

Dagmar KUSEDOVÁ

## NETRADIČNÉ FORMY KARTOGRAFICKÝCH MODELOV A ICH POUŽITIE V GEOGRAFII

**Kusendová, Dagmar: Non-Traditional Forms of Cartographic Models and Their Usage in Geography.** Kartografické listy, 1996, 4, 3 figs, 41 refs.

**Abstract:** The article explains some aspects of topological (digital) cartographic models in the GIS environment and possibilities of their using in modern geographical research and praxis.

**Keywords:** Cartographic modelling, functional topological model, anamorphic cartographic model.

### Úvod

Tvorba kartografických modelov (ďalej KM) nadobudla v súčasnosti kvalitatívne novú úroveň, ktorá je odrazom procesu zavádzania nových vedeckých metód výskumu a technických prostriedkov do procesu ich tvorby a využitia. Čoraz viac sa v praxi využívajú nové kartografické modely, netradičné svojou formou a spôsobom použitia najmä v súvislosti s využitím geoinformačných technológií.

Nové úlohy, ktoré stoja pred kartografiou a geografiou v súvislosti so zavádzaním geografických informačných systémov (ďalej GIS) a ich technológií, vyvolali zvýšený záujem o teoreticko-metodologické otázky kartografického modelovania a objasnenie miesta kartografického modelovania v širšom kontexte teórie modelovania so zameraním sa na modelovanie geografickej sféry za účelom jej optimálnej priestorovej organizácie.

Cieľom príspevku je objasniť niektoré aspekty tvorby a vlastnosti netradičných kartografických modelov v prostredí GIS spolu s ich použitím v geografickom výskume a praxi.

Pod tradičnými KM pritom chápeme klasické analógové mapy v metrike topografického (reálneho) priestoru s geodetickým základom, mierkou a projekciou (zobrazením). Pod netradičnými KM chápeme kartografické modely, ktoré v dvoj- alebo viacrozmernej digitálnej forme znázorňujú obsahové charakteristiky zobrazovaných javov a objektov v metrike reálneho priestoru, resp. neeuklidovského priestoru.

### Problematika kartografického modelovania

Genéza kartografického modelovania, a tým aj kartografických modelov, je úzko spojená s rozvojom vedeckých smerov v kartografii, osobitne s jej poznávacou koncepciou, ktorá dostala názov "kartografická metóda výskumu". Základy tejto bádateľskej orientácie boli položené "sovietskou" kartografickou školou a sú spojené s takými menami ako Berlant (1980, 1986, 1988) a Sališčev (1973, 1975, 1978, 1982a, 1982b).

Poznávací aspekt kartografie bol silne, resp. úplne potlačený. Rozvoj teórií prenosu časopriestorovej informácie bol prirodzenou odozvou na vývoj v oblasti výpočtovej techniky vo

vyspelých západných krajinách v 50.-70.-tych rokoch. Preto sa aj väčšina teoretických prác, ktoré tu vznikli, orientovalo týmto smerom (Morrison 1980, Robinson, et. al. 1978, a pod.).

V zmysle poznávacej koncepcie nastúpilo kartografické modelovanie cestu vývoja v dvoch základných smeroch, a to ako "proces tvorby máp - modelov skutočnosti" a ako "spôsob výskumu pomocou kartografických modelov". Podrobnejšie sa teóriou kartografického modelovania zaoberali u nás Pravda (1985, 1987) a Krcho (1986).

Úzky vzťah kartografického modelovania k matematickým modelovým technikám podnietil vznik matematicko-kartografického modelovania (ďalej MKM), ktoré sa považuje za najdynamickejšie sa rozvíjajúcu metódu kartografického modelovania. Podľa Tikunova (1985, s. 7) je MKM "metódou, ktorá umožňuje výskum a zobrazenie geografických systémov s použitím poznatkov z teórie systémov, teórie informácií, kybernetiky a ďalších vedných disciplín."

Určujúcou vlastnosťou kartografických modelov (máp) je z tohto hľadiska skutočnosť, že predstavujú základný zdroj východiskovej informácie, na základe ktorej sa uskutočňuje modelovanie a zároveň slúžia na zobrazovanie priebehu a výsledkov modelovania. Funkcia matematických modelov spočíva v celkovom spracovaní zdrojovej informácie z máp pomocou výpočtovej techniky a matematických modelových techník. Bližšie sa problematikou MKM zaoberal Žukov, et. al. (1980), Tikunov (1985), Serbeňuk (1988), Vasmut (1983), Pravda (1985), Mäsiar (1983). K naznačenému chápaniu MKM sa v západnej literatúre najväčšmi približuje Toblerova "analytická kartografia" (Tobler 1976). Tobler sa mohol oprieť o teoretické práce Hägerstranda (1969), Haggetta a Chorleyho (1969), Berryho a Marbla (1968) a ďalších, ktorí ako prví rozvíjali progresívne matematicko-štatistické a pravdepodobnostné modelové techniky pri výskume priestorových vzťahov a štruktúr s použitím výpočtovej techniky.

Prienik počítačových technológií do kartografického modelovania podnietil rozvoj nových teórií a metód, v ktorých počítače vystupujú ako aktívne nástroje kartografickej tvorby. Je logické, že väčšina prác s uvedenou problematikou vznikla najmä vo vyspelých západných krajinách, kde je rozpracovanie konkrétnych postupov automatizovanej tvorby tradičných KM, spolu s tvorbou nových kartografických modelov, na oveľa širšej teoretickej, ale najmä praktickej základni: Marble and Others (1980), Morrison (1980), Monmonier (1982), Nordbeck and Rystedt (1972), Tobler (1959, 1976). Nezanedbateľný podiel tu však majú aj autori východnej proveniencie: Sirjajev (1984), Serbeňuk (1978, 1988), Tikunov (1978) a ďalší).

