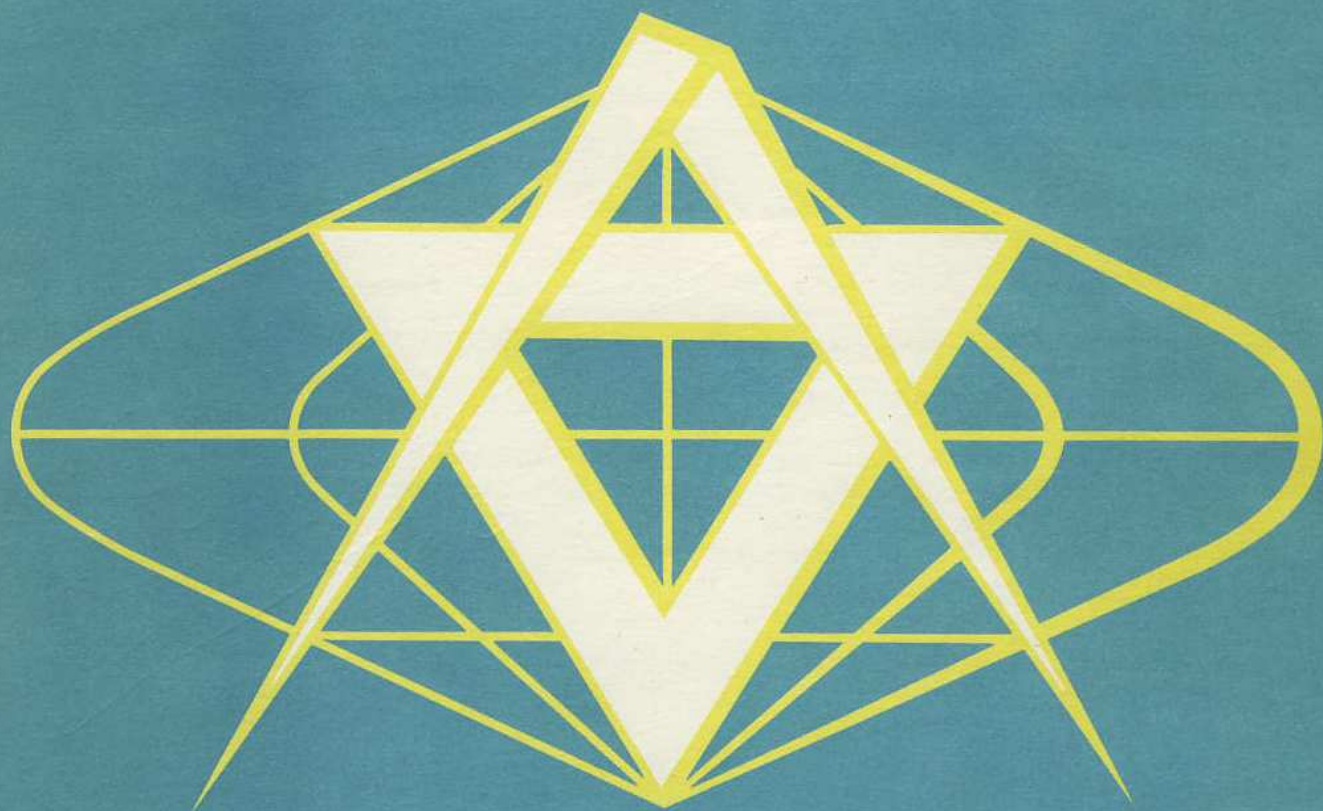


**SBORNÍK
TOPOGRAFICKÉ
SLUŽBY
MNO**



**VOJENSKÝ
TOPOGRAFICKÝ OBZOR**

1/86

O B S A H

| | Strana |
|--|--------|
| Doc. Ing. František Miklošík, CSs.: Přesnost polohopisu obnovených topografických map měřítka 1 : 25 000 <i>Recenzent: pplk. Ing. Bohumil Vavřina, CSc.</i> | 1 |
| Kpt. Ing. Karel Sukup: Perspektivy rozvoje techniky a technologií pro fotogrammetrické zpracování dat v ČSLA <i>Recenzent: pplk. Ing. Josef Benedikt</i> | 13 |
| Plk. doc. Ing. Dalibor Vondra, CSc. — kpt. Ing. Václav Talhofer, CSc.: Současný stav a nejbližší perspektivy rozvoje digitálního modelu území pro potřeby ČSLA <i>Recenzent: mjr. Ing. Dušan Suhajda</i> | 17 |
| Mjr. Ing. Petr Janský, CSc.: K současnému stavu vývoje a tvorby speciálních map a vojenskogeografických informací v ČSLA <i>Recenzent: prof. Ing. Lubomír Lauermann, CSc.</i> | 22 |
| Dr. Ing. Jan Szcurek: Použití krakovjanů pro výpočet rovinných souřadnic v Gauss-Krügerově zobrazení <i>Recenzent: mjr. Ing. Karel Raděj, CSc.</i> | 26 |
| Pplk. Ing. Drahomír Dušátko, CSc.: Současný stav modelování veličin geomagnetického pole <i>Recenzent: prof. Ing. Jan Fixel, CSc.</i> | 33 |
| RNDr. Petr Lála, CSc. — mjr. Ing. Vladimír Šilhan: Programové vybavení pro vyhodnocení výsledků měření laserovým družicovým dálkoměrem <i>Recenzent: plk. doc. Ing. Miloš Chmelík, CSc. — pplk. Ing. Bohumil Vavřina, CSc.</i> | 38 |
| Mjr. Ing. Vladimír Šilhan: Grafické určování základních parametrů kosmických fotografických snímků <i>Recenzent: pplk. Ing. Bohuslav Filipovský</i> | 52 |
| Pplk. Ing. Drahomír Dušátko, CSc. — kpt. Ing. Viliam Vatrt — Ing. Miloš Tůma: Některé možnosti využití údajů vzniklých při tvorbě map tížnicových odchylek 1 : 1 000 000 | 62 |
| Kpt. Ing. Miroslav Mottl: Zkušenosti z tvorby reliéfního stolu <i>Recenzent: pplk. Ing. Antonín Korotvička</i> | 75 |
| Seznam témat diplomových projektů obhájených v roce 1985 a 1986 na VAAZ Brno | 79 |

Doc. Ing. František Miklošfík, CSc., Vojenská akademie A. Zápotockého Brno

