

# 8. díl seriálu **Chyby v mapách**

## Stupnice

**S**tupnice v mapách je kartografický nástroj, který umožňuje v mapě kvantifikačně hodnotit jev. Jsou nezbytné pro tvorbu mapových metod jako jsou například kartogram, kartodiagram a další, jsou jejich součástí a nikdy nevystupují samostatně.

Stupnice jsou významnou klasifikační technikou kartografie a jsou součástí každé kvantifikační mapové metody. Právě výběr mapové metody je rozhodující pro další postup ve zpracování stupnic. Existují totiž mapové metody vhodné pro zpracování kvalitativních dat a metody, které jsou vhodné pro zpracování kvantitativních dat. V rámci kvantitativních dat se vybírají mapové metody podle toho, zda se zpracovávají absolutní data (například počty, množství) nebo relativní data (například obyvatelé na km<sup>2</sup>). Pokud se volba mapových metod zamění a pokračuje se ve zpracování chybně vybrané mapové metody, vznikne výsledek se závažnou a nevratnou kartografickou chybou, která způsobí chybné sdělení informace z mapy. Nejčastěji se zaměňují mapové metody pro zpracování absolutních

a relativních hodnot (obr. 1). Častěji se též objevují chyby v nevhodně zvolených velikostech diagramů, kdy se zakryje podstatná část mapového podkladu (obr. 2).

Při vlastní tvorbě stupnic záleží na správné volbě stupnice (tab. 1), na správném postupu při vytváření šířky intervalů stupnic a na správném konečném grafické zpracování (viz dále). Pokud je výběr stupnice a vytváření šířky intervalů proveden chybně, závěrečné grafické zpracování její správnost již „nezachrání“. Závěrečným zpracováním se přitom rozumí přiřadit kvantitativním vlastnostem jevu barevné nebo rastrové – grafické vyjádření (obr. 3, 4, 5, 6).

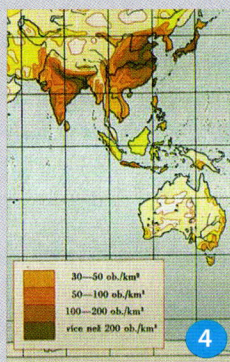
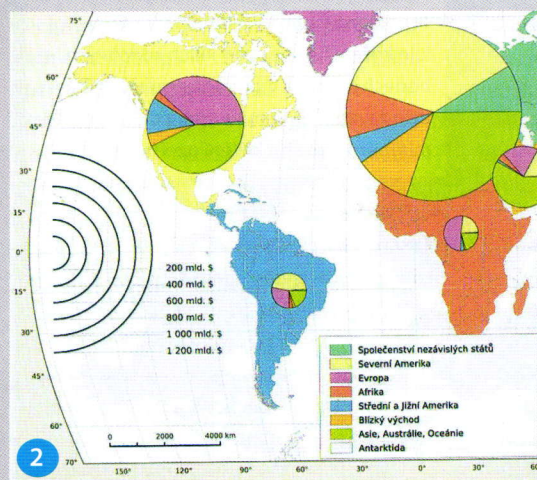
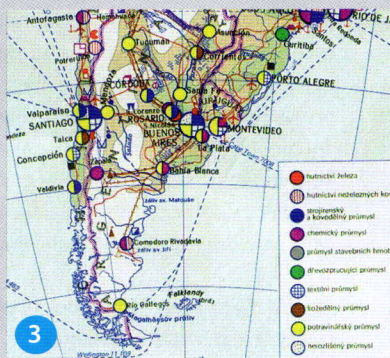
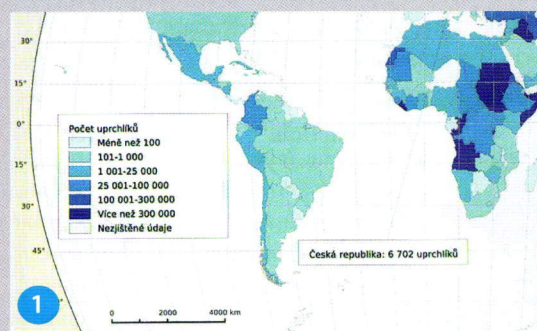
### Jak na to?