Zhrnutím uvedených názorov na kartografické modelovanie sa dali donedávna identifikovať dva základné smery vývoja: využívanie a tvorba kartografických modelov (Kusendová 1989, s. 21)

1. Využívanie máp - (dominantný smer z hľadiska kartografického modelovania) sledovalo tvorbu nových kartografických modelov, t. j. priestorovo-obrazovo-znakových modelov v duchu poznávacej koncepcie kartografie s cieľom získať nové poznatky o modelovaných objektoch a javoch v čo najnázornejšom, najúčelnejšom a najcharakteristickejšom tvare.

2. Tvorba máp - (sekundárny smer z hľadiska kartografického modelovania) sledovala vytvorenie univerzálneho kartografického systému modelovania založeného na tvorbe formalizovaného kartografického jazyka spoločne s tvorbou automatizovaného postupu tvorby máp s využitím moderných prostriedkov techniky (počítače s periférnymi zariadeniami na digitalizáciu a vykresľovanie máp, interaktívne grafické systémy atď.) s cieľom nahradiť doterajší spôsob tvorby máp oveľa rýchlejším a efektívnejším.

Dnes sa obidva smery kartografického modelovania postupne spájajú do jedného celku najmä v dôsledku čoraz širšieho uplatnenia počítačovej techniky, ktorá sa stáva prístupná širokému spektru užívateľov.

Počítačové technológie umožňujú tieto modely analyzovať a syntetizovať s cieľom získať nové informácie o zobrazených priestorových objektoch a javoch. V dôsledku toho postupne strácajú svoju aktuálnosť spory o tom, či treba chápať pod kartografickou metódou výskumu tvorbu a zostavovanie máp, alebo len využitie hotových máp na získanie nových poznatkov. V podstate sa celé spektrum metód využívania máp stáva osobitným subsystémom GIS vo forme geoinformačného-kartografického modelovania (Pravda 1995, s. 31).

## Kartografické modelovanie v geografickom výskume

Kartografické modelovanie v oblasti geografických výskumov realizuje tvorbu príslušných tematických máp, pričom zároveň rieši metodologické otázky ich tvorby spolu s formalizáciou úloh a tvorbou nových prostriedkov výskumu, ktoré využívajú progresívne vedecké metódy a technológie.

Kartografické modelovanie z hľadiska riešenia spomenutých úloh:

- napomáha poznaniu priestorových, časových a funkčných aspektov krajinnej sféry prostredníctvom kartografických modelov;
- predstavuje proces skúmania štruktúry, vzťahov, väzieb a dynamiky rozvoja humánno-regionálno-geografických a ďalších systémov prostredníctvom tvorby kartografických modelov, ktoré tieto zložité systémy zjednodušujú pri zachovaní ich podstatných a určujúcich vlastností a väzieb na danej hierarchickej (rozlišovacej) úrovni;
- optimálne spája do jedného systému kartografické a matematické modelovanie, pričom využíva poznatky z teórie informácie, kybernetiky, všeobecnej teórie systémov v spojení s výpočtovou technikou a automatizáciou procesu tvorby kartografických modelov;
- v prípade modelovania geografických javov a objektov využíva matematické modelové techniky, ktorých výsledky sa zobrazujú kartografickými modelmi.

Matematizácia geografického výskumu umožnila tvorbu matematicko-kartografických modelov, a to najmä zavedením matematickej štatistiky a teórie pravdepodobnosti.

## Typológia kartografických modelov

Podľa informačného charakteru a použitého matematického aparátu sa dajú KM rozčleniť na modely (Tikunov 1979, s. 130):

1. charakterizujúce (priestorovú a obsahovú) štruktúru zobrazovaných javov,
2. hodnotiace mieru závislosti, resp. zhody vzájomných (priestorových a obsahových) vzťahov zobrazovaných javov,
3. dynamiky (priestorového a obsahového) rozšírenia a vývoja javov.

Podrobnejšiu charakteristiku jednotlivých typov modelov spolu s konkrétnymi príkladmi uvádza Tikunov (1979, 1985).

Spôsoby kartografického zobrazovania výsledkov matematického modelovania využívajú dnes kompletnú škálu tradičných spôsobov od značkových a izolíniových metód cez kartogramy a kartodiagramy, až po viacrozmerné kartografické modely vo forme blokdíagramov a reliéfnych máp.

Z hľadiska zachovania kartografického zobrazenia v procese matematicko-kartografického modelovania v cykle: kartografický model - matematický model - kartografický model, rozlišujeme dva postupy modelovania:

1. zachovávajúce kartografické zobrazenie,
2. transformujúce kartografické zobrazenie.

Prvá skupina predstavuje tradičné - klasické kartografické modely v metrike topografického priestoru s geodetickým základom, mierkou a projekciou (zobrazením), čo stanovuje analytickú závislosť medzi referenčným telesom a zobrazovacou rovinou.

Druhú skupinu tvoria netradičné kartografické modely, ktoré v dôsledku účinnejšieho kartografického vyjadrenia určitého javu transformujú (premieňajú) kartografické zobrazenia klasických KM tak, aby vyhoveli danej požiadavke vyššej názornosti. Pritom sa mení (Berfant 1988, s. 119-129) štruktúra, spôsob alebo metrika zobrazenia. Do tejto skupiny patria aj kartografické modely v metrike netopografického (neeuclidovského) priestoru.

