

Zdena DOBEŠOVÁ¹

Problémy tvorby a použítí typizace podle trojúhelníkového grafu

Úvod

Trojúhelníkový graf je jedna z metod typizace dat v případě popisu jevu pomocí tří číselných údajů. Použití této metody v sobě skrývá již úskalí správného stanovení třech vstupních údajů, tak aby číselně popisovaly úplně sledovaný jev. Další problémem je technická konstrukce trojúhelníkového grafu, vynesení bodů a rozdělení trojúhelníka na dílčí oblasti – proces typizace.

Konstrukci trojúhelníkového grafu a typizaci dat řeší uživatelský program pro ArcGIS for Desktop vyvinutý na Katedře geoinformatiky Univerzity Palackého Olomouc. Tento program napomáhá a řeší i různé způsoby dělení trojúhelníka na skupiny různých typů jevů. Součástí jsou předdefinované šablony symetrického dělení trojúhelníka. Předností řešení tohoto programu je i výpočet tzv. linií průměrů, které pro data s výrazným shlukem naznačují správný způsob dělení trojúhelníkového grafu. V případě shluku dat je nesprávné použití některého symetrického dělení. Návrh dělení trojúhelníkové grafu musí vždy rozhodnout odborník a kartograf, aby typizace vyjadřovala správným způsobem kategorie typů, např. věkové složení obyvatelstva v okresech nebo skladbu primárního, sekundárního a terciárního sektoru v obcích.

Příklady použití tohoto způsobu typizace budou prezentovány v tomto příspěvku.

Třídílná struktura jevu

Trojúhelníkový graf je graf, kde každá strana slouží jako osa systému souřadnic. Každá osa charakterizuje jeden prvek struktury daného jevu. Používá se pro popis jevu, jehož struktura je třídílná (Voženílek, Kaňok 2011). Pravidlo tří číselných složek je nutné dodržet. Vymezení třídílné struktury jevu může být prvním úskalím při použití tohoto grafu v procesu typizace.

Časté použití trojúhelníkové grafu je v demografii, ekonomické a regionální geografii. Popis jevu se může provádět bez problému pro různě velké regiony (obce, okresy, kraje, státy). Typické příklady, kde je ustálené stanovení třídílné struktury jsou následující:

- Zaměstnanost obyvatelstva v primárním, sekundárním a terciárním sektoru.
- Věkové skupiny obyvatelstva - předproduktivní věk, produktivní věk, poproduktivní věk.

¹ Ing. Zdena DOBEŠOVÁ, PhD., Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého, 17. listopadu 50, 771 46 Olomouc, e-mail: zdena.dobesova@upol.cz

Věkové skupiny jsou rozděleny na skupinu 0-14 roků, 15-60 roků, 61 a více roků. Drobné odlišnosti dělení do skupin můžou být u nejvyšší věkové hranice pro muže a ženy podle stanového věku odchodu do důchodu v různých státech a letech.

- Vzdělanost obyvatelstva

Časté jsou tři skupiny: základní, středoškolské a vysokoškolské vzdělání. Toto členění již zahrnuje určité agregace. Do základního vzdělání se zahrnuje i obyvatelstvo bez základního vzdělání, to jsou osoby ve věku před školní docházkou. Do druhé skupiny se sdružuje středoškolské vzdělání bez maturity a středoškolské vzdělání s maturitou a další.

- Struktura zemědělského půdního fondu

Třídílná struktura se popisuje zastoupením např. orné půdy, trvalých kultur a pastvin.

Názorné příklady použití typizace podle trojúhelníkového grafu lze nalézt v Atlasu obyvatelstva Slovenska (2006). Jeden příklad je uveden na Obr. 1.



Obr. 1 Typy okresů podle základních věkových skupin obyvatelstva (Atlas obyvatelstva Slovenska, 2006))

Výše zmíněné příklady vždy používají rozdělení do tří skupin (složek), které číselně plně pokrývají sledovaný jev. Nesmí existovat nějaké čtvrtá „nesledovaná“ skupina. Toto je podmínka nasazení tohoto typu grafu a následné typizace. Může nastat však situace, kdy sledovaný jev nelze vystihnout přesně třemi rovnocenně významovými údaji tak, aby zahrnuly všechny skupiny obyvatelstva nebo všechny složky jevu. Přesto by se jevílo jako vhodné provést typizaci právě podle trojúhelníkového grafu.