Základem správného rozhodování při vytváření stupnice je uvědomit si, zdali se

Kartografie má své počátky v antickém období. Od té doby rozpracovali odborníci způsob zobrazování prostoru do složitého systému zákonů, zásad, pouček a doporučení. Za více než dvě tisíciletí si všechna tato pravidla jednak obhájila svoji nezbytnost a jednak zformulovala svoje přesné znění. Mapy jsou unikátním nástrojem ke sdělení velkého objemu prostorových informací. Tato sdělení předávají mapy přesně a rychle. Pokud jsou na mapách chyby, znamená to, že je některé z pravidel tvorby mapy porušeno a sdělení prostorové informace je uskutečněno nepřesně nebo pomalu, mnohdy i chybně či dokonce vůbec. Kdo sestavuje mapu, měl by se chybám v mapách vyvarovat. A to nejlépe tím, že si nastuduje základní kartografickou literaturu.

zpracovávají data kvalitativní či data kvantitativní. Data kvalitativní jsou exaktně slo-

### Takhle ne



**Obr. 1** – Příklad záměny metody pro zpracování absolutních a relativních hodnot. Data jsou typická pro zpracování metodou kartodiagramu, ale jsou chybně zpracovány „kartogramem“.

**Obr. 2** – Nevhodné velikosti diagramů (špatná stupnice). Diagramy zakrývají podstatné části mapového podkladu.

**Obr. 3** – Jsou-li v mapě rozdílné velikosti znaků, musí být také stupnice, která čtenář sdělí hodnotu jevu.

**Obr. 4** – Příklad stupnice plně chyb, kromě jiného je zde překryv hranic intervalů.

**Obr. 5** – Na příkladu chybí stupnice. Nestačí napsat, že velikosti „terčů“ (správné kruhových diagramů) jsou úměrné počtu obyvatel.

**Obr. 6** – Příklad vážné chyby při tvorbě stupnice. Se změnou struktury nebyla dodržena rostoucí intenzita jevu.



vy definována (povolání, národnost, druh půdy). Data kvantitativní jsou naopak vyjádřena číslem a charakterizují objemovou stránku prostorových jevů, jejich velikost, rozsah (počet obyvatel, produkce mléka v litrech, %). Teprve po tomto rozlišení dat přistupujeme k výběru mapové metody.

**Data absolutní nebo relativní?**

Pro zpracování kvantitativních údajů do mapy je nutné si uvědomit, zda se zpracovávají absolutní nebo relativní hodnoty. Přitom hodnoty absolutní velikosti jevu se chápou vždy jako počet nebo množství. Příkladem může být počet obyvatel jednotlivých států, objem produkce výrobků v daném odvětví v kusech, zisk z výroby v Kč, délka cyklotras v km apod. Relativní hodnoty jsou vždy převedeny na srovnatelnou jednotku, která zaručuje objektivnější srovnání všech hodnot, například počet obyvatel na km<sup>2</sup>, výnos kukuřice v tunách na jeden hektar, počet narozených na 1000 obyvatel, index stáří obyvatelstva (obr. 7), podíl nezaměstnaných v procentech.

Je nutno zdůraznit, že relativní hodnoty zaručují objektivnější srovnání všech číselných hodnot. Pokud se však neprovede správné grafické znázornění relativních hodnot, k objektivnímu srovnání hodnot dojít nemusí. Důležitou roli totiž hraje vnímání velikostí dílčích ploch mapy v rámci celku (například kartogramu). Pokud nejsou hodnoty jevu přepočteny na výměry dílčích územních jednotek (na dílčí plochy), dojde k optickým klamům (viz psychologické vnímání barev a optická váha barev v 5. dílu tohoto seriálu v GeoBusinessu 3/08).

Například hodnota počtu obyvatel (1 milion, červená barva) bude vnímána v rámci celku jinak výrazně na ploše Ruska a jinak na malé ploše Lucemburska. Přepočtený počet obyvatel na km<sup>2</sup> u Ruska bude jiný než u Lucemburska. Proto je nutno přepočítávat hodnoty jevu výhradně na dílčí plošné územní jednotky celku (počet obyvatel na km<sup>2</sup>). Tím se územní jednotky s přepočtenými hodnotami zařadí do jiných barevných kategorií stupnic a teprve pak je srovnání Ruska a Lucemburska objektivní (srovnej obr. 1 a 8).

