

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**  
**PRÍRODOVEDECKÁ FAKULTA**  
**KATEDRA GEOINFORMATIKY**



**Peter KARVAŠ**

**HODNOCENÍ A UŽITÍ ANAMORFÓZNÍCH MAP  
PRO POTŘEBY ZPRACOVÁNÍ DAT ČR A SR**

**(Rating and use of anamorfosical maps in CR and SR data  
processing)**

**Bakalárska práca**

**Vedúci práce: Doc. RNDr. Jaromír Kaňok, CSc.**

**Konzultant práce: Ing. Zdena Dobešova, Ph.D.**

**Olomouc 2009**

Prehlasujem, že som zadanú bakalársku prácu riešil sám a uviedol všetku použitú literatúru.

Bardejov, 25. 5. 2009

.....

Ďakujem Doc. RNDr. Jaromírovi Kaňokovi, CSc. a Ing. Zdene Dobešovej, Ph.D. za pomoc a cenné rady pri spracovaní mojej bakalárskej práce.

**Vysoká škola:** Univerzita Palackého v Olomouci

**Fakulta:** Přírodovědecká

**Katedra:** Geoinformatiky

**Školní rok:** 2008-2009

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

pro **P e t e r a K A R V A Š E**

obor **Geografie a geoinformatika**

**Název tématu:**

### **HODNOCENÍ A UŽITÍ ANAMORFÓZNÍCH MAP PRO POTŘEBY ZPRACOVÁNÍ DAT ČR A SR**

(Rating and use of anamorfosical maps in CR and SR data processing)

#### **Zásady pro vypracování:**

*Cíle práce:*

Vyhodnotit užívané druhy anamorfózních map a na příkladech dat z ČR a SR doporučit ty, které jsou vhodné k frekventovanějšímu využívání.

*Doporučený postup prací a námětů:*

- Po rešeršní práci, sestavit přehled možných anamorfózních mapových metod a zároveň sestavit přehled druhů anamorfózních map, která se v ČR a SR využívají.
- Uvést druhy software, které obsahují toolbox pro tvorbu anamorfózních map, případně jak je možné hodnotit algoritmy, kterými byla anamorfóza vytvořena.
- V rámci vizualizace posoudit anamorfózní mapy podle některých vybraných vztahů (např. hodnoty jevů - tvary území; hodnoty jevů a velikosti území apod.).
- Diskuse nad správností a vhodností vizualizace jevů u vybraných anamorfózních map.
- Posouzení možností konstrukcí anamorfózních map běžným uživatelem.
- Doporučení nejvhodnějších anamorfózních mapových metod ke znázorňování dat z prostoru ČR a SR.
- Konkrétní příklady (postery).
- Sepsání textové části práce + CD (DVD).

*Student odevzdá údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, pro potřeby zaevidování do Metainformačního systému katedry geoinformatiky ve formě vyplněného formuláře. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, metadatový formulář) bude odevzdána v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O bakalářské práci student vytvoří webovou stránku, která bude v den odevzdání práce umístěna na katedrální server. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002). Na závěr bakalářské práce připojí student jednostránkové resumé v anglickém jazyce.*

**Rozsah grafických prací:**

Vzhledem k povaze práce se předpokládá, že budou uvedeny všechny anamorfozní mapové metody v grafických výstupech a to v textové části i na CD.

**Rozsah průvodní zprávy:**

30 – 50 stran textu. Podle potřeby je možné vložit přílohy.

**Seznam odborné literatury:**

- Kaňok, J.: *Tematická kartografie*. Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava 1999, 318 s.  
Pravda, J.: *Stručný lexikon kartografie*. VEDA, Bratislava 2003. 325 s. ISBN 80-224-0763  
Pravda, J.: *Metódy mapového vyjadrovania. Klasifikacia a ukážky*. Geographia Slovaca 21/2006, VEDA, Vydavateľstvo SAV GÚ, Bratislava, 2006, 126 s. ISSN 1210-3519  
Ratajski, L.: *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*. 2. vyd., Warszawa – Wrocław, PPWK 1989, 338 s.  
Slocum, T.A. McMaster, R., B., Kessler, F., C., Howard, H., H.: *Thematic Cartography and Geographic Visualization*. Prentice Hall series in geographi information science. 2nd edition. Pearson Education, USA, 2005.  
Voženilek, V.: *Diplomové práce z geoinformatiky*. Vydavatelství Univerzity Palackého, Olomouc, UP 2002, 31 s.  
Voženilek, V.: *Cartography for GIS: geovizualization and map communication*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc 2005, 140 s. ISBN 80-244-1047-8  
Software ArcGIS 9.2

**Vedoucí bakalářské práce:** Doc. RNDr. Jaromír Kaňok, CSc.

**Konzultant bakalářské práce:** Ing. Zdena Dobešová, Ph.D.

**Datum zadání bakalářské práce:** 15. června 2008

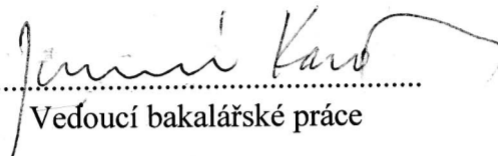
**Termín odevzdání bakalářské práce:** 15. května 2009

L.S



Vedoucí katedry

UNIVERZITA PALACKÉHO  
771 46 OLOMOUC, tř. Svobody 26  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra geoinformatiky  
tel. 585 634 513, 585 634 516 ①



Vedoucí bakalářské práce

V Olomouci dne

# OBSAH

OBSAH .....	6
ÚVOD .....	8
1. CIEĽ PRÁCE .....	10
2. METÓDY A POSTUP PRÁCE .....	11
2.1. Metódy .....	11
2.2. Postup práce .....	12
3. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY .....	13
3.1. Definícia metódy .....	13
3.2. Terminologické rozdiely .....	15
4. KLASIFIKÁCIA DRUHOV KARTOGRAFICKEJ ANAMORFÓZY .....	17
4.1. Radiálna (kruhová) anamorfóza .....	18
4.2. Osová anamorfóza .....	20
4.3. Neradiálna (obecná) anamorfóza .....	20
5. TVORBA VÝSTUPOV KARTOGRAFICKEJ ANAMORFÓZY .....	26
5.1. Algoritmy pre tvorbu počítačových anamorfóz .....	26
5.2. Príklady vybraného softvéru a nástrojov .....	40
5.3. Konštrukcia anamorfóznej mapy .....	44
6. HODNOTENIE METÓDY ANAMORFÓZY .....	47
6.1. Kartografická anamorfóza ako kartografická metóda tvorby máp .....	47
6.2. Hodnotenie tematických máp .....	49
6.3. Hľadiská hodnotenia .....	49
6.4. Hodnotiace kritéria .....	50
6.5. Hodnotenie jednotlivých druhov kartografickej anamorfózy .....	52
7. DOPORUČENIE VHODNOSTI VYBRANÝCH METÓD .....	58
8. DISKUSIA .....	60

9. ZÁVER .....	62
10. LITERATÚRA.....	63
10.1. Tlačené zdroje.....	63
10.2. Internetové zdroje .....	65
SUMMARY.....	66
ZOZNAM PRÍLOH .....	67

## ÚVOD

Kartografická anamorfóza, z týmto pojmom sa v Českej republike a na Slovensku obyčajne oboznamujú študenti na hodinách kartografie okrajovo. Táto kartografická metóda je populárna hlavne v Severnej Amerike, kde sa stala súčasťou hlavnej osnovy výučby kartografie. V Českej republike a na Slovensku sa skoro nevyužíva, je málo známou metódou i pre niektorých kartografov. Metóda kartografickej anamorfózy je z pohľadu niektorých kartografov považovaná za menej vhodnú metódu pre vyjadrovanie kvantitatívnych dát. Populárna je hlavne medzi laickými užívateľmi, ktorí inak o kartografiu ako takú záujem neprejavujú, nie sú znalí všetkých zásad kartografickej tvorby. Jedným z hlavných dôvodov je, že táto metóda sa významne odlišuje svojím prevedením od ostatných kartografických metód. Základom každej kartografickej anamorfózy je zvýraznenie tematického obsahu mapy, čomu sa podmieňujú všetky vyjadrovacie prostriedky, v dôsledku čoho dochádza k zmene celej kostry mapy.

S rozvojom počítačovej techniky a samotnej počítačovej kartografie dochádza k rozvoju tejto metódy. V súčasnosti existuje čoraz viac softvérov, ktoré sú vytvorené špeciálne pre tvorbu anamorfovaných výstupov alebo obsahujú nástroj pre tvorbu kartografickej anamorfózy. V dôsledku tohto faktu sa rozšíril aj okruh možných autorov mapových výstupov za použitia tejto metódy, čo často vedie k nesprávnemu použitiu tejto metódy. Anamorfovanú mapu si dnes môže vytvoriť ktokoľvek, bez akéhokoľvek stupňa kartografickej gramotnosti. Neraz je táto metóda zneužívaná k prezentácii volebných výsledkov, či politických preferencií (hlavne v USA a Kanade).

Súčasne najrozšírenejším a najpopulárnejším algoritmom využívaným pre tvorbu kartografickej anamorfózy je tzv. Gastner-Newmanov algoritmus (Diffusion method). Ako už samotný pôvodný anglický názov napovedá, metóda je založená na



processe difúzie mriežky, ktorá je preložená mapovým poľom. V počítačovom prostredí existujú algoritmy vprevažnej väčšine prípadov pre tvorbu neradiálnej anamorfózy. Hlavnou príčinou tohto faktu je, že väčšina softvérov vzniká v Severnej Amerike, kde užite a popularita metódy neradiálnej anamorfózy výrazne prevyšuje užitie anamorfózy radiálnej, ktorá sa častejšie užíva u nás vstrednej Európe. Celkovým svetovým trendom v oblasti kartografickej anamorfózy je užívanie neradiálnych anamorfóz z dôvodu dostupnejšej a jednoduchšej tvorby (existencia väčšieho množstva softvérov a nástrojov).

Kartografická anamorfóza nachádza veľké uplatnenie aj v oblasti kartografickej animácie. Kartografická animácia napomáha k zvýrazneniu časových premien zanamorfovaného tematického obsahu. U užívateľa to zvyšuje absorpčnú schopnosť príjmu informácií z mapy.

Vo svojej práci sa z dôvodov uvedených v úvode budem usilovať o zviditeľnenie a popularizáciu tejto metódy a obhajovať jej využitie v kartografickej praxi pre tvorbu korektných tematických výstupov.

# 1. CIEĽ PRÁCE

Hlavným cieľom práce je zhodnotiť vhodnosť použitia jednotlivých druhov kartografickej anamorfózy na dátach zČR a SR a ich následná aplikácia na vybraných príkladových dátach.

Samotnému hodnoteniu bude predchádzať podrobné štúdium metódy kartografickej anamorfózy a presné vymedzenie jednotlivých druhov, ako aj vymedzenie anamorfózneho metódy ako takej. Táto základná klasifikácia sa stane východiskom pre následné hodnotenie a výber jednotlivých metód. V ďalšom kroku bude potrebné zjednotiť terminológiu a odstrániť rozdiely medzi anglickou a českou, slovenskou terminológiou. Pred začiatkom hodnotenia bude potrebné stanoviť hodnotiace kritéria a hľadiská, na základe ktorých bude následné hodnotenie prebiehať. Záverom hodnotenia bude doporučené vybraných metód.

Ďalším cieľom práce je posúdiť možnosti tvorby kartografickej anamorfózy bežným laickým užívateľom. V tejto časti sa zamerám na dostupný softvér a nástroje pre tvorbu anamorfovaných výstupov. Hlavnými posudzovanými oblasťami budú možnosti vizualizácie a užívateľská náročnosť.

Po ukončení hodnotenia bude nasledovať aplikácia vybraných druhov kartografickej anamorfózy na dáta vČR a SR, ktoré budú prezentované vo forme posterov a máp. Na základe výsledkov práce budú vybrané dáta kartograficky aj logicky vhodné pre vizualizáciu vybraného druhu.

V samotnom závere bude vytvorená webová prezentácia, kde budú obsiahnuté výsledky a výstupy práce a CD (DVD) obsahujúce celú prácu (text, prílohy, výstupy, zdrojové a vytvorené dáta, metadátový formulár).

## 2. METÓDY A POSTUP PRÁCE

### 2.1. Metódy

Pred samotnou tvorbou a spracovaním práce bude naštudovaná literatúra a internetové zdroje s oblasti tematickej kartografie s hlavným dôrazom na kartografickú anamorfózu. Bolo vykonané väčšie množstvo rozborov jednotlivých mapových výstupov anamorfózy z dostupných informačných zdrojov. Základnou literatúrou pre moju prácu budú diela uznávaných kartografov a to hlavne Z. Murdych [19], J. Kaňoka [7], [8] V. Voženílka [28], [29], D. Kusendovej [14] a J. Pravdu [21], [22].

Z užívateľského hľadiska sa v prípravnej fáze práce oboznámim s dostupnými softvérovými riešeniami a nástrojmi pre tvorbu počítačom vytvorených anamorfovaných máp. Oboznámim sa s princípmi práce algoritmov v jednotlivých softvéroch.

Po podrobnom oboznámení sa s tematikou budú na základe naštudovaného a vlastných skúseností s tvorbou máp tohto typu stanovené hodnotiace kritériá a hľadiská, ktoré by mali prácu nasmerovať k čo možno najobjektívnejším výsledkom. V dôsledku rôznych pohľadov jednotlivých kartografických škôl (anglo-americká, nemeckojazyčná a vychodoeurópska) na problematiku metódy kartografickej anamorfózy budú kritériá zvolené opatrne s dôrazom na isté rozdiely v definíciách jednotlivých druhov, kvôli čomu pristúpim k pokusu ujednotiť terminológiu jednotlivých škôl do jedného celku. Po tomto kroku bude nasledovať časovo najnáročnejšia úloha a to hodnotenie jednotlivých druhov a typov kartografickej anamorfózy na základe zvolených kritérií a hľadísk. Bude porovnávaných viacero dátových sád na jednotlivých druhoch kartografickej anamorfózy. Jednotlivé výstupy

budú porovnávané na základe čoho sa posúdi vhodnosť vizualizácie konkrétnych druhov.

## **2.2. Postup práce**

V prvom kroku bude naštudovaná literatúra, prebehne oboznámenie sa s dostupnými softvérmi a nástrojmi. Následne bude vypracované rešerše literatúry. Ďalej dôjde k ujednoteniu terminológie. Na základe nadobudnutých znalostí bude zostavená klasifikácia jednotlivých druhov.

V ďalšej fáze prebehne hodnotenie jednotlivých klasifikovaných metód a doporučne vyhovujúcich metód. Z metód budú vybrané najvhodnejšie druhy pre frekventovanejšie užívanie v ČR a SR.

Vybrané metódy budú aplikované na vybrané dáta z priestoru ČR a SR. V závere práce budú aplikácie vizualizované v 20 analógových a animovaných mapových výstupoch.

Po spísaní textovej časti bude vytvorená webová prezentácia, CD (DVD) so všetkými náležitosťami vrátane vytvorených mapových výstupov a dát..

## 3. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

### 3.1. Definícia metódy

Slovo anamorfóza pochádza z gréckeho slova anamorphosis (pretvorenie). Synonymom k slovu anamorfóza môže byť deformácia, morfing, distorzia, prekrútenie, skreslenie. S prvou anamorfovanou mapou sa stretávame vo Francúzsku v roku 1888. Mapa ukazovala zmeny v dojazdnych vzdialenostiach z Paríža, jej autorom bol Emile Cheysson podľa Čerba [32].

Základným požiadavkom kartografickej anamorfózy je podobnosť s originálom, kde je vyžadované, aby všetky prvky, ktoré sú skreslené, boli rozlíšiteľné. S anamorfózou sa stretávame v prípade väčšiny tematických máp, obzvlášť sú časté anamorfované varianty kartogramov a kartodiagramov. V praxi sa stretávame s tzv. úmyselnou a neúmyselnou anamorfózou. Pod pojmom úmyselná si môžeme predstaviť, že deformácia kostry mapy je prvotným cieľom autora, je nútená dizajnom mapy. Neúmyselná anamorfóza predstavuje skôr neplánované skreslenie, deformáciu, vzniká už použitím kartografického zobrazenia. Nedochoďa tu k anamorfóze mapy do mapy, ale reality do mapy. Ďalším príkladom môže byť rasterizácia mapy, tlač na počítačových tlačiarňach. Tento typ anamorfózy sa, ale väčšinou do skupiny kartografických anamorfóz nezaraďuje upravené podľa Čerba [32].