Pokud takové skupiny (složky) přímo nejsou určitelné, musí se data agregovat právě do tří skupin. Někdy se musí agregace provést tak, že se ke dvěma přirozeným skupinám vytvoří třetí skupina, která agreguje všechny zbývající jevy (skupina „ostatní“), pokud je složek čtyři a více. Třetí skupina „ostatní“ zajistí úplné pokrytí jevu. Je nepřijatelné sledovat pouze tři hlavní jevy a nezahrnout zbylé složky.

Ukázkovým příkladem je sledování důvodů migrace obyvatelstva. Autoři Osmančík, Valenta (2000) dělí migraci obyvatelstva v okresech Opava na migraci pracovní, rodinnou a ostatní. Pracovní důvody migrace jsou spojeny hlavně se změnou zaměstnání. Mezi důvody rodinné migrace zařadili migraci spojenou se sňatkem, úmrtím, rozvodem, popřípadě narozením potomka. Do skupiny „ostatní“ migrace zařadili další důvody migrace, které nespádají pod žádný z výše uvedených typů migrace, a jsou to změna bydliště spojená se studijními důvody, ekologické důvody, zdravotní důvody.

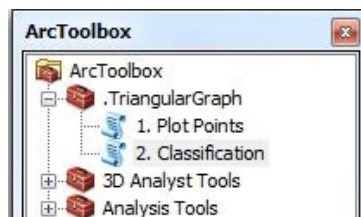
Příkladem může být i struktura zahraničního obchodu: výrobky průmyslové, výrobky potravinářské a ostatní. Do skupiny „ostatní“ lze zařadit suroviny, umělecké předměty atd.

Dalším příkladem je např. vyjádření národnostního složení obyvatelstva, kde početně převládají dvě dominantní národnosti a třetí skupinu lze vytvořit jako počet všech ostatních národností, kterých je více, a jsou početně menší. Příkladem je i členění menšin uvedené v článku Krzywicka-Blum (2003). Autorka obyvatelstvo v Africe člení do skupin: bílí, černí, Hispánci a ostatní. Do třetí skupiny jsou k Hispáncům připojeny společně další menšiny. Ve všech těchto případech je nezbytná znalost vyjadřované problematiky, aby nedošlo k chybnému použití trojúhelníkového grafu.

Automatizace tvorby trojúhelníkového grafu a typizace

Konstrukce rovnostranného trojúhelníkového grafu a princip vynesení bodů je dobře popsán v teoretické literatuře (Voženílek, Kaňok 2011; Kaňok 1999). Vynesení bodů do trojúhelníku a následnou typizaci je možné provést ručně, což je dosti pracné. Částečnou automatizaci práce lze provést pomocí Microsoft Excel. Na internetu jsou dostupné ke stažení sešity pro Microsoft Excel, kde jsou předdefinované tabulky se vzorci a trojúhelníkový graf. Pomocí těchto listů je možné pro vložená data automaticky zkonstruovat polohu bodů v trojúhelníku. Jedná se o aplikaci firmy Aqueous Solutions Aps. (2013) s názvem „Template for triangular diagrams“. Alternativou jsou internetové stránky W. Vaughana (2011), kde je k dispozici také ke stažení Microsoft Excel soubor. Automatizované vynesení bodů do trojúhelníkového grafu ale řeší pouze první část procesu typizace. Druhý krok, kterým je návrh dělení trojúhelníka na zóny a zařazení zdrojových jevů do kategorií se musí dále provést ručně.

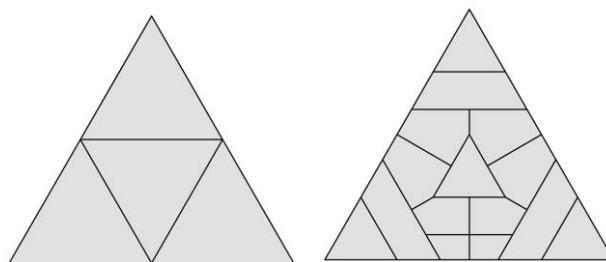
Program „Triangular Graph“, který vznikl jako rozšíření (uživatelský toolbox) pro software ArcGIS for Desktop, automatizuje všechny kroky procesu typizace podle trojúhelníkového grafu. Autorem programu je S. Ganbaatar, který jej vytvořil v rámci své bakalářské práce na Katedře geoinformatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci (Ganbaatar 2013). Program je volně stažitelný z adresy <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=661a8e7c463a4bd2b529f01221efa8f2>.



