

JAROMÍR KAŇOK

KARTOGRAM A KARTODIAGRAM – STANOVENÍ OBJEKTIVNÍ STUPNICE

J. Kaňok: *Cartogram and Cartodiagram – Determination of Objective Scale*. Geografie – Sborník ČGS, 104, 4, pp. 268 – 281 (1999). – On thematic maps created on computers mistakes often appear, because specialists in informatics who lack the fundamental knowledge of thematic cartography usually make mistakes. One of the most frequent mistakes arises when creating scales of cartograms and cartodiagrams. Cartogram is a map with partial territorial units, to which statistical data (relative values) mostly of geographical character are illustrated by areaway. Cartodiagram is a map with partial territorial units, in which the statistic data (absolute values) mostly of the geographic character are demonstrated by diagrams. The following procedure should be kept: numeration of occurrence of the phenomenon in regular intervals; determination of the distribution; eventual testing; creation of scale according to the character of frequency division; choice of suitable colours, rasters; arranging of resulting cartograms or cartodiagram.

KEY WORDS: thematic cartography – cartogram – cartodiagram – scale – terminology.

Príspevek vznikl v rámci grantu GAČR č. 403/98/0642 s názvem Mentální mapa českého Slezska. Vědomí slezské identity obyvatelstva.

Úvod

V poslední době, zvláště při používání počítačových programů vytvářejících tematické mapy, se na výsledných mapách vyskytují zásadní chyby. Tyto chyby vznikají většinou proto, že tematické mapy tvoří obyčejně neodborníci nebo nadšenci, kterým chybí základy tematické kartografie. Musíme si uvědomit, že ne všechen software pro tvorbu kartogramů a kartodiagramů je recenzován kartografy specializovanými na tematické mapy (tematickými kartografy). Navíc některé programy mají vytvořen automatický výpočet stupnic, přitom v návodech (manuálech) se obyčejně nedovíme, jakým způsobem byla stupnice vytvořena. Tvůrci takových programů asi předpokládají, že autor bezmyšlenkovitě uvěří, že program vytvořil stupnici pro jeho výběrový soubor údajů neobjektivněji, tedy správně. Naštěstí některé programy (podobně jen některé) dávají možnost vytváření svých vlastních stupnic.

Znázorňování kvantitativních údajů do mapy je podmíněno vztahem mezi prostorovou proměnlivostí jevu a relativní velikostí jevu nebo vztahem mezi prostorovou proměnlivostí jevu a absolutní velikostí měřeného jevu. Z tohoto pohledu pak můžeme způsoby znázorňování kvantitativních údajů do mapy rozdělit na kartogramy, kartodiagramy, metodu teček a metodu izolinií. Pokud potřebujeme znázornit relativní hodnoty jevu, použijeme některý z kartogramů. Pokud chceme znázornit absolutní hodnoty použijeme některý z druhů kartodiagramů, metodu teček nebo metodu izolinií (Kaňok 1995b).

Z hlediska účelu tohoto příspěvku je vhodné definovat pojmy kartogram a kartodiagram. Z definic pak budeme vycházet při tvoření stupnic.

Kartogram a kartodiagram

Mezi nejčastěji užívané vyjadřovacími prostředky kvantity na mapách patří kartogram. Bohužel zvláště v počítačových manuálech se kartogram velmi často definuje nesprávně. Na základě chybné definice pak dochází ke špatným konstrukcím kartogramu. Snad nejčastější chybou je vkládání absolutních hodnot jevu, které nejsou vztaženy k ploše. To umožňuje např. definice z jednoho manuálu velmi známé firmy zajišťující programy pro GIS. Kartogram je tam nazván jako mapa z rozmezími. A definuje se takto: „Je to typ tematické mapy, která zobrazuje data podle rozmezí zadaných uživatelem. Rozmezí jsou stínována pomocí barev a vzorů“. Jinde se kartogram definuje jako kvantitativní areál nebo kvantitativní mapa. Ani poslední dvě definice plně nevystihují pojem kartogram. Obě definice totiž mohou svým velkorysým širokým pojetím zahrnovat kartodiagram, metodu teček i metodu izolinií. Definujme si tedy kartogram. Kartogram je mapa s dílčími územními celky, do kterých jsou plošným způsobem znázorněna statistická data (relativní hodnoty!), většinou geografického charakteru.

Podstatnou charakteristikou kartogramu je to, že znázorňuje relativní hodnotové ukazatele. Kvantitativní data jsou přepočtena (a to je velmi důležité) na jednotku plochy dílčího územního celku. Např. počet obyvatel na 1 km², průměrný výnos plodiny z 1 ha atp. Pokud nejsou kvantitativní data přepočtena na plochy dílčích územních jednotek, ale mají jen vnější formu kartogramu, jsou to pouze kartogramy nepravé nebo pseudokartogramy. V žádném případě nemohou vystihovat srovnatelnou intenzitu rozšíření jevu v celém území. Vnější forma kartogramu je charakteristický způsob znázornění statistických relativních hodnot. To znamená, že dílčí územní jednotky jsou vyplněny rastrem nebo barevnými odstíny, které reagují na relativní velikost sledovaného geografického jevu. Hustota rastru nebo barevné odstíny jsou stanoveny na základě objektivně sestavené stupnice. Náhodně sestavená stupnice (někdy záměrně, někdy z neznalosti) nesprávně ovlivňuje čtenářovu interpretaci sledovaného jevu.

Základem kartogramu je mapa územního celku děleného na dílčí území. Obvykle se volí administrativní hranice (katastr, obce, urbanistické obvody, okresy, regiony, spolkové země, státy), nebo fyzickogeografické hranice (povodí, fyzickogeografické regiony). V poslední době se někdy za pomoci výpočetní techniky dělí kartogram na čtvercovou, častěji na šestiúhelníkovou síť – pak jsou definovány geometrické hranice. Užívání geometrických hranic – sítě má výhodu v tom, že podle předem stanovené sítě lze na zkoumaném území bez komplikací vyšetřovat a vyjadřovat jev v různých časových obdobích nebo okamžicích. Administrativní hranice totiž často podléhají územním změnám. Často se pak stává, že zjištěné kvantitativní údaje pro dílčí jednotky nelze rozdělit nebo sloučit do nových administrativních hranic.

Podle způsobu interpretace jevu dělíme kartogramy (Kaňok 1992) v podstatě do tří skupin: kartogramy jednoduché, složené a tzv. modifikace kartogramů. Mezi kartogramy jednoduché patří kartogramy homogenní, kvalifikační, selektivní, tečkové a geometrické. Mezi kartogramy složené patří kartogramy vztahové (korelační a pseudokorelační), strukturní (plynulé, se skokovou stupnicí, výběrové), tečkové (přirozené, geometrické, pseudogeome-

trické), čárové (přirozené, geometrické), prostorové (přirozené, anamorfózní). Mezi modifikace kartogramů patří pseudokartogram síťový, pseudokartogram proměnných pravouhelníků, pseudokartogram anamorfózní, pseudokartogram s nepravidelnou sítí mnohoúhelníků, pseudokartogram s nepravidelnou sítí pravouhelníků (podrobněji Kaňok 1999).

