

Branislav NIŽNANSKÝ

GRAFICKÁ JEDNOTKA MAPOVÉHO ZNAKU

Nižnanský B.: **Graphic unit of map sign.** Kartografické listy, 2004, 12, 2 figs., 16 refs.

Abstract: Graphic unit (graphics by Bertin, 1981) as base substantial object of map sign is analyzed in this article. Graphic unit decomposition to the graphic elements apprehended as an area of dots is used. Graphic element and graphic unit are described as Worboys's object by its attributes (graphic variables, objective and subjective conditions of perception, geometrical abstraction), structure (topological and substantial), behaviour (relation and operation) and representation (substantial, logical, object oriented class). The article continues as a next part of theoretical analysis: Map sign definition and its sense in map language theory (Nižnanský 2002)

Keywords: graphic variables, graphic element, topological relation, morphographical operation, object, structure, attribute, behaviour, representation

Úvod

Analýzou atribútov mapového znaku pokračujeme v prehľbovaní teórie mapového zobrazovania (pozri napr. Nižnanský 2001, 2002 a i.). Hmotným reprezentantom mapového znaku je v mape odlíšiteľný útvar, pre ktorý v súlade s J. Pravdom (1990) použijeme termín grafická jednotka. Grafické jednotky, ktoré sú spojené s atribútmi význam a umiestnenie v mape tvoria triedu mapových znakov. V článku je pomocou modelu analyzovaný obsah pojmu reprezentovaného termínom grafická jednotka (*graphic unit*) z hľadiska jeho využívania v kartografii ako hmotného reprezentanta mapového znaku pomocou jej základného stavebného kameňa grafického elementu.

Pri analýze vychádzame z hypotézy, že existuje možnosť formálneho opisu mapového zobrazovania geoinformačných dát t. j. dát, ktoré majú priestorovú a atribútovú zložku, a ktorých atribútová zložka je referencovaná na povrch Zeme. Pri tomto hypoteticko-deduktívnom postupe sú použité empirické a formálne prostriedky. Empirické sú poznatky o percepcii grafickej informácie pomocou ľudského zraku a poznatky o moderných technológiách vstupu a výstupu grafickej informácie do informačných systémov. Z formálnych prostriedkov je použité definovanie množinovo chápaných pojmov pomocou ich štruktúry a atribútov alebo ich opis pomocou tvrdení o ich správaní sa v opisovanom a analyzovanom systéme pojmov (poznatkov). Štruktúrovanie a usporiadanie deskriptívnych dát vychádza z Worboysom (1995) prezentovanej definície štruktúry objektu. Mnohé pojmy a tvrdenia sú preberané z formálnych vied (teória množín, geometria, topológia, teória grafov, teória formálnych jazykov...). Cieľom článku je pomocou možného modelu postaveného na konštruktivistickej schéme využívajúcej rozklad objektu (grafickej jednotky) na elementy (bodka) a komponenty (grafický element) hlbšie pochopiť prostriedky mapového vyjadrovania potrebné na automatizovanú tvorbu máp nad geodatabázou.

V kartografii nie je pojem grafickej jednotky samostatne analyzovaný. Väčšinou sa pojem, ktorý pod termínom grafická jednotka myslíme, chápe ako primitívum resp. je nejasne vymedzený vzhľadom na pojem *znak* alebo vzhľadom na svoje topologické a geometrické modely.

V prácach o mapovom vyjadrovaní nachádzame silné prepojenie teoretických myšlienok na historické konvencie až po nekritické preberanie starších myšlienok. Podobný silný vplyv na teoretickú bázu kartografie má aj technológia tvorby mapy.

Vplyv moderných informačných technológií na kartografiu opisuje D. Kusendová (2003). Okrem v článku spomenutých referencií, z ktorých sú najvýznamnejšie referencie na prácu Komisie pre vizualizáciu Medzinárodnej kartografickej asociácie pod vedením A. MacEachrena, možno vniknúť do problematiky na www.geovista.psu.edu/sites/icavis/icavis/terms.html, kde sú zhrnuté termíny, ciele, a smery ktorými žije aktuálny výskum. Chápanie prezentačných schopností systémov riadenia bázy dát, a to schopnosť tvoriť nad databázou, mapu nachádzame ojedinelo, často vo všeobecnej rovine. Ako neoddeliteľnú súčasť priestorového dopytovacieho jazyka chápe mapovú prezentáciu M. J. Egenhofer (1994).

V prácach z druhej polovice 20. storočia sa stretávame s termínmi formy, prostriedky a/alebo metódy mapového vyjadrovania, kartografický znak, mapový znak často aj v prípadoch, keď sú opisované iba grafické jednotky alebo ich atribúty. Dôsledkom historických a technologických vplyvov je silné prepojenie sémantických konštrukcií s pojmom mapový znak a tým aj vzájomné prenikanie grafickej a syntaktickej roviny so sémantickou a pragmatickou (napr. Freitag 1971, Aslanikašvili 1974, Board 1976 a i.). Najbližšie k oddeleniu grafických jednotiek od sémantiky pri znakových systémoch má J. Bertin (1967, 1981 resp. 2001). Dekompozíciu mapového znaku blízku cieľom nášho výskumu pod názvom morfografická analýza opisuje J. Pravda (1997). Vyčleňuje samostatné graficko-konštrukčné komponenty mapového znaku mapové grafémy chápané ako dvojice grafických elementov grafematického priestoru a grafického motívu. Toto členenie je v nasledujúcej štúdií v podstate prebrané. Termín grafický element je v článku chápaný buď ako graféma, ako grafický element alebo ako grafický motív v závislosti od kontextu.