Obr. 2 Uživatelský toolbox „Triangular Graph“ pro ArcGIS

Výhodou tohoto programu je, že celé zpracování probíhá v ArcGIS. Zdrojová data mohou být ve formátu SHP nebo geodatabáze. Uživatel pouze zadá názvy tří atributů, kde se nachází číselné údaje zdrojových složek pro typizaci. Program automaticky přepočte vstupní číselné údaje na procenta tak, aby vždy tři složky vstupních údajů dávaly dohromady 100 %. Dále se vytvoří automaticky geometrie rovnostranného trojúhelníku, který je uložen ve formátu SHP. Pro trojúhelník jsou použity absolutní souřadnice. Levý dolní roh má souřadnice [0;0], pravý dolní roh má souřadnice [100; 0] a horní roh trojúhelníka má souřadnice [50; 86,6]. Následně je vytvořena nová bodová vrstva, která obsahuje vypočítané polohy bodů, které jsou umístěné do rovnostranného trojúhelníka podle tří hodnot vstupních číselných složek. Trojúhelník i body lze zobrazit v samostatném datovém rámci a přidat je tak do mapové kompozice v ArcGIS.

Druhý nástroj v uživatelském toolboxu provádí typizaci podle uživatelem stanoveného vnitřního členění trojúhelníku. Uživatel může použít dvě předdefinované šablony nebo navrhnout vlastní vnitřní členění trojúhelníku. Obě šablony provádí symetrické členění. První členění obsahuje čtyři symetrické zóny, druhá šablona obsahuje 15 symetrických zón. V případě jiného členění zón je musí uživatel sám zakreslit jako novou polygonovou vrstvu.



Obr. 3 Šablony členění trojúhelníkového grafu (4 a 15 zón)

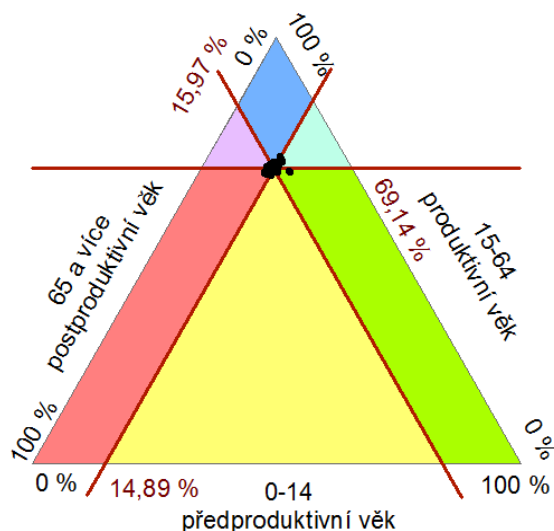
Stanovení členění trojúhelníkového grafu a typizace

Návrh vnitřního členění trojúhelníka může být další úskalí použití této metody typizace. Cílem typizace je roztřídit vybrané jevy v mapovém prostoru podle podobných znaků do skupin. Výsledné skupiny se vyznačují určitou podobností (nikoliv shodností) nebo jen blízkými vlastnostmi (Voženílek, Kaňok 2011)

Málokdy jsou jevy rovnoměrně rozmístěny po celé ploše trojúhelníku. Vnitřní členění trojúhelníka se většinou řídí vzniklými shluky bodů, tzv. typy. Rozčlenění může být symetrické, kdy se člení na různý počet trojúhelníků, kosočtverců a pětúhelníků. V některých případech se provádí rozčlenění asymetrické na trojúhelníky tak, aby se lépe postihly výrazné shluky koncentrované v jedné oblasti trojúhelníka. V tomto případě je vodítkem stanovení průměrných hodnot a tzv. linií průměrů. Tyto linie dělí shluk uprostřed na vyvážené skupiny. Ukázka shluku a linií je na obrázku 4. Tento shluk reprezentuje složení věkových skupin obyvatelstva v České republice v okresech v roce 2011. Je patrné, že věkové složení je ve všech okresech hodně podobné. Z toho důvodu je vhodné asymetrické členění tak, aby se zdůraznily podobnosti a vytvořilo se šest odlišných kategorií.

