

Radek DUŠEK

VLIV PROSTOROVÝCH EFEKTŮ NA VNÍMÁNÍ HODNOT KRUHOVÝCH DIAGRAMŮ

Dušek, R.: Influence of Spatial Effects on Perception of Pie Charts. Kartografické listy 2009, 17, 6 figs., 3 tabs., 5 refs.

Abstract: Spatial effects, so-called 3D charts, are currently used with still increasing frequency in graphic presentation for example for two-dimensional data. This trend appears also in cartography, especially in creation of diagrammatic maps. The content of the contribution is the overview of results of perception of pie charts with spatial effects. The contribution is a follow-up to the already carried out basic testing of some aspects of 3D effects, completes and extends the first test with similarly extensive new testing (approximately 220 respondents) focused on further effects. The overall results of both tests show that use of 3D effects in creation of pie charts can lead to distortion of the values perceived. The evaluation of tests reveals hardly removable influence that limits the possibilities of tests.

Keywords: diagram, pie chart, 3D effect, perception, testing, data presentation

Úvod

Kruhové diagramy patří spolu se sloupcovými k nejužívanějším typům diagramů na tematických mapách. Zřejmými a spolu souvisejícími důvody jejich užívání je jednoduchá konstrukce a velmi dobrá možnost odhadování hodnot. Přesto se lze při vytváření i při následném vnímání kruhových diagramů, a zejména jejich modifikací, setkat s řadou otázek a nejasností.

V současné době se při grafické prezentaci dat stále více používají prostorové efekty, např. pro dvojrozměrná data tzv. 3D grafy. Trend „3D“ znázorňování se v plné šíři projevuje i v kartografii (Dušek a Sedlářiková 2007) při znázorňování reliéfu, tvorbě kartodiagramů, objemových kartogramů (Veverka 1997) i při dalších metodách – např. J. Pravda (2007) uvádí pojem *metoda „3D v 2D“*. Při znázorňování reliéfu, statistických ploch nebo jiných trojrozměrných dat je snaha o „prostorové“ znázornění logická, i když je označování těchto metod pojmy *prostorový* a *3D* zavádějící. Při použití „3D znázornění“ pro dvojrozměrná i jednorozměrná data v kartografii je možné odlišit dva principiálně různé přístupy:

1. **Používání objemových diagramů.** Pro znázornění hodnot se užívají trojrozměrná tělesa (hranoly, válce, koule atd.) tak, že objem tělesa je jedna ze znázorněných hodnot. Metoda v sobě sice skrývá řadu problémů, jako např. odhadování objemů a jejich poměrů či rozdílů, způsob znázornění těles do roviny atd., a často by bylo vhodnější ji nahradit diagramem plošným, ale ve své podstatě je použita správně.
2. **Používání prostorových efektů.** I v tomto případě se používají tělesa, ale objem tělesa je zcela nepodstatný. Těleso je použito z jiných důvodů než je vyjádření hodnot, např. Voženílek (1999) doporučuje používat tyto způsoby znázornění v rámci popularizace, protože „přispívají k oživení a nápaditosti grafického znázornění“. Nejčastěji se jedná o doplnění plošného diagramu výškou na těleso, např. z kruhového diagramu je vytvořen nízký válec a původní diagram tvoří horní podstavu válce. Základním nedostatkem tohoto způsobu znázorňování je deformace původního diagramu, který je umístěn ve vodorovné rovině a šikmý průmět ho změní podle použité perspektivy. Použití prostorového efektu s diagramem ve svislé rovině

Ing. Radek DUŠEK, PhD., Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita v Ostravě, Chittussiho 10, 710 00 Ostrava, e-mail: radek.dusek@osu.cz

kolmé na směr pohledu (v nárysně) by nevedlo k deformaci (v případě válce by šlo o válec naležato), ale u diagramů kruhových se používá pouze ojedinele. Tento způsob je hojně využíván u sloupcových diagramů, kde je potom výška nezkruslena.