Pri zmene štruktúry kartografického zobrazenia sa realizujú jednotlivé postupy výskumu geografickej reality ako napr. schematizácia, detailizácia, klasifikácia a kvantifikácia, diskretizácia a kontinualizácia. Najmä posledné dva postupy sú spojené s rozvojom perspektívnych koncepcií zobrazovania a takých pojmov ako sú geografické polia a štatistické povrchy, pričom prechod z nespojitej formy na spojitú, resp. naopak, umožňuje znázorniť ďalšie stránky toho istého javu. Pseudoizocharové mapy polí znázorňujúce napríklad hustotu výskytu demografických a iných humánno-geografických javov našli svoje pevné miesto v metódach demografického výskumu. Blížšie sa problematike tvorby a využitia máp geografických polí a štatistických povrchov venujú napríklad práce Berfanta (1988), resp. Modely polej v geografii (1989).

Zmena spôsobu kartografického zobrazenia sa realizuje pomocou rôznych transformačných operátorov s vopred stanovenými parametrami vo forme rôznych sietí a mriežok a prípadne spolu s cenzovými operátormi.

Pri zmene metriky dochádza buď k zmene metriky zobrazovaných javov a objektov (k prechodu od absolútnych ukazovateľov k relatívnym, k zámene metrických mier logaritmickými a podobne), alebo k zmene metriky zobrazovaného priestoru.

### Funkcionálne topologické modely

Pri zmene metriky priestoru (alebo anamorfóze) ide v podstate o funkčné spôsoby zobrazovania javov a objektov v kartografických modeloch, kde v zobrazovacej funkcii sú premenné - geografické súradnice - nahradené priamo zobrazovaným ukazovateľom - počtom obyvateľov, vzdialenosťou od centra a pod.

Tento funkcionálny spôsob zobrazovania sa stáva efektívnym prostriedkom geografických analýz sociálnych a ekonomických príčin rozšírenia javov, pri oceňovaní zmien charakteru geografických vzťahov v závislosti od prírodných a socioekonomických podmienok, pri analýze kvalitatívnych (kvantitatívnych) rozdielov sledovaných objektov a javov podľa rôznych geografických prístupov. Funkcionálne KM, ktoré zachovávajú vzájomné usporiadanie reálneho priestoru (t.j. spojenia, orientáciu, susednosť a súvislosť zobrazovaných objektov a javov) sa označujú ako topologické.

### Topológia v netradičných kartografických modeloch

S netradičnými formami kartografických modelov úzko súvisí pojem topológie, ktorý sa stal ťažiskový nielen pre tieto KM, ale aj pre geografiiu a jej uplatnenie sa v prostredí GIS. V euklidovskej geometrii si KM zachovávajú metriku reálneho zobrazovaného priestoru pri zachovaní dĺžok, uhlov alebo plôch. Topológia (topos - miesto, logos - veda) zachováva zasa vzájomné usporiadanie reálneho priestoru, pričom si všímá spojenia, orientáciu, susednosť a súvislosť zobrazovaných objektov a javov a ich metrika je až druhoradá. Môže, ale nemusí byť zachovaná.

Topologická štruktúra je definovaná vo forme:

- uzlov (uzol - bod, v ktorom sa stretávajú minimálne dve hrany),
- hrán (hrana - spojica medzi dvoma uzlami),
- polygónov (polygón - plocha ohraničená súvislým ťahom hrán, pričom k jej zmene dochádza len vtedy, ak sa zmení počet uzlov, počet hrán, resp. oblastí, ktoré hrany vymedzujú).

Geometrické transformácie, ktoré geometrické útvary deformujú, ale pritom nedochádzajú k zmene ich topologickej štruktúry, sa označujú ako topologické transformácie, v literatúre označované aj ako anamorfózne (Suvorov 1984, s. 28).

Podľa nášho názoru použitie pojmu anamorfózy v tomto prípade vedie k terminologickým nejasnostiam, pretože sa raz pod týmto pojmom chápe len jeden typ transformácií kartografických (rozumej klasických) modelov zameraných na zmenu metriky priestoru zobrazovaných javov (pozri Berfánt 1988, s. 119-120) a druhý raz zasa všetky typy funkčných transformácií kartografických modelov zobrazovaných javov ako aj ich okolitého priestoru pri zachovaní topologických štruktúr. Prikláňame sa k názoru stotožniť pojem topologické transformácie s pojmom anamorfóz len v tom prípade, ak sa zachovávajú pôvodné topologické vzťahy, pretože túto podmienku niektoré anamorfózy nie vždy spĺňajú.

To potvrdzuje aj názor Murdycha (1987, s. 203), ktorý pod anamorfóznou mapou rozumie premenu geografickej (rozumej klasickej) mapy a jej obsahu podľa určitých pravidiel tak, aby bolo možné výraznejšie vyjadriť jej geografický (rozumej funkčný) obsah. Podmienku zachovania topologických štruktúr pôvodnej mapy striktné nešpecifikuje v súlade s presne stanovenými pravidlami, ale len intuitívne predpokladá zachovanie jej geografického obsahu, pričom sa však môžu funkčnou deformáciou geometrických tvarov pôvodných euklidovských KM meniť plošné, dĺžkové alebo uhlové charakteristiky zobrazovaných objektov (javov) do nových KM.

