

UNIVERZITA KONŠTANTÍNA FILOZOFA V NITRE
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

VIRTUÁLNE 3D MODELY ROZVÍJAJÚCE PRIESTOROVÚ
PREDSTAVIVOSŤ ŽIAKOV ZÁKLADNÝCH ŠKÔL

Autoreferát dizertačnej práce

Dizertačná práca bola vypracovaná v externej forme doktorandského štúdia na Pedagogickej fakulte Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre.

Doktorand: Mgr. Silvia Kunová
Školiace pracovisko: Katedra techniky a informačných technológií
Pedagogická fakulta
Univerzita Konštantína Filozofa
Dražovská cesta 4
949 74 Nitra

Školiteľ: doc. PaedDr. Gabriel Bánesz, PhD.
Katedra techniky a informačných technológií
Pedagogická fakulta
Univerzita Konštantína Filozofa
Dražovská cesta 4
949 74 Nitra

Oponenti:

Autoreferát bol rozoslaný dňa:

Obhajoba dizertačnej práce sa koná dňa o.....hodine

pred komisiou pre obhajobu dizertačných prác v študijnom programe Didaktika odborných technických predmetov, študijný odbor 1.1.10 Odborová didaktika na Pedagogickej fakulte UKF v Nitre.

Predseda odborovej komisie:
prof. PaedDr. Alena Hašková, CSc.
Pedagogická fakulta
Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre

UNIVERZITA KONŠTANTÍNA FILOZOFA V NITRE
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

**VIRTUÁLNE 3D MODEL Y ROZVÍJAJÚCE PRIESTOROVÚ
PREDSTAVIVOSŤ ŽIAKOV ZÁKLADNÝCH ŠKÔL**

Autoreferát dizertačnej práce

Mgr. Silvia Kunová

na získanie akademického titulu „philosophiae doctor“, v skratke „PhD.“

v študijnom programe: Didaktika odborných technických predmetov

študijný obor: 1.1.10 – Odborová didaktika

Nitra 2016

Obsah

ÚVOD	5
1. STANOVENIE VÝSKUMNÝCH CIEĽOV	6
2. HYPOTÉZY VÝSKUMU	8
3. SPRACOVANIE VÝSLEDKOV VÝSKUMU	10
3.1 Štatistická verifikácia hypotézy H1	10
3.2 Štatistická verifikácia hypotézy H2	12
4. DISKUSIA VÝSLEDKOV DIZERTAČNEJ PRÁCE	14
4.1 Prínosy dizertačnej práce a odporúčania pre pedagogickú prax.....	17
ZÁVER	20
SÚPIS PUBLIKAČNEJ ČINNOSTI	21
ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV	22

ÚVOD

Technická a priestorová predstavivosť sú základnými stavebnými prvkami vedomostí a zručností všetkých pracovníkov v oblasti techniky a prírodných vied. Prvotné myšlienky konštruktérov či vynálezcov, vznikajú výhradne v imaginárnom svete ich myšlienok a predstáv, v ktorom sa aj oni sami orientujú práve prostredníctvom týchto dvoch elementov. Aj vzájomná odborná komunikácia pracovníkov vedy a techniky, napríklad prostredníctvom technických výkresov, či matematických alebo chemických vzorcov, vyžaduje komplexné vnímanie a chápanie technických a prírodovedných súvislostí. Toto kladie veľký dôraz práve na technickú a priestorovú predstavivosť, ktoré sa tak prostredníctvom spomínaných profesií stávajú nosnými piliermi vzdelanostnej ekonomiky.

Výchovnovzdelávací proces je vnímaný ako cieľavedomé ovplyvňovanie a formovanie žiaka s dôrazom na jeho osobnostnú a profesijnú prípravu do života. Napriek pochopiteľným snahám reformovať naše školstvo smerom k vzdelanostnej ekonomike, je na zvážanie, či reformovaný školský systém na Slovensku venuje dostatočnú pozornosť výchove a vzdelávaniu žiakov, v tomto prípade, v kľúčovej oblasti technickej a priestorovej predstavivosti. Výučba technických a prírodovedných predmetov je náročná na materiálne zabezpečenie. Potrebné didaktické prostriedky a vybavenie laboratórií je veľmi nákladné. Naše dlhodobo finančne poddimenzované školstvo tak s ťažkosťami dokáže zabezpečiť potrebnú materiálnu podporu výučby. Čiastkovým riešením tejto situácie by mohlo byť používanie systémov virtuálnej reality. To by znamenalo, že rôzne predmety a didaktické pomôcky by neboli k žiakom k dispozícii ako reálne predmety ale ako virtuálne 3D objekty. Ekonomické aspekty takéhoto riešenia sú zrejmé. Otázne zostáva, či použitie virtuálnych modelov vo výučbe je z pedagogického hľadiska porovnateľné s reálnymi modelmi z hľadiska. Zodpovedanie tejto otázky je primárnym cieľom predkladanej dizertačnej práce. V práci tiež hľadáme odpoveď na otázku, či ovládanie prezentačných systémov virtuálnej reality je bežnou užívateľskou výbavou dnešnej mladej generácie. Zisťujeme, či hranie počítačových hier buduje u detí prirodzené užívateľské vedomosti a zručnosti použiteľné potom aj vo výučbovom procese a či tieto vedomosti a zručnosti je možné vnímať ako základné počítačové zručnosti naprieč celou mladou populáciou.

Zastávame názor, že preferovaná informatizácia základných a stredných škôl by nemala byť vnímaná ako cieľ reformy školstva smerom k vzdelanostnej ekonomike, ale ako prostriedok k podpore kreatívnych predispozícií u našich žiakov. Využitie systémov virtuálnej reality

vo výučbe technických a prírodovedných predmetov by mohlo byť vnímané ako jeden z týchto prostriedkov.

Predkladaná práca bola súčasťou riešenia KEGA projektu číslo: 035UKF-4/2012 s názvom Program rozvoja priestorovej predstavivosti žiakov nižšieho sekundárneho vzdelávania, ktorý bol realizovaný na Katedre techniky a informačných technológií, Pedagogickej fakulty, UKF v Nitre.

1. STANOVENIE VÝSKUMNÝCH CIEĽOV

Primárnym cieľom dizertačnej práce bolo zistiť, či použitie virtuálnych 3D modelov vo výučbe je rovnocenné s použitím skutočných predmetov a či obe výučbové metódy majú rovnaký vplyv na rozvoj priestorovej predstavivosti žiakov vo vyučovacom procese. Na základe výsledkov výskumu, chceme posúdiť či didaktické prostriedky prezentované systémami virtuálnej reality dokážu v dostatočnej miere nahradiť didaktické pomôcky prezentované skutočnými predmetmi práve v nami sledovanej oblasti rozvoja priestorovej predstavivosti.

