

Univerzita Karlova v Praze

Pedagogická fakulta

Didaktické aspekty využití  
prostorového zobrazování

Autoreferát disertační práce

Educational specifics of the spatial  
visualization

Doctoral thesis summary

Autor: Mgr. Miloš Prokýšek  
<milos.prokysek@pedf.cuni.cz>  
Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta  
Katedra informačních technologií a technické výchovy  
M. D. Rettigové 4, 116 39 Praha 1

Školitel: doc. PhDr. Vladimír Rambousek, CSc.

Studijní obor: Pedagogika

Specializace: Didaktika technické a informační výchovy

Název práce: Didaktické aspekty využití prostorového zobrazování

Oponenti: doc. PaedDr. Petr Adámek, Ph.D  
doc. PaedDr. Jiří Nikl, CSc.

Počet stran: 162 s.

Počet obrázků: 35

Počet tabulek: 17

Počet grafů: 8

Obhajoba se koná 11. června 2012 na Pedagogické Fakultě Univerzity Karlově v Praze.

Author: Mgr. Miloš Prokýšek  
<milos.prokysek@pedf.cuni.cz>  
Charles University in Prague, Faculty of Education  
Dept. of ICT and Technology Education  
M. D. Rettigové 4, 116 39 Prague 1, Czech Republic

Supervisor: assist. prof. PhDr. Vladimír Rambousek, CSc.

Field of study: Pedagogika

Specialization: Didaktika technické a informační výchovy

Thesis title: Didaktické aspekty využití prostorového zobrazování

Opponents: assist. prof. PaedDr. Petr Adámek, Ph.D  
assist. prof. PaedDr. Jiří Nikl, CSc.

No. of pages: 162 s.

No. of figures: 35

No. of tables: 17

No. of graphs: 8

The thesis defence takes place on 11 June 2012 at Charles University in Prague, Faculty of education.

## Zkrácený obsah disertační práce

1	Úvod .....	8
2	Vymezení výzkumného pole, cílů a úkolů práce .....	12
2.1	Výzkumný problém .....	13
2.2	Výzkumné otázky .....	15
2.3	Cíle a úkoly práce .....	15
2.4	Výzkumné metody .....	16
3	Didakticko-technická specifika prostorového zobrazování .....	18
3.1	Vymezení pojmů v oblasti prostorového zobrazování .....	18
3.2	Funkčně-technologické charakteristiky prostorového zobrazování .....	33
3.3	Prostředky prostorového zobrazování .....	37
3.4	Kognitivní aspekty prostorového zobrazení .....	71
3.5	Didaktická specifika prostorového zobrazování .....	87
4	Výzkumné šetření .....	105
4.1	Cíle a organizace šetření .....	105
4.2	Použité výzkumné metody a nástroje .....	106
4.3	Interpretace a diskuze výsledků experimentu .....	128
5	Závěr .....	131

## Předmět výzkumu

Předmětem zkoumání disertační práce „Didaktické aspekty využití prostorového zobrazování“ je fenomén prostorového zobrazování a jeho funkční specifika a možnosti z hlediska didaktiky, resp. didaktiky informační a technické výchovy. Práce přitom vychází z předpokladu, že prostorové zobrazení může obohatit systém didaktických prostředků a přispět v řadě případů ke zvýšení kvality a efektivity edukačních aktivit.

Výzkumným polem studie je rozsáhlá a doposud ne zcela zřetelně technologicky i terminologicky vymezená oblast prostorového zobrazování, a to v rovině obecné i ve specifické roli didaktického prostředku. Studie usilovala primárně o analýzu širokého spektra technologií, které jsou označovány obecným názvem prostorové zobrazování, vymezila samotný pojem prostorové zobrazování, formulovala společný teoretický rámec této oblasti a provedla její kategorizaci, zkoumala představitele jednotlivých oblastí z hlediska funkčního i z hlediska jejich specifického didaktického potenciálu a vymezila je vůči systému technický výukových prostředků.

Prostorové zobrazování se jeví z hlediska vnímání jako značně specifické a problémová oblast proto byla zkoumána i z hlediska fyziologie vnímání a z hlediska kognitivní psychologie. Pozornost byla věnována především otázkám vnímání prostoru, prostorové inteligenci (resp. jejích jednotlivých složek, včetně genderových aspektů) a dále pak vývoji specifických dovedností spojených s vnímáním a vnitřní reprezentací prostorových informací.

