

Róbert BÍZEK, Milan HÁJEK

K PRESNOSTI A VYUŽITIU DIGITÁLNYCH PRIESTOROVÝCH DÁT Z TOPOGRAFICKÝCH PODKLADOV

Bízek, Róbert - Hájek, Milan: To accuracy and usage of digital spatial data from topographic sources. Kartografické listy, 1993, 1, 2 figs., 2 tables., 9 refs.

Abstract: The accuracy and documentation of digital spatial data from topographic maps. The analysis of digital data from the original topographic maps 1:25 000 verified the usability of the graphic background as far as its accuracy is concerned. Limits of positional errors 8 m for class 1 accuracy and 20 m for class 2 accuracy were not exceeded. Mean square errors in position of a contour point 5.1 m and in distance to a control point 4.5 m are documented in table 2.

Key words: topographic data, scanning, spatial digital data accuracy

Úvod

Topografické mapy 1:25 000 sú pôvodne z rokov 1952 až 1958. Od roku 1974 sú postupne nahrádzané mapami obnoveného vydania. Obnova týchto máp na celom území aj Slovenskej republiky pokračuje doteraz 4. cyklom obnovy, na ktorý nadväzujú aj mapy mierok 1:50 000, 1:100 000 a 1:200 000.

Obnovené topografické mapy mierky 1:25 000 sú spracované na podklade topografického a fotogrametrického vyhodnotenia zmien, ktoré nastali v krajine od ich pôvodného vydania a súčasne sú kartograficky interpretované v novom kľúči mapových značiek Topo 4-3 [9].

Na dopĺňovanie zmien polohopisu sa využíva univerzálna fotogrametrická metóda. Stereoskopický model je absolútne orientovaný na nezmenený obsah mapy pôvodného vydania, čím sa ušetrí potreba nového merania lícovacích bodov. V dôsledku hromadenia chýb pôvodnej a dopĺňovanej kresby mapy i v dôsledku chýb pri prepracovaní máp do nového kľúča môže dôjsť u obnovených máp mierky 1:25 000 k istému zhoršeniu presnosti. Opakovaným dopĺňovaním zmien pri ďalších periódach obnovy máp môžu tieto chyby narastať. Je preto dôležité poznať aká je skutočná presnosť týchto máp v podmienkach vytvárania automatizovanej technológie.

Na našom území sa dodnes používajú dva súbory mapových diel **stredných mierok** celoštátneho charakteru:

- a) topografické mapy pre potreby hlavne obrany štátu (TM),
- b) topografické základné mapy pre potreby hlavne hospodárstva, vedy a techniky (ZM).

Obidva súbory majú veľa spoločného, platia však pre ne tie isté zásady posúdenia ich informačných hodnôt, t.j. stupňa uspokojovania potrieb užívateľov. Dňa 2. 4. 1993 predstaviteľmi rezortov bola podpísaná dohoda o koordinácii a **spolupráci** Slovenského úradu geodézie, kartografie a katastra a Topografickej služby Armády Slovenskej republiky (SÚGK č. P-474/1992 zo dňa 14.12.1992).

Tak ako každá vec, starnú aj mapy, podliehajú vplyvu zastarania niektorých jej **prvkov obsahu**. Zobrazované územie sa vo svojej štruktúre i vzhľade neustále vyvíja. **Hlavné pôsobenie** ľudskej spoločnosti v krajine dosiahlo veľkých rozmerov. Na **základe poznatkov** je možné vysloviť predpoklad, že rýchlосť zmien jednotlivých **prvkov** ako zložiek krajiny môže byť veľmi rozdielna. Je závislá na type, zložitosti a **stave** krajiny a v dôsledku pôsobenia ľudskej spoločnosti má celkovú všeobecnú **tendenciu** sa zväčšovať.

Cieľom experimentu bolo zhodnotiť parametre presnosti grafického obsahu **topografických prvkov** na mapách 1:25 000 a porovnať prvky topografického obsahu ZM 1:10 000 a TM 1:25 000 počítačovo zväčšenej do 1:10 000 pomocou súradnicovo identických bodov, zobrazených na obidvoch mapách.