Rozhodnutí o výběru členění je opět na tvůrci mapy. Příklad na obrázku 5 ukazuje Olomoucký kraj a podíl ekonomicky aktivního obyvatelstva v hlavních sektorech hospodářství. Mapa ukazuje použití symetrického členění na 16 vnitřních zón. V tomto případě některé kategorie nejsou vůbec v mapě použity, neboť shluk

bodů ukazuje na převahu sekundárního a terciárního sektoru. Použití symetrického členění se může jevit jako nevhodné. Ale v případě, že jsou takto zpracovány všechny kraje České republiky se stejným členěním trojúhelníku, lze je navzájem porovnávat a sledovat odlišnosti. V případě asymetrického členění podle „linií průměru“ by toto členění bylo vždy jiné (jiné průměrné hodnoty) pro různé kraje a vzájemné porovnání krajů by nebylo možné. Při symetrické typizaci lze použít porovnávání i pro jeden kraj v různých časových obdobích.



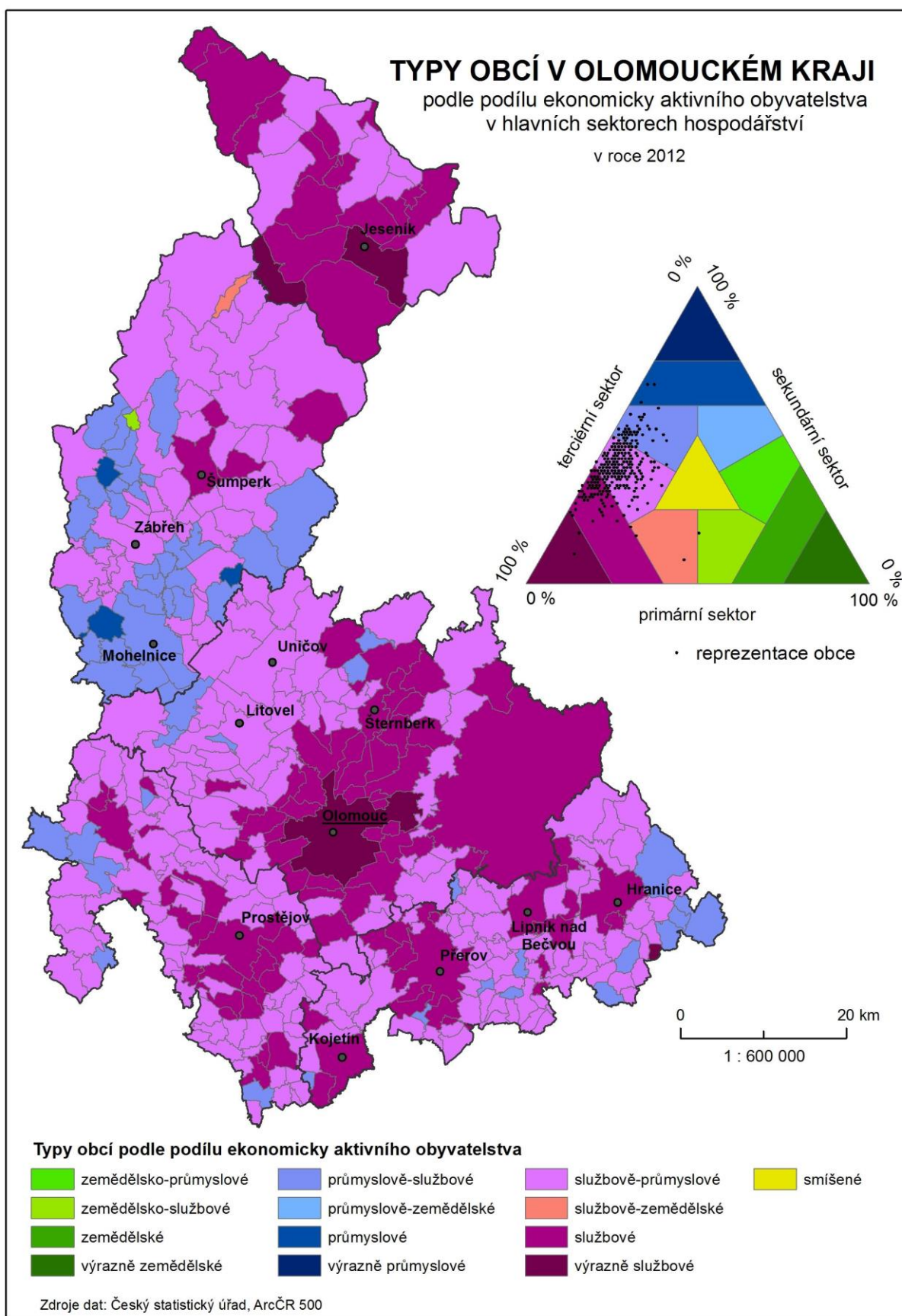
Obr. 4 Shluk bodů a tři linie průměrů v trojúhelníkovém grafu