Metóda anamorfózy vyjadruje kvantitu javu zmenou plochy, prípadne i tvaru územia. V geografii sa najčastejšie používa obecná (neradiálna) anamorfóza, pri ktorej plochy územných jednotiek na mape zodpovedajú hodnote geografického javu. Obrysy územných jednotiek sa pri tom buď približne zachovávajú alebo sa

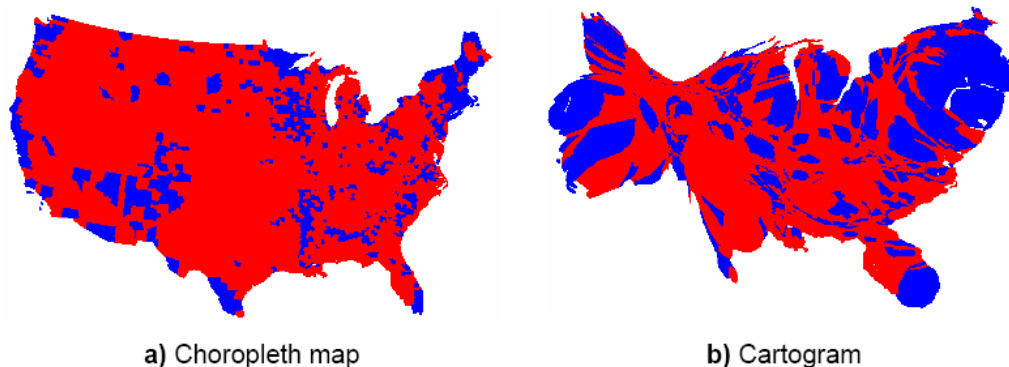
zjednodušia na geometrické obrazce. V oboch prípadoch musí byť zachované susedstvo Voženílek [28].

Existuje veľké množstvo definícií kartografickej anamorfózy ako kartografickej metódy. Slovenský kartograf J. Pravda [21] definuje anamorfnú mapu (gr. An - nie, amorphia - bez tvaru) ako mapu skonštruovanú podľa iných princípov ako klasická mapa. Základné topologické atribúty mapy (dĺžky, plošné útvary, uhly a pod.), sú účelne skreslené (deformované) na základe zvoleného matematického pravidla (voľná deformácia by bola schematizáciou). Typickým znakom anamorfnej mapy je jej priestorová podobnosť. Plošné jednotky anamorfnej mapy bývajú najčastejšie úmerné rôznym ukazovateľom, napríklad početnosti obyvateľstva (demovalentná anamorfóza), množstvám výrobkov a pod. Za anamorfnú sa považuje aj mapa zostrojená koncentricky (z jedného bodu) v logaritmickej mierke (kruhovú anamorfóza). Ak sa anamorfóza mapy dovedie do takého stupňa, že sa stráca priestorová podobnosť (mapový charakter) a vznikne grafický útvar značne vzdialený výzoru mapy a podobný skôr ornamentu, takýto výsledok sa nazýva kartotid. Existujú názory, že anamorfovaná mapa nie je len metóda vyjadrenia obsahu, ale že je to aj kartografické zobrazenie. J. Kaňok [7] charakterizuje anamorfózu mapy ako pretvorenie vybraného ukazateľa za predpokladu konštantného, nemenného poznávacieho prvku (napríklad veľkosť územia a tvar územia ako poznávací prvok). Z. Murdych [19] rozumie pod pojmom anamorfóza mapy premenu geografickej mapy i jej obsahu podľa určitých pravidiel tak, aby bolo umožnené výraznejšie vyjadrenie geografického obsahu. Pri anamorfóze mapy je nutné niektoré body alebo čiary určiť za východzie a podľa určitých princípov meniť ich okolie. Murdych [19] klasifikuje anamorfózy na pravé a nepravé anamorfózy, pričom pravé transformujú geometricky celú plochu s využitím súradnicovej siete radiálne (centricky, azimutálne) alebo neradiálne (osovo) na rozdiel od nepravých, ktoré transformujú (skresľujú) len vybrané časti zobrazovaného priestoru, a to plošne ekvidemicky úmerne inej veličine

V. Voženílek [28] definuje anamorfózu metódu ako výraznú abstraktnú premenu geometrickej kostry mapy a s ňou spojeného mapového obsahu za účelom zvýraznenia tematického obsahu. Anamorfóza mapového obsahu spočíva v pretvorení jeho polohovo presnej pôdorysnej zložky použitím matematickej schematizácie, pričom toto anamorfné pretvorenie môže mať rozmanitý konštrukčný základ. Zároveň táto definícia sa stala základnou definíciou kartografickej anamorfózy mojej práce. Na základe svojich osobných, ale aj prevzatých skúseností, táto definícia najjednoduchšie oddeľuje množinu mapových výstupov, ktoré je možné považovať za produkty kartografickej anamorfózy, od výstupov, ktoré za anamorfované jednoznačne považovať nemôžeme.

### **3.2. Terminologické rozdiely**

V prípade kartografickej anamorfózy sa často stretávame s terminologickými nejasnosťami. Vo všeobecnosti je anglická terminológia značne odlišná od našich zavedených kartografických pojmov. Je to spôsobené rozdielnym vývojom, nazeraním na kartografiu, odlišnou kartografickou školou. Anglická terminológia chápe anamorfovanú mapu vo všeobecnosti pod pojmom kartogram (angl. cartogram). Český či slovenský pojem kartogram zodpovedá anglickému pojmu traditional choropleth thematic map. Anglický pojem cartogram znamená v našom pojatí skôr obecnú neradiálnu anamorfovanú mapu upravenú podľa Henriques [5]. Keďže táto metóda sa väčšinou používala pre zvýraznenie demografických charakteristik, niektorí kartografy označujú túto metódu ako demovalentný kartogram Kusendová [14].



Obr.1: Porovnanie tradičnej choropletovej mapy (Choropleth map) a nesúvislej neradiálnej anamorfózy (Cartogram), ktoré boli použité pre vizualizáciu volebných výsledkov amerických prezidentských volieb z roku 2004. Gastner and Newman [2]

Preto pre potreby ďalšej práce muselo dôjsť k ujednoteniu terminológie, na ktoré upozorňuje Kaňok J. [8], k odstráneniu odlišností v definíciách druhov metódy i jazykových problémov. Na základe tohto faktu boli vytvorené české a slovenské ekvivalenty k pôvodným názvom v angličtine. Prehľad ekvivalentov je prezentovaný v tabuľke dole.

Tab.1: Prehľad synonym anglických názvov

anglický termín	preklad
Area cartogram	Neradiálna anamorfóza
Value-by-area map	Transformácia veľkosti plôch <sup>1)</sup>
Contiguous cartogram	Súvislá neradiálna anamorfóza
Non-contiguous cartogram	Nesúvislá neradiálna anamorfóza
Dorling cartogram	Dorlingov kartogram
Conformal maps	Konformné mapy
Non-conformal maps	Nekonformné mapy
Traditional choropleth thematic map	Kartogram <sup>2)</sup>
Pseudocartogram	Neradiálna pseudoanamorfóza

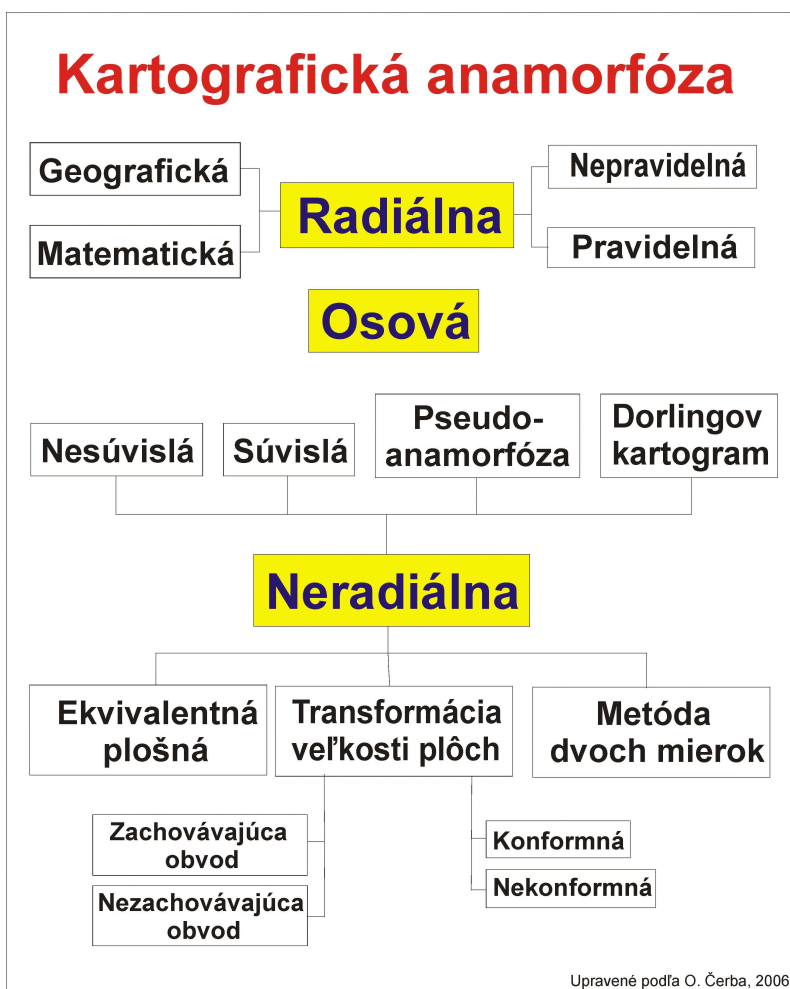
<sup>1)</sup> podľa Čerba [32]

<sup>2)</sup> podľa Henriques [5]



## 4. KLASIFIKÁCIA DRUHOV KARTOGRAFICKEJ ANAMORFÓZY

V súčasnosti existujú dva základné druhy kartografickej anamorfózy a to radiálna (kruhová) a neradiálna (obecná) anamorfóza. Prechod medzi základnými druhmi tvorí osová anamorfóza podľa Murdych [19]. Každý zo základných druhov sa podľa určitých hľadísk a kritérií delí na ďalšie podtypy.



Obr.2: Základná klasifikácia metód kartografickej anamorfózy [32].

## 4.1. Radiálna (kruhová) anamorfóza

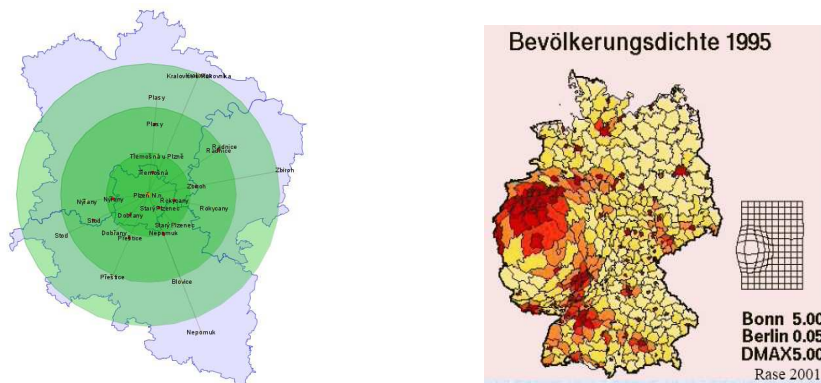
Pri radialnej (kruhová) anamorfóze sa veľkosť znázorňovaného javu (napríklad časovej alebo vzdialenostnej dostupnosti) vyjadruje vzdialenosťou od centra formou sústredných kružníc - ekvidistant (resp. izochor), pričom smer zostáva zachovaný. Tým sa zavádza časová stupnica namiesto dĺžkovej mierky mapy, ktoré tu nemá opodstatnenie. Body z rovnakou hodnotou daného javu sa potom nachádzajú na kruhovej ekvidistante, resp. izochrone podľa Voženíka [28]. Podľa docenta Z. Murdycha [19] ide v prípade tejto metódy popredne o vyjadrovanie koncentrovaných geografických javov hlavne na území miest a v ich okolí. Hlavným zmyslom radiálnych anamorfóz je zprehľadniť preplnený obsah mapy v strednej časti mapy, aby sa získalo viac miesta pre grafické vyjadrenie tohto obsahu. Tieto metódy môžu tiež slúžiť pre demonštráciu vzťahov rôznych geografických javov, napr. demografických a urbanistických.

### 4.1.1. Delenie radiálnych anamorfóz

Radiálne anamorfózy môžeme rozdeliť podľa určenia odstupe koncentrických kriviek na matematické a geografické. Ak je odstup kriviek vypočítaný podľa matematického vzorca hovoríme o tzv. **matematickej radiálnej anamorfóze**. Radiálnych anamorfóz matematického typu je veľké množstvo. Ako prevodné plochy môžeme použiť gule, paraboloidy alebo iné rotačné telesá. Ďalej je známa sieť logaritmická, ktorá sa konštruje tak, že smerom od centra nanášame v príslušnom zmenšení miesto skutočných vzdialeností logaritmy týchto vzdialeností a o týchto polomeroch zhotovíme koncentrické kružnice. Logaritmickou sieťou je vhodné použiť pre znázornenie silno koncentrovaných javov. V prípade, že tvar a rozmiestnenie kriviek podlieha konkrétnemu geografickému javu (ktorý musí byť koncentrický, krivky môžu tvoriť napríklad časové údaje - izochrony), hovoríme

o **geografickej radiálnej anamorfóze**. Hlavnou prednosťou týchto anamorfóz je, že vychádzajú z faktického rozloženia určitých geografických javov v koncentrických zónach. V prípade, že ako základný jav pre tvorbu anamorfovanej siete použijeme počet obyvateľstva, môžeme hovoriť o sieťach ekvidemických upravené podľa Murdycha [19].

V rámci závislosti skreslenia na smeroch rozlišujeme ešte **pravidelnú a nepravidelnú anamorfózu**. U pravidelnej anamorfózy dochádza vo všetkých smeroch k rovnakému skresleniu, deformácii, zmena vzdialeností sa deje vo všetkých smeroch rovnako. Tento typ anamorfóz je najbežnejších u mestských plánov. Vedľa neho existujú radiálne anamorfózy nepravidelné. Týmto termínom sa rozumie, že zmeny vzdialeností neprebiehajú vo všetkých smeroch rovnako. V prípade tohto typu dochádza v rôznych smeroch k rôznemu skresleniu upravené podľa Murdycha [19]



*Obr.3: Vľavo geografická radiálna anamorfóza , autor v tomto prípade vyjadril časovú dostupnosť Plzne z okolitých obcí. Vpravo matematická radiálna anamorfóza, autor v tomto prípade vyjadril pomocou matematického vzorca, v ktorom zohľadnil viacero kritérií, postavenie Bonnu oproti Berlínu v súvislosti s vhodným výberom hlavného mesta Nemecka [32].*

## 4.2. Osová anamorfóza

Tvorí akýsi prechod medzi radiálnou a neradiálnou anamorfózou, ale vo väčšine dostupnej literatúry je radená skôr do skupiny neradiálnej anamorfózy, kam svojou podstatou patrí. Premena tu neprebieha podľa centrálneho bodu, ale podľa línie, osy územia (priamky, krivky). Pri osovej anamorfóze sa jedná opäť prevažne o premenu plôch. Plochy môžu byť podobnou, či afínnou kopiou či inou kópiou skutočných, vyjadrených mapou. V prípade premeny plôch dielčích území do geometrického obrazu sa rozmer obrazcov stanoví tak, aby plocha vzniknutého obdĺžnika alebo iného obrazca bola úmerná kvantite príslušného geografického javu, napríklad počtu obyvateľstva podľa Murdycha [19]. Používa sa predovšetkým pre anamorfózu sietí pozdĺž komunikácií upravené podľa Čerba [32].

## 4.3. Neradiálna (obecná) anamorfóza

Pri neradiálnej anamorfóze plochy územných jednotiek na mape zodpovedajú sledovanému geografickému javu. Obrisy územných jednotiek sa pri tom buď približne zachovávajú alebo sa zjednodušia na geometrické obrazce. V oboch prípadoch musí byť zachované susedstvo podľa Voženílek [28]. Obvykle ide o vyjadrenie počtu obyvateľstva alebo hodnoty priemyselnej výroby či národného dôchodku plochou štátu alebo oblasti. Pri ich tvorbe je potrebné rešpektovať celkový tvar územia a zachovanie susedstva jednotlivých dielčích častí podľa Murdycha [19].