Vzhledem k tomu, že používání výše zmíněných prostorových efektů je stále častější (Adamec et al. 2006), je vhodné se zabývat tím, jak tyto efekty ovlivňují vnímání diagramů. Pro zkoumání vlivu prostorových efektů byl vybrán kruhový výsečový diagram, který je používán nejčastěji. Výzkum spočíval ve vytvoření testů obsahujících úlohy odhadů velikostí výsečí a vyhodnocení výsledků těchto testů. Testování probíhalo ve dvou etapách. První testování proběhlo v roce 2007 a ve stejném roce byly publikovány předběžné výsledky. Na výsledky prvního testu navázal v roce 2008 druhý test. Výsledky druhého testu a komplexní závěry z obou testů jsou obsahem tohoto příspěvku.

Již provedené testování (1. test)

Charakteristika i výsledky prvního testu byly publikovány v roce 2007. Test byl zaměřen na změnu kruhového diagramu na eliptický a vliv této změny na odhady velikostí výsečí. Teoretický rozbor změny tvaru (afinní transformace) byl uveden spolu s výsledky (Dušek a Sedlářiková 2007). Přehledně jsou výsledky testu znázorněny na obr. 3. a 4. – uvedené grafy zahrnují i kontrolní hodnoty z druhého testu, které ale výsledky téměř neovlivnily (viz dále). Poměrně zajímavé výsledky ukázaly vliv změny tvaru na odhad hodnot výsečí a zároveň závislost na poloze výseče.

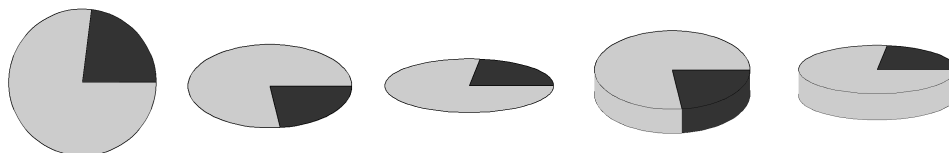
Mimo vlastních výsledků testu vyvstaly při vyhodnocování i otázky, které vedly k tvorbě druhého testu.

Charakteristiky druhého testu

Koncepce testu

Příprava druhého testu sledovala dva základní cíle: ověření výsledků prvního testu a rozšíření testování o další aspekty. Na základě těchto dvou cílů byly stanoveny následující otázky, na které měl test přinést odpovědi:

1. **Jsou výsledky prvního testu spolehlivé?** Pro nezávislé ověření výsledků prvního testu byly zařazeny čtyři totožné úlohy, které byly srovnány s 1. testem
2. **Může poloha výseče eliminovat vliv zploštění elipsy?** První test ukázal, že se zvětšováním zploštění elipsy se mění vnímání velikostí výsečí. Změna vnímání však závisí na poloze výseče – byly srovnávány výseče orientované svou osou do velké a malé poloosy elipsy. Ve druhém testu byly proto výseče voleny v polohách mezi poloosami elipsy (viz obr. 1).



Obr. 1 Ukázky diagramů použitých ve druhém testu

3. **Je válec vnímán jinak než elipsa?** První test se zaměřoval na vliv změny tvaru z kružnice na elipsu. Dalším krokem byla snaha zjistit, zda elipsa, jako horní podstava válce, je vnímána jinak než samostatně znázorněná elipsa. Test obsahoval stejné diagramy samostatně i jako podstavy. Tato otázka souvisí úzce i s otázkou následující.
4. **Ovlivňuje poloha výseče na válci odhad velikostí výseče?** Pokud je diagram na horní podstavě válce, mohou nastat dva základní případy umístění výseče:
 - a. osa výseče směřuje dozadu – na diagramu je viditelná pouze sama výseč,
 - b. osa výseče směřuje dopředu – na diagramu je viditelná výseč plus část pláště válce odpovídající výseči. Velikost výseče je stejná, ale poměr barevných ploch je na tomto diagramu zcela odlišný od případu a.

Je tedy otázkou, zda změna poměru barevných ploch povede ke změně odhadů velikostí hodnot znázorněných diagramem.

