

Petr KUBÍČEK

MOŽNOSTI TESTOVÁNÍ KARTOGRAFICKÉ VIZUALIZACE POLOHOVÉ NEJISTOTY

Kubíček, P.: Possibilities of positional uncertainty cartographic visualization testing. Kartografické listy 2011, 19, 4 figs., 1 tab., 21 refs.

Abstract: The issue of spatial data quality and representation of uncertainty related to it has again attracted attention in relation to the INSPIRE Directive. In accordance with development of theoretical aspects of cartographic visualization and methods of uncertainty propagation in models, the generally accepted opinion is that uncertainty has to be presented to users in an unambiguous and understandable way. Therefore, a number of approaches and methods of uncertainty visualization were developed based for example on Bertin's theory of graphic variables and combining both static and dynamic elements of visualization. Despite partial achievements and existing conceptual approaches to uncertainty visualisation, relatively little is known about specific influence of certain visualization on end users, especially on their ability to use the given visualization in an effective and unambiguous way. Studies published in psychological literature prove, that users react to presented information differently depending on method of presentation, specific task and context. The presented paper describes the process of test development for selected methods of cartographic visualization of positional uncertainty, utilization of multivariate testing software tool for test processing, and its consequent evaluation. Results of testing are further discussed in comparison with similar published studies.

Keywords: positional uncertainty, cartographic visualization, cognition testing

Úvod

Problematika kvality geoprostorových dat a s ní související vyjádření nejistoty se v souvislosti se směrnicí INSPIRE dostala opět do popředí. V rámci směrnice jsou pro jednotlivé datové sady definovány prvky kvality podle prováděcích pravidel, které jsou obvykle založené na normě ISO 19113. V době zavádění směrnice do národních legislativ lze tedy očekávat, že stále více základních i tematických datových sad souvisejících se životním prostředím bude popsáno metadaty obsahujícími vybrané prvky kvality, se kterými bude možné následně pracovat při vizualizaci. Z toho důvodu nabývá na aktuálnosti otázka vizualizace nejistoty.

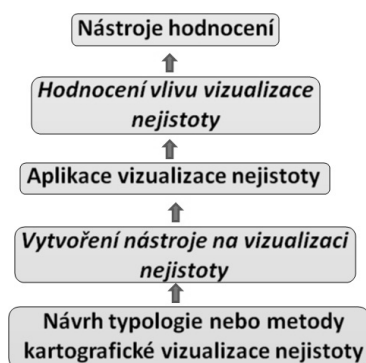
V souladu s rozvojem teoretických aspektů kartografické vizualizace a metod šíření nejistoty v modelech je obecně přijímán názor, že nejistotu je třeba prezentovat uživateli takovým způsobem, který je jednoznačný a pochopitelný. Proto byla vytvořena řada přístupů a metod vizualizace nejistoty vycházející například z Bertinovy teorie grafických proměnných a kombinujících statické i dynamické prvky vizualizace (Bertin, 1975). Přes dílčí úspěchy a existující konceptuální přístupy k vizualizaci nejistoty je poměrně málo známo o konkrétním vlivu určité vizualizace na koncové uživatele, respektive o schopnosti těchto uživatelů s vizualizací efektivně a jednoznačně pracovat. Studie z psychologické literatury dokládají, že uživatelé reagují rozlišeně na prezentované informace v závislosti na způsobu prezentace, konkrétní úloze a kontextu.

Příspěvek ukazuje způsob sestavení testu pro vybrané metody kartografické vizualizace polohové nejistoty, využití multivariačního testovacího programu pro zpracování testu a jeho následné vyhodnocení. Výsledky testu jsou následně diskutovány s obdobnými studii provedenými ve světě.

RNDr. Petr KUBÍČEK, CSc., Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav, Kotlářská 2, 611 37 Brno, e-mail: kubicek@geogr.muni.cz

1. Nejistota v geografických datech

Problematikou zavedení nejistoty do geografických dat a její následnou vizualizací se zabývala řada autorů (Burrough a Frank, 1996, Pang, 2001, Zhang a Goodchild, 2002, MacEachren et al., 2005). Celou oblast vizualizace nejistoty lze rozdělit do několika oblastí od teoretického konceptu nejistoty v geografických datech, přes nástroje vizualizace, až po systém hodnocení efektivity vizualizace na uživatele (obr. 1).



