

RICHARD ČAPEK

POČÍTAČOVÁ KARTOGRAFIE

R. Čapek: *Computer-assisted Cartography*. Sborník ČSGS, 93, 1, p. 48—60 (1988). — The paper gives an outline of computer-assisted cartography for geographers: a) main principles and devices, b) examples of map compilation with the help of the Scitex system, c) list of applications.

Proces tvorby map je poměrně pomalý. Zdlouhavé zjišťování údajů, složité technologické postupy a převaha ruční práce způsobují, že uživatelé dostávají do rukou mapy, které jsou přes svou vysokou kvalitu obsahově zastaralé. Zvláště citelně se tento nedostatek projevuje u tematických map určených pro řízení a plánování národního hospodářství; stává se, že je příslušné orgány dostanou do rukou natolik pozdě, že se o ně při svých rozhodnutích již nemohou s důvěrou opřít. Nevyhovuje ani rychlost obnovy a aktualizace map. Cyklus obnovy topografických map trvá v nejlepším případě pět let a hospodářské mapy v atlasech se během celé doby užívání atlasu — i když má více vydání — někdy neaktualizují vůbec.

Cesta k nápravě spočívá ve využití *strojů na elektronické zpracování dat — počítačů*. Kartografie, která používá počítačů (či spíše celých výpočetních systémů) pro řešení úkolů spojených se zpracováním map, se označuje jako *počítačová kartografie* (angl. computer assisted cartography, něm. rechnergestützte Kartographie). Někdy se mluví i o automatizované kartografii, což však není totéž: automatizace nahrazuje člověka cele strojem, kdežto počítačová kartografie zahrnuje tvůrčí využití strojů člověkem. Nadto při automatizaci nemusí být ještě nutně použito počítačů a naopak i tam, kde není automatizace úplná (a to není v kartografii nikdy!), může jít o kartografii počítačovou.

Počítačová kartografie dosáhla od nesmělých počátků v 60. letech tohoto století již takových výsledků, že lze právem mluvit o revoluci v kartografii: v praktické kartografii řadu prací automatizovala a urychlila a přinesla i nové podněty pro teoretickou kartografii. Není bez zajímavosti, že články v současných kartografických časopisech se více než jinými tématy zabývají právě počítačovou kartografií.

1. Hlavní principy a zařízení

Počítačová kartografie předpokládá existenci kartografické báze dat, programového vybavení a technického zařízení.

Kartografickou bází dat se rozumí veškeré údaje potřebné pro tvorbu kartografických děl, které jsou uspořádány a převedeny do formy čitelné pro počítač. Zdroji dat jsou nejčastěji mapy a kartografické elaboráty vzniklé v průběhu jejich zpracovávání (sestavitelské a vydavatelské originály, tiskové podklady), dále statistiky, výsledky geodetických a fotogrammetrických měření a materiály dálkového průzkumu Země. Pokud není kartografická báze dat vytvářena centrálně státními orgány, musí ji kartografové zpracovat sami.

Programové vybavení (též software) tvoří programy; jsou to velmi podrobné přísně logicky řazené sledy instrukcí, které udávají krok za krokem, co má počítač dělat s dodanými daty. Pro každou dílčí úlohu musí být jiný program a třebaže výrobci počítačů dodávají celé stovky již hotových programů, je pro kartografické účely zapotřebí zpracovávat ještě mnoho dalších. Účelem těchto programů (označovaných též jako systém řízení báze dat) je zajišťovat vstup, výstup, aktualizaci a řešení aplikačních úloh v rámci báze dat. Programy sestavují ve spolupráci s kartografy vyškolení programátoři ve zvláštních, počítači srozumitelných jazycích (např. Fortran).

Data i programy se nejčastěji uchovávají ve formě magnetického záznamu na paměťových médiích: magnetických páskách, velkokapacitních discích a pružných discích (disketách). Kartografická báze dat a souhrn programů, kterých je třeba k jejímu ovládní, vytvářejí *kartografickou banku dat*.

Technické zařízení (hardware) sestává ze tří jednotek:

- vstupní jednotka slouží k převádění grafických prvků na čísla a k jejich záznamu na paměťová média,
- zpracovatelská jednotka obsahuje počítač, který provádí vlastní matematicko-logické operace, interakční systém umožňující komunikaci mezi obsluhou a počítačem a paměti, na nichž jsou zaznamenány potřebné programy a data,
- výstupní jednotka zobrazuje počítačem zpracované údaje v grafické formě.

Řídící činnost vykonává u některých systémů pro všechny jednotky počítač zpracovatelské jednotky, u jiných systémů mají vstupní a výstupní jednotky své vlastní řídicí počítače.