Při tomto jednoduchém dělení jde v podstatě jen o 22 konstrukčně odlišných kartogramů. (Lze provést i jiné dělení: např. Pravda 1990.) Z tohoto poměrně velkého počtu kartogramů zařadili tvůrci počítačových programů jen některé. Tím (bohužel) omezili využívání i jiných druhů kartogramů, které někdy lépe vyjadřují speciální geografické jevy. V softwarech zaměřených na GIS je možné konstruovat jen některé kartogramy ze skupiny jednoduchých (homogenní, kvalifikační, selektivní, geometrický) a jeden kartogram ze vztahových (korelační). I z těchto 5 možností se v běžné praxi téměř výhradně využívá pouze jeden: kartogram jednoduchý homogenní. Když uvážíme, že mnoho počítačových nadšenců konstruuje jednoduchý kartogram chybně, je situace v tvorbě kartogramových map přímo katastrofální. Obdobná situace je u map kartodiagramových.

Kartodiagram je mapa s dílčími územními celky, do kterých jsou diagramy znázorněna statistická data (absolutní hodnoty!), většinou geografického charakteru. Diagramy, podobně jako kartografické znaky, mohou být znázorněny jako body, linie, nebo plochy. Proto dělíme kartodiagramy na bodové, plošné a liniové. Rozdíl mezi kartodiagramem plošným a kartodiagramem bodovým je na první pohled velmi malý.

Kartodiagramy bodové jsou v některé naší literatuře zastarale nazývány lokalizovanými diagramy. Termín lokalizovaný diagram se však nedoporučuje používat. Pokud použijeme název lokalizovaný diagram máme tím na mysli vždy jen jeden diagram vložený k bodu do mapy, který je nezávislý na ostatních diagramech (např. diagram pro meteorologickou stanici). Kartodiagram bodový je však taková mapa, kde jsou kvantitativní charakteristiky bodů znázorněny množinou diagramů. Hodnoty jevu se vztahují k bodům avšak data v mapě musí být zpracována komplexně k celé zkoumané ploše a hlavně jednotně. Musí být vytvořena objektivní stupnice pro data v celé mapě a nikoli pro jednotlivé lokalizované diagramy.

Při zakreslování diagramů do mapy, kdy má být diagram přiřazen ke konkrétnímu vztahnému bodu (např. k sídlu, které je na mapě zaznačeno konkrétním velmi malým areálem s těžištěm nebo jen bodovým znakem) a má-li být vytvořen bodový kartodiagram, mohou teoreticky nastat dva případy:

1. plocha diagramu je rovna nebo je menší než plocha sídla vyjádřená malým konkrétním areálem
2. plocha diagramu přesahuje plochu velmi malého areálu nebo (bodového) znaku.

V obou případech se stále hovoří o bodových diagramech. První případ je na mapách jednoznačně méně častý. Diagram se umísťuje do středu (těžiště) plošky. V druhém případě vzniká problém, jak bodový diagram umístit.

V zakreslování bodových kartodiagramů existují dohody, které ovšem mnozí odborníci-informatici bohužel nedodržují. Některé počítačové programy jim to dokonce ani neumožňují. Při konstrukci (vkládání) diagramu do mapy dbáme na dvě podstatné věci: lokalizace diagramu a velikost diagramu. Při lokalizaci diagramu respektujeme níže uvedené dohody.

- Jediným možným lokalizačním elementem u kruhového, nebo kulového diagramu je jejich střed. Střed obrazce jako prvek lokalizace použijeme i u pravidelných mnohoúhelníků, zvláště když jeden z vrcholů směřuje k dolnímu okraji mapy (pětiúhelník, šestiúhelník, sedmiúhelník, osmiúhelník). Ve výjimečných případech se střed kruhového, kulového, nebo osmiúhelníkového diagramu může posunout. Je to tehdy, když je nutné zdůraznit výjimečnost lokalizace charakteristického bodu. Zdůrazníme tak např. umístění města – přístavu posunem diagramu k jednomu břehu řeky, zdůrazníme tak umístění města při státní hranici posunem diagramu do vnitrozemí daného státu. Někdy se snažíme nezakrýt diagramem důležitou linii, která je rozhodující pro orientaci (záliv, molo, atd.).
- U diagramu čtvercového a obdélníkového, volíme jako lokalizační bod průsečík úhlopříček. Nedoporučuje se používat střed základny, nebo jakýkoli jiný vrchol.
- U dynamických diagramů je lokalizační bod shodný se společným výchozím bodem všech částí dynamického diagramu (např. u pavího oka je to vnitřní dotykový bod kružnic).
- U čárových grafů, sloupcových grafů a diagramů je lokalizační bod shodný s průsečíkem os x, y (obvykle je to levý dolní roh celého grafu, nebo diagramu; u věkové pyramidy střed dolní základny).
- Pokud nelze z nějakých objektivních důvodů zajistit přesnou lokalizaci diagramu nebo grafu, použijeme k upřesnění polohy šipky, textu, nebo v nejhorším případě upozorníme na tuto skutečnost v textu. Užití šipek poměrně dobře řeší některé programové produkty například MapInfo, nebo v ArcView lze tento problém řešit v „Layout“.
- Pokud musí dojít k překryvu jednotlivých diagramů, dodržujeme zásadu: menší diagram je umístěn na ploše většího diagramu, nikdy ne naopak! Malý diagram se snažíme znázornit vždy celý. Jestliže zakrýváme jeden diagram více diagramy, nesmí zakrytá plocha přesahovat 50 % zakrývaného diagramu.
- Vždy musí být čitelný a měřitelný parametr diagramu, ze kterého zjišťujeme velikost zobrazovaného jevu. Např. u kruhového diagramu je to poloměr, u čtvercového strana čtverce.
- Každý kartodiagram musí být doplněn legendou – grafickým vyjádřením použité stupnice (viz níže).
- V doprovodném textu musí být uveden vzorec podle kterých byla grafická stupnice sestavena.

Kartodiagramy plošné se liší od kartodiagramů bodových tím, že se vztahují k ploše (státu, regionu, administrativní jednotce nebo k uceleným přírodním jednotkám, např. k povodím). Lokalizace zvoleného druhu diagramu je volnější a obvykle ho umísťujeme do centra plochy, ke které se diagram vztahuje. Snažíme se diagram umístit vždy tak, aby byl celý v daném dílčím území. Pokud to nelze zajistit, je možné umístit diagram mimo celkovou plochu a k upřesnění použít šipky nebo čísla a ve vysvětlivkách pak k číslu přiřadit příslušný diagram.