### **4.3.1. Klasifikácia podľa NCGIA**

Podľa NCGIA [40] existujú štyri základné typy a to:

- Súvislá neradiálna anamorfóza (Contiguous Cartogram)
- Nesúvislá neradiálna anamorfóza (Non Contiguous Cartogram)
- Dorlingov kartogram (Dorling Cartogram)
- Neradiálna pseudoanamorfóza. (Pseudo-cartogram)

#### **4.3.3.1. Nesúvislá neradiálna anamorfóza**

V tomto prípade nedochádza k zmene tvaru hraníc jednotlivých regiónov, tvar zostáva zachovaný pre lepšiu identifikovateľnosť jednotlivých regiónov. Z konštruktívneho hľadiska sa jedná o najjednoduchšiu metódu resp. subtyp. Topológia v tomto prípade nemusí byť zachovaná podľa Olson [20]. Taktiež konektivita prilahlých regiónov nie je zachovaná. Podľa NCGIA [40] rozoznávame dva druhy a to:

1. Nesúvislá neradiálna anamorfóza s prekryvmi
2. Nesúvislá neradiálna anamorfóza bez prekryvov  
(v tomto prípade dochádza k zmene polohy centroidu)

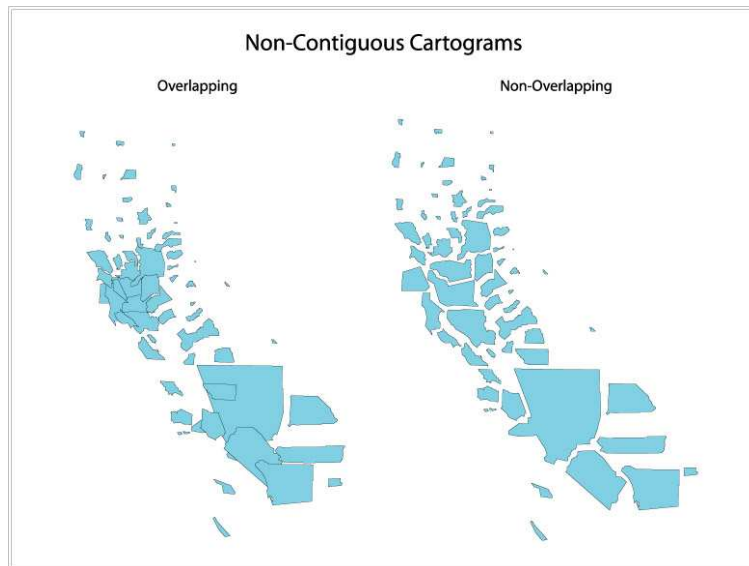
##### **1. Nesúvislá neradiálna anamorfóza s prekryvmi**

U tohto druhu ostáva zachovaná poloha centroidu (stred polygónu), stredy jednotlivých regiónov sa nachádzajú na rovnakom mieste ako na pôvodnej mape. Od stredu následne prebieha deformácia plochy, tvar však zostáva zachovaný InfoVis [36].

##### **2. Nesúvislá neradiálna anamorfóza bez prekryvov**

V tomto prípade poloha centroidu (stred polygónu) nie je zachovaná, stredy jednotlivých polygónov sa nenachádzajú na rovnakom mieste ako na pôvodnej mape, posúvajú sa do strán tak, aby nedochádzalo k prekryvom jednotlivých polygónov.

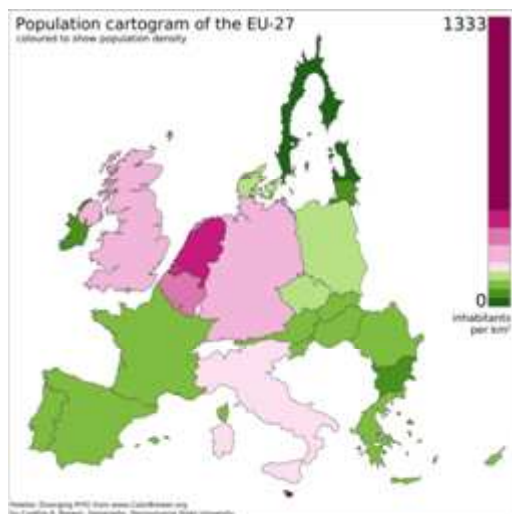
Deformácia plochy prebieha od centroidu s novou polohou, tvar zostáva zachovaný podobne ako v prvom prípade InfoVis [36].



Obr.4: Nesúvislá neradiálna anamorfóza s prekryvmi (*Overlapping*) vľavo a bez prekryvov (*Non-Overlapping*) vpravo, stav populácie v jednotlivých územných jednotkách Kalifornie, USA, NCGIA [40].

#### 4.3.3.2. Súvislá neradiálna anamorfóza

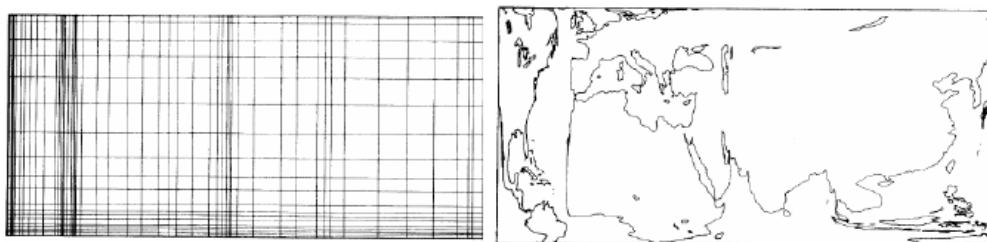
V prípade tejto metódy dochádza k zmene plochy a tvaru hraníc jednotlivých regiónov, nositeľom tematickej informácie je tvar a plocha. Nedochádza k zmene topológie a susedských vzťahov, čo napomáha identifikácii jednotlivých objektov. Pre zvýraznenie tematiky sa často používa aj farebné rozlíšenie na základe príslušnej intervalovej stupnice.



Obr.5: Súvisla neradiálna anamorfóza populácie EU-27 Wikimedia Commons [42].

#### 4.3.3.3. Neradiálna pseudoanamorfóza

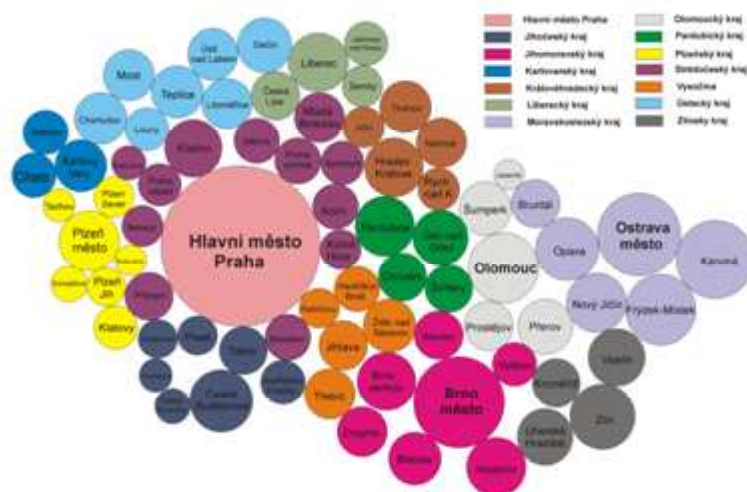
Reprezentácie vytvorené touto metódou sú vizuálne podobné výstupom súvislej neradiálnej anamorfózy. Zásadný rozdiel medzi nimi je však v konštrukčných pravidlách. Pôvodná mapa je prekrytá mriežkou, sú vymedzené konštrukčné osi. Následne dochádza k deformácii mriežky formou posunu konštrukčných osí vo smere zemepisnej dĺžky alebo šírky. Tieto posuny sa prispôbujú hodnotám premennej v jednotlivých regiónoch Henriques [5].



Obr.6: Neradiálna pseudoanamorfóza svetovej populácie za použitia Pseudo-cartogram Method Tobler [24].

#### 4.3.3.4. Dorlingov kartogram

Autorom tejto metódy je Danny Dorling z University of Leeds. Sú tu prepojené dva typy anamorfózy zároveň, a to ekvivalentná plošná a transformácia veľkosti plôch. Jedná sa prevažne o nespojité mapy, ktoré nezachovávajú tvar ani väzby zobrazovaných území - zachovaná je iba poloha centroidu. Existuje viac typov, ktoré sa od seba líšia v tvare zobrazovaných území a v princípoch umiestňovania symbolov - Dorlingov, Demersov a ďalšie upravené podľa Čerba [32].



Obr.7: Dorlingov kartogram, porovnanie populácie v jednotlivých okresoch ČR.

#### 4.3.2. Ekvivalentná plošná anamorfóza

V prípade tejto metódy je zachovaná rozloha jednotlivých území. Vlastné skreslenie spočíva v zmene tvaru hraníc, kde dochádza k ich zjednodušeniu až ku krajnej variante, ktorou je zobrazovanie reálnych území pomocou jednoduchých geometrických tvarov. Reálna hranica je nahradená lomenou čiarou. Tieto mapy sa vytvárajú v súvislej aj nesúvislej forme. Mali by mať dokonale spracovanú legendu a popisy. K deformáciám tohto typu dochádza aj neúmyselne pri rasterizácii podľa Čerba [32].



### 4.3.3. Transformácia veľkosti plôch

Pri plošnej anamorfóze dochádza k transformácii veľkosti plôch štátu alebo iného územného celku podľa veľkosti inej veličiny (napr. počtu obyvateľov) - daný celok musí byť rozdelený na menšie útvary. Rozloha transformovanej plochy na mape nezodpovedá skutočnej rozlohe zobrazovaného územia. Výsledný tvar územia je upravený tak, aby aspoň čiastočne zodpovedal pôvodnému geografickému tvaru podľa Michálek [39]. U tejto metódy rozlišujeme ešte mapy konformné a nekonformné. V prípade konformných sú hranice polygónov vernejšie zdôvodu lokálneho zachovania uhlov na hraniciach polygónov. Z hľadiska zachovania dĺžky obvodu sa rozlišujú mapy zachovávajúce obvod a mapy nezachovávajúce obvod, rozdiel spočíva v miere deformácie upravené podľa Čerba [32]. Táto metóda je obdobou anglickej metódy Cartogramu, preto v rámci hodnotenia nebude uvedená, pretože splňa podobné funkcie.

### 4.3.4. Metóda dvoch mierok

Slúži pre vyjadrenie nesúvislých diskretných javov, napr. pre zvýraznenie vybraných miest v štáte, je možné užiť metódu dvoch mierok, pričom jedna mierka sa aplikuje pre mestá, druhá pre podkladovú mapu. Na niekoľko násobne zväčšenom území miest je možné následne navyše vyjadrovať ďalšie javy. V hraniciach miest môžeme znázorniť napr. približné rozloženie zastavanej plochy miest alebo diagram rastu obyvateľstva a podobne. U tohto typu anamorfózy je potrebné užívateľa mapy dôrazne upozorniť, že ide o použitie dvoch mierok. Užívateľ môže v prípade tejto metódy porovnávať len vybrané mestá medzi sebou, v žiadnom prípade nie ich plochu vzhľadom k celkovej ploche upravené podľa Murdych [19].

## 5. TVORBA VÝSTUPOV KARTOGRAFICKEJ ANAMORFÓZY

V súčasnosti samotná tvorba kartografických anamorfóz prebieha v počítačovom prostredí za pomoci rôznych algoritmov. Existuje viacero programov pre tvorbu rôznych druhov kartografickej anamorfózy. V prevažnej väčšine sa stretávame so softvérom pre tvorbu neradiálnej anamorfózy. Iné metódy kartografickej anamorfózy sa v bežne dostupných typoch softvéru skoro nevyskytujú alebo sa dajú vytvoriť len za pomoci iných softvérových nástrojov. Generovanie výstupov vo väčšine softvérov prebieha za pomoci Gastner-Newmanovho algoritmu. Softvéry sa však vzájomne líšia kvalitou, presnosťou výstupov, rozdielnymi postupmi a algoritmami tvorby jednej a tej istej metódy kartografickej anamorfózy.

Kvalita počítačových výstupov závisí na tvorcovi počítačového programu. Tvorcom programu je človek a tak sa stretávame so širokou škálou kvality výstupov. Existujú programy s úplne chybným riešením, existujú tiež špičkové riešenia programov, ktoré sa blížia bezchybnosti. Tie sú obyčajne zahrnuté do širších komplexov programov pre tvorbu tematických máp (Kaňok [7]).

### 5.1. Algoritmy pre tvorbu počítačových anamorfóz

Táto kapitola sa venuje najznámejším algoritmom pre tvorbu neradiálnych anamorfóz. Vybrané algoritmy reprezentujú odlišné prístupy k problému, majú najširšie spektrum užitia. Sú to nasledovné algoritmy:

- Contiguous Area Cartogram (Dougenik, Chrisman [1])
- Contiguous Area Cartogram using the Constraint-based Method (House, Kocmoud [6]),

- Rubber-map Method ( Tobler [24] )
- Pseudo-cartogram Method ( Tobler [25] )
- Medial-axes-based Cartograms ( Keim, North [11] )
- RecMap Rectangular Map Approximations ( Heilmann, Keim [4] )
- Diffusion Cartogram (Gastner, Newman [2] )
- Line Integral Method (Gusein-Zade, Tikunov [3] )

### 5.1.1. Contiguous Area Cartogram

Toto je jedna z najpopulárnejších metód pre tvorbu súvislých neradiálnych anamorfóz v počítačovom prostredí. Tento algoritmus užíva model, ktorý sa snaží vyvíjať tlak z centroidu každého polygónu, ktorý pôsobí na hranice jednotlivých polygónov v obrátenom pomere k vzdialenosti podľa Dougenik, Chrisman [1]. Koncept modelu vysvetľuje formula:

$$F_{ij} = \frac{(P_j - q_j)P_j}{d_{ij}} \quad [1]$$

Kde:

$F_{ij}$  = je sila aplikovaná na polygón  $j$  a vertex  $i$ ,

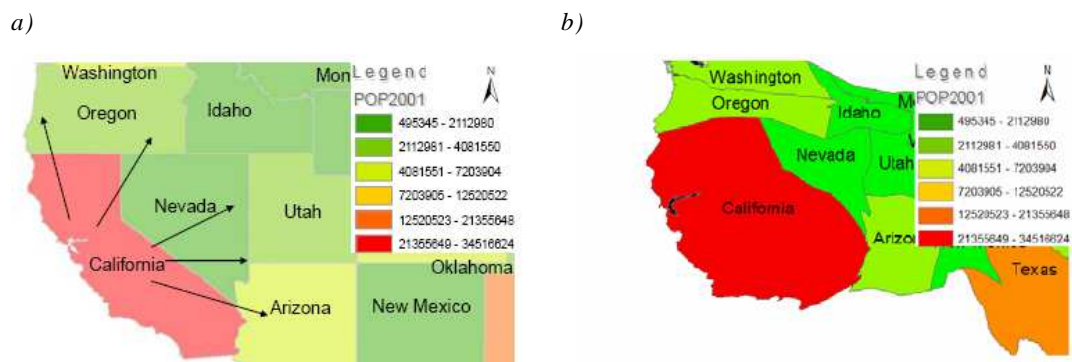
$$P_j = \frac{\sqrt{\text{Actual\_area}}}{\sqrt{\pi}}, \quad [2]$$

$$q_j = \frac{\sqrt{\text{Desired\_area}}}{\sqrt{\pi}}, \quad [3]$$

$d_{ij}$  = vzdialenosť centroidu  $j$  a vertexu  $i$ .

V prípade tejto metódy s centroidu každého polygónu pôsobí sila  $F_{ij}$  do vrcholov polygónu. Táto sila hýbe s vrcholmi, v prípade že sila  $F_{ij}$  nadobúda

pozitívnu hodnotu vrcholy sa pohybujú smerom od centroidu, v opačnom prípade, keď je  $F_{ij}$  negatívna vrcholy sa približujú centru. Intenzita sily použitej v každom polygóne je determinovaná vybranou premennou (atribut, ktorý chceme zvýrazniť), je úmerná rozdielu medzi skutočnou a výslednou deformatovanou plochou polygónu. Ako ukazuje obr. 8a, štát Kalifornia v dôsledku pozitívnej sily  $F_{ij}$ , sa deformuje v smere od centroidu, vrcholy sa presúvajú ďalej od centra. Tento výsledok je spôsobený vyšším stavom populácie v Kalifornii v porovnaní so susednými štátmi. Obrátená situácia nastáva v štáte Nevada, kde v dôsledku negatívnej sily  $F_{ij}$  dochádza k pohybu vrcholov smerom bližšie k centroidu. Opakovane je počítaná suma síl pôsobiacich na každý verte v mape za účelom presunu jednotlivých vertexov. V závere je vypočítaná plocha každého pôvodného polygónu a porovnaná s výslednou plochou. Keď rozdiel medzi dvoma plochami je menší než stanovená prahová hodnota, proces sa zastaví a získame výslednú mapu podľa Henriques [5].