Přesnost polohopisu obnovených topografických map měřítka 1:25 000

1. Úvod

Topografické mapy měřítka 1:25 000 původního vydání z let 1952 až 1958 jsou od roku 1974 postupně nahrazovány mapami obnoveného vydání. Obměna těchto map pro celé území ČSSR dosud pokračuje.

Obnovené topografické mapy měřítka 1:25 000 jsou zpracovány na podkladě topografického a fotogrammetrického vyhodnocení změn, které nastaly v přírodě v době od jejich původního vydání, a zároveň jsou kartograficky převedeny do nového klíče mapových značek podle požadavků předpisu Topo-4-3.

Doplňování změn obsahu map proběhlo dosud v několika časových periodách. Výsledky první periody z let 1965 až 1972, označované jako tzv. první údržba topografických map, byly sice topograficky zpracovány v měřítku 1:25 000, výsledky však byly využity pouze jako podklad k obnovenému vydání odvozených topografických map menších měřítek. Teprve na podkladě výsledků druhé periody, tzv. druhé obnovy topografických map z let 1973 až 1982, bylo také přikročeno k novému kartografickému zpracování a obnovenému vydání původních topografických map měřítka 1:25 000. Od roku 1983 probíhá třetí obnova topografických map. V prostorech, kde teprve v této době dochází ke zpracování obnovených map měřítka 1:25 000, jsou využívány rovněž tyto výsledky.

K doplňování změn polohopisu je převážně využívána univerzální fotogrammetrická metoda. Z úsporných důvodů je stereoskopický model absolutně orientován na nezměněný obsah mapy původního vydání, čímž se ušetří potřeba nového měření vřícovacích bodů. V důsledku hromadění chyb původní a doplňované kresby mapy i v důsledku nevyhnutelných chyb při přepracování map do nového klíče mapových značek však může dojít u obnovených map měřítka 1:25 000 k jistému zhoršení přesnosti. Opakovaným doplňováním změn při dalších periodách obnovy map mohou tyto chyby narůstat. Je proto důležité znát, jaká je skutečná přesnost těchto map, k jak velkému zhoršení přesnosti po obnově došlo a zda bude únosné i v dalších periodách obnovy používat uvedenou úspornou metodu doplňování změn obsahu mapy.