Anamorfóznym, resp. topologickým modelom sa bližšie venuje Tobler (1963), Bugajevskij (1987) a Hojovec (1995), ktorí tieto modely rozpracúvajú z hľadiska matematickej kartografie. Další: Murdych (1976), Suvorov (1984, 1987), Tikunov - Judin (1987), Suvorov - Bugajevskij (1987), Hägerstrand (1957) Vasilevskij (1970) a pod. sa zasa venujú anamorfózam viac z geografického hľadiska ako perspektívnym formám tematických máp, ktoré nachádzajú svoje uplatnenie napríklad aj v humánnej geografii. Metodické aspekty tvorby nájdeme napríklad v prácach Müllera (1983), Ewinga a Wolfa (1983), Černeho (1971) a vyššie spomenutých autorov.

Murdych (1976, 1987, s. 203) klasifikuje anamorfózne modely takto:

**A. Prvé anamorfózy** (geometricky definované transformácie celej plochy zväčša od siete súradníc), a to:

1. radiálne (centrické, azimutálne) - posun bodov v sieti od centrálného bodu je rovnaký pre všetky rovnako vzdialené body od centra (poloha bodov je určená polárnymi súradnicami),
2. neradiálne (osové) - body z pôvodnej polohy sú presúvané kolmo k centrálnej osi, alebo pozdĺž nejakej čiary, hrany a podobne.

V prípade, že sa radiálna transformácia uskutočňuje podľa vopred určeného vzorca označuje sa ako matematická radiálna anamorfóza. Ak je rozloženie koncentrických kriviek podľa skutočného rozloženia geografických javov, označuje sa ako *geografická radiálna anamorfóza*, a to *pravidelná* (ak sa zmena vzdialenosti uskutočňuje rovnako vo všetkých smeroch), alebo *nepřavidelná* (ak je zmena vzdialeností v jednotlivých smeroch rôzna).

**B. Nepravé anamorfózy** (transformácie len vybraných prvkov danej plochy, resp. zobrazovaného priestoru):

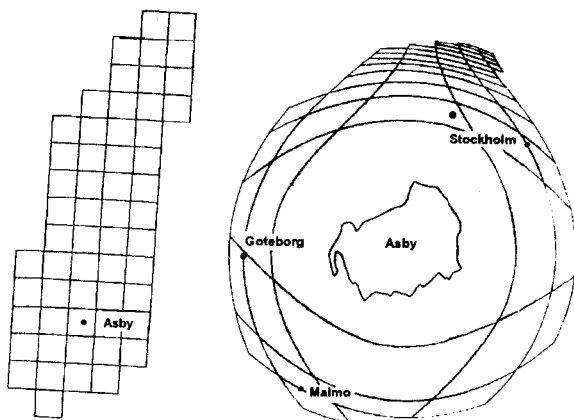
1. plošné-ekvidemické - plochy častí celého územia sú úmerné inej veličine (napríklad počtu obyvateľov) pri zachovaní susednosti územných častí,
2. variavalentné - plošné skreslenie zobrazovaných častí je vopred dané funkciou polohy (zemepisných súradníc).

Príklady jednotlivých typov anamorfózných modelov:

**A1.** Ťažisko aplikácií pravých radiálnych anamorfóz je v zobrazení kvantitatívnych ukazovateľov (vzdialenosť, čas) od daného centra v podobe koncentrických kružníc - izochrón

alebo medzikružnic (izopliet), proporciálnych hodnote uvažovaného ukazovateľa (napr. počtu obchodov ležiacich v danej vzdialenosti od centra a pod.). Cieľom radiálnych anamorfóz je názornejšie vyjadrenie geografických javov koncentrovaných v centre zobrazovaného priestoru takým spôsobom, že zobrazenie blízko centra je najväčšie a smerom od neho sa proporcionálne zmenšuje.

Klasickým príkladom tohto typu anamorfóz je známa azimutálna logaritmická Hägerstrandova mapa s centrom transformácie v Asby vo Švédsku (Hägerstrand 1957 - obr. 1). Autor transformoval pôvodnú mapu Švédska s cieľom zobraziť vo väčšej mierke tie časti územia, v ktorých je migrácia obyvateľstva za prácou z Asby najväčšia a v malej mierke tie časti, kde je migrácia najmenšia. Pritom použil logaritmickú sieť, vychádzajúc z predpokladu, že hodnotové vzdialenosti (t.j. počet migrantov za prácou) sa logaritmicky zmenšujú smerom od centra (Asby). Hägerstrandova metóda sa dnes využíva v rôznych modifikáciách pri analýzach nodálnych regiónov a najmä pri netradičných zobrazeniach miest v urbanistických štúdiách.



Obr. 1 Azimutálna logaritmická vzdialenostná mapa Švédska so stredom v Asby (podľa Hägerstranda 1957, s. 73). Vľavo je pôvodná sieť, vpravo je transformovaná sieť

Pravé anamorfózy sa v praxi často využívajú, pričom sa pravé matematické anamorfózy vytvárajú efektívne pomocou počítačov vďaka sieti, v rámci ktorej sa výpočty realizujú. Metodické aspekty týchto výpočtov sú rozobrané napríklad v prácach Müllera (1983), Ewinga a Wolfa (1983), ktoré popisujú metódy konštrukcie neeuklidovských KM metódou viacnásobného škálovania.