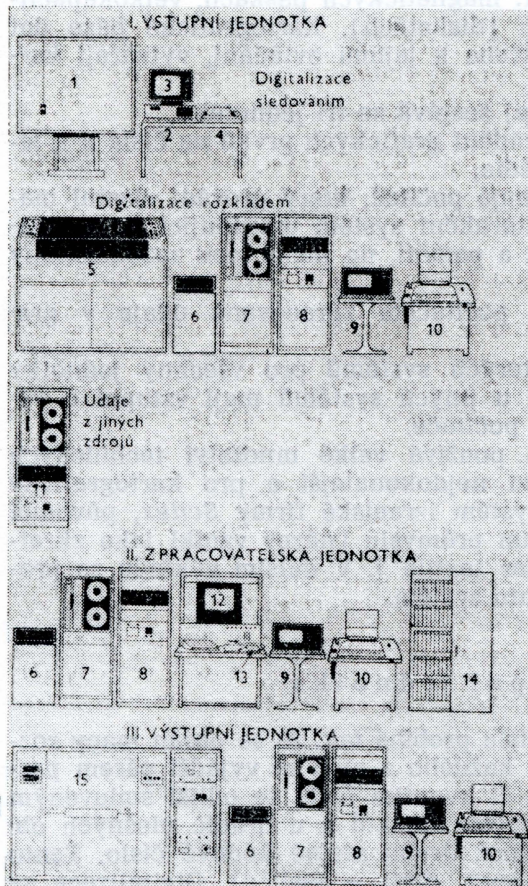
V počítačové kartografii se používá velké množství technických zařízení různé provenience. Mezi nejdokonalejší a pro kartografické účely nejvhodnější patří např. systém izraelské firmy *Scitex*, původně vyvinutý pro vzorování v textilním průmyslu (název vznikl jako zkratka „science fiction technology for textile“). V dalším výkladu se proto budeme opírat především o tento systém.

1.1. Vstupní jednotka

Převádění obsahu mapy na čísla probíhá tak, že se obsah mapy rozloží na jednotlivé body a poloha každého z nich se vyjádří párem pravouhlých souřadnic x , y . Kvalita či kvantita bodu se odliší smluveným číselným kódem, přičemž u čárových objektů a u hranic plošných objektů platí pro všechny body téhož druhu stejné kódové číslo. Tento převod se nazývá *digitalizace* (angl. digit = číslice). Digitalizace se provádí buď sledováním nebo rozkladem.

K *digitalizaci sledováním* (vektorový způsob) slouží souřadnicové snímače — *digitalizátory*. Tvoří je snímací prvek a snímací stůl, na který se pokládá digitalizovaná mapa. Snímacím prvkem bývá záměrný kříž (též kurzor) nebo světelné pero, které se postupně ručně nastavuje na snímané body; poloautomatické sledování čarových objektů zabezpečuje sledovač křivek. Snímací stůl pod mapou obsahuje velmi hustou síť (40 linií na 1 mm) pravouhle se křížujících elektrických proudovodičů, které po nastavení záměrného kříže a zmáčknutí ovládacího tlačítka (nebo po doteku světelného pera) vyšlou do paměti souřadnice x, y příslušného bodu. Číselný kód k odlišení různých objektů se nastaví na klávesnici snímacího prvku. Ještě jednodušší je práce s tzv. menu, které tvoří součást snímacího stolu. Menu obsahuje kromě číselné klávesnice ještě několik desítek tlačítek pro nejpoužívanější mapové značky, z nichž se dá skutečně vybírat jako z jídelního lístku. Kontrolu správnosti a úplnosti digitalizace včetně případných oprav umožňuje grafický displej (obrazovka), na kterém se zobrazuje již zdigitalizovaný obsah mapy.

Ruční i poloautomatická digitalizace je pomalá a nudná. Navíc se



Obr. 1

Schéma systému Scitex. I. Vstupní jednotka. Digitalizace sledováním: digitalizátor čili souřadnicový snímač (1) a osobní počítač (2) s černobílým grafickým displejem (3) a tiskárnou programů (4). Digitalizace rozkladem: rastrový skener čili rozkladové snímací zařízení (5), diskové paměti (6), magnetopásková jednotka (7), minipočítač (8) s alfanumerickým displejem (9) a stanicí Teletype (10). Údaje z jiných zdrojů: magnetické pásky (11). II. Zpracovatelská jednotka: diskové paměti (6), magnetopásková jednotka (7), minipočítač (8), barevný interakční grafický displej (12) s grafickým tabletem (13), alfanumerický displej (9), stanice Teletype (10), banka dat (14). III. Výstupní jednotka: laserový ploter čili rotační zobrazovací zařízení (15), diskové paměti (6), magnetopásková jednotka (7), minipočítač (8) s alfanumerickým displejem (9) a stanicí Teletype (10). Publikováno se svolením firmy Kümmerly & Frey AG.

ani při sebevětší pozornosti pracovníků neobejde bez množství chyb, jež se musí opravovat. Mnohem rychlejší je automatická *digitalizace rozkladem* (rastrový způsob, skenerování), která se uskutečňuje pomocí rozkladových snímacích zařízení — *skenerů*. Digitalizovaná mapa je připevněna na otáčející se válec, přičemž snímacím prvkem je světelný paprsek laseru. Pomalý posun snímacího prvku ve směru osy válce vede ke spirálovitému snímání obsahu mapy po elementárních ploškách — pixelech — o průměru zhruba 0,025 mm. Podobně jako u výtažkovacích zařízení používaných v polygrafii lze i zde rozlišovat barvy z barevného podkladu.