Obr.8: Príklad užitia *Constant-based Method*. a) pôsobenie pozitívnej sily v štáte Kalifornia, b) výsledná mapa, Henriques [5].

## 5.1.2. Contiguous Area Cartogram s užitím Constraint-based

### Method

House a Kocmoud [6] vidia riešenie problému konštrukcie neradiálnej anamorfózy vo viazanej optimalizácii problému. Jedná sa o funkčnú maximalizáciu a minimalizáciu problémov, ktorej cieľom je nájsť najlepšie zo všetkých možných riešení. Tieto problémy boli po prvý krát formulované v 17. storočí fyzikou a geometriou. Ako príklad môžeme uviesť problém obchodného cestujúceho TSP Lawler, Lenstra [15]. TSP pozostáva z hľadania optimálnej cesty medzi bodmi miestami prostredníctvom váženého grafu (cesty medzi bodmi), tento proces začína aj končí v tom istom bode. Možným riešením sú všetky kombinácie ciest medzi jednotlivými bodmi. Najlepším riešením je trasa s najnižším ocenením.

Podľa Henriques [5] v prípade neradiálnej súvislej anamorfózy predpokladáme súbor vzájomne prepojených polygónov. Funkcie plochy determinujú plochu každého regiónu v závislosti na celkovej ploche pôvodnej mapy. Cieľom je znovu stanovenie mierky každého objektu a zachovať tvar v čo najväčšej možnej miere. Pre dosiahnutie týchto požiadavok sa užívajú tieto obmedzenia:

- plocha každého pretvoreného regiónu je daná pridelenou plošnou funkciou
- topológia regiónov ostáva zachovaná

Vyhľadávanie priestoru (polygón zväčšuje plochu, potrebuje priestor pre rast) je dané celkovým priestorom mapy z ohľadom na zachovanie topológie a rešpektovanie hodnôt plošnej funkcie v každom regióne. V rozsahu možných riešení, najlepším je to, kde je miera rozpoznateľnosti najvyššia. Tento faktor je obtiažne definovať, ale autori určili dva prvky, ktoré charakterizujú tento faktor:

- podobnosť orientácie hraníc regiónu v pôvodnej a výslednej mape
- dĺžka každej hranice by mala byť ak je to možné úmerná originálnej veľkosti hranice

Optimalizácia problému nastoľuje viacrozmerný problém s netriviálnym riešením. Užité funkcie a stanovené obmedzenia sa dostávajú do konfliktu. Napríklad dva regióny zdieľajú spoločnú hranicu, teda mali by sa správať inverzne. Jeden by sa mal rozširovať, druhý zmršťovať na úkor druhého. V tomto prípade, tým že je zachovaná topológia, je nemožné zachovať proporcie hraníc v oboch regiónoch. Vzniknutý problém rozmernosti simuluje tzv. annealing podľa Metropolis, Rosenbluth [17], Kirkpatrick, Gelatt Jr. [12], Mitchell [18], ktorý bol vyvinutý pre optimalizáciu stratégie algoritmu. Annealing voľným prekladom je žihanie, chladenie ocele.

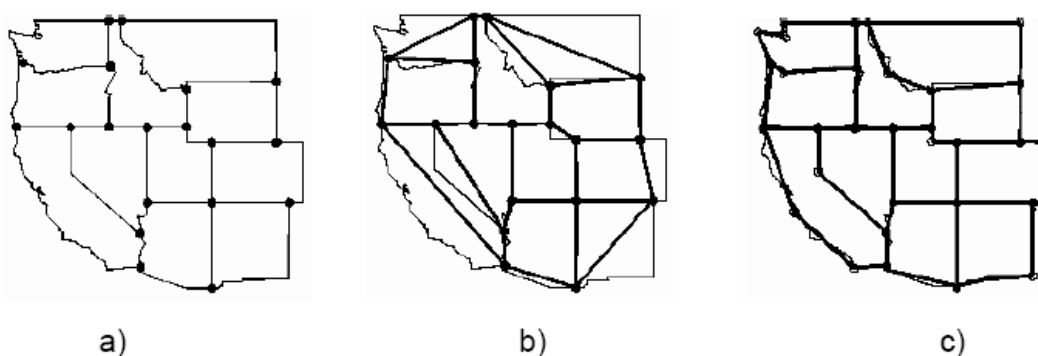
### **Simulovanie Annealingu (SA)**

Názov algoritmu je inšpirované procesom žihania (postupné ochladzovanie tekutiny). V procese tekutina spočiatku pri vysokej teplote neusporiadaná pomaly chladne, pričom celý systém je zhruba v stave termodynamickej rovnováhy. Ako ochladzovanie postupuje systém sa stáva usporiadanejší a približuje sa k bodu mrazu  $T=0$ . V prípade simulácie tohto procesu môžeme uvažovať o guli (je to stav, ktorý reprezentuje aktuálnu funkčnú hodnotu). Na skúmanom nepravidelnom povrchu dosahujeme po nejakom čase zníženeiny. V dôsledku potenciálnej energie gule, proces nezastavuje, pokračuje hľadanie hlbších zníženín. V prípade, že sú zistené nejaké vyvýšeneiny, musia byť transponované. Zatiaľ čo potenciálna energia klesá a skúmaná kapacita na guli ubúda a nakoniec zastavuje v nejakom údolí.

V prípade problému tvorby anamorfózy je teplota alebo potenciálna energia substituovaná tzv. map coarseness (zhrubnutie) a refinement (zjemnenie). Samotná konštrukcia je rozdelená do dvoch úloh: prepočítať veľkosti regiónov na vybranú premennú, zachovať rozpoznateľnosť tvaru jednotlivých regiónov.

Zo začiatku sa mapa načíta už s prepočítanou premennou za účelom predvedenia anamorfovaného výstupu. V tejto fáze sú zadané tzv. coarseness.

Plochy regiónov sú následne vypočítané s pôvodnej plochy a hodnôt vybranej premennej. Opakovaný process začína na konci len v prípade, že coarseness dosiahnu hodnotu definovanú užívateľom. V tomto kroku je prvou operáciou identifikácia všetkých tých vrcholov v mape, ktoré nie sú kľúčové. Kľúčové vrcholy sú tie, ktoré po odstránení podnietia topologické zmeny (obr. 9a). Po odstránení všetkých nekľúčových vrcholov dostávame zjednodušenú mapu (obr. 9b).



Obr.9: Zjednodušenie hraníc pomocou kľúčových vrcholov. House, Kocmoud [6]

V závere sa problém rieši doplnením nových vertexov, ktoré sú prepojené s kľúčovými vrcholmi. Počet nových vertexov závisí na vzdialenosti medzi jednotlivými vrcholmi. Teda máme maximálnu vzdialenosť, pôvodne definovanú, medzi dvoma vrcholmi v mape. Pre zlepšenie detailov sa vzdialenosť znižuje opakovane. Podobnou procedúrou je napríklad Douglas-Peukerov algoritmus podľa Robinson, Morrison [23] používaný pri generalizácii línii v mape. Ďalším krokom je vytvoriť plochy regiónov pomocou spojených fyzicky založených plôch tvarovaných elementmi, ktoré vyvíjajú tlak na ich zovňajšok, vnútrajšok.

n vertex plochy regionu je daný:

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} (y_i + y_{i \oplus 1})(x_i + x_{i \oplus 1}), \quad i \in [0, \dots, n-1] \quad [4]$$

*Kde:*

*A je plocha regiónu*

*$y_i$  je y-súradnica vertexu  $i$ ,*

*$x_i$  je x-súradnica vertexu  $i$ ,*

*a operator  $\oplus$  je doplnkový modul  $n$*

*Sila vyvinutá zdrojmi je percentuálne úmerná plošnej chybe regiónu.*

$$\epsilon_{Area} = \frac{100(A - A_{desired})}{A_{desired}} \quad [5]$$

*Kde:*

*$\epsilon_{Area}$  je percentuálna plošná chyba regiónu,*

*A je plocha regiónu,*

*$A_{desired}$  je plocha požadovaného regiónu,*

*Sila aplikovaná na každý vertex regiónu je:*

$$F_{AS} = \frac{K_{AS} \epsilon_{Area}}{N_{vertices}} u \quad [6]$$

*Kde:*

*$K_{AS}$  je mierkový parameter definovaný užívateľom*

*$N_{vertices}$  je počet vertexov každého regiónu*

*$u$  je smer určený uhlom, ktorý delí uhol medzi príľahlým vertexom a vrcholmi.*

Po výpočte sily aplikovanej na každý vertex regiónu dôjde k prestavbe vertexov a faktor coarseness je aktualizovaný. Ak tento faktor dosahuje hodnoty pod užívateľsky stanovenou prahovou hodnotou, následne je proces ukončený, vzniká konečný výstup podľa Henriques [5].



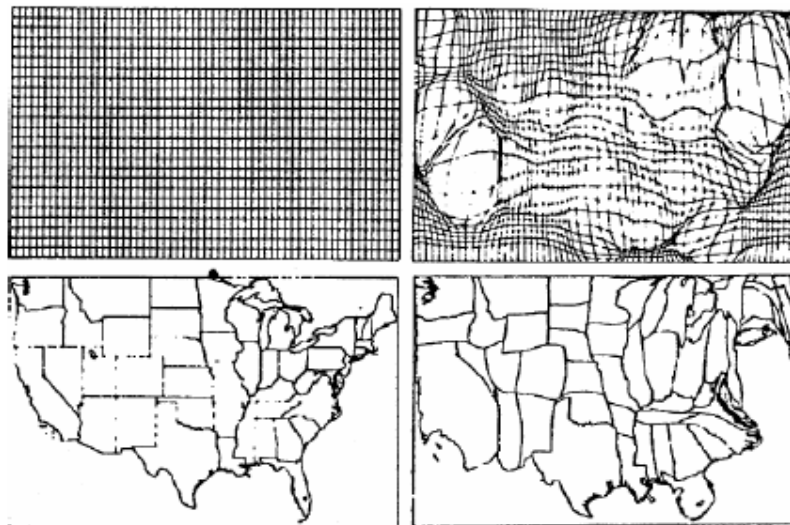


*Obr.10: Na obrázku môžeme vidieť aplikáciu algoritmu na vizualizáciu stavu populácie v USA. Henriques [5]*

### **5.1.3. Rubber-map Method**

Je jednou s prvých metód pre tvorbu anamorfovaných výstupov v prostredí počítačov. Metóda je založená na deformácii mapy ako by to bol gumový povrch. V prípade tejto metódy môže byť každá osoba reprezentovaná bodkou. „Gumový“ povrch je natiahnutý cez celé zaujmové územie tak, aby medzi jednotlivými bodmi bola vždy rovnaká vzdialenosť podľa Tobler [24].

Toblerova metóda na počiatku rozdelí pravidelnú mriežku, vypočíta hodnotu hustoty pre každú bunku mriežky. Každý vertex, ktorý sa nachádza na styku štyroch susedných buniek je posunutý smerom, ktorý je vypočítaný za účelom najmenšej chyby hustoty vzhľadom na ostatné bunky. Proces presunu vertexov trvá až do okamihu, keď už nemôže dôjsť k žiadnemu vylepšeniu. Meradlo priemernej chyby je založené na meraní vyhladenia v opakovaných výstupoch procesu. Na konci procesu je získaná výsledná deformovaná mriežka. Jedná sa tu o tvorbu mapy v pomere 1:1. Prebieha tu dvojnásobná dvojrozmerná interpolácia, ktorá je úžitá k projekcii vrcholov do výslednej mriežky.



Obr. 11: Na ľavej strane je zobrazená mriežka pôvodnej mapy, na pravej strane finálnej mapy. Pod nimi je zobrazená pôvodný a výsledný mapový výstup. Tobler [24]

Jednou s nevýhod tejto metódy je, že je závislá na vybranom koordinačnom systéme. Ďalšou nevýhodou je, že čas potrebný ku konvergencii je minimálny, pretože pre výpočet hodnoty každej bunky je braná v úvahu len hustota štyroch susedných buniek, čo neprispieva k presnosti danej metódy.

#### 5.1.4. Pseudo-cartogram Method

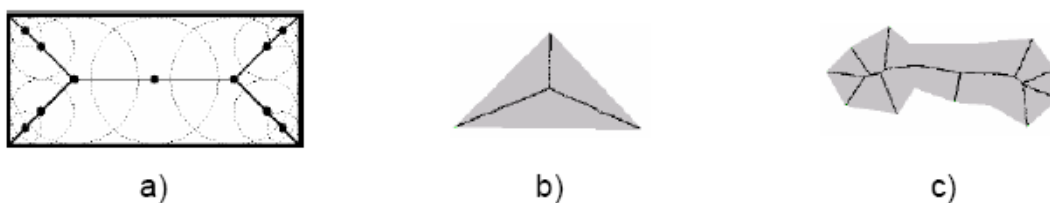
Tobler [26] zavádza v roku 1986 metódu pre tvorbu neradiálnej pseudoanamorfózy viz kapitola 4. Táto metóda je podobná Rubber-map Metod. Hľadá spôsob ako obmedziť chybu plochy prispôbením línií reprezentujúcich zemepisnú dĺžku a šírku v mape. Algoritmus začína ortogonálnym navrstvením mriežky v mape. Následne dochádza k vertikálnym a horizontálnym posunom línií mriežky, k rozširovaniu a zužovaniu za účelom získania približne rovnakého hustotného vymedzenia. Táto metóda poskytuje užitočný nástroj pre efektívnejšiu minimalizáciu plošnej chyby v jednotlivých regiónoch. Avšak táto metóda, podobne

ako v prípade predchádzajúcej metódy, záleží na vybere koordinačných osí. Na viac Toblerova metóda produkuje väčšiu kartografickú chybu a je používaná viac pri procese pre-processingu pred samotnou konštrukciou anamorfovaného výstupu.

### 5.1.5. Media-axes-based Cartogram

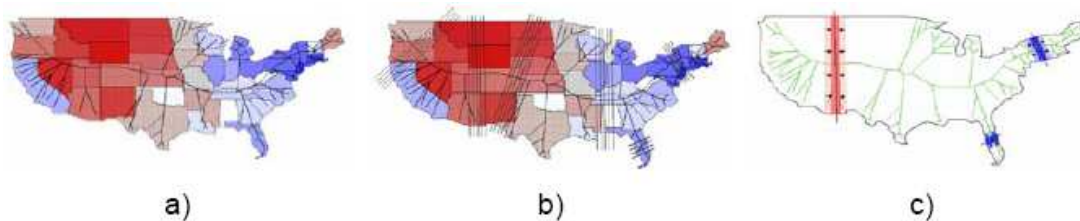
Táto metóda je založená na stredných osiach mapy Keim, North [9], [10], [11]. Stredné osy sú použité pre zjednodušenie tvaru objektu sú využité ako počiatok pre samotný výpočet.

Stredné osy v polygóne spájajú všetky centrá všetkých možných obvodov vykreslených vnútri objektu v dosahu tak veľkom ako je možné. Na obr. 12 môžeme vidieť konštrukciu stredných osí. Tieto osi sú získané pomocou užitia Delaunayho trianguláciu podľa Robinson, Morrison [23].

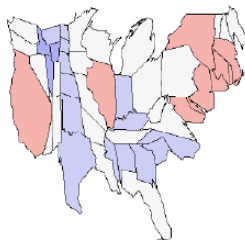


Obr.12: Stredné osy: a) obdĺžnikový objekt, b) trojuholníkový objekt, c) polygón. Keim, North [10]

Metóda založená na koncepte stredných osí využíva riadky obrazu sprevádzajúc tvorbu výstupu. Tento prístup využíva líniu, os vykreslenú cez mapu ku kontrole smeru v ktorom prebieha rozširovanie alebo zmršťovanie polygónov. Osy reprezentujú orientáciu každého polygónu obr. 14a. Tieto segmenty sú kolmé na vytvorené osy a reprezentujú možné kolízne zóny v mape. Zmršťovanie a rozširovanie má minimálny efekt na celkový vzhľad mapy. V ďalšom kroku je vypočítaný mierkový faktor obr. 14c, ktorý determinuje expanziu alebo kontrakciu kolíznych zón podľa Henriques [5].



