

Milan HÁJEK, Irena MITÁŠOVÁ

KARTOGRAFICKÉ MODELOVANIE A SPRACOVANIE OBRAZOVÝCH ÚDAJOV

Hájek, Milan - Mitášová, Irena: Cartographic modelling and image data processing. Kartografické listy, 1993, 1, 4 figs., 9 refs.

Abstract: Conceptual model of an information system related to the information strategy as a new point of view on spatial informations and information sources. Computer aided construction of the cartographic image.

Key words: cartographic informations, conceptual model of the cartographic information system, information strategy, computer aided construction of the cartographic image.

Úvod

Výskum na Slovenskej technickej univerzite v Bratislave v oblasti geodézie a kartografie sa zameriava na polohové a výškové systémy, mapovú dokumentáciu, informačný systém o nehnuteľnostiach, geoinformačné systémy v rôznych aplikáciách využívajúcich fotogrametriu, DPZ, kartografiu vrátane kartografického modelovania potenciálu krajiny a aktivity človeka v nej. Na riešenie výskumných úloh sa svojim podielom zúčastňujú aj študenti, najmä v závere štúdia, prípadne v rámci postgraduálnych foriem doktorantského štúdia. Tento záber výskumu a výučby vyžaduje široký teoretický základ prírodovedného charakteru a tiež z príbuzných technických disciplín. V článku sa zaoberáme dvoma okruhmi otázok, ktoré však navzájom úzko súvisia. Ide o:

- stratégiu, funkciu a techniku kartografického modelovania,
- rozvoj teórie prenosu obrazu s ohľadom na presnosť, spoľahlivosť a použiteľnosť priestorových informácií, získaných fotogrametricko-kartografickými metódami a DPZ.

Kartografický model v geoinformačnom systéme

Zatiaľ čo koncom 70. a začiatkom 80. rokov bola v literatúre a praxi venovaná hlavná pozornosť metodickým otázkam tvorby informačných systémov (metódy, dá-

tové a funkčné analýzy a pod.), v súčasnosti je charakteristický presun pozornosti na využitie Informatiky pre rozvoj hospodárstva. V konkurenčnom prostredí tržnej ekonomiky sú Informácie, s ktorými rezort geodézie, kartografie a katastra, (podnik) disponuje, jedným z rozhodujúcich zdrojov jeho dlhodobej prosperity. Druhým dôvodom orientácie na kartografickú informačnú stratégiu je poznanie, že rozsiahle investície do priestorových informačných systémov a technológií sa často mňali účinkom a neprinášali očakávané prínosy. Analýza príčin nízkej spoločenskej efektívnosti priestorových informačných systémov ukazuje na neujasnenosť strategických zámerov v oblasti geodeticko-kartografickej informatiky. Na Slovensku má kartografická Informatika v súčasnosti tieto štyri dopady:

- Podporuje záujmy rezortu, ale nie je ucelene orientovaná na globálnu stratégiu spoločnosti.

- Priority v riešení kartografického systému nie sú založené na perspektívnejších cieľoch, ale na okamžitých požiadavkách jednotlivých užívateľov. (okamžitý nákup aplikačných softwarových balíkov s problematickými možnosťami ich ďalšej integrácie napr. podľa Bewley, B. (1990) sa na Ministerstve obrany USA používa 1,5 % programov tak, ako boli dodané, 3 % po modifikácii, 29 % bolo použitých ale opustených, ostatné programy neboli nikdy použité).

- Rozvoj kartografického informačného systému bez dlhodobej koncepcie vedie postupne k rozpadu integrácie jeho funkcií, dát, programového a technického vybavenia so všetkými negatívnymi dôsledkami.

- Architektúra kartografického informačného systému nie je kompatibilná s organizačnou štruktúrou tvorcov a s rozdelením právomoci a zodpovedností.

