

Karel STANĚK

# VÍCEÚROVŇOVÁ KARTOGRAFICKÁ GENERALIZACE PRO ÚČELY ZMĚNY MĚŘÍTKA V DIGITÁLNÍM PROSTŘEDÍ

**Staněk K.:** The Hierarchical Cartographic Generalization for Alteration of the Zoom Scale in the Digital Environment. Kartografické listy, 2001, 9, 2 tabs., 10 refs.

**Abstract:** Cartographic generalization is one of most complex task of the map design. During manipulation with maps in digital form, especial in GIS visualization, is above mentioned aspect insufficiently realized. According to demands on quick generating of cartographic output in GIS environment is necessary, for generalization rules implementation, to sort rules into hierarchical system according to its unavailability. At the base level are rules for ensuring at least minimal readability of the map, at the highest level are included rules ensuring such level of correct interpretation such in analogue maps. This classification is necessary condition for realization of the cartographic *zoom*, i.e. increasing and decreasing of extent of the visualized area, with readability and pattern of visualized phenomena preservation. In paper is discussed general proposal for ensuring of the cartographic *zoom* for thematic maps in GIS environment.

**Keywords:** Cartographic generalization, cartographic *zoom*, focal scales, GIS, electronic maps.

## Úvod

Kartografická generalizace je implicitní součástí vizualizace a zpracování geografických dat. V případě GIS je právě kartografická vizualizace nejobvyklejší formou komunikace mezi systémem a uživatelem. Dotazy na geodatabázi jsou zobrazovány prostřednictvím automaticky vytvářených map. Tyto mapy jsou vybaveny funkcí *zoom*, která umožňuje plynule měnit měřítko, jeden ze základních činitelů kartografické generalizace. Uživatelská rozhraní GIS vyvolávají dojem bezměřítkovosti v rozporu s faktem, že drtivá většina z nich problémy generalizace nechává v rukách uživatele. Manipulace s pohledem na geodatabázi prostřednictvím obvyklé funkce *zoom* zprostředkovávají uživateli nekorektní a zkreslený obraz geografické reality. Lze namítnout že pohled na databázi není mapou v plném slova smyslu, ale pouze návrhem, který bude dále zpracováván. V praxi ovšem tyto náhledy jednak mapy nahrazují a navíc mapové pole případného tiskového výstupu z GIS je tvořeno právě tímto náhledem, vzhledem k výše zmíněné nutnosti aktivního zásahu uživatele přesahující obvyklé mačkání tlačítek. Prostřednictvím GIS se kartografie rozšířila do mnoha oborů lidské činnosti (spíše než ona sama předmět jejího výzkumu). Přes zdánlivě snadnou implementaci kartografických metod prostřednictvím GIS faktická složitost korektního kartografického zpracování geodat zůstává téměř nezměněna. Jednou z úloh současné kartografie by mělo být přenesení kartografických postupů v automatizované podobě do prostředí GIS. Implementace pravidel generalizace do obvyklé funkce GIS rozhraní tzv. *zoomu* je jedním z kroků směřujících ke tomuto cíli.

Mgr. Karel STANĚK, PhD., Katedra geografie Masarykovy univerzity v Brně, Přírodovědecká fakulta, Kotelářská 2, 611 37 Brno. E-mail: karst@porthos.geogr.muni.cz

Příspěvek je věnován rozboru metod sloužících k realizaci kartografického *zoomu* v prostředí GIS, to znamená plynulé změny měřítka se souběžnou automatizovanou kartografickou generalizací. Je nutno zdůraznit implicitní zaměření tohoto textu na mapy v digitálním prostředí, které jsou v tomto prostředí také využívány, nikoliv na tiskové návrhy těchto map. Dalším vymezením problematiky je zaměření na tematickou kartografii, která je jednak hlavním předmětem zájmu autora a současně i fakticky nejčastější formou kartografické vizualizace v GIS (pokud ke GIS řadíme systémy v prvé řadě pro analýzu dat, rozšíříme li definici i o různé evidenční typy pro evidenci prostorových dat, pak budou jednoznačně dominovat velkoměřítkové a technické mapy).