Pokud není třeba porovnávat podle stejné typizace, ale naopak je účelem vystihnout dílčí odlišnosti, je lépe použít asymetrické členění podle „průměrných linií“. To znázorňuje mapa na obr. 6, kde je zobrazeno stejné téma jako na obr. 5 založené na stejných datech z roku 2011 pro Olomoucký kraj. Je zřejmé, že výsledná typizace na šest kategorií je úplně jiná. Ze stejných dat vznikly dvě různé mapy jen vlivem použití různého členění trojúhelníku. Pro lepší čitelnost map je text článku a mapy v barevném provedení dostupné na adrese <http://www.dobe.ic.cz/trian.pdf>.

Použití barev

Vliv na čtení mapy bude mít i volba barev pro jednotlivé kategorie v procesu typizace. Protože se v tomto případě jedná vždy o vyjádření kvality, platí pravidlo, že se využívá změna tónu barvy (nikoliv jasu nebo sytosti). Volí se takové tóny, které mezi ostatními nepůsobí dominantně (Voženílek, Kaňok 2011). Příklad použití nedominantních barev je na obr. 1 a 4. Navíc se může uplatnit při volbě barvy pravidlo asociativity. Na obr. 5 jsou použity odstíny zelené barvy pro kategorie s převahou zemědělské aktivity obyvatelstva. Některé barevné stupnice lze již považovat za ustálené.