Práce vychází z obecného intuitivního předpokladu, že prostředky prostorového zobrazování vykazují značný didaktický potenciál a jejich začlenění do procesu výuky by mohlo v určitých případech zvýšit efektivitu vyučovacího procesu. Tento předpoklad je postaven na množství případů použití rozličných prostředků prostorového zobrazování, které byly popsány v odborném i populárním tisku. Tato sdělení však postrádají hlubší pohled na problematiku prostorového zobrazování v jeho komplexnosti. V první řadě se jedná o studie zaměřené na prostorovou představivost a její rozvoj či vztah prostorové představivosti k studijním výsledkům v některých disciplínách. Dále pak studie orientované na porovnání výsledků výuky za použití běžného a prostorového zobrazování a v neposlední řadě studie věnované virtuální realitě, virtuálním výukovým prostorům a dalším tématům. Většina těchto studií má podobu informačního sdělení nebo případové studie a nepřináší obecněji platné závěry.

## Výzkumný problém, cíle a úkoly práce

Hlavní výzkumný problém práce lze formulovat do otázky, zda má prostorové zobrazování charakter inovativního didaktického prostředku, jehož vlastnosti lze efektivně využívat ve školské praxi. Na základě tohoto obecného hlavního problému byly definovány dílčí problémy, jejichž řešení bylo nezbytné pro generování validní odpovědi na hlavní výzkumný problém. Lze vůbec vzhledem k rozvoji příslušných technologií a jejich funkcí považovat prostorové zobrazování za didakticky významný druh prezentace učiva? Pokud ano, má použití prostorového zobrazování vliv na způsob, jakými jsou zobrazované informace vnímány a přetvářeny ve vědomosti? V jakých typech didaktických situací, výukových obsahů či úloh je prostorové zobrazování didakticky zvláště výhodné?

Výše naznačené problémy byly transformovány do základních a dílčích výzkumných otázek:

1. Lze považovat prostorové zobrazení za druh didaktického prostředku?
2. Jaké jsou rozdíly mezi informačními a percepčními charakteristikami prostorového zobrazení a plošného zobrazení z hlediska dosahování výukových cílů?
3. V jakých základních charakteristikách se liší mentální modely vytvářené za použití plošného a prostorového zobrazení?
4. Jaké jsou obecné charakteristiky didaktických situací či úloh, v nichž lze preferovat prostorové zobrazování jako didaktický prostředek?
5. Jaké složky prostorové inteligence zvláště ovlivňují proces absorpce informací prezentovaných plošným a prostorovým zobrazením a vytváření mentálních modelů?
6. Jaká jsou obecná didaktická specifika prostorového zobrazení?

Hlavním cílem předkládané disertační práce je tedy rozpracovat problematiku prostorového zobrazování jako inovativního didaktického prostředku a přispět tím k rozvoji pedagogické vědy, zvláště pak v oblasti didaktiky technické a informační výchovy. Tento cíl byl dále v kontextu k dílčím problémům a otázkám redefinován do cílů dílčích:

1. Vymezit problémovou oblast prostorového zobrazování a její hlavní pojmové konstrukty.
2. Analyzovat stávající prostředky prostorového zobrazování z hlediska jejich principů a funkčních možností a navrhnout systém jejich klasifikace.
3. Identifikovat charakteristiky mentálních modelů vytvářených za použití prostorového zobrazování a plošného zobrazení.

4. Nalézt hlavní rozdíly v percepci plošného a prostorového zobrazení
5. Specifikovat obecné vlastnosti didaktických situací vhodných pro využití prostorového zobrazování.
6. Vymežit charakter vztahu mezi složkami prostorové inteligence a procesem absorpce informací prezentovaných plošným a prostorovým zobrazením při vytváření mentálních modelů a empiricky tento vztah verifikovat.
7. Elaborovat systém didaktických specifik prostorového zobrazování a metodických přístupů k jeho efektivní implementaci ve vzdělávání.

## **Výzkumné metody**

Pro dosažení stanovených cílů a splnění úkolů vytyčených v disertační práci byly použity metody teoretické a empirické. V první části práce se jedná o terminologickou analýzu pojmu prostorové zobrazování, založenou na studiu primárních i sekundárních pramenů a jejich interpretace. Dále pak o metody klasifikační a vztahové analýzy oblasti prostředků prostorového zobrazování a syntetické konstrukce popisného aparátu a klasifikačních systémů.