Obr.13: Media-axes-based algorithm: a) tvorba stredných osí, b) obrázky riadkov kolmé na stredné osy, c) výpočet mierkového faktoru. Keim, North [20]



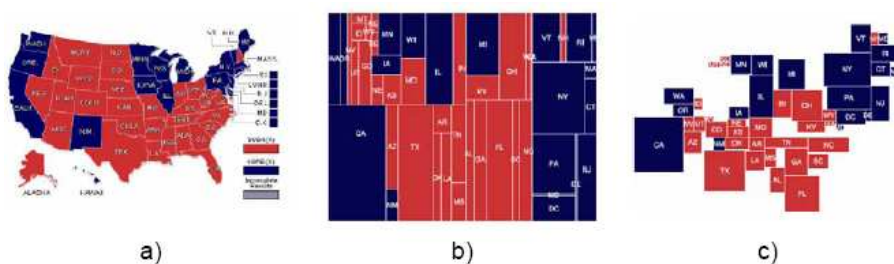
Obr.14: Príklad použitia algoritmu, pre vizualizáciu volebných výsledkov prezidentských volieb v USA z roku 2000 (Bush - modrá, Gore - červená) podľa Keim, North [10]

### 5.1.6. RecMap: Rectangular Map Approximations

Autormi metódy sú Heilmann a Keim [4]. Základná myšlienka tohto algoritmu je založená na reprezentácii jednotlivých regiónov formou obdĺžnikov v mape. Každý obdĺžnik je svojou plochou úmerný vybranej premennej. Pre lepšie pochopenie informácie reprezentovanej touto metódou sú jednotlivé obdĺžniky umiestnené v rámci možnosti najbližšie pôvodnej polohe a topológia ostáva zachovaná. Sú prezentované dva varianty algoritmu. V oboch sa jedná o tvorbu výstupov neradiálnej anamorfózy, pričom plocha každého obdĺžnika je úmerná hodnote študovanej premennej. Rozdiel medzi metódami sa vzťahuje k faktu, že v prvom prípade nie sú prípustné medzery medzi polygónmi, kým v druhom prípade tieto medzery v porovnaní s pôvodnou mapou existujú.

Päť odlišných komponentov bolo zahrnutých do objektivej funkcie za účelom kontroly kvalitnejšej produkcie výstupov. Sú to plocha, tvar, topológia, relatívna poloha polygónu a finálna plocha. Topológia je kvantifikovaná kontrolou odlišností

susedstva pôvodných a deformovaných polygónov. Hodnotenie relatívnej polohy polygónu je založené na hodnotení centroidov jednotlivých polygónov, či ich poloha korešponduje z pôvodnou polohou. Na koniec sa porovnáva plocha prázdneho priestoru v pôvodnej a výslednej mape.



Obr.15: Príklad metódy: a) pôvodná mapa, b) varianta 1 - bez medzier, c) varianta 2 - zachovaná topológia Heilmann, Keim [4]

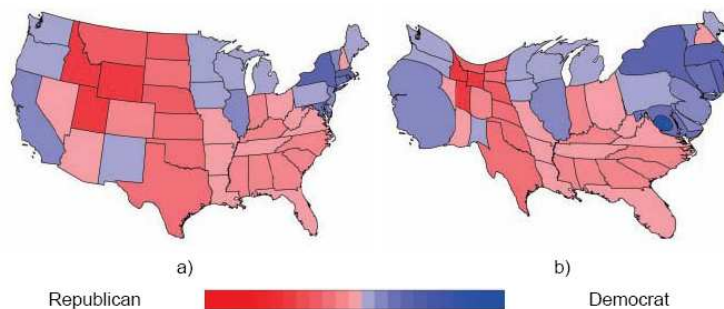
Účelom je doceliť vysokú kvalitu anamorfovaných výstupov. Tvorí sa viacero výstupov, z ktorých je optimalizačným výberom pre konečnú vizualizáciu vybraný jeden najlepší. Hodnotenie výstupov je založené na objektivej funkcii. Proces je opakovávaný a zastaví sa v prípade dosiahnutia užívateľsky vopred stanovenej prahovej hodnoty. Problém optimalizácie rieši Genetický algoritmus GA. Genetické algoritmy sú súčasťou evolučných výpočtov, kde rapídne narastá priestor pre uplatnenie umelej inteligencie. Evolúcia ukázala, že je to veľmi účinný mechanizmus umožňujúci hľadanie vhodných riešení zložitých problémov podľa Henriques [5].

### 5.1.7. Diffusion cartogram

Táto metóda je založená na fakte, že výstupná mapa má rovnakú hustotu javu v každom regióne. Teda plochy regiónov musia byť upravené úmerne hodnotám premennej napr. populácie, hustota je všade rovnaká podľa Gastner, Newman [2]. Pri samotnej tvorbe je prípustná difúzia z areálov z väčšou hustotou do areálov s menšou

hustotou. Lineárny proces difúzie založený na prístupoch elementárnej fyziky je dobrým riešením pre túto metódu.

Premenná je definovaná ako funkcia hustoty  $\rho(r)$ , kde  $r$  reprezentuje geografickú pozíciu. Hustota premennej sa stáva uniformnou. Obr.17 ukazuje dáta z prezidentských volieb v roku 2004.



Obr. 16: Diffusion cartogram: a) pôvodná mapa volebných výsledkov, b) konečný výstup za použitia metódy Diffusion cartogram Gastner, Newman [2].

### 5.1.8. Line Integral Method

Autormi metódy sú Gusein-Zade a Tikunov [3]. Metóda aplikuje radiálne transformácie, tak že hustota premennej na mape je uniformná. V prvom kroku je mapa rozdelená na mriežku s množstvom buniek. Radiálne transformácie sú aplikované pri tvorbe každej bunky, ich hustota je uniformná, kým hustota v ostatných bunkách ostáva nezmenená. Tento proces sa opakuje pre každú bunku, mení sa vzhľad mapy. Pretože výsledok môže obsahovať vrcholy na okrajoch hraníc regiónu, táto transformácia je aplikovaná v praxi ako liniový integrál okolo každej hranice regiónu. Zatiaľ čo radiálne metódy produkujú rozumné výsledky kvôli plošnej chybe produkujú balónový efekt, ktorý často neprispieva k rozoznateľnosti jednotlivých regiónov podľa Gusein-Zade, Tikunov [3].



Obr.17: Príklad použitia metódy Line Integral Method. Henriques [5]

### 5.1.9. Porovnanie algoritmov

V nasledujúcej tabuľke sú na základe vybraných charakteristík porovnané jednotlivé užívané algoritmy.

Tab.2: Sumár všetkých uvedených algoritmov so základnými charakteristikám Henriques [5].

Algoritmus	Typ neradiálnej anamorfózy	Radiálny proces	Zachovanie topológie	Optimalizácia algoritmu
Contiguous Area Cartogram	Súvislá	áno	áno	-
Contiguous Area Cartogram using the Constraint-based Method	Súvislá	nie	áno	SA
Rubber-map Method	Súvislá	nie	áno	-
Pseudo-cartogram Method	Súvislá	nie	áno	-
Medial-axes-based Cartograms	Súvislá	nie	áno	-
RecMap Rectangular Map Aproximations	Dorlingov kartogram	nie	nie nevyhnutne	GA
Diffusion Cartogram	Súvislá	nie	áno	-
Line Integral Method	Súvislá	áno	áno	-

SA - Simulovanie Annealingu

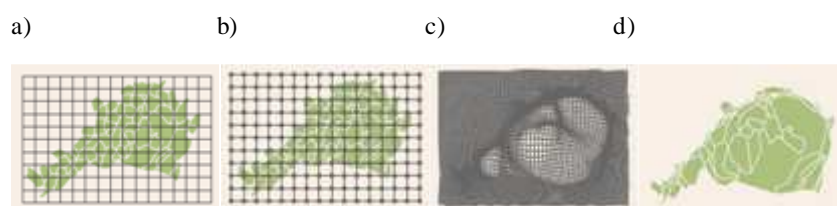
GA - Genetický algoritmus

## 5.2. Príklady vybraného softvéru a nástrojov

V súčasnosti existuje viacero softvérových riešení a nástrojov pre tvorbu kartografickej anamorfózy. Prevažná väčšina sa orientuje na neradiálnu anamorfózu, tento fakt platí pre všetky vybrané softvéry v kapitole. Väčšina z nich využíva algoritmus Diffusion Cartogram. Práve nejednotnosť užívaných algoritmov je veľkým problémom, pretože pre jednu dátovú sadu môžu vzniknúť odlišné výstupy.

### 5.2.1. ScapeToad

Kartografický software od spoločnosti Choros Laboratory pre tvorbu plošnej anamorfózy (angl. cartogram) ScapeToad [41] využíva algoritmus Diffusion Cartogram založený na metóde difúzie. Na základe užívateľom definovaných premenných dochádza k modifikácii máp bez zmeny topologických vzťahov.



Obr. 18: Postup generovania výstupnej mapy: a) softvér preloží pravidelný grid cez všetky vrstvy, b) vypočíta hustotu pre každý bod gridu, c) následne sa aplikuje algoritmus Diffusion Cartogram, ktorý rešpektuje hranice danej vrstvy, d) vo výsledku plocha mapy reflektuje užívateľom definované premenné ScapeToad [39]

ScapeToad [41] je cross platforma, open source aplikácia napísaná v programovacom jazyku Java, dizajnovaná ako nezávislá aplikácia využívajúca ESRI Shapefile formát pre vstup aj výstup. Export máp sa uskutočňuje vo formáte SVG. ScapeToad má užívateľsky príjemné rozhranie, ktoré napomáha užívateľovi pri tvorbe anamorfózných máp.



### 5.2.2. Cartogram Genertor pre ArcGIS

Nástroj pre tvorbu plošnej anamorfózy s geodatabázy alebo shapefile od spoločnosti ESRI [34]. Výstup musí byť zapísaný do geodatabázy. Veľkosť nástroja je 45 MB. Je určený pre všetky licencie ArcGIS verzie 9.2 a 9.3 (ArcInfo, ArcEditor, ArcInfo) pre aplikácie ArcMap a ArcCatalog. Pracuje s geodatabázami ArcSDE, osobnou a súborovou geodatabázou so shapefile len ako so vstupom. Bol testovaný na platformách Windows XP, Windows 2000. Je určený širokému spektru užívateľov.

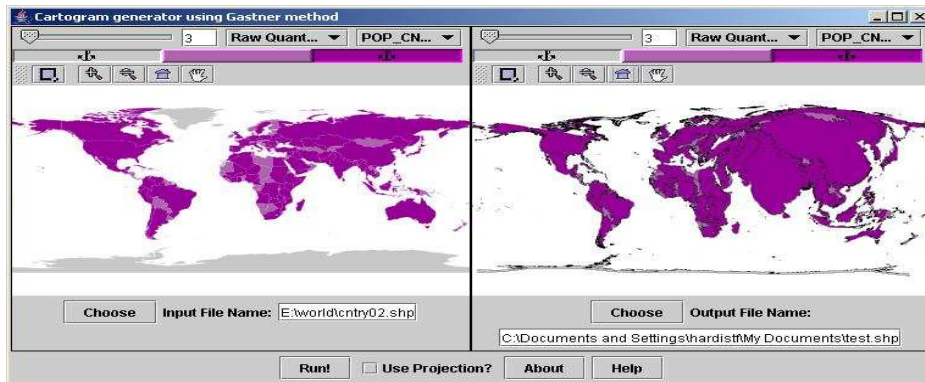
Tento toolbox využíva algoritmus a metodológiu vytvorenou Markom Newmanom a Michaelom Gastnerom z Michiganskej Univerzity. Implementácia tohto nástroja po nainštalovaní do ArcMap prebieha jednoducho, do ArcToolbox ho pridáme pomocou funkcie Add Toolbox. Jedná sa o metódu založenú na procese difúzie. Dochádza tu k zmene tvaru polygónov v mape na základe hodnoty príslušného atribútu. Niekedy dochádza k veľmi dramatickej zmene tvaru, no susedstvo medzi polygónmi zostáva zachované, nedochádza k vzniku žiadnych medzier ani zmene počtu susedných polygónov. Nástroj poskytuje vybavenie pre zmenu polohy alebo tvaru asociovaných bodových, líniových a rastrových vrstiev, zabezpečuje ich výstup do rovnakej geodatabázy, v ktorej sa nachádza výsledný výstup. Bodové prvky ostávajú v hraniciach svojho príslušného polygónu.

Pred samotnou transformáciou musíme svoje dáta zkontrolovať. Nástroj pracuje len s kladnými číslami, takže preventívne v Definition Query nastavíme kladné hodnoty atribútu na základe, ktorého bude transformácia prebiehať. Nulové hodnoty sú ignorované, no záporné spôsobujú problém a na obrazovke sa objaví chybové hlásenie.

### 5.2.3. Cartogram generator

Je to produkt s dielne Franka Hardistyho. Program je určený pre generovanie jednoduchých výstupov súvislej neradiálnej anamorfózy územia viz kapitola 4. Pri

generovaní sa využíva difúzna metóda Gastnera a Newmana [2], ktorá je základom väčšiny softvérov tohto druhu. Program je napísaný v jazyku C.



Obr.19: Ukážka pracovného prostredia. Cartogram generator [31]

#### 5.2.4. MAPresso

MAPresso [37] je voľne dostupná Java aplikácia, ktorá umožňuje tvorbu výstupov neradiálnej anamorfózy. Vývoj tejto aplikácie bol financovaný za podpory Swiss Federal Statistical Office. Hans Steffen (sekcia regionálnych analýz a tematickej kartografie) významne prispel ku koncepcnému vývoju aplikácie a jej integrovaniu do štatistických aplikácií.

Aplikácia umožňuje tvorbu súvislých neradiálnych anamorfovaných máp a Dorlingovho kartogramu viz kapitola 4. Algoritmus pre tvorbu súvislých máp navrhli a vytvorili páni Dougenik, Chrisman a Niemeyer v roku 1985. Vizualizácia pomocou Dorlingovho kartogramu sa realizuje za pomoci Dorlingovho algoritmu, kde veľkosť kruhu zodpovedá hodnote vybranej premennej. Vstupnými formátmi transformácie môžu byť psc-format, ESRI Shapefile. Výstup môže byť zabalený vo forme PostScript file (EPS).

### 5.2.5. Cart

Cart [30] bol vytvorený za spolupráce Marka Newmana s Michaelom Gastnerom, tvorcov najpoužívanejšieho algoritmu pre tvorbu súvislej neradiálnej anamorfózy viz kapitola 4. V tomto softvéri môžeme vytvoriť výstupy nad vlastnými dátami, môžeme kompilovať zdrojový kód a poskytovať ho ďalej. Preto je potrebný C kompilér ako sú Visual C++ alebo GCC. Ku bezproblémovému chodu programu je potrebná FFTW Fourier transform library verzie 3 alebo vyššej. Zip downloadu programu cart obsahuje ešte tri ďalšie verzie rôzne náročné na pamäť a to cart2, cartv a cart2v.

Tab.3: Porovnanie jednotlivých verzií programu z hľadiska rýchlosti, presnosti a využitia pamäti Cart [30].

Verzia	Rýchlosť	Presnosť	Využitie pamäte
cart	rýchle	presný	100%
cart2	rýchle	menej presný	60%
cartv	pomaľšie	presný	50%
cart2v	pomaľšie	menej presný	30%

### 5.2.6. MapViewer

MapViewer [38] je softvér pre priestorové analýzy, správu, prezeranie a tvorbu máp. Vo svojej najnovšej verzii MapViewer 7 obsahuje program nástroj pre tvorbu výstupov nesúvislej plošnej anamorfózy. Predchádzajúce verzie už obsahovali nástroj pre tvorbu Dorlingovho kartogramu. Výstupy nesúvislej neradiálnej anamorfózy a Dorlingovho kartogramu sú realizované iba bez prekryvov, druhá varianta nie je k dispozícii viz kapitola 4.

### 5.2.7 Cartogram Creator

Produkt zdielne ESRI [34] autora E. B. Wolfa funguje ako samostatný .mxd projekt v ArcMap. Pracuje s formátom ESRI Shapefile. V projekte je pridané na hlavnú lištu tlačidlo s názvom Cartogram. Po stlačení sa spustí pracovné prostredie, v ktorom je možné si zvoliť vhodný druh neradiálnej anamorfózy, nastavovať parametre transformácie a zvoliť atribút s ktorým bude algoritmus pracovať. Cartogram Creator umožňuje tvorbu súvislej neradiálnej anamorfózy pomocou Rubber-Map Method, nesúvislej neradiálnej anamorfózy, Dorlingovho kartogramu s prekryvmi i bez nich viz kapitola 4. So všetkých uvedených softvérov a nástrojov obsahuje najväčšiu ponuku anamorfózných metód. Výstupy sú vo formáte Shapefile.