Definícia mapového znaku a grafická jednotka

Predmety výskumu *mapový znak* a *grafická jednotka* sú neustále poznávané a opisované hlbšie a presnejšie v pojmovej aj terminologickej rovine. Ako príklad rozvoja kartografického poznania porovnajme definíciu mapového znaku (Pravda, 1997) s analogickou definíciou podľa Hojovca z roku 1987¹, „*Značky jsou v podstatě jednoduché grafické struktury, mající vzhledem k uživateli mapy určitý význam*, jsou potencionálním nositelem informace, *zaznamenané kartografickým způsobem*“. Porovnanie tejto definície mierne zjednodušenej a definície mapového znaku je príkladom histórie poznania pojmu mapový znak (značka) a atribútov, ktoré ho definujú.

Hojovec, 1987: *Značka je grafická štruktúra, ktorá má vzhľadom k užívateľovi mapy určitý význam a je zaznamenaná kartografickým spôsobom.*

Pravda, 1997: *Mapový znak je grafická jednotka, ktorá reprezentuje nejaký význam a je lokalizovaná v mape.*

1. V prvej definícii z kontextu učebnice vyplýva chýbajúce adjektívum, ale z kontextu je jasné, že autor myslí termín *mapová značka*.
2. Diferencia termínov *mapový znak*, *mapová značka* je v kartografickej literatúre diskutovaná. Termín *znak* je modernejší, jeho zavedenie je reflexiou na rozvoj kartosemiológie.
3. Termín *grafická jednotka* je analógiou termínu grafická štruktúra. Vzhľadom na dvojslovnosť asi bude treba uvažovať o jednoduchšom jednoslovnom termíne. J. Bertin (1981) používa termín *la graphique* v anglickom preklade *graphics*. Pre slovenskú terminológiu je

¹ Ide o dostupné definície z vysokoškolských učebníc. V ďalších dostupných aj zahraničných učebniciach sa mapový znak nedefinuje ale používa sa v kontexte, z ktorého vyplýva, že chápanie objektu mapový znak (značka) je v komunite kartografov pomerne jednotné. V Terminologickom slovníku geodézie, kartografie a katastra (1998) nachádzame analogické a podrobnejšie informácie.

inšpiratívna morfografická analýza J. Pravdu (1990, 1997 a i.), v ktorej použil termíny *grafický motív*, *grafematický priestor*, *grafický element* a *graféma*.

4. Atribút *mať význam* vzhľadom k užívateľovi zvýrazňuje pragmatický aspekt významu, zatiaľ čo atribút *reprezentovať význam* zdôrazňuje väzbu významu na definovaný objekt t. j. mapový znak čiže sémantický aspekt. Oba aspekty treba hlbšie teoreticky analyzovať.
5. Obaja autori priradujú termínu *význam* atribút neurčitosti adjektívom *nejaký*, resp. *určitý*.
6. Atribút *byť zaznamenaný kartografickým spôsobom* je všeobecný a v jeho rámci možno chápať aj presnejšie špecifikovaný atribút *byť lokalizovaný v mape*.

Základom definície je termín pre báзовý objekt *grafická jednotka* (*grafická štruktúra*), z ktorého priradením dvoch atribútov (*význam* a *umiestnenie v mape*, resp. *kartografické vyjadrenie*) odvodzujeme objekt označený termínom *mapový znak*.

Grafická jednotka – východiská analýzy

V práci *Definícia mapového znaku a jej význam v teórii mapového jazyka* (Nižnanský 2002) bola grafická jednotka stručne charakterizovaná takto: *Grafická jednotka môže byť zložená z jedného alebo viacerých grafických elementov. Technológie grafického zobrazovania umožňujú dva základné prístupy k tvorbe grafických jednotiek. V rastrovej forme je grafickým elementom pixel. Vo vektorovej forme sa využívajú ako grafické elementy prvky z množiny geometrických útvarov v rovine. Každý grafickej jednotke (jednoduché alebo zloženej z viacerých elementov resp. grafických jednotiek nižšieho rádu) a aj každému grafickému elementu možno priradiť grafematický priestor, ktorý je výborným nástrojom pri používaní znakov a analýze súvislostí plynúcich z ich polohy. Základným typom takéhoto grafematického priestoru je minimálny opísaný obdĺžnik (polygón)...*

Spomenutá charakteristika vychádza zo skorších analýz autorov citovaných v práci. Možno povedať, že sú v nej problémy skôr iba formulované ako riešené. V texte článku možno nájsť množinu relevantných termínov, ktorých obsah bol opísaný aj z hľadiska ich zaradenia v systéme pojmov. Tieto pojmy budú predmetom úvah aj v tomto článku. Ide o pojmy, ktoré reprezentujú termíny: *grafická jednotka*, *grafický element*, *morfografická operácia unárna, binárna a viacnásobná*, *grafematický priestor*, *grafické premenné (tvar, farba, vzorka, veľkosť a orientácia)*, *topologické relácie (dotyk zvnútra a zvonku, prekryt, inklúzia, totožnosť a susedstvo)*. K týmto termínom možno zaradiť prevzaté termíny, ktorými rozširujeme terminologický aparát našej analýzy: *grafické pole*, *bodka*, *vnútro*, *hranica*, *vonkajšok*, *obrys*...

Grafické jednotky sa používajú v špecifickej forme komunikácie, v ktorej je dominantným perceptorom ľudský zrak. Grafickú jednotku budeme chápať ako štruktúrovaný objekt s pragmaticky vyčlenenou opísateľnou množinou atribútov. Ako reálny objekt je predmetom záujmu v dvoch komunikačných procesoch, a to pri vstupe a pri výstupe informácie t. j. možno ju percepovať a/alebo kresliť. Nutnou podmienkou práce s grafickými jednotkami je aktívna účasť ľudského zraku, ktorú dopĺňajú ďalšie percepčné a kognitívne procesy ľudského subjektu v súčasnosti umocnené využitím moderných technológií. Táto determinácia ľudských schopností a najmä zraku technologickými možnosťami ovplyvňuje aj prístup k atribútom a štruktúre grafickej jednotky.