## Kartografická generalizace v GIS

Není možno říci, že kartografická generalizace v rámci manipulace s funkcí *zoom* je zcela nepodporována. Tato podpora je ovšem nepřímá. Většina GIS prostředí obsahuje funkci přiřazující vizualizovaným dotazům na geodatabázi měřítkový rozsah, na kterou lze navázat předpřipravené a manuálně generalizované vizualizace zpracovávaných dat. K tomuto předzpracování geometrie jsou mezi GIS funkcemi k dispozici pouze základní nástroje pro zjednodušování tvarů liniových prvků (obvykle v kartografii sporně využitelný algoritmus *n-tého* bodu a elementární verze Ramer-Douglas-Peuckerova algoritmu, který je pro vizualizačně zaměřenou kartografickou generalizaci, bez doplňujících nástrojů pro kontrolu topologie a shlazování, obtížně využitelný), možnost agregace sousedících plošných prvků podle tematického atributu a také selekce všech typů prvků podle tematického atributu. Jiné metody generalizace je nutno aplikovat manuálně nebo doprogramovat, pokud to systém umožňuje.

Prostředí uživatelského rozhraní GIS ovlivňuje výrazně charakter kartografické vizualizace a tím i samotnou generalizaci. Nejvýraznějším specifikem tohoto prostředí je manipulace s popisem mapových prvků. Vizualizace textů je obvykle realizována dočasně, jako událost vázaná na polohu kurzoru, čímž je umožněno větší zaplnění plochy grafickými symboly než v analogových mapách. Zde je tedy nutno důrazně odlišit návrh mapy sloužící k využití v elektronickém prostředí (sem patří i uživatelské rozhraní GISů) a návrh mapy pro tisk. Další výraznou vlastností kartografické vizualizace v prostředí uživatelského rozhraní GISů je omezení grafické symboliky. Toto omezení je dáno především dvěma základními skutečnostmi. První je minimální šířka čáry, která je ~ 0.4 mm. Tento fakt ovlivňuje i bodové symboly. Druhou skutečností je prakticky výhradní využití lineárně interpolovaných křivek v důsledku obvyklého datového modelu geodatabází. K podstatným specifickým tohoto prostředí patří také dynamická změna obsahu mapového pole umožněná volbou zapínání/vypínání vizualizovaných skupin prvků. Posledním, ale naprosto zásadním faktorem kartografické vizualizace v rámci GIS rozhraní je doba překreslení obrazovky po zadání změny měřítka. Na základě empirických pozorování reakcí uživatelů lze procesy s časy do 1 s považovat za okamžité, do 4 s se jedná o procesy s krátkou odezvou, do 15-20 s je tato odezva chápána jako dlouhá. Hranice 15-20 s je v podstatě také hranicí použitelnosti metod v on-line prostředí, při delších časech jsou metody použitelné pouze k dávkovému zpracování. Na závěr je třeba připomenout, že většina mapových polí v rámci rozhraní GIS se pohybuje v rámci pravouhelníků o stranách 8-40 cm, přičemž bereme-li v úvahu obvyklé vybavení, lze za referenční brát čtverec o rozměrech 30x30 cm.

## Předpoklady kartografického *zoomu* v GIS

Pro realizaci kartografického *zoomu* v rámci tematické vizualizace v prostředí GIS je nutné nejdříve provést základní klasifikaci prostředků generalizace. Pokud vyjdeme ze základní dvouúrovňové klasifikace Bertinovy (Bertin 1974) a aplikujeme ho na metody generalizace na tematických mapách, dostaneme rozlišení uvedené v tab. 1.

**Tab. 1 Metody generalizace**

Typ prvku Typ generalizace	Choropletové /Chorochromatické prvky	Izarytmické prvky	Liniové prvky	Bodové prvky	Bodové sítě
strukturální	Úprava průběhu hranice	Vypuštění	Úprava prů- běhu	Vypuštění	Vypuštění
	Reklasifikace/změna plošné symboliky		Vypuštění		
	Změna liniové symboliky	Změna liniové symboliky	Reklasifika- ce/změna symboliky	Reklasifika- ce/ změna symboliky	Změna bodové symboliky
konceptuální	Agregace	Změna parametrů interpolační metody	Agregace	Agregace	Změna parametrů interpolační metody
	Amalgamace		Slévání		
	Redukce rozměru		Redukce rozměru		