Našou snahou bolo poukázať na technickú možnosť viacnásobného využitia **digitálnych priestorových dát** získaných o topografických prvkoch v mierke 1:25 000.

Parametre presnosti grafického obrazu topografických prvkov na mapách 1:25 000

Presnosť topografických máp sa podľa literatúry [9] posudzuje podľa hodnôt **stredných chýb** alebo **krajných odchýlok**. **Krajná odchýlka** je najväčšia dovolená **odchýlka** pre výsledky merania (priameho i kartometrického), dosiahnuté určitým postupom. Stanovuje sa spravidla ako 2,5 násobok strednej chyby.

$$\Delta = q \cdot m$$

/1/

kde $q = 2.5$,

m = stredná chyba.

Skutočné chyby

$$\epsilon_x = X - x$$

/2/

kde X = skutočná hodnota,
 x = nameraná hodnota.

Stredné chyby pre súradnice x, y mali matematické vyjadrenie

$$m_x = \pm \frac{[\epsilon x^2]}{n} \quad /3/$$

$$m_y = \pm \frac{[\epsilon y^2]}{n} \quad /4/$$

Celková stredná chyba v polohe bodu

$$m_p = \pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2} \quad /5/$$

Polohová presnosť geodetických bodov a ostatných matematických prvkov bodového charakteru musí byť pre mapy celého mierkového radu v intervale prípustnej odchýlky ± 0.3 mm.

Dĺžky strán v ráme mapy sa nesmú odlišovať od teoretických viac ako ± 0.2 mm, dĺžky uhlopriečok ± 0.4 mm.

Stredné chyby polohopisných prvkov vzhľadom k najbližším geodetickým bodom a čiaram pravouhlej súradnicovej siete na TM mierok 25 000 až 1:1 mil. nesmú byť väčšie ako 0.5 mm. V mape 1:25 000 to reprezentuje 12.5 m v skutočnosti.

Stredné chyby zákresu kilometrových čiar vzhľadom k najbližším bodom boli pre $m_{kx} = m_{ky} = \pm 3.5$ m.

Skenovanie máp a digitalizácia mapových prvkov z tlačových podkladov

Formu, v ktorej sa vyskytuje mapový obraz je možné využiť na spracovanie počítačom. Počítač spracuje informácie v tvare čísel, a preto obraz musí byť pretvorený do tejto podoby.

Pri riešení experimentu sme použili originály tlačových podkladov na PVC fóliách:

TM 1:25 000 s označením M-33-144-C-a,

TM 1:25 000 s označením M-33-144-A-c

a odtlačky týchto máp.

Procesu digitalizácie predchádzalo skenovanie tlačových podkladov polohopisu a odtlačkov topografických máp 1:25 000 (uskutočnené v GKÚ v Bratislave). Na skenovanie sme použili valcový skener formátu A0 pracujúci v spojení s počítačom PC a programom LD Scan Version 3.1. Skener pracoval pri 300 dpi. Zoskenované prvky mapy boli prekonvertované na obrazovku počítača programom GEOSCAN, kde z rastrového obrazu sme vytvorili vektorový tvar obrazu. Tento novovytvorený slovenský program tvoria štyri podprogramy, ktoré spolu komunikujú: JTSCAN, AXSCAN, IMSCAN, SQSCAN.

Transformácia potrebná na prevod do systému S-JTSK bola uskutočnená podprogramom JTSCAN.EXE. Presným nastavením sa na pixely určujúcich rohov mapového listu a následným zadaním ich súradníc do transformačného kľúča sa vykoná transformácia.

Programom AXSCAN.EXE boli zdigitalizované podrobné body jednoznačne identifikovateľné na 2 zoskenovaných podkladoch (originál a odtlačok). Tretí použitý podklad (odtlačok originálu) sme digitalizovali kartometricky na KAR-e-2 Katedry mapovania a pozemkových úprav Stavebnej fakulty STU Bratislava. Tu bola transformácia do S-JTSK uskutočnená afinnou transformáciou v programe KOKEŠ 6.

