

Vliv formy 3D zobrazení geografické informace na její kognitivní zpracování

Vojtěch Juřík, Čeněk Šašinka., Kateřina Špriňarová

Centrum experimentální psychologie a kognitivních věd, Psychologický ústav FF MU, Arna Nováka 1, Brno
372092@mail.muni.cz, 44276@mail.muni.cz, 386175@mail.muni.cz

Lukáš Herman., Zbyněk Štěrba, Zdeněk Stachoň

Laboratoř geoinformatiky a kartografie, Geografický ústav PřF MU, Kotlářská 2, Brno
herman.lu@mail.muni.cz, 14463@mail.muni.cz, zbynek.ste@gmail.com

Jiří Chmelík, Barbora Kozlíková

Human-Computer Interaction Laboratory, Katedra počítačové grafiky a designu FI MU, Botanická 68a, Brno
jchmelik@mail.muni.cz, 60850@mail.muni.cz

Abstrakt

V článku představujeme problematiku reálného (stereoskopického) a pseudo 3D zobrazení geografických dat a dále shrnujeme a nově interpretujeme výsledky našeho výzkumu 3D zobrazení. Dosažené výsledky ukazují, že rozdílný princip vyvolání 3D vjemu vede k odlišnému kognitivnímu zpracování informací exponovaných v daném zobrazení. Při řešení experimentálních úloh vedlo reálné 3D zobrazení ve větší míře participanty k uvedení rychlejší, ale nesprávné odpovědi. Při řešení úloh jsme u reálného 3D zobrazení pozorovali větší ponoření participantů do interakce a zaměřenost na detaily ve scéně, pseudo 3D zobrazení naopak vedlo participanty k odstupu při řešení úkolu a vytvoření si nadhledu na situaci. Reálné a pseudo 3D zobrazení stejné geografické informace se tedy jeví jako komputačně neekvivalentní. Domníváme se, že reálné 3D zobrazení vede operátora spíše k rychlému, intuitivnímu zpracování informací prezentovaných v exponované scéně a pseudo 3D zobrazení vede k hlubší analýze kontextu situace. Tato zjištění implikují přesah do vývojářské praxe, kde má využití 3D zobrazení rostoucí tendenci. Pro další ověření těchto pozorování navrhujeme navazující experimentální výzkum.

1 Problematika 3D zobrazení

V oblasti IT technologií a vývoje uživatelských rozhraní je patrný rostoucí trend ve využívání různých forem 3D zobrazení. Tato tendence je výrazná také v oblasti zobrazování geografických dat, především díky značnému potenciálu užití tohoto zobrazení v dopravě, krizovém managementu, vojenství, vzdělávání aj., (Hirmas a spol., 2014; Wilkening a

Fabrikant, 2013; Weber a spol., 2010; Bleisch a spol., 2008). 3D zobrazení terénu by mělo být dobře pochopitelné i operátorovi bez kartografického vzdělání. Kognitivně kartografické studie se rovněž zaměřují na interindividuální rozdíly při vnímání mapových podkladů (Šašinka, 2014), srovnávají preference práce s 2D mapou a 3D vizualizací (Popelka a Brychtová, 2013; Fabrikant a spol., 2014). Výsledky ukazují, že například pro práci s detaily v exponované oblasti se 3D zobrazení ukazuje jako výhodné, naopak pro lepší kontextové povědomí o prostoru se prosazuje klasická dvojrozměrná mapa (Schmidt, Delazari a Mendonça, 2012). Otázkou, kterou se v této práci zabýváme, je, jak ovlivňuje percepci a utváření úsudku (rozhodování) člověka rozdílná forma 3D zobrazení, konkrétně forma reálného (stereoskopického) zobrazení a pseudo 3D zobrazení.