Ďalší aspekt, ktorý je rozhodujúci pri opise štruktúry, atribútov, správania a reprezentácie grafickej jednotky je vývoj poznania mapového vyjadrovania a vývoj semiológie. Z tohto hľadiska chápeme grafickú jednotku ako objekt² v grafickom poli. Grafické pole predstavuje podklad po-

² Objekty majú štruktúru (skladajú sa zo zložiek a prvkov), atribúty, správanie (t. j. sú v interakcii buď s objektmi nadradenej štruktúry alebo cez interakcie svojich častí alebo atribútov s inými objektmi alebo ich atribútmi) a reprezentáciu (bližšie pozri Worboys 1995).

mocou ktorého grafickú jednotku buď odlišujeme alebo kreslíme. Akceptujeme a uvedeným premisám prispôbujeme teóriu grafických premenných a teóriu morfografickej roviny mapového jazyka. Nemožno však v uvedených súvislostiach prijať klasifikáciu zavedenú už J. Bertinom (1967, 1981), ktorý v rovine uvažoval s bodom (P), čiarou (L) a areálom (A) a definoval grafické premenné pre tieto tri základné triedy. Grafická jednotka je vždy areál (čo už uvádza aj J. Bertin) a až relácia jej lokalizácie v mape³ s mierkou mapy jej priradí atribút, ktorým ju klasifikujeme do tried P, L alebo A. V takom prípade už nejde o grafickú jednotku, ale o mapový znak.

Grafické jednotky nie sú predmetom skúmania iba v kartografii. Okrem vizualizácie, ktorou sa zaoberá najmä informatika, nájdeme rôzne grafické interpretácie objektov reálneho sveta, ich pôdorysov, rezov, grafických schematických opisov, grafov, diagramov ap. prakticky v každej prírodnej a technickej vede.

Široké spektrum poznatkov poskytuje aj oblasť výtvarnej kultúry. Toto je treba mať na zreteli najmä pri grafickej analýze. Kartograficky orientovaný analyzátor musí v prvom rade odlíšiť geobraz od iného grafického objektu.

Štruktúra grafickej jednotky

Ako bolo spomenuté, dominantným empirickým činiteľom pri práci s grafickou jednotkou je ľudský zrak. Vstupné médiá pre kognitívne pochody sú dve:

1. Zorné pole, ktorému zodpovedá plocha buniek sietnice reagujúcich na svetlo.
2. Jednotlivý orgán sietnice, ktorý reaguje na svetlo a odosiela nervový vzruch do mozgu.

Týmto vstupným médiám zodpovedajú na technologickej úrovni na svetlo reagujúce bunky skenera a pole záberu skenera. Na úrovni reality zornému poľu zodpovedá **grafické pole**. Individuálny nervový vzruch idúci z jednotlivého orgánu sietnice percepujúceho svetlo nemá v tejto analýze zmysel rozoberať, pretože takto ho človek neanalyzuje. V kognitívnom procese dokáže človek odlíšiť isté grafické entity na základe odlišného odrazu svetla od ich okolia v grafickom poli. Na najjednoduchšej úrovni tieto entity nazveme termínom **grafický element**. Grafické elementy sú základné komponenty grafických jednotiek.

Grafický element

Grafický element je základným štruktúrnym prvkom grafickej jednotky. V sémantickom a technologickom zmysle ho reprezentuje kontinuálna oblasť bodiek, ktorá je časťou grafického poľa spolu s grafematickým priestorom grafického elementu⁴ Grafematický priestor umožňuje odlíšenie grafického elementu. **Bodka** je jednotkový grafický prvok nachádzajúci sa pod hranicou rozlíšiteľnosti ľudského zraku. Definujeme ju ako základný element grafického poľa, ktorý je ďalej nedeliteľný. Na technologickej úrovni sa jej priradujú atribúty (binárna príslušnosť k elementu, grafické premenné, hmotná reprezentácia).

Pre bodky má zmysel definovať grafické premené⁵: **farba** a **veľkosť**. Farba je daná charakteristikami svetelného žiarenia odrazeného od hmotnej reprezentácie bodky. V grafickej komunikácii prispieva k celkovému vnemu grafického elementu. Veľkosť determinujú fyziologické a technologické obmedzenia a z hľadiska potrieb teórie mapového zobrazovania bude chápaná ako jed-

³ Nemusí ísť explicitne práve o mapu, v ktorej je realizovaná lokalizácia grafickej jednotky. Aj v iných grafických vyjadreniach má triedenie P, L, A zmysel, ale až po pridaní významových referencií.

⁴ Toto vymedzenie zjednodušuje, ale nie je v opozícii prístupu J. Pravdu (1997, str. 39), v ktorom sú grafematický priestor a grafický motív chápané ako dva doplnujúce sa grafické elementy.

⁵ Diskutovať možno ešte o tvare, ale ide o objekt pod hranicou rozlíšiteľnosti a aj keď nejaký tvar bodky majú je pre potreby tejto teórie (ako aj praktického používania) nepotrebný a preto nedefinovaný. Podobne zanedbávame iné vlastnosti bodiek ako napr. ich materiálnu podstatu.

notková resp. elementárna, pri technologických zariadeniach je parametrom zariadenia vyjadreným napr. veličinou DPI.

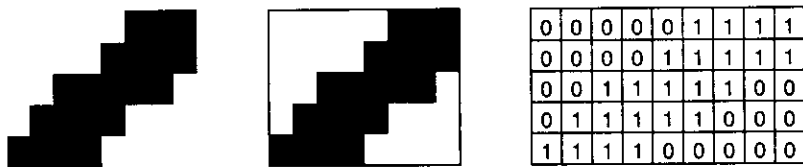
Pre topológiu bodiek má zmysel definovať relácie: *dotyk* a *susedstvo*. Susedstvo znamená, že bodky sú v grafickom poli oddelené. Dotyk znamená ich spojitú spojenie tak, že ich zrakom nemá zmysel odlišovať. Na úrovni bodiek neodlišujeme reláciu *dotyk* od relácie *totožnosť*, resp. *prekryt*.