Kromě dělení kartodiagramů na bodové, plošné a liniové, můžeme dělit kartodiagramy podle způsobu konstrukce a počtu znázorňovaných jevů (Kaňok 1992). Například kartodiagramy plošné a bodové se mohou dělit na jednoduché, složené (jednoměřítkové, víceměřítkové), součtové (kompletní, vydělené), strukturní (kompletní, vydělené), srovnávací, dynamické (kruhové, sloupcové) anamorfózní (jednoduché, strukturní). Skupina kartodiagramů liniových se může dělit na vektorové (dosahové, jednoduché, součtové, proudové)

vé), stuhové (jednoduché, složené, součtové, strukturní, srovnávací, dynamické, izochronické). Při tomto jednodušším dělení (podle způsobu konstrukce) dojdeme ke 24 možnostem. Nabídka počítačových produktů je však mnohem nižší. V podstatě se v oblasti počítačových produktů používá jen 10 druhů kartodiagramů. Přitom není programový produkt, který by jednoduchým způsobem (v přímé nabídce) používal všech 10 druhů kartodiagramů. V současné době se v rámci tvorby tematických map na počítačích nejvíce využívají kartodiagramy jednoduché, především kruhové – strukturní a dynamické sloupové. Mimochodem kruhový – strukturní diagram je v počítačové hantýrce zcela nesprávně označován za „koláčový graf“. Za prvé to není graf a za druhé nelze v odborné kartografické terminologii dál dělit „koláčový graf“ ve stejném stylu na makový, tvarohový, atd. V tomto směru se budou muset přizpůsobit odborníci-informatici odborné terminologii kartografické.

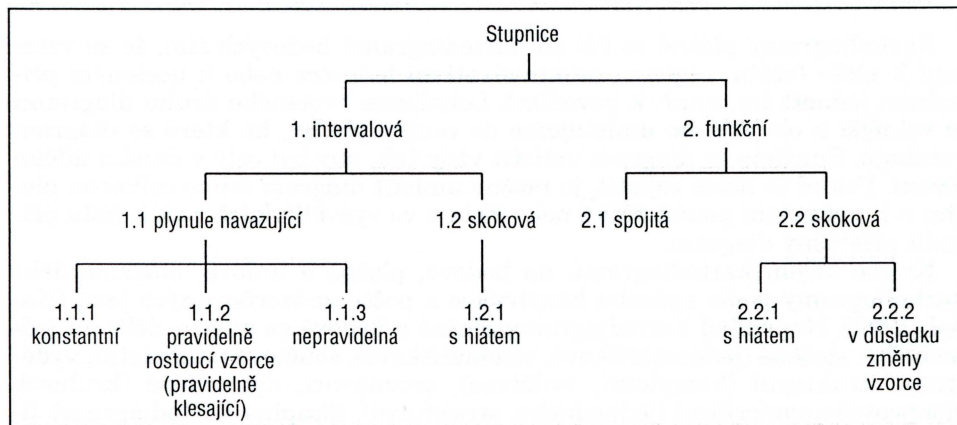
Tvorba objektivních stupnic

V tematické kartografii se někdy používají málo vystižné názvy pro různé druhy stupnic. Velmi často autoři dělí stupnice na další, dílčí, aniž se některé z nich v mapové tvorbě někdy objevily. Např. stupnice geometrická, která se v produkci map téměř nevyskytuje. Jsou to stupnice „vyumělkované“, avšak v základním výzkumu tematické kartografie jsou teoreticky možné.

Na obrázku 1 je navrženo terminologicky propracovanější dělení stupnic pro tematickou kartografii a počítačovou kartografii. Toto dělení je logičtější a respektuje teorii i praxi tvorby stupnic. Navíc každá další („nová“) stupnice je do tohoto systému zařaditelná.

Nejpropracovanější a zároveň nejužívanější jsou *stupnice intervalové – plynule navazující*, ve kterých na sebe intervaly plynule navazují. Důležitou podmínkou u všech intervalových stupnic je, že ke každému intervalu ve stupnici uvedené v legendě mapy existuje alespoň jedna hodnota ve znázorněné oblasti mapy.

Mezi konstantní stupnice (1.1.1.) patří stupnice s rovnoměrným rozdělením celé variační šíře souboru hodnot konstantními okrouhlými hodnotami tak, že všechny intervaly mají stejnou velikost (aritmetická stupnice). Tato stupnice se používá především pro tzv. první přiblížení celého souboru dat, pro zjištění rozložení dat, pro zjištění rozdělení četností.



Obr. 1 – Dělení stupnic

Mezi pravidelně rostoucí (klesající) stupnice (1.1.2.) lze zařadit následující stupnice:

- Teoreticky sem může být zařazena i pravidelná geometrická stupnice, která se však nepoužívá. Vyznačuje se pravidelně rostoucími intervaly tak, že každý následující interval je dvakrát širší než interval předcházející. Např. 5,1 – 10,0; 10,1 – 20,0; 20,1 – 40,0; 40,1 – 80,0 atd.
- Můžeme sem zařadit i další stupnici, která se v podstatě nepoužívá, totiž stupnici logaritmickou.
- Obecně lze do této skupiny zařadit všechny teoretické řady, které mají matematicky definovanou posloupnost, avšak jen takovou, kde se velikost následujícího intervalu zvětšuje (nebo zmenšuje). Dlužno říci, že se tyto stupnice používají v tematické kartografii jen v teoretickém výzkumu.

Mezi nepravidelné stupnice (1.1.3.) lze zařadit:

- Stupnice s rovnoměrným rozdělením úseku velkých četností jevu, kde oblast minimálních výskytů četností geografického jevu zahrneme do jednoho až dvou intervalů. Většinou se tato stupnice užívá u normálního rozdělení, ale také u extrémně levostranného nebo u extrémně pravostranného rozdělení četností. Dále se užívá u rozdělení blízké rozdělení exponenciálnímu (největší četnosti výskytu jsou v oblasti nízkých hodnot, průběh četností výskytu jevu pak připomíná exponenciálu). Užívá se též u rozdělení četností tvaru „U“ a u Pearsonovy křivky třetího typu.
- Stupnice s exponenciálním rozdělením variační šíře úseku velkých četností. Úsek velkých četností rozdělíme exponenciálně a oblast minimálních výskytů četností geografického jevu zahrneme do jednoho až dvou intervalů.
- Stupnice sedlové. Jde o vícevrcholové rozdělení četností. Šířky intervalů jsou podmíněny výskytem minim a maxim. Hranice intervalů jsou pak definovány minimy (event. inflexními body) průběhu rozdělení četností. Takto definované hranice intervalů se též používají při jednovrcholovém rozdělení četností (Gaussovo normální rozdělení).
- Stupnice odvozené od průměru celého výběrového souboru. Užívají se při normálním rozdělení výběrového souboru.
 - a) Průměr $x_{prům}$ a směrodatná odchylka s .
Hranice intervalů jsou: $(-\infty; x_{prům} - s)$; $(x_{prům} - s; x_{prům})$; $(x_{prům}; x_{prům} + s)$; $(x_{prům} + s; \infty)$.
 - b) Průměr $x_{prům}$ a dvojnásobek směrodatné odchylky $2s$.
Hranice intervalů jsou: $(-\infty; x_{prům} - 2s)$; $(x_{prům} - 2s; x_{prům})$; $(x_{prům}; x_{prům} + 2s)$; $(x_{prům} + 2s; \infty)$.
 - c) Průměr $x_{prům}$ a průměrná odchylka od průměru d_x .
Hranice intervalů jsou: $(-\infty; x_{prům} - d_x)$; $(x_{prům} - d_x; x_{prům})$; $(x_{prům}; x_{prům} + d_x)$; $(x_{prům} + d_x; \infty)$.
- Stupnice odvozené od mediánu celého výběrového souboru. Užívají se při normálním rozdělení výběrového souboru.
 - a) Medián x_{med} , dolní kvartil x_{25} a horní kvartil x_{75} .
Hranice intervalů jsou: $(-\infty; x_{25})$; $(x_{25}; x_{med})$; $(x_{med}; x_{75})$; $(x_{75}; \infty)$.
 - b) Můžeme použít i pentilů, nebo výjimečně decilů, vždy se však musí posoudit vhodnost použití. Pro čitelnost mapy se doporučuje maximálně 6, někteří autoři uvádějí ještě jako maximum 10 intervalů.