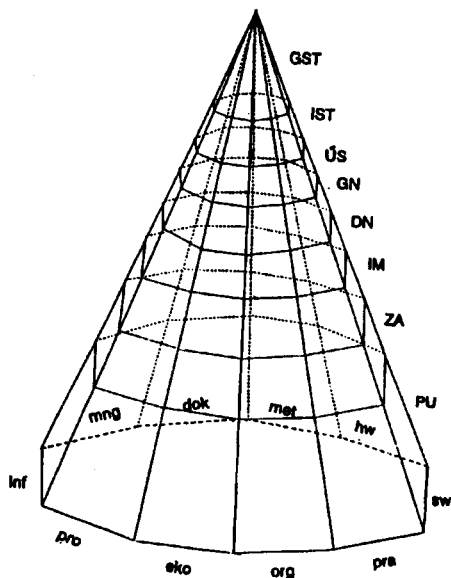
Informačnou stratégiou je nový pohľad na priestorové informácie a informačné zdroje. Máme na mysli spracovanie a poskytovanie priestorových informácií ako dôležitého strategického produktu. S tým postupne sa mení pohľad na efektívnosť priestorových informačných technológií. V tejto časti chceme poukázať na modifikáciu metodológie riešenia Kartografického informačného systému (KIS) vo väzbe na globálnu a informačnú stratégiu.

Globálna stratégia (GST) zhŕňa silné i slabé stránky tvorcu, správcu priestorovej Informácie, porovnáva ich s možnosťami a rizikami troj- až päťročného cieľa vo väzbe na podstatné okolie.

Informačná stratégia (IST) nadväzuje na globálne ciele a definuje cesty jednotlivé, súčasné i plánované informačné projekty.

Obsahové a metodologicko-organizačné dimenzie riešenia KIS-u sú zrejmé na obr. 1.

Obsahové dimenzie na obr. 1 tvoria: informácie (dáta) - **inf**, činnosti/funkcie/udalosti/procesy - **pro**, ekonomika - **eko**, organizácia a riadenie - **org**, pracovníci a sociálne aspekty - **pra**, software - **sw**, hardware - **hw**. Metodologické dimenzie tvoria: metódy - **met**, dokumenty - **dok**, riadenie práce v danej fáze - **mng**. Časové dimenzie riešenia a úroveň abstrakcie a obr. 1 sa premieta do fáz projektovania ako sú:



Obr. 1 Konceptuálny model riešenia KIS

úvodná štúdia - **Ús**, globálny návrh - **GN**, detailný návrh - **DN**, implementácia - **IM**, zavedenie projektu - **ZA**, prevádzka a údržba - **PU**.

Použitie týchto dimenzií pri riešení sleduje cieľ oddeliť jednotlivé úrovne abstrakcie pri riešení KIS a tým zjednodušiť náročnosť a vymedziť miesto špecialistov v etapách riešenia. Vychádzajúc z analýzy obsahových dimenzií KIS pochopíme správanie právnych subjektov a ich vzťah k informačným technológiám (historickým) a súčasným. Ak posúdime úroveň poskytovaných služieb o polohových informáciách zákazníkom, získame tým súvisiacu pozíciu na trhu. Určenie takýchto faktorov sa označuje za genetický kód rezortu či kartografickej organizácie, ktorý predurčuje ich evolúciu.

Mapa (počítačová, analógová) je jedným z produktov GIS, ktorých výstupy sú veľmi variabilné a v súčasnosti často požadované vo forme pamäťového záznamu na disketách. Prítom musí takáto mapa zostať kartografickým dielom a svojou presnosťou, obsahom a náležitosťami vyhovovať súčasnej informačnej technológii. Za tým účelom sa informačná automatizovaná technológia kartografických dát viaže okrem iného na elektronickú reprodukciu, počítačovú grafiku predovšetkým v čiarovej a plošnej farebnej kompozícii. Môžeme napríklad syntézou obrazu z multispektrálnych snímok a obrazu mapy spracovať vektorovú a rastrovú grafiku programom COREL DRAW. Rastrové dáta vo formáte TIFF a vektorové dáta vo formáte DXF sa programom COREL DRAW spoja v prostredí MICROSOFT WINDOWS.