Pro stanovení didaktických a percepčních specifik prostorového zobrazování byly využity především metody induktivně-deduktivní, vycházející z analýzy primárních a sekundárních pramenů z oblasti kognitivní vědy a teorie technických výukových prostředků.

Tento teoretický výzkum se stal podkladem pro koncepci a realizaci výzkumného projektu, který si kladl za cíl empiricky verifikovat závěry teoretické části práce formou didaktického experimentu.

## **Shrnutí teoretické části**

Práce v první řadě vymezuje pojem prostorového zobrazování v kontextu etablovaných technických výukových prostředků a vymezuje didaktická specifika prostorového zobrazování obecně i didaktická specifika jednotlivých technologií prostorového zobrazování. Dále zabývá problematikou vnímání prostorového zobrazení a jeho vlivem na proces učení, přičemž je zvláštní důraz kladen na vztah prostorového zobrazování jako výukového prostředku a prostorové inteligence (resp. některých jejích složek) učícího se.

Práce se snaží ukázat specifickou pozici prostředků prostorového zobrazování v edukačním procesu, specifičnost percepce a kognice prostorově zobrazovaných dat a adekvátnost aplikace prostorového zobrazování v konkrétních didaktických situacích.

Z technologického hlediska jsou prostředky prostorového zobrazování děleny podle čtyř dominantních technologických bází, a to na technologie paralaktické, technologie pracující s přímým zobrazením v prostoru, light field systémy (technologie reprodukcující světelné pole) a technologie holografické.

Klasifikace prostředků prostorového zobrazování z hlediska percepce jimi produkovaného zobrazení se děje pomocí trojice percepčních os. První osou je osa zachycující počet diváků, kteří mohou sledovat dané zobrazení. V práci jsou vymezeny dva typy zobrazení, a to zobrazení monoskopické a polyskopické. Druhá osa reflektuje schopnost zobrazení přizpůsobovat se změně fyzické polohy diváka vůči zobrazení navozením pohybové paralaxy. Technologie jsou děleny na technologie podporující aktivní, nebo pouze pasivní paralaxu. Forma zobrazení tvoří třetí percepční osu a zachycuje subjektivně vnímanou podobu zobrazení. Forma zobrazení může být konvexní, plošná nebo konkávní.

Práce dále přináší pohled na aspekty prostorového zobrazování ve vztahu k prostorové inteligenci, percepci a kognici prostorových vizuálních informací (kapitola 3.4). Z konceptů kognitivní psychologie a kognitivní vědy související s tématem práce je to především teorie mentálního modelu a teorie kognitivní zátěže. Z hlediska prostorové inteligence (kapitola 3.4.1) je pro práci stěžejní fakt významné korelace mezi úrovní schopnosti mentálních rotací a studijní úspěšností v technických oborech. Jako významný je identifikován i fakt genderové nerovnosti v úrovni prostorové inteligence a zvyšování této disbalance v průběhu dospívání. Práce se rovněž zabývá mentální reprezentací vnímaných informací a poukazuje na odlišnosti těchto reprezentací v podobě mentálních modelů vznikajících na základě sledování plošných a prostorových zobrazení (kapitola 3.4.2). Dále je diskutován vztah použité formy prezentace informací (tedy prezentace pomocí plošného či prostorového zobrazení) s procesem učení, založený na konceptu pracovní paměti a kognitivní zátěže (kapitola 3.4.3).

V další části je práce orientována na didaktická specifika prostorového zobrazování (kapitola 3.5). Stanovování didaktických specifík prostorového zobrazování vychází ze vztahu ke stávajícím technickým výukovým prostředkům, především pak klasickému (tedy

plošnému) promítanému zobrazení. Práce akcentuje jako hlavní didaktické specifikum prostorového zobrazování fakt, že oproti plošnému zobrazování umožňuje zobrazovat určitý typ informací (především prostorové uspořádání zobrazovaného modelu) přímo, bez nutnosti jejich úprav. Věrnější simulací reality a realizací zásady názornosti se prostorové zobrazení v určitých situacích stává didakticky efektivnějším způsobem komunikace než plošné zobrazení. V kapitole 3.5 je prostorové zobrazování dáváno rovněž do úzké souvislosti s virtuální realitou, imerzí diváka do virtuálního světa a působením na emoční stránku učícího se.

Didaktická specifika jsou rovněž dána do souvislosti s třemi definovanými percepčními osami. Monoskopické nebo polyskopické zobrazení (kapitola 3.5.1) má vliv především na organizační formu výuky. Polyskopické zobrazení je vhodnější pro frontální výuku, přičemž je omezena možnost obsahové a časové diferenciací vyučování. Monoskopické technologie umožňují obvykle větší personalizaci zobrazení a individualizaci výuky, ale omezují přímou interakci mezi účastníky vyučování.