Obr. 1 Jednotlivé pracovní oblasti vizualizace nejistoty (upraveno podle Kubíček, 2010)

1.1 Původ geografické nejistoty

Výraz „nejistota“ je obecně používán v literatuře (Slocum et al., 2005) k popsání potenciálních variací (změn) v hodnotách atributů a prostorového umístění. Tento terminologický přístup není jednotný a v praxi se lze setkat s alternativními výklady. Thomson et al. (2005) uvádí širší definici nejistoty jako „přítomnost určité nedokonalosti ve znalosti uživatele o datové sadě, procesu nebo výsledku“. Řada odlišných definic a chápání nejistoty má za následek více pokusů o formalizaci a typologii pro odlišně vnímané typy nejistoty. Z toho plyne také řada přístupů a pokusů vytvořit základní komponenty nejistoty informací a závislost těchto komponent na vizualizaci informací a jejich nejistoty.

1.2 Principy kartografické vizualizace nejistoty

MacEachren (1992) se zabýval systematicky možnostmi kartografické vizualizace nejistoty a navrhl 3 základní metody finální prezentace:

- Srovnávací mapy (maps compared) – jak pro zvolený atribut, tak pro vyjádření jeho nejistoty jsou vytvořeny samostatné mapy.
- Kombinované mapy (maps combined) – jak zvolený atribut, tak jeho nejistota jsou znázorněny na jedné mapě za využití vhodných grafických proměnných (viz dále). Jedná se vlastně o bivariační mapy využívající kombinace dvou proměnných.
- Využití interaktivního exploračního nástroje, který umožní snadnou manipulaci způsobů vizualizace jak pro atribut, tak pro jeho nejistotu. V originále autor navrhuje využití interaktivní sekvence, kde se budou střídát vizualizace atributu a jeho nejistoty.

Jedním z možných koncepcí vizualizace nejistoty je využití základních grafických proměnných podle Bertina (1973). Bertinův přístup je obecně přijímán (Slocum et al., 2005, Drápela, 1983, Kaňok, 1999, Pravda, 1997, Voženílek, 1999) jako systém, který logicky přenáší informaci do grafického vyjádření a jeho jednotlivé proměnné (umístění, velikost, intenzita, struktura-dezén, barva, orientace a tvar) jsou základními grafickými jednotkami, jejichž pomocí lze vytvořit nejenom základní mapu, ale také tematickou mapu nejistoty. Je třeba si položit otázku, jak jednotlivé grafické proměnné (s možnými doplňky a modifikacemi) lze logicky provázat s různými druhy datové nejistoty. Vhodnost využití jednotlivých proměnných navrhl a utřídil MacEachren (1992) a zároveň upozornil na možná úskalí při nesprávném použití grafické proměnné. Hlavní rozdíl tkví zejména v logické asociaci odpovídajících grafických proměnných s odpovídající ordinárním/kvantitativním a nominálním/kvalitativním typem vizualizovaných datových proměnných. Velikost a intenzita jsou nejvhodnější pro vizualizaci nejistoty kvantitativních proměnných.

Na druhé straně barva, tvar a částečně orientace je využitelná pro nejistotu v kvalitativních proměnných. Textura, navzdory tomu, že ji lze kvantifikovat, je nevhodnější pro binární klasifikaci „jistý“ versus „nejistý“, již lze použít pro ve zvláštních případech pro oba typy dat. Pro vyjádření míry nejistoty byla doporučena zejména intenzita barvy, a to jako intenzivní barvy pro velmi jistou informaci a méně intenzivní (syté) pro nejistou informaci.

2. Přístupy polohové nejistoty

Polohovou nejistotu lze určit na základě rozdílu mezi měřenou polohou geografického prvku a její „skutečnou“ hodnotou v reálném světě. V důsledku poměrně nedokonalého poznání reálného světa a nedokonalosti měřících technologií, je poziční neurčitost přítomna prakticky u všech geoprostorových prvků. Polohová nejistota tak významně ovlivňuje spolehlivost výsledků a analýz a v konečném důsledku také rozhodnutí založených na podpoře kartografických výstupů (Shi, 2010).

Popis kvality (jakosti) geografických dat, který je podle nařízení směrnice INSPIRE součástí jejich metadat, není jednoduché využít ani v případě zkušených uživatelů. Pro nové uživatele jsou takovéto informace prakticky nečitelné a nejsou schopni na jejich základě posoudit případnou vhodnost dané datové sady pro konkrétní účel. Nabízí se tak alternativní možnosti, jak kvalitu geografických data sdělovat jinou – vizuální – cestou. V případě polohové nejistoty se nejčastěji mluví o možnosti využití obalových zón s šířkou odpovídající hranicím nejistoty pro daný prvek (srovnej Shi, 2010, Hope a Hunter, 2007). Existuje mnoho dalších kartografických možností, jak vizualizovat případnou polohovou nejistotu (Pang, 2001, Shi, 2010), avšak poměrně málo je známo o jejich skutečné efektivitě, praktickém přínosu a schopnosti uživatelů jim intuitivně rozumět.

