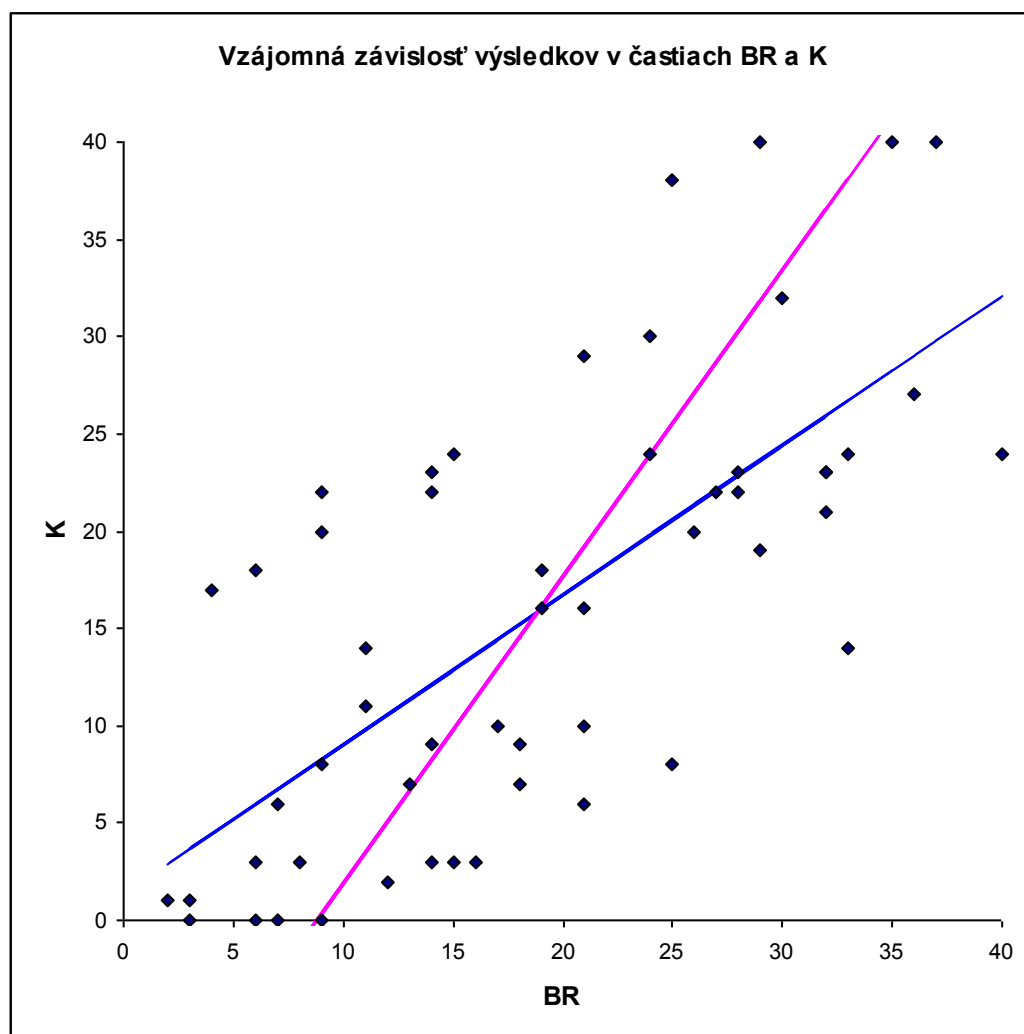


Obr. 3 Vzájomná závislosť výsledkov v častiach BR a GASP

Ako vidno, časti BR a GASP, ku ktorým majú študenti k dispozícii elektronické kurzy, majú výrazne redukovaný počet kontaktných hodín oproti časti K, ktorej výučba prebieha klasicky.

Experiment sme vykonali na vzorke 54 študentov bakalárskeho štúdia učiteľstva akademických predmetov, z toho 47 bolo špecializovaných na informatiku a 7 na matematiku. Z celkového počtu bodov, ktoré študenti mohli získať v rámci celkového hodnotenia, bolo možné získať 40% za BR, 20% za GASP a 40% za K.