5. **Jak hodně jsou výsledky ovlivněny systematickým upřednostňováním zaokrouhlených hodnot?** Analýza výsledků prvního testu ukázala, že při odhadování velikostí výsečí upřednostňovali respondenti zaokrouhlené hodnoty (5, 10, 15, 20, 25...). U prvního testu měly výseče zaokrouhlené hodnoty (v procentech), proto byly v druhém testu zvoleny obecné hodnoty velikostí výsečí.

Charakteristika úloh

Test obsahoval 44 úloh pro odhadování velikostí výsečí a 14 úloh odhadování hodnot z plošných diagramů různých tvarů – vyhodnocení těchto úloh není obsahem příspěvku. Vzhledem k tomu, že odhadování hodnot z diagramů pro 58 úloh v řadě by vedlo ke stereotypu, únavě a snížení pozornosti, byly vloženy dvě doplňkové úlohy na rozptýlení a „osvěžení mysli“ (nakresli nosorožce, vyřeš předložený slovní rébus). Testu se zúčastnilo 90 respondentů. Obdobně, jako u testu prvního, se jednalo o studenty druhých a třetích ročníků geografických oborů.

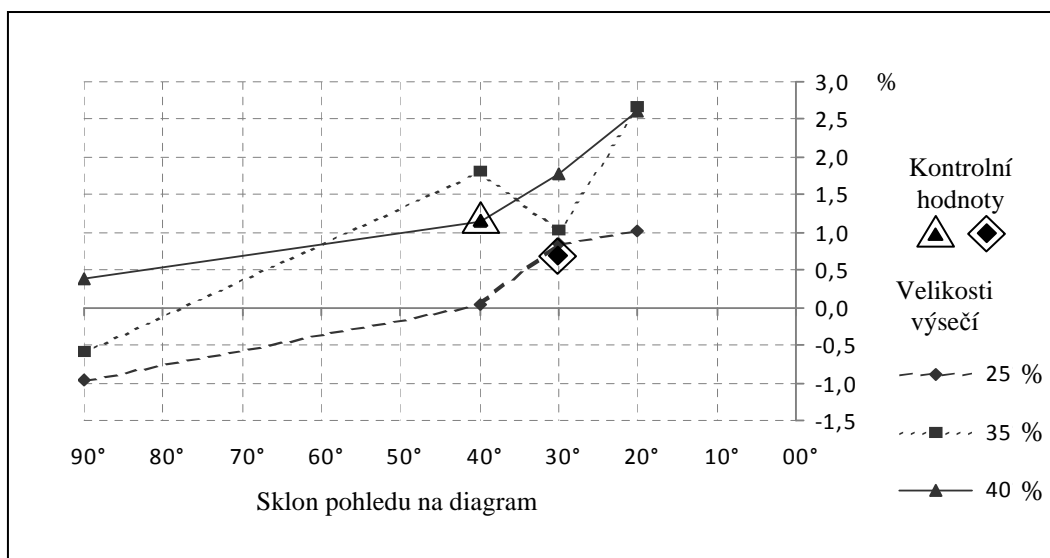
Pro možnost zjišťovat přesnost odhadů velikostí výsečí byly některé úlohy zařazeny do testu několikrát a test tak obsahoval 34 různých úloh. V úlohách byly použity tři velikosti výsečí: 17, 21 a 23 procent plochy diagramu. Byla použita jedna kružnice a dvě elipsy lišící se zploštěním. Tři tvary diagramů použité v testu odpovídají sklonům pohledu 90°, 40° a 30°.