2 Typy 3D zobrazení

Pro případné porovnání dvou zmíněných typů 3D vizualizací je nezbytné definovat principy, jakými si jedinec vytváří vjem trojrozměrného světa či objektů v něm. U člověka je schopnost vnímat trojdimenzionální prostor zajištěna na základě mechanismů, které definuje Sternberg (1996) v rámci dvou kategorií – monokulárních vodítek a binokulárních vodítek. Monokulární vodítka vnímání prostorové hloubky podle něj jsou tzv. gradienty povrchové struktury (zrnitost pozorovaného povrchu), relativní velikost (větší/menší objekty), interpozice (částečné překrývání objektů), lineární perspektiva (konvergence/divergence linií k horizontu), vzdušná perspektiva (zřetelnost obrysů blízkých/vzdálených předmětů), umístění v rovině obrazu (objekty níže/výše vzhledem k horizontu), pohybová paralaxa (rychlost pohybu vzdálených/blízkých předmětů). Binokulární vodítka

vnímání prostorové hloubky jsou potom tzv. binokulární konvergence (signály z pohybu bulvy) a binokulární disparita (složení rozdílných obrazů z každého oka, které potom podporuje 3D vjem). Alternativní dělení vodítek je možné nalézt např. také u Matatka a spol. (2011). Na základě kombinací těchto monokulárních a binokulárních vodítek (ne nutně všech) potom u člověka vzniká 3D vjem. Běžně se na monitorech počítačů, televizních obrazovkách nebo v tištěné podobě setkáváme s 3D předměty, nicméně dojem hloubky v obraze si v takovémto případě utváříme pouze na základě monokulárních vodítek (bez vjemu binokulární disparity). V případech, kdy je 3D model vytvořen pouze na základě monokulárních vodítek, nazýváme tuto formu pseudo 3D zobrazení. Za použití software a přídatných periferních zařízení (3D brýle, VR přilby aj.), lze docílit tzv. stereoskopického 3D vjemu, který se přibližuje vjemu reálnému. Buchroithner a Kunst (2013) tento typ nazývají reálné 3D zobrazení (true-3D visualization), neboť je zapojen vjem binokulární disparity. Např. Torres a kolegové (2013) na základě své srovnávací studie uvádí, že vhodné pro vyvolání reálného 3D vjemu je využívat 3D brýle, které pracují na principu rozdílné propustnosti světelných vlnových délek. Toto periferní zařízení distribuuje rozdílný vizuální vjem na plátně zvlášť do každého oka a náš mozek potom při tvorbě 3D vjemu zároveň syntetizuje také nápověď binokulární disparity.

Při zobrazení geografických dat se tedy setkáváme s dvěma odlišnými typy vizualizace - reálné a pseudo 3D zobrazení. S tímto se pojí otázka, jak (a zdali vůbec) ovlivňuje forma 3D zobrazení vnímání informací a utváření úsudku o těchto informacích. V rámci našeho výzkumu sledujeme aspekty, jakými jsou situační povědomí (Endsley, 1995) a selhání lidského operátora (human error).

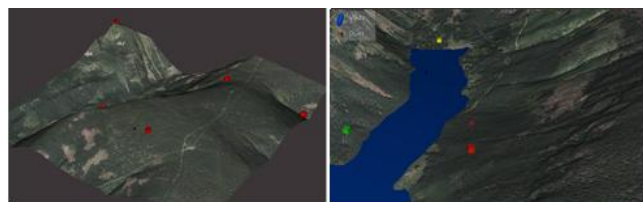
3 Empirická evidence rozdílů v 3D zobrazení