Sekundárnym cieľom dizertačnej práce bolo overiť či žiaci dokážu používať a ovládať prostredie prezentačného systému virtuálnej reality bez akejkoľvek predchádzajúcej inštrukcie. Chceli sme zistiť či súčasná generácia detí vníma virtuálne počítačové prostredie ako bežnú súčasť svojho života, v ktorom sa dokáže intuitívne orientovať bez akýchkoľvek predošlých usmernení a len na základe svojich užívateľských počítačových zručností. Zároveň sme chceli overiť, či systémy virtuálnej reality môžeme vnímať v súčasnosti už ako etablovaný prostriedok na získavanie informácií a vnemov v edukatívnej oblasti u súčasnej mladej generácie.

Na základe uvedeného môžeme formulovať hlavné ciele dizertačnej práce:

- C1: *Zistiť a porovnať do akej miery ovplyvňuje použitie virtuálnych a skutočných modelov vo výučbe rozvoj priestorovej predstavivosti žiakov.***
- C2: *Overiť či prostredie počítačovej virtuálnej reality je v súčasnosti možné už vnímať u mladej generácii ako prirodzený prostriedok na získavanie informácií a podnetov v oblasti edukácie.***

Z realizácie hlavných cieľov výskumu vyplynuli výskumné úlohy, ktoré bolo nevyhnutné splniť pre dosiahnutie základných výskumných cieľov.

- U₁: Analyzovať technické vzdelávanie na základných školách a stanoviť vhodné tematické celky z hľadiska rozvoja priestorovej.
- U₂: Zistiť súčasný stav problematiky rozvoja priestorovej predstavivosti prostredníctvom systémov virtuálnej reality. Aké výskumy a s akými výsledkami boli realizované.
- U₃: Navrhnuť vhodné výskumné metódy pre získanie relevantných údajov potrebných k dosiahnutiu stanovených cieľov.
- U₄: Realizovať materiálno-technické zabezpečenie výskumných aktivít.
- U₅: Štatistické spracovanie získaných dát z výskumu.
- U₆: Analýza a interpretácia výsledkov výskumu.
- U₇: Vyvodenie záverov výskumu a odporúčania pre pedagogickú prax.

Riešenie stanovených výskumných úloh prinieslo množstvo závažných technických otázok. Najzávažnejšie vyplynuli z realizácie didaktického balíčka pre potreby výskumu. (Úloha U₄: materiálno technické zabezpečenie výskumu). Predpokladaný didaktický balíček mal obsahovať okrem štandardných výučbových podkladov (prezentácie) aj virtuálne 3D modely ako didaktické pomôcky k výučbe. Bolo tak nutné vykonať podrobnú analýzu dostupných softvérových prostriedkov pre tvorbu aj prezentáciu virtuálnych modelov. Po diskusii s odborníkmi z danej oblasti (vývojový pracovníci pre oblasť CAD/CAE/CAM systémov) sme zostavili hodnotiacu metodiku pre posúdenie vhodnosti softvérového balíka pre tvorbu a prezentáciu virtuálnych modelov. Vytvorenou metodikou sme podrobne analyzovali dostupné systémy pre potreby nášho výskumu. Na základe analýzy sme potom vyhodnotili a vybrali softvérové nástroje pre zámery nášho výskumu. Následne sme pristúpili k samotnej tvorbe virtuálnych 3D modelov. Výsledkom riešenia týchto závažných technických otázok, vyplývajúcich zo stanovenej výskumnej úlohy, je kompaktný didaktický balíček obsahujúci nielen samotné virtuálne 3D modely ale aj prezentačný systém a softvér pre tvorbu 3D modelov. Tento kompaktný celok, ktorý vzišiel z hĺbkovej analýzy softvérových prostriedkov po stránke didaktickej, ekonomickej, technickej a užívateľskej považujeme za jeden z najdôležitejších prínosov dizertačnej práce. Samotný proces riešenia úlohy U₄ tak vygeneroval cieľ, ktorý nebol v pôvodnom zámere definovaný a vyplynul tak zo samotnej realizácie výskumu:

C3: *Analyzovať softvérové prostriedky pre tvorbu a prezentáciu 3D modelov vo výučbe s dôrazom na užívateľské, technické, ekonomické a didaktické aspekty. Na základe analýzy stanoviť vhodné softvérové prostriedky pre použitie v pedagogickej praxi. Použiť vybrané softvérové prostriedky na tvorbu didaktického balíčka pre náš pedagogický experiment a overiť ich v praxi.*

2. HYPOTÉZY VÝSKUMU

Pre splnenie prvého z hlavných cieľov výskumu (C1: Zistiť do akej miery ovplyvňuje použitie virtuálnych modelov vo výučbe rozvoj priestorovej predstavivosti žiakov.) sme sa rozhodli realizovať pedagogický experiment. Rozdelili sme vzorku respondentov do dvoch skupín: experimentálnej a kontrolnej. V kontrolnej skupine prebiehala výučba prostredníctvom skutočných modelov a v experimentálnej skupine s pomocou virtuálnych 3D modelov. Premennou nášho experimentu bolo použitie typu pomôcok vo výučbe, skutočných / virtuálnych 3D v jednotlivých skupinách. Pozorovaným znakom u oboch skupín bola dosiahnutá vedomostná úroveň respondentov v tematickom celku Grafická komunikácia.

Následne sme stanovili hlavnú hypotézu H1 nasledovne:

H1: Respondenti experimentálnej skupiny po absolvovaní výučby s využitím virtuálnych 3D modelov dosiahnu rovnakú vedomostnú úroveň vo výstupnom teste z tematického celku zameraného na priestorovú predstavivosť ako respondenti kontrolnej skupiny.

Systém merania a určovania vedomostnej úrovne experimentálnej a kontrolnej skupiny sme odvodili z Niemerkovej taxonómie vzdelávacích cieľov. Táto taxonómia rozdeľuje vzdelávacie ciele do štyroch podskupín. Preto sme aj my pre overenie hlavnej hypotézy H1 stanovili čiastkové (pracovné) hypotézy H1.1 až H1.4, ktoré reflektujú taxonomické úrovne z Niemerkovej taxonómie vzdelávacích cieľov.

H1.1: Zapamätanie informácií

Respondenti experimentálnej skupiny po absolvovaní výučby s využitím virtuálnych 3D modelov nedosiahnu horšiu vedomostnú úroveň ako respondenti kontrolnej skupiny v oblasti.