Z výše uvedených důvodů řada autorů (Buttenfield, 1993, MacEachren a Kraak, 2001) zdůraznila nutnost testování různých reprezentací nejistoty, a to jak z hlediska pochopení dané reprezentace uživatelem, tak z pohledu toho, jak vizualizace nejistoty skutečně ovlivňuje rozhodování uživatelů. Elzaker (2004) rozlišuje dva základní typy testování – funkční a kognitivní. Funkční testování užití map je založeno na předpokladu, že každá mapa je vytvořena pro určitý účel a je proto důležité zjistit, zda vůbec a do jaké míry tento účel splňuje. V případě funkčního testování užití map se obvykle jedná o mapy vytvořené pro větší skupinu uživatelů, případně o nespecifikovanou veřejnost. Někdy tento typ výzkumu má formu srovnávací analýzy. Takovýto výzkum má holistickou povahu ve smyslu toho, že zpracování informace je bráno jako celek. Jinými slovy, obsah mapy a zvolená symbolika, jejich interpretace uživatelem, kognitivní zpracování a případná podpora rozhodování tvoří jednu sledovanou problematiku. Percepční a kognitivní výzkum užití map je častěji brán jako výchozí bod individuální uživatel s cílem zjistit „jak mapy fungují“. Je přitom potřeba rozlišovat mezi percepcí a kognicí. Percepce souvisí s primární reakcí uživatele na mapové vyjadřovací prostředky. Na druhé straně kognice zahrnuje jenom percepci, ale také proces myšlení, předchozí zkušenost a paměť. Kognitivní výzkum užití map tak odpovídá na otázku „proč“ mapy a kartografické vyjadřovací prostředky pracují efektivně.

Jako příklad kognitivního testování poziční neurčitosti lze uvést práci Hope a Hunter (2007), která testuje chování a rozhodování uživatelů ve dvou odlišných situacích:

- Testování dynamické reprezentace polohové nejistoty – testovány byly celkem čtyři odlišné způsoby vizualizace (reprezentace) a jejich partikulární vliv na rozhodování.
- Testování statické reprezentace polohové nejistoty – celkové pochopení vizualizace nejistoty koncovými uživateli a jejich preference jednotlivých vizualizací (reprezentací).

V obou případech byly testovaným subjektům nabídnuty 4 odlišné vizualizace znázorňující polohovou nejistotu. Dvě z variant nazvané v původní práci „měřítko“ a „přechodná vizualizace“ byly zvoleny jako variantní reprezentace pro níže popsany experiment. Měřítko obsahuje pouze písemnou informaci o polohové neurčitosti umístěnou v legendě, což do určité míry odpovídá informaci obsažené potenciálně již v metadatech, kterou si v konečném důsledku musí uživatelé graficky (vizuálně) interpretovat. Metoda „přechodná vizualizace“ zobrazuje poziční (polohovou) nejistotu hranice mezi zónami pomocí postupně změn odstínu.

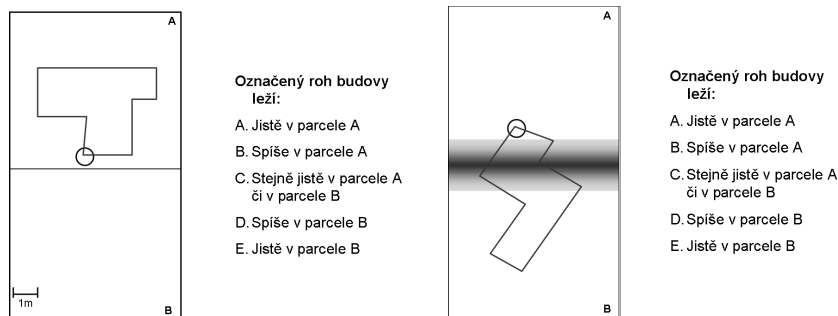
3. Experiment

3.1 Výchozí předpoklady

Experiment s polohovou nejistotou vycházel koncepčně z práce Hope a Hunter (2007), respektive z její statické části, která testuje vybrané typy kartografické vizualizace polohové nejistoty a jejich vliv na rozhodování testovaných uživatelů.

Celý test byl sestaven na základě následujících předpokladů:

1. V rámci směrnice INSPIRE byl při vytváření datových specifikací definován požadavek na stanovení jakosti (kvality) pro jednotlivé typy katastrálních dat. Vzhledem k tomu, že jakost je v rámci katastrálních dat definována pouze pro jednotlivé body, bylo nutné vytvořit metody přiřazení tříd jakosti pro spojnice jednotlivých bodů katastrální kresby (Souček a Bartoš, 2011). Pro potřeby INSPIRE byla vypočtena přesnost jednotlivých katastrálních hranic – oproti ISKN, kde jsou evidovány přesnosti jednotlivých podrobných bodů. Pro potřeby experimentu byla zvolena katastrální kresba s definovanou třídou jakosti do 1 metru a tomu odpovídající polohovou nejistotou.
2. Byly zvoleny 2 typy vizualizace nejistoty – první podával informaci o nejistotě textovou informací o nejistotě a byl vybaven měřítkem pro zjištění rozsahu nejistoty hranice (kódové označení Hranice), druhý typ byl vizuálně výraznější (pomocí barevného přechodu hranice, kódové označení Přechod) a přímo graficky vymezoval rozsah nejistoty s klesající sytostí barvy od hranice směrem do parcel na obou jejích stranách. Obě metody mají oporu v práci Hope a Hunter (2007) a odpovídají metodám označeným jako „měřítko“ respektive „přechodná vizualizace“. Volba byla provedena s ohledem na obvykle používanou reprezentaci katastrálních dat, jejichž jakost respektive nejistota není explicitně graficky odlišována a lze na ni tudíž usuzovat pouze na základě známého měřítka.
3. Pro každý jednotlivý typ vizualizace byla vytvořena vizualizace znázorňující 2 sousední parcely (A a B) a v nich zobrazený zákres budovy (obr. 2), jejíž roh bude postupně ležet:
 - A. Jistě v parcele A
 - B. Spíše v parcele A
 - C. Stejně jistě v parcele A i v parcele B
 - D. Spíše v parcele B
 - E. Jistě v parcele B

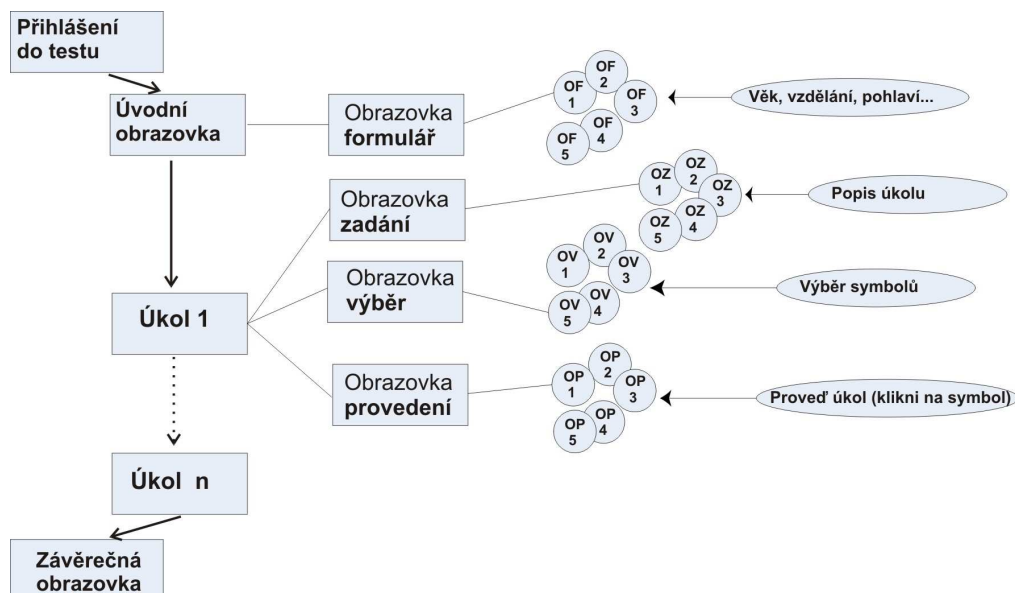


Obr. 2 Ukázka alternativní kartografické vizualizace nejistoty pomocí měřítka (vlevo) a přechodné zóny (vpravo). Očekávané odpovědi jsou „spíše v parcele A“ (vlevo) a „jistě v parcele A“ (vpravo).

Pořadí A-E bylo náhodně stanoveno a nejdříve byla testována vizualizace „přechodů“ a následně „hranice“. Testování variantní statické reprezentace polohové nejistoty má za úkol zkoumat, jak testované subjekty chápou danou formu reprezentace, jak rychle jsou schopny se s ní pořádat a případně zda existují nějaké preference vzhledem k použité formě reprezentace.

3.2 Použitý nástroj

K formalizaci kartografických znalostí je potřeba provádět empirický výzkum v podobě řízených rozhovorů nebo analýzy textů, což je ve většině případů únavná a časově náročná práce. Při analýze současného stavu dostupných technologických řešení se nepodařilo nalézt takové, které by nabízelo možnost jak testování kartografických podkladů, tak psychologických (kognitivních) aspektů. Z toho důvodu byl na pracovišti autora vytvořen prototyp webového interaktivního nástroje (MUTEP), který poskytuje možnosti testování celé škály kartografických vstupů od izolovaných mapových znaků, přes ucelené sady znaků až po komplexní mapové kompozice, a to jak statické, tak interaktivní. Jednotlivé testy jsou ukládány do databáze a jsou složeny z úloh a obrazovek (obr. 3). Každá úloha obsahuje nejméně jednu obrazovku a maximálně tři obrazovky v sekvenci – zadání, výběr, provedení. Každá obrazovka je založena na XML šabloně nabízející variantní řešení pro daný kontext. V rámci testu lze zaznamenávat jak správnost odpovědí, tak reakční časy či případnou přesnost kresby. Technologické detaily testovacího prostředí jsou dále popsány v publikaci Kubíček a Kozel (2010).