K posledním dvěma způsobům tvorby stupnic založených na střední hodnotě souboru mohou být teoretické výhrady podloženy matematickou statistikou.

Tab. 1 – Výběr funkcí pro tvorbu kartodiagramů

Geometrický obrazec, těleso	Vztah	Funkce
Sloupec	lineární	$v = H : h$
Čtverec	kvadratický	$a = (H : h)^{1/2}$
Kruh	kvadratický	$r = [H : (\pi \cdot h)]^{1/2}$
Krychle	kubický	$a = (H : h)^{1/3}$

Pozn.: H – skutečná číselná hodnota geografického jevu; h – jednotková míra užitá v diagramu (měřítko délkové, plošné, objemové); v – výška sloupce vyjádřená ve stejných jednotkách délky jako h ; a , r – parametry diagramů (strana, poloměr, hrana).

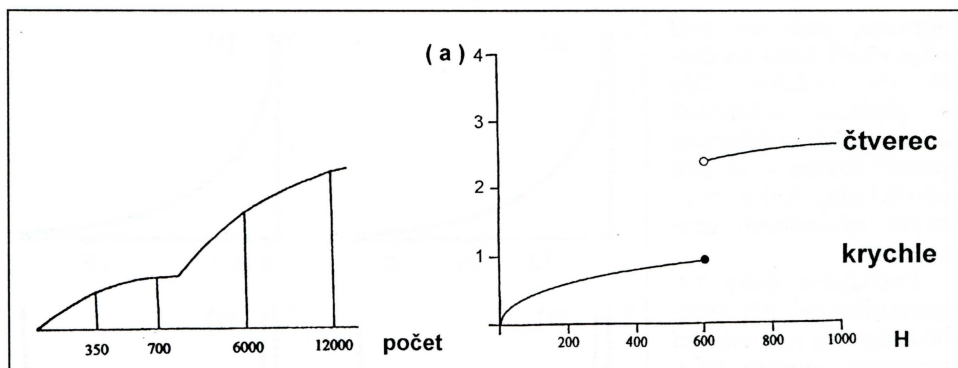
Jde totiž o to, že největší hustota pravděpodobnosti výskytu zkoumaného jevu u Gaussova normálního rozdělení je právě v blízkém okolí průměru. Pokud se vloží hranice intervalu právě do průměru, oblast homogenity se symetricky rozdělí. Zde však nastupuje logika řešeného problému – zpracovatel dat musí vybrat stupnici podle povahy řešeného problému. Autor stupnice musí vědět, zda má zobrazit homogenitu v oblasti průměru (hranice intervalů z metodiky popsané ve stupnicích sedlových – viz výše) nebo má zobrazit rozložení jevů podprůměrných a nadprůměrných (stupnice odvozené od průměru).

Stupnice intervalové skokové (1.2.) jsou takové stupnice, kde je jeden, někdy i více intervalů vypuštěno. Vypuštěním jednoho nebo více intervalů dojde k přerušení plynule navazující intervalové stupnice a tím vznikne mezera – hiát. Důvodem vypuštění intervalu však může být pouze neexistence jevu v mapě pro daný interval. Mezi stupnice intervalové – skokové (1.2.) můžeme zařadit: stupnici aritmetickou, stupnici geometrickou, stupnici logaritmickou, stupnici s matematicky definovanou posloupností a stupnici sedlovou.

Druhou velkou skupinou stupnic jsou *stupnice funkční*. Ty se dělí na stupnice spojitě a skokové. U *funkční stupnice spojitě* (2.1.) je číselná hodnota konkrétního geografického jevu pro každý diagram individuálně vypočtena a je funkčně jednoznačná. Výběr nejčastěji používaných funkcí v kartodiagramech ukazuje tabulka 1. Řadu dalších funkcí je možno najít např. v pracích J. Kaňoka (1992, 1999) nebo B. Veverky (1997).

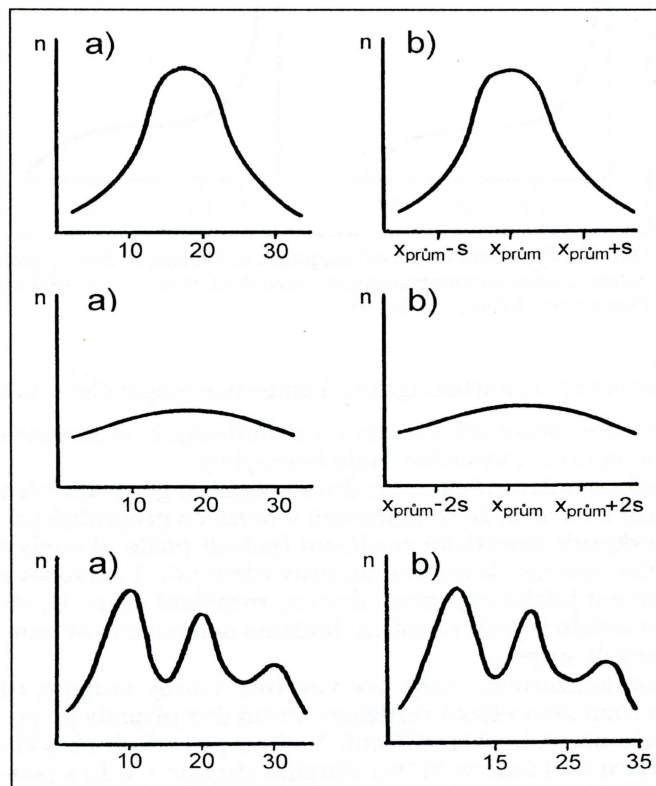
Stupnice funkční skokové (2.2.) jsou takové stupnice, kde jsou určité části vypočtených velikostí grafických symbolů vypuštěny. U skokové stupnice s hiátem (2.2.1.) není grafická legenda stupnice zpracována spojitě pro všechny hodnoty geografického jevu ve znázorňované oblasti. Variační rozpětí u některých výběrových souborů je příliš velké, a proto se v grafické stupnici vynechává určitá část. Tím vzniká ve funkčním vyjádření mezera – hiát (obr. 2a). Vypuštění části grafické stupnice však může být provedeno pouze tehdy, jestliže se jev o příslušných hodnotách, které byly vypuštěny, v mapě nevyskytuje. U skokové stupnice vzniklé v důsledku změny vzorce (2.2.2.) je funkční vztah přerušen a nahrazen jiným funkčním vztahem. Obvykle se od jisté hranice hodnot změní koeficient funkčního vztahu dvakrát, nebo třikrát. Například vzorec $a = (H : h)^{1/2}$ je u extrémně vysokých hodnot souboru nahrazen vzorcem $a = [(H : h)^{1/2}] : 2$. Přitom výsledky (strany čtverce) musí být výrazně větší než z původního vzorce.