H1.2: Porozumenie informáciám

Respondenti experimentálnej skupiny po absolvovaní výučby s využitím virtuálnych 3D modelov nedosiahnu horšiu vedomostnú úroveň ako respondenti kontrolnej skupiny v oblasti.

H1.3: Aplikácia poznatkov v typických situáciách

Respondenti experimentálnej skupiny po absolvovaní výučby s využitím virtuálnych 3D modelov nedosiahnu horšiu vedomostnú úroveň ako respondenti kontrolnej skupiny v oblasti.

H1.4: Aplikácia poznatkov v problémových situáciách

Respondenti experimentálnej skupiny po absolvovaní výučby s využitím virtuálnych 3D modelov nedosiahnu horšiu vedomostnú úroveň ako respondenti kontrolnej skupiny v oblasti.

Pre potvrdenie alebo zamietnutie hypotézy H1 budeme analyzovať sumárne výsledky dosiahnutej vedomostnej úrovne respondentov vo výstupnom teste. Zároveň budeme každú zo stanovených čiastkových hypotéz budeme overovať aj samostatne, aby sme vedeli podrobne analyzovať vplyv jednotlivých výučbových metód na jednotlivé oblasti vzdelávacích cieľov.

Nevyhnutnou podmienkou pre dosiahnutie druhého z hlavných výskumných cieľov (C2: Overiť či prostredie počítačovej virtuálnej reality je v súčasnosti možné už vnímať u mladej generácii ako prirodzený prostriedok na získavanie informácií a podnetov v oblasti edukácie.) bolo použitie prezentačného systému virtuálnej reality, ktorého ovládanie bolo identické so systémami virtuálnej reality v počítačových hrách. Len takto sme mali možnosť pozorovať žiakov pri práci s virtuálnym prostredím, ktoré im bolo blízke a určiť, či pri ich kognitívnych procesoch toto prostredie vnímajú ako zžitú a užívateľsky nelimitujúcu súčasť svojho života. Pre dosiahnutie daného cieľa sme stanovili druhú hlavnú hypotézu:

H2: Štatisticky nevýznamné množstvo respondentov experimentálnej skupiny nedokáže samostatne intuitívne pracovať s prostredím virtuálnej reality bez predchádzajúcej inštrukcie.

3. SPRACOVANIE VÝSLEDKOV VÝSKUMU

Pre overenie hypotézy H1 bol vytvorený neštandardizovaný výstupný vedomostný test, ktorého znenie bolo rovnaké pre experimentálnu aj kontrolnú skupinu. Jediný rozdiel spočíval v materiálnom zabezpečení jednej z úloh (konkrétne Úloha č. 3 – Vytvoriť náčrty pravouhlého zobrazenia pre predkladaný model). Experimentálna skupina mala k dispozícii virtuálny 3D model a kontrolná skupina skutočný model. Tvarovo boli oba modely rovnaké. Test pozostával zo štyroch úloh zameraných na jednotlivé taxonomické vzdelávacie ciele Niemerckovej taxonómie, z ktorej boli odvodené aj štyri čiastkové (pracovné) hypotézy H1.1 – H1.4. Štatistický popis výsledkov výstupného testu bol z tohto dôvodu rozdelený na popis výsledkov pre jednotlivé úlohy ako aj pre celkový výsledok testu. V autoreferáte dizertačnej práce uvádzame len štatistické verifikácie hlavných hypotéz H1 a H2.

3.1 Štatistická verifikácia hypotézy H1

Hypotéza H1:

Respondenti experimentálnej skupiny po absolvovaní výučby s využitím virtuálnych 3D modelov dosiahnu rovnakú vedomostnú úroveň vo výstupnom teste z tematického celku zameraného na priestorovú predstavivosť ako respondenti kontrolnej skupiny.

Prvým krokom štatistickej verifikácie hypotézy H1 bolo testovanie rovnosti rozptylov našich dvoch štatistických súborov, ktoré boli zostavené na základe sumárnych výsledkov zo všetkých štyroch úloh výstupného vedomostného testu pre experimentálnu a kontrolnú skupinu. Pre štatistické overenie rovnosti rozptylov sme použili nástroje štatistickej analýzy v programe Excel – konkrétne „**Dvojvýberový F-test pre rozptyl**“. Po zadaní vstupných dát a zvolení si hladiny významnosti $\alpha = 0,05$ sme dostali nasledovný výsledok:

Dvojvýberový F-test pre rozptyl		
	Kontrolná skupina	Experimentálna skupina
Aritmetický priemer	22,936	24,4
Výberový rozptyl	19,91119355	14,45701754
Rozsah výberových súborov	125	115
Stupne voľnosti	124	114
F - testovacia štatistika	1,377268409	

P(F<=f)	0,041758637	
F kritická hodnota	1,355491619	

Výsledok sme dosadili do vzorca pre potvrdenie hypotézy H_{0D} na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ oproti jednostrannej alternatívnej hypotéze H_{1D} :

$$1,377268409 > 1,355491619 \quad (124,114)$$

Keďže hodnota testovacej štatistiky F je väčšia ako kritická hodnota Fisherovho-Snedecorovho rozdelenia na hladine významnosti $\alpha = 0,05$, tak zamietame nulovú (pracovnú) štatistickú hypotézu H_{0D} a prijímame alternatívnu hypotézu H_{1D} : $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ pre nerovnosť rozptylov:

Oba testované štatistické súbory (experimentálna skupina, kontrolná skupina) vykazujú na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ nerovnosť rozptylov $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$.

Druhým krokom štatistickej verifikácie hypotézy H_1 bolo testovanie rovnosti stredných hodnôt $\mu_1 = \mu_2$ našich dvoch štatistických súborov. Overenie tejto rovnosti by znamenalo, že rozdiely zaznamenané v sumárnych výsledkoch experimentálnej a kontrolnej skupiny výstupného z vedomostného testu sú štatisticky nevýznamné, čiže výsledky oboch skupín môžeme považovať za rovnaké. Zároveň by sa tak potvrdila hypotéza H_1 . Pre štatistické overenie rovnosti stredných hodnôt $\mu_1 = \mu_2$ sme si stanovili nulovú (pracovnú) hypotézu H_{0SH} .

H_{0SH} : Oba testované štatistické súbory (experimentálna skupina, kontrolná skupina) vykazujú rovnosť stredných hodnôt $\mu_1 = \mu_2$.