### 5.3. Konštrukcia anamorfóznej mapy

„V prostredí geografických informačných systémov (GIS) došlo k výraznému zjednodušeniu procesu tvorby máp, čím tvorba tematických máp nemusí byť nevyhnutne záležitosťou iba kartografov alebo geografov. Jednotlivé kroky v procese tvorby tematických máp už nemusia ísť v presnej následnosti, ale prostredníctvom vratných a opravných procesov v prostredí GIS sa môže tematická mapa a jej celkový dizajn neustále prispôsobovať a vylepšovať“. Majo [16]. Tento fakt sa dotýka aj oblasti tvorby anamorfovaných máp kde v poslednom období došlo k rýchlemu rozvoju, vyvinulo sa množstvo softvérov a nástrojov pre tvorbu hlavne neradiálnych anamorfóz. Ich pracovné prostredie je vytvorené užívateľsky intuitívnou formou. Dôsledkom tohto faktu je, že v dnešnej dobe môže zostrojiť anamorfovanú mapu takmer ktokoľvek. Keďže ľudia sa líšia úrovňou svojich vedomostí a schopností, môžu sa aj ich mapové produkty líšiť úrovňou a správnosťou spracovania. Preto často dochádza k nesprávnemu užitiu tejto metódy alebo k nesprávnej voľbe druhu

kartografickej anamorfózy pre vizualizáciu daných dát. Autor mapy vloží do softvéru akýkoľvek druh dát a vizualizuje ich metódou, ktorú daný softvér ponúka, pričom sa vo väčšine prípadov nepridržiava kartografických zásad, keďže nie je z oblasti kartografie, nemá žiadnu alebo minimálnu kartografickú gramotnosť. V dôsledku tohto faktu v dnešnej dobe nachádzame hlavne na internete množstvo tzv. mapových „brakov“, ktoré sú ďalej nesprávne interpretované, sú zaujaté, zvyhodňujú určitú oblasť. V prípade, že sú touto formou príslušné dáta interpretované skupinou užívateľov, ktorý na základe svojich vedomostí a schopností nedokážu objektívne posúdiť správnosť dát, užívatelia získavajú mylnú informáciu.

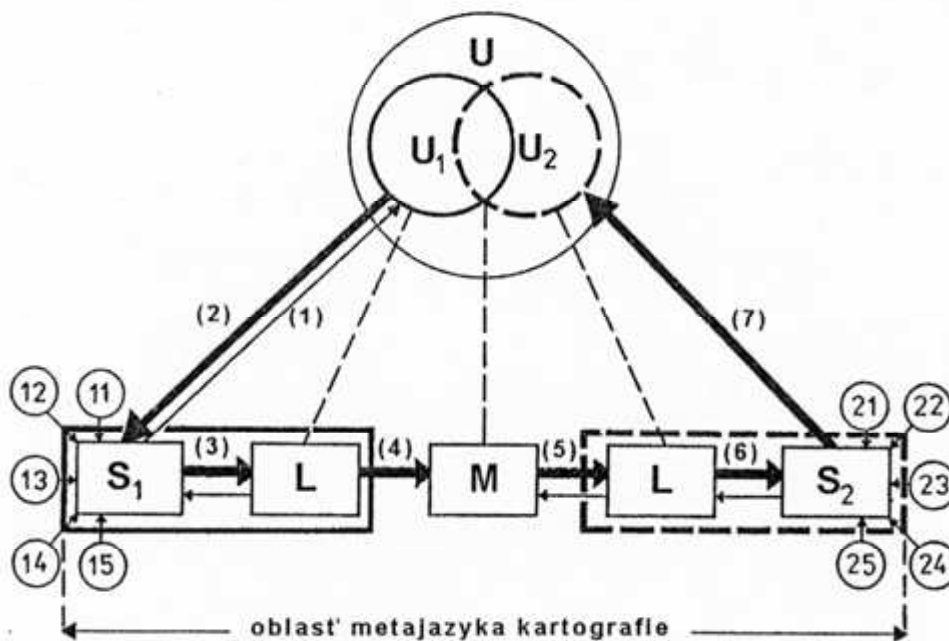
Samotná konštrukcia anamorfózných máp prebieha v niekoľkých fázach a v súčasnej dobe je otázkou krátkeho času. Autor si v prvom rade musí zabezpečiť vhodné, nepoškodené dáta v správnom formáte, vo väčšine prípadov vo formáte ESRI Shapefile. V druhom kroku nasleduje zváženie, či použitie metódy kartografickej anamorfózy má v prípade daných dát, premennej zmysel. Ak áno autor vyberá vhodný druh anamorfózy pre konečnú vizualizáciu. Ďalej nasleduje výber softvéru, ktorý daný druh obsahuje, keďže softvéry sa líšia ponukou druhov kartografickej anamorfózy, ktorými disponujú. V prípade, že má autor na výber s viacerých softvérov, ďalším rozhodovacím kritériom je používaný algoritmus. To má v konečnom dôsledku vplyv na tvar výsledných polygónov, na tvar ich hraníc (lokálne zachovanie uhlov), ale aj ich polohu a topológiu. Práve tieto faktory sú hlavnými identifikátormi jednotlivých regiónov, napomáhajú orientácii v anamorfovanej mape a prírjmu tematickej informácie z mapy. Až následne po výbere algoritmu môže pristúpiť k samotnej tvorbe anamorfovaného výstupu. Nastaví parametre transformácie a v poslednom kroku spustí samotnú transformáciu. Po skončení procesu autor pristupuje ku kontrole výsledkov, v ktorej sa zameria na čitateľnosť a prehľadnosť výslednej mapy, na to či príslušný mapový výstup plní účel, zvyrazňuje danú tematiku. Tu nastáva najväčší rozdiel v kvalite tvorby

anamorfovaného výstupu. Autor sa rozhoduje na základe subjektívnych poznatkov, svojich schopností a vedomostí. Prejavuje sa skúsenosť a kartografická gramotnosť autora. Kartograf, ktorý disponuje týmito atribútmi, by mal vytvoriť kvalitnejší výstup, užívateľsky prijateľnejší a zrozumiteľný.

## 6. HODNOTENIE METÓDY ANAMORFÓZY

### 6.1. Kartografická anamorfóza ako kartografická metóda tvorby máp

Základnou funkciou každej mapy, teda aj kartografických metód tvorby máp, je čo najefektívnejšou cestou podať užívateľovi zrozumiteľnú, presnú priestorovú informáciu. Ani metóda kartografickej anamorfózy nie je výnimkou. Vo svojej práci vychádzam so schémy komunikácie kartografickej informácie A. Kolačného [13]



Obr.23: Schéma komunikácie kartografickej informácie A. Kolačného [13]: U - univerzum, U<sub>1</sub> - univerzum kartografa, U<sub>2</sub> - univerzum používateľa (čitateľa) mapy, S<sub>1</sub> - subjekt = kartograf, L - kartografický (mapový) jazyk, M - mapa, S<sub>2</sub> - subjekt = používateľ (čitateľ) mapy, (1) - anticipované pozorovanie, (2) - pôsobenie anticipovanej informácie, (3) - myšlienková transformácia, (4) - objektivizácia, (5) - pôsobenie objektivizovanej informácie na používateľa (čitateľa) mapy, (6) -

*pôsobenie pochopenej informácie, (7) - konanie na základe pochopenej informácie, 11 - ciele S1, 12 - vedomosti, skúsenosti S1, 13 - schopnosti S1, 14 - psychické procesy S1, 15 - vonkajšie podmienky S1, 21 - ciele S2, 22 - vedomosti, skúsenosti S2, 23 - schopnosti S2, 24 - psychické procesy S2, 25 - vonkajšie podmienky S2*

Ideu schémy možno pretlmočiť do bežnej reči asi takto:

„Kartograf (resp. tvorca, pôvodca mapy)  $S_1$  vníma okolitý svet, univerzum (U), vyberá si z neho určitú časť ( $U_1$ ) a na základe svojich profesionálnych daností (11–15) a znalostí kartografického jazyka L vyhotovuje mapu M, ktorú so znalosťou toho istého jazyka vníma používateľ mapy  $S_2$ , ktorý na základe svojich daností (21–25) vytvára si vo svojom vedomí predstavu o kartografom zobrazovanom svete ( $U_2$ ), pričom  $U_2$  spravidla nebýva totožné s  $U_1$ .“

V prípade katografickej anamorfózy tvorca mapy vníma univerzum, vyberá si z neho určitú časť, tematiku, ktorú chce čitateľovi mapy podčiarknuť, zvýrazniť. Na základe svojich daností, schopností a dostupného softvéru vyhotovuje anamorfovanú mapu za použitia kartografického jazyka. Čitateľ mapy so znalosťou toho istého kartografického jazyka vníma túto mapu a na základe svojich daností a kartografickej gramotnosti si vytvára obraz kartografom interpretovaného sveta. Danosti a kartografická gramotnosť percipienta určujú na koľko sa bude líšiť vnímanie univerza u tvorcu a čitateľa. Autor mapy preto, musí pred samotnou tvorbou zvážiť a vybrať vhodnú formu vizualizácie v závislosti na okruhu užívateľov, v závislosti na cieľovej skupine. Musí rozlíšiť vekovú skupinu užívateľov, ich vedomostnú úroveň a tomu prispôbiť úroveň komunikácie kartografickej informácie. Všetky tieto faktory pôsobia na veľkosť vzdialenosti medzi  $U_1$  a  $U_2$ . Z tohto pohľadu je možné kartografickú anamorfózu považovať za rovnocennú metódou ostatným užívaným kartografickým metódam tvorby máp.



## 6.2. Hodnotenie tematických máp

Analýza a hodnotenie mapových diel sa prevádza vždy sohľadom na konkrétny spôsob ich využívania s cieľom zistiť ich vlastnosti, kvalitu, a vhodnosť pre určitý účel. Hľadiská a spôsob hodnotenia sa líšia a je potrebné vychádzať z rekapitulácie procesu vzniku kartografického diela a dôkladnej znalosti oblasti jeho využitia Voženílek [28].

Pri hodnotení máp je potrebné určiť hierarchiu ukazateľov kvality mapy. Niekedy môže byť prioritným ukazovateľom geometrická presnosť mapy, inokedy jej podrobnosť alebo naopak prehľadnosť. Rovnaká mapa môže získať pre rôzne účely rôzne kvalitatívne ocenenie podľa Voženílek [28].

## 6.3. Hľadiská hodnotenia

Hodnotenie druhov kartografickej anamorfózy prebieha z troch hľadísk a to kartografického, užívateľského a matematického. **Kartografické** hľadisko sa sústreďuje na dodržiavanie kartografických zásad u jednotlivých druhov zo strany autora mapy. Bola posudzovaná kartografická gramotnosť autora. Naopak **užívateľské** hľadisko sa zameriava na kartografickú gramotnosť percipienta, na jeho schopnosti a vedomosti. Ďalej sa sústreďí na zrozumiteľnosť anamorfózných máp z pohľadu užívateľa, sú ponúknuté riešenia, ktoré by mohli napomôcť orientácii užívateľa v anamorfovanej mape. **Matematické** hľadisko ponúka pohľad na najznámejšie algoritmy a softvérové riešenia, slúžiace pre tvorbu kartografickej anamorfózy.

## 6.4. Hodnotiace kritéria

Pre samotné hodnotenie metódy kartografickej anamorfózy bolo potrebné stanoviť, vymedziť všeobecné kritéria hodnotenia. Pri tvorbe každého kartografického výstupu je kladená na prvé miesto **kartografická správnosť**, ktorá je prvotným hodnotiacim kritériom mapy, až za ňou stojí samotná vizualizácia. Je nutné, aby boli splnené všeobecné zásady tvorby tematických máp (zásada jednoty, koordinácie, jednoduchosti, priestorovej názornosti, zrozumiteľnosti, zvýraznenia dominant, výberu, mierky a generalizácie), a zároveň boli rešpektované teoretické poznatky kartografickej semiológie, izomorfizmu a informatiky Kaňok [7].

V rámci vizualizácie hrá hlavnú rolu **voľba vhodnej kartografickej metódy**, ktorá v najväčšej miere zvýrazní tematickú podstatu mapy. Tomu sa musí podriaďiť celý proces tvorby mapového výstupu. Tento fakt plne platí aj v prípade kartografickej anamorfózy, vyberá sa najvhodnejšia metóda, druh. Samotnú tvorbu výrazne ovplyvňuje to **kartografická gramotnosť percipienta** (komu bude mapa určená), akému okruhu či skupine užívateľov. Od každej skupiny užívateľov sa očakáva istá kartografická gramotnosť, schopnosť príjmu informácií z mapy a ich ďalšia interpretácia. U každej skupiny je táto schopnosť na inej úrovni. Skupiny užívateľov možno rozdeliť podľa veku (deti, študenti základnej, strednej, vysokej školy, dospelí...), pracovného zamerania (geograf, doktor, geológ...), úrovne kartografickej gramotnosti (kartograf, nekartograf...). Keďže anamorfované mapy sú v prevažnej miere určené laickým užívateľom, snažia sa zaujať a poskytnúť informácie užívateľsky zaujímavou formou. Úroveň vedomostí u takto širokej skupiny užívateľov je rôzna, tento fakt je potrebné pri samotnej vizualizácii brať v úvahu. Keďže v prípade kartografickej anamorfózy dochádza k výraznej premenke kostry mapy, podlieha táto metóda v porovnaní s inými kartografickými metódami iným špecifickým hodnotiacim kritériam. Sú to **miera zachovania tvaru, lokálne**

**zachovanie uhlov, miera zmena plochy, zachovanie polohy centroidu, susedský vzťahov, topológia.** Tieto kritéria celkom úplne neplatia v prípade radiálnej anamorfózy, kde je konštrukčný základ iný.

**Miera zachovania tvaru** určuje do akej miery sa odlišuje výsledný tvar celého záujmového územia, aj tvar jednotlivých regiónov od ich pôvodného tvaru. Tvar je jeden s hlavných identifikačných faktorov prvkov v mape, takže miera jeho zachovania stanovuje stupeň rozoznateľnosti jednotlivých prvkov mapy.

S mierou zachovania tvaru úzko súvisí **lokálne zachovanie uhlov** hraníc sledovaných regiónov, ktoré sa významnou mierou podieľa na zachovaní tvaru hraníc a následnej identifikácii regiónu v rámci mapy.

Tretím špecifickým faktorom je **miera zmeny plochy**. V prípade kartografickej anamorfózy je zmena plochy hlavným nástrojom zvýraznenia tematického obsahu. Veľkosť zmeny reprezentuje vybranú premennú, ktorá je vizualizovaná. Miera zmeny veľkosti plochy rozhoduje o tom, či je vhodné pre danú premennú použiť metódu kartografickej anamorfózy. Miera je určená rozdielmi plôch dieľčich regiónov. Ak sú rozdiely plôch regiónov v pôvodnej a výstupnej mape minimálne alebo žiadne, efekt metódy je takisto minimálny alebo žiadny. Preto použitie metódy v tomto prípade je nevhodné a odporúča sa použiť inú vhodnejšiu kartografickú metódu.

Približné zachovanie celkovej polohy regiónu, či presné **zachovanie polohy** jeho **centroidu** takisto napomáha k celkovej identifikácii objektov v mape. Užívateľ identifikuje objekty v anamorfovannej mape buď na základe svojich daností a vedomostí o pôvodnej polohe objektu alebo mu v tom napomáha priložená pôvodná mapa, ktorá dopĺňa anamorfovaný výstup. Čitateľ mapy môže porovnávať výstup z realitou, čo znižuje šancu vzniku mylnej predstavy o polohe, tvare, veľkosti sledovaných regiónov v reálnom svete.

So zachovaním polohy úzko súvisia aj vzájomné **susedské vzťahy** a zachovanie **topológie** regiónov. Pod pojmom susedské vzťahy je myslené, že v okolí sledovaného regiónu bude vo výslednej mape zachovaný rovnaký počet totožných susedných regiónov ako v mape pôvodnej. Topológia je vzťah medzi priestorovými objektmi. Zachovanie topológie medzi regiónmi nie je vždy možné. Pri výrazných rozdieloch v zmenách plochy susedných regiónov jej zachovanie neprispieva k čitateľnosti mapy. Oba faktory takisto ako predchádzajúce tri sa podieľajú na presnejšej identifikácii objektov v anamorfovannej mape a jej objektivite.