Schopnost zobrazení navozovat aktivní paralaxu (kapitola 3.5.2) se podílí na přiblížení zobrazení přirozené zkušenosti s vnímáním prostoru, což umožňuje zvýšit efektivitu didaktické komunikace. Aktivní paralaxa nabízí větší možnosti aktivní a přirozené explorační zobrazení divákem.

Poslední percepční osa - forma zobrazení - určuje, v souvislosti s mírou obsazení percepčního pole diváka, významným způsobem vhodný didaktický obsah pro prezentaci danou skupinou zařízení (kapitola 3.5.3). Konkávní zobrazení (obklopující diváka) jsou vhodná pro komplexní modely simulující prostředí, ve kterých se divák nachází. Konvexní zobrazení jsou vhodná pro modely, které je třeba zkoumat v jejich celistvosti, z vnějšku. Plošná zobrazení jsou na pomezí mezi konkávními a konvexními a volba zobrazovaného obsahu je u nich méně determinována.

Stanovení didaktických specifík prostorového zobrazování je zakončeno vytýčením specifík plynoucích ze zobrazovaného obsahu (modelu). V práci je určeno celkem pět didakticky významných vlastností zobrazovaných modelů: komplexita, abstrakce, dynamičnost, barevnost a imerze.

Práce vymezuje didaktická specifika prostorového zobrazování od nejobecnější úrovně, společné všem prostředkům prostorového zobrazování, přes specifika jednotlivých percepčních kategorií až po specifika daná konkrétními technickými prostředky. Přestože možnosti nasazení prostorového zobrazování ve vyučování jsou velmi široké a lze je šířkou záběru přirovnat k možnostem tradiční plošné projekce, je diskutován rovněž vztah prezentovaného obsahu (modelu) a vhodné prezentační technologie.

## **Shrnutí empirické části**

Empirická část práce je reprezentována výzkumným projektem v podobě pedagogického experimentu. Projekt byl koncipován s primárním cílem verifikovat vztahy mezi prostorovou inteligencí (resp. jejími složkami), prostorovým zobrazováním v roli didaktického prostředku a studijními výsledky žáků. Tyto vztahy byly předmětem zájmu i v teoretické části práce a vyústily v závěr, že aplikace prostorového zobrazování ve výuce je vhodným prostředkem komunikace výukového obsahu především u žáků s nízkou úrovní schopnosti mentální rotace.

Výzkumný projekt je tvořen třemi částmi. V první fázi (Přípravná fáze, kapitola 4.2.1), bylo zkoumáno složení sledované skupiny žáků. Subjekty byly zkoumány z hlediska úrovně schopnosti mentálních rotací za použití standardizovaného testu MRT, úrovně schopnosti prostorové představivosti pomocí testu SBST (Santa Barbara Solids Test) a dále byly zkoumány studijní výsledky sledovaných žáků v matematice za poslední dva roky školní docházky.

Při vyhodnocení výsledků přípravné fáze byla zjištěna v souladu s předpoklady teoretické části práce statisticky významná korelace mezi výsledky MRT testu a studijními výsledky žáků. Ve výsledcích testů MRT s SBST, ani studijních výsledcích žáků nebyly zjištěny statisticky významné genderové rozdíly.

Žáci sledované třídy byli rozděleni pro potřeby experimentu na dvě rovnocenné skupiny metodou párových výběrů na základě výsledků v testu MRT. Obě skupiny byly vyrovnané i po stránce výsledků testu SBST, studijních výsledků a v poměru dívek a chlapců.

Druhá fáze byla tvořena samotným experimentálním zásahem (kapitola 4.2.2). V experimentální skupině byly využívány pomůcky určené pro prostorové zobrazování

ve formě anaglyfu. Byla použita statická zobrazení, dynamická zobrazení (videosekvence) a interaktivní software (primárně vyvinutý pro didaktické účely). V kontrolní skupině bylo prostorové zobrazování nahrazeno ekvivalentním zobrazením pomocí perspektivní či izometrické projekce na plochu.

Průběh všech výukových hodin v experimentální i kontrolní skupině byl zaznamenáván ve formě digitálního videozáznamu a formou incidenčních archů. V průběhu experimentu bylo prostorové zobrazování v experimentální skupině využíváno v průměru 17 minut každou vyučovací jednotku (což představuje 38% času).