Pre naše výpočty sme opäť použili nástroje štatistickej analýzy v programe Excel – konkrétne „**Dvojvýberový t-test s nerovnosťou rozptylov**“. Po zadání vstupných dát a zvolení si hladiny významnosti $\alpha = 0,05$ sme dostali nasledovný výsledok:

Dvojvýberový t-test s nerovnosťou rozptylov		
	Kontrolná skupina	Experimentálna skupina
Aritmetický priemer	22,936	24,4
Výberový rozptyl	19,91119355	14,45701754
Rozsah výberových súborov	125	115
Hypotetický rozdiel stredných hodnôt	0	
Rozdiel	237	

t - testovacia štatistika	-2,742310053	
P(T<=t) (1)	0,003283288	
t kritická hodnota (1)	1,651308391	
P(T<=t) (2)	0,006566576	
t kritická hodnota (2)	1,97002401	

Výsledok sme dosadili do vzorca pre potvrdenie hypotézy H_{0SH} na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ oproti jednostrannej alternatívnej hypotéze H_{1SH} :

$$t' = |-2,742310053| = 2,742310053$$

$$2,742310053 > 1,97002401$$

Keďže hodnota testovacej štatistiky t je väčšia ako kritická hodnota rozdelenia na hladine významnosti $\alpha = 0,05$, tak zamietame nulovú (pracovnú) štatistickú hypotézu H_{0SH} pre rovnosť stredných hodnôt.

Oba testované štatistické súbory (experimentálna skupina, kontrolná skupina) vykazujú na hladine významnosti $\alpha = 0,05$ štatistický významne rozdiely stredných hodnôt $\mu_1 \neq \mu_2$.

Záver:

Na základe zamietnutia nulovej (pracovnej) hypotézy H_{0SH} zamietame hypotézu H_1 o dosiahnutí rovnakej vedomostnej úrovne experimentálnej a kontrolnej skupiny pre sumárne výsledky výstupného testu.

3.2 Štatistická verifikácia hypotézy H_2

Hypotéza H_2 :

Štatisticky nevýznamné množstvo respondentov experimentálnej skupiny nedokáže samostatne intuitívne pracovať s prostredím virtuálnej reality bez predchádzajúcej inštrukcie.

Na úvod verifikácie hypotézy H_2 sme potrebovali presne definovať hodnotu pre „štatisticky nevýznamné množstvo respondentov“. Pri stanovení danej hodnoty sme vychádzali z teórie štatistiky, konkrétne z definície hladiny významnosti (p-hodnota). Hladina významnosti získaného výsledku zo vzorky je pravdepodobnosť, že zistená závislosť, resp. rozdiel medzi premennými vo vzorke respondentov je náhodná, a že v celej populácii, z ktorej bola vzorka

vybraná, táto závislosť, resp. rozdiel neexistuje. Čím je vyššia hladina významnosti, tým menej sa teda dá zistená závislosť získaná na výskumnej vzorke respondentov očakávať na celej výskumnej vzorke. Napríklad hodnota $p = 0,05$ je 5% pravdepodobnosťou, že vzťah medzi premennými zistený na vzorke je náhodný. Inými slovami, p -hodnota je pravdepodobnosť chyby, zapríčinennej prijatím výsledku o závislosti získaného zo vzorky ako validného pre celú výskumnú vzorku. V niektorých výskumných úlohách sa používa prísnejšie kritérium, $p < 0,01$ (StatSoft, Inc. 1999). My sme si tiež vybrali toto prísnejšie kritérium. Z uvedeného vyplýva, že percentuálnu hranicu rozsahu od 0-1% respondentov z experimentálnej skupiny budeme považovať za štatisticky nevýznamnú.

K verifikácii hypotézy H2 slúžili pozorovacie hárky, ktoré vyplňali pedagógovia realizujúci pedagogický experiment v experimentálnych skupinách. Do pozorovacieho hárka mali zapísať, koľko žiakov nedokázalo samostatne pracovať s prostredím virtuálnej reality na počítači počas výučby bez predchádzajúcej inštrukcie. Učitelia mali zapísať počet žiakov aj popis problému, ktorý znemožnil žiakovi samostatnú prácu. Pre vzorku 115 respondentov experimentálnej skupiny sme v záznamoch našli len jediný záznam. Dotyčný žiak nedokázal pracovať samostatne s prostredím virtuálnej reality z toho dôvodu, že bol ľavákom a v školskej učebni si nevedel nastaviť myšku pre používanie v ľavej ruke. Tento hendikep mu znemožňoval naplno využiť jeho schopnosti a zručnosti v práci s virtuálnym 3D prostredím.

Percentuálne zastúpenie žiakov, ktorí mali problémy samostatne pracovať s prostredím virtuálnej reality sme vypočítali nasledovne:

$$p = \frac{\check{Z}}{C\check{Z}} \cdot 100 [\%] = \frac{1}{115} \cdot 100 [\%] = 0,87 [\%]$$

$\check{Z}$ – počet žiakov s problémami

$C\check{Z}$ – celkový počet žiakov v experimentálnej skupine

Vypočítali sme, že len 0,87 % žiakov z experimentálnej skupiny malo problémy samostatne pracovať s prostredím virtuálnej reality. Keďže hodnota 0,87 % je nižšia ako nami stanovená hranica štatistickej významnosti 1 %, tak potvrdzujeme platnosť hypotézy H2.

Záver:

Štatisticky nevýznamné množstvo respondentov experimentálnej skupiny nedokáže samostatne intuitívne pracovať s prostredím virtuálnej reality bez predchádzajúcej inštrukcie.

4. DISKUSIA VÝSLEDKOV DIZERTAČNEJ PRÁCE

Primárnym cieľom dizertačnej práce bolo zistiť, či použitie virtuálnych 3D modelov vo výučbe je rovnocenné s použitím skutočných predmetov z pohľadu rozvoja priestorovej predstavivosti žiakov. Na základe primárneho cieľa bola stanovená hlavná hypotéza H1.

Respondenti experimentálnej skupiny po absolvovaní výučby s využitím virtuálnych 3D modelov dosiahnu rovnakú vedomostnú úroveň vo výstupnom teste z tematického celku zameraného na priestorovú predstavivosť ako respondenti kontrolnej skupiny.