Explorativní studie, kterou jsme realizovali na jaře roku 2014 (Špriňarová a spol., in press), měla za cíl porovnat dvě formy 3D vizualizace geografických dat (reálné a pseudo 3D zobrazení) ve schopnostech probandů pracovat s těmito vizualizacemi. Do studie byly zapojeny rovněž dva alternující druhy ovládání – klasická počítačová myš a Wii Remote Controller. V rámci studie jsme zjišťovali rozdíly ve schopnosti participantů pracovat s reálným a pseudo 3D zobrazením geografických dat, schopnost vyřešit úkoly na základě získaného povědomí o situaci a schopnost znovuvybavení dříve exponovaného terénu. V rámci studie jsme při řešení úkolů očekávali rychlejší uvedení správné odpovědi a přesnější zpětné vybavení prvků v terénu u participantů pracujících v reálném 3D modu, a to vzhledem k větší realističnosti vizuálního vjemu a díky hlubšímu ponoření do řešeného úkolu

(odfiltrování rušivých vjemů a lepšího zaměření pozornosti na řešený problém).

3.1 Metoda

Experimentální prostředí bylo realizováno v rámci Human-Computer Interaction laboratoře vedené na Fakultě informatiky MU. Výzkumný vzorek tvořilo 17 studentů Katedry geografie Přírodovědecké fakulty MU (8 mužů, 9 žen) ve věku od 22 do 27 let ($m=23.8$, $sd=1.4$), kteří měli předchozí zkušenosti s prací s 3D geografickými daty (v pseudo 3D modu). Uvedené demografické skutečnosti byly zjišťovány na základě dotazníku, který předcházел testové situaci. Probandi byli na základě pohlaví rozděleni na 4 skupiny v přibližně stejném poměru mužů a žen (R3D/WII RC – 4 probandi, R3D/myš – 4 probandi, P3D/WII RC – 5 probandů, P3D/myš – 4 probandi). Na platformě Vrecko¹ byla sestavena a administrována série 7 problémových situací (1. určení tvaru profilu cesty, 2. porovnání nadmořské výšky dvou krychlí, 3. seřazení pěti objektů v terénu podle nadmořské výšky, 4. pohyb po trase vyznačené z krychlí a určení jejího tvaru, 5. evakuace zaplavených domů, 6. orientace v terénu podle kompasu a 7. znovuvybavení prvků v terénu), příklady viz Obr. 1.



Obr. 1: Ukázky řešených úkolů (zleva úkol 3, úkol 5)

Všechny úkoly byly pro reálné 3D a pseudo 3D zobrazení informačně ekvivalentní a lišily se svým zaměřením: získání situačního povědomí zjišťovaly úkoly 1, 3, 5, 7, analýza použitých environmentálních nápovědí (2, 4), strategie prostorové orientace (6). Následně byly analyzovány strategie řešení těchto úkolů skupinami participantů. Sledovány byly rozdíly ve správnosti, rychlosti a strategii řešení zadaných úkolů. Pro uvedení správné odpovědi participantem byla nezbytná pečlivější analýza zobrazeného prostředí, zjištění souvislostí v exponované scéně a získání situačního povědomí. Správná odpověď probanda byla indikátorem toho, že proband získal o scéně adekvátní povědomí, které potom vedlo k vytvoření správného úsudku při řešení. Správná odpověď byla hodnocena jedním bodem, nesprávná odpověď potom žádným bodem. Dále jsme měřili čas odpovědi, který vypovídal

¹ VRECKO je open-source software, vyvíjený v rámci Human-Computer Interaction (HCI) Laboratoře na FI MU od roku 2003. VRECKO je naprogramováno v C++.

o rychlosti nalezení řešení. Odpovědi probandi uváděli slovně, čas každé odpovědi byl měřen experimentátorem. K podrobnější analýze strategií řešení úkolů jsme využili videozáznamu (ke kterému dali probandi slovní souhlas) a kde jsme následně analyzovali frekvenci zoomování – přiblížení/oddálení/natočení – mapového podkladu, využití ptačí/žabí perspektivy při řešení a specifika disponování ovládacím zařízením (prudké pohyby, naklánění se k/od plátna, aktivní/pasivní zapojení těla participanta, způsob komunikace participanta s experimentátorem).