Tento výčet sice nezahrnuje všechny metody generalizace, ale jiné metody se v daném kontextu užívají jen vzácně. Manipulaci s referenčním podkladem tematických map můžeme zahrnout pod kategorie liniových a bodových prvků. Redukce rozměru není v choropletových mapách užívána, areály malých rozměrů jsou přiřazeny k větším sousedům. Také amalgamace je v praxi choropletových a chorochromatických map obvykle realizována prostřednictvím série agregací. Pomineme-li změnu struktury diagramů při generalizaci, lze na ně vztáhnout metody odpovídající bodovým prvkům. Vzhledem k charakteru anamorfních kartogramů není tato skupina vizualizací v přehledu zařazena. Konceptuální metody generalizace implikují použití zlomových měřítek, tak jak je tomu i u analogových map. K vlastní konceptuální generalizaci by mělo docházet v inflexních bodech mezi těmito fokálními měřítky, přičemž v těchto měřítkových bodech dochází ke konceptuální změně při zachování strukturálního charakteru mapového pole (např. změny se administrativní celky, ale ne vlastnosti průběhu jejich hranic). Konceptuální metody s výjimkou atributové agregace sousedních ploch, jsou časově velmi náročné a vzhledem k výpočetním schopnostem současné techniky je nejsnazším způsobem jejich předzpracování v místech inflexních bodů a uložení do databáze.

Strukturální metody lze podle náročnosti zpracování členit do dvou kategorií na:

- atributové (reklasifikace, vypuštění cenzálním výběrem a s jistými výhradami i resymbolizace),
- kartometrické (úprava průběhu liniových prvků a hranic a vypuštění normativním způsobem výběru).

Atributové metody jsou relativně snadno zpracovatelné a uniformně proveditelné. U kartometrických metod je nutné komplexní zpracování, které je možno odstupňovat podle úrovně použité metody. Základním stupněm rozlišení metod vypuštění je m.j. míra segmentace distribuce jevu v zájmovém území. Zde můžeme rozlišovat následující varianty:

- zájmová oblast je nesegmentovaná, jevy jsou zpracovávány homogenně,
- zájmová oblast je segmentována staticky prostřednictvím kostry, definované skupinou zvolených prvků (např. údolnice/hřbetnice),
- zájmová oblast je segmentována dynamicky na základě geostatického měření (např. kvadrátová statistika a z ní odvozené pseudoizočáry),
- prvky zájmové oblasti jsou segmentovány příslušností k vyšším topologickým celkům (např. typ říční sítě).

V rámci metod pro úpravu průběhu, můžeme rozlišit několik jejich stupňů:

- zjednodušování průběhu,
- zjednodušování průběhu doplněné se zhlazováním,
- karikatura (zdůraznění částí prvků, rektangularizace).

V rámci výše zmíněných metod je opět možno použít různé časově náročné algoritmy.

Posledním klasifikačním faktorem generalizace v rámci GIS *zoomu* je udržování vertikální topologie, tj. závislosti jednotlivých potenciálně souběžně vizualizovaných témat. Zde je třeba udržovat systém průsečíků a vodících čar zabezpečujících integritu dat. Se zvyšujícím se objemem interagujících prvků geometricky vzrůstá režie této činnosti. Řešením je navázání všech témat na jeden referenční podklad spolu se souběžnou kontrolou integrity v rámci aktuálně vizualizovaného mapového pole.

### Realizace kartografického *zoomu* v GIS

Na bázi výše zmíněných metod a faktorů lze navrhnout tento postup pro realizaci kartografického *zoomu* v prostředí GIS. K nezbytným inicializačním podmínkám patří:

- oddělení kartografických struktur od prostorových měření (kartografické struktury jsou události nad těmito měřeními) a jejich zařazení do databáze,
- definice fokálních měřítek musí být nezbytnou podmínkou vizualizace,
- vztah k explicitně definované referenční kostře je nezbytnou součástí definice kartografické struktury,
- generalizace tematických struktur je odvozena od generalizace referenčního podkladu, která jí předchází,
- vývojové prostředí GIS obsahuje možnost definice vlastních funkcí a struktur.