O metódach diskretizácie analógových obrazov

Do procesu tvorby mapy vstupujú nové metódy získania obrazovej informácie, jej spracovania, nová následná interpretácia, spôsob spracovania upravenej obrazovej informácie na obrazovke pre priame využívanie alebo upravenej obrazovej informácie na tlačovom podklade pre multiplikáciu a nakoniec úprava digitálnej dokumentácie. Tvorivý kartografický proces a nové metódy zberu dát rozvíjajú novú teóriu nahradzujúcu "pešie mapovanie, remeslá a umenie" vyúsťujúcu do digitálnych mapových fondov. Pred našimi očami sa pôvodná digitálna mapa, pre ktorú spočiatku stačilo aby mala súbory súradníc podrobných bodov, súbory kódov a predpisov na kresbu, zmenila na banku digitálnych dát a banku metód ich spracovania a zobrazovania. Predmet záujmu zostáva avšak po novom sa štruktúruje a menia sa tiež metódy spracovania obrazu.

Aplikačné využívanie digitálneho záznamu predpokladá obraz rozložiť na objekty so stanovenými charakteristikami, ich uloženie, viacnásobné využitie s cieľom napr. vytvorenia usporiadanej rastrovej množiny bodov tvoriacich mapový prvok. Vyjadrenie priestorových vzťahov tohto typu má poskytnúť možnosť určovať ich neznáme priestorové charakteristiky. Na riešenie sa môžu použiť napr. rankové algoritmy na štandardizáciu a vyhladzovanie obrazov, na zvýraznenie detailov obrazu, na vyčlenenie objektov z pozadia obrazu a na určenie (detekciu) hraníc objektov.

Vychádzame z jednoduchosti spracovania a najvýhodnejšej metódy diskretizácie analógových obrazov a ich reprezentácie v tvare výberov funkčných hodnôt v jednotlivých rozmerovo umiestnených bodoch definičného oboru signálu. Proces rastrovania má podobu fyzikálneho merania. Pomocou snímača sa merajú hodnoty signálu. Je to operácia konvolúcie daného signálu a (x) s určitým jadrom $h_d(x)$ definovanej ako

$$a \circledast h_d = \int_{-\infty}^{\infty} a(x) h_d(x - k \Delta x) dx \quad /1/$$

pre $k = 0, 1, \dots$ $x > 0,$

$h_d(x)$ nazveme apertúru diskretizácie a jej množina tvorí bázu rekonštrukcie analógového signálu z rastrového. Z algoritmickeho hľadiska číslicový obraz je reprezentovaný pomocou rastra R a kvantifikovaných hodnôt definovaných v jeho bodoch. Kvantovanú hodnotu videosignálu v bode rastra $(k, 1)$ R označme v_{k1} . Obrazový bod (vzorka videosignálu) $B = (k, 1, v_k)$. Diskrétno okolie S_{k1} bodu rastra môžeme analyzovať z pohľadu variačnej postupnosti obrazových bodov a variačného radu okolia, umožňujúce definovať niektoré osobitné podmnožiny okolia.

Generalizácia obrazu je operácia v rankových algoritmoch, pri ktorej sa odstraňujú detaily, ktoré "prekážajú" prehľadne vnímať zvolené objekty v obraze. Ide o proces vyhladzovania obrazu pri konečnom ciele analýzy obrazu cez jeho detailové obrazy (môže sa využiť pri spracovaní aj textúrnych obrazov). Pri spracúvaní signálov cielavedome potláčame časť signálu nazývanú šum (aditívny a impulzový). Využijeme poznatky pre model vyhladzovaný impulzovým šumom, keď rozdelenie obrazových bodov sa uskutoční na základe testu hypotézy o príslušnosti centrálnemu bodu S -

okolia k výberu, ktorý tvorí väčšina ostatných bodov daného okolia. Zvýšenie detailnosti je protiklad k vyhladzovaniu a vykonáva sa metódou rastrovej masky.

$$\hat{v}_{k,1} = INT [g (v_{k,1} - \bar{v}_{k,1}) + \bar{v}_{k,1}] \quad /2/$$

kde $\bar{v}_{k,1}$ - priemer hodnôt videosignálu v bodoch okolia $S_{k,1}$

g - koeficient zosilnenia.