Podklady se ovšem digitalizují především proto, aby jejich zpracováním vznikla jiná, odlišná mapa. Jako předlohy se používají buď vydavatelské originály anebo ještě lépe zvláštní jednoduše zpracované předlohy, odděleně pro objekty bodové, čárové, plošné a pro popis. Bodové značky se na nich kreslí zjednodušeně anebo se nahradí puntíky, jejichž barva se liší podle druhu značky. Čárové značky se vykreslí jednoduchými spojitými čarami, přičemž na kvalitě provedení nezáleží. Druhy čar se rozliší výrazně odlišnými barvami. U ploch se nakreslí černě pouze obrysy s barevným puntíkem uvnitř. Pokud se na podkladové mapě překrývají barevné plochy s rastrem, musí se zpracovat jako dvě různé předlohy. Pro umístění popisu se vyznačí levý dolní roh každého slova (samo písmo se zdigitalizuje zvlášť po vysázení fotosazbou) anebo se zdigitalizuje přímo vydavatelský originál popisu.

1.2. Zpracovatelská jednotka

Zpracovatelská jednotka přijímá a zpracovává data získaná digitalizací ve vstupní jednotce nebo dodaná v digitalizované formě z banky dat. Elektronické zpracování dat provádí počítač jednak na základě předem vložených programů, jednak podle příkazů kartografa, který s počítačem vstupuje během zpracovávání do kontaktu. Zahrnuje uspořádávání dat, jejich zhušťování, tj. vypouštění nadbytečných údajů, transformaci do žádaného měřítka a kartografického zobrazení, statistické a jiné výpočty, generalizaci, symbolizaci a mnoho dalších s konečným cílem připravit je ke konečnému výstupu. Tím nemusí být vždy mapa; výstupem mohou být i číselné údaje jako jsou délky, plochy, statistické hodnoty a jiné.

Kartograf zasahuje do průběhu zpracování dat pomocí *interakčního systému*, který tvoří interakční displeje s ovládacím zařízením. Podstatou interakce je dialog mezi člověkem a strojem na základě okamžité odezvy, kde nejenže člověk řídí stroj, nýbrž je současně nucen reagovat i na odpověď stroje.

Černobílý *alfanumerický displej* (terminál) zobrazuje příkazy, které kartograf píše na klávesnici, a odpovědi počítače. Barevný *grafický displej* zobrazuje zvětšený výřez vyhotovované mapy ve stadiu rozpracování. Grafické prvky se odstraňují, doplňují nebo pozměňují dotykem snímacího prvku buď přímo na displeji, nebo na připojeném grafickém tabletu, což je malý snímací stůl podobný tomu, který byl u vstupní jednotky. Značky se přidělují pomocí menu.

Interakční systém dává kartografovi možnost velmi rychle a snadno provádět v mapovém obraze následující zásahy:



Obr. 2

Interakční systém: pracovník ovládá levou rukou menu, pravou rukou snímací prvek na grafickém tabletu. Poskytla laskavě firma Scitex Corporation Ltd.

- vložit do určeného místa bodovou značku a měnit její velikost, barvu a orientaci,
- propojit body čarou, nahradit ji smlouvenou značkou a odstranit její části při křížení s jinými,
- přerušovat slévající se izolinie, odlišit zdůrazněné izolinie barevně nebo přidělit jednotlivým izoliniím různé barvy podle rostoucí hodnoty,
- vyplňovat obrysy ploch barvami a libovolně je měnit,
- umísťovat popis do zvolené polohy podél čáry naznačené snímacím prvkem,
- měnit velikost, sklon a barvu písma,
- volit hodnotovou stupnici.

1.3. Výstupní jednotka

Druh výstupní jednotky závisí na tom, co má být výsledným elaborátem. Budou-li jím číselné charakteristiky, jmenný rejstřík nebo běžný černobílý kartogram, postačí jako výstup *tiskárna*. V řadě případů představuje vhodný výstup již samotný *grafický displej* s přidávaným zařízením, umožňujícím pořídit ze vzniklého obrazu fotografic-

kou nebo elektrostatickou kopii. Pro nejdůležitější a nejčastěji žádané druhy kartografických elaborátů, kterými jsou vydavatelské nebo sestavitelské originály, se používá zobrazovacích zařízení (souřadnicových zapisovačů, ploterů), a to buď rovinných nebo rotačních.

Rovinné zobrazovací zařízení (u Scitexu není) tvoří kreslicí stůl, na který se upevňuje materiál (fólie, karton, film). Vlastní kresbu vykonává zobrazovací hlava. Existují různé druhy zobrazovacích hlav: kreslicí používají trubičkových per s tuší, rycí ryjí do vrstvy, řezací prořezávají sloupávací vrstvu pro zhotovování masek. Nejvhodnější jsou světelné hlavy, které využívají fotografického principu — osvětlují materiál opatřený citlivou vrstvou. Exponovaný materiál je ovšem třeba vyvolat. Rovinné zobrazovací zařízení sestavuje mapový obraz z čárových a bodových prvků, popř. jejich promítáním přes šablony. Pro plošné barvy a rastry pouze prořezávají obrysy masek. Výsledné originály pro jednotlivé barvy je třeba ještě kartograficky dotvořit a v případě potřeby na ně vykopírovat rastry.