V článku jsou shrnuty výsledky zkoumání přesnosti obnovených topografických map měřítka 1:25 000 po 2. obnově, provedené na VAAZ v letech 1983 až 1985 s využitím některých podkladů zpracovaných ve VTOPÚ Dobruška v souvislosti s plněním úkolu [1]. Obsah článku vychází z výsledků diplomových prací [2] a [4] doplněných dalším kontrolním kartometrickým měřením a z nového statistického zpracování celého elaborátu.

2. Rozsah zkoumání přesnosti a použité metody

K posouzení přesnosti polohopisu obnovených topografických map měřítka 1:25 000 bylo provedeno kontrolní měření na 23 mapových listech (tab. 1). Zaměřeno bylo celkem 1827 kontrolních bodů rozdělených podle významu (druhu) do sedmi skupin označených čísly 1 až 7. Číselné označení skupin kontrolních bodů znamená:

- 1 — geodetické body (trigonometrické body, kostely apod.);
- 2 — křižovatky železnic s pozemními komunikacemi;

- 3 — křižovatky silnic, polních a lesních cest;
- 4 — křižovatky pozemních komunikací s vodními toky (mosty), soutoky řek a potoků;
- 5 — křižovatky ulic a průjezdů v sídlech;
- 6 — hranice (rohy) lesů;
- 7 — jiné polohopisné objekty.

Z hlediska četnosti zastoupení tvoří nejvýznamnější skupiny kontrolních bodů: křižovatky silnic, polních a lesních cest, geodetické doby, křižovatky ulic a průjezdů v sídlech (tab. 1). Výběr kontrolních bodů byl do značné míry ovlivněn způsobem určení jejich správných (přesných) souřadnic nutných pro vlastní kontrolu přesnosti.

Rozsah kontrolních měření

Tabulka 1

| Kontrolované mapy M-33- | Počet a druh kontrolovaných bodů | | | | | | | | Celkem | |
|-------------------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 2-7 | 1-7 | |
| | | | | | | | | | | |
| -75-B-c | 5 | 3 | 14 | 2 | 24 | — | — | 43 | 48 | |
| -75-B-d | 1 | 1 | 2 | — | 4 | — | — | 7 | 8 | |
| -76-A-a | 10 | — | 53 | 12 | 7 | — | 16 | 88 | 98 | |
| -100-A-a | 18 | 1 | 47 | 11 | 13 | — | 15 | 87 | 105 | |
| -100-A-b | 9 | 3 | 29 | 10 | 12 | — | 9 | 63 | 72 | |
| -66-C-a | 21 | 12 | 20 | 5 | 38 | 3 | 15 | 93 | 114 | |
| -66-C-b | 21 | 11 | 45 | 3 | 34 | 5 | 7 | 105 | 126 | |
| -53-B-a | 20 | 11 | 29 | 10 | 11 | 12 | — | 73 | 93 | |
| -53-B-b | 20 | 6 | 32 | 4 | 8 | 14 | — | 64 | 84 | |
| -53-B-c | 20 | 10 | 22 | 12 | 8 | 11 | — | 63 | 83 | |
| -53-B-d | 17 | — | 25 | — | 8 | 23 | — | 56 | 73 | |
| -53-D-a | 16 | 8 | 30 | 3 | 8 | 14 | — | 63 | 79 | |
| -53-D-b | 15 | 3 | 27 | 2 | 1 | 8 | — | 41 | 56 | |
| -53-D-c | 14 | 5 | 30 | 3 | 11 | 4 | — | 53 | 67 | |
| -53-D-d | 19 | 7 | 30 | 1 | 14 | 1 | — | 53 | 72 | |
| -54-A-a | 23 | 4 | 37 | 12 | 5 | 6 | — | 64 | 87 | |
| -54-A-b | 22 | 4 | 45 | 6 | 2 | 3 | — | 60 | 82 | |
| -54-A-c | 21 | — | 44 | 4 | 9 | 8 | — | 65 | 86 | |
| -54-A-d | 21 | 9 | 42 | 4 | 9 | 5 | — | 69 | 90 | |
| -54-C-a | 23 | — | 32 | — | 9 | 8 | — | 49 | 72 | |
| -54-C-b | 20 | 5 | 35 | — | 10 | 15 | — | 65 | 85 | |
| -54-C-c | 19 | 6 | 26 | 2 | 10 | 12 | 1 | 57 | 76 | |
| -54-C-d | 17 | — | 37 | 1 | 12 | 4 | — | 54 | 71 | |
| Celkem | 392 | 109 | 733 | 107 | 267 | 156 | 63 | 1435 | 1827 | |