Definícia: Grafický element je neprázdna množina bodiek pre ktorú platí:

1. Pre každú bodku grafického elementu obsahujúceho viac ako jednu bodku existuje minimálne jedna bodka v relácii *dotyk*, ktorá tiež patrí do množiny bodiek grafického elementu.
2. Grafický element má jednoduchú topológiu, t. j. jeho odlišením sa rozdelí grafické pole na tri spojitú množiny bodiek: *vnútro*, *hranicu* a *vonkajšok*.

Z hľadiska perspektívnej formalizácie teórie pomocou informačných technológií za hranicu grafického elementu budeme používať ortogonálne usporiadanie grafického elementu. Grafematický priestor grafického elementu je taký minimálny opísaný obdĺžnik (MOO), ktorého každá strana obsahuje minimálne jednu bodku grafického elementu. Usporiadanosť je daná referenciou bodiek k MOO. Šírka MOO je daná minimálnym rozmerom pásu obsahujúceho celý grafický element MOO(1) alebo je odvodená ako kratšia strana MOO zostrojeného paralelne s referenčnou ortogonálnou súradnicovou sústavou MOO(2). Druhý prípad je znázornený na obr. 1.

Na obr. 1 je zväčšene znázornený grafický element zložený z bodiek⁶ (vľavo), grafický element v minimálnom opísanom obdĺžniku – MOO (v strede) a logická reprezentácia grafického elementu v grafickom poli (vpravo). Logická reprezentácia grafického elementu v grafickom poli je formálnym nástrojom opisujúcim odlišenie grafického elementu. Na úrovni bodiek sa rozhoduje binárnym triedením. Bodka, ktorá patrí k elementu je označená číslom 1, ostatné číslom 0. Na obr. 1 je triedenie urobené len v rámci MOO, zvyšné bodky grafického poľa majú priradenú 0. Vzhľadom na to, že bodky sú mimo rozlišovacej schopnosti ľudského zraku, treba v grafickom elemente vyčleniť hraničné pásmo, v ktorom bude pri logickom modeli použitá fuzzy logika.



Obr. 1. Model grafického elementu a nástrojov na jeho analýzu

Atribúty a štruktúra grafického elementu

Grafické elementy majú tri skupiny atribútov relevantných v procese grafickej analýzy a reprezentácie. Prvá skupina súvisí s objektívnymi fyzikálnymi podmienkami ich percepcie (hmotné médium a vlastnosti grafického poľa, grafematického priestoru a grafického elementu a podmienky šírenia svetla), druhá skupina súvisí s percepčujúcim subjektom (u človeka sú to schopnosti zraku a aktuálny stav poznania a psychologických a zdravotných faktorov umožňujúci odlišovať grafické elementy, v prípade technologických zariadení sú to ich technické HW a SW parametre). Výsledkom pôsobenia prvých dvoch skupín menovaných atribútov je miera presnosti a určitosti odlišenia a klasifikácie grafického elementu a jeho atribútov nachádzajúcich sa v tretej skupine, v ktorej sú grafické premenné a topologická štruktúra grafického elementu. Možno k nim priradiť

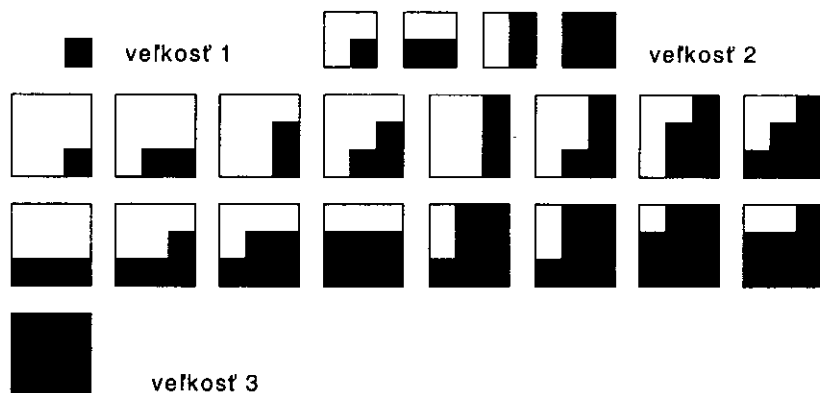
⁶ V príklade je použitý štvorcový tvar a ortogonálne usporiadanie bodiek. Treba si uvedomiť, že pri jednotkovej veľkosti tvar nehrá úlohu. Grafický element, ktorého model je na obr. 1 by mal rozmery do desiatich milimetrov. Použitý model je determinovaný technológiou.

aj atribúty geometrického modelu grafického elementu a grafického poľa. Neurčitosť odlišenia grafického elementu a jeho atribútov sa prejavuje najmä na hranici grafického elementu. Jej príklad je na obr. 2. Atribúty tretej skupiny odlišujeme pragmaticky. To znamená, že v mnohých situáciách sú definované (odlišené) alebo explicitne opísané len niektoré (vybrané) z nich.

Pre grafické elementy má zmysel definovať **grafické premenné**: tvar, veľkosť, farbu a vzorku a orientáciu.

Tvar možno definovať pomocou MOO(1) ako triedu ekvivalencie, pričom za ekvivalentné sa považujú tie grafické elementy, ktorých binárny model v jednotkovej veľkosti vykazuje v hraničných bodkách povolenú diferenciu a v bodkách vnútra a vonkajšku sa zhoduje. Možno vyčleniť triedu osovo súmerných tvarov. Osová súmernosť ďalej definuje dve základné triedy zrkadlovo konvertovaných tvarov, ktoré sú osovo súmerné podľa osi. Pri osovo súmerných tvaroch je táto os rôzna od ich osi súmernosti.