**Z jakých metod vybíráme?**

Až po vyjasnění druhů dat (kvalitativní versus kvantitativní, absolutní versus relativní) lze přistoupit k výběru mapové metody. Pro vyjádření hodnot absolutních velikostí se volí některá z metod kartodiagramů, izolinií, případně metoda teček – topografický způsob. Naopak pro vyjádření relativních hodnot se volí některá z metod kartogramů, pseudokartogramů, případně metoda teček

– kartogramový způsob.

Ať se vybere kterákoli metoda, musí být doplněna stupnicí. Pro vytváření stupnic existují pracovní postupy, které umožňují vytvářet stupnice, které by ukazyvaly jev správně a co neobjektivněji.

**Jaké existují stupnice?**

Během času se ustálilo dělení stupnic do dvou hlavních skupin – na stupnice intervalové a funkční (tab. 1, obr. 9, 10a, 10b).

U stupnice funkční existuje přesně stanovený matematický vztah mezi hodnotou jevu a velikostí grafického znázornění hodnoty v mapě. U konstrukce stupnice intervalové se určuje šířka a hranice intervalů. Zatímco funkční stupnice umožňuje čtenáři mapy zjistit konkrétní velikost jevu, stupnice intervalová předkládá pouze meze hodnot hranice intervalu, ve které se konkrétní hodnota nachází. Intervalové stupnice však umožňují provádět regionalizaci jevu v prostoru mapy. Pro intervalové stupnice je důležité určit počet intervalů a jejich šířky.

Neexistuje striktní pravidlo pro určení počtu intervalů, přesto existuje několik pomůcek k vypočtení přibližného počtu intervalů:

$$m \approx \sqrt{y}$$

$$m \leq 5 \log y$$

$$m \approx 1 + 3,3 \log y$$

kde: *m* je počet intervalů, *y* je počet statistických jednotek v souboru.

V kartografické praxi se nejčastěji používá a doporučuje 4 až 10 intervalů v závislosti na použitém druhu mapové metody. Počet intervalů je také omezen schopností lidského oka rozlišovat odstíny jedné barvy či rozlišovat jemnost rastru. Je ovlivněn především účelem mapy, tedy komu bude mapa určena, kdo a jak ji bude číst, k čemu bude používána a jaké informace má sdělit. Ojedinele se v mapách vyskytují stup-

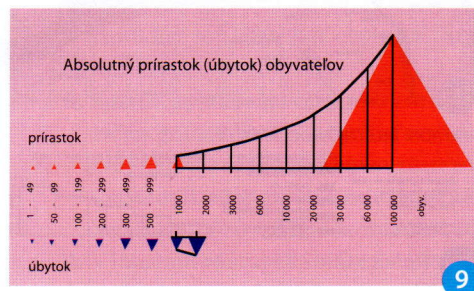
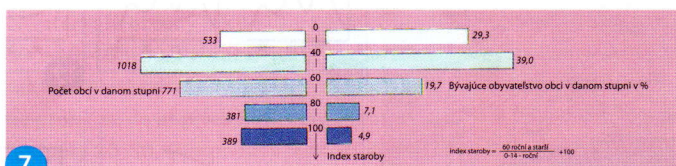
**Tab. 1 – Dělení stupnic**

STUPNICE			
INTERVALOVÁ		FUNKČNÍ	
Plynule navazující	Skoková	Spojité	Skoková
konstantní	bez hiátu	—	s hiátem
pravidelně rostoucí (pravidelně klesající)	s hiátem	—	v důsledku změny vzorce
nepravidelná	—	—	—

**Tab. 2 – Výběr funkcí pro tvorbu kartodiagramů**

Diagram	Vztah	Funkce
slopec	lineární	$v = H : h$
čtverec	kvadratický	$a = (H : h)^{1/2}$
kruh	kvadratický	$r = [H : (\pi \cdot h)]^{1/2}$
krychle	kubický	$a = (H : h)^{1/3}$

kde:  
 H - skutečná číselná hodnota geografického jevu;  
 h - jednotková míra užitá v diagramu (délková, plošná, objemová);  
 a, r, v - parametry diagramů (strana, hrana, poloměr, výška).