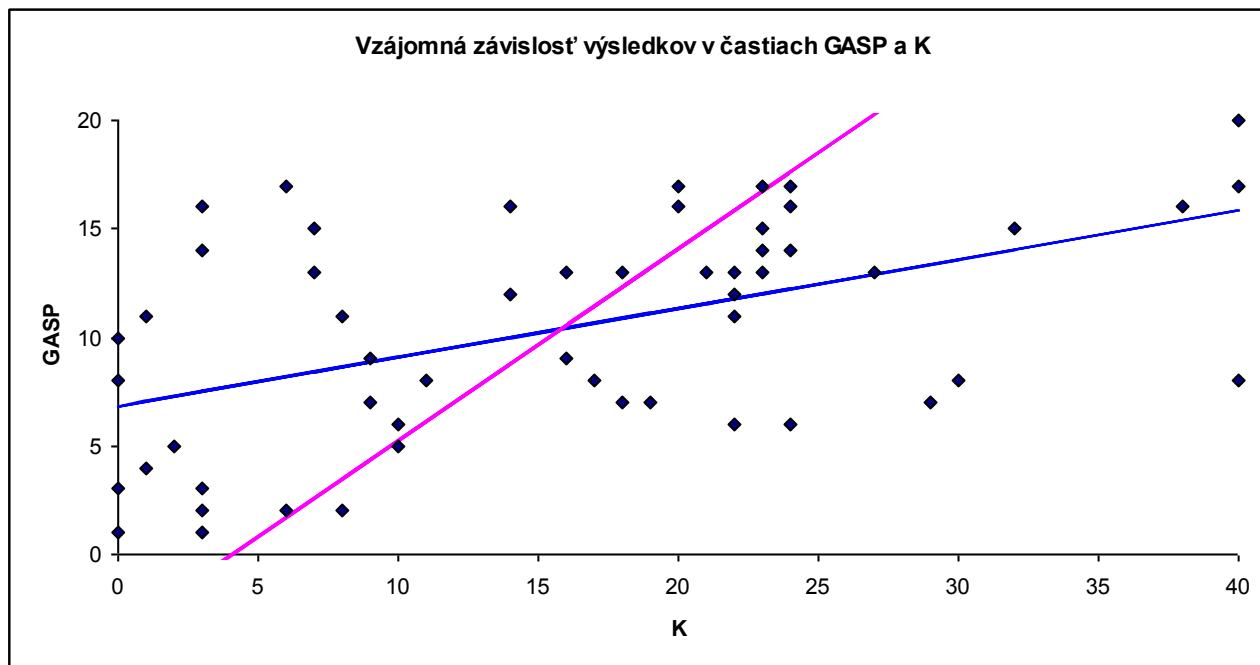
Na obrázku č. 3 je zobrazená vzájomná závislosť výsledkov v častiach BR a GASP, ktoré študenti študovali prostredníctvom elektronických kurzov. Hodnota korelačného koeficientu je 0,514 a 95% interval spoľahlivosti pre korelačný koeficient je (0,280;0,6914). Z týchto hodnôt jasne vyplýva, že medzi výsledkami študentov v oboch častiach existuje súvislosť.



Obr. 4 Vzájomná závislosť výsledkov v častiach BR a K

Na obrázku č. 4 je zobrazená vzájomná závislosť výsledkov v častiach BR a K. Pripomíname, že časť BR študenti študovali prostredníctvom elektronických kurzov, zatiaľ čo časť K klasicky. Hodnota korelačného koeficientu je 0,699 a 95% interval spoľahlivosti pre korelačný koeficient je (0,526;0,816). Z týchto hodnôt jasne vyplýva, že medzi výsledkami študentov v oboch častiach existuje pomerne silná súvislosť.

Na obrázku č. 5 je zobrazená vzájomná závislosť výsledkov v častiach GASP a K. Pripomínáme, že časť GASP študenti študovali prostredníctvom elektronických kurzov, zatiaľ čo časť K klasicky. Hodnota korelačného koeficientu je 0,503 a 95% interval spoľahlivosti pre korelačný koeficient je (0,266;0,683). Z týchto hodnôt jasne vyplýva, že medzi výsledkami študentov v oboch častiach existuje súvislosť.



Obr. 5 Vzájomná závislosť výsledkov v častiach GASP a K

Teraz pomocou t-testu pre závislé výbery porovnáme úspešnosť študentov v jednotlivých častiach celkového hodnotenia.

Najprv otestujeme nulovú hypotézu „Medzi úspešnosťou študentov v časti GASP a BR nie je významný rozdiel.“ Nakoľko hodnota testovacieho kritéria v teste normality diferencií uskutočnenom podľa D’Agostina je 0,73 a kritické hodnoty sú $-2,7$ a $1,1$, hypotézu o normalite rozdelenia diferencií prijímame. Pravdepodobnosť omylu v t-teste v prípade zamietnutia nulovej hypotézy je 15,4%, preto ju prijímame. Medzi úspešnosťou študentov v častiach GASP a BR sme nepreukázali významný rozdiel.

Ďalej otestujeme nulovú hypotézu „Medzi úspešnosťou študentov v časti BR a K nie je významný rozdiel.“ Nakoľko hodnota testovacieho kritéria v teste normality diferencií uskutočnenom podľa D’Agostina je 0,03 a kritické hodnoty sú $-2,7$ a $1,1$, hypotézu o normalite rozdelenia diferencií prijímame. Pravdepodobnosť omylu v t-teste v prípade zamietnutia nulovej hypotézy je 1,2%, preto ju zamietame. Preukázali sme, že medzi úspešnosťou študentov v častiach BR a K je významný rozdiel v prospech úspešnosti v časti, ktorú študenti študovali prostredníctvom elektronického kurzu.