Veľkosť grafického elementu je základná (jednotková) a násobná. Grafické elementy majú odlišnú veľkosť od jednotkovej, ak počet bodiek ich vnútra je celočíselným násobkom bodiek vnútra jednotkového elementu v oboch smeroch daných usporiadaním podľa MOO a počet bodiek hranice sa zväčšil zachovajúc grafický element v pôvodnom tvare (obr. 2). Takto definovaná veľkosť nadobúda hodnoty z množiny prirodzených čísel.



Obr. 2. Neurčitosť zväčšenia bodiek na hranici grafického elementu; bodka hranice veľkosti 1 má vo veľkosti 2 štyri alternatívy a veľkosti 3 sedemnaásť alternatív

Farba grafického elementu je daná farbou jeho bodiek. Premenná farba má vlastnosti zhodné ako premenná farba v prípade grafických jednotiek (pozri Nižnanský 2002).

Naproti tomu *vzorka* grafického elementu sa chápe inak ako vzorka grafickej jednotky. Na lepšie pochopenie by bol pre ňu vhodnejší termín *textúra*. Vzorka je totiž daná diferenciou farieb bodiek grafického elementu a tá môže byť pravidelná alebo nepravidelná. Môže byť spôsobená diferenciou farebného tónu (dvoch farieb alebo farebnej stupnice) alebo diferenciou intenzity farby. Pri pravidelných usporiadaniach môže ísť o periodické, resp. usporiadané striedanie, zmenu intenzity farby radiálne alebo koncentricky.

Orientácia je grafická premenná, ktorú má zmysel definovať, ak je grafické pole usporiadané. Vtedy možno definovať orientáciu ako triedu ekvivalencie nepravidelných grafických elementov (odlišných od kruhu). Vzhľadom na možnosti zraku odlišiť diferenciu orientácie okolo 20 – 30, hraničný počet v prípade osovo súmerných tvarov je 6 – 8 smerov, v prípade nesúmerných nepravidelných (pokiaľ možno pretiahnutých tvarov) je to 12 – 16 orientácií.

Geometrické atribúty sú vlastnosti teoretického modelu priradeného grafickému elementu. V prípade mapového vyjadrovania ide o rovinné útvary, definované na báze konečnej množiny

bodov. Z hľadiska topologickej štruktúry sú tri možnosti geometrickej abstrakcie grafického elementu: polygón, lomená čiara a bod. Polygón je definovaný usporiadanou množinou lomových bodov, z ktorých prvý je rovný poslednému, priradených lomovým bodkám hranice grafického elementu s úplnou topologickou štruktúrou. To znamená, že množina bodiek vnútra, hranice aj vonkajšku sú neprázdne. Ak je množina bodiek vnútra prázdna, pri veľkom počte bodiek môže byť priradená grafickému elementu čiara definovaná ako množina lomových bodov alebo bod, ak ide o oblasť s veľmi malým počtom bodiek nachádzajúcu sa na hranici odlišiteľnosti grafického elementu. Takáto teoretická konštrukcia je užitočná vo viacerých smeroch. Umožňuje:

- definovať v grafickom poli usporiadanie ortogonálnou súradnicovou sústavou,
- definovať a odlišiť MOO,
- definovať polygón ako vzor pre triedu premennej tvar,
- definovať pravidlá pre povolené a nepovolené diferencie tvarov grafických elementov patriacich z hľadiska tvaru do tej istej triedy ekvivalencie,
- definovať metriku a určovať rozmery a vzdialenosti grafických elementov,
- definovať orientáciu ako triedu ekvivalencie v usporiadanom grafickom poli,
- precizovať tvrdenia o topologických reláciách grafických elementov,
- opisovať grafické elementy vo vektorovom alebo rastrovom formáte.

Topologická štruktúra grafického elementu je tvorená množinami bodiek vnútra, hranica a vonkajšok, chápanými v topologickom zmysle. Dôležitou vlastnosťou tejto štruktúry pri grafickej analýze je fuzzy vymedzenie hranice, a tým aj okolí jednotlivých bodiek. Okrem topologickej štruktúry je relevantná už v definícii grafického elementu spomenutá štruktúra založená na jednotkovom grafickom prvku t. j. bodke.

Správanie a reprezentácia grafických elementov

Správanie grafických elementov opisujeme pomocou morfografických operácií a topologických relácií. Grafické elementy sú chápané ako základné stavebné kamene grafických jednotiek a z tohto hľadiska ich možno používať na ich tvorbu alebo získavať dekompozíciou grafických jednotiek a odlišovať, analyzovať a opisovať.

Pre grafické elementy tvoriace grafickú jednotku má zmysel definovať všetky **topologické relácie**, ktoré definujeme aj pre grafické jednotky. Na definovanie topologických relácií na úrovni grafických elementov sú nástrojom operácie s množinami a topologické relácie definované pre bodky. Topologickými sú tieto relácie:

Totožnosť – množina bodiek elementu A sa rovná množine bodiek elementu B na definovanej úrovni presnosti.

Susedstvo – množina bodiek elementu A je rôzna od množiny bodiek elementu B a pre každú bodku elementu A neexistuje bodka elementu B, ktorej by sa dotýkala.

Prekryt – množina bodiek elementu A a B majúca neprázdny prienik, ktorý je grafickým elementom.

Dotyk zvonka – množina bodiek elementu A a B majú prázdny prienik a existuje množina bodiek hranice elementu A, ktorá je grafickým elementom, takých bodiek, ktoré sa dotýkajú s bodkami z analogickej množiny bodiek hranice elementu B.

Inklúzia – množina bodiek elementu A je podmnožinou bodiek vnútra elementu B a neexistuje množina bodiek hranice elementu A, ktorá je grafickým elementom takých, že sa dotýkajú s bodkami množiny bodiek hranice elementu B zhodného tvaru a veľkosti.

Dotyk zvnútra – množina bodiek elementu A je podmnožinou bodiek elementu B a existuje množina bodiek hranice elementu A, ktorá je grafickým elementom takých bodiek, ktoré sa dotýkajú s bodkami množiny bodiek hranice elementu B zhodného tvaru a veľkosti.