**Obr. 7** – Pro znázornění intenzity jsou správně volené odstíny jedné barvy pro index stáří, který je relativní veličinou. Zároveň jsou zde další informace vhodné k celkovému pochopení jevu (například rozložení počtu obcí v jednotlivých intervalech).

**Obr. 8** – Vztah mezi rozlohou státu, hustotou zalidnění a grafickým znázorněním intenzity. Uvedené státy mají přibližně stejný počet obyvatel (40 milionů obyvatel), ale různou rozlohu, tedy i různou hustotu zalidnění (viz stupnice). Intenzita barev musí růst od nejmenší hustoty zalidnění (Kongo) po největší hustotu zalidnění (Korea).

**Obr. 9** – Příklad kombinace intervalové a následně funkční stupnice pro trojúhelníkový diagram.



►► nice o 15 až 20 intervalech, ale ty jsou velmi nepřehledné až nečitelné. Na druhé straně existují mapy se stupnicemi o 2 až 3 intervalech, ale takové mapy výrazně snižují informační hodnotu o výskytu a rozložení hodnot v celém území. Mapy s příliš vysokým počtem intervalů nebo naopak velmi nízkým počtem intervalů, ukazují chybné prostorové rozmístění jevů. Přitom regionalizace jevu je jeden z hlavních požadavků kladených na mapovou metodu s intervalovou stupnicí. Existuje pravidlo, že hodnoty z intervalů stupnice musí mít své grafické vyjádření v mapě. Při tvorbě intervalové stupnice se nepředpokládá, že by interval obsahoval jen jednu hodnotu. Intervalová stupnice totiž není vhodná pro znázorňování málopočetných souborů.

Jiná skupina stupnic, funkční stupnice, se užívá především pro konstrukci velikosti diagramů vkládaných do mapy k bodům nebo do dílčích územních jednotek. Přičemž diagramy jsou především geometrické obrazce s lehce měřitelnými parametry (sloupec, čtverec, kruh atd.). O popisu konstrukce funkčních stupnic se dočtete dále v textu.

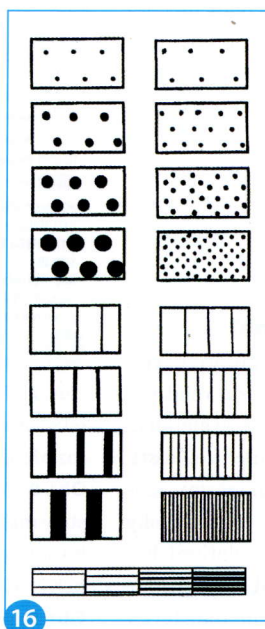
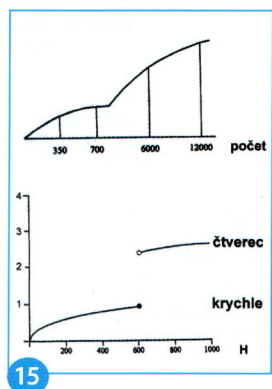
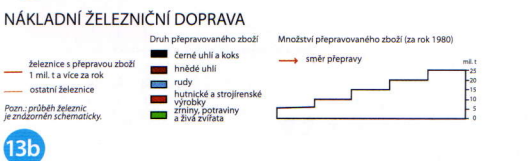
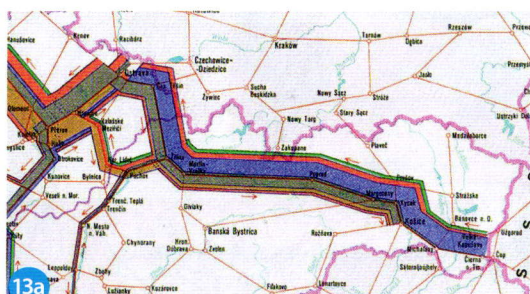
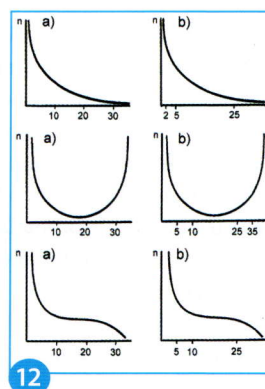
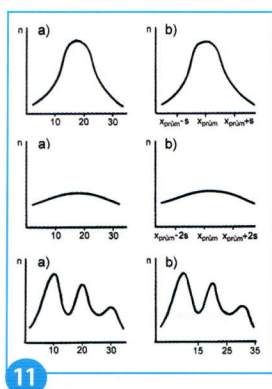
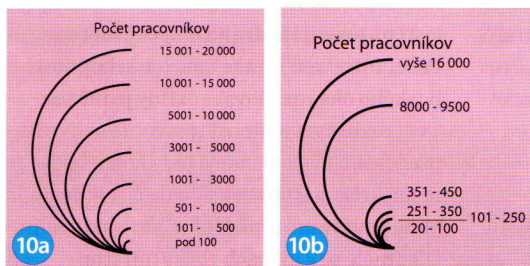
### Jak se vytvářejí intervalové stupnice?