3.2 Výsledky

Napříč ovládacími zařízeními, kde se neukázal téměř žádný vliv na řešení úkolů, byly zjištěny rozdíly mezi reálným a pseudo 3D zobrazením v úspěšnosti i strategiích řešení úkolů. Především v úkolech, kde bylo nezbytné získat komplexní přehled o terénu (úkol 1 – zjišťování tvaru cesty, 3 – seřazování těles podle nadmořské výšky, 5 – evakuace obydlí při zvedající se hladině jezera a 7 – znovuvybavení terénu) se participantům využívajícím pseudo 3D zobrazení dařilo lépe dosáhnout správných řešení.

V prvním úkolu nalezení odpovídajícího profilu cesty, který obě skupiny vyřešily s podobnou úspěšností –

88 % správných odpovědí v reálném 3D, 78 % v pseudo 3D modu – se u reálného 3D při rozhodování projevila větší tendence analyzovat detaily (např. blíže zkoumat parametry zakončení cesty), zatímco pseudo 3D skupina se rozhodovala na základě tvaru křivky usazené v terénu jako celku.

Úlohu č. 3 vyřešili správně všichni pseudo 3D participaci, zatímco v reálném 3D modu chybovali 2 z 8 řešitelů.

V úloze 5 (určování pořadí evakuace zaplavených domů), byl navíc průměrný čas řešení u pseudo 3D skupiny ($m=76,67$, $sd=41,06$) výrazně vyšší než u skupiny reálného 3D ($m=37,00$, $sd=27,66$). Zatímco v pomalejší pseudo 3D skupině vyřešili tento úkol všichni, v reálném modu to bylo pouze 5 z 8 participantů. Méně úspěšná skupina tedy řešila úkoly výrazně rychleji.

V 7. úkolu, který zkoumal znovuvybavení dříve exponované scény (úkolem byla lokace vodní plochy v terénu), chybovala pseudo 3D skupina z 33 %, nicméně ve skupině reálného 3D špatně odpovědělo 88 % participantů.

V rámci studie se tedy ukázala obecná tendence skupiny využívající reálné 3D rozhodovat se v problémových situacích sice (1) rychleji, ale s (2) větší chybovostí a (3) nižší schopností znovuvybavení dříve exponované scény, než u pseudo 3D skupiny. Po přezkoumání videozáznamu se ukázala strategie pseudo 3D skupiny (4) více analyzovat širší kontext situace a získat o něm dobré situační povědomí, zatímco u skupiny reálného 3D se participaci více zaměřovali na detaily ve scéně, což je odvádělo od získání celkového

náhledu. Předpoklad lepších výsledků při řešení úkolů se u skupiny reálného 3D nepotvrdil, projevil se právě opačný efekt. Navzdory tomu, participant reálného 3D zobrazení si byli subjektivně více jisti svými odpověďmi, což naznačuje výrazně kratší doba uvedení odpovědi.

4 Diskuze

Z výsledků jsme vyvodili přítomnost zkreslení při vytváření úsudku o situaci u probandů v modu reálného 3D zobrazení oproti pseudo 3D skupině. Probandi v reálném 3D byly rychleji přesvědčeni o správnosti své odpovědi, byť odpovědi chybné. Ve správnosti řešení komplexních úkolů a také v úloze vyvolání z paměti si pseudo 3D skupina vedla lépe. Schopnost znovuvybavení, stejně jako nalezení správné odpovědi v komplexních situacích, vyžaduje získání přehledu o terénu – pro získání povědomí o situaci je nezbytné terén postupně pozorně prozkoumat, zapamatovat si jeho atributy a porovnat možné alternativy řešení. Tato strategie je časově náročnější. Domníváme se, že pseudo 3D zobrazení tedy u participantů vzbuzuje tendenci věnovat volbě odpovědi více pozornosti a dosáhnout v situaci celkového náhledu, což v rámci uvedené studie vedlo také k ucelenějšímu znovuvybavení prvků v terénu v úloze 7.