Výsledky experimentálního zásahu byly ověřovány ve třetí fázi experimentu (kapitola 4.2.3) trojicí didaktických testů s rozdílným zacílením. První test byl sestaven z běžných sbírkových a učebnicových úloh. Druhý test byl sestaven z úloh vyžadující především prostorovou inteligenci (T2). Třetí test je na škole, kde byl prováděn experimentální zásah, používán již několik let a je rovněž sestaven ze sbírkových úloh (T3).

Při hodnocení výsledků experimentálního zásahu byli hodnocení žáci rozděleni do dvou podvýběrů. Podvýběr LOMRT představovali žáci s relativně nižším výkonem v testu MRT vůči celé testované skupině. Podvýběr HIMRT tvořili žáci s vyšším než průměrným skóre v testu MRT. Toto dělení bylo provedeno především na základě závěrů teoretické části, které naznačovaly pozitivní efekt aplikace prostorového zobrazování u žáků s nízkou prostorovou inteligencí v důsledku snížení některých složek kognitivní zátěže.

Závěry statistického vyhodnocení experimentálního zásahu ukazují, že žáci experimentální skupiny z podvýběru LOMRT dosáhli v testech složených z běžných sbírkových příkladů (T1 a T3) statisticky významně lepších výsledků než žáci kontrolní skupiny téhož podvýběru (měřeno Mann-Whitneyho U-Testem, hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ ).

V testu T2 zaměřeném na prostorovou inteligenci nebylo dosaženo statisticky významného rozdílu mezi kontrolní a experimentální skupinou a to v žádném z podvýběrů. Tento výsledek byl v případě testu založeného na úlohách orientovaných na prostorovou inteligenci očekáván. Vyrovnanost skupin v testu T2 lze zdůvodnit vyrovnáním úrovní prostorové inteligence subjektů v daných skupinách a podvýběrech.

U žáků z podvýběru HIMRT nebyl u žádného z testů zjištěn statisticky významný rozdíl mezi kontrolní a experimentální skupinou na hladině významnosti ( $\alpha = 0,05$ ).

Vzhledem ke zjištěným skutečnostem lze konstatovat, že žáci s nízkou úrovní schopnosti mentálních rotací profitují z prostorového zobrazování více než žáci, kteří mají tuto schopnost více rozvinutou. Prostorové zobrazení snižuje u žáků s nízkou úrovní schopnosti mentálních rotací míru kognitivní zátěže a napomáhá vytvoření příslušného mentálního modelu. Schopnost mentálních rotací je významnou složkou prostorové inteligence, která má přímý vztah k efektivitě aplikace plošného zobrazování v procesu učení. Při aplikaci zobrazování prostorového je význam schopnosti mentálních rotací snížen, takže žákům s vysokou úrovní schopnosti mentálních rotací může postačovat k vytvoření adekvátního mentálního modelu plošné zobrazování.

## **Závěr**

V návaznosti na výsledky provedených analýz, empirických šetření a interpretací byly formulovány níže uvedené odpovědi na výzkumné otázky položené v úvodu práce.

Otázce, zda lze považovat prostorové zobrazování za druh didaktického prostředku, byla v rámci práce věnována pozornost především v kapitole 3. Didakticko-technická specifika prostorového zobrazování. Prostorové zobrazování bylo v předkládané práci vymezeno jako samostatný a zřetelně definovaný didaktický prostředek, který má potenciál širokého uplatnění v edukaci. Kromě vlastní definice prostorového zobrazování a jeho prostředků (kapitola 3.1.4 Prostředek prostorového zobrazování) bylo prostorové zobrazování vymezeno z hlediska funkčně-technologického (kapitola 3.2 Funkčně-technologické charakteristiky prostorového zobrazování). Na tomto základě byla provedena kategorizace existujících technologií umožňující prostorové zobrazování v kapitole 3.3 Prostředky prostorového zobrazování.

Obsah výše uvedených kapitol lze shrnout do konstatování, že prostorové zobrazování lze považovat za specifický didaktický prostředek, jehož hlavní specifikum je spojeno především s možností pracovat oproti plošnému zobrazení s další dimenzí a umožňuje tak přímo poskytnout informace, které musí být pro plošnou prezentaci jistým způsobem upraveny. Prostředky prostorového zobrazování je pak možné považovat primárně za technické

výukové prostředky, ve smyslu funkčního spojení příslušného technického zařízení a zobrazovaného modelu (předlohy).