Hypotézu H1 sme overovali na základe porovnania celkových výsledkov výstupného testu oboch skupín z tematického celku „Pravouhlé zobrazovanie telies“, ktorý sme vybrali ako výučbovú tému nášho pedagogického experimentu. Vyhodnotenie celkových výsledkov testu nám ukázalo, že až 26 percent z celkového počtu zúčastnených respondentov nedosiahlo ani kritickú hranicu 60 percent osvojenia si učiva. Až štvrtina respondentov vykazuje nedostatočne rozvinutú priestorovú predstavivosť, čo môže mať veľmi negatívny dopad na vzdelávacie výsledky najmä v technických a prírodovedných predmetoch. Dokazuje to fakt, že katastrofálne zlé výsledky respondenti dosiahli najmä v kľúčovej oblasti aplikácie poznatkov v problémových situáciách, kde až 59 percent respondentov nedosiahlo základnú úroveň osvojenia si učiva. Žiaľ potvrdzujeme tým závery predchádzajúcich výskumov v oblasti zisťovania úrovne priestorovej/technickej predstavivosti žiakov (Gabajová, Molnár-Tláskal, Pavelová, Fajnorová). Výsledky nášho a všetkých týchto výskumov sa zhodujú v tom, že skúmaná úroveň priestorovej/technickej predstavivosti žiakov je nedostatočná a v porovnaní s výsledkami z minulosti (Molnár-Tláskal, Pavelová) sa neustále zhoršuje.

Ďalej sme zistili, že použitie virtuálnych modelov vo výučbe nemá negatívne vplyvy na rozvoj priestorovej predstavivosti žiakov v porovnaní s použitím skutočných modelov v žiadnej zo sledovaných oblastí podľa Niemerckovej taxonómie vzdelávacích cieľov (H1.1 – H1.4). Výsledky výskumu poukazujú na to, že respondenti experimentálnej skupiny vyučovanej prostredníctvom virtuálnych 3D modelov dosiahli dokonca lepšie výsledky

v oblasti zapamätania informácií a aplikácie poznatkov v problémových situáciách. V oblasti porozumenia informáciám a aplikácie poznatkov v typických situáciách dosiahli obe skupiny (experimentálna, kontrolná) rovnaké výsledky. Pri porovnaní sumárnych výsledkov dosiahla experimentálna skupina lepšie výsledky ako kontrolná skupina. Ani v jednom prípade experimentálna skupina pracujúca s použitím virtuálnych 3D modelov nemala horšie výsledky ako kontrolná skupina. Tento výsledok je prekvapivý, pretože sme skôr predpokladali, že absenciou niektorých zmyslov (najmä hmatu) v systéme virtuálnej reality sa zníži u žiakov aj prah vnímania priestoru a tvaru predmetov. Myslíme si, že lepšie výsledky experimentálnej skupiny mohli byť dosiahnuté aj vďaka silnému motivačnému vplyvu použitia systému virtuálnej reality vo výučbe. Použitie tohto systému v prezentačnej – výkladovej časti pedagogického experimentu bolo prirodzene sprevádzané zvýšeným záujmom žiakov o predkladané učivo, čo bolo potvrdené aj samotnými pedagógmi. Tento fakt mohol výrazne ovplyvniť výsledky celého výskumu. V každom prípade, je z hľadiska dosiahnutých vzdelávacích cieľov možné tvrdiť, že **systémy virtuálnej reality sú vhodné na použitie vo výučbe zameranej na rozvoj priestorovej predstavivosti a ich aplikáciou dosiahneme porovnateľné a lepšie výsledky ako so skutočnými modelmi**. Napriek tomu naďalej zastávame názor, že absencia hmatového vnemu negatívne vplýva na celkový proces rozvoja priestorovej predstavivosti. Na základe výsledkov nášho výskumu je ale možné tvrdiť, že hendikep absencie hmatu pri práci s virtuálnou realitou môže byť u žiakov vykompenzovaný silným motivačným aspektom pri použití daných systémov vo výučbe. Nadväzujeme tak na výsledky výskumu Beisetzer (2012), ktorý tvrdí, že virtuálne 3D prostredia profesionálnych CAD/CAM systémov majú veľký potenciál pozitívne vplývať na rozvoj priestorovej predstavivosti u študentov stredných a vysokých škôl, ktorí sa učia pracovať s týmito systémami. Na základe výsledkov výskumu tvrdíme, že **virtuálne 3D prostredie môžeme vnímať minimálne ako rovnocenné prostredie s reálnym svetom v oblasti rozvoja priestorovej predstavivosti aj u žiakov druhého stupňa základných škôl**.

Sekundárnym cieľom dizertačnej práce bolo overiť či žiaci dokážu používať a ovládať prostredie prezentačného systému virtuálnej reality bez akejkoľvek predchádzajúcej inštrukcie. Na základe sekundárneho cieľa bola stanovená hlavná hypotéza H2.

Štatisticky nevýznamné množstvo respondentov experimentálnej skupiny nedokáže samostatne intuitívne pracovať s prostredím virtuálnej reality bez predchádzajúcej inštrukcie.

Hypotézu H2 sme overovali na základe pozorovania respondentov experimentálnej skupiny počas realizácie nášho pedagogického experimentu. Respondenti boli konfrontovaní so situáciou, že mali pracovať so systémom virtuálnej reality bez akéhokoľvek predchádzajúcej inštrukcie. Sledovali sme ako sa z danou situáciou vysporiadajú.

Na základe výsledkov verifikácie a potvrdeniu hypotézy H2 konštatujeme, že systémy virtuálnej reality môžeme vnímať v súčasnosti už ako etablovaný prostriedok na získavanie informácií a vnemov v edukatívnej oblasti u súčasnej mladej generácie. Žiaden respondent experimentálnej skupiny nemal problémy s používaním systému virtuálnej reality aj bez úvodnej inštrukcie. Predpokladali sme, že najmä u žiakov zo sociálne slabšieho prostredia kde nevlastnia doma počítač môže nastať problém s nedostatočne vyvinutými zmyslami a zručnosťami pre prácu so systémami virtuálnej reality. Tento náš predpoklad sa ale nepotvrdil. Predpokladáme, že aj deti, ktoré nemajú v rodine dostatočné materiálne zabezpečenie si nájdu spôsob ako sa dostať k hraní počítačových hier. (škola, krúžky, kamaráti ...).

Výsledky nášho výskumu potvrdzujú, že napriek množstvu sociologických a zdravotných škodlivých elementov vyplývajúcich z hrania počítačových hier, používanie systémov virtuálnej reality má aj pozitívne účinky z hľadiska rozvoja priestorovej predstavivosti. Ďalej sme zistili, že virtuálny svet počítačových hier je dôležitou súčasťou života mladých ľudí bez rozdielu pohlavia alebo rodinného a ekonomického zázemia. Svet počítačovej virtuálnej reality formuje deti a vplýva na ich rozvoj v rôznych oblastiach osobnostného vývinu. Prináša množstvo negatívnych ale aj pozitívnych vplyvov. Aj pri najprísnejšom zohľadnení výsledkov nášho výskumu musíme potvrdiť minimálne jeho neškodnosť z hľadiska rozvoja priestorovej predstavivosti. Absencia hmatu, ako jedného z dôležitých zmyslov pre vnímanie priestoru a tvaru môže byť v prípade použitia virtuálnej reality nahradená motivačnými aspektami ako aj ľahko dostupnou širokou škálou virtuálnych prostredí a predmetov v porovnaní so skutočnosťou. Napríklad v počítačovej hre je bežné, že dieťa sa ocitne v priestoroch zaoceánskej či kozmickej lode, na virtuálnych kópiách skutočných miest a v budovách, ktoré ale v skutočnosti zrejme nikdy nenavštívi. Môže riadiť automobily, lietadlá, ponorky vidieť rôzne, bežne nedostupné predmety z reálneho i nereálneho sveta. Práve táto široká škála možností virtuálnej reality a jej obľúbenosť

u mladej generácie môže z pohľadu rozvoja priestorovej predstavivosti zatieniť hendikep absencie hmatu.