Výjimečně měníme vzorec za vzorec jiné kategorie (např. vztah kubický za kvadratický). Této metody se používá pouze tehdy, jestliže se ve znázorňovaném souboru vyskytují dvě skupiny hodnot jevu, které se výrazně liší svými hodnotami, které tvoří dvě výrazně odlišné skupiny dat. Tak vznikají prak-



Obr. 2 – Příklad funkčních skokových stupnic. Vlevo – stupnice skoková s hiátem, vpravo – stupnice skoková v důsledku změny vzorce.

tické problémy s jejich znázorněním. Ve výsledném kartodiagramu se pak vyskytují dvě skupiny diagramových znaků, které se od sebe velikostně podstatně liší. Důležité a přímo nezbytné je čtenáře na tyto netypické tvorby stupnic (změny vzorců) v mapě i v textu výrazně upozornit. Pokud je to jen trochu možné, tak se konstrukcí stupnic (2.2.2.) vyhneme. Příklad funkčních skokových stupnic (2.2.1. a 2.2.2.) znázorňuje obrázek 2.



Obr. 3 – Vymezení intervalů stupnice. a) špatně, b) dobře; (normální rozdělení, ploché normální rozdělení, vícevrcholové rozdělení).

Author of cartograms and cartodiagrams should know, above all, that both cartographic methods serve, above all, to cartographic and geographic regionalization. They should serve to delineate larger or smaller territories in a given area, which have something in common (otherwise put: looking for homogeneity in space). If the scale is created incorrectly, homogeneity of certain territories does not have to be found.

For the interval scale, a suitable cluster analysis (Cluster analysis) is the most appropriate, especially where there are possible relationships. If the author uses the suitability of cartograms and cartodiagrams

domuje, pak by měl odpovědět ještě na další tři otázky: Jde o plytkou reklamu? Jde o solidní vědeckou práci? Komu výsledek předkládá, koho chce svým výsledkem přesvědčit?

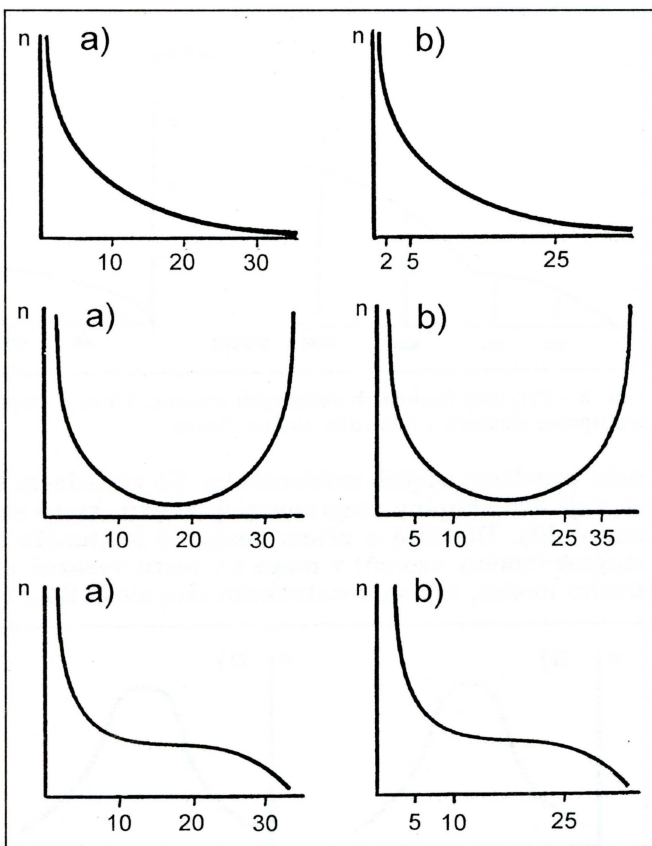
Postupem doby vykrystalizoval při tvorbě stupnice následující pracovní postup (Kaňok 1998, 1999):

1. Vytvoří se frekvenční graf statistického souboru (četnost výskytu jevu n ve vhodně zvolených pravidelných intervalech).
2. Z bodu jedna vyplyne zjištění o jaké teoretické rozdělení četností jde.
3. Proveďte se vždy testování normality (kromě vícevrcholové četnosti).
4. Vytvoří se stupnice podle povahy rozdělení četností.
5. Zvolí se vhodné barvy nebo vhodné rastry.
6. Sestaví se výsledný kartogram či kartodiagram (kompozice mapového díla).

Každý z výše uvedených bodů obsahuje systém dále dělitelných pracovních kroků. Pokud se provedou správně, výsledek bude bezchybný.

Na základě dlouhodobého studování různých druhů souborů geografických dat (body 1 až 3) jsme došli k závěru, že se nejčastěji v běžných geografických výběrových souborech vyskytují teoretická rozdělení (pořadí podle abecedy): normální rozdělení (ploché, špičaté, levostranné, pravostranné), Pearsonova křivka třetího typu, rozdělení blízké exponenciálnímu, rozdělení tvaru U, vícevrcholová rozdělení. Na těchto typech rozdělení budeme demonstrovat tvorbu objektivních intervalových stupnic.

Na obrázcích 3 a 4 jsou znázorněny vždy dvě varianty tvorby stupnic: a) špatná, b) dobrá, a to pro různá teoretická rozdělení. První dva případy na obrázku 3 patří do kategorie normálních rozdělení. V obou případech obvykle používáme rozdělení souboru do 4 intervalů (viz skupina stupnic 1.1.3.) a používáme aritmetický průměr a směrodatnou odchylku. Někteří autoři (Murdých 1983, Čapek a kol. 1992) doporučují též použít aritmetický průměr a průměrné odchylky od průměru nebo medián a horní a dolní kvartil. Podle našich zku-



Obr. 4 – Vymezení intervalů stupnice. a) špatně, b) dobře; (rozdělení blízké exponenciálnímu, rozdělení tvaru U, rozdělení Pearsonovy křivky III. typu).