Výsledky testů

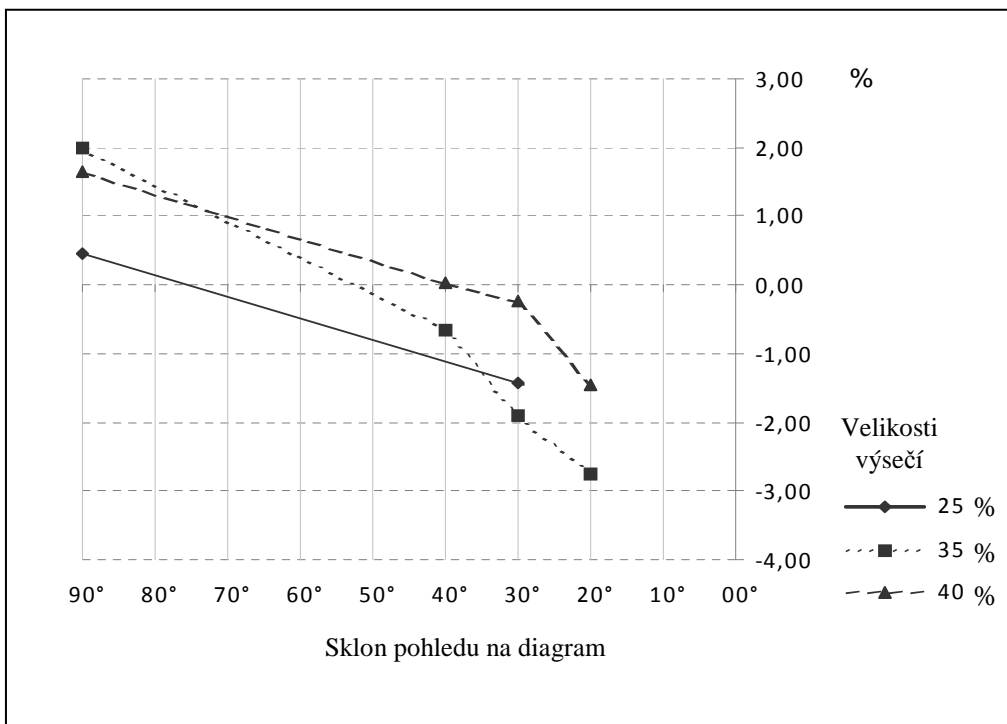
Obecná charakteristika výsledků

Hodnoty výsečí byly odhadovány v procentech celkové plochy kruhu, resp. elipsy. Veškeré dále uváděné výsledky (odhady, rozdíly odhadů a skutečných hodnot...) jsou uvedeny v procentech plochy obrazce.

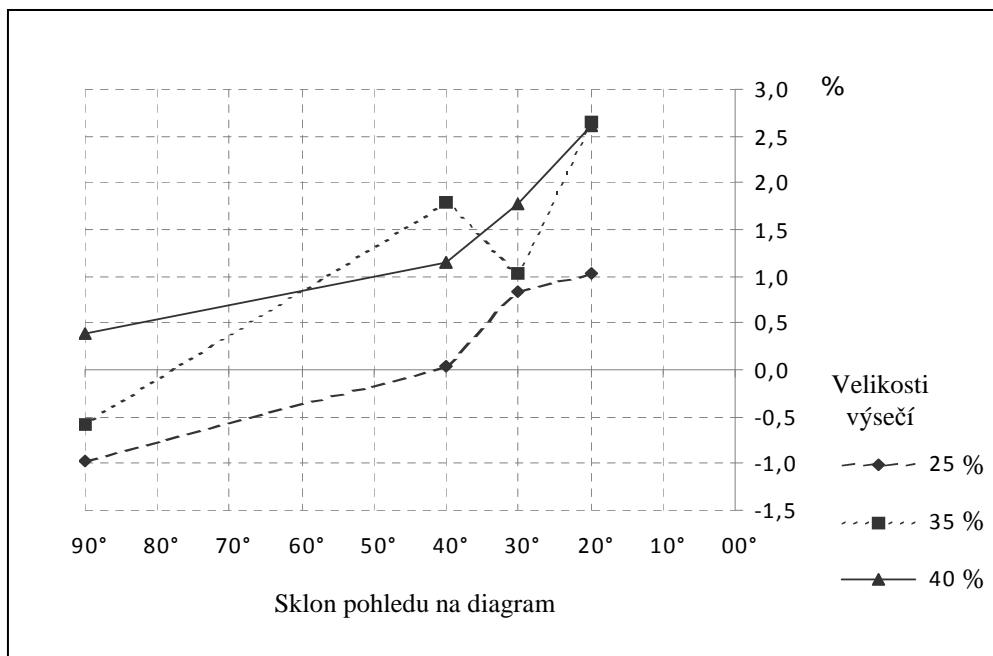
Výsledky testu poskytly poměrně rozsáhlý statistický materiál – 44 souborů o rozsahu cca 90 (někteří respondenti nezodpověděli všechny úlohy). Vzhledem k omezenému rozsahu příspěvku, není možné prezentovat statistické charakteristiky jednotlivých úloh. Všeobecně je možné konstatovat, že směrodatné odchylky úloh 2. testu se pohybovaly v rozsahu 1,0–2,8 procent, a rozptýly v rozsahu 5–18 procent (obr. 2 – 4). Soubory jsou dále zpracovávány, přičemž směry dalšího výzkumu jsou naznačeny v závěru příspěvku.