Rotační zobrazovací zařízení vypadá na první pohled stejně jako zařízení pro digitalizaci rozkladem. Materiál opatřený citlivou vrstvou je připevněn na rychle se otáčejícím válci. Světelná hlava (laser) se pomalu přesouvá ve směru osy válce a nepatrný časový okamžik vždy osvětluje příslušný pixel. Veškeré grafické prvky — body, čáry, plochy, rastry, písmo — jsou složeny z pixelů, exponovaných v navzájem rovnoběžných, nepatrně od sebe vzdálených řádcích, které nevytvářejí dojem rastru.

Na výstupní jednotku navazuje zařízení sloužící k vyvolávání filmů a kopírka k vyhotovování barevných soukopií. To umožňuje okamžitě vykonat revizi a po případné opravě předat jednotlivé filmy jako vydavatelské originály (popř. přímo jako tiskové podklady) k polygrafickému zpracování.

Kromě systému Scitex existuje ještě podobně pracující německé zařízení Chromagraph (součást systému Hell TPD). Odlišný je norský Kartoscan (součást systému Sys Scan), kde se digitalizace rozkladem i grafický výstup uskutečňují v rovině. Srovnání předností a nedostatků těchto zařízení publikoval Ehlers (6).

Systém Scitex, vybavený počítači Hewlett—Packard a IBM, našel uplatnění i v ČSSR, bohužel však jen v textilním průmyslu. V československé kartografii se od 80. let používá tuzemský tzv. automatizovaný kartografický systém *Digikart*, jehož hlavní části tvoří souřadnicový snímač Digipos, řídicí počítač ADT 4500 a rovinné zobrazovací zařízení Digigraf. Mezi Digikartem a Scitexem jsou následující rozdíly:

- Digikart má digitalizátor (souřadnicový snímač), Scitex má kromě něho i skener (rozkladové snímací zařízení),
- u Digikartu slouží jako výstup kreslicí stůl (rovinné zobrazovací zařízení), u Scitexu místo toho rotační zobrazovací zařízení,
- Scitex obsahuje interakční grafický displej a zařízení pro rozlišování barev při digitalizaci i během dalšího zpracování, Digikart nikoli.

Kromě AKS Digikart se v ČSSR používá sestavy Codimat — počítač EC 1045 — Coragraph a švýcarský interakční grafický systém Gradis firmy Contraves.

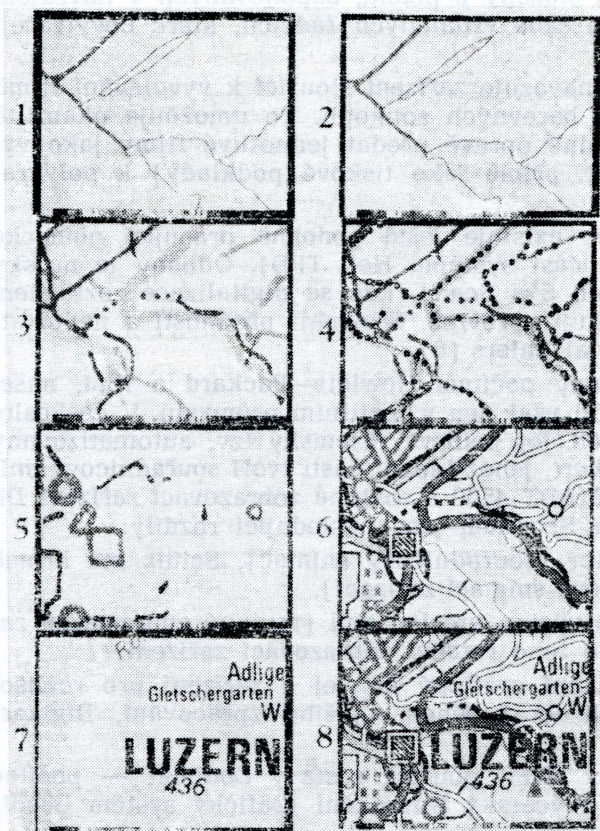
2. Postup zpracování konkrétní mapy

Počítače, programování a celá složitá technika kolem počítačové kartografie často nahánějí hrůzu kartografům, kteří používají dosavadní technologické postupy. Nejen že nemají chuť se přeškolovat na jiné postupy, které neznají, ale také nevědí, jaký užitek by jim to vlastně přineslo.

Následující příklad, publikovaný ve firemní literatuře renomované švýcarské firmy Kümmerly & Frey, nám přiblíží praktický postup při výrobě konkrétní silniční mapy s použitím systému Scitex. Uvidíme z něj, jaká je počítačová kartografie v praxi.