Obr. 3 Obecné koncepční schéma tvorby kognitivního testu v prostředí MUTEP. Každý test začíná vstupní obrazovkou sbírající základní informace o účastnících testu a následuje sérií obrazovek s jednotlivými úkoly. Každý úkol může sestávat ze tří typových obrazovek – obrazovka formulář (OF), obrazovka zadání (OZ), obrazovka výběr (OV) a obrazovka provedení (OP).

3.3 Účastníci testu

Testování bylo provedeno na dvou rozdílných skupinách účastníků. První skupinu, označenou jako „odborníci“, tvořili studenti 4. a 5. ročníku oboru geografie, specializace kartografie a geoinformatiky a dále absolventi geografického oboru. Druhou skupinu, označenou jako „laici“, tvořil náhodný výběr vysokoškolsky vzdělaných lidí s odlišnou odbornou specializací. Obě skupiny byly stejně početné (20+20) a byly také vyvážené věkově i po stránce pohlaví (tab. 1). Test se skupinou studentů proběhl v počítačové místnosti na standardních stolních monitorech s rozlišením minimálně 1280x1024, testování ostatních respondentů probíhalo individuálně na obrazovce notebooku se stejným rozlišením, ale menší zobrazovací plochou.

Vzhledem k tomu, že i skupina odborníci měla jen minimální nebo žádnou zkušenost s reprezentací nejistoty, lze považovat tuto skupinu za náhodný vzorek potenciálních odborných uživatelů a sledovat, zda dochází v průběhu testování k procesu učení problematiky kartografické

vizualizace nejistoty. Druhá skupina představuje náhodný vzorek populace jak s odlišnou zkušeností se čtením a užíváním map, tak odlišným profesním zázemím a může ukázat, zda výše jmenované podmínky ovlivní proces rozhodování s přítomností nejistoty.

Tab. 1 Struktura účastníků testu

	Úroveň zkušeností práce s mapou	
	Laici	Odborníci
Muži	9	10
Ženy	11	10
Věkové rozpětí	22 - 36	22 - 36
Průměrný věk	32	28

3.4 Výsledky

Z provedených testů jsou k dispozici 2 hlavní typy výsledků. První souvisí s vyhodnocením správnosti odpovědí na oba typy reprezentace a zjištěním, zda existují rozdíly mezi oběma typy z hlediska srozumitelnosti mezi oběma testovanými skupinami. Druhá oblast analyzuje časy odezvy, a to jak z hlediska rozdílných vizualizačních technik, tak podle odlišných skupin.

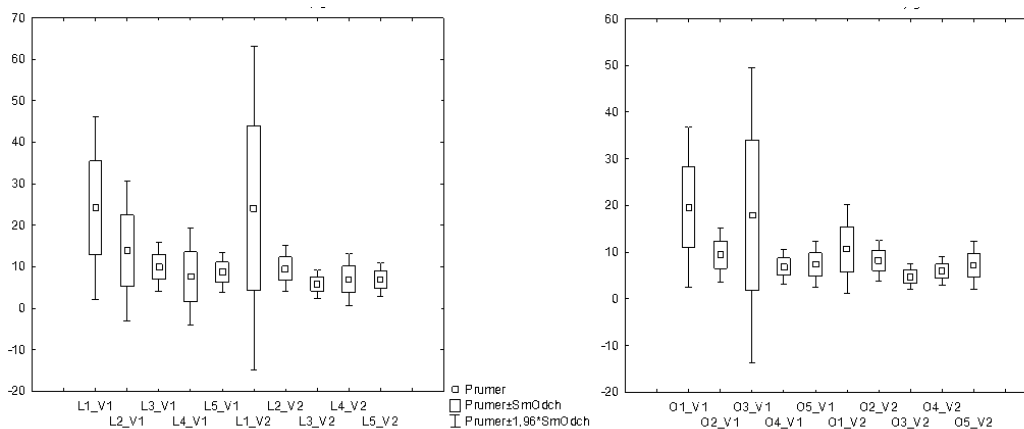
Z hlediska správnosti odpovědí, respektive shody mezi očekávanou a skutečnou odpovědí je zjevné, že největší shodu vykazují odpovědi v mezích hodnotách (očekávané odpovědi A, resp. E) a dále odpověď C (předpokládá se umístění na hranici parcel). Menší shodu pak vykazují obě nejisté odpovědi (B, resp. D). Vůbec nejnižší shodu pak vyazuje právě odpověď B (spíše v parcelle A), a to jak v případě laiků, tak u odborníků. U obou typů vizualizace bylo dosaženo stejného celkového koeficientu shody (0,92) mezi očekávanou a skutečnou odpovědí. Statisticky nevýznamný rozdíl byl mezi správností odpovědí u laiků a odborníků. Zatímco v případě laiků byl lepší koeficient shody v případě vizualizace měřítko (0,94), tak v případě odborníků byl lepší výsledek dosažen pro vizualizaci přechod (0,94).