Dnes je vytvorených množstvo počítačových programov, napr. na mapové azimutálne transformácie digitálnych máp, ktoré umožňujú aj nekartografom ľahko a rýchlo vytvoriť rôzne anamorfózne modely. Jedným z nich je program AZTRAN (AZimutal TRANSformations, Cerny 1971). Postup použitia programu je jednoduchý. Najskôr treba vybrať typ azimutálnej transformácie (log, odmocnina). Pritom treba mať rovinné súradnice (x,y) okraja mapy a iných objektov (hranice, komunikácie a pod.) už zdigitalizované v tvare topologických objektov (línií a plôch). Jeden bod sa označí ako ohniskový-centrálny bod transformácie. Môže ním byť aj bod obrusu mapy. Pôvodné body sa prevedú do tvaru polárných súradníc podľa známych vzťahov:

$$\Theta = \arctan(Y/X), \quad R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

a z nich

$$X = R \cdot \cos \Theta,$$

$$Y = R \cdot \sin \Theta,$$

pričom platí podmienka, že  $R \geq 1$ , t. j. neuvažuje sa so zápornými dĺžkami. Do funkcie  $X$  a  $Y$  sa potom dosadzujú logaritmy, resp. odmocniny pôvodných (skutočných) hodnôt a výsledkom je anamorfovaný digitálny kartografický model.

Často používaný postup tvorby pravej geografickej anamorfózy uvádza Tikunov a Judin (1987). Konkrétne popisujú metodiku tvorby anamorfózneho modelu plánu Volgogradu vytvorený z pôvodného (klasického) plánu azimutálnou transformáciou izolínií časovej dostupnosti električkovej dopravy od stredu mesta, pričom použili tento postup:

1. Do pôvodného zobrazenia naniesli pravidelnú (štvorcovú) sieť.

2. Vypočítali čas dostupnosti všetkých štvorcov siete interpoláciou príslušných izochrón v pôvodnom zobrazení a stanovili pomer medzi mierkou pôvodnej mapy a priemernou časovou dostupnosťou štvorcov v sieti, ktorý sa ďalej považoval za konštantnú veličinu.

3. Získanú konštantu vynásobili konkrétnym časom dostupnosti všetkých štvorcov siete od počiatočného bodu, na základe čoho sa určil stupeň zmenšenia štvorcov pozdĺž čiar, ktoré spájajú ich stredu s počiatočným bodom. Takto získané zobrazenia topologicky zodpovedajú tvarom originálu.

Podľa predchádzajúcej metódy vznikla aj geografická radiálna anamorfóza Juhočeského kraja (obr. 2). Na obr. 2a je schematická mapa kraja s vyznačenými izochrónami (po 1 hodine) a na obr. 2b je nepravidelná radiálna anamorfóza kraja, kde skutočné hodnoty časovej dostupnosti sú "narovnané" v príslušných smeroch (izochróny majú tvar kružníc).

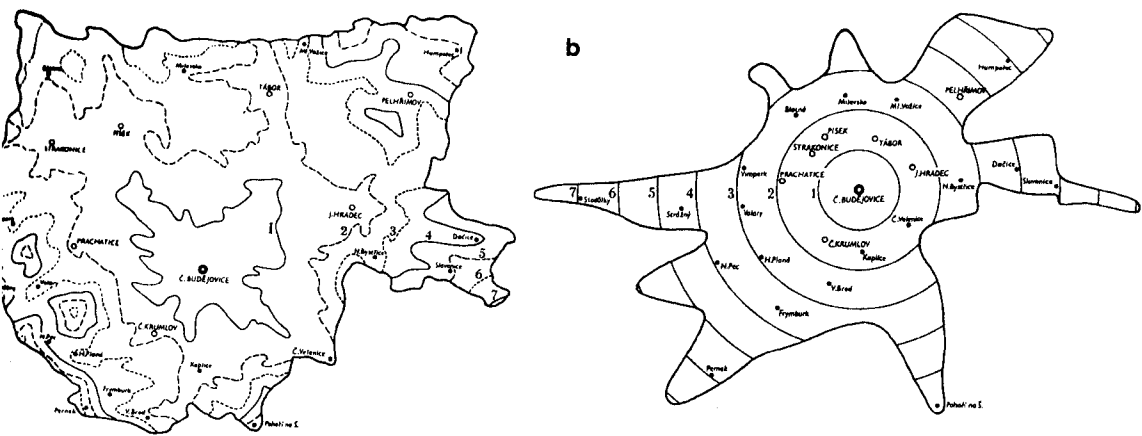
**A2.** Použitie neradiálnych anamorfóz je nacielené (podobne ako radiálnych anamorfóz) na zvýraznenie, resp. zväčšenie vybraných častí zobrazovaných objektov a javov s tým rozdielom, že sa viac zameriavajú na analýzu sieťových (komunikačných) štruktúr, ktoré sú "deformované" z hľadiska ich obsahových hodnôt. Tak bola vytvorená napríklad mapa izochrón železničnej dopravy v okolí železničného uzlu Daugavpils (Suvorov, Bugajevskij 1987).

**B1.** Nepravé plošné anamorfózy predstavujú jednoduché anamorfózy územných jednotiek do geometrických tvarov (štvorec, obdĺžnik a pod., ktorých veľkosť je proporcionálna napr. početnosti, alebo hustote obyvateľstva danej územnej jednotky (Suvorov 1984). Vďaka svojej jednoduchosti, názomosti a možnosti využitia počítačov, ktoré umožňujú aj ich trojrozmerné zobrazenie, spolu s priebežnou - interaktívnou kontrolou počas ich tvorby, sú najpoužívanejšími "topologickými modelmi" v geografickej praxi.