## **6.5. Hodnotenie jednotlivých druhov kartografickej anamorfózy**

### **6.5.1. Geografická radiálna (kruhová) anamorfóza**

V porovnaní s inými kartografickými metódami sa veľkosť javu vyjadruje vzdialenosťou od stredu, ktorá je nositeľom tematickej informácie. V prípade tohto druhu rozmiestnenie kriviek podlieha koncentrickému geografickému javu. Zavádza sa tu hodnotová stupnica namiesto dĺžkovej mierky. Užívateľovi poskytuje prehľadné informácie o vzťahu geografického javu k centru. V prípade prepĺneného obsahu v strenej časti mapy, sa pre získanie väčšieho miesta pre grafické vyjadrenie tohto obsahu, upravujú rozstupy sústredných kružníc, smerom k stredu sa rozširujú, pričom hodnota priradená kružnici ostáva rovnaká. V tomto momente konštrukcie môže dôjsť k nesprávnemu použitiu, pokiaľ autor prispôsobí hodnoty novým rozstupom, zmení a naruší stupnicu zavedených hodnôt, následne informácia v mape je chybná a zavádza čitateľa. Pri tvorbe tohto druhu sa autor stretáva s nedostatkom dostupných nástrojov a softvérov pre jej tvorbu, tento fakt platí pre radiálnu anamorfózu obecné. Výsledné mapy je vhodné doplniť doplnujúcou prehľadovou

mapou. Geografická radiálna anamorfóza nachádza uplatnenie najmä v oblasti dopravnej dostupnosti, ale aj demografie, či urbanizmu.

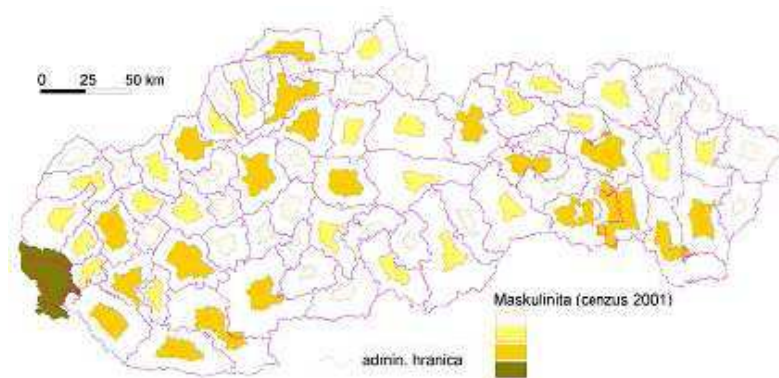
### **6.5.2. Matematická radiálna anamorfóza**

V prípade tejto metódy sú rozostupy medzi krivkami určené použitým matematickým vzorcom. Matematických anamorfóz je množstvo, každá je svojím spôsobom jedinečná, pretože odstup jednotlivých kriviek je vypočítaný vždy podľa iného matematického vzorca a ako prevodná plocha môže slúžiť viacero rotačných telies. Autor za každým vo vzorci zohľadňuje odlišný jav, ktorý je potrebné v rámci tematickej náplne mapy zvýrazniť. Táto metóda v rámci záujmového územia tematicky vyzdvihuje vo väčšine prípadov len ľubovoľnú časť, čo môže byť výhodou aj nevýhodou v závislosti na prípade. Z dôvodu rôznorodosti matematických anamorfóz nie je dostupný univerzálny nástroj či softvér pre jej tvorbu. Oblasti využitia sú široké, podobne ako množstvo matematických anamorfóz, najčastejšie slúžia pre zobrazenie silno koncentrovaných javov. .

### **6.5.4. Nesúvislá neradiálna anamorfóza**

Nositeľom tematickej informácie v tomto prípade je zmena plochy a veľkosti regiónu. Podobne ako u súvislej neradiálnej anamorfózy sú meradlom vhodnosti použitia metódy. Miera zmeny plochy a veľkosti regiónu určuje stupeň vhodnosti použitia. Konštrukčným centrom je centroid, stred pôvodného regiónu, ktorého poloha ostáva zachovaná. V rámci tohto druhu sa ako už bolo uvedené vydeľujú dva typy nesúvislá neradiálna anamorfóza s prekryvmi a bez prekryvov. Prvý typ zabezpečuje väčšiu polohovú presnosť. U druhého typu dochádza k posunom centroidov regiónov z dôvodu, aby nevznikali prekryvy medzi regiónmi. Výhodou tohto typu je väčšia prehľadnosť. Keďže sa tvar hraníc sledovaných regiónov zachováva, plní v tomto prípade tvar inú ako informačnú funkciu. Tvar plní funkciu jednoznačného identifikátora pôvodných regiónov.

Nevýhodou metódy nesúvislej neradiálnej anamorfózy je, že potiera princíp spojitosti geografického priestoru a narušuje kompaktnosť celej sledovanej plochy. Anamorfózne mapy pri nezachovaní princípu podobnosti a usporiadania areálov (tvarov hraníc) sú ťažko čitateľné pre prijímateľa mapy, ktorý je zvyknutý na fyzickogeografické hranice, ktoré sú bežne zobrazené vo všeobecnozemepisných, resp. topografických mapách. Táto nevýhoda sa dá eliminovať zobrazením fyzických hraníc spolu s anamorfnými areálmi, ako je to znázornené na obr. 1, kde sú spolu s pôvodnými fyzickými hranicami okresov Slovenska vizualizované anamorfované areály zobrazujúce štatistické dáta zo sčítania obyvateľstva v roku 2001 podľa Kusendová [14]. Pre tvorbu tohto druhu existuje viacero dostupných softvérov. Metóda nachádza uplatnenie podobne ako súvislá neradiálna anamorfóza v oblasti demografie, ekonómie, zdravotníctva v statickej aj dynamickej forme (animované, interaktívne mapy).



Obr.24: Maskulinita cenzus 2001 Kusendová [14].

#### 6.5.4. Súvislá neradiálna anamorfóza

Anamorfná metóda umožňuje zobrazenie nielen typických rozlohových charakteristík, akým je napr. ľudnosť (t. j. počet jednotiek na jednotku rozlohy), ale aj iných nerozlohových demografických charakteristík v súlade s kartografickým pravidlom, že veľkosť plochy by mala byť mierkovaná veľkosťou zobrazovaného

javu na rozdiel od kartogramovej metódy, v ktorej veľkosť plochy ostáva nemenná a odpovedá svojmu fyzicko-geografickému modelu. To spôsobuje vnemové problémy a nezrovnalosti medzi veľkosťou fyzickej plochy a odtieňom, resp. vzorkou výplne najmä pri extrémne malých, resp. veľkých plochách podľa Kuseňová [14].

V prípade tejto metódy dochádza k značným zmenám tvaru hraníc jednotlivých regiónov, ako aj celého záujmového územia. Veľkosť zmeny je závislá od hodnôt zvolenej premennej prepočítaných na plochu, presnejšie závisí od rozdielov týchto hodnôt. Samotná zmena tvaru je indikátorom vhodnosti použitia tejto metódy, keďže tvar regiónu spolu so zmenou plochy sú nositeľmi tematickej informácie. Nevhodné použitie metódy indikuje v prvom prípade minimálna zmena plochy a teda aj tvaru. Tvar a plocha sú základnými nositeľmi informácie a v prípade ich minimálnej zmeny svoju úlohu nenapĺňajú, užívateľ nedostáva jasnú informáciu. V druhom prípade sa jedná o zásadnú zmenu tvaru susedných regiónov, kde v dôsledku výrazne vyššieho plošného rozdielu medzi výslednými regiónmi významnú rolu hrá zachovanie susedstva, v dôsledku čoho dochádza k zásadnej tvarovej zmene. Výrazné tvarové zmeny robia mapu neprehľadnou a nečitateľnou, užívateľovi neposkytujú jasnú, čitateľnú informáciu.

Jednotlivé regióny užívateľ identifikuje na základe susedstva, susedných regiónov. Ich pôvodná poloha sa vzhľadom na susedné regióny v procese anamorfózy zachováva. V prípade použitia tejto metódy je vhodné doplniť výsledný výstup mapou s pôvodnými tvarmi regiónov, pre lepšiu orientáciu užívateľa v mape.

Pre tvorbu tohto druhu existuje najväčšie množstvo dostupného softvéru spomedzi všetkých druhov anamorfóz. Vo svete sa uplatňuje hlavne v oblasti socioekonomickej geografie k prezentácii demografických (svetová populácia), ekonomických (HDP), volebných (volebné výsledky), zdravotníckych dát (postup a rozšírenie epidémie), často aj vo forme kartografických animácií, či interaktívnych máp.

### 6.5.5. Neradiálna pseudoanamorfóza

Výstupy sú vizuálne podobné súvislej neradiálnej anamorfóze. V dôsledku odlišných konštrukčných základov viz kapitola 4 obsahujú výstupy tohto druhu väčšiu kartografickú a plošnú chybu ako v prípade súvislej neradiálnej anamorfózy, preto je pre konečnú vizualizáciu vhodné uprednostniť presnejšiu metódu. Autorom algoritmu pre tento druh je Tobler [26] viz kapitola 5.

### 6.5.6. Dorlingov kartogram

U tejto metódy dochádza k zmene tvaru, plochy, lokálnych uhlov, obvodu. Je tu snaha o dodržanie susedských vzťahov, pokiaľ je to konštrukčne možné z hľadiska geometrie. Metóda je plošne nesúvislá, topológia nie je zachovaná, predstavuje pomerne vyjadrenie jednotlivých regiónov, keďže každý polygón je vyjadrený rovnakým geometrickým tvarom. Vhodnosť použitia určujú rozdiely plôch výsledných regiónov, ak sú tieto rozdiely minimálne metóda nespĺňa svoju úlohu podčiarknutia tematiky, mapa sa stáva neprehľadnou. Pri použití tejto metódy je vhodné doplniť konečnú vizualizáciu o pôvodnú prehľadovú mapu a popis regiónov, aby užívateľ rýchlejšie vzájomným porovnaním interpretoval informácie z mapy.

Nevýhodou metódy podobne ako v prípade nesúvislej neradiálnej anamorfózy je, že rovnako potiera princíp spojitosti geografického priestoru a narušuje kompaktnosť celej sledovanej plochy. Pri nezachovaní princípu podobnosti a usporiadania regiónov (tvarov hraníc) sú mapy ťažko čitateľné pre prijímateľa mapy, ktorý je zvyknutý na reálne fyzickogeografické hranice.

Pre tvorbu Dorlingovho kartogramu existuje viacero dostupných nástrojov a softvérov. Uplatnenie nachádza metóda hlavne v oblasti demografie, ale aj ekonomie a zdravotníctva, ale aj mnohých ďalších odvetví s potrebou vizualizácie kvantitatívnych dát.



### **6.5.7. Ekvivalentná plošná anamorfóza**

Táto metóda poskytuje užívateľsky zjednodušený pohľad na záujmové územie, hranice sa značne zjednodušia, no plocha, poloha a tvar v základných rysoch ostávajú rovnaké ako u pôvodného územia. Nevzniká tu problém s identifikáciou jednotlivých regiónov. Je vhodná pre tzv. schematickú vizualizáciu územia, to znamená, že čitateľovi v základných rysoch poskytne informáciu o priestorových vzťahoch medzi jednotlivými regiónmi v realite. So softvérom pre tvorbu tohto druhu som sa nestretol.

Niektoré kartografy do tejto skupiny anamorfóz zahrňujú i mapy, ktoré vznikli procesom rasterizácie, podľa nich sa radia do skupiny neúmyselnej anamorfózy podľa Čerba [32]. Tento typ nezaradujem k metóde kartografickej anamorfózy, pretože vznik mapy je vždy limitovaný technickými možnosťami a za takýchto podmienok by za anamorfované mapy mohli byť považované všetky rastrové mapy.

### **6.5.8. Metóda dvoch mierok**

Táto metóda zvýrazňuje diskkrétne javy v rámci určitého celku pomocou dvoch rôznych mierok. Podčiarkuje ich význam, umožňuje zvýrazniť ich postavenie v rámci tematiky a vzájomne porovnávať. S dostupným softvérom som sa nestretol. V tomto prípade nositeľom tematickej informácie sú plochy (mestá) s väčšou mierkou. Nevýhodou tejto metódy je, že zmena plochy nastáva umelo, nedochádza k prepočtu premennej na plochu, čo spochybňuje príslušnosť druhu k metóde kartografickej anamorfózy.

## 7. DOPORUČENIE VHODNOSTI VYBRANÝCH METÓD

Vhodnosť použitia každého z uvedených druhov kartografickej anamorfózy určuje kvalita, informačná správnosť a jednoznačnosť prezentovaných dát v konečnej vizualizácii. Každý druh kartografickej anamorfózy môže byť pre daný typ dát ten správny, pretože pre každý z nich existuje určitý súbor dát, pre ktorý je použitie danej metódy vhodné. Z uvedených metód sa vo svete aktívne k prezentácii tematických dát využívajú druhy neradiálnej anamorfózy. Jedným z dôvodov je jednoduchá dostupnosť viacerých softvérových riešení pre tvorbu druhov neradiálnej anamorfózy. Tento fakt znevýhodňuje pozíciu radiálnej anamorfózy.

Neradiálne anamorfózy plnia svoju úlohu najmä v oblasti demografie, kde nachádzajú najväčšie využitie. Demografia je oblasťou geografie, ktorá najviac využíva túto metódu, no nie je jedinou. Uplatnenie v prípade tejto metódy je široké, zasahuje všetky obory socioekonomickej (napr. geografia priemyslu - priemyselná produkcia krajov, geografia poľnohospodárstva - počty hovädzieho dobytku v jednotlivých regiónoch, geografia dopravy - množstvo dopravy v okresoch, geografia služieb a cestovného ruchu - počty lyžiarskych stredísk v krajinách V4 atď.), ale aj fyzickej geografie (napr. hydrológia - počet zrážkomerných staníc v okresoch, biogeografia - počty medvedov v okresoch Prešovského kraja atď.). Táto metóda sa uplatňuje aj v oblasti vizualizácie zdravotníckych dát (počty infikovaných pacientov v regiónoch, riziko nákazy). Metóda dvoch mierok sa z uvedených druhov neradiálnej anamorfózy skoro nevyužíva, podstata jej vzniku je na hranici obecnej definície kartografickej anamorfózy. Z týchto dôvodov ju nedoporučujem k širšiemu užitiu. Neradiálna pseudoanamorfóza z dôvodu odlišnej konštrukcie vykazuje výrazne väčšiu kartografickú a plošnú chybu, preto je vhodné pri vizualizácii uprednostniť iné metódy neradiálnej anamorfózy. Ostatné druhy napĺňajú definíciu kartografickej anamorfózy, sú vhodné k širšiemu užitiu.

Radiálne anamorfózy nachádzajú najčastejšie využitie v oblasti časovej dostupnosti Voženílek [28], využívajú sa k sprehľadneniu prehusteného obsahu mapy a pre zobrazenie javov v mestách a ich okolí Murdych [19]. Tento typ anamorfózy bol využitý pre spracovanie dát z priestoru ČR a SR už v minulosti Z. Murdychom [19]. Nevýhodou je nedostupnosť softvérových riešení pre tento druh.

V prípade matematickej anamorfózy sa pravidlá transformácie, odstupý medzi krivkami menia v závislosti od použitého algoritmu a autora, preto sa dá posudzovať správnosť tejto metódy iba vzhľadom na konkrétny príklad, preto ju k širšiemu užitiu nedoporučujem, aj vzhľadom k neexistencii univerzálneho softvéru pre tento druh.

Frekvencia použitia metódy kartografickej anamorfózy pre vizualizáciu dát je v zahraničí porovnateľná s frekvenciou použitia metódy kartogramu, či kartodiagramu v ČR a SR.

Interpretačnú hodnotu anamorfózných máp zvyšuje použitie kartografických animácií. Toto sa uplatňuje pre vizualizáciu dát v časových radoch (dátová sada obsahujúca dáta z viacerých časových období). Pre každé časové obdobie je vytvorená anamorfovaná mapa záujmového územia. Následne je vytvorená kartografická animácia, ktorá obsahuje dynamicky sa meniaci obraz záujmového územia, ktorý sa mení v závislosti na čase. Tento trend je čoraz populárnejší a nachádza široké uplatnenie. Pozitívne naňho reagujú najmä laický užívatelia. Užívateľ si vie na základe animácie názornejšie uvedomiť dané súvislosti a správne ďalej interpretovať získané informácie o sledovanom jave.

Kartografická anamorfóza je rovnocennou metódou kartografickej vizualizácie. Preto jej využitie pri spracovaní tematických dát je korektné. Na základe hodnotenia všetkých klasifikovaných druhov boli za vhodné označené radiálna geografická anamorfóza, transformácia plôch, ktorá zahŕňa osovú anamorfózu, neradiálnu súvislú anamorfózu, neradiálnu nesúvislú anamorfózu, Dorlingov kartogram a ekvivalentná plošná anamorfóza.