Usuzujeme na komputační neekvivalenci (Larkin a Simon, 1987) reálného a pseudo 3D zobrazení a tudíž také na fakt, že při řešení úkolů v reálném a pseudo 3D probíhá u participanta rozdílné kognitivní zpracování. Domníváme se, že vnímaný pseudo 3D obraz musí participant mentálně transformovat do reálného 3D, což zvyšuje nároky na psychické zpracování. Na základě tohoto potom vzniká odlišná strategie při řešení úkolu, která se projeví zvýšenou elaborací vnímaného obsahu. Domníváme se, že tato elaborace vede k pečlivějšímu přehodnocování řešeného úkolu, popřípadě vede k aktivní snaze o získání dalších informací z exponované scény. Tato strategie u participantů častěji vedla k určení správné odpovědi a je také časově náročnější, což odpovídá výsledkům. Z výše uvedených skutečností usuzujeme, že chybějící informace o binokulární disparitě vede k detailnějšímu, analytickému zpracování exponované informace.

Při volbě správné odpovědi se jedná o proces rozhodování, tedy strategii utváření si správného úsudku v dané situaci. Okolnosti, které vedou k chybám (zkreslením), je možné vysvětlit na základě teorií rozhodování. Zkreslením při utváření úsudku se zabývá Daniel Kahneman (2012). Soustředí se na zkreslená či chybná rozhodnutí člověka/operátora, který podle Kahnemana pracuje ve dvou základních modulech mysli – v tzv. rychlém a pomalém myšlení. Do opozice staví rychlé myšlení (intuitivní rozhodování) proti pomalému myšlení, které je závislé na podrobnější, matematické analýze dat (analytické myšlení). Těmito dvěma moduly podle Kahnemana

podléhá každodenní interakce člověka s jeho prostředím, přičemž drtivá většina našich rozhodnutí je uskutečňována automaticky, tedy intuitivně, což v některých případech vede k chybám. Kahneman (2012) shrnuje, že člověk v běžném životě často dělá rychlé závěry, protože je to vzhledem k povaze evoluce jednoduše efektivní. Domníváme se, že v případě reálného 3D zobrazení, kde není nutná žádná mentální transformace vnímaného obrazu, probíhá strategie řešení úkolu a tvorba úsudku (rozhodování) v rychlé, intuitivní rovině. Řešení je zaměřené na konkrétní detail, bez širšího přezkoumání exponované scény. Pseudo 3D zobrazení naopak probanda navádí k analytické strategii při zpracovávání informací, se snahou získat širší situační povědomí.

Pseudo 3D participantů měli lepší schopnost znovuvybavení terénu v úloze 7. Exponovaný materiál si tedy dokázali lépe vštípit. Vysvětlujeme to skutečností, že pseudo 3D zobrazení vedlo participanty k aktivnímu vyhledávání dalších informací a souvislostí v úloze, což aktivně zapojuje motorické komponenty kognice. Neisser (1976) zdůrazňuje motorickou komponentu v rámci kognice, která je zapojena při aktivním hledání dalších návodů v exponované scéně. Operátor si další návodů zpřístupňuje v okamžiku, kdy jich nemá dostatek pro vytvoření adekvátního úsudku. Motorická komponenta je silně provázána s fenoménem embodimentu a vtělesněné kognice² (Embodied Cognition), kde zažitá zkušenost zůstává fyzicky zapsána v nervovém systému (Barsalou, Niedenthal, Barbey a Ruppert, 2003; Glenberg, 1997; Damasio, 1999). V případě analytické pseudo 3D skupiny zůstala zkušenost aktivního přehodnocování řešeného úkolu lépe zakořeněná v nervových drahách participantů a ovlivnila úroveň jejich informačního zpracování. Na základě toho se domníváme, že aktivní analytické dohledávání návodů ve scéně (podrobná analýza scény) vedla k získání komplexního situačního povědomí, a tím pádem také vedla k lepšímu znovuvybavení terénu v úloze 7.