Testovanie stability presnosti priestorových dát na modeli

Model tvorby a obnovy topografických dát sa môže realizovať prostredníctvom banky kartografických dát. Spracovanie kartografických dát sa definuje na konceptuálnom modeli, z ktorého sa tvorí logický model.

Obsah TM 25 sme rozdelili do tried podľa vybraných hľadísk. Rozhodujúcim kritériom pri tvorení databázy priestorových dát bolo kritérium porovnania presností jednotlivých mapových podkladov. Ako optimálne rozdelenie prvkov obsahu mapy do 2 tried sme zvolili spôsob získania ich polohy:

I. trieda:

prvky mapy, ktorých polohy sa získajú na podklade presného geodetického merania. Patria sem geodetické body zobrazené na mape - trigonometrické, nivelačné, zhusťovacie, kostoly.

II. trieda:

ostatné prvky mapovej náplne, ktorých polohy sa získajú podrobným fotografickým alebo topografickým mapovaním. Patria sem polohovo situačné prvky - križovatky ciest, križovatky komunikácií s vodnými tokmi, križovatky ciest s elektrickým vedením.

Vytváranie bázy dát sme realizovali na mapovom liste, v katastrálnom území **Veľké Úľany**. Testovací model bol realizovaný v 3 vzájomných väzbách máp, kde rozhodujúca bola presnosť stanovených prvkov:

1. súbor dát:

súradnice polohopisných prvkov zoskenovaného a digitalizovaného obsahu topografického originálu označeného ako kartolitografický originál (KLO) 1:25 000.

2. súbor dát:

súradnice prvkov zoskenovaného a digitalizovaného polohopisného obsahu odtlačku topografickej mapy 1:25 000.

3. súbor dát:

súradnice prvkov získané kartometrickým meraním na KAR-e z odtlačku TM 1:25 000.

Obsah topografickej mapy sme v súboroch roztriedili na 2 uvedené triedy presnosti:

I. triedu presnosti tvorili:

1. trigonometrické body,
2. kostoly,
3. zhustovacie body,
4. nivelačné body.

V tejto triede okrem bodov sme sledovali presnosť zákresu priesečníkov kilometrových čiar a ich presnosť medzi jednotlivými podkladmi. Súradnice priesečníkov kilometrových čiar boli porovnávané so súradnicami odsunutými aj na pravouhlohm koordinátografe Zeiss.

II. triedu presnosti tvorili:

5. križovatky ciest, poľných a lesných ciest,
6. križovatky pozemných komunikácií s vodnými tokmi,
7. križovatky hlavných ulíc,
8. križovatky poľných ciest s telefónnym príp. elektrickým vedením.

V tejto triede sme výber bodov do značnej miery ovplyvnili spôsobom určenia ich správnych (presných) súradníc nutných pre vlastnú kontrolu presnosti. "Správnu" polohu kontrolných bodov sme odvodili kartometrickým meraním na štátnej mape odvodenej 1:5000. Týmto postupom bola určená poloha kontrolných bodov s presnosťou do 2.5 m, čo je vzhľadom k očakávanej polohovej presnosti topografických máp mierky 1:25 000 postačujúce. Kontrolné body bolo možné voliť iba na takých miestach prvkov polohopisu, ktoré boli jednoznačne identifikovateľné na všetkých troch súboroch máp.

Spracovanie a vyhodnotenie výsledkov experimentu

Pred výpočtom stredných chýb sme vylúčili zo súboru merania také body, pri ktorých sa vyskytla hrubá chyba presahujúca 2.5 násobok očakávanej (predpísanej) strednej polohovej chyby. Stanovili sme medzné polohové odchýlky pre I. triedu - 8 m, II. triedu - 20 m.