Za předpokladu, že byly zpracovány redakční pokyny, sestaveny programy a vloženy do paměti počítače, je další činnost kartografa následující:

1. Černou tuší nebo rytinou vyhotoví čistokresbu vodních toků a obrysů vodních ploch, kterou zdigitalizuje skenerem. Zdigitalizovaný obraz vodstva vyvolá na barevném interakčním grafickém displeji. Interakčně přidělí čarám barvu a do ploch umístí barevné identifikační puntíky.
2. Vodní plochy se automaticky vybarví.



Obr. 3
Postup zpracování silniční mapy s použitím systému Scitex. Číslo dílčích mapek odpovídá číslům v textu. Publikováno se svolením firmy Kümmerly & Frey AG.

3. Na fólii vykreslí barevnými fixy komunikace s odlišením druhu barvou a tloušťkou čáry. S výjimkou tunelů se kreslí jen spojitě čáry. Hrubou kresbu komunikací zdigitalizuje skenerem a zviditelní na displeji.
 4. Komunikacím přidělí kódy určující, jakou značkou mají být znázorněny. U silnic se automaticky zkonstruuují podélné osy a vytyčí na nich opěrné body, u dálnic a železnic provede totéž kartograf interakčně.
 5. Vykreslí na fólii barevnými fixy sídla a obrysy plochy zástavby. Hrubou kresbu sídel a obrysů zástavby zdigitalizuje skenerem a obraz vyvolá na displeji.
 6. Sídlům a obrysům zástavby přidělí značkové kódy a do ploch umístí barevné identifikační puntíky. Komunikace, sídla a obrysy zástavby se automaticky znázorní příslušnými značkami umístěnými do podkladu vodstva. Plochy zástavby se automaticky vybarví. Překryty a nadbytečnou kresbu kartograf interakčně odstraní.
 7. Popis se v černé barvě vysází fotosazbou, kartograf jej vylepí ve správné poloze na fólii, zdigitalizuje skenerem a vyvolá jeho obraz na displeji. Barvu písma upraví interakčně.
 8. Veškerý popis se automaticky umístí do podkladu vodstva, komunikací a sídel. Případně překryty kartograf interakčně upraví.
 9. Rotační zobrazovací zařízení vyhotoví na základě programu vydavatelské originály jednotlivých barev.
 10. Z vydavatelských originálů se po vyvolání zhotoví barevná soukopie, na níž kartograf provede revizi. Na jejím základě vydavatelské originály opraví a předá k fotografickému zpracování a do tisku. I když ještě zdaleka nejde o automatizovanou tvorbu mapy na podkladě předem vytvořené báze dat, je z uvedeného postupu zřejmé, že se podařilo dosáhnout velké úspory ruční práce:
 - odpadlo zpracovávání konstrukčního listu a montážního originálu,
 - místo sestavitelských originálů stačilo ve většině případů vyhotovit jen dílčí hrubé předlohy jednotlivých obsahových prvků,
 - vyloučila se ruční kresba a rytina vydavatelských originálů včetně masek,
 - nebylo zapotřebí kopírování a fotografování, které je při klasickém postupu nutné při pořizování modrých kopií a různých mezikopií, změnách měřítko a zhotovování rastrů.
- Pracovní náplň kartografa spočívala — kromě spolupráce při tvorbě programů — hlavně v přípravě podkladových materiálů pro digitalizaci a v práci s interakčními displeji.

3. Možnosti uplatnění

Počítačová kartografie, opírající se o elektronické zpracování dat, se může uplatnit takřka ve všech oblastech kartografické činnosti. Ukažme si nyní, co všechno umožňuje a jaké má přednosti:

1. *Měřítka mapy* se může libovolně měnit, a to buď pro celý obsah mapy nebo jenom pro jeho vybrané složky. Měřítka ve směru x se může lišit od měřítka ve směru y .

2. *Kartografická zobrazení* lze navzájem transformovat a automaticky vykreslit. Dřívější výběr podle jednoduchosti může být díky tomu nahrazen výběrem podle vlastností zobrazení.

3. *Geodeticky zjištěné údaje* se mohou bez grafického vyjadřování ukládat přímo na paměťová média jako báze dat pro zpracování map.

4. *Dálkový průzkum Země* využívá elektronického snímání a zpracování dat v maximální míře. Vyhodnocování digitálních záznamů snímkových dat je zpravidla spojeno se zcela automatizovaným kartografickým výstupem.

5. *Generalizace* všeho druhu se již provádí, vyžaduje však větší interakční zásahy kartografa. Plánovaná generalizace báze dat výchozích map pro odvozování map menších měřítek celé měřítkové řady dosud není dořešena.

6. *Vyjadřovací prostředky* všeho druhu (mapové značky, diagramy, rastry, sítě, barva, písmo) se nejen přesně automaticky sestrojí, nýbrž je lze ještě interakčně libovolně upravovat a nahrazovat.