Rozdíly ve výkonu skupin reálného a pseudo 3D zobrazení je možné diskutovat také vzhledem k fenoménu ponoření (immersion) do dané vizualizace. Pojem immersion je v rámci virtuální reality chápán jako intenzita dojmu fyzické přítomnosti ve virtuálním prostředí. Někteří autoři v rámci vývoje virtuální reality dále ponoření dělí na senzomotorické ponoření, kognitivní ponoření, emoční ponoření a prostorové ponoření (Björk a Holopainen, 2004). Zapojení binokulární disparity formou periferních zařízení zvyšuje věrohodnost exponované scény a operátora do scény více ponořuje. Periferní zařízení

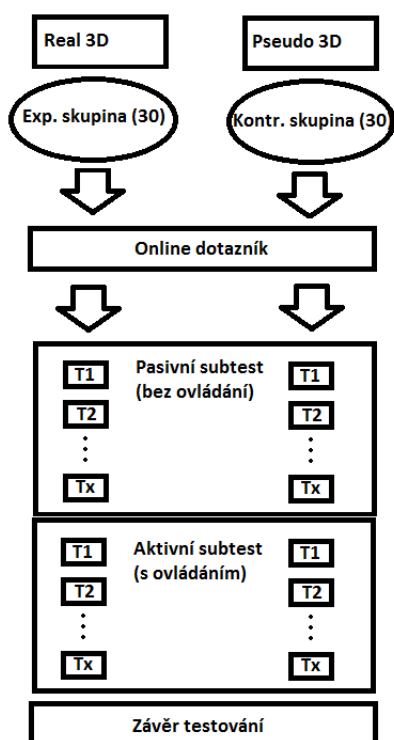
také filtruje rozptylující podněty z okolí, což umožňuje lepší soustředění. Na základě výsledků se domníváme, že reálné 3D zobrazení s tímto větším ponořením má za následek získání menšího nadhledu, soustředění se na detaily a tudíž menší globální přehled o situaci. Ponořený operátor není konfrontován s případnými situačními souvislostmi a jeho rozhodování je rychlé (intuitivní) a bez dalšího přehodnocování, což dokládá také větší subjektivní jistota reálné 3D skupiny. Domníváme se, že rozdílná míra ponoření do scény v reálném a pseudo 3D modu vyvolává u participanta rozdílný dojem o struktuře dané expozice a tudíž vede participanta k rozdílné strategii řešení problémové situace. Větší ponoření u reálného 3D zobrazení vede participanty k zaměření se na detaily a tedy také k získání menšího nadhledu v dané situaci. Situaci, ve které má participant menší nadhled, tedy menší povědomí o situačních attributech, potom vnímá jako málo strukturovanou a v souladu s teorií kognitivního kontinua (Hammond, 2000) se participant přiklání k intuitivnímu řešení takové situace. Tato skutečnost souvisí s uvedeným Kahnemanovým rychlým myšlením (2012), které podobně jako intuitivní řešení na pólu Hammondova kognitivního kontinua, častěji vede k chybám operátora při řešení problémové situace. A právě chybovost je u reálného 3D zobrazení při řešení úkolů častější než u pseudo 3D skupiny.

5 Navazující výzkum

Výsledky naší studie jsou předběžné a je nutné provést další výzkum. Plánovaný kvantitativní výzkum v rámci Centra experimentální psychologie a kognitivních věd MU (CEPCoS)³ hodlá sledovat správnost úsudku při řešení komplexních úkolů zobrazených v reálném a pseudo 3D modu. Cílem bude ověřit fakt, zdali reálné 3D zobrazení vede k intuitivnímu, tedy subjektivně jistějšímu, rychlejšímu, nicméně častěji chybnému rozhodování, oproti analytickému pseudo 3D zobrazení. Pro tento účel bude vytvořena počítačová testová baterie (promítnutá na plátno v reálném a pseudo 3D modu), která bude obsahovat dva subtesty – aktivní a pasivní. V pasivním subtestu bude staticky exponována problémová situace bez možnosti pohybu scénou. V aktivním subtestu přidáme možnost ovládání (WII Remote Controller), kdy participant bude moci scénou aktivně pohybovat a hledat další informace vedoucí ke správnému řešení. Schéma výzkumu shrneme v Obr. 2.