Porovnání reakčních časů uživatelů ukázalo, že ve většině případů respondenti potřebovali k označení odpovědi více času v případě vizualizace „přechod“ než v případě vizualizace „hranice“. Uvedená skutečnost se projevila u obou testovaných skupin a v obou případech byl čas potřebný k nalezení (správné) odpovědi téměř dvojnásobný. Výjimkou byla odpověď D – Spíše v parcelle B – kde byly časy potřebné k nalezení správné odpovědi časově obrácené. Rozdílné reakční časy, však zřejmě nelze přisuzovat odlišné efektivitě zvolené vizualizace, ale efektu zácivku, který je dále diskutován v kapitole 4. Při srovnání obou testovaných skupin je zjevné, že existují rozdíly. Odborníci dosahují lepších časů než laici v obou případech vizualizace. Stejně tak se rychleji zlepšuje jejich reakční doba při opakované vizualizaci a změně polohy budovy (obr. 4). Na základě testování významnosti (párový t-test) však tyto rozdíly nevykázaly statistickou významnost.

4. Diskuze

Pro srovnání statického testu s původními závěry Hope a Hunter (2007) bylo nutné mít porovnatelné metody zpracování a metody vizualizace nejistoty. Autoři udávají, že v rámci statického testu nebyly významné rozdíly mezi respondenty z hlediska úrovně zkušeností a pohlaví. Dosažené procento správnosti odpovědí 78 % (Hope a Hunter, 2007), v našem případě 92 % – indikují fakt, že testované subjekty byly schopny pochopit informaci reprezentovanou s nejistotou a také správně rozhodnout.

Při testování rozdílů jednotlivých tvrzení si lépe vedly tvrzení jistě v A, jistě v B a stejně v A i v B. Menší úspěšnost byla v případě obou přechodných zón (spíše v A, spíše v B). Uvedená skutečnost se potvrdila i v popisovaném experimentu a lze ji zobecnit na konstatování, že uživatelé mají větší problém se rozhodnout v případech, kdy se objekty nachází v zónách nejistoty. Toto tvrzení platí bez ohledu na použítou metodu vizualizace. Při srovnání obou metod v experimentu se prokázalo, že uživatelé dosahují obdobných výsledků pro oba zvolené typy vizualizace. Hope a Hunter (2007) upozorňují, že uvedená skutečnost může souviset i s jazykovým problémem – očekávaná odpověď by mohla být např. „pravděpodobně v A“.



Obr. 4 Srovnání reakčních časů (v sekundách) pro jednotlivé úlohy a odlišné vizualizace. Vysvětlivky: V1 – vizualizace 1 (přechod), V2 – vizualizace 2 (hranice), O1-5 – odborníci úlohy 1-5 (A-E), L1-5 – laici úlohy 1-5 (A-E).

Hodnocení rychlosti je zcela nový pohled na danou problematiku a nelze jej srovnávat s původním testem. Ačkoliv vyhodnocení je zatím možné podat pouze na úrovni deskriptivní statistiky, lze výsledky shrnout do následujících konstatování:

- Existuje rozdíl mezi odborníky a laiky v rychlosti rozhodování za přítomnosti polohové nejistoty.
- Významnou roli sehrává efekt zácvičku – po seznámení se s konkrétním typem vizualizace jsou následující rozhodnutí činěna s narůstající rychlostí.
- Při přechodu na nový způsob vizualizace dochází ke stejnému efektu zácvičku, tudíž narůstá čas nutný pro vykonání prvního rozhodnutí a následně čas opět klesá při opakovaných úlohách.

Efekt zácvičku v podstatě funguje jako intervenující proměnná a tudíž nemůžeme srovnávat jednotlivé úkoly v závislosti na rozdílu v čase. Právě tento efekt způsobil obrácené pořadí časů pro úlohu D. Obě úlohy následovaly v testu hned po sobě. Zatímco v prvním případě již uživatelé způsob vizualizace znali, v druhém případě se s ním museli nejprve seznámit, což mělo za následek nárůst výsledného času potřebného k rozhodnutí. Opakovaný efekt zácvičku je implikace, kterou je třeba zohlednit pro následný výzkum užití map (např. ve formě různého pořadí vizualizací pro větší počet respondentů).