Nejprve se datová sada rozdělí do předem připravených, vhodně zvolených, jednoznačně vymezených, pravidelných intervalů. Vhodně zvolené intervaly jsou takové, ve kterých se data rozloží tak, že četnost jevu ( $n$ ) je rozložena téměř v celé šíři výskytu, tj. od minimální po maximální naměřenou či zjištěnou hodnotu (pokud možno ve všech intervalech). Poté lze rozložením výskytu hodnot v konstantních intervalech proložit křivku, která vytvoří tzv. rozložení četností jevu.

To znamená, že některý shluk intervalů má vyšší četnost výskytu jevu a jiný shluk intervalů nižší četnost výskytu jevu. Výsledná křivka četnosti se pak porovná s možnými teoretickými četnostmi výskytu jevu (obr. 11, 12). Vybere se takové teoretické rozdělení četností, které se svým tvarem nejvíce přibližuje ke zpracovávanému souboru dat. Nejčastěji se v běžných geografických výběrových souborech vyskytují teoretická rozdělení uvedená v obr. 11, 12. Pak se podle téhož obrázku volí hranice intervalů z variant označených *b) dobře*.

První dva případy patří do kategorie normálních rozdělání (obr. 11). V obou případech se obvykle používá rozdělení souboru do čtyř intervalů. Vzniknou stupnice intervalové, plynule navazující, o nepravidelných šířkách intervalů. To proto, že krajní intervaly mají jednu hranici v nekonečnu, šířky intervalů jsou tedy nepravidelné. K vymezení se využívá především aritmetický průměr ( $\bar{x}_{prům}$ ) a směrodatná odchylka ( $s$ ). Pokud je normální rozdělení ploché, lze pro rozdělení souboru do intervalů použít dvojnásobek směrodatné odchylky. Pokud potřebujeme více než 4 intervaly, lze použít například decily (hodnoty, které jsou získány členěním souboru na deset stejných částí). Je to však nebezpečné, neboť 10 intervalů může vytvořit zcela nepřehlednou mapu.

Velmi častým případem rozdělení četností geografických jevů je vícevrcholové rozdělení četností (obr. 11), které ukazuje na nesourodý statistický soubor. Každá vrcholová oblast obsahuje data s typickou společnou vlastností. Intervaly pak vymežíme tak, že hranice vymezují vrchol a nejbližší okolí, hraniční body jsou obvykle v sedlech křivky (nepravidelné stupnice). Například obce



**Obr. 10a** – Příklad stupnice intervalové, plynule navazující.

**Obr. 10b** – Příklad stupnice intervalové s hiátem.

**Obr. 11** – Vymezení intervalů stupnice a) špatně, b) dobře (normální rozdělení, ploché normální rozdělení, vícevrcholové rozdělení)

**Obr. 12** – Vymezení intervalů stupnice a) špatně, b) dobře (rozdělení blízké exponenciálnímu, rozdělení tvaru U, rozdělení Pearsonovy křivky III. typu)

**Obr. 13a** – V liniovém kartodiagramu se hodnoty jevu váží k linii (k železnici).

**Obr. 13b** – Šířka linie určuje velikost jevu (množství) a šipka směr přesunu jevu podél základní linie.

**Obr. 14** – Skoková stupnice s ukázkami kruhových diagramů v oblasti malých, středních a velkých hodnot.

**Obr. 15** – Příklady funkčních skokových stupnic. a) s hiátem, b) se změnou vzorce

**Obr. 16** – Nejjednodušší řešení rastru pro kartogram.



vyskytující se v intervalu stejného vrcholu mají něco společného a proto patří do stejné skupiny. Může jít o vlastnost obcí v oblastech horských, nížinných, údolních, průmyslových nebo zemědělských atd.