² Pro překlad pojmu Embodied Cognition, který nemá ustálený překlad, si s laskavým svolením Mgr. Jiřího Matěly dovoluujeme uvést termín vtělesněná kognice, který shledáváme nejvíce výstižným.

³ CEPCoS je realizován v rámci fakult Filozofické, Přírodovědecké a Fakulty informatiky Masarykovy univerzity.



Obr. 2: Schéma kvantitativního výzkumu reálného a pseudo 3D zobrazení

5.1 Zkoumané osoby

Pro výzkum předpokládáme skupinu 60 studentů MU s podobným studijním zaměřením a přibližné věkové kategorie. Vzorek bude vyvážen na základě pohlaví vzhledem k možným rozdílům ve strategii při řešení úkolů. Před samotným měřením budeme administrovat elektronický dotazník, ve kterém budou zjišťována demografická specifika zkoumaného vzorku.

5.2 Parametry testu

Probandi budou mít za úkol na čas řešit sérii úloh na mapovém podkladu. Správnou odpověď budou prostřednictvím počítačové myši sami zaznačovat do expozice. Řešené úkoly budou vyžadovat vytvoření správného úsudku o situaci v závislosti na rozložení těles na geografickém podkladu, podobně, jako tomu bylo v předešlé studii (Špriňarová a spol., in press), typy úkolů budou obdobné jako v této studii (tedy řešení problémových situací). Sledovat budeme přesný čas odpovědi (měřený v sekundách), správnost vytvořeného úsudku (správnost odpovědi), vypovězenou subjektivní jistotu v úsudku (na slovní škále: naprosto jistý – spíše jistý – spíše nejistý – zcela nejistý) a počet pohybů scénou za pomoci ovladače, které participant provede při řešení úkolu v rámci aktivního subtestu (jedná se o rotaci, posunování, přibližování/oddalování scény). Předpokladem u experimentální reálné 3D skupiny je (1) kratší čas zpracování úkolu, (2) menší správnost odpovědi, (3) větší subjektivní jistota při

uvezení odpovědi a (4) méně pohybů ovladačem ve snaze nalézt optimální náhled na scénu (aktivní subtest). Tato případná zjištění považujeme za indikátor intuitivního přístupu k řešení úkolů v rovině reálného 3D zobrazení.

6 Závěr

Podle našich zjištění existují mezi reálným a pseudo 3D zobrazením rozdíly ve způsobu, jakým operátor zpracovává exponované informace. Řešení experimentálních úloh v reálném 3D modu vedlo participanty k uvedení rychlejší, ale nesprávné odpovědi. Efekt většího ponoření do exponované scény v případě reálného 3D zobrazení přispívá k zaměření participantů na detaily ve scéně, což zřejmě upozaduje utváření nadhledu o situaci. Podobný efekt je možné sledovat při porovnání práce s 2D a 3D mapovým zobrazením (Schmidt, Delazari a Mendonça, 2012). Ačkoliv je nutný další výzkum, usuzujeme na komputační neekvivalenci reálného a pseudo 3D zobrazení. Na základě dosavadních výsledků se domníváme, že reálné 3D zobrazení vede probandy k intuitivnímu řešení testových úkolů bez podrobnější analýzy a na základě toho dochází k častějšímu chybování – vytvoření rychlejšího, ale nesprávného úsudku. Tento způsob utváření úsudku odpovídá tzv. rychlému myšlení (intuitivní modus), jak jej definuje Kahneman (2012). To implikuje významné přesahy do praxe ve vývoji uživatelských rozhraní, především v oblastech jakými jsou krizový management, doprava, letectví, vojenství, zábavní průmysl a designování virtuální reality obecně. Z tohoto důvodu navrhujeme další výzkum srovnání reálného a pseudo 3D zobrazení.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci projektu CZ.1.07/2.3.00/30.0037, který je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Literatura