Napokon otestujeme nulovú hypotézu „Medzi úspešnosťou študentov v časti GASP a K nie je významný rozdiel.“ Nakoľko hodnota testovacieho kritéria v teste normality diferencií uskutočnenom podľa D’Agostina je $-1,28$ a kritické hodnoty sú $-2,7$ a $1,1$, hypotézu o normalite rozdelenia diferencií prijímame. Pravdepodobnosť omylu v t-teste v prípade zamietnutia nulovej hypotézy je 0,1%, preto ju zamietame. Preukázali sme, že medzi úspešnosťou študentov

v častiach GASP a K je signifikantný rozdiel v prospech úspešnosti v časti, ktorú študenti študovali prostredníctvom elektronického kurzu.

5 Záver

Hoci príprava elektronických vzdelávacích materiálov, ako sú e-learningové kurzy či testy k nim, je pomerne náročný proces, výsledky s ich použitím vo vzdelávacom procese naznačujú, že sa oplatí investovať čas do ich prípravy. Toto tvrdenie sa potvrdilo aj v našom experimente, ktorý preukázal, že vďaka elektronickým kurzom sú študenti schopní zvládnuť učivo v požadovanej miere aj pri menšom počte kontaktných hodín. Myslíme si, že je potrebné, aby na príprave takýchto kurzov spolupracovali rôzne univerzity a fakulty, ako tomu je napríklad v našom prípade, kedy v rámci projektov KEGA 3/4149/06 s názvom „Tvorba elektronických kurzov z matematiky“ a KEGA 3/7263/09 s názvom „E-learning ako efektívny nástroj vo vyučovaní matematiky“ spolupracujeme s pracovníkmi KM FPV UMB v Banskej Bystrici.

6 Poďakovanie

Tento článok vznikol vďaka podpore projektu KEGA 3/7263/09 s názvom „E-learning ako efektívny nástroj vo vyučovaní matematiky“.

Literatúra

- [1] Clauss, G. – Ebner, H.: *Základy štatistiky pre psychológov, pedagógov a sociológov*. Bratislava: SPN 1998.
- [2] Gazdíková, V.: Názvoslovie anorganických látok a výpočty v anorganickej chémii I. *Sborník príspevků ze semináře a soutěže eLearning 2004*. Hradec Králové: GAUDEAMUS, 2004, s. 68-74. ISBN 80-7041-798-6
- [3] Hanzel, P.: Možnosti elektronickej podpory vzdelávania v príprave učiteľov pre 1. stupeň ZŠ. *Zborník Cesty (k) poznávaní v matematice primární školy*. Olomouc: UP Olomouc, 2004, s. 107 – 112. ISBN 80-244-0818-X
- [4] Híc, P. – Pokorný, M.: *Binárne relácie*. On-line kurz. Trnava: Trnavská univerzita, 2005. ISBN 80-8082-061-9
- [5] Híc, P – Pokorný, M.: Grafové algoritmy v školskej praxi. *Sborník príspevků ze semináře a soutěže eLearning 2004*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2004, s. 94-101. ISBN 80-7041-798-6.
- [6] Híc, P. – Pokorný, M.: *Grafové algoritmy v školskej praxi*. On-line kurz. Trnava: Trnavská univerzita, 2004. ISBN 80-8082-023-6
- [7] Híc, P. – Pokorný, M.: Skúsenosti s kombinovanou formou výučby predmetu Logika, Množiny, Relácie. *Matematika 4, Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas Paedagogica, Mathematica VII*, Olomouc: UP Olomouc, 2010, s. 105-109. ISBN 978-80-244-2511-5, ISSN 0862-9765
- [8] Horváth, R. – Mišút, M: The New Improvements of E-learning System at Trnava University. *ICETA 2005 – 4th International Conference on Emerging Telecommunications Technologies and Applications*. Košice: 2005, s.157-160, ISBN 80-8086-016-6
- [9] Kirchmyerová, J., Peterková, V.: E-learning Implementation Into Trnava University External Bachelor Study. *Proceeding 6th International Conference Virtual University*, Bratislava, Slovakia, 2005, pp. 76-78. ISBN 80-227-2336-3

- [10] Klenovčan, P.: Príprava budúcich učiteľov 1. stupňa ZŠ s podporou Internetu. *Zborník Cesty (k) poznávaní v matematice primárni školy*. Olomouc: UP Olomouc, 2004, s. 139 – 141. ISBN 80-244-0818-X
- [11] Peterková, V. – Paveleková, I.: Analýza efektivity využitia e-learningu pri vyučovaní odborných predmetov. *Proceedings of the Conference Modern trends in education of Professional and laymen in health disciplines*, Trnava, 2009, s. 111-119. ISBN 978-80-8082-295-8
- [12] Žilková, K.: *Školská matematika v prostredí IKT*. Bratislava: Univerzita Komenského, 2009, 138 s. ISBN 978-80-223-2555-4

Kontaktná adresa

doc. RNDr. Pavel Híc, CSc., PaedDr. Milan Pokorný, PhD.
Pedagogická fakulta, Trnavská univerzita
Priemyselná 4, P.O.BOX 9, 918 43 Trnava
phic@truni.sk , mpokorny@truni.sk