7. *Izolinie* se mohou automaticky interpolovat z bodového pole, vyhlazovat a výběrově nasilovat. Plochy mezi izoliniemi se dají interakčně vybarvovat.

8. *Stínování* se může provádět automatizovaně na základě digitálního modelu reliéfu. Přitom lze volit směr a sklon osvětlení.

9. *Tematická kartografie* využívá počítačového zpracování především k rychlému sestrojování kartogramů, kartodiagramů, lokalizovaných diagramů a map provedených tečkovou metodou. Jednou zdigitalizovaný topografický podklad zůstává při změně tématu i při aktualizaci tematického obsahu nezměněn: tematický obsah se do něj — v případech, že se pro něj digitalizace nevyplatí — vkresluje ručně. U zdigitalizovaného tematického obsahu umožňuje interakční displej vyzkoušet několik návrhů téže mapy s použitím různých vyjadřovacích prostředků nebo při rozličném dělení hodnotové stupnice a do výstupu dovést až ten nejvhodnější.

10. *Blokdiagramy* se dají na základě digitálního modelu zpracovat nesmírně rychle jak pro reliéf, tak pro statistické či jiné povrchy. Přitom se může měnit převýšení, směr a sklon pohledu a z řady blokdiagramů vybírat. Nejčastěji se uplatňují síťové blokdiagramy.

11. *Anaglyfy* se sestrojují podle zvláštního programu, který simuluje centrální průměty ze dvou různých bodů. Vrstevnice jsou pak zobrazeny dvojmo se vzájemným posunem a odlišeny červenou a zelenou barvou.

12. *Redakce a kartografické zpracování map*. Hlavní výhody byly již uvedeny na konkrétním příkladu. Dalšími přednostmi jsou odstranění subjektivnosti zpracování, vyšší kvalita kresby a možnost interakčního provádění změn na poslední chvíli (u klasické kartografie jsou změny v průběhu práce nákladné, a proto téměř vyloučené). Velkou úsporu práce představuje automatické zpracovávání rejstříků atlasů, které někdy obsahují až dvě stě tisíc geografických jmen. Nesmírně důležitou úlohu může plnit počítačová kartografie při aktualizaci a údržbě map, protože místo skutečných map se průběžně doplňuje a pozměňuje jen báze dat. Na jejím základě se pak při obnově dají automaticky vyhotovit nové vydavatelské originály. Pro archivování postačí jenom data a programy, tiskové podklady se archivovat nemusí.

13. *Reprodukce map*. Počítačová kartografie může ušetřit řadu dílčích prací při zhotovování masek, kopírování rastrů a nejrůznějších mezikopíí. Elektronické výtahkování umožňuje získat z barevného originálu mapy digitalizované údaje odděleně pro jednotlivé barvy a bez přímé účasti člověka z nich vyhotovit přímo tiskové podklady pro

čtyřbarvotisk. Touto metodou se podařilo dosáhnout zkrácení výroby barevné mapy od dodání barevného autorského originálu až po výtisk na pět dní! Díky počítačové kartografii není ostatně nutno ani všechny mapy dovádět až do tisku: v řadě případů je zapotřebí jen malý počet výtisků. Pak stačí mapu vytvořit na displeji a pořídit vhodným způsobem kopii nebo — pokud je to pro daný účel vhodné — vést výstup na tiskárnu počítače. Popis mapy a sazbu textů na mapách již zcela ovládla elektronicky řízená fotosazba.

14. *Kartometrické a morfometrické práce*, vyžadující odečítání a početní zpracování velkého množství údajů, se dají snadno vykonávat na základě vhodné báze dat. Tak lze zjišťovat nejen délky a plochy, ale i nejrůznější statistické údaje. Pro určování viditelnosti a morfometrických charakteristik slouží digitální model reliéfu.

Počítačová kartografie s sebou přináší i některé další možnosti. Grafický displej je ideálním prostředkem animované kartografie, která znázorňuje spojitý průběh jevů v čase. Možnost získat mapový obraz na displeji výběrem z předem připravených a průběžně doplňovaných dat dovoluje, aby jej stisknutím několika tlačítek vyvolali i laici; taková mapa se hodí jako zdroj aktuálních informací pro veřejnost (vyhledání nejvhodnější trasy k udanému cíli, okamžité obsazení tábořišť). Jednoduchost tvorby kartogramů a různých tematických map vede někdy i k samoučelnosti, kdy se řada map zhotovuje jen proto, že je to snadné, aniž by se daly k něčemu využít.

Skvělou možnost využití digitalizovaných údajů dává přímé spojení uživatelů s bankou dat v paměti ústředního počítače. To je již dnes technicky uskutečnitelné pomocí obyčejných telefonních linek opatřených dekodéry pro výstup na televizní obrazovku. Jde např. o švýcarský systém videotex nebo rakouský a švýcarský BTX (Strobl, 24).