5. Závěr

Prezentované metody kartografické vizualizace polohové nejistoty ve spojení s vyvíjeným testovacím prostředím přinesly výsledky srovnatelné s dalšími výzkumy a potvrdily nutnost dalšího základního výzkumu v dané oblasti. Lze konstatovat, že kartografická vizualizace nejistoty v geografických datech ovlivňuje rozhodování jedinců jak z hlediska rychlosti, tak z pohledu správnosti rozhodnutí. Test přinesl řadu poznatků, které je nutné zohlednit při sestavování dalších testovacích sad – jedná se zejména o odstranění efektu zácvičku a testování většího množství alternativních vizualizací pro více koncových uživatelů.

Příspěvek považujeme za vstup do rozsáhlejší problematiky kartografické vizualizace nejistoty, kterou je potřeba zkoumat v celé šíři, jak je uvedeno na obr. 1. Práce navazuje na z hlediska testovacího prostředí na publikace Kubíček a Kozel (2010), v oblasti koncepční na příspěvek Kubíček (2010) a z hlediska testování kognice kartografické vizualizace nejistoty na práci Kubíček a Šašíňka (2011). V oblasti polohové nejistoty považujeme příspěvek za potvrzení důležitosti dalšího zkoumání jak vizualizačních metod, tak rozsáhlejšího statistického vzorku, které mohou vyústit v souborné doporučení metod a jejich preferencí pro určité typy geografických dat. V souladu se zá-

věr uvedenými v práci Hope a Hunter (2007) je potřeba zdůraznit, že metody kartografické vizualizace je potřeba testovat v procesu rozhodování, abychom mohli zhodnotit jejich skutečný přínos.

Příspěvek byl zpracován jako součást řešení Výzkumného záměru MSM0021622418 Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR s názvem „Dynamická geovizualizace v krizovém managementu“.

Literatura

- BERTIN, J. (1973). *Sémiologie graphique*. Paris (La Haye).
- BURROUGH, P. A., FRANK, A. U., eds. (1996). *Geographic objects with indeterminate boundaries*. Bristol (Taylor and Francis Inc.).
- BUTTENFIELD, B. P. (1993). Representing data quality. *Cartographica*, 30, s. 1-7.
- DRÁPELA, M. (1983). *Vybrané kapitoly z kartografie*. Praha (Státní pedagogické nakladatelství).
- ELZAKER, C. (2004). The use of maps in the exploration of geographic data. *Netherlands Geographical Studies*, 326, Utrecht/Enschede (Universiteit Utrecht).
- HOPE, S., HUNTER, G. (2007). Testing the effects of positional uncertainty on spatial decision-making. *International Journal of Geographical Information Science*, 21, 6, s. 645-665.
- KAŇOK, J. (1999). *Tematická kartografie*. Ostrava (Ostravská univerzita v Ostravě).
- KUBÍČEK, P., KOZEL, J. (2010). Cartographic techniques for adaptive emergency mapping. In Kremers, H., Susini, A. eds. *Risk Models and Applications*. Lecture Notes in Information Science. Berlin (CODATA-Germany), s. 49-62.
- KUBÍČEK, P., ŠAŠINKA, Č. (2011). *Selected issues of geodata uncertainty visualization Efficiency*. (in print).
- KUBÍČEK, P. (2010). Kartografická vizualizace nejistoty v geografických datech. In Šumberová M. ed. *Geografie pro život ve 21. století*. Sborník příspěvků z XXII. sjezdu České geografické společnosti. Ostrava (Ostravská univerzita v Ostravě).
- MACEACHREN, A. M. (1992). Visualizing uncertain information. *Cartographic Perspectives*, 13, s. 10-19.
- MACEACHREN, A. M., KRAAK, M. J. (2001). Research challenges in geovisualisation. *Cartography and Geographic Information Science*, 28, 1, s. 3-12.
- MACEACHREN, A. M., ROBINSON, A., HOPPER, S., GARDNER, S., MURRAY, R., GAHEGAN, M., HETZLER, E. (2005). Visualising geospatial information uncertainty: What we know and what we need to know. *Cartography and Geographic Information Science*, 32, 3, s. 139-160.
- PANG, A. (2001). Visualizing uncertainty in geo-spatial data. In *Proceedings of the Workshop on the Intersections between Geospatial Information and Information Technology*. Washington, D.C. (National Academies Committee of the Computer Science and Telecommunications Board).
- PRAVDA, J. (1997). *Mapový jazyk*. Bratislava (Univerzita Komenského).
- SHI, W. (2010). *Principles of modelling uncertainties in spatial data and spatial analyses*. London (Taylor and Francis Group).
- SLOCUM, T., MCMASTER, R., KESSLER, F., HOWARD, H. (2005). *Thematic cartography and geographic visualization*. New Persey (Prentice Hall).
- SOUČEK, P., BARTOŠ, J. (2011). Nový grafický klient v Nahlížení do katastru nemovitostí. In Růžička, J., Pešková, K. eds. *Proceedings - Symposium GIS Ostrava 2011*, Ostrava (Ostravská univerzita v Ostravě).
- THOMSON, J., HETZLER, B., MACEACHREN, A., GAHEGAN, M., PAVEL, M. (2005). Typology for visualizing uncertainty. *Visualization and Data Analysis*, 5669, s. 146-157.
- VOŽENÍLEK, V. (1999). *Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy*. Olomouc (Vydavatelství Univerzity Palackého).
- ZHANG, J., GOODCHILD, M. (2002). *Uncertainty in geographical information*. London (Taylor and Francis, Inc.).