Rozdělení četností blízké exponenciálnímu (obr. 12) je případ, kdy nejčastější výskyt jevu mají nízké hodnoty, např. 1, 2 nebo 3. V tomto případě je nejlepším řešením rozdělit úsek největších četností (nízké hodnoty) a minimální výskyt geografického jevu (vysoké hodnoty) zahrnout do jednoho až dvou intervalů. Další dva příklady se v geografických disciplínách vyskytují méně často, ale i v těchto případech se zařadí do pravidelných intervalů oblasti nejvyšších a nejnižších výskytů jevu. Oblast křivky která je relativně rovnoběžná s osou  $x$  se obvykle zahrne do jednoho širšího intervalu. Opět jde o snahu zachytit v geografickém prostoru něco společného.

Pro kartodiagram s intervalovou stupnicí se parametry výsledných diagramů (například pro strany čtverců) vypočítají vždy z hodnoty středu jednotlivých intervalů.

### Jak se vytvářejí funkční stupnice?

U funkční stupnice spojitě je každá číselná hodnota geografického jevu převedena výpočtem na velikost parametru příslušného diagramu. Tím je parametr diagramu jednoznačně funkčně určen. Výběr nejčastěji používaných funkcí pro stupnice v kartodiagramech ukazuje tabulka 2, typické příklady stupnic pro diagramy jsou na obr. 9, 10a, 10b, 14, příkladem pro stupnici kartodiagramu liniového je obr. 13 a, 13b.

Stupnice funkční skoková s hiátem má nespojitý grafický průběh. Používá se tehdy, když se v širším intervalu sledovaný jev nevyskytuje a variační rozpětí je příliš velké. Proto se v grafické stupnici určitá část stupnice vynechá, čímž vznikne mezera – hiát (obr. 15).

V případě, že se v datové řadě od jisté hranice prudce změní všechny hodnoty (zvětší se několikanásobně), volí se konstrukce skokové stupnice vzniklé v důsledku změny vzorce (obr. 14, 15). Stává se to například při znázornění vlastnosti konurbací, kdy jsou ve shluku města s velkým počtem obyvatel a zároveň v jejich blízkém okolí obce s malým počtem obyvatel. Průběh malých hodnot funkčního vztahu se přeruší a nahradí jiným funkčním vztahem. Například vzorec pro malé hodnoty souboru  $a = [(H : h)^{1/2}] : 2$  se nahradí vzorcem  $a = (H : h)^{1/2}$  pro příliš velké hodnoty. Přitom rozdíl mezi parametry diagramů (strany čtverců) musí být výrazný. Výjimečně se může zaměnit vzorec jedné kategorie za vzorec jiné kategorie (například vztah

kubický za vztah kvadratický, viz tab. 2, obr. 15). Tento druh stupnice se používá tehdy, vyskytují-li se v souboru dat dvě skupiny hodnot jevu, které se od sebe výrazně liší svými hodnotami a vznikají praktické problémy s jejich znázorňováním. Ve výsledném kartodiagramu se pak vyskytnou dvě skupiny diagramů, které se od sebe velice podstatně liší. Dobře konstruovaná stupnice slouží ke geografické regionalizaci. Slouží k vymezení větších či menších území v dané oblasti, které mají něco společného.

### Jak se graficky vyjadřuje stupnice?

Po vytvoření hranic intervalů se přistupuje ke grafickému zpracování stupnice. Řeší se grafická podoba stupnice, volí se rastry, barvy a popis intervalů. Grafická podoba stupnice je určována charakteristikou jevu. Buď se zpracovává jev spojitý (například teplota vzduchu) nebo jev diskrétní (například počet obyvatel měst). Od toho se odvíjí grafická podoba intervalové stupnice.