**B2.** Teoretický základ nepravých variaľentných anamorfóz rozpracoval Vasilevskij (1970), pričom sa mohol oprieť aj o práce Toblera (1963), ktorý ako prvý matematicky analyzoval topologické anamorfózy kartografických zobrazení s použitím formúl euklidovskej geometrie a sférickej trigonometrie. Konkrétne použitie týchto anamorfóz napríklad pri tvorbe humánno-geografických máp uvádza Vasilevskij (1970).

Osobitnú skupinu nepravých anamorfóz tvoria voľné anamorfózy, kde deformácia prvkov obsahu pôvodnej mapy odpovedá iným pravidlám, než ako boli doteraz uvedené a najčastejšie sa v praxi používajú pri schematickom znázornení komunikačných spojení (mestskej hromadnej dopravy, metra a pod.), pri zachovaní ich topológie. Príkladom takto chápanej voľnej anamorfózy je Mapa topológie cestných spojení obcí - Bratislava mesto a vidiek (obr. 3).

Dnes je rozpracovaných viacero postupov realizácie topologických transformácií, ktoré sú založené na:



Obr. 2 Geografická radiálna nepravidelná anamorfóza (podľa Murdycha 1987, s. 204-205)  
 a) schematizovaná mapa Juhočeského kraja s vyznačením izochrón (po 1 hod.),  
 b) nepravidelná radiálna anamorfóza: skutočné hodnoty časovej dostupnosti sú "narovnané" v príslušných smeroch (izochróny majú tvar kružnic).

- grafických postupoch, ktoré realizujú tvorbu topologických modelov najmä na základe intuície, myšlienkových (mentálnych) postupov a empirických znalostí realizátora; z hľadiska praktického použitia sú najjednoduchšie, ale veľmi prácne ak sa realizujú bez výpočtovej techniky,

- analytických postupoch, ktoré sú založené na využití analytických (funkcionálnych) závislostí medzi súradnicami vstupného a vytváraného kartografického modelu; sú to veľmi názorné KM - ak je táto závislosť známa (ale v praxi sa nedá vždy určiť daná funkcionálna závislosť, čo sťažuje ich použitie).

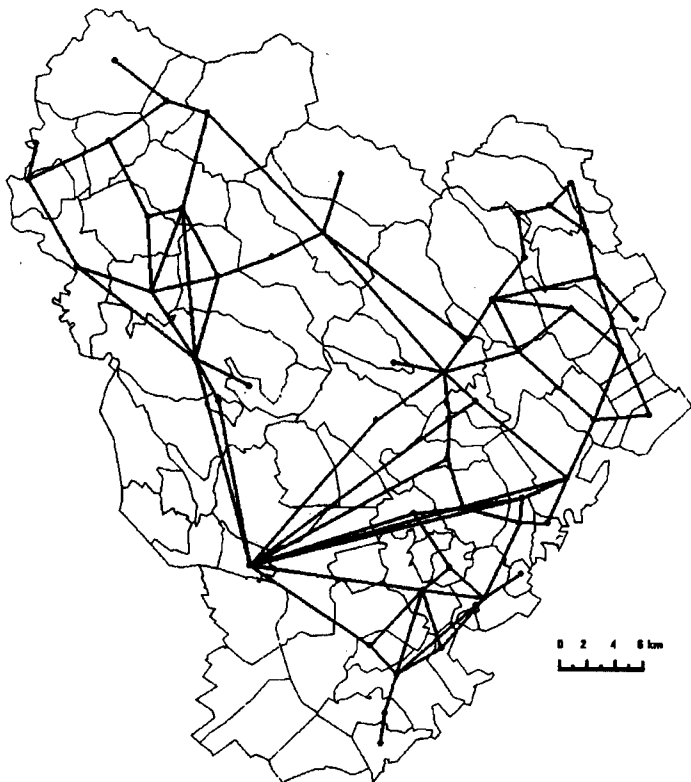
V súčasnosti sa obidva spôsoby topologických transformácií automatizujú, intenzívne sa rozpracúvajú a stávajú sa štandardným programovým vybavením geoinformačných programových balíkov. Ich výsledkom je ďalší typ kartografických modelov, netradičných svojou formou - digitálne kartografické modely.

### Digitálne kartografické modely

V súčasných KM tvoria matematický základ v prevažnej miere topologické vektorové štruktúry. V dôsledku automatizácie tvorby zložitých priestorových štruktúr sa kartografické zobrazenie rozdeľuje na abstraktné geometrické-topologické tvary (vrcholy, hrany, oblasti). Prostredníctvom nich vyjadrujú (geometricky) geografické vzťahy a sú základom vektorových topologických digitálnych kartografických modelov. Otázka topológie je v súčasnosti široko rozpracúvaná najmä v súvislosti s tvorbou topologických štruktúr digitálnych priestorových objektov založených na vektorovom vyjadrení tvaru. Tie sa stali základom priestorových báz údajov väčšiny súčasných geoinformačných systémov, čím potvrdili dôležitosť topológie v súčasnej kartografii. Blížšie sa tejto problematike venujeme v práci Kusendová-Kamenský (1993).