- Barsalou, L. W., Niedenthal, P. M., Barbey, A. K., & Rupert, J. A. (2003). Social embodiment. In B. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation*, 43: 43-92. San Diego, CA: Academic Press.
- Björk, S., Holopainen, J. (2004). *Patterns In Game Design*. Charles River Media.
- Bleisch, S., Dykes, J., Nebiker, S. (2008). *Evaluating the Effectiveness of Representing Numeric Information Through Abstract Graphics in 3D*

- Desktop Virtual Environments. *The Cartographic Journal*. 45(3): 216-226.
- Buchroithner, M. F., Knust, C. (2013). True-3D in Cartography — Current Hard and Softcopy Developments. In Moore A, Drecki I: *Geospatial Visualisation*, Berlin, Heidelberg: Springer. 41 – 65.
- Damasio, A. (1999). *The feeling of what happens*. New York: Harcourt Brace.
- Endsley, M. R. (1995). Measurement of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, 37: 32-64.
- Fabrikant, S. I., Maggi, S., Montello, D. R. (2014). 3D Network Spatialization: Does It Add Depth to 2D Representations of Semantic Proximity? In Duckham M. et al.: *Geographic Information Science*. Berlin, Heidelberg: Springer International Publishing. 34-47.
- Glenberg, A. (1997). What memory is for. *Behavioral And Brain Sciences*, 20(01). doi:10.1017/s0140525x97000010
- Hammond, K. R. (2000). *Judgments under stress*. New York: Oxford University Press.
- Hirmas, D. R., Slocum, T., Halfen, A. F. White, T., Zautner, E., Atchley, P., Liu, H., Johnson, W. C., Egbert, S., McDermott, D. (2014). Effects of Seating Location and Stereoscopic Display on Learning Outcomes in an Introductory Physical Geography Class. *Journal of Geoscience Education*, 62(1): 126-137.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Larkin, J. H., Simon, H. A. (1987). Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words. *Cognitive Science*, 11(1): 65-100.
- Matatko, A., Bollmann, J., Müller, A. (2011). Depth Perception in Virtual Reality. In Kolbe TH, König G, Nagel C: *Advances in 3D Geo-Information Sciences*, Berlin: Springer. 115-129.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology*, San Francisco, CA, W. H. Freeman.
- Sternberg, R. (1996). *Cognitive psychology*. Fort Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- Šašinka, Č. et al. (2014). Influence of the cartographic visualization methods on cognitive processing: comparison of extrinsic and intrinsic visualization of avalanche hazard maps. Manuscript práce pro Europeanconference on visualperception 2014.
- Špriňarová, K. et al. (In press). Human-computer Interaction in Real 3D and Pseudo-3D Cartographic Visualization: A Comparative Study. Springer.
- Torres, J., Ten, M., Zarzoso, J., Salom, L., Gaitán, R., Lluch, J. (2013). Comparative Study of Stereoscopic Techniques Applied to a Virtual Globe. *Cartographic Journal*, 50(4): 369-375.
- Weber, A., Jenny, B., Wanner, M., Cron, J., Marty, P., Hurni, L. (2010). Cartography Meets Gaming: Navigating Globes, Block Diagrams and 2D Maps with Gamepads and Joysticks. *Cartographic Journal*. 47(1): 92-100.
- Wilkening, J., Fabrikant, S. (2013). How users interact with a 3D geo-browser under time pressure. *Cartography and Geographic Information Science*. 40(1): 40-52.