šeností se ve všech případech dochází téměř k shodným objektivním stupnicím (při normálním rozdělení to je celkem logické). Pokud je normální rozdělení ploché, lze pro rozdělení souboru do intervalů použít dvojnásobek směrodatné odchylky. Pokud potřebujeme více než 4 intervaly, lze použít např. decily. Je to však dosti nebezpečné, neboť 10 intervalů může vytvořit zcela nepřehlednou mapu. Poslední případ na obrázku 3 ukazuje velmi častý případ rozdělení četností geografických jevů. Jedná se o vícevrcholové rozdělení četností, které ukazuje na nesourodý statistický soubor. Statistický soubor je sice nesourodý (korelační koeficient by byl velký), ale geografové vědí, že každá vrcholová oblast a blízké okolí křivky charakterizuje něco typického. Každý interval vydělující vrchol a nejbližší okolí vyděluje danou oblast od jiných oblastí. Např. může jít o výskyt jevu v oblastech horských, nížinných, údolních, průmyslových, nebo zemědělských atd. Obce vyskytující se ve stejném vrcholu mají něco společného, patří do stejné skupiny.

Na obrázku 4 je rozdělení četností blízké exponenciálnímu. Jsou to většinou případy, kdy nejčastější výskyty jevu mají nízké hodnoty, např. 1, 2, nebo 3. V tomto případě je nejlepším řešením rozdělit úsek největších četností (nízké hodnoty) exponenciálně a minimální výskyty geografického jevu (vysoké hodnoty) zahrnou do jednoho až dvou intervalů.

Poslední dva příklady na obrázku 4 (rozdělení tvaru U a Pearsonova křivka třetího typu) se v geografických disciplínách vyskytují méně často. Může to být např. soubor, který vzniká při zkoumání oblačnosti. Pak do pravidelných intervalů zařadíme oblasti nejvyšších a nejnižších výskytů jevu (rozdělení U). Oblast křivky relativně rovnoběžnou s osou x zahrneme obvyčejně do jednoho širšího intervalu. Např. střední část Pearsonovy křivky a nejnižší část křivky U. Jde opět o snahu zachytit v geografickém prostoru něco společného.

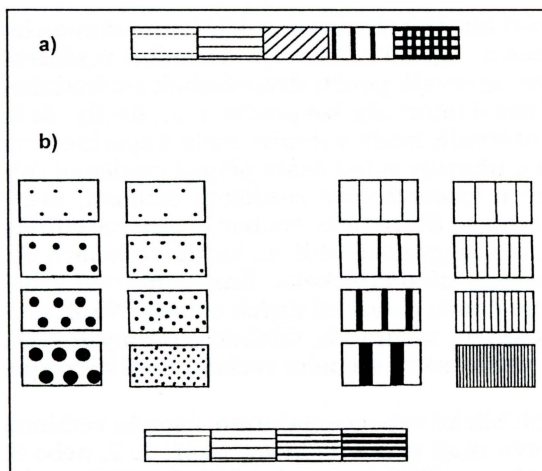
Vnější forma stupnic

Po vytvoření objektivní stupnice přistupujeme ke grafickým úpravám stupnice (barvy, rastry, legenda). Zde je třeba rozlišit, zda zpracováváme kartogram nebo kartodiagram. V případě kartogramu připomínáme, že grafické znázornění stupnice patří jen k vnějším formám kartogramu. Je to charakteristický způsob znázornění statistických relativních hodnot. Dílčí územní jednotky jsou vyplněny rastrem nebo barevnými odstíny, které reagují na relativní velikost sledovaného geografického jevu. Hustota rastru nebo barevné odstíny musí odpovídat objektivně sestrojené stupnici.

Nejběžnějším způsobem vyjádření kvantity ve stupnicích kartogramů je šrafování. Intenzita jevu je naznačena hustotou šrafování, tzn. šrafování nejřidší označuje nízkou intenzitu jevu, šrafování nejhustší nejvyšší intenzitu jevu.

Kromě vzdálenosti jednotlivých čar se k vyjádření intenzity používá i tloušťka čar. Čím větší intenzita, tím tlustší čáry. Přejít mezi jednotlivými třídami má být plynulý ale vždy opticky zřetelný. Doporučuje se šrafování provádět jedním směrem, nejlépe ve směru jihozápad – severovýchod, nebo severozápad – jihovýchod. Není-li možná tato varianta, použije se šrafování rovnoběžné s okrajem listu (svislé, nebo horizontální šrafování).

Intenzitu jevu ve stupnici kartogramu lze znázornit i jinou strukturou. Zvětšování intenzity můžeme znázornit zvětšováním hustoty teček (při jejich stejné velikosti) nebo zvětšováním velikosti teček. Při použití teček zachováváme doporučené směry a sklon řady teček. Vzdálenosti mezi tečkami se zmenšují s přibývajícím intenzitou jevu. Při použití čar čárkovaných se doporu-



Obr. 5 – Příklady grafického zpracování stupnic pro kartogram. a) špatně, b) dobře.

ními. Těžko v kartogramu pozná, jestli tečky znamenají větší intenzitu jevu než čáry. Totéž platí o změnách sklonu šrafování (obr. 5).

Používá-li se ke znázornění intenzity jevu barev, omezíme se na odstíny jedné barvy, event. pro kladné hodnoty použijeme odstíny teplé barvy, pro záporné hodnoty odstíny studené barvy (podrobněji Kaňok 1999). Nejsvětlejší odstín znamená nejmenší intenzitu jevu a naopak. Musíme si uvědomit, že použitím více barev můžeme u čtenáře vyvolat pocit nesrozumitelnosti, protože může barvám připisovat zcela jiný, obvykle kvalitativní význam. Např. stupnice barev červená – zelená – modrá – černá je naprosto nevhodná. Začínající tvůrci kartogramů na počítačích volí bohužel takovéto nesourodé barvy. Řídí se bohužel velmi špatným heslem: „Barevnější znamená hezčí.“ Kromě výše popsané problematiky se musí ctít charakteristické vlastnosti barev (např. teplé a studené barvy, regresivní a progresivní barvy, atd.). Nelze použít např. stupnici světle zelená – oranžová – tmavě fialová, barvy jsou v jiných částech spektra. Je nutné se vyhnout stupnici typu: světlé modrá – zelená – žlutá – oranžová – černá, a to nejen pro různost barev, ale také proto, že žlutá a oranžová mají vzhledem k ostatním barvám větší jas a celkový vjem intenzity jevu v mapě by byl posunut (největší intenzita jevu ≠ žlutá barva).

Při použití barev pro kvantitativní rozlišení geografických jevů v mapě existují dva základní přístupy (Kaňok 1994, 1995a):

1. Existuje-li standardizovaná kvantitativní barevná stupnice pro některé druhy map (např. stáří porostů v lesnických mapách), musí se tato stupnice použít i v případě, že jsou tyto stupnice podle teorie tematické kartografie řešeny chybně. Jde bohužel o odborný konsensus daného oboru.
2. Pokud sestavuji svoji kvantitativní stupnici, musím se maximálně přibližovat barvě jevu ve skutečnosti. Např. intenzita zalesněnosti území se vyjadřuje odstíny barvy zelené, intenzita srážek odstíny barvy modré, pro prvky aktivně degradující životní prostředí se používají odstíny fialové barvy.