Zvýraznenie detailov a ich hraníc je vlastne testovanie štatistickej hypotézy o tom, že centrálny bod okolia neprislúcha výberu obrazových bodov a rozdelenie hodnôt tohto kritéria sa posudzuje ako preparát - obraz po rastru spracovávaného obrazu. Na vytvorenie pozadia môžeme využiť plošné modely s korelovanými vzorkami a náhodné detaily vytvorí pomocou obrazových modelov. Zložený obraz tvoria aditívna zmes pozadia a detailov alebo vložené detaily do obrazu pozadia podľa vzťahu

$$b(k,1) = \begin{cases} a_p(k,1) & \text{pre } a_d(k,1) < h \\ a_d(k,1) & \text{pre } a_d(k,1) \geq h \end{cases} \quad /3/$$

kde $a_p(k,1)$ - modelový obraz pre pozadie,

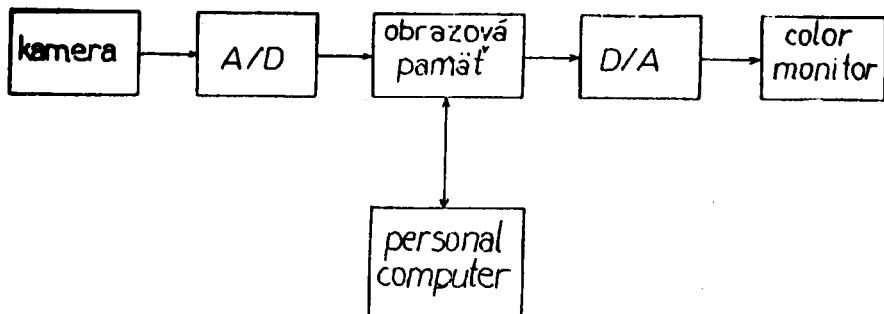
$a_d(k,1)$ - modelový obraz pre detaily

h - rozlíšiteľný prah

Digitalizácia analógového farebného obrazu

Cieľom experimentu bolo získať z analógového obrazu mapy obraz v digitálnej forme, ktorý umožňuje prevod obrazových dát do rastrového formátu. Konečným výsledkom je tvorba výťažkov ako tlačových podkladov na štvorfarebnú stabilizovanú ofsetovú tlač. Schéma digitálneho spracovania obrazu je na obr. 2.

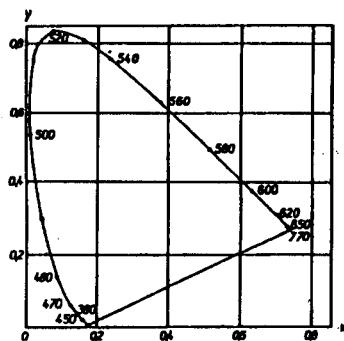
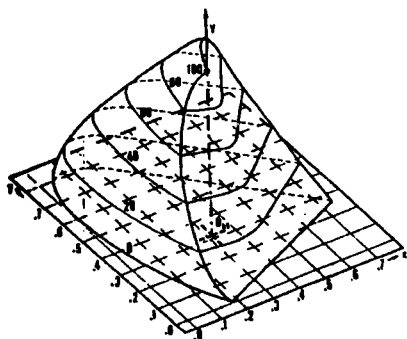
Farebná predloha bola snímaná CCD kamerou PANASONIC CL - 300, ktorá sa pred digitalizáciou nastavila na štandardné osvetlenie D65. Kamerou sa snímaný obraz rozkladá v reálnom čase do štyroch riadkov, pričom bod riadku má určité analógové napätie, ktorému zodpovedá určitá vzorka výstupného číslicového signálu. Karta FRAME GRABBER VISIONETICS rozkladá tento štvorsignál do digitálneho tvaru na maticu $N \times N$. Počet prvkov v matici je stabilný a to 512×512 ($2 \times 256 \times 512$, $4 \times 256 \times 256$). Karta má A/D prevodník, ktorý snímaný obraz kvantuje a vzorkuje, aby sa stal digitalizovaným. Vzorkovaním sa v presných časových intervaloch merajú