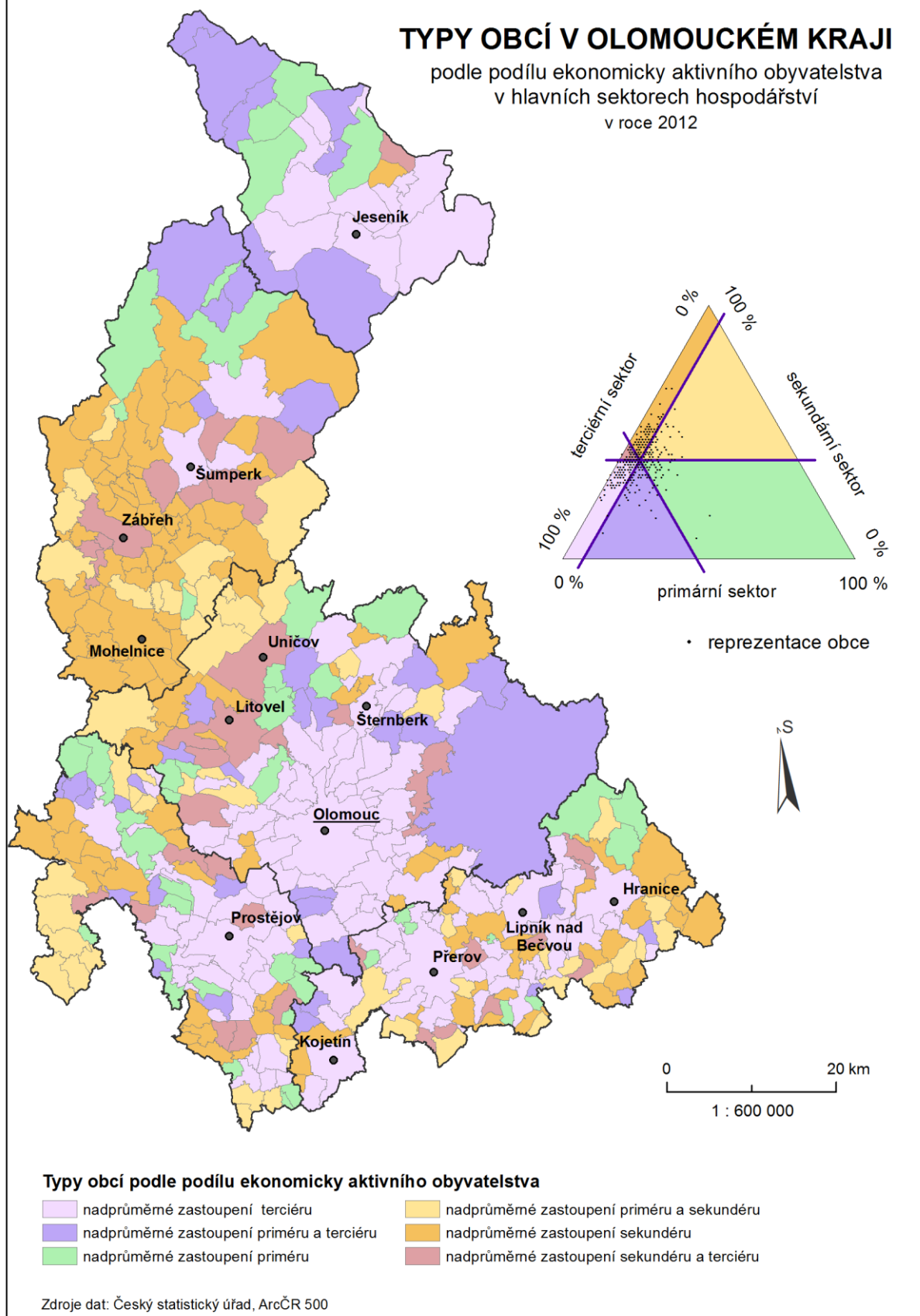
Zajímavý návrh barev pro vyjádření minorit v Africe lze nalézt v textu článku Krzywicka-Blum (2003). Autorka navrhuje typizaci podle menšin v Africe vyjádřit způsobem členění trojúhelníku na 9 oblastí (Obr. 7). Při dominanci jedné minority přes 67 %, navrhuje použít vždy plnou barvu (červená, modrá, žlutá). Jedná se o tři skupiny vždy přímo u vrcholů trojúhelníka.



Obr. 5 Typizace podle symetrického rozdělení trojúhelníkového grafu (Ganbaatar 2013)