Z hlediska dosahování výukových cílů lze identifikovat jisté informační a percepční charakteristiky prostorového zobrazení, které ho odlišují od zobrazení plošného. Této problematice je věnována především kapitola 3.4 Kognitivní aspekty prostorového zobrazení. Jako klíčový se v otázce specifik vnímání prostorového zobrazení z hlediska edukace jeví koncept kognitivní zátěže. Je možno vyjít z předpokladu, že při absorpci vizuálních informací je během procesu učení množství absorbovaných informací pozitivně ovlivněno snížením celkové kognitivní zátěže učícího se. Míra této kognitivní zátěže je závislá na individuálních vlastnostech žáka.

Mentální modely vytvářené na základě sledování prostorového zobrazení vykazují jisté rozdíly oproti mentálním modelům vytvořeným při sledování zobrazení plošného. Tyto rozdíly jsou způsobeny jednak snížením celkové kognitivní zátěže při sledování zobrazení, a tedy uvolnění kognitivní kapacity pro hlubší porozumění zobrazovanému modelu, a jednak možností přímého vnímání prostorového uspořádání zobrazovaného modelu. Mentální model vytvořený na základě prostorového zobrazení si zachovává přesněji prostorové uspořádání vzhledem k zobrazovanému modelu a je komplexnější. Správný mentální model vede pravděpodobněji ke správným deduktivním závěrům a jeho kvalita je proto zásadní pro další zpracování poznatků učícím se.

Ve vztahu k otázce jaké jsou obecné charakteristiky didaktických situací či úloh, v nichž lze preferovat prostorové zobrazování jako didaktický prostředek, je možné konstatovat, že prostorové zobrazování lze uplatnit v mnoha didaktických situacích, především však tam, kde je účelné komunikovat prostorové uspořádání zobrazovaného obsahu, případně je vhodné akcentovat pocit vnoření do zobrazovaného modelu. Přesnější volba vhodného prostředku prostorového zobrazování je pak závislá především na konkrétním obsahu učiva a percepčních charakteristikách daného prostředku. Obdobně lze konstatovat, že pro prezentaci učiva daným dostupným prostředkem prostorového zobrazování je třeba volit zobrazovaný obsah a jeho formu na základě percepčních vlastností dané technologie.

K největšímu ovlivnění percepce zobrazení z pohledu prostorové inteligence dochází v případě sledování plošného zobrazení prostorového modelu. Dominantní složkou

prostorové inteligence, která ovlivňuje vnímání diváka je zde schopnost mentálních rotací. U žáků s nižší úrovní schopnosti mentálních rotací dochází při sledování plošného zobrazení k vyšší kognitivní zátěži, která negativně ovlivňuje proces vytváření mentálního modelu a absorpci předkládaných skutečností. Při sledování prostorového zobrazení dochází ke snížení této zátěže a uvolnění mentálních kapacit, což vede k lepší absorpci učiva.

Didaktické specifikum prostorového zobrazení spočívá především ve schopnosti přímo poskytnout informace, které musí být pro plošnou prezentaci jistým způsobem upraveny. Prostorové zobrazování má vyšší informační potenciál pro vizuální komunikaci v porovnání se zobrazením plošným.

Disertační práce byla vzhledem k absenci studií uceleně se zabývajících prostorovým zobrazováním a jeho využitím ve vzdělávání pokusem o extenzivně pojatou analýzu fenoménu prostorového zobrazování zasahující do pedagogiky, didaktiky, psychologie i informační technologie. Při snaze o tento celostní přístup ke zkoumané problematice je jistě nezbytné závěry práce konfrontovat s dalšími výzkumy, a to především z oblasti pedagogiky a psychologie. Práce se vzhledem ke svému širokému záběru nemohla všem oblastem věnovat se stejnou hloubkou a je tak ve své podstatě pouze prvním krokem k dalšímu rozpracování problematiky prostorového zobrazování z pohledu dílčích odborných oblastí. Jako velmi zajímavou budoucí oblastí výzkumu se jeví být například otázka nahrazení plošného zobrazování prostorovým a dlouhodobý dopad této změny na prostorovou inteligenci žáků a dále pak otázky spojené s nasazením prostorového zobrazování v systémech rozšířené reality nebo virtuálních vzdělávacích prostorech. Potřebným se jeví též pokračovat v ověřování vztahů mezi prostorovou inteligencí a efektivitou využití prostorového zobrazování ve vzdělávání ve smyslu v práci realizovaného empirického šetření s cílem zobecnění výše deklarovaných závěrů na větším počtu subjektů.