Dôležitým výstupom a výsledkom dizertačnej práce bolo vytvorenie virtuálnych 3D modelov pre potreby výučby, ktorému predchádzalo zostavenie softvérového balíčka pre ich tvorbu a prezentáciu. Výsledkom podrobnej analýzy dostupných softvérových nástrojov bol nakoniec výber vhodného nástroja pre tvorbu virtuálnych 3D modelov – Geomagic Design a výber prezentačného nástroja Adobe Acrobat Reader (ďalej AAR). Možnosti použitia softvéru AA Reader-u, ako prezentačného nástroja virtuálnej reality je unikátne a technicky elegantné riešenie. Množstvo užívateľov AA Reader-u ani možno netuší, že daný softvér, privátne používaný na prehliadanie pdf dokumentov, dokáže pracovať ako prezentačný nástroj virtuálnej reality. Samozrejme tvorcovia príslušných virtuálnych 3D modelov musia prekonvertovať svoje výtvory do príslušného kódu kompatibilného s AA Reader-om. Toto technické riešenie sa stalo aj základným pracovným frameworkom v rámci riešenia KEGA projektu číslo: 035UKF-4/2012 s názvom Program rozvoja priestorovej predstavivosti žiakov nižšieho sekundárneho vzdelávania, ktorý je realizovaný na Katedre techniky a informačných technológií, Pedagogickej fakulty, UKF v Nitre. Samotné virtuálne 3D modely, vytvorené pre potreby nášho výskumu ale aj v rámci riešenia predmetného projektu KEGA, je možné vnímať ako nové didaktické pomôcky, ktoré sa kedykoľvek dajú elegantne použiť vo výučbe. Navyše môžeme konštatovať, že realizovaním nášho výskumu sme dané didaktické pomôcky aj úspešne odskúšali v praxi. Rovnako tak môžeme konštatovať, že aj zostavený softvérový balíček na tvorbu a prezentáciu virtuálnych 3D modelov bol úspešne etablovaný do praxe.

4.1 Prínosy dizertačnej práce a odporúčania pre pedagogickú prax

Téma dizertačnej práce pozostávala z troch hlavných cieľov:

- C1: *Zistiť a porovnať do akej miery ovplyvňuje použitie virtuálnych a skutočných modelov vo výučbe rozvoj priestorovej predstavivosti žiakov.*
- C2: *Overiť či prostredie počítačovej virtuálnej reality je v súčasnosti možné už vnímať u mladej generácii ako prirodzený prostriedok na získavanie informácií a podnetov v oblasti edukácie.*
- C3: *Analyzovať softvérové prostriedky pre tvorbu a prezentáciu 3D modelov vo výučbe s dôrazom na užívateľské, technické, ekonomické a didaktické aspekty. Na základe*

analýzy stanoviť vhodné softvérové prostriedky pre použitie v pedagogickej praxi. Použiť vybrané softvérové prostriedky na tvorbu didaktického balíčka pre náš pedagogický experiment a overiť ich v praxi.

Pri napĺňaní stanovených cieľov sme dosiahli rôzne prínosy z hľadiska pedagogickej praxe.

Za najvýznamnejšie prínosy považujeme:

- ***Analýza a výber softvérového systému pre výrobu virtuálnych 3D modelov.***

Prínosom podrobnej analýzy bolo porovnanie a vyhodnotenie dostupných softvérových prostriedkov k tvorbe virtuálnych 3D modelov. Následný výber bol realizovaný po konzultáciách s odborníkmi v oblasti tvorby virtuálnych 3D modelov ako aj pedagógov, ktorí stanovili svoje kritéria pre výber. Nakoniec sme vybrali systém Geomagic Design, ktorý najlepšie spĺňa stanovené kritéria odbornej verejnosti a sami sme ho otestovali priamo v praxi vytvorením vlastných 3D modelov, ktoré sme následne aplikovali v našom pedagogickom experimente.

- ***Analýza a výber softvérového systému pre prezentáciu virtuálnych 3D modelov.***

Tak ako pri výbere softvéru pre tvorbu virtuálnych 3D modelov aj v tomto prípade výberu predchádzala podrobná analýza. Nakoniec sa nám podarilo navrhnuť elegantný prostriedok pre prezentáciu virtuálnych 3D modelov v podobe etablovaného prehliadača pdf dokumentov. Adobe Acrobat Reader je lacným a rozšíreným softvérovým prostredím pre prezentáciu aj virtuálnych 3D modelov, ktorý si môže bez problémov zabezpečiť akákoľvek škola. Toto prezentačné prostredie je úplne kompatibilné so systémami počítačových hier. Žiaci sú s daným typom systémov užívateľsky zžití. To znamená, že bez akejkoľvek inštrukcie s ním dokážu bez problémov pracovať, čo sme dokázali aj našim výskumom.

- ***Vypracovanie podrobnej užívateľskej príručky pre prezentačný softvér virtuálnych 3D modelov.***

Pre potreby našich výskumných aktivít bolo potrebné vyrobiť pre učiteľov zúčastnených v našom pedagogickom experimente podrobnú užívateľskú príručku pre používanie prezentačného softvéru. Táto príručka môže slúžiť ako vhodný študijný materiál pre učiteľov daného systému.

- ***Výroba virtuálnych 3D modelov a ich overenie v pedagogickej praxi***

Jedným z najvýznamnejších prínosov dizertačnej práce bolo vytvorenie virtuálnych 3D modelov, ktoré boli kópiami skutočných modelov. Následne sme tieto modely úspešne aplikovali v pedagogickej praxi.

- ***Určenie prínosov a negatív výučbových metód na rozvoj priestorovej predstavivosti s použitím virtuálnych 3D modelov.***

Primárnym cieľom dizertačnej práce bolo zistiť ako vplyvajú virtuálne modely na rozvoj priestorovej predstavivosti žiakov. Naše zistenia sú prísľubom pre používanie daných výučbových metód do budúcnosti. Zároveň môžu byť podkladom pre výskumníkov v danej oblasti v budúcnosti.