U mapových listů M-33-75-B-c, -B-d, -76-A-a, -100-A-a, -A-b byla správná poloha kontrolních bodů odvozena kartometrickým měřením na státní mapě 1:5000. Podle [2] byla tímto postupem určena poloha kontrolních bodů s přesností do 2,5 m, což je vzhledem k očekávané polohové přesnosti obnovených topografických map měřítko 1:25 000, předběžně odhadované podle [5], postačující. Kontrolní body bylo však možné v tomto případě volit pouze na takových prvcích polohopisu, které byly na obou druhích map jednoznačně identifikovatelné. Proto např. z důvodů jisté obavy z nestejného pojetí hranice lesa u map velkých měřítek a topografických map nebyly kontrolní body na hranicích lesa v tomto případě vůbec voleny.

U zbývajících topografických map byla správná poloha kontrolovaných bodů určena fotogrammetricky ve VTOPÚ Dobruška v rámci plnění úkolu [1]. Do souboru kontrolních měření mohly však být v tomto případě zařazeny pouze body, které byly podle zachované dokumentace jednoznačně identifikovatelné na kontrolovaných mapách.

Postup kartometrického určení polohy kontrolních bodů na topografických mapách měřítka 1:25 000 byl u všech mapových listů stejný. Měření bylo provedeno přesným pravoúhlým koordinátografem na výtiscích obnovených map. Do souboru měření byly u každého mapového listu zahrnuty kromě vyznačených kontrolních bodů rovněž rohy vnitřního rámu mapy a průsečíky čar souřadnicové sítě. Souřadnice kontrolních bodů změřené pravoúhlým koordinátografem byly převedeny do systému S-42 podobnostní transformací s vyrovnáním. K vyloučení zkreslení obrazu mapy i nepravidelné deformace papírové podložky výtisku mapy byla transformace prováděna po malých blocích 1×1 nebo 2×2 km s uzlovými body v průsečících čar souřadnicové sítě.

Porovnáním souřadnic kontrolních bodů odvozených měření na obnovených topografických mapách měřítka 1:25 000 s jejich správnými hodnotami byly zjištěny skutečné souřadnicové chyby ε_x , ε_y . Z nich pak byly vypočteny pro každý kontrolovaný bod skutečné polohové chyby ε_p .

3. Statistické zpracování a zhodnocení výsledků

Před výpočtem středních chyb bylo nutné vyloučit ze souboru měření takové kontrolní body, u nichž se vyskytla hrubá chyba přesahující 2,5násobek očekávané střední polohové chyby. Pro vyloučení hrubých chyb geodetických bodů byla k tomu účelu stanovena mezní polohová odchylka 15,0 m; pro vyloučení hrubých chyb všech dalších druhů kontrolních bodů byla stanovena mezní polohová odchylka 37,5 m. V celém souboru 1827 kontrolních bodů se vyskytlo 59 případů, tj. 3,2 % hrubých chyb přesahujících stanovené odchylky. Jejich příčinou mohla být jak skutečná chyba v polohopisu kontrolované mapy, tak také chybná identifikace kontrolních bodů v mapě, chyba měření na koordinátografu nebo chyba ve výpočtu. Jednotlivé případy hrubých chyb nebyly podrobněji zkoumány.

K vyjádření přesnosti zobrazení jednotlivých druhů (skupin) kontrolních bodů na obnovených topografických mapách měřítka 1:25 000 byla pro každou skupinu bodů vypočítána střední polohová chyba. K lepšímu posouzení celkové přesnosti polohopisu obnovených topografických map byla rovněž vypočítána celková střední polohová chyba pro soubor bodů skupin 2 až 7 (soubor bez geodetických bodů) a celková střední polohová chyba pro soubor všech skupin kontrolovaných bodů. Všechny hodnoty středních chyb byly vypočítány jak pro jednotlivé mapové listy, tak souhrnně pro celý soubor kontrolovaných map. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.