Morfografické operácie s grafickými elementmi slúžia na tvorbu alebo na grafickú analýzu grafických jednotiek. Pomocou nich je opísaný **genetický atribút** grafických jednotiek, ktorého základnou charakteristikou je **alternatívnosť**. To znamená že grafické jednotky možno tvoriť resp. dekomponovať (analyzovať) alternatívnymi postupnosťami morfografických operácií s variabilnou základnou množinou grafických elementov. Základom morfografických operácií je dynamické chápanie topologických relácií a grafických premenných. Dynamické chápanie grafických premenných ako unárných morfografických operácií bolo opísané v príspevku (Nižnanský 2002). Binárne morfografické operácie priradujú dvom grafickým elementom topologickú reláciu. Morfografické operácie možno skladať a výsledkom sú grafické jednotky obsahujúce z hľadiska alternatívnosti ich dekompozície neurčitý počet grafických elementov.

V procese grafickej analýzy, resp. syntézy možno definovať dve binárne morfografické operácie: **združovanie** a **spájanie**.

Združovanie je morfografická operácia, ktorá dvom grafickým elementom priraduje topologickú reláciu susedstvo. Charakteristickým znakom grafických jednotiek vzniknutých združovaním je nespojitosť. Združenie grafických elementov môže byť voľné a usporiadané. V grafických jednotkách vzniknutých združovaním má zmysel definovať nové charakteristiky:

- vzdialenosť elementov,
- vzájomnú polohu elementov danú reláciami smeru v definovanom usporiadaní.

Okrem rôznych zloženín je možné združovaním tvoriť grafickú premennú **vzorka** grafickej jednotky a z relatívne jednoduchých elementov tvoriť **reťazce** alebo **polia** grafických elementov. Takto vytvorenej grafickej jednotke možno priradiť geometrickú abstrakciu **polygón** a/alebo **lomená čiara** výnimočne matematicky definovateľnú **krivku**. Výsledkom združovania, okrem usporiadaných a neusporiadaných grafických jednotiek, reťazcov a polí, môžu byť aj **diagramy** a **schémy**. Osobitné postavenie medzi reťazcami má **obrýs**, ktorého topologickou abstrakciou je **hranica**.

Spájanie je morfografická operácia, ktorej výsledkom je topologická relácia dotyk zvonka, prekryt, dotyk zvnútra alebo inklúzia. Všetky informácie uvedené pri združovaní platia aj pri spájaní s týmito výnimkami:

- vzdialenosť v rámci grafickej jednotky má zmysel definovať (odlišovať) iba pri inklúzii,
- špecifickým typom spájania je perforácia, pri ktorej je v rámci vnútra grafického elementu vyčlenená množina bodiek so zhodnými charakteristikami ako má podklad (napr. grafické pole).

Reprezentácia grafických elementov je relevantná tromi spôsobmi: ako grafická forma (množina bodiek odlišiteľná ľudským zrakom), logická forma (binárna tabuľka doplnená o podmienky ekvivalencie tabuliek) a objektová forma (napr. formálne zapísaný opis pozostávajúci s identifikátora, atribútov, štruktúry, správania a reprezentácie grafickej jednotky).

Záverom možno konštatovať, že pri opise štruktúry grafickej jednotky preberáme z analýzy grafického elementu pohľad na ňu ako na množinu bodiek a pohľad na jednotku resp. jej časti ako na topologicky štruktúrované objekty (**vnútro**, **hranica** **vonkajšok**). Štruktúrny pohľad na úrovni grafickej jednotky doplníme o systémovú analýzu (jednotka je systém komponentov a elementov), pričom vzťahy komponentov opisujeme topologickými reláciami a reláciami smeru.

Atribúty grafickej jednotky

Atribúty grafickej jednotky možno opísať ako množinu atribútov grafických elementov (rozlíšených pragmaticky v jednotke) a množinu atribútov celej grafickej jednotky. Platí teda to, čo bolo spomenuté pri grafických elementoch (tri skupiny atribútov) a pribúdajú **genetické atribúty** t. j. opis vzniku grafickej jednotky z elementov a charakteristík výsledku, ako sú vzájomná poloha, usporiadanosť, jednoduchosť, zloženosť, vzdialenosť a i. v rámci grafickej jednotky.

Geometrická abstrakcia sa pri grafickej jednotke menej používa pre elementy, z ktorých vznikla, skôr sa realizuje pre celú jednotku alebo jej vybrané časti. Atribútom geometrickej abstrakcie je aj formát (napr. vektorový).

Správanie a reprezentácia grafických jednotiek

Správanie grafických jednotiek opisujeme topologickými reláciami a v usporiadanom grafickom poli aj reláciami smeru. Usporiadanie môže byť lokálne t. j. v rámci grafickej jednotky a globálne t. j. v rámci grafického poľa.

Reprezentácia grafických jednotiek je relevantná (tak ako u grafických elementov) tromi spôsobmi, t. j. ako grafická forma (množina odlišných grafických elementov percepovaná ako celok ľudským zrakom), logická forma (binárnej tabuľky, resp. tabuliek doplnená o podmienky ekvivalencie tabuliek a opis prepojenia tabuliek jednotlivých elementov), a objektová forma (napr. formálne zapísaný opis pozostávajúci s identifikátora, atribútov, štruktúry, správania a reprezentácie, pričom v štruktúre sa zohľadňuje postavenie grafických elementov v rámci jednotky a topologická štruktúra celej jednotky).

Záver a diskusia

Zvolená analýza umožnila hlbšie preniknúť do problematiky grafickej komunikácie, ktorú považujeme za základ tvorby a čítania máp. Jednou z možných dekompozícií bol opis grafickej jednotky a jej komponentov. Na to, aby bolo možné formálne dobre opísať logický model mapového vyjadrovania, resp. kartografického *data miningu*, je treba diskutovať a riešiť veľa problémov už na úrovni objektu, pre ktorý používame termín *grafická jednotka*.