Použití barev u stupnic pro kartodiagramy není tak složité jako u kartogramů. Barva je rozhodující především u strukturních diagramů, kde se barvou rozlišuje kvalita dílčí části sledovaného jevu. Důležité je dodržovat systém pořadí barev v jednotlivých diagramech v celé ploše mapy.

čuje zachovat délku čárek, směr a sklon. Mezery mezi čárkovanými čarami se zmenšují se zvětšující se intenzitou jevu. Počátek a konec stupnice by měl být nejvýraznější, tedy nejsvětlejší a nejtmaší. Důležité je, že ve stupnici nelze měnit grafické znaky – strukturu. Např. v jednom intervalu čáry, ve druhém tečky, ve třetím kroužky a ve čtvrtém čárkované čáry. Taktéž nelze naznačovat zvětšování intenzity jevu změnou sklonu čar při zachování hustoty a tloušťky. Čtenář kartogramu je pak zmaten, protože se mu intenzita jevu nepředkládá kvantitativními znaky, ale znaky kvalitativními.

Použití barev na mapách je poměrně složitá záležitost, podrobnější informace lze v české literatuře získat např. v dílech M. V. Drápely (1983) nebo v později vydané literatuře: Z. Murdych (1983), J. Kaňok (1994, 1995a, c, 1999), V. Voženílek (1999).

Celková konstrukce kartodiagramu je závislá na konstrukci vkládaných diagramů. Pokud se v legendě použije funkční stupnice, bude zjišťovaná číselná hodnota funkčně jednoznačná. Jestliže použijeme intervalovou stupnici, která ukazuje soubor diagramů v třídních intervalech, pak zde diagramy ztrácejí své individuální rozměry. Číselná hodnota představovaná diagramem pak nabude mnohoznačného charakteru, a to v daném rozpětí. V takovém případě tvoří jednotlivé třídy nové soubory a rozměry diagramů budou svou velikostí úměrné střední hodnotě jednotlivých tříd. Nutno dodat, že atlasy s kartodiagramy, které mají intervalové stupnice je možno např. ve školách dále používat. Informace v nich díky šířkám intervalů „stárnou“ pomaleji. Posun hodnot z jednoho intervalu do sousedního není obvykle tak viditelný jako u kartodiagramu se stupnicí funkční. Zde je ještě nutné poznamenat, že intervaly stupnic „od – do“ musí být jednoznačné (chybně: 0–5; 5–10; 10–15; 15–20; správně: 0,1–5; 5,1–10; 10,1–15; 15,1–20).

Ohraničená schopnost lidského vnímání nedovoluje čtenáři naprosto přesné určení statistických údajů znázorněných grafickým způsobem. Psychologické výzkumu ukázaly, že správnost odhadů určení velikosti z diagramů se zmenšuje se zvětšováním počtu rozměrů zkoumaných diagramů. Nejpresněji jsou odhadovány hodnoty ze sloupcových diagramů, protože se pracuje jen z jedním rozměrem – délkou, nejméně přesně z prostorových diagramů. Diagram kruhový je obecně vnímán menší než ve skutečnosti je. Přesto je kruhový diagram kartografy používán s velkou frekvencí, a to pro svou jednoduchost, efektivní využití plochy a také pro jednoduché znázornění struktury celku. Při samotné tvorbě diagramu je nutno vytvořit optimální podmínky správného čtení statistických hodnot. Je možné použít dvou způsobů. První z nich předpokládá vytvoření odpovídajícího zvětšení velikosti kruhových diagramů, jinými slovy vytvoření tzv. psychofyzické stupnice. Koeficienty pro psychofyzickou stupnici byly sice na základě výzkumu zjištěny, ale běžně se nevyužívají. Koeficienty získal J. J. Flaner v r. 1971 (Robinson a kol. 1978). Z psychofyzického hlediska se též pro stupnice (1.1., 1.2. a 2.2.) doporučuje u diagramů s plochou do 20 mm² upravit poměr velikostí následujících kruhů tak, aby nebyl menší než 1:2,5 (např. 2,0 mm – 5,0 mm – 12,5 mm). Pro diagramy o ploše 20 mm² – 200 mm² by poměr velikostí následujících kruhů neměl být menší než 1:2 a pro větší plochy dvou následujících diagramů nemůže být poměr menší než 1:1,5.

Druhý způsob nevylučuje první, je však mnohem častější. Navíc dodržuje výše uvedené poměry parametrů následujících kruhů. Vytváří totiž vhodné konstrukce vysvětlivek diagramů. V zásadě jde o legendu, kde se musí popisem jasně rozlišit stupnice intervalová plynule navazující (1.1.) od stupnice intervalové skokové (1.2.), u stupnic funkčních pak důsledně rozlišit stupnici spojitou (2.1.) od skokové (2.2.). Ve vysvětlivkách by se měly uvést všechny vzorce užitě pro diagramy na mapě. Je nutno do legendy na mapě vložit základní vztah parametru diagramu a velikosti sledovaného jevu. Např. u sloupcového kartodiagramu vložíme 1 mm ~ 100 t (1 mm odpovídá 100 tunám). Podobně u kruhového kartodiagramu vložíme do legendy vztah 1 mm² ~ 50 t. U krychlového (objemového) kartodiagramu se však zásadně neužívá zápis typu 1 mm³ ~ 100 kg neboť čtení objemových hodnot na mapě je velmi problematické. V tomto případě se soustředíme na kvalitní grafickou stupnici s podrobnými vysvětlivkami.

Jestliže užijeme funkční stupnice (2.1. a 2.2.) a v legendě použijeme křivku zaznamenávající vztah mezi geografickým jevem a parametrem diagramu, doporučuje se pod křivkou narysovat nejméně tři diagramy takové, které by zachycovaly celý rozsah diagramů umístěných na mapě. Bylo prokázáno, že odhad velikostí hodnot z diagramů rozmístěných na mapě, za pomoci takto upravené stupnice, se zlepšil.

Doufám, že pracovníci v GIS a také někteří geografové, využijí těchto poznatků k lepšímu zpracování svých mapových výstupů.