Protipólom, resp. doplnkom vektorových topologických modelov sú normalizované kartografické modely, ktoré sú produktom sieťovej alebo rastrovej diskretizácie kartografických modelov. Ak sú normalizované modely výsledkom sieťovej diskretizácie, sú označované ako gridové (grid - sieť, mriežka) a zobrazovaná informácia - číselná hodnota - sa vzťahuje





Obr. 3 Príklad voľnej anamorfózy - topologická mapa cestných spojení Bratislavy-mesta a Bratislavy-viedieka

na vrcholy siete (zväčša pravidelnej), ktorá sa "nasadí" na zobrazovanú plochu, resp. územie. V prípade rastrovej diskretizácie sa číselná hodnota vzťahuje na celý plošný element - oká siete, a takéto modely sú označované ako rastrové kartografické modely.

Vektorové topologické a normalizované kartografické modely tvoria dve základné formy digitálnych kartografických modelov, ktoré v spojení s rozvíjajúcimi sa odborními, ako je počítačová grafika, geoinformatika, priestorová štatistika, metódy spracovania obrazu (image processing) a spolu s ďalšími otvárajú nové možnosti riešenia praktických úloh pomocou kartografických modelov.

### Záver

Kartografické modely, ktoré znázorňujú obsahové charakteristiky zobrazovaných geografických javov a objektov v dvoj- alebo viacrozmernom digitálnej forme, označujeme v tomto príspevku výrazom netradičné. Toto označenie vystihuje nielen súčasný stav využívania uvedených modelov v niektorých geovedných disciplínach, ale aj neohraničené možnosti ich tvorby (pomocou nástrojov GIS) a použitia pri odhaľovaní nových vedeckých poznatkov a riešení praktických úloh.

## LITERATÚRA

- Berfant, A.M. (1980).** Geografičeskaja kartografija, jejo razvitije i novyje zadači. Moskva, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta.
- Berfant, A.M. (1986).** Obraz prostranstva: karta i informacija. Moskva, Izdatel'stvo Mysl'.
- Berfant, A.M. (1988).** Kartografičeskij metod issledovanija. Moskva, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta.
- Berry, B.J.L., Marble, D.F. (eds.) (1968).** Spatial analysis. Englewood Cliffs, Prentice Hall.
- Bugajevskij, Ju.L. (1987).** Variavalentnaja projekcija tipa psevdocilindričeskoj dlja anamorfirovannyh kart. Izvestija vysšich učebnyh zavedenij, geodezija i aerofotosjemka, č. 1, s. 100-107.
- Cerny, J.W. (1971).** A computer program for azimuthal map transformations. Professional Geographer, 23, 2, s. 144-145.
- Evling, G.O., Wolfe, R. (1983).** Interpolacija svojstv poverchnosti na dvuchmernych kartach s prostranstvom vo vide funkcii vremeni. In Kartografija, 1. Progress. Moskva, s. 161-173.
- Haggett, P., Chorley, R.J. (1969).** Models in Geography. Methuen, London.
- Hägerstrand, T. (1957).** Migration and Area - Migration in Sweeden. Studies in Geography, ser. B, 13, s. 27-158. University of Lund.
- Hojovec, V. (1995).** Ke kartografickým anamorfózam a jejich vývoji v poslední době. Geodetický a kartografický obzor, 41 (83), č. 5, s. 87-91.
- Krcho, J. (1986).** Geografická kartografia, 1. Prírodovedecká fakulta UK. Bratislava.
- Kusendová, D., Kamenský, M. (1993).** Objektovo-topologická digitalizácia máp. Geodetický a kartografický obzor, 39 (81), č. 8, s. 166-170.
- Marble, D.F. and Others (1980).** Computer Software for Spatial Data Handling. International Geographical Union, Commission on Geographical Data Sensing and Processing. Ottawa. 3 volumes.
- Mäsiar, R. (1983).** Metódy matematického modelovania v kartografii. In Matematické modelovanie v kartografii. Bratislava, s. 12-14.
- Modely polej v geografii (1989).** Teória i opyt kartografirovania. Editor: J. Michajlov. Akademia nauk SSSR, Novosibirsk, s. 145.
- Monmonier, M.S. (1982).** Computer Assisted Cartography - Principles and Prospects. Prentice - Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, s. 214.
- Morrison, J.L. (1980).** Computer Technology and Cartography Change. In D.R.F. Taylor (ed.): The Computer in Contemporary Cartography. Chichester, J. Wiley & Sons, s. 5-24.
- Müller, J.C. (1983).** Kartografičeskoje otobraženie "neeuclidových" metrik. O rastajaniach vyražennyh čerez vremja neobchodimoje na ich preodolenije. In Kartografija, 1. Progress. Moskva, s. 174-194.
- Murdych, Z. (1976).** K otázce předmětu a klasifikace metody anamorfózy mapy. Acta Universitatis Carolinae, XI, s. 97-105.
- Murdych, Z. (1987).** Tematická kartografie. Dočasná vysokoškolská učebnice. Praha.
- Nordbeck, S., Rystedt, B. (1972).** Computer Cartography. Studentlitteratur. Lund.
- Pravda, J. (1985).** Rozvoj teórií v kartografii. Geografický časopis, 37, s. 346-355.
- Pravda, J. (1987).** K poznávacej koncepcii kartografie. Geografický časopis, 39, s. 257-271.
- Pravda, J. (1995).** Diskusia o teoretickom procese v kartografii. Kartografické listy, 3, s. 25-34.
- Robinson, A.H., Randall, S., Morrison, J. (1978).** Elements of Cartography. New York, J. Wiley & Sons, Inc., 4. ed.
- Šališčev, K.A. (1973).** Nekotoryje aspekty sovremennogo razvitija kartografii a ich teoretičeskij smysl'. Vestnik Moskovskogo universiteta, Geografija, (2), s. 3-13.
- Šališčev, K.A. (1975).** O kartografičeskom metode poznania. Vestnik Moskovskogo universiteta, Geografija, (1), s. 3-10.
- Šališčev, K.A. (1978).** Principy i zadači sistemnogo kartografirovanija. In Sistemnoje kartografirovanije prirodnyh i social'no-ekonomičeskich kompleksov. Moskva, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta.
- Šališčev, K.A. (1982a).** Idei i teoretičeskije problemy v kartografii 80-ch godov. Itogi nauki i tehniki. Kartografija. Moskva.
- Šališčev, K.A. (1982b).** Kartografija. Moskva.
- Šerbeňuk, S.N. (1978).** Avtomatičeskoje sostavlenije tematičeskich kart. In Novyje metody v temati-

českoj kartografii. Moskva, s. 121-127.