Obr. 2 Schéma digitálneho spracovania obrazu

úrovne analógového napätia. Kvantovaním sa týmito úrovňami priraduje dvojkové číslo, s ktorým počítač pracuje. Karta umožňuje priradiť jednému bodu 5 bitové informácie o farbe, čím vlastne umožňuje zobrazit príslušný bod matice v 32 farebných jasových úrovniach. To sa deje pre každú farebnú zložku monitora, červenú, zelenú, modrú, (Red - R, Green - G, Blue - B).

Obraz sa stáva digitalizovaným po nasnímaní kamerou a v tom okamihu je každý bod matice definovaný tromi farebnými súradnicami R, G, B, ktoré určujú jas v jednotlivých úrovniach. Pozri obr. 3, kde v CIE - systéme k popisu vyfarbenia je treba k dvom chromatickým súradniciam x, y pripojiť ďalej údaj o jednej trichromatickej zložke, najčastejšie o jase Y.



Obr. 3 Usporiadanie, znázornenie a popis farieb v CIE-systéme

Spracovanie digitalizovaného obrazu

Digitalizovaný obraz sa rôznymi vplyvmi deformuje, čo je pre tvorbu tlačových podkladov nežiadúce. Najčastejšími vplyvmi deformácie sú: nedostatočné osvetlenie obrazu, nedokonalosť technických zariadení, poruchy a nedokonalosť kábla, ktorým je signál privádzaný do počítača. Obraz je deformovaný predovšetkým vo farebnej a rozmerovej zložke. Na úpravu sa pri spracovaní digitálneho obrazu použili základné operácie a to filtrácia, prahovanie, bodové operácie a transformácie.

Nežiadúce prvky na obraze nazývame šum (rušenie). Zašumený obraz vstupuje už do digitalizátora a spôsobuje zmenu jasových zložiek R, G, B. **Filtrácia** sa uskutočňuje na báze štatistickej matematiky tak, že v zašumenej oblasti týmto bodom priraduje jasové zložky, ktoré sa v danom okolí najviac nachádzajú. Na filtráciu existuje viacero spôsobov a to čítanie vstupu viackrát za sebou, lineárny priebeh signálu a mediánový filter. Pri spracovaní obrazu sme použili programový systém, ktorý pracuje na prvom uvedenom princípe.

Na obraze sú dva typy oblastí: objekt a pozadie. Cieľom **prahovania** je získať taký výsledný obraz, v ktorom bude možné tieto dve oblasti ľahšie odhaliť a analyzovať ich charakteristiky. Každému objektu prislúcha na farebnom obraze určitá úroveň jasu jednotlivých zložiek R, G, B. Rovnaké objekty majú mať tú istú úroveň jasu. Avšak ich úrovne sa líšia. Na vytvorenie rovnakých jasových úrovní sa potom zadávajú dolné a horné hranice, ktorými je charakterizovaný daný objekt.

Objekty na obraze po filtrácii a prahovaní obsahovali rovnakú úroveň zložiek R, G, B, avšak ich použitím sa mierne zdeformoval mapový obraz. Na jeho opravu sme využili **bodové operácie**, ktoré spočívajú vo vyšetrení jednotlivých farebných bodov.

Obraz po digitalizácii bol skreslený a geometricky nesprávny. Geometrickou **transformáciou** sa upraví tak, aby napr. kolmé čiary boli aj na obraze na seba kolmé a aby farebné plochy boli rovnako veľké.