Výhody počítačové kartografie se ovšem plně projeví teprve tehdy, když je k dispozici *dostatečně široká báze dat* a vlastní digitalizační práce lze omezit na minimum. Tento stav bohužel ještě v žádném státě nenastal, i když se v celé řadě z nich na vytváření báze dat již dlouhá léta pracuje a ještě pracovat bude, protože pro digitalizaci jediného listu mapy 1 : 10 000 je třeba určit souřadnice 500 000 bodů (Draheim, 4).

V Československu se budují báze dat dvojího druhu. První z nich, Informační systém o území (ISÚ), obsahuje socioekonomické údaje pro potřebu plánování a řízení našeho hospodářství a není bezprostředně určen pro mapové zpracování. Druhé slouží přímo pro kartografickou tvorbu:

- A. Informační systém geodézie a kartografie (ISGK), který se zpracovává digitalizací Základních map ČSSR 1 : 50 000 (částečně i 1 ku 10 000). Mají jej tvořit subsystémy geodetických bodů, lokalizačních informací (převážně polohopisných) a informací o nemovitostech. Na vytvoření digitálního modelu reliéfu by data ISGK nestačila.
- B. Účelové datové báze Geografického ústavu ČSAV, využívané pro tvorbu tematických map a atlasů z území ČSSR.
- C. Báze polohopisných a výškopisných dat území Evropy, pořízená digitalizací příslušných listů Mapy světa 1 : 2 500 000.

Počítačová kartografie se i na sklonku 80. let stále ještě u nás i ve světě využívá převážně jen ve státem subvencovaných organizacích a národních podnicích a soukromé firmy ji zavádějí dosti zdráhavě a ne-

systematicky. *Důvody, které brání* jejímu všeobecnému rozšíření, jsou ovšem závažné:

- náklady na pořizování technického zařízení pro počítačovou kartografii mnohonásobně převyšují pořizovací cenu zařízení dosud užívaných,
- technologické postupy se mění tak, že část personálu kartografického podniku musí být nahrazena specialisty na počítače a programování a řada ostatních přeškolená,
- kompletní přechod z klasické kartografie na počítačovou vyžaduje vybudování a plynulé udržování rozsáhlé banky dat, což může trvat při dosavadním tempu i několik desítek let.

Přes všechny těžkosti, které zavádění počítačové kartografie provázejí, nelze pochybovat o tom, že se bude postupně čím dál tím více rozšiřovat a že v řadě případů — zvláště u map vydávaných v malém nákladu, blokdiagramů a u všech map, u nichž postačí zachycení jejich obrazu na displeji bez dalšího tisku — klasické kartografické výstupy úspěšně nahradí. Zdaleka tomu však nebude ve všech případech, což je i názor bývalého prezidenta Mezinárodní kartografické asociace profesora J. Morrisona (17): „Kartografové mluví o digitální a analogové kartografii, jako kdyby si každý z nich musil vybrat buď jednu nebo druhou. Naštěstí ale jedna druhou nevylučuje.“

Literatura:

1. Automatizovaný kartografický systém Digikart. II. celostátní seminář — sborník referátů. Brno, ČSVTS 1983. 176 s.
2. BRUNNER M.: The production and update of road maps by means of computer-assisted procedures. Int. Jahrbuch f. Kartographie, 21, 1981, s. 23—29.
3. BRUNNER M.: Von digitalen graphischen Daten zum Film aus dem SCI-TEX Response — 250 System. Kart. Nachrichten, 33, 1983, č. 6, s. 205—208.
4. DRAHEIM H.: Die Kartographie in Geschichte und Gegenwart. Kart. Nachrichten, 36, 1986, č. 5, s. 161—171.
5. DUDYCHA D. J.: The impact of computer cartography. Cartographica, 18, 1981, č. 1, s. 117—150.
6. EHLERS M.: Large format raster scanners for the geosciences. Int. Jahrbuch f. Kartographie, 25, 1985, s. 37—50.
7. GINTZEL H., LANG V.: Die Scannertechnik als neues Verfahren zur Vervielfältigung mehrfarbiger Karten und Pläne. Kart. Nachrichten 33, 1983, č. 3, s. 91—93.
8. GÖTZ A.: Význam kartografické automatizace pro geografii. Sborník ČSGS, 88, 1983, č. 1, s. 63—66.
9. GRÖSSCHEN H. — W.: Neue Wege zur „Automation“ in der Kartographie. Int. Jahrbuch f. Kartographie, 21, 1981, s. 97—120.
10. KADMON N.: Einführung in die EDV-gestützte Kartographie. In: 13.—14. Kartographische Ausbildung Dokumentation. Bericht zum 35. Deutschen Kartographentag. Karlsruhe, 1986, s. 45—111.
11. KONEČNÝ M., RAIS K.: Geografické informační systémy. Brno, Univ. J. E. Purkyně, 1985, 196 s.
12. KOVÁŘÍK J., VEVERKA B.: Kartografická tvorba. Praha, ČVUT 1981. 180 s.
13. KÜMMERLY & FREY AG, BERN: Cartomatic Center. 1986. 27 s.
14. LAUERMANN L.: Technická kartografie II. Brno, VAAZ 1978. 319 s.
15. Matematické modelovanie v kartografii. Zborník prednášok z celoštátneho seminára. Bratislava, ČSVTS 1983. 190 s.
16. MIKŠOVSKÝ M.: 12. mezinárodní konference ICA. Geod. a kartogr. obzor, 30, 1984, č. 12, s. 306—308.
17. MORRISON J. L.: Cartographic data manipulation in the computer age. In: Proceedings Euro-Carto VI. Brno 1987, s. 11—19.