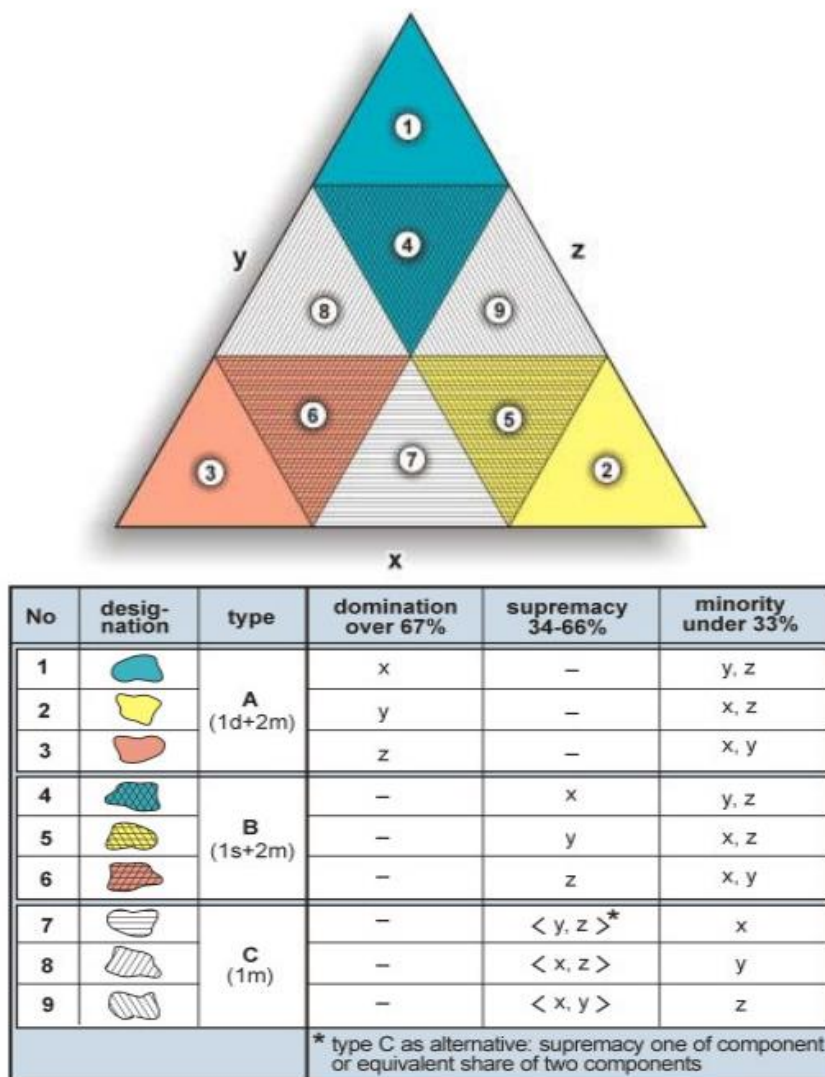
TYPY OBCÍ V OLOMOUCKÉM KRAJI

podle podílu ekonomicky aktivního obyvatelstva
v hlavních sektorech hospodářství
v roce 2012



Obr. 6 Typizace podle „linií průměrů“

Pro další tři trojúhelníky, které představují dominanci jedné skupiny mezi 34 až 66 % a další dvě minority s podílem menším jak 33 %, navrhuje použít kombinaci barevné výplně odpovídající barvě u vrcholu trojúhelníku (stále vysoké zastoupení minority) a zároveň šedou šrafu. Jsou zvoleny tři různé směry šraf pro odlišení tří různých kategorií. Pro zbývající tři skupiny navrhuje pouze šedou šrafu bez barevné výplně. V těchto skupinách mají vždy dvě minority podíl mezi 34 až 66 % a třetí minorita má podíl pod 33 %. Není zde tedy výrazná převaha jedné minority.



Obr. 7 Návrh barev pro vyjádření minorit v Africe (Krzywicka-Blum 2003)

Závěr

Typizace podle trojúhelníkového grafu je poměrně málo používaná metoda klasifikace při digitální tvorbě tematických map. Důvodem je pracnost konstrukce grafu a následná typizace. Většímu uplatnění v mapové tvorbě by mohl napomoci program „Triangular Graph“, který je dostupný jako extenze pro ArcGIS for Desktop. Tento program je volně stažitelný ze stránek přispěvatelů Esri.

Článek dále poukazuje na některá úskalí při nasazení metody typizace. Prvním je popsání jevů právě třemi složkami. V textu je navrženo použití třetí skupiny „ostatní“ na několika méně běžných příkladech tak, aby jev byl pokryt úplně.

Dále jsou prezentovány dvě rozdílné mapy typů obcí v Olomouckém kraji podle podílu ekonomicky aktivního obyvatelstva, které jsou založeny na stejných datech z roku 2012. Každá z těchto map vychází z různého dělení trojúhelníka – symetrickém a asymetrickém (podle průměrných linií). Při porovnávání s jinými kraji nebo při časovém porovnávání je doporučeno symetrické, stálé dělení trojúhelníka. Pro lepší vyjádření typizace obcí, které spadají do podobné skupiny podle zastoupení obyvatel v primárním, sekundárním nebo terciárním sektoru, je doporučeno asymetrické dělení trojúhelníka podle tzv. linií průměru. Výpočet těchto linií je dostupný i ve výše zmíněném programu pro ArcGIS.