Transformácia digitálnych farebných tónov na tlačové podklady

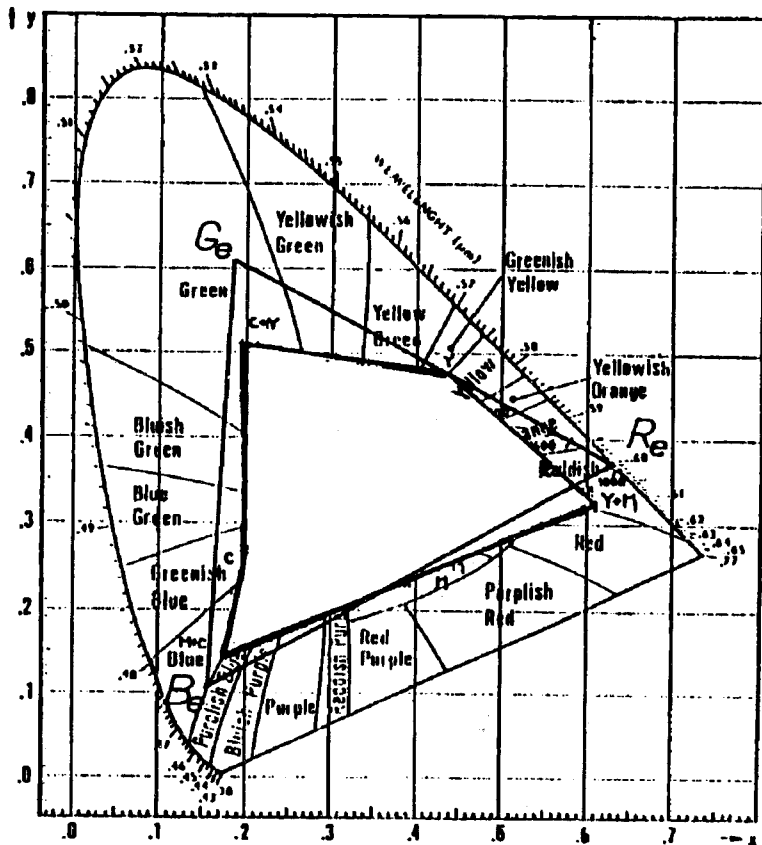
Zdigitalizovaný analógový farebný obraz je vytvorený na monitore zložkami R, G, B, ktoré treba pretransformovať na tlačové farby azúrovň, purpurovú, žltú a čiernu (Cyan - C, Magenta - M, Yellow - Y, Black - B) a tak v spojení s osvitovou jednotkou vytvorí tlačové podklady pre stabilizovanú štvorfarebnú ofsetovú tlač. Transformácia digitálneho obrazu sa urobí na počítači MACINTOSH pomocou príslušného algoritmu separácie. Prepočítavanie do štyroch tlačových farieb sa nedeje v reálnom čase ale prostredníctvom prepočítavania zaznamenaných údajov. Počítač má na každý farebný bod 24 bitové informácie o farbe a tým dokáže vyjadriť farebný odtieň z jednej zo zložiek R, G, B v 256 jasových úrovniach.

Separácia R, G, B farieb na C, M, Y, B farby spočíva v nahradení jasovej úrovne jednotlivých bodov v každom kanáli rastrovanými bodmi, ktoré majú rozličnú hustotu. Raster musí mať presne orientovaný smer. Pre žltú farbu 105° , pre purpurovú farbu

80°, pre azdovú farbu 75° a pre čiernu farbu 45°. Po spustení separačného programu sa tieto zložky pretransformujú na tlačové farby, ktorých jednotlivé zložky C, M, Y, B sú vyjadrené v percentách.

Na tvorbu tlačových podkladov (výťažkov) sme použili osvitovú jednotku LINOTRONIC 330, ktorá na základe informácií, získaných separáciou farieb z počítača MACINTOSCH vykonáva exponovanie fotocitlivého materiálu. Exponovanie sa uskutočňuje pomocou laserového lúča, ktorý je vychylovaný sústavou špeciálnych zrkadiel, ktorého jas sa moduluje číslicovými signálmi z počítača.