## 8. DISKUSIA

Práca hodnotí a doporučuje vybrané metódy kartografickej anamorfózy pre širšie užitie pre vizualizáciu dát s prostredia ČR a SR. Každé hodnotenie nesie so sebou istú dávku subjektivismu autora. Existuje mnoho pohľadov a názorov na tému kartografickej anamorfózy. Táto metóda má veľa odporcov z toho dôvodu, že narúša samotnú kosť mapy, kontinuitu fyzicko-geografického priestoru. Proti tomu je druhá skupina, ktorá obhajuje prínos metódy pre tematickú kartografiu. Podobne ako u kartografov, aj u užívateľov máp sa názory rôznia. U jedných vyvoláva zmätok, podáva im mylnú informáciu, naopak pre druhých je zaujímavou inováciou, dáva im jasnú a rýchlu informáciu. Z týchto príčin sú najväčším nedostatkom práce napadnuteľnosť zvolených hodnotiacich kritérií a klasifikácia metódy, aj keď sa v práci snažím tento fakt odstrániť štúdiom literatúry z rôznych zdrojov.

Značným problémom v prípade tejto kartografickej metódy je terminológia, ktorú by bolo potrebné záväzne ujednotiť. V ČR a SR absentuje publikácia, ktorá by sa touto metódou zaoberala komplexne. V práci som sa stretol s odlišnou terminológiou, ktorú bolo potrebné ujednotiť. Tu som využil už existujúce ekvivalenty, ale aj nové mnou vytvorené preklady jednotlivých druhov kartografickej anamorfózy. Definície a ukážky neradiálnych anamorfóz som čerpal hlavne zo zahraničnej literatúry, naopak informácie o radiálnej anamorfóze som čerpal s domácich zdrojov, čo prinieslo rozdielne pohľady na tieto dve základné metódy kartografickej anamorfózy.

Dôveryhodnosti anamorfózných výstupov nenapomáha ani fakt, že pre tvorbu jedného druhu existuje viacero algoritmov. Rovnaké dáta majú odlišnú formu. Kvôli tomu je potrebné vytvoriť alebo stanoviť jednotný algoritmus, ktorý sa stane pre danú metódu štandardom.

Bakalárska práca poskytuje základný pohľad na u nás málo známu metódu kartografickej anamorfózy, na jej rôzne formy a vhodnosť ich použitia. Práca prezentuje kartografickú anamorfózu ako inovatívnu kartografickú metódu a súčasť kartografie. Zároveň môže poslúžiť ako zdroj informácií, či inšpirácia pre ďalšie podobne orientované práce, ktoré by sa zaoberali kartografickou anamorfózou podrobnejšie alebo z iného hľadiska.

## 9. ZÁVER

V úvode práce boli na základe zadania stanovené základné ciele. Prvou úlohou bolo pre rešeršnú prácu zostaviť prehľad možných anamorfózných metód. Následne bola vyriešená otázka nejednotnej terminológie. Došlo k ujednoteniu pojmov. Ďalej bola zostavená klasifikácia druhov kartografickej anamorfózy. Klasifikácia vymedzila dve základné druhy kartografickej anamorfózy a to radiálnu (kruhovú) a neradiálnu (obecnú).

V druhom kroku bol zostavený prehľad algoritmov užívaných pre tvorbu anamorfózných máp (najmä neradiálnych) a vybraného softvéru a nástrojov, ktoré tieto algoritmy užívajú. Zároveň bol každý z uvedených algoritmov, softvérov a nástrojov stručne charakterizovaný. V tejto časti boli posudzované možnosti tvorby anamorfovanej mapy bežným užívateľom.

Najdôležitejšiu tretiu časť práce tvorilo samotné hodnotenie jednotlivých anamorfózných mapových metód. Hodnotenie prebiehalo s pozíciou autora, aj čitateľa mapy. Za špecifické hodnotiace kritéria boli stanovené miera zachovania tvaru, lokálne zachovanie uhlov, zmena plochy, zachovanie polohy centroidu, susedský vzťahov, topológia.

Následne boli na základe hodnotenia doporučené vybrané druhy kartografickej anamorfózy pre aplikáciu v rôznych oblastiach geografie a kartografie.

V závere textovej časti práce bola prevedená diskusia o možnostiach využitia tejto práce, o potenciáli kartografickej anamorfózy ako kartografickej vizualizačnej metódy. Textová časť bola spracovaná podľa Voženílek [27].

Po spísaní textovej časti bola vytvorená webová prezentácia, CD-ROM s prílohami a potrebnou dokumentáciou práce a 20 príkladových máp a posterov nad vybranými dátami.

## 10. LITERATÚRA

### 10.1. Tlačené zdroje

- [1] DOUGENIK, J., CHRISMAN, N. and NIEMEYER, D. (1985). *An algorithm to construct continuous area cartograms*. Professional Geographer, 27, Routledge, s. 75–81
- [2] GASTNER, M. and NEWMAN, M. E. J. (2004). *Diffusion-based method for producing density-equalizing maps*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, s. 7499–7504
- [3] GUSEIN-ZADE, S. and TIKUNOV, V. (1993). *A new technique for constructing continuous cartograms*. Cartography and Geographic Information Systems, 20(3), CaGIS, s. 167–173
- [4] HEILMANN, R., KEIM, D.A., PANSE, C. and SIPS, M. (2004). *RecMap: Rectangular map approximations*. IEEE Symposium on Information Visualization, Austin, Texas, s. 33–40
- [5] HENRIQUES, R. A. P. (2005). *Cartogram creation using self-organizing maps*. Dissertation submitted in partial fulfilment of the requirements for the the degree of Master in Geographical Information Systems and Science, Universidade Nova de Lisboa, s. 3–25
- [6] HOUSE, D. and KOCKMOUD, C. (1998). *Continuous cartogram construction*. Proceedings of IEEE Visualization, Research Triangle Park, s. 197–204
- [7] KAŇOK, J. (1999). *Tematická kartografie*. Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava, s. 9–14
- [8] KAŇOK, J. (2007). *Cartogram method and cartodiagram method issues – the need for definitions and nomenclature change*. 15. mezinárodní geografická konference, Brno
- [9] KEIM, D.A., NORTH, S.C., PANSE, C. and SCHNEIDEWIND, J.O. (2002). *Efficient cartogram generation: a comparison*. Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization 2002, IEEE
- [10] KEIM, D.A., NORTH, S.C. and PANSE, C. (2004). *CartoDraw: a fast algorithm for generating contiguous cartograms*. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 10(1), Florham Park, New Jersey, s. 95–100.
- [11] KEIM, D.A., NORTH, S.C. and PANSE, C. (2005). *Medial-axes based cartograms*. IEEE Computer Graphics and Applications, 25(3), s. 60–68
- [12] KIRKPATRICK, S., GELLAT Jr., C.D. and VECCHI, M.P. (1983). *Optimization by Simulated Annealing*. Science 220, s. 671–680

- [13] KOLÁČNÝ, A. (1969). *Cartographic Information – A Fundamental Concept and Term in Modern Cartography*. Cartographic Journal, 6, The British Cartographic Society, London, s. 47–49
- [14] KUSENDOVÁ, D. (2004). *Kartografická vizualizácia rozmiestnenia obyvateľstva Slovenska*. Sborník referátu a sdelení z Mezinárodní geografické konference Geografie a proměny poznání geografické reality, Ostravská univerzita, s. 488–497
- [15] LAWLER, E., LENSTRA, J. and RINNOY KAN, A. (1985). *The traveling salesman problem: a guided tour of combinatorial optimization*. Wiley, New York
- [16] MAJO, J. (2006). *Etnická štruktúra obyvateľstva a demovalentné kartogramy*. Kartografické listy, 14, Geografický ústav SAV, Bratislava, s. 121–126
- [17] METROPOLIS, N., ROSENBLUTH, A.W., ROSENBLUTH, M.N., TELLER, A.H. and TELLER, E. (1953). *Equation of state calculations by fast computing machines*. Journal of Chemical Physics, 21, s. 1087–1092
- [18] MITCHELL, T. (1997). *Machine Learning*. School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh
- [19] MURDYCH, Z. (1988). *Tematická kartografie*. MŠ ČSR, Praha, s. 203–211
- [20] OLSON, J. 1976. *Noncontiguous area cartograms*. The Professional Geographer, 28(4), Routledge, s. 371–380
- [21] PRAVDA, J. (2003). *Stručný lexikon kartografie*. VEDA, Bratislava, s. 8
- [22] PRAVDA, J. (2006). *Metódy mapového vyjadrovania. Klasifikácia a ukážky*. Geographia Slovaca, Bratislava (Geografický ústav SAV).
- [23] ROBINSON, A.H., MORRISON, J.L., MUEHRCKE, P.C., KIMERLING, A.J. and GUPTILL, S.C. (1984). *Elements of Cartography*. John Wiley & Sons, New York
- [24] TOBLER, W. (1973). *A continuous transformation useful for districting*. Annals, Academy of Sciences, New York, s. 53–58
- [25] TOBLER, W. (1979). *Cartograms and cartosplines*. Proceedings, Workshop on Automated Cartography and Epidemiology, Department of Health, Education and Welfare, Washington D.C., s. 53–58
- [26] TOBLER, W. (1986). *Pseudo-cartograms*. The American Cartographer, 13(1), CaGIS, s. 43–50
- [27] VOŽENÍLEK, V. (2002). *Diplomové práce z geoinformatiky*. Vydavateľstvá Univerzity Palackého, Olomouc, UP
- [28] VOŽENÍLEK, V. (2004). *Aplikovaná kartografie I: tematické mapy*. Vydavateľstvá Univerzity Palackého, Olomouc, s.125–127
- [29] VOŽENÍLEK, V. (2005) *Cartography for GIS: geovizualization and map communication*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, s. 28–32



## 10.2. Internetové zdroje

- [30] Cart [online]. [cit. 18.11.2008].  
Dostupné z WWW: <<http://www-personal.umich.edu/~mejn/cart/>>
- [31] Cartogram Generator [online]. [cit. 18.12.2008].  
Dostupné z WWW: <<http://people.cas.sc.edu/hardistf/cartograms/>>
- [32] ČERBA, O. (2006). Anamorfované mapy. Prednáška z predmetu Tematická kartografie KMA/TKA, Západočeská univerzita [online]. [cit. 21.2.2009].  
Dostupné z WWW: <[http://gis.zcu.cz/studium/ka/Slides/anamorfované\\_mapy.pdf](http://gis.zcu.cz/studium/ka/Slides/anamorfované_mapy.pdf)>
- [33] Český statistický úřad [online]. [cit. 18.3.2009].  
Dostupné z WWW: <<http://www.czso.cz/>>
- [34] ESRI [online]. [cit. 15.12.2008].  
Dostupné z WWW: <<http://www.esri.com>>
- [35] Eurostat [online]. [cit. 19.2.2009].  
Dostupné z WWW: <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>>
- [36] InfoVis [online]. [cit. 19.11.2008].  
Dostupné z WWW: <<http://www.fovis.net/printMag.php?num=-2&lang=2>>
- [37] MAPresso [online]. [cit. 18.11.2008].  
Dostupné z WWW: <<http://www.mapresso.com/>>
- [38] Mapviewer [online]. [cit. 28.11.2008]. Dostupné z WWW:  
<<http://www.goldensoftware.com/products/mapviewer/mapviewernew.shtml>>
- [39] MICHÁLEK, J. (2004). Tematická mapa, metoda anamorfózy. Odborný článek [online]. [cit. 21.2.2009].  
Dostupné z WWW: <<http://jmi.czweb.org/nove/data/16.doc>>
- [40] NCGIA (2002). Cartogram Central [online]. [cit. 19.2.2009].  
Dostupné z WWW: <[http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/Cartogram\\_Central/](http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/Cartogram_Central/)>
- [41] ScapeToad [online]. [cit. 18.11.2008].  
Dostupné z WWW: <<http://chorogram.choros.ch/scapetoad>>
- [42] Wikimedia Commons [online]. [cit. 18.3.2009].  
Dostupné z WWW:  
<[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:EU\\_Pop2008\\_1024.PNG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:EU_Pop2008_1024.PNG)>
- [43] Slovenský štatistický úrad [online]. [cit. 18.3.2009].  
Dostupné z WWW: <<http://portal.statistics.sk>>
- [44] Statistická ročenka hl. m. Prahy [online]. [cit. 18.3.2009].  
Dostupné z WWW: <<http://www.czso.cz/xa/ediciplan.nsf/publ/13-1101-08-2008>>

## SUMMARY

Main target of this work are rated and used of anamorfosical maps in CR and SR data processing. Introduction of work is specified ground purposes.

First task is defined method of cartographic anamorphosis. Cartographic anamorphosis is the innovative method of cartographic visualization. Anamorfosical maps deform the map for the purpose to emphasize of thematic content.

Second task is arranged base classification of possible anamorfosical methods, which delimitations two ground types of cartographic. Nowadays there exist two main types of this method - Radial and Non-radial anamorphosis (Cartograms). First method is based on radial processes. We know Mathematic or Geografic radial anamorphoses. Second method is a type of graphic that depicts attributes of geographic objects as the object's area. There are four main types of cartograms, each has a very different way of showing attributes of geographic objects - Non-contiguous, Contiguous, Dorling cartograms and Pseudo-cartograms.

In the next part it is about production anamorfosical outputs. Nowadays there exist a lot of softwares for production cartographic anamorphosis. They use different algorithms. Production of anamorphic maps has two phases - preparation and transformation. Quality of outputs is determined by cartographic knowledges of a map author, input datas and quality of software (algorithm).

In the main part is rated advantages and disadvantages of every chosen method. There are delimited branches for used in CR and SR. Following ratings are chosen right methods for frequently using in data processing.

At the close there are realized discussion about decisions exploitation this work, about potencial cartographic anamorphosis in CR and SR data processing.

## ZOZNAM PRÍLOH

### Voľné prílohy

Analógové mapy a postery

Príloha 1: Časová dostupnosť mesta Hradec Králové individuálnou dopravou v roku 2008. Metóda: Geografická radiálna anamorfóza

Príloha 2: Vybrané charakteristiky cestovného ruchu v štátoch Vyšegráckej štvorky v roku 2006. Metódy: a) Nesúvislá neradiálna anamorfóza, b) Dorlingov kartogram

Príloha 3: Národnostné menšiny v krajoch SR v roku 2001. Metóda: Súvislá neradiálna anamorfóza

Príloha 4: Počet obyvateľov v krajoch a okresoch ČR v roku 2001. Metóda: Súvislá neradiálna anamorfóza

Príloha 5: Počet obyvateľov okresov SR v roku 2001. Metóda: Súvislá neradiálna anamorfóza.

Príloha 6: Počet bytov a domov v krajoch SR. Metóda: Súvislá neradiálna anamorfóza

Príloha 7: Prezidentské voľby v Slovenskej republike v roku 2009, 2. kolo. Súvislá neradiálna anamorfóza.

Príloha 8: Sobáše a rozvody v ČR v roku 2007. Metóda: Súvislá neradiálna anamorfóza.

Príloha 9: Hrubý domáci produkt krajo v ČR v roku 2007. Metódy: a) Súvislá neradiálna anamorfóza, b) Dorlingov kartogram

Príloha 10: Vývoz komodít z ČR v roku 2007. Metódy: a) Súvislá neradiálna anamorfóza, b) Dorlingov kartogram

Príloha 11: Počet obyvateľov okresov ČR v roku 2001. Metóda: Dorlingov kartogram

Príloha 12: Počet obyvateľov okresov SR v roku 2001. Metóda: Dorlingov kartogram

Príloha 13: Vybrané príčiny úmrtí v Európskej únii v roku 2008. Metódy:

a) Pseudokartogram, b) Dorlingov kartogram

Príloha 14: Obyvateľstvo mesta Olomouc v roku 2001. Metóda: a) Nepravý

kartogram, b) Súvislá neradiálna anamorfóza

Príloha 15: CD-ROM

Obsah

1. Vstupné a výstupné dáta
2. Metadatový formulár
3. Webová prezentácia
4. Analógové mapy a postery
5. Animované mapy
  - a) Vybrané charakteristiky cestovného ruchu v štátoch Vyšegráckej štvorky v roku 2006. Nesúvislá neradiálna anamorfóza s prekryvmi.
  - b) Vybrané charakteristiky cestovného ruchu v štátoch Vyšegráckej štvorky v roku 2006. Nesúvislá neradiálna anamorfóza bez prekryvov.
  - c) Vybrané charakteristiky cestovného ruchu v štátoch Vyšegráckej štvorky v roku 2006. Súvislá neradiálna anamorfóza.
  - d) Vývoj počtu obyvateľstva krajov SR (za roky 1970, 1980, 1991, 2001). Súvislá neradiálna anamorfóza.
  - e) Vybrané charakteristiky cestovného ruchu v štátoch Vyšegráckej štvorky v roku 2006. Dorlingov kartogram s prekryvmi.
  - f) Vybrané charakteristiky cestovného ruchu v štátoch Vyšegráckej štvorky v roku 2006. Dorlingov kartogram bez prekryvov.