Pokud se zpracovává spojitá charakteristika jevu, políčka intervalů se dotýkají, plynule navazují (dolní část obr. 16) a popis hranic intervalů pak může být jednodušší. Jedno hraniční číslo intervalu určuje nejčastěji horní mez intervalu. Popis je umístěn tak, že střed čísla je umístěn souměrně k bodu stupnice, ke kterému se vztahuje (obr. 13b).

Pokud se zpracovává diskrétní charakteristika jevu, má stupnice podobu samostatných políček (obr. 16) a hranice intervalů musejí být jednoznačně určeny nepřekrývajícími se intervaly. Často se vyskytuje chyba: 10-20; 20-30; 30-40; 40-50 (obr. 4). Zatímco správně, tedy jednoznačně, jsou hranice intervalů určeny takto: 10,1-20; 20,1-30; 30,1-40; 40,1-50. Při zařazování hodnot do takto chybně navržených intervalů nastane problém, do kterých intervalů se zařadí hodnoty 20, 30, 40 a princip jednoznačnosti intervalové stupnice se poruší.

### Jak se volí rastry a barvy pro stupnice?

Provedení rastru a volba barev (nejčastěji pro kartogram) musí odpovídat objektivně sestrojené stupnici. Nejběžnějším způsobem vyjádření kvantity rastrem je šrafování (případně tečkování). Intenzita se znázorňuje nejčastěji zvyšováním hustoty čar (teček), přičemž tloušťka čar (velikost teček) zůstává konstantní, nebo zvětšováním tloušťky čar (velikost teček) a tentokrát hustota čar (teček) zůstává konstantní (obr. 16).

Nejřidší šrafování označuje nízkou intenzitu jevu, nejhustší šrafování nejvyšší intenzitu jevu. U teček se hustota teček zvětšuje s přibývajícím intenzitou jevu. ▶▶

## Zapamatujme si

1. Na začátku tvorby stupnic si musíme uvědomit, jaká data zpracováváme (kvalitativní versus kvantitativní; absolutní versus relativní). Podle toho volíme mapovou metodu (kartogram versus kartodiagram) a příslušný druh stupnice (intervalovou versus funkční).
2. U intervalových stupnic je doporučeno použít minimálně 4 intervaly a maximálně 10 intervalů.
3. Existuje pracovní postup při tvorbě intervalů stupnic:
  - a) Vytvoří se frekvenční graf statistického souboru (četnost výskytu ve vhodně zvolených pravidelných intervalech).
  - b) Určí se teoretické rozdělení četností.
  - c) Vymezi se hranice intervalů stupnice podle povahy rozdělení četností.
  - d) Zvolí se vhodné barvy, nebo vhodné rastry.
  - e) Sestaví se výsledný kartogram či kartodiagram.
4. Pro kartodiagram s intervalovou stupnicí se hodnoty parametrů výsledných diagramů vypočítávají vždy z hodnot jevu, které odpovídají středům jednotlivých intervalů.
5. Funkční stupnice se užívá především pro konstrukci velikosti diagramů v kartodiagramu. Diagramy jsou převážně geometrické obrazce s lehce měřitelnými parametry (sloupec, čtverec, kruh atd.).
6. Grafická podoba stupnice je určována charakteristikou zpracovávaného jevu. Buď zpracováváme jev spojitý, pak se budou políčka intervalů dotýkat, anebo je jev diskrétní a pak se políčka intervalů dotýkat nebudou.
7. Respektujeme princip jednoznačně zvolených nepřekrývajících se intervalů například: 10,1 – 20; 20,1 – 30; 30,1 – 40; 40,1 – 50.
8. Intenzitu jevu znázorňujeme rastrem dvěma grafickými způsoby. Buď zvyšujeme hustotu čar a tloušťka čar zůstane konstantní, anebo zvětšujeme tloušťku čar a hustota čar zůstává konstantní.
9. V intervalové stupnici nelze měnit grafické znaky tak, aby byla narušena narůstající intenzita rastru.
10. Používají-li se ke znázornění intenzity jevu barvy, omezíme se raději na odstín jedné barvy! Nejsvětější odstín barvy znamená nejmenší intenzitu jevu a nejtmaší odstín barvy náležející největší intenzitě jevu.