## Výběr z použité literatury a pramenů

- [1] DONOHUE, Susan K. *Spatial Abilities Research Overview* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2010 [cit. 2011-09-11]. Dostupné z WWW: <[http://www.tcnj.edu/~sdonohue/spatial\\_ability\\_overview.pdf](http://www.tcnj.edu/~sdonohue/spatial_ability_overview.pdf)>.
- [2] GÓRSKA, Renata A. Spatial Imagination an Overview of the Longitudinal Research at Cracow University of Technology. *Journal for Geometry and Graphics*. 2005, 9, s. 201-208. Dostupný také z WWW: <<http://www.heldermann-verlag.de/jgg/jgg09/j9h2gors.pdf>>. ISSN 1433-8157.
- [3] CHRÁSKA, Miroslav. *Metody pedagogického výzkumu : Základy kvantitativního výzkumu*. 1. Praha : Grada Publishing, a. s., 2007. 272 s. ISBN 978-80-247-1369-4.
- [4] JOHNSON-LAIRD, Philip N. *Mental models : Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. 6th. Cambridge : Harvard University Press, 1983. 513 s. ISBN 0674568826.
- [5] JONES, Andrew, et al. Rendering for an Interactive 360° Light Field Display. In *Proceedings SIGGRAPH 2007*. New York : ACM, 2007. s. 10.
- [6] KAUFMAN, Scott Barry. Sex differences in mental rotation and spatial visualization ability : Can they be accounted for by differences in working memory capacity?. *Intelligence*. 2007, 35, 3, s. 211-223
- [7] KOUBA, Luděk. *Technické systémy ve výuce II..* 1. vyd. Praha : Karolinum, 1995. 104 s. ISBN 80-7066-898-9.
- [8] LANGMEIER, Josef; KREJČÍŘOVÁ, Dana. *Vývojová psychologie*. 3. vyd. Praha : Grada publishing, spol. s r. o., 1998. 343 s. ISBN 80-7169-195-X.
- [9] LINDQUIST, Everett Franklin. *Statistická analýza v pedagogickém výzkumu..* Praha : SPN, 1967. 264 s.
- [10] MATUŠKA, Jiří. Pedagogicko psychologické aspekty využití MDP ve výchovně vzdělávacím procesu. In LUDĚK, Kouba. *Didaktická a výpočetní technika I..* Praha : Univerzita Karlova, 1998. s. 22-46.
- [11] NAKONEČNÝ, Milan. *Psychologie osobnosti*. Vyd. 2. Praha : Academia, 1997. 336 s. ISBN 80-200-0628-1.
- [12] NĚMEČEK, Miroslav, et al. *Stručný slovník didaktické techniky a učebních pomůcek*. Praha : [s.n.], 1985. 134 s.
- [13] NIKL, Jiří. *Technické výukové prostředky*. Hradec Králové : KFy PF UHK, 2002. 61 s. ISBN 80-7083-635-0.