S u m m a r y

Possibilities of positional uncertainty cartographic visualization testing

Uncertainty of geographic data and its visualization can be viewed from different angles. While conceptual and theoretical base is quite wide, visualization tools and pilot projects are rare, and there are only few studies dealing with user's ability to cope with uncertainty visualization efficiency. The presented paper is focused on cognitive testing of positional uncertainty visualization. Following the approach of Hope and

Hunter (2007), the static test has been performed investigating participants' comprehension of information portrayed in two different uncertainty representations (scale and graduated representation). Five forms of multiple-choice questions were generated for each of the two representations. These forms were considered to be typical examples of displays representing the corner of a building in each of five possible locations: Definitely in cadastral parcel A (answer A), Probably in parcel A (B), Equal chance of being in either parcel (C), Probably in parcel B(D), and Definitely in parcel B(E). Participants were asked to select which of these alternatives best describes the building corner's position (Fig. 2).

The web-based testing application was used enabling parallel testing of heterogeneous user groups, automatic recording of test results, and semiautomatic processing for final evaluation (Fig. 3 for MUTEp test background). The testing environment for all participants of the test was comparable. Forty test participants were divided into two main groups. The first group (20 participants) was represented by cartography students and graduated geographers; therefore, higher map use skills were expected in this group. The second group was constituted by university graduates within different fields of science and with varying cartographic experience.

Two different variables were studied during the test – time taken to accomplish the task and whether or not the task was completed correctly. Both variables were used in the evaluation. Consequently, statistical t-test was applied to the results in order to evaluate the significance.

Test results were limited by relatively small number of participants taking the test. Nevertheless, the results of descriptive statistical analysis show some trends which can be summarised as follows:

- Overall 92 % of responses were in agreement, indicating that test participants were generally able to understand the information portrayed in the positional uncertainty displays. Agreement was stronger for answer A (definitely in parcel A) followed by answer C (equal chance of being in either parcel) and answer E (definitely in parcel B). For both uncertain zones (answers B and D), the agreements were weaker indicating that subjects were not reliably responding when the building corner was probably in one of the two zones. Both findings are in accordance with conclusions stated by Hope and Hunter (2007).
- Comparing groups with various map use skills showed that more highly-skilled participants achieved better results in both types of visualization (shorter time of completion). Also the completion time improvement is more progressive when the same type of visualization is used (see Fig. 4 for details). However the t-test did not confirm significant differences.
- Completion is strongly affected by the so-called “learning effect”. Introductory task for new visualization type has always much longer completion time. This effect is valid for each change of visualization.

There still exists a gap between uncertainty cartographic visualization research and practical usage of uncertainty for decision making. Studies in psychology reveal new knowledge about human perception processes and should be combined with contemporary cartographic research in order to establish a broad interdisciplinary platform for map usability.

Fig. 1 Individual working areas of uncertainty visualization (adapted from Kubicek 2010).

Fig. 2 Alternative cartographic visualizations of uncertainty used within the test – scale (left) and graduated representation (right). Expected answers are “Probably in parcel A” (left) and “Definitely in parcel B” (right).

Fig. 3 General conceptual schema of usability testing within MUTEp environment. Each test begins with the introduction screen collecting basic information about participants. Abbreviations (OZ – Screen form, OV – Screen Submission, OP – Screen execution) represent different types of templates.

Fig. 4 Completion time for particular tasks and visualizations. Abbreviations: V1 – visualization 1 (graduated representation), V2 – visualization 2 (scale), O1-5 – experienced users, tasks 1 – 5 (A-E), L1-5 – inexperienced users, tasks 1 – 5 (A-E).

Tab. 1 Age and gender structure of test participants

Recenzovala:

Ing. Renáta ĎURAČIOVÁ, PhD.,
Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta,
Bratislava