Po exponovaní filmu je nutné zviditeľniť latentný obraz. Vyvolávanie sa uskutočňuje vo vyvolávacom automате ANITEC 530. Tým sa získajú tlačové poklady - diapozitívy



Obr. 4 Súradnice tlačových farieb v CIE-systéme

pre štvorfarebnú ofsetovú tlač farebnej ukážky.

V súradnicovom systéme CIE, obr. 4, sú hodnoty x , y farieb na monitore R_e , G_e , B_e a súradníc chromatičnosti tlačových farieb ako aj ich kombinácií: žltá, purpurová, azúrová, žltá-purpurová, purpurová-azúrová, azúrová-žltá. Kolorimetrické meranie bolo v európskej farebnej stupnici. Z obr. 4 vidieť, že tlač červených a modrých odtieňov má malé interpretačné možnosti.

Záver

Postupne dochádza k prehodnoteniu obsahu, foriem i rozsahu kartografického procesu, zabezpečovaného na základe komerčných vzťahov podnikateľskou sférou. Pritom zásadný kvalitatívny posun je smerom k informatizácii, ktorá svojimi dôsledkami patrí medzi najvýznamnejšie spoločensko-ekonomické procesy konca 20. storočia. Kartografický informačný systém umožní jednotu dát, spokojnosť užívateľov vo väzbe na reálnu globálnu a informačnú stratégiu tvorby, údržby, spracovania a poskytovania polohových dát.

LITERATÚRA

1. BAJLA, I., JAROSLAVSKU, L.: Metódy a systémy číslicového spracovania obrazov. Alfa. Bratislava 1989.
2. BEDNÁR, L.: Prevod digitálneho obrazu mapy na analogový tlačový podklad. Dipl. práca SvF STU. Bratislava 1992.
3. BEWLFY, B.: National Center For IT. 1990. Members conference.
4. ČENŠČÁKOVÁ, G.: Štúdia spracovania a rozpoznávania prvkov sídla z kartografického farebného hľadiska. Dipl. práca SvF STU. Bratislava 1992.
5. HÁJEK, M., ČIŽMÁR, J., STRAKA, J., ŠÚBERT, A.: Model aktualizácie informačnej mapy sídla. In: Zborník z X. zjazdu SGS pri SAV. Bratislava 1992, s. 58-68.
6. HÁJEK, M., MITÁŠOVÁ, I., MISLOVIČ, E., VAVRINEC, B.: Digital Image Data Processing in Cartography. Slovak Journal of Civil Engineering. Slovak Technical University. Bratislava 1993/1 pp. 35-40.
7. MITÁŠOVÁ, I.: Geoinformačné systémy. Zborník Katedry geodetických základov SvF STU Bratislava 1992.

S u m m a r y

Cartographic modelling and image data processing

A gradual reevaluation of the contents, form as well as the extent of the cartographic process takes place in the field of image data modelling and processing. Cartographic informatics has four impacts: on the global information strategy, on the formulation of specified goals, on the concept of software and hardware equipment and on the architecture of the cartographic information system (KIS).

Conceptual model of KIS on fig. 1 demonstrates contextual, methodical and temporal relations and the level of abstraction.

Theoretical as well as technological approaches to the cartographic data acquisition and processing are based on the digitalization of map images. Digital image processing schema is on fig. 2. To remove digital image distortions there were used operations of: filtering, thresholding, spot operations and transformation.

Digital colour map image was composed on monitor in R,G,B components. These were transformed to print colours C,M,Y,B in connection with the exposure unit to form printing matrices for stabilized four-colour offset print.

Fig. 1 Conceptual model of KIS (Cartographic Information System)

Fig. 2 Schema of digital image processing

Fig. 3 Arrangement of colours in CIE system

Fig. 4 Co-ordinates of print colours in CIE system