Tabuľka 1

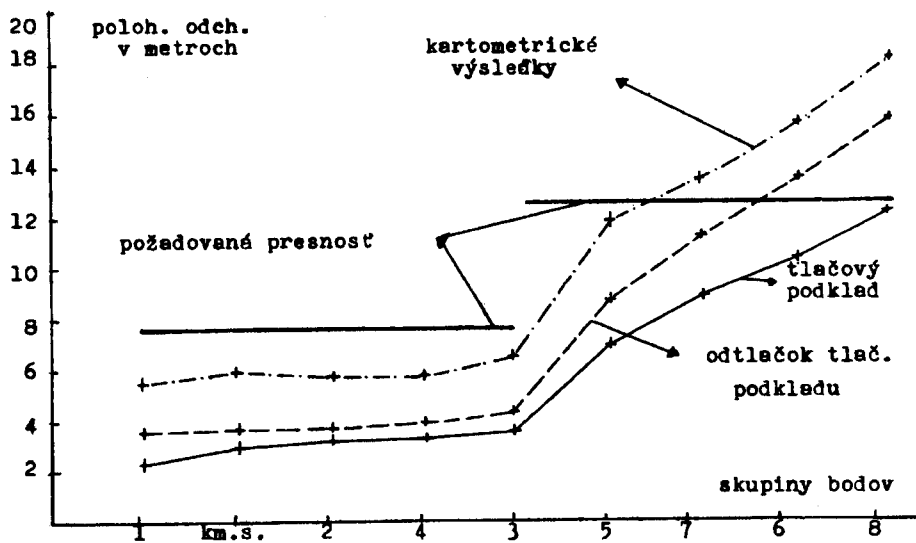
Stredná polohová chyba v metroch										celková str. chyba	
Mapy	I. trieda				km.s.	II. trieda				I	II
	1	2	3	4		5	6	7	8		
M-33- skenov. orig. A-c	2.2	-	3.8	3.2	2.6	7.1	10.8	8.8	12.2	2.9	9.7
skenov. odtl. A-c	3.4	-	4.8	4.6	3.2	8.8	13.6	12.2	15.4	4.0	12.5
kartom. odtl. A-c	5.4	-	6.4	5.6	6.0	12.4	15.2	14.6	17.2	5.9	14.9
skenov. orig. C-a	2.1	2.8	3.6	3.0	2.8	6.6	9.4	9.0	12.4	2.9	9.3
skenov. odtl. C-a	3.8	3.4	5.0	4.8	3.6	8.2	13.8	9.8	16.2	4.1	12.0
kartom. odtl. C-a	5.8	5.4	6.2	6.0	5.8	11.8	16.2	12.9	19.0	5.8	16.4
map. list A-c spolu	3.7	-	5.0	4.5	3.9	9.4	13.2	11.9	14.9	4.3	12.4
map. list C-a spolu	3.9	3.9	4.9	4.6	4.1	8.9	13.1	10.6	15.9	4.3	12.6
Celkom	3.8	3.9	4.9	4.5	4.0	9.1	13.2	11.2	15.4	4.3	12.5

V celom súbore kontrolných bodov (85) bolo 4.1 % bodov presahujúcich stanovené medzné odchýlky. Body presahujúce chybu 2.5-násobne sa v testovanom súbore nevyskytli. Príčinou prekročenia medzných odchýlok mohla byť jednak skutočná chyba v polohopise kontrolovanej mapy a jednak chybná identifikácia kontrolných bodov. Podrobnejšie skúmanie chýb nebolo zatiaľ uskutočnené. Na vyjadrenie presnosti kontrolných bodov bola pre každú triedu vypočítaná stredná polohová chyba.

Podľa výsledkov testovania (tab. 1) konštatujeme, že najvyššiu presnosť mali geodetické body, križovatky ciest, poľných a lesných ciest. Naproti tomu najhoršiu presnosť dosahovali križovatky poľných ciest s telefónnym prúp. elektrickým vedením.