Obr. 2 Výsledky prvního testu doplněné o nové (kontrolní) hodnoty z druhého testu



Obr. 3. Závislosti chyby (rozdílu mezi odhadem a správnou hodnotou výšeče) na tvaru elipsy. Osa výšeče shodná s malou poloosou elipsy. Souhrnné výsledky 1. a 2. testu



Obr. 4. Závislosti chyby (rozdílu mezi odhadem a správnou hodnotou výšeče) na tvaru elipsy. Osa výšeče shodná s velkou poloosou elipsy. Souhrnné výsledky 1. a 2. testu

Obsahem příspěvku jsou závěry, které vycházejí pouze z průměrných hodnot pro jednotlivé úlohy. Pokud jsou dále prezentovány a srovnávány výsledky pro jednotlivé úlohy, jedná se o aritmetické průměry odhadů hodnot.



Otázka 1.

Výsledky čtyř kontrolních úloh byly porovnány s výsledky prvního testu. Příklad porovnání hodnot je graficky zachycen na obr. 2. Do grafu, který znázorňuje část výsledků prvního testu, jsou zakresleny dvě nově získané hodnoty. Obdobně dopadly druhé dvě úlohy v druhém grafu. Vzhledem k tomu, že kontrolní hodnoty druhého testu i jim odpovídající směrodatné odchylky potvrdily předchozí výsledky, bylo možné zahrnout čtyři kontrolní úlohy do výsledků prvního testu. Na obr. 3 a obr. 4 jsou formou grafů uvedeny souhrnné výsledky, které se z uvedených důvodů příliš neodlišují od grafů uvedených v Dušek, Sedlářiková (2007), ale na rozdíl od nich mají lineární vodorovnou osu a umožňují tak názorněji zachytit trendy v obou grafech.

Otázka 2.

Jestliže první test odhalil pro jednu polohu výšečí jejich zvětšování se sklonem pohledu a pro druhou polohu jejich zmenšování, bylo možné očekávat, že výšeče umístěné mezi tyto polohy nebudou sklonem ovlivněny, resp. kladné a záporné vlivy se budou navzájem eliminovat. Tento předpoklad byl potvrzen tím, že při vyhodnocování výsledků druhého testu s výšečemi mezi polohami nebyly nalezeny žádné závislosti mezi chybou v odhadu velikosti výšeče a sklonem pohledu. Výsledky zachycující chyby v odhadu velikosti výšečí ve vztahu ke sklonu, poloze výšečí i jejich velikosti jsou uvedeny v tab. 1. Rozdíly jsou počítány jako správná hodnota mínus hodnota odhadnutá.

Tab. 1 Rozdíly (%) mezi odhady a skutečnými plochami výšečí – druhý test



velikost výšečí (%)	Poloha výšeče 			Poloha výšeče 		
	sklon					
	90°	40°	30°	90°	40°	30°
23	-0,1	+0,0	+0,6	+0,1	+0,8	+0,3
21	-0,7	-0,6	-0,8	-0,2	+0,3	+0,1
17	-1,1	-0,9	-1,4	-0,8	-1,0	-0,7

To, že při určité poloze výšeče není ovlivněno vnímání její velikosti, umožňuje využít takové výšeče pro zkoumání dalších vlivů bez toho, aby se projevil sklon pohledu na diagram.