- ***Určenie užívateľskej spôsobilosti žiakov v systémoch virtuálnej reality.***

Sekundárnym cieľom dizertačnej práce bolo zistiť do akej miery súčasná mladá generácia dokáže pracovať so systémami virtuálnej reality bez predchádzajúcej inštrukcie, teda len na základe vlastných poznatkov a zručností získaných hraním počítačových hier. Naším výskumom sme zistili, že dané systémy môžeme pokladať za základné počítačové zručnosti, ktoré sú v súčasnosti už bežnou a prirodzenou mentálnou výbavou mladej generácie. Zároveň môžu byť podkladom pre výskumníkov v danej oblasti v budúcnosti.

- ***Zmeranie úrovne priestorovej predstavivosti žiakov.***

Realizovaným testovaním sme zistili a zmerali úroveň priestorovej predstavivosti žiakov druhého stupňa ZŠ. Tieto výsledky môžu byť prínosom pre analýzu a zhodnotenie celkového stavu súčasnej mladej generácie v danej oblasti.

Odporúčania pre pedagogickú prax:

- ***Posilnenie technického vzdelávania a prírodovedných predmetov***

Výsledky nášho testovania poukázali na veľmi nízku úroveň priestorovej predstavivosti žiakov. Odporúčame posilnenie časovej dotácie prírodovedných predmetov a technického vzdelávania na základných školách. Teda posilnenie takých predmetov a tematických celkov, ktoré podporujú rozvoj priestorovej predstavivosti.

- ***Aplikácia systémov virtuálnej reality do pedagogickej praxe***

Na základe výsledkov výskumu odporúčame školám aplikovať vo výučbe virtuálne systémy. Napriek absencii niektorých vnemov oproti skutočným modelom sme dokázali, že virtuálne modely sú z pedagogického hľadiska vhodnou alternatívou vo vzdelávaní. Ich ekonomický prínos je nepopierateľný a tak môžu byť systémy virtuálnej reality riešením pre naše finančne poddimenzované školstvo.

ZÁVER

Systémy virtuálnej reality sa stávajú neoddeliteľnou súčasťou života mladej generácie. Výskumy zamerané na skladbu voľnočasových aktivít detí dokazujú, že hranie počítačových hier má významný podiel na formovaní ich osobnosti. Preto by sme systémy virtuálnej reality mali začať vnímať ako dôležitý faktor rozvoja ľudskej osobnosti nie len z negatívnej ale aj pozitívnej stránky. Z pedagogického hľadiska by bolo vhodné venovať zvýšenú pozornosť na používanie týchto systémov vo výučbe. Systémy virtuálnej reality dnes dostupné najmä prostredníctvom počítačov a herných konzol, približujú užívateľovi virtuálny svet len na základe zvukových a obrazových podnetov. Absenciu hmatu sme považovali za ich výrazný hendikep, ktorý by mohol negatívne ovplyvniť rozvoj priestorovej predstavivosti žiakov až do takej miery, že ich použitie vo výučbe by bolo vnímané z tohto pohľadu ako škodlivé. Výsledky nášho výskumu však dokazujú, že výučba s použitím virtuálnych 3D modelov je minimálne rovnako efektívna ako výučba s použitím skutočných modelov. Otvára sa tak možnosť širokého použitia týchto systémov vo výučbovom procese. Zabezpečenie siete škôl virtuálnymi 3D modelmi je oveľa lacnejšia alternatíva v porovnaní so skutočnými modelmi. Náklady na vytvorenie tisíce kópií elektronických materiálov sa nedá porovnať s vytvorením tisícich kusov konkrétnych skutočných modelov a prístrojov. Zabezpečenie prezentačného nástroja pre virtuálne modely v podobe inštalovania bežne a voľne dostupného softvéru Adobe Acrobat Reader-u tiež nevyžaduje žiadne investície ani odborný technický personál. Dovoľujeme si tvrdiť, že výsledky našej práce by mohli byť základom a návodom na čiastkové riešenie problematiky dlhodobého finančného poddimenzovania nášho školstva. Nedostatok finančných prostriedkov na zabezpečenie didaktických pomôcok, by sme do určitej miery mohli kompenzovať používaním systémov virtuálnej reality vo vyučovacom procese. Najmä v prírodovedných a technických predmetoch je vybavenie laboratórií veľmi nákladnou položkou. Avšak absencia didaktických pomôcok pri výučbe týchto predmetov môže mať katastrofálne dôsledky.

Musíme prijať fakt, že nosným pilierom našej ekonomiky je a v najbližšej budúcnosti zrejme aj bude strojársky a automobilový priemysel. Ten vyžaduje pracovníkov zdatných v technických a prírodovedných odboroch. Tomu je potrebné prispôsobiť aj školstvo. Priam až katastroficky potom vyznievajú naše výsledky, ktoré hovoria o veľmi nízkej až nedostatočnej úrovni priestorovej predstavivosti u našich žiakov. Nepochopiteľne vyznieva fakt, že tento trend je dlhodobý, pravidelne dokazovaný rôznymi výskumami, no kompetentnými inštitúciami stále prehliadaný. Význam priestorovej predstavivosti na technickú prax je všeobecne známy. Dlhodobý trend znižovania výkonnosti našich detí v daných ukazovateľoch vnímame ako časovanú bombu, ktorá bude mať katastrofálne následky na ekonomiku štátu.

Výsledky nášho výskumu sú tak zaujímavé a podnetné nie len pre pedagogickú prax ale pre celú spoločnosť. V našom prípade nie len konštatujeme nízku úroveň priestorovej predstavivosti u našich detí ale definujeme odporúčania a pripájame aj nástroj na ich ekonomickú a technickú realizovateľnosť. Aktivitami nášho výskumu sme dokonca tento nástroj úspešne overili v praxi.

Na záver nám zostáva dúfať, že naše odporúčania a technické riešenia nezostanú nepovšimnuté kompetentnými úradmi a inštitúciami a výsledky nášho výskumu tak dostanú šancu byť prospešné pre celú spoločnosť.

SÚPIS PUBLIKAČNEJ ČINNOSTI

AFC Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách:

Kunová, Silvia – Bánesz, Gabriel. Analýza výskumov z oblasti rozvoja priestorovej predstavivosti žiakov = Analysis of studies of the development of spatial imagination of students / Silvia Kunová – Gabriel Bánesz 2013. In: EDUKACJA – TECHNIKA – INFORMATYKA : Rzeszów 2013, ISSN 2080-9069.