- [14] PAIVIO, Allan. Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*. 1969, Vol. 76, No. 3, s. 241-263.
- [15] PALOUŠ, Radim. *Didaktika technických výukových zařízení*. Praha : KPÚ, 1969. s.
- [16] PELIKÁN, Jiří. *Základy empirického výzkumu pedagogických jevů*. Praha : Karolinum, 1998. 270 s. ISBN 80-7184-569-8.
- [17] PRŮCHA, Jan. *Moderní pedagogika : věda o edukačních procesech*. 1. vydání. Praha : Portál, 1997. 496 s. ISBN 80-7178-170-3.
- [18] RÁDL, Zdeněk. *Výskum a vývoj materiálnych didaktických prostriedkov pre základné a stredné školy : Zborník (4.diel)*. Vyd. 1. Bratislava : SPN, 1984. 104 s.
- [19] RAMBOUSEK, Vladimír, et al. *Technické výukové prostředky*. 1. vyd. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1989. 302 s.
- [20] ROUSSOU, Marria. Immersive Interactive Virtual Reality in the Museum. *Proc.of TiLE (Trends in Leisure Entertainment* [online]. 2001, [cit. 2011-09-11]. Dostupný z WWW: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=6A740F789EEB419492FB43A9E7247D9D?doi=10.1.1.8.6469&rep=rep1&type=pdf>>.
- [21] ŘÍHA, Daniel. 3-D multi-uživatelské rozhraní a podpora kolaborativního učení. In *Konference BELCOM 2003*. Praha : [s.n.], 2003. s. 7
- [22] SEDLÁKOVÁ, Miluše. *Vybrané kapitoly z kognitivní psychologie : Mentální reprezentace a mentální modely*. 1. vydání. Praha : Grada Publishing, 2004. 252 s. ISBN 80-247-0375-0.
- [23] SEKULER, Robert; BLAKE, Randolph. *Perception*. 2nd edition. [s.l.] : McGraw Hill Inc., 1990. 519 s.
- [24] SHEPARD, Roger N.; METZLER, Jacqueline. Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Science*. 1971, Vol. 171, No. 3972, s. 701-703. ISSN 0036-8075.
- [25] SKALKOVÁ, Jarmila, et al. *Úvod do metodologie a metod pedagogického výzkumu*. 1. Praha : SPN, 1983. 208 s.
- [26] SORBY, Sheryl A. Developing 3D spatial skills for engineering students. *Australasian Journal of Engineering Education* [online]. 2007, Vol. 13, No. 1, [cit. 2011-09-23]. ISSN 1324-5821.
- [27] STERNBERG, Robert J. *Kognitivní psychologie : Cognitive psychology*. Z angl. orig. přel. František Koukolík. Praha : Portál, 2002. 632 s. ISBN 80-7178-376-5.
- [28] THAGARD, Paul. *Úvod do kognitivní vědy : mysl a myšlení*. 1. vyd. Praha : Portál, 2001. 232 s. ISBN 80-7178-445-1.
- [29] TŮMA, Jan, et al. *Moderní technické prostředky ve výuce*. Praha : SPN, 1974. 459 s.

## Publikační činnost doktoranda

### Příspěvky v recenzovaných sbornících z odborných konferencí

PROKÝŠEK, M., REMEŠ, R., VANĚČEK, P.: Interactive stereoscopic projection in geometry, pp. 171-174, University of South Bohemia, Department of Mathematics Report Series, Volume 13, 2005, ISSN: 1214-4681

PROKÝŠEK, M. Didaktické aspekty prostorového zobrazování ve výuce, Univ. South. Bohemia. University of South Bohemia, Department of Mathematics Report Series. 13, 2006, str. 217-220, ISSN 1214 – 4681.

PROKÝŠEK, M., Prostorové zobrazování a učení, Konference doktorandů 2007 (sborník), Praha, 2007, ISBN 80-903665-9-7

PROKÝŠEK, M. Prostředky prostorového zobrazování ve vzdělávání, Moderní technologie ve výuce, PedF MU Brno, 2007

PROKÝŠEK, M. Softwarové řešení prostorového zobrazování ve výuce matematiky, Prostriedky edukácie v škole 21. storočia, Banská Bystrica, 2007, Pedagogická fakulta UMB

PROKÝŠEK, M. 3D softwarové modely jako podpora výuky informačně technologických předmětů, Technické vzdelávanie ako súčasť všeobecného vzdelávania, Pedagogická fakulta UMB, 2008

PROKÝŠEK, M. Prostorové zobrazování – technologie. In *Nové technologie ve výuce, 3. Ročník: Sborník abstraktů a elektronických verzí příspěvků*. Ing. Jiří Hrbáček, Ph.D.. Brno : MSD, spol. s r. o., 2009. s. 4. ISBN 978-80-210-5092-1.

PROKÝŠEK, M. Pravé a nepravé prostorové zobrazování a jeho prostředky. In: *Nové technologie ve výuce 2011*. Brno: Muni Press, 2011, s. 3.

PROKÝŠEK, M. Percepční charakteristiky prostředků prostorového zobrazování z pohledu didaktiky. In: • *Technické vzdelávanie ako súčasť všeobecného vzdelávania*. Banská Bystrica: Katedra techniky a technológií, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, 2011, s. 206-2010. ISBN 970-80-557-0265-0.

### Příspěvky přijaté k publikaci

PROKÝŠEK, M., RAMBOUSEK, V. Efficiency of the application of spatial visualization in instruction in relation to spatial intelligence. In: *Efficiency and Responsibility in Education 2012*. Prague, 2012, s. 6.

PROKÝŠEK, M., RAMBOUSEK, V., WILDOVÁ, R.. Research into spatial intelligence and the efficiency of the application of spatial visualization in instruction. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2012, č. , s. 6. ISSN 1877-0428.