Otázka 3. a 4.

Na obě otázky odpověděly výsledky testu negativně. Tento výsledek je překvapivý. Bylo očekáváno zejména výrazné potvrzení kladné odpovědi na čtvrtou otázku. Předpoklad, že barevné plochy na pláštech válců ovlivní vnímání hodnot, se nepotvrdil. Výsledky jsou uvedeny v tab. 2 a neprokazují žádné rozdíly mezi odhady hodnot pro přivrácenou a odvrácenou polohou výšeče. Stejně tak se neprojeví rozdíly mezi odhadem hodnot z elips a z válců. Srovnání všech odpovídajících si eliptických a válcových diagramů je v tab. 3.

Tab. 2 Srovnání hodnot odhadů pro různou polohu výšeče válcového diagramu

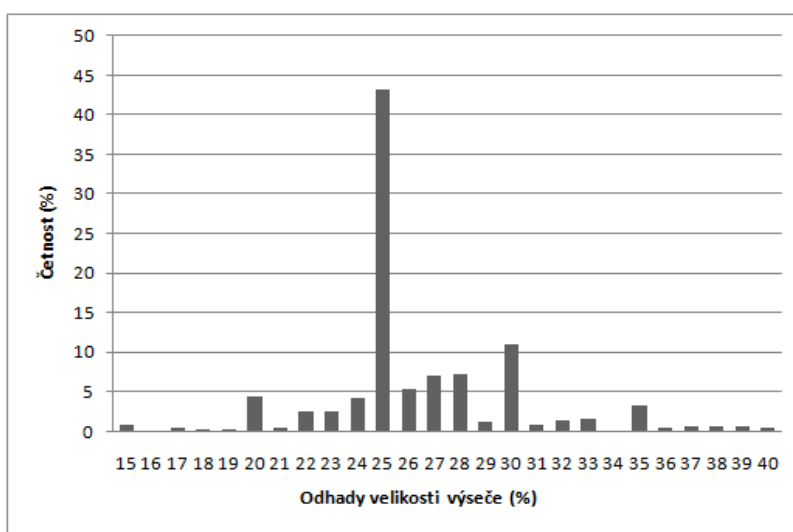
Velikosti výšečí (%)	Sklon pohledu		
23	40°	22,8	22,7
	30°	22,5	22,6
21	40°	21,8	21,2
	30°	21,3	21,0
17	40°	17,6	17,5
	30°	17,8	17,3

Tab. 3 Srovnání odhadů výšečí u elips a válců

	●						◐					
Válec	22,8	22,5	21,8	21,3	17,6	17,8	22,7	22,6	21,2	21,0	17,5	17,3
Elipsa	23,0	22,4	21,6	21,8	17,9	18,4	22,2	22,7	20,7	20,9	18,1	17,7

Otázka 5.

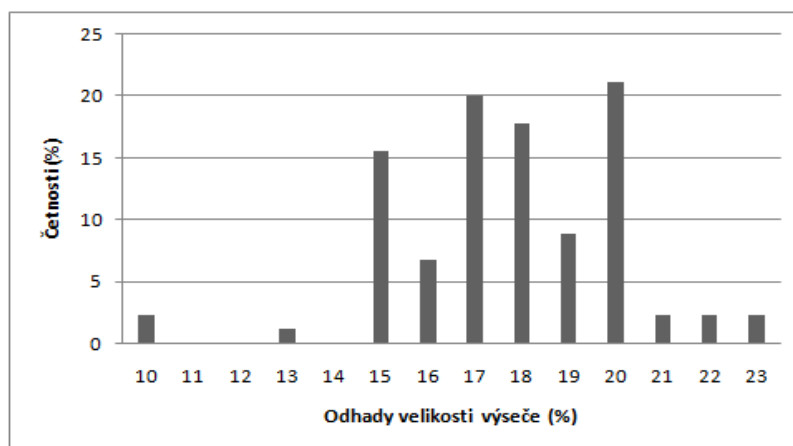
Při zpracovávání výsledků prvního testu byly pro jednotlivé úlohy vytvořeny histogramy odhadnutých hodnot. Tyto histogramy odhalily, že respondenti při odhadování hodnot upřednostňují zaokrouhlené hodnoty před hodnotami obecnými. Tento fakt se nyní zdá samozřejmý, ale při vytváření prvního testu nebyl uvažován, a tak velikosti výšečí v úlohách měly zaokrouhlené hodnoty (i autoři testu v tomto případě podleli „pěkným číslům“). Výsledky druhého testu ukázaly, že ten-