Tri problémy načrtnuté v štúdiu implikujú potrebu dobrej analýzy významovej zložky mapového znaku a kontextov, ktoré sú pre používanie grafických objektov v mapovom vyjadrovaní relevantné. Ide o mieru neurčitosti pri odlíšení tvarov, z ktorej vyplýva, že triedy ekvivalencie typu *tvar* majú neprázdny prienik. O definitívnom zaradení grafickej jednotky k danej triede teda rozhoduje význam a kontext, ktorý v logickom modeli reprezentuje aktívny katalóg vzorov. Druhým problémom na odlíšenie sú vzorky a neurčitosť odlíšenia farieb na technologickej úrovni. To, čo ľudským zrakom vidíme ako grafickú jednotku, nemusí technika odlíšiť. Tretím problémom pre experta (relatívne neexistujúcim, ale pre technické odlíšenie ťažkým) sú grafické jednotky vzniknuté skladaním.

Ďalší bázový aspekt problematiky, v literatúre spomínaný iba výnimočne, je špecifikum grafických dát. Všeobecne sa geodáta členia na atribútové a priestorové. V článku opísané grafické entity sú reprezentované aj atribútovými aj priestorovými dátami. Ich relácia ku geodátam je asociatívna a variabilná v konečnom dôsledku realizovaná na základe rozhodnutia človeka. Opísané atribúty možno asociatívne združovať s atribútmi geodát. Toto združenie je opäť neurčité t. j. niektoré asociatívne spojenia majú pravdepodobnosť blízku skôr k 0, iné skôr k 1.

Opisované ortogonálne usporiadanie grafického poľa a grafického elementu môže byť lokálne aj globálne. Okrem neho možno zaviesť aj iné typy usporiadania napr. v lokálnom pohľade na grafické elementy môže byť výhodné polárne usporiadanie pre výhodnejšie definovanie grafických premenných *tvaru*, *veľkosti* a *orientácie*. Pri skladaní možno uvažovať aj o relatívnom usporiadaní grafických elementov (grafických jednotiek) v grafickom poli bez viazania sa na referenčnú súradnicovú sústavu. Tak, ako je dobrým zvykom v matematickej kartografii, aj v prípade grafickej analýzy a syntézy je treba vždy voliť najvýhodnejšiu a najúspornejšiu cestu usporiadania grafického objektu.

Z opisu Worboysovskej štruktúry objektu bol v článku ponechaný bez povšimnutia problém identifikátora objektu, ktorý je z hľadiska ustálenej praxe komplikovaný. Často súvisí s významom alebo sa jednoducho pri grafických jednotkách nepoužíva vôbec, resp. len pre triedy grafických jednotiek vyšších úrovní ako je individuálna jednotka.

Príspevok je jedným z výstupov dosiahnutých riešením vedeckého projektu č. 1/0209/03 „Aktualizácia konceptuálneho modelu grafického editora na báze mapového jazyka“ na UMB v Banskej Bystrici a KU v Ružomberku za podpory grantovej agentúry VEGA.

Literatúra

- ASLANIKAŠVILI, A. F. (1974). *Metakartografia. Osnovnye problemy*. Tbilisi (Mecniereba).
- BERTIN, J. (1967). *Sémiologie graphique. Les diagrammes, les cartes*. Paris (Gauthier-Villars).
- BERTIN, J. (1981). *Graphic and Graphic Information Processing*. Berlin (Walter de Gruyter). ISBN 3110088681.
- BERTIN, J. (2001). *Brève présentation de la graphique*. http://www.sciences-po.fr/cartographie/cartographie_html/5_page5_theorie/graphique_bertin2001/00_sommaire/.
- BOARD, C. (1976). *The Geographer's Contribution to Evaluating Maps as Vehicles for Communicating Information*. Paper presented to the 8th International Cartographic Conference, Moscow, 15 s.
- EGENHOFER, M. J. (1994). *Spatial SQL: A Query and Presentation Language*. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 6 (1), s. 86-95.
- FREITEG, U. (1971). Semiotik und Kartographie. *Kartographische Nachrichten*, 21, s. 171-182.
- HOJOVEC, V. et al. (1987). *Kartografie*. Praha (Geodetický a kartografický podnik).
- KAŇOK, J. (1999). *Tematická kartografie*. Ostrava (Ostravská univerzita).
- KUSEDOVÁ, D. (2003). Vedecká vizualizácia geoúdajov. *Geodetický a kartografický obzor*, 49, 7-8, s. 121-124.
- NIŽNANSKÝ, B. (2001). Grafické premenné a ich význam v semiotike, kartografii a geoinformatike. *Facultatis Studiorum Humanitatis et Naturae Universitatis Prešovensis*, XXXV, Prírodné vedy, Folia geographica, 4, s. 101-112.
- NIŽNANSKÝ, B. (2002). Definícia mapového znaku a jej význam v teórii mapového jazyka. *Kartografické listy*, 10, s. 60-67.
- PRAVDA, J. (1990). *Základy koncepcie mapového jazyka*. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- PRAVDA, J. (1997). *Mapový jazyk*. Bratislava (Univerzita Komenského). ISBN 80-223-1102-2.
- Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra* (1998). Bratislava (Úrad geodézie, kartografie a katastra SR, Český úrad zeměměřický a katastrální).
- WORBOYS, M. F. (1995). *GIS: a computing perspective*. London, (Taylor & Francis). ISBN 0-203-48155-0.

S u m m a r y

Graphic unit of map sign

Map sign theory as a part of map language conception is described in cartographic publications not so long time (Pravda, 1990, 1997). Cartographic expressions are presented as a part of map redaction works in textbooks from 80-ties last century. In the important textbook *Kartografie* (Hojovec a kol. 1987) is used term *cartographic interpretation* and it included cartographic sign definition, map interpretation methods and description of cartographic sign systems projection (also rules of creation sign key). Three base terms define map sign: graphic unit, semantic and position. Graphic unit (graphics by Bertin, 1981) is base substantial object of map sign. Graphic unit decomposition to the graphic elements apprehended as an area of dots is tool for analyzing and describing of map expressions established on the map sign theory. Graphic element and graphic unit are described as Worboys's object by its attributes (graphic variables, objective and subjective conditions of perception, geometrical abstraction), structure (topological and substantial), behaviour (relation and operation) and representation (substantial, logical, object oriented class).