Zo získaných stredných chýb (tab. 1) je možné usúdiť a súčasne aj vyjadriť tvrdenie, že súradnice získané skenovaním a následnou digitalizáciou programom GEOSCAN sú "presné" a vyhovujú požadovanej presnosti.

Na grafe (obr. 1) je vyjadrená "digitálna presnosť jednotlivých podkladov.

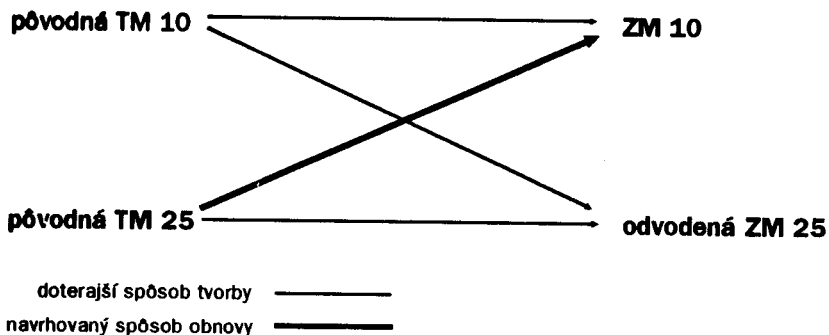


Obr. 1 Graf presnosti požadovanej a získanej

Technológia využívania digitálnych topografických dát

Na základe výsledkov experimentu konštatujeme, že topografické dáta máp 1:25 000 majú praktické využitie.

Na obr. 2 je znázornený doterajší a súčasne experimentálny spôsob obnovy a tvorby topografických základných máp. Preukázané je využitie digitálnych topografických dát z topografického originálu 1:25 000 na obnovu a tvorbu ZM 1:10 000 pri dodržaní značkového kľúča.



Obr. 2 Schéma tvorby a obnovy máp

Ako dôkaz realizovateľnosti sme vytvorili 2 modelové riešenia rozdielnych typov mapových diel (Veľké Úľany).

Použili sme grafické podklady:

1. zoskenovaný kartolitografický originál TM 25,
2. zoskenovaný tlačový podklad ZM 10.

Úloha spočívala vo zvolení si vhodných (totožných) polohopisných prvkov identifikovateľných na obidvoch mapových podkladoch. Digitalizáciu sme uskutočnili popísaným spôsobom a výstup súradníc načítaný programom KOKEŠ 6. Vytvorili sme 2 súbory:

1. - súbor súradníc jednoznačne identifikovateľných bodov,
2. - súbor vzdialeností bodov od pevného (geodetického) bodu.

Programovým grafickým systémom KOKEŠ 6 sme načítali súradnice pospájané v jednotlivých vrstvách podľa topografických prvkov a vytvorili grafický obraz pre ZM 10 a TM 25.

Základná mapa 45-13-04 vznikla z pôvodnej TM 1:10 000 po aktualizácii obsahu a kartografickom prevode do potrebného mapového obsahu, teda inak ako TM 25.

Našou snahou bolo využiť získané digitálne dáta prvkov TM 25 na počítačovo zväčšený obraz do mierky 1:10 000 na tvorbu a obnovu ZM 10. Realizácia tejto úlohy si vyžaduje splnenie určitých kritérií presnosti stanovených predpismi a metodickými návodmi [6], [7], [8]. Tento postup normálnou klasickou technológiou nie je možný, ale počítačom zväčšená zoskenovaná mapa a jej digitalizované prvky spĺňajú požadované podmienky.

Výsledky experimentu sú dokumentované v tab. 2.

Tabuľka 2

M A P A	počet		str. súradnic. odchýlka	
	bodov	vzdial.	bodov	vzdial.
ZM 45-13-04	65	18	5.1m	4.5m
TM M-33-144-C-a	65	18		

Záver

Jedným z kritérií hodnotenia kvality mapového diela je aj stabilita bodov prvkov mapového obsahu máp stredných mierok. Stredná súradnicová odchýlka bodu 5 m a vzdialenosti tiež 5 m v porovnaní s geodetickým základom ukazujú, že konštrukčná presnosť topografického obsahu máp 1:25 000 je využiteľná na vytváranie digitálnych báz priestorových dát mapových súborov aj v podmienkach účelových informačných systémov. Na tejto hodnote sa môže postaviť funkčnosť geoinformačného systému a rozvoj geoinformatiky aj u nás. Naše hodnotenie je jedným z účelových a "neobjektívnych", ale pomáha aktívne meniť automatizovanú technológiu tvorby mapy a kartografického modelu krajiny či reálneho priestorového systému.