- Serbeňuk, S.N. (1988). Konceptija sistemnogo modelirovanija i avtomatizacija v geografičeskoj kartografii. Vestnik Moskovskogo universiteta, Geografija, (4), s. 15-24.
- Suvorov, A.K. (1984). Topologija i preobrazovanije kartografičeskih izobraženij. Geodezija i kartografija, 12, s. 28-31.
- Suvorov, A.K. (1987). Novyje formy kartografičeskih modelej i ich značenie dľa nauki i praktiki. Izvestija AN SSSR, Geografija, 1, s. 33-43.
- Suvorov, A.K., Bugajevskij, J.L. (1987). Preobrazovanije dlin linij kartografičeskih modelej v sootvetstvii s funkcionalnymi jedinicami. Izvestija AN SSSR, Geografija, 4, s. 105-112.
- Širjajev, Je.Je. (1984). Kartografičeskoje otobraženije, preobrazovanije i analiz geoinformacii. Moskva, Nedra.
- Tikunov, V.S. (1978). Razrabotka algoritmov raspoznavanija, klasifikacii i kartografirovanija geografičeskih kompleksov s pomoščju vyčislitel'noj tehniki (EVM). In Novyje metody v tematičeskoj kartografii. Moskva, s. 52-69.
- Tikunov, V.S. (1979). Tipologija matematiko-kartografičeskih modelej social'no-ekonomičeskih javlenij. Izvestija AN SSSR, Geografija, 2, s. 130-134.
- Tikunov, V.S. (1985). Modelirovanije v social'no-ekonomičeskoj kartografii. Moskva, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta.
- Tikunov, V.S., Judin, S.A. (1987). Ispozovanie anamorfovanych kartografičeskih izobraženij v gradostroitel'nom analize. Izvestija AS SSSR, Geografija, 1, s. 100-105.
- Tobler, W.R. (1976). Analytical cartography. American Cartographer, 3, s. 21-31.

## S u m m a r y

### Non-traditional forms of cartographic models and thier usage in geography

The GIS technologies penetration into geographical research and praxis stimulated creation of the new cartographic models, which are non-traditional as to their form and ways of usage.

These new models are aimed at gaining the new knowledge about designed subjects and phenomena in the most precise, suitable and universal form by means of automatic ways of their creation based on the GIS using. That is the reason why the cartographic picture has to be transformed as to its structure, metric measurements or way of presentation (Berlyant 1988, p. 119-129).

The article is devoted mainly to the functional ways of phenomena and subjects presentation in cartographic models, i.e. changes of space measurements, where variable geographic co-ordinates of displaying function are replaced by the index which is being displayed, e.g. by number of inhabitants, etc.

Cartographic models which preserve the reciprocal organization of the real space (i.e. connections, orientation, neighbourhood and continuity of displaying subjects and phenomena) are indicated as topological, resp. anamorphosic (Suvorov 1984, p.28).

Besides the basic typology of the cartographic models from the information and transformation points of view a detailed classification of anamorphosic topological cartographic models (according Murdych, 1976, 1987) with the examples of their creation and descriptions of their usage are also presented in the article.

At present are known several ways of topological transformations based on:

- graphical procedures when cartographic models are created mainly from empirical knowledge, inference deduction and intuition of their designer;
- analytic procedures which involve using of analytic (functional) dependencies between co-ordinates of original and created cartographic model.

The both ways of mentioned topological transformations are being elaborated at present and are to be the standard program accessories for the geoinformatic programmed packages. The results of their using provide the possibility for the new type of digital cartographic models creation which are non-traditional as to their form. The geographical relations here are expressed by the topological vectorial structures created on the base of automatized procedures. The vectorial topological structures of digital spatial subjects became fundamental elements of spatial databases in the majority of today geoinformatic systems what in the same time emphasize the importance of topology in contemporary cartography.

The word "non-traditional" involves not only the present state of mentioned cartographic models

using in some geographical disciplines, but expresses as well unlimited possibilities of their creation (by means of GIS) and practical tasks solving in the future.

Fig. 1 Azimuthal logarithmic-distance map of Sweden with center in Asby (ref. Hägerstrand 1957, p. 73) a) original grid, b) transformed grid.

Fig. 2 Geographical radial non-regular anamorphoze (ref. Murdych 1987, pp. 204-205)  
a) isochronic map of the South Czech region (accessibility after each hour),  
b) non-regular radial anamorphoze: real values of time accessibility are "straight" up in relevant directions (isochrons have shape of circles).

Fig. 3 Example of a free anamorphoze - the topological map of roads connection between Bratislava-city and Bratislava-countryside.

**Lektoroval:**

**Prof. RNDr. Jozef KRCHO, DrSc.,  
Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského,  
Bratislava**