Obr. 5. Ukázka histogramu odhadů plochy výšeče pro jeden z testovaných diagramů 1. testu – hodnota výšeče 25 %

to sklon k zaokrouhleným číslům velmi podstatně ovlivňuje vnímání hodnot i s tím spojené testování. Jedná se o systematickou chybu, která je podstatná pro rozložení odhadovaných hodnot. Způsoby ovlivnění jsou patrné z pátého a šestého obrázku. Obr. 5 je jeden z histogramů prvního testu, kdy hodnota výšeče byla 25 %. Vedle vysoké četnosti správných odpovědí je jasně viditelné zvýšení četností pro hodnoty 15, 20 a 35. Vysoká četnost správných odpovědí vypadá na velmi dobrý odhad značné části respondentů, ale ve skutečnosti je z velké části dána sklonem k zaokrouhleným číslům, což je v tomto případě správný výsledek. Zcela odlišnou situaci zachycuje obr. 6. Na něm je histogram z druhého testu s hodnotou výšeče 17 %. Správná hodnota je sice odhadována relativně často (výsledná průměrná hodnota odhadů u této úlohy je 17,7 %), ale nepřehlédnutelné jsou četnosti hodnot 20 a 15, kdy dvacet je dokonce nejčetnější odhad, a zvýšená četnost je také u 10. Již z vizuálního srovnání histogramů je patrný významný vliv tohoto fenoménu při odhadování hodnot.

Odstranění, nebo alespoň podchycení tohoto vlivu, je značně obtížné. Pro provedené testy (nebo podobná testování v budoucnosti) se nabízí možnost vyhodnocení výsledků jednotlivých respondentů, zda sklon k zaokrouhlování mají pouze někteří jedinci a ovlivňují systematicky všechny úlohy nebo zda jde o obecně rozšířený přístup k odhadování hodnot.



Obr. 6. Ukázka histogramu odhadů plochy výseče pro jeden z testovaných diagramů 2. testu – hodnota výseče 17 %

Závěr

Odpovědi na otázky stanovené pro 2. test jsou podrobně rozebrány v příslušných odstavcích. I když se základní předpoklad (otázka 4) nepotvrdil, jsou výsledky přínosné.

Shrnutím výsledků obou provedených testů je možné konstatovat, že při používání kruhových diagramů v podobě elips a válců má rozhodující vliv změna kružnice na elipsu. Vedle vlivu zploštění elipsy (sklonu pohledu na digram) v tomto případě hraje roli i poloha výseče v elipse. Při používání válce místo elipsy, ani při různé poloze výseče na podstavě válce, nebyly prokázány změny ve vnímání hodnot výsečí.

Směry dalšího výzkumu

V oblasti vnímání diagramů zůstává stále mnoho nezodpovězených otázek. V současnosti se nabízejí dva možné směry pokračování výzkumu:

1. **vytváření nových testů** pro nové typy úloh, lze např. u kruhových diagramů zjišťovat vliv barvy či výplně výsečí, vliv počtu výsečí a jejich velikosti a uspořádání, pozadí diagramu, vliv překrývajících se diagramů apod., případně se zaměřit na jiné tvary a druhy diagramů,
2. **podrobné zpracování získaných výsledků.** Z rozsáhlých souborů bylo zatím využito jen málo. Např. poměrně velké rozptyly u některých úloh nastolují otázku vztahu velikosti výseče a přesnosti odhadu. Ještě více možností nabízí zpracování výsledků nikoli podle úloh, ale podle jednotlivých respondentů. To umožní zjistit, zda odhady jednotlivců jsou náhodné nebo zatížené systematickou, či dokonce konstantní chybou, zda a jak hodně je přesnost odhadů u jednotlivců různá, zda a v jaké míře upřednostňují zaokrouhlené čísla, zda je možné rozdělit respondenty do nějakých charakteristických skupin apod.