Za těchto podmínek můžeme v rámci vizualizace postupovat v krocích podle tab. 2.

Tab. 2 Kroky tematické kartografické vizualizace

POSTUP	VARIABILITA	MINIMUM
Definice referenční kostry	Počet zahrnutých prvků včetně jejich vazeb	Jeden typ prvků určité kategorie, např. vybraná sídla spolu s jejich nejkratšími spojnícemi
Definice fokálních měřítkových bodů	Od dolní meze definované zdrojovým měřítkem geodat ve vhodně volených krocích	Vždy pětinašobek měřítka předcházejícího fokálního bodu
Konceptuální generalizace referenční kostry v inflexních měřítkových bodech a její uložení do databáze	Neurčena	Neurčeno
Provedení konceptuální generalizace tematických struktur v inflexních měřítkových bodech	Takto vytvořená hierarchie objektů může variovat s ohledem na počet současně vizualizovaných témat monotematická zobrazení se mohou konceptuálně měnit v delších intervalech	Neurčeno
Identifikace vazeb na odpovídající referenční strukturu v tematických strukturách	Neurčena	Neurčeno
Segmentace mapového prostoru referenčních prvků a její případné převedení na jejich atributy	Způsob segmentace	Absence segmentace
Segmentace mapového prostoru tematických prvků a její případné převedení na jejich atributy	Způsob segmentace	Absence segmentace nebo využití referenční segmentace
Segmentace geometrie referenčních prvků se zachováním identifikovaných vazeb	Míra segmentace nad úroveň vazeb	Neurčeno
Detto	Míra segmentace nad úroveň vazeb	Identifikace pravouhlých součástí tvarů
Reklasifikace a resymbolizace prvků	Neurčena	Neurčeno
Odpovídající vypuštění tematických prvků mezi inflexními měřítkovými body	Podle způsobu vypuštění	Použití cenzální metody
Úprava tvarů liniových prvků	Podle zvolené metody	Zjednodušení průběhu

## Implementace

V rámci projektu CASTOR prováděného naší laboratoří se pokoušíme o implementaci pravidel generalizace do automatizované kartografické vizualizace. V současnosti je tento projekt zaměřen na dávkové zpracování dat při kterém odezva zpracování nehraje významnou roli. Právě časová náročnost úloh generalizace je významným limitujícím faktorem pro použití těchto technik v obvyklém prostředí uživatelského rozhraní GISů. Jedním z derivátů projektu CASTOR je i tvorba elektronických map v prostředí WWW. Zde se soustředíme na choropletové a chorochromatické vizualizace, čímž se úlohy generalizace výrazně zjednoduší. V rámci současné implementace používáme jako referenční podklad vybraná sídla a vybrané vodní toky (v případě sídel je využita struktura spojnic sousedních sídel). Hranice jsou resegmentovány ve fokálních měřítkách pomocí průseků s podkladem, rektangulárních bodů a obloukové statistiky (ta není vždy použita). Vlastní zjednodušování/zhlazování probíhá algoritmem obalu hran. Součástí generalizace je samozřejmě i vypuštění hranic a reklasifikace vizualizovaných hodnot. V takto zjednodušené podobě lze odezvy považovat za přijatelné, navíc citlivost vůči odezvám na internetu je obecně nižší, než v desktop prostředí.

## Závěr

Implementace kartografického *zoomu* je jednou z technik, která by podle názoru autora, měla obohatit GIS rozhraní konkrétních algoritmů. I přes rozdělení do jednotlivých dílčích částí, kdy v rámci většiny z nich lze stanovit minimální podmínky realizace, se jedná o časově náročnou úlohu. V prostředí uživatelských rozhraní GISů, komplexita vazeb vizualizovaných prvků značně ztěžuje implementaci těchto technik, s ohledem na výkonost současných počítačů. Poněkud odlišná je situace u elektronických map a tzv. GIS projektů, kde existují možnosti realizace už nyní.