Kunová Silvia - Bánesz, Gabriel. Komparácia kurikulárnych dokumentov platných po roku 2008 z pohľadu rozvoja priestorovej predstavivosti = Comparison of curricular documents in force after 2008 in terms of the development of spatial imagination / Silvia Kunová – Gbriel Bánesz 2013. NOVÉ TECHNOLOGIE VE VÝUCE sborník z mezinárodní konference 7.11.2013. - Brno : Masarykova univerzita, 2013.

AFD Publikované príspevky na domácich vedeckých konferenciách

Kunová Silvia . Analýza štátneho vzdelávacieho programu pre potreby riešenia DP – Virtuálne 3D modely rozvíjajúce priestorovú predstavivosť žiakov ZŠ = Analysis of public education program for supplies Solutions DD (doctoral dissertation)- 3D virtual models emerging spatial imagination of elementary school pupils / Silvia Kunová, 2013. In: Vzájomná informovanosť - cesta k efektívnemu rozvoju vedecko-pedagogickej činnosti: Zborník z medzinárodnej konferencie doktorandov. - Nitra : PF UKF v Nitre, 2013. - ISBN 978-80-558-0467-5.

Kunová Silvia. Použitie Adobe Acrobat Readeru ako prezentačného softvéru virtuálnych 3D modelov pre základné školy = Using of Adobe Acrobat Reader as a presentation software of virtual 3D models for elementary school / Silvia Kunová, 2014. In: Vzájomná informovanosť - cesta k efektívnemu rozvoju vedecko-pedagogickej činnosti : Zborník z medzinárodnej konferencie doktorandov. - Nitra : PF UKF v Nitre, 2014. – ISBN 978-80-558-0722-5.

Kunová Silvia. Priebeh a priebežné výsledky pedagogického experimentu riešeného v rámci dizertačnej práce „Virtuálne 3D modely rozvíjajúce priestorovú predstavivosť žiakov ZŠ.“ = Interim results of the pedagogical experiment, which was solved as part dissertation: "Virtual 3D models which increase spatial imagination of students of primary schools." / Silvia Kunová, 2015. In: Vzájomná informovanosť - cesta k efektívnemu rozvoju vedecko-pedagogickej činnosti : Zborník z medzinárodnej konferencie doktorandov. - Nitra : PF UKF v Nitre, 2015. – ISBN 978-80-558-0913-7.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

BEISETZER, P. – VRŠKOVÝ, R. 2008. *Technická výchova v reflexii rozvoja priestorovej predstavivosti*. In: IV. InEduTech 2008. Prešov: FHPV PU, 2008. s.106-109. ISBN 978-80-8068-790-8.

FAJNOROVÁ, E. 2012. [online]: *Grafické zručnosti žiakov základných škôl v predmete Technika*. In: Sborník příspěvků z mezinárodní studentské odborné konference.

Západočeská univerzita Plzeň, 2012. s.21. ISBN 978-80-261-0132-1

http://www.zcu.cz/pracoviste/vyd/vyd_tiskopisy_dokumenty/Sbornik_OT2012_online.pdf
(02.04.2013)

- FLORKOVÁ, M. 2005. [online]: *Rozvoj priestorovej predstavivosti na hodinách geometrie v 1. ročníku ZŠ*. Smolenice, 2005. <http://pdfweb.truni.sk/zbornik/smolenice/smolikova.pdf>. (05.03.2013)
- GABAJOVÁ, M. 2010. *Rozvíjanie priestorovej predstavivosti*. In: Študentská vedecká konferencia FMFI UK. Bratislava: FMFI UK, 2010. s.370-377 ISBN 978-80-89186-68-6.
- JIROTKOVÁ, D. 1990. *Rozvoj priestorovej predstavivosti žiakov*. In: Komenský, č. 5, Praha 1990.
- KOŽUCHOVÁ, M. 1995. *Rozvoj technickej tvorivosti*. Bratislava: UK, 1995. 156 s. ISBN 80-223-0967-2.
- LIPNICKÁ, M. 2007. *Rozvoj grafomotoriky a podpora psaní*. Praha: Portál, 2007. 63 s. ISBN 978-80-7367-244-7.
- MACH, P. 2011. Technická tvořivost a environmentální výchova na ZŠ. In: *Technické vzdelanie ako súčasť všeobecného vzdelania*. Banská Bystrica: UMB, 2011. s. 261-265. ISBN 978-80-557-0265-0
- MARKECHOVÁ, D 2011. *Základy štatistiky pre pedagógov*. UKF v Nitre, 2011. 45s. ISBN 978-80-8094-899-3
- MOLNÁR, J. 2004. *Rozvíjení prostorové představivosti (nejen) v stereometrii*. Olomouc: UP, Katedra algebry a geometrie Přírodovědecké fakulty, 2004.
- MOLNÁR, J. – PERNÝ, J. – STOPENOVÁ, A. 2006. *Prostorová představivost a prostředky k jejímu rozvoji*. Praha, JČMF. 2006.
- PAVELOVÁ, E. 2003. [online]: *Priestorová predstavivosť a vyučovanie*. In: Zborník Letná škola z teórie vyučovania matematiky PYTAGORAS 2003. s.78-82. ISBN 80-968815-6-6
- StatSoft, Inc. Electronic Statistics Textbook. Tulsa, OK: StatSoft. [online]: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html> (1999)
- TIRPÁKOVÁ, A. – MARKECHOVÁ, D. – DANIEL, J. 1995. *Základy štatistiky a metodológie*. Nitra: PF UKF, 1995. ISBN 80-8050-226-9.
- TOMKOVÁ, V. 2009. Rozvíjanie technickej predstavivosti a technickej tvorivosti v technickom vzdelávaní. In: Zborník *Education and Technics*. Nitra: PF UK, 2009. s. 297 – 304. ISBN 978-80-8094-520-6.

TOMKOVÁ, V. 2012. [online]: *Význam priestorovej predstavivosti v technickom vzdelávaní*. Edukacja - Technika - Informatyka, issue: 1 / 2012 . CEEOL pdf, s.279-284. (20.4.2013)

UHERČÍKOVÁ, V. 1999. Rozvíjanie priestorovej predstavivosti prostredníctvom hier a hračiek. In: Zborník z odborného seminára: *Hra a hračka*. Bratislava, Iuventa 1999

VARGOVÁ, M. – VILMON, V. 2004. Informačné technológie v technickom vzdelávaní IN Technické vzdelávanie v informačnej spoločnosti. Nitra, 2004. ISBN 80-8050-745-7

VAVRINČÍKOVÁ, B. 2014. Rozvíjanie priestorovej predstavivosti pomocou modelovania telies. Bratislava MPC. 2014.