Posledním krokem při tvorbě tematické mapy je výběr vhodných barev. Výběr by se měl řídit pravidly pro volbu vyjádření kvality, tj. odlišné typy vyjádřit odlišnými tóny barev. Vhodné je dodržet i pravidlo asociativity, pokud je to možné. Zajímavý je i návrh barev prezentovaný Krzywicka-Blum (2003), kde autorka kombinuje barevnou výplň a šrafy podle procentuálního podílu tří složek (Obr. 7). Všechny v článku zmíněná úskalí určitě napomůžou při správném použití metody typizace podle trojúhelníkového grafu budoucím tvůrcům tematických map.

Literatura

- Aqueous Solutions Aps. (2013). Template for triangular diagrams in MS Excel, Soborg, Denmark, Cit. 12. 12. 2013. Dostupné na:
<www.phasediagram.dk/triangular.xlsx>
- Atlas obyvateľstva Slovenska*. (2006). 1. Vydanie, Bratislava: Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, 168 s.
- GANBAATAR, S. (2013). Automatická typizace dat pomocí trojúhelníkového grafu, bakalářská práce, Univerzita Palackého Olomouc, 44 s.
- KAŇOK, J. (1999). *Tematická kartografie*, Ostravská univerzita. Ostrava, 266 s.
- KRZYWICKA-BLUM, E. (2003). Cartography in the face of socio-cultural transformation of global population – some remarks on the background of projected ICA, *Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC)*, Durban, South Africa, 531-539 s.
- OSMANČÍK, V., VALENTA, O. (2000) *Seminární práce o základních geografických pohybech obyvatelů okresu Opava*. Cit. 6. 6. 2014. Dostupné na :
<http://www.postmoderne.net/ondre/centrum/skola_soubory/Prirodoveda/okres%20Opava.htm>
- VAUGHAN, W. (2011) Ternary plots. Cit. 12. 12. 2013, Dostupné na:
<<http://wvaughan.org/ternaryplots.html>>
- VOŽENÍLEK, V. KAŇOK, J. eds. (2011) *Metody tematické kartografie, vizualizace prostorových jevů*, Univerzita Palackého, Olomouc, 216 s.

S u m m a r y

Problems in creation and utilization of the triangle graph in the process of classification

Classification by a triangular graph is relatively rarely used method for creation of thematic maps. Perhaps, both the construction of the graph and subsequent classification is labour. The program "Triangular Graph" would be helpful in the using of this cartographic method. Program "Triangular Graph" is an extension (custom

toolbox) for Esri ArcGIS for Desktop (Fig. 2) created by S. Ganbaatar (2013). Free download is available from:

<http://www.arcgis.com/home/item.html?id=661a8e7c463a4bd2b529f01221efa8f2>.

Additionally, this article highlights some difficulties in an utilization of this method. The first difficulty is to describe the phenomenon just by three components. The recommendation is to create a third group named "others" to cover whole phenomenon completely. The next important decision is the selection of division of the equilateral triangle (Fig. 3). Author of map can use a symmetrical division or an asymmetrical division of the triangle. An asymmetrical division can respect the average lines to distinguish the similar types. To describe the influence of division of triangle, the article presents two different maps with types of municipalities in the Olomouc Region according to the portion of economic activity of the population in the main sector of the economy in 2012 (Fig. 5 and 6). In the case of symmetrical division, some categories in the legend are not used. However, this division is better in comparing more regions or time comparison. Asymmetrical division of triangle according to the average lines better expresses the similar groups of municipalities. Program "Triangular Graph" offers the optional calculation of "average lines".

The last discussed issue is the colour setting for categories. The rules for expressing quality are necessary to follow. The suggestion of combination of solid colour fill and hatch for three minorities in Africa (white, black, Hispanic and others) is also inspiring (Fig. 7). Some remarks mentioned in this article would be supposed helpful in utilization the classification by triangular graph for thematic maps.

Fig. 1 Types of districts according to the basic population age groups (Population Atlas of Slovakia 2006)

Fig. 2 Custom toolbox "Triangular Graph" for ArcGIS

Fig. 3 Templates for division of triangular graph (4 and 15 parts)

Fig. 4 Cluster of points and three average lines in triangular graph

Fig. 5 Classification according to the symmetrical division of triangle (Ganbaatar 2013)

Fig. 6 Classification according to the "average lines"

Fig. 7 Suggestion of colors for minorities in Africa (Krzywicka-Blum 2003)