Pro další pokračování výzkumu byl zvolen bod 2.

Literatura

- ADAMEC, M., DUŠEK, R., SEDLÁRIKOVÁ, R. (2006). Tematické mapy jako produkty GIS - hodnocení na příkladu ESRI Map Book. In *Česká geografie v evropském prostoru*. Sborník XXI. sjezdu ČGS. České Budějovice (Česká geografická společnost), s. 803-809.
- DUŠEK, R., SEDLÁRIKOVÁ, R. (2007). Vnímání diagramových znaků na tematických mapách. In *17. kartografická konferencia, Súčasný trendy v kartografii*. Bratislava (Kartografická spoločnosť Slovenskej republiky), s. 63-68.
- PRAVDA, J. (2007). Mapy v Atlase obyvateľstva Slovenska. *Kartografické listy*, 15, s. 106-115.

VEVERKA, B. (1997). *Topografická a tematická kartografie*. Praha (České vysoké učení technické).
VOŽENÍLEK, V. (1999). *Aplikovaná kartografie I. – tematické mapy*. Olomouc (Univerzita Palackého).

S u m m a r y

Influence of Spatial Effects on Perception of Pie Charts

Pie charts are on topic maps frequently used in the form of three-dimensional objects (low cylinders). The circular shape of the diagram is deformed into an ellipse and this makes the perception of surfaces more difficult. In order to discover the influence of this deformation on the perception of sectors two tests were carried out focused on the estimation of the sizes of the sectors in circles and ellipses. The results of the tests prove that the estimates of the sizes of sectors are systematically affected by the shape of the ellipse and also by the position of the sector in the ellipse (Fig. 3 and 4).

Furthermore the influence of the position of the sector in cylindrical pie chart was researched. The question was whether the sector penetrating into the visible part of the coat of the cylinders is perceived in a different way than the sector located in the back half of the base. Even though the resulting colour areas of these sectors are different and they differ by areas on the coat of the cylinders, the tests did not prove differences in perception of these sectors.

In evaluation of the frequency of individual answers to the task of tests we discovered a problem that complicates the evaluation of the tests and limits their accuracy. In assessing the percentage share of individual sectors the respondents prefer rounded values and those are then several times more frequent. It is a systematic influence that can not be completely eliminated.

On the basis of the test results it is possible to state that in using of spatial effect in circular sector diagrams the deformation of the circle to ellipse is the decisive one, other influence was not proved.

Fig. 1 Models of diagrams used in the test

Fig. 2 Chart of the results of the first test completed with new (verifying) values from the second test

Fig. 3 Chart of the dependence of error in the estimation of the sector on the ellipse shape. Sector axis concordant with small semi axle of the ellipse. Overall results of test 1 and test 2

Fig. 4 Chart of the dependence of error in the estimation of the sector on the ellipse shape. Sector axis concordant with long semi axle of the ellipse. Overall results of test 1 and test 2

Fig. 5 Example of histogram of evaluations of the area of sector for one of the tested diagrams of the 1st test

Fig. 6 Example of histogram of evaluations of the area of sector for one of the tested diagrams of the 2nd test

Tab. 1 Differences (%) between the evaluations and actual areas of the sectors - second test

Tab. 2 Comparison of values of evaluations of sectors for different position of the sector of 3D diagram

Tab. 3 Comparisons of evaluations of sectors in ellipses and cylinders

Lektoroval:

Doc. RNDr. Jaromír KAŇOK, CSc.,
Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta
Olomouc, Česká republika