LITERATÚRA

- [1] HÁJEK, M., ČIŽMÁR, J.: Topografická a tematická kartografia. Bratislava, SvF SVŠT 1989, 154 s.
- [2] HOJOVEC, V. a kol.: Kartografie. Praha, GKP 1987, 660 s.
- [3] KUČERA, S.: Rozbor presnosti topografických map 1:25 000 po 2. obnově. Brno 1984 /Diplomová práca/ 38 s.
- [4] MIKLOŠÍK, F.: Přesnost polohopisu obnovených topograf. map měřítka 1:25 000. Sborník TS MNO č.1, 1986, s. 1-12.
- [5] SRNKA, E., SEVERA, J.: Přesnost nových topografických map 1:25 000. Sborník VAAZ, 1959, s.166-175.
- [6] Inštrukcia na tvorbu a vydávanie základnej mapy ČSSR 1:10 000. Bratislava, SÚGK 1985.
- [7] Instrukce pro mapování 1:10 000 a 1:5000. Ústřední správa Geodesie a kartografie, Praha 1957.
- [8] Metodický návod na spoločný zber informácií na obnovu ZM ČSSR 1:10 000 a TM 1:25 000. SÚGK a FMNO, Bratislava 1986.
- [9] TOPO 4-3. Mapové značky a směrnice pro zpracování topograf. map 1:25 000 - 1: 200 000, Praha 1976.

To accuracy and usage of digital spatial data from topographic sources

Two sets of medium scale maps are used at the territory of Slovak republic :

1. topographic maps for defence requirements, let us label them TM,
2. base topographic maps for economy requirements, let us label them ZM.

Both sets have a lot of common properties and the same principles are applied in assessing their information capability.

The aim of the experiment was to estimate the accuracy of topographic features in 1:25 000 maps (TM 25) and to compare features of TM 25 enlarged to TM 10 by computer means.

Mean square errors (admissible) are given by expressions $\sqrt{3/4/5}$. The error must not exceed 0.5 mm (12.5 in real) relative to the nearest geodetic control points or rectangular coordinate grid.

In the experiment we verified the accuracy of planimetric features in map originals (rows 1, 4, 7 in tab. 1) and in map prints (rows 2, 5, 8 in tab. 1). The maps were scanned with resolution 300 dpi by AO drum scanner linked to a PC and controlled by LD Scan Version 3.1 program. The image in vector format was transformed to the national system S-JTSK by the Geoscan routine. The map image from map print was digitized also by the KAR device for checking.

Coordinates were transformed to S-JTSK by the KOKES-6 program (rows 3, 6, 9 in tab. 1.)

Tested features in two accuracy classes were represented by purposefully digitized points. Points fixed by geodetic measurements were classified as the first class accuracy (columns 1, 2, 3, 4 in tab. 1), crossings and significant break points (columns 5, 6, 7, 8 in tab. 1) were classified as the second class accuracy.

The result of testing is shown in fig. 1, where straight lines indicate prescribed required values, and curves indicate:

full line - results from the map original,

dashed line - results from map prints,

dash-dotted line - results from map prints gained by cartometry.

TM 25 digital data usability for the compilation and renewal of ZM 10 is shown in fig. 2 and tab. 2. Analyzing 65 tested points and 18 distances (between tested points and geodetic control points) we found values of mean deviation between ZM 10 and TM 25 5.1 m in position and 4.5 m in distance .

After an independent check of these values an automated technology of the TM and ZM map sets compilation can be developed.