Map sign definition and graphic unit

Map sign is graphic unit with denotation and position in map (Pravda 1997). This definition describe real object used in cartography as an element of the map signs system for expression of map content. Advancement of knowledge in map theory is representing by comparison of two definitions of map sign by Hojovec (1987) and by Pravda (1997). Graphic unit is alternative of graphic structure in the earlier.

Analysis base of the graphic unit

Graphic unit is collection of one or more graphic elements. Assigning of graphic variables is important characteristic of graphic unit. Concepts called by terms in conceptual system are described in this article: graphic unit, graphic element, morphographic operation unary, binary and multiple, graphematic area, graphic variables, – shape, color, pattern, greatness and orientation, topological relation – junction from in and out, intersection, inclusion, identity and neighbourhood, graphic field, dot, inner, border, exterior, contour.

Graphic units are used in specific communication mode, when dominant perceptor is human eye. So real object is subject of interest in two communication processes: in the input and in the output of information. It is possible to perceive or draw it. Next aspect of our analysis is development of map expression knowledge and development of semiology. Graphic unit is object in graphic field. Graphic field is a background for graphic unit distinguishing or drawing. We accepted and adapted to this premises graphic unit theory and morphography level of map language theory. We don't accept classification of J. Bertin (1967, 1981) to the points (P), lines (L) and areas (A). Graphic unit is area always (J. Bertin allege it too) and graphic unit localization relation with scale of map is a source of this classification criteria for map sign (not for graphic unit).

Graphic units are not research subject in cartography only. Visualisation and graphic interpretation of the real world objects, its ground plans, cuttings, graphic schematic descriptions, graphs, diagrams etc. is used in all natural and technical science. Spectrum of knowledge about graphic units is used in the creative culture (art). These informations are important for graphic distinguishing. Cartographic oriented analyser, must in the first time distinguish geopicture by the other graphic objects.

Graphic unit structure

The human is able distinguish any graphic entities on the basis of different light mirror from the graphic field in cognitive process. This entity the most simple have name *graphic element*. Graphic elements are basic components of graphic units.

Graphematic area allows distinguish graphic element. *Dot* is indivisible unit of graphic under the border of human eye distinguishing ability. Attributes of dot are: binary competence to the element, graphic variables, substantial representation.

Graphic variables are: color and greatness. Greatness determine the physiology or technology (DPI) conditions. Greatness is unit or elementary. Color determine light emission mirror to the substantial representation of dot.

Topology of dots is represented by the relation: junction and neighbourhood. The dots are in the relation neighbourhood in the case when they aren't in relation junction. Junction is continual accouplement of dots. Relation junction aren't distinguished to the relation identity or intersection on the dot level.

Definition: Graphic element is ensemble of dots:

1. For every dot of graphic element exist minimal one dot from ensemble of graphic element dots with relation junction.
2. Graphic element divide graphic field to the three continuous sets of dots: inner, border, exterior.

Graphic element as ensemble of dots, graphic element in minimal bounding rectangle and logical representation of graphic element in the graphic field is on the Fig. 1. Important is that the dots are out of distinguishing ability of human eye. To earmark border band is necessary in the graphic element with use fuzzy logic (Fig. 2).

Three classes of graphic element attributes are: objective condition of perception, subjective condition of perception and graphic variables with topological structure. Important are geometrical model of graphic element attributes too.

Graphic variables of graphic elements are: shape, color, pattern, greatness and orientation *Geometrical attributes* are characteristics of theoretical model of graphic element. *Topological structure of graphic element* is defined by the ensembles of dots: inner, border and exterior.

Behaviour of graphic elements we describe by the morphological operation and topological relation. Graphic elements are basic constructional component of graphic units.

The tools for definition of topological relations on the level of graphic element are operation with sets and topological relations defined for dots.

Graphic elements *morphographical operations* are used for graphic unit creation or analysis. We describe genetic attribute of graphic unit using morphographical operation. *Alternativity* is basic characteristic of graphic unite genetic attribute. Morphographical operations are defined on the dynamic apprehension topological relations and graphic variables (Nižnanský 2002). Binary morphographical operations are based on the allotment of topological relation to the two graphic elements. In the process of graphic analysis or synthesis is possible to define two binary morphographical operations: association and connection.

Representation of graphic element is: graphics as set of dots, logical as binary chart, formal object described as identifier, attributes, structure, behaviour and representation of graphic unit.

Graphic unit attributes

Attributes of graphic unit is possible describe as set of attributes their graphic elements and set of attributes of aggregated graphic unit.

Graphic unit behaviour and representation

Behaviour of graphic unit is described by the topological relation and in the ordinal graphic field by the

direction relation. Ordination is local (ordination on graphic unit) and global (ordination on the graphic field) Graphic unit representation is: graphic as set of graphic elements, logical form as binary chart (charts) and object oriented.

Conclusion and discussion

We decompose and describe graphic as base of reading and map creation. Three problems implicated need to analyze map sign semantic in the context of graphic expressions: (1) indeterminateness of shape, pattern and/or color, (2) composite graphic unit distinguishing, and (3) identifiers of the graphic objects. Special aspect is characteristic of graphic data. Described graphic entities are represented by the space and attribute data. Their relation to the geodata is associated and variable.

Fig. 1 Model of the graphic element and the tools for his analysis

Fig. 2 Indeterminateness of the border dots enlargement.

Lektoroval:

Ing. Ján PRAVDA, DrSc.,

Geografický ústav SAV, Bratislava