18. ORMELING F. J.: Keynote adress at the opening session of AUTOCARTO VI. *Cartographica*, 21, 1984, č. 2—3, s. 1—9.
19. RAETH E., PLICKERT W.: Kurzfristige Vervielfältigungen mehrfarbiger Karten. *Kart. Nachrichten* 26, 1976, č. 3, s. 107—108.
28. ROBINSON A., SALE R., MORRISON J.: *Elements of Cartography*. 4. ed. New York — Santa Barbara — Chichester — Brisbane — Toronto, John Wiley and Sons 1978. 448 s.
21. SALIŠČEV K. A.: *Projektirovanije i sostavlenije kart*. 2. ed. Moskva, Izd. Moskovskogo universiteta 1987. 240 s.
22. Scitex Corporation Ltd., Herzlia. *Firemní materiály*. 1985.
23. *Slovník geodetického a kartografického názvosloví*. Kartografie. 1. vyd. Edice VÚGTK řada 4. Zdiaby, VÚGTK 1984. 249 s.
24. STROBL J.: Interactive cartographic communication: the Teletlas. In: *Proceedings Euro-Carto VI*. Brno 1987, s. 68—73.
25. SULO J.: Zobrazovacie a digitalizačné zariadenia. *Príloha Geod. a kartogr. obzoru*, 22, 1976, č. 3—6, 30 s.
26. TAYLOR D. R. F. (ed.): *The computer in contemporary cartography*. *Progress in contemporary cartography Vol. I*. Chichester — New York — Brisbane — Toronto, John Wiley and Sons 1980. 252 s.
27. TAYLOR D. R. F.: The educational challenges of a new cartography. *Cartographica*, 22, 1985, č. 4, s. 19—37.
28. VAHALA V.: Přínos ČSSR k automatizaci kartografických prací. *Zprávy GGÚ ČSAV*, 16, 1979, č. 7—8, s. 177—192.

Summary

COMPUTER—ASSISTED CARTOGRAPHY

Computer-assisted cartography is the cartography using computers (machines for electronical data processing) in the solution of tasks connected with the compilation of maps. Computer-assisted cartography assumes the existence of the cartographical data base, software (programmes) and hardware.

The hardware consists of three parts: the input unit, the editing unit and the output unit.

The input unit serves the purpose of digitalisation, i. e. the transformation of graphic elements into digits and their recording on memory mediums. The digitalisation is performed by hand by positioning the digitizer over individual points and lines (vector method) or with the help of the scanner, scanning the whole map row by row, fastened on a rotating drum (scanning method).

The editing unit consists of a computer, an interactive display system serving the communication between the computer and the operator, and of memory stored programmes and a data base. The operator tries to balance the image on the display until it looks exactly like the requested map.

The output unit consists of a plotting table or a rotating drum. The map drawing is carried out by different types of image heads. Light heads exposing sensitive layer-covered material are the best. Completed cartographic originals are the result of this procedure.

One of the best world systems used in the computer-assisted cartography is the scanner-plotter system Scitex applied by the Swiss cartographic establishment Kümmerly and Frey. In Czechoslovakia the plane drawing system Digidart is used.

The main advantages of the computer-assisted cartography are the following: the reduction of time-consuming hand-made work connected with the compilation, the drawing and engraving of maps, the limitation of photographic and duplicative activities, and the essential shortening of time needful for the map production. The main drawbacks are the extremely large costs of the technical devices and the necessity of digitalisation.

Fig. 1. Scheme of Scitex system. I. Input unit: Vector method: vector digitizer (1), personal computer (2) with terminal (3) and programme printing unit (4). Scanning method: raster-scanner or drum scanner (5), disc memories (6), magnetic tapes (7), minicomputer (8) with alphanumeric CRT display (9) and a Teletype unit (10). Data from other sources: magnetic tapes (11). II.

Editing unit: disc memories (6), magnetic tapes (7), minicomputer (8), colour interactive CRT display (12) with graphic tablet (13), alphanumeric CRT display (9), Teletype unit (10), data base (14). III. Output unit: laser-plotter or drum plotter (15), disc memories (6), magnetic tapes (7), minicomputer (8) with alphanumeric CRT display (9) and a Teletype unit (10).

Fig. 2. Interactive system: the operator controls the menu by his left hand, the scanning element on the graphic tablet by his right hand.

Fig. 3. Road map compiled with the help of the Scitex system. Numbers of individual maps correspond the numbers in text.

(Pracoviště autora: katedra kartografie a fyzické geografie přírodovědecké fakulty UK, Albertov 6, 128 43 Praha 2.)

Došlo do redakce 18. 6. 1987.