Rozložení skutečných chyb kontrolních bodů je znázorněno na obr. 1 až 13. Pro každou sledovanou skupinu kontrolních bodů je vyhotoven histogram relativní četnosti a graf kumulativní četnosti skutečných polohových chyb. Na grafech je rovněž vyznačena poloha střední chyby. Pro nejvýznamnější skupiny kontrolních bodů jsou vyhotoveny rovněž histogramy četnosti chyb ve směru souřadnicových os. Hodnoty relativní i kumulativní četnosti jsou vyjádřeny v procentech vzhledem k celkovému počtu bodů uvažované skupiny. Pro lepší názornost je však výška sloupců každého histogramu relativní četnosti zvětšena násobným koeficientem, který je vyznačený u každého obrázku.

Rozložení chyb geodetických bodů je podle obr. 1 a 2 v obou směrech souřadnicových os přibližně symetrické a blízké normálnímu rozložení. Odchylky histogramu četnosti od normálního rozložení nejsou natolik výrazné, aby mohly prokázat existenci systematických chyb v zobrazení těchto bodů v prověřovaných mapách. Z grafu na obr. 3 je patrné, že typická polohová chyba geodetických bodů je v intervalu 2,0 až 2,5 m, což jsou hodnoty poměrně odlehlé od vypočítané střední chyby, která činí 5,1 m.

Rozložení polohových chyb křižovatek železnic s pozemními komunikacemi je podle obr. 4 méně pravidelné, než tomu bylo u geodetických bodů. Pravděpodobně je to způsobeno menším počtem kontrolovaných bodů této skupiny. Typická (nejčastější) polohová chyba leží v intervalu 10,0 až 12,5 m, což je poměrně blízké vypočítané střední hodnotě 13,4 m.

Polohové chyby křižovatek silnic, polních a lesních cest mají podle obr. 5 poměrně pravidelné rozložení příznivě ovlivněné velkým počtem kontrolovaných bodů této skupiny. Vrcholová část histogramu není příliš výrazná. Typické chyby s vyšší četností výskytu jsou rozloženy v poměrně širokém intervalu 5,0 až 15,0 m, na jehož okraj patří též vypočítaná střední polohová chyba 14,8 m. Širší interval vrcholové části histogramu je patrně způsoben rozdílným významem, a tedy i rozdílnou přesností zobrazení různých

| Kontrolované mapy M-33- | Střední polohová chyba v metrech | | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|---------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Celková | |
| | | | | | | | | 2-7 | 1-7 |
| -75-B-c | 5,7 | 17,2 | 14,0 | 26,3 | 13,9 | — | — | 15,0 | 14,3 |
| -75-B-d | 7,0 | 9,4 | 8,7 | — | 11,1 | — | — | 10,2 | 9,9 |
| -76-A-a | 6,1 | — | 12,7 | 11,8 | 12,6 | — | 11,1 | 12,3 | 11,8 |
| -100-A-a | 3,8 | 5,4 | 13,5 | 19,3 | 17,0 | — | 10,8 | 14,5 | 13,3 |
| -100-A-b | 4,9 | 13,9 | 14,9 | 15,1 | 9,9 | — | 12,5 | 13,7 | 12,9 |
| -66-C-a | 7,0 | 13,9 | 14,8 | 21,0 | 15,4 | 16,4 | 17,7 | 15,9 | 14,7 |
| -66-C-b | 6,6 | 10,8 | 14,4 | 11,7 | 12,8 | 12,5 | 16,4 | 13,5 | 12,6 |
| -53-B-a | 4,2 | 11,6 | 14,3 | 13,2 | 14,0 | 20,8 | — | 15,0 | 13,5 |
| -53-B-b | 6,2 | 15,9 | 16,3 | 16,8 | 14,9 | 17,2 | — | 16,3 | 14,5 |
| -53-B-c | 4,6 | 11,4 | 15,9 | 14,3 | 10,9 | 15,5 | — | 14,3 | 12,6 |
| -53-B-d | 7,2 | — | 16,2 | — | 11,7 | 19,0 | — | 16,8 | 15,2 |
| -53-D-a | 4,0 | 13,8 | 16,7 | 14,3 | 11,5 | 15,8 | — | 15,5 | 14,0 |
| -53-D-b | 5,7 | 9,5 | 12,3 | 18,4 | 20,9 | 15,8 | — | 13,5 | 11,9 |
| -53-D-c | 5,2 | 10,7 | 15,1 | 16,1 | 12,5 | 15,0 | — | 14,3 | 13,0 |