Literatura:

- ČAPEK, R. a kol. (1992): Geografická kartografie. SPN, Praha, 373 s.
- DRÁPELA, M. V. (1983): Vybrané kapitoly z kartografie. Učební text PŘF UJEP (nyní MU), SPN, Praha, 128 s.
- KANOK, J. (1992): Kvantitativní metody v geografii. 1. díl (Grafické a kartografické metody). Učební text PŘF OU, Ostrava, 237 s.
- KANOK, J. (1994): Základní výstup z geografických informačních systémů je mapa. In: Sborník referátů V. celostátního semináře Geografické informační systémy ve státní správě. Okresní úřad Chrudim a Ministerstvo vnitra ČR, Seč, s. 83-92.
- KANOK, J. (1995a): Die Farbauswahl bei der Bildung von Urheberoriginalen der Thematischen Karten in den Computer. Universitas Ostraviensis Acta Facultatis Rerum Naturalium, 137, Geographia-Geologia, č. 2, s. 35-44.
- KANOK, J. (1995b): Kdy a jak použít pro výstupy z GIS kartogram. In: Sborník referátů VI. celostátního semináře Geografické informační systémy ve státní správě. Okresní úřad Chrudim a Ministerstvo vnitra ČR, Seč, s. 15-19.
- KANOK, J. (1995c): Jak volit barvy v autorských originálech tematických map hydrologického atlasu povodí Odry. In: Materiál symposiumu polsko-českiego Przeobrażenia rodowiska geograficznego w przygranicznej strefie górnośląsko-ostrowskiego regionu przemysłowego. WydZIA Nauk o Ziemi Uniwersytetu Łódzkiego a Park Krajobrazowy „Cysterskie Kompozycje Krajobrazowe Rud Wielkich“, Sosnowiec, s. 41-47.
- KANOK, J. (1998): Tvorba stupnic pro kartogramy a kartodiagramy. In: Hochmuth, Z. (ed). Acta facultatis studiorum humanitatis et naturae universitatis pre oviensis, Přírodní vědy, XXX, Folia geographica, č. 2, Prešov, s. 224-227.
- KANOK, J. (1999): Tematická kartografie. Učební text PŘF OU, Ostrava, 318 s.
- MURDYCH, Z. (1983): Tematická kartografie I. díl. Učební text UK, SPN, Praha, 196 s.
- PRAVDA, J. (1983): Zákon kartogramu a problém vyjadrovania nerozlohových charakteristik. Geografický časopis, 35, č. 2, s. 136-159.
- PRAVDA, J. (1990): Základy koncepcie mapového jazyka. GÚ SAV, Bratislava, 168 s.
- RATAJSKI, L. (1989): Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej. PPWK, Warszawa, Wrocław, 338 s.
- ROBINSON, A., SALE, R., MORRISON, J. (1978): Elements of cartography. John Wiley and Sons, New York, 448 s.
- VEVERKA, B. (1997): Topografická a tematická kartografie. Učební text ČVUT, Vydavatelství ČVUT, Praha, 203 s.
- VOŽENÍLEK, V. (1999): Aplikovaná kartografie I. (tematické mapy). Učební text PŘF PU, Vydavatelství UP, Olomouc, 168 s.

Summary

CARTOGRAM AND CARTODIAGRAM – DETERMINATION OF OBJECTIVE SCALE

Recently, essential mistakes have appeared on the new maps, especially when using software for creating thematic maps. These mistakes mostly arise because specialists in informatics or other enthusiasts who ignore basic principles of thematic cartography usually make these thematic maps. We must realise that not each software for creation of cartograms and cartodiagrams has been reviewed by thematic cartographers.

Cartogram belongs among the most frequently used means of expressing quantity in maps.

Definition: Cartogram is a map with partial territorial units, to which statistical data

(relative values), mostly of geographical character, are illustrated by area way. The essential characteristic of the cartogram is that it illustrates relative values. Quantitative data are recounted on the unit of area of partial territorial unit. For example, population per 1 km², average product from 1 hectare, etc. If the quantitative data aren't recounted into areas of partial territorial units, but have only outer form of cartogram, they are only false cartograms or pseudocartograms. In no case they can express comparable intensity of distribution of a phenomenon on the whole area.

The outer form of cartogram is a characteristic way of illustration of statistically relative values. It means that partial territorial units are filled with raster or colour shades. Raster and colour shades (mostly of 1 colour) react to the relative size of examined geographical phenomenon. The densities of raster or colour shades are assessed on basis of an objectively constructed scale. Accidentally the constructed scale (sometimes intentionally, sometimes by mistake) influences reader's interpretation of the examined phenomenon in a wrong way.

Software based on GIS can construct only some cartograms – simple ones (homogeneous, qualifying, selective, geometric) and only one relative one – correlative. Out of these five possibilities only one is used in common practice: simple homogeneous cartogram. When we consider that a lot of computer enthusiasts construct the simple cartogram in a wrong way, the situation in the construction of cartogram maps is disastrous. A similar situation is with cartodiagram maps.

Definition: Cartodiagram is a map with partial territorial units, in which the statistic data (absolute values) mostly of the geographic character are demonstrated by diagrams. In contrast to the cartogram we put the diagrams which are constructed in absolute values to the partial territorial units. For example, population, total product. According to the way of construction, there exist about 24 possibilities of cartodiagrams. But the offer of computer products is much poorer. Only 10 kinds of cartodiagrams are usually used. But there isn't a program product, which would in a simple way (in a direct offer) use all 10 kinds of cartodiagrams.

For a correct construction of the cartograms and cartodiagrams it is important to realize whether one works with relative values related to the areas or with absolute data for partial territorial units. In the second procedure the most important thing is to create an objective scale.

Some software has the automatic scale calculation, but in the manual we usually do not find how the scale has been formed. Authors of this software may suppose that the users believe that the software creates correct scales for its statistical selection of data.

Fortunately some software gives the possibility to create one's own scale. Then the point is whether the author realizes the meaning of his resulting map: whether it is a mere advertising, or a respectable scientific work; whom is the result for, whom he wants to persuade with the result.

If it is a respectable scientific work, the author should know that a cartogram and a cartodiagram are supposed to serve geographic a cartographic regionalization. That is, it should serve to delimitation of several areas in inquired regions that have something in common (metaphorically, they have a common denominator). However, if the scale is created incorrectly, "common denominator" may not be found.

Principally the procedure is the following: to numerate the occurrence of the phenomenon in regular intervals; to find the distribution; eventually to test; to create a scale according to the character of frequency division; to choose suitable colours, raster; to arrange resulting cartograms or cartodiagram.

Each of the above mentioned points contains the system of further divisible working steps. If they are carried out correctly, the result will be correct, too.

Fig. 1 – Division of scale into species.

Fig. 2 – Functional skipping scale. a) 2.2.1. b) 2.2.2.

Fig. 3 – Delimitation of intervals of a scale. Left wrong, right correct; a) normal division, b) flat normal division, c) division with several tops.

Fig. 4 – Delimitation of intervals of a scale. Left wrong, right correct; a) exponential division, b) U-form division, c) Pearson's curve of 3rd type division.

Fig. 5 – Example of graphic creation of scales for cartogram a) wrong, b) right.

(Pracoviště autora: katedra fyzické geografie a geoekologie Přírodovědecké fakulty OU, tř. 30. dubna 22, 701 03 Ostrava 1; Jaromir.Kanok@osu.cz)

Do redakce došlo 24. 3. 1999

Lektorovali Milan V. Drápela a Bohuslav Veverka