## Literatura

- BERLJANT, A.M. – MUSIN, O.P. – SOBČUK, T.B. (1998). *Kartografičeskaja generalizacija i teorija fraktalov*. Moskovskij gasudarstvenyj universitet imeni M.V. Lomonosova, Institut geokologii RAN, Moskva, 136 s.
- BERTIN, J. (1974). *Graphische Semiologie*. Walter de Gruyter, Berlin, 430 s.
- FRIEDMANNOVÁ, L. – STANĚK, K. (2000). System for dynamic visualisation of choropleth maps. *ICC 2001 proceedings*, Peking (v tisku).
- KILPELAINEN, T. (1997). *Multiple Representation and Generalisation of Geo-databases for Topographic Maps*. Publications of The Finnish Geodetic Institute, Kirkkonummi, 229 s.
- LAUERMANN, L. (1975). *Technická kartografie*. VAAZ Brno, 346 s.
- LEE, D.(1992). *Cartographic Generalisation. Report, Mapping Sciences Division*. Intergraph Corporation, Huntsville, 10 s.
- MORAVEC, D. (1981). *Metody automatizované generalizace na vojenských speciálních mapách*. Kandidátská disertační práce. VAAZ Brno, 166 s.
- MULLER, J.C. – LANGRANGE, J.P. – WEIBEL, R. (1995). *GIS and generalisation, Methodology and Practice. Gisdata 1*, Taylor and Francis, 257 s.
- STANĚK, K. (1999). Automatizovaná kartografická generalizace v prostředí GIS. In: *Olomouc 99 – integrace prostorových dat*, s. 96-110.
- STANĚK, K. (2000). *Zjednodušování a zhlazování liniových prvků v automatizované kartografické generalizaci*. Disertační práce. Masarykova univerzita Brno, 129 s.

*Příspěvek je součástí grantu GA ČR číslo: 205/01/P133.*

## Summary

### The Hierarchical Cartographic Generalization for Alteration of the Zoom Scale in the Digital Environment

In case of GIS is communication between system and user dominantly realized by cartographic visualization. Visualized queries on geodatabase are equipped with function *zoom*, which enable scale change of this visualization. But this function not include basic rules for generalization, and so provide incorrect figure of the reality. Realization of real zoom is one of topical challenges for next development GIS interfaces. This paper is focused on the issue of the implementation of cartographic zoom in electronic thematic maps environment.

Support of cartographic generalization in GIS environment is rather weak. Implementation of the cartographic *zoom* represent a lot of custom functions with some data model modifications. Key factor of implementation is time. In case of refreshing display over 20 s after *zoom*, is applied function unusable in GIS interfaces environment. On other side generalization in electronic environment have some advantages against analogue one, for example text could be omitted.

According to Bertin's classification we can distinguish between conceptual and structural generalization. Conceptual generalization means change of features (for example aggregation of areals), structural means change of their structure (for example simplification of feature geometry or change of feature symbolic). For realization of the cartographic *zoom* is necessary to make arrangement of focal scales (points of conceptual change) and inflex scales (points of structural change). Methods of structural generalization could varying, and is possible to appoint minimal approach to decrease time consumption. For example at line features we can set level of segmentation, simplification, smoothing and caricature. Such crucial appears preserving of vertical topology. In any case, at least keeping of topology to localization background is necessary.

We can establish following conditions for cartographic *zoom* realization :

1. to separate cartographic structures from spatial measurements,
2. to define focal and inflex scales,
3. to define relationships to localization background,
4. generalization of localization background anticipate generalization of thematic features,
5. GIS tools include possibility for custom data structures and functions.

In frame of the project CASTOR we made implementation of cartographic *zoom* for internet based electronic choropleth maps. As an localization background we use network of selected settlements and selected river streams. Segmentation is variable, and is based on localization background links, rectangular vertices and arc statistics. For simplification/smoothing of the borders we use quick edgebuffer algorithm. In such simplified form is cartographic zoom acceptable from time consumption point of view. Main difficulty to transfer cartographic zoom in GIS interface environment is high complexity of relations among different data groups.

Tab. 1 Methods of generalization.

Tab. 2 Steps of thematic cartographic visualization.

**Lektoroval:**

**Doc. Ing. Petr RAPANT, CSc.,**

**Hornicko-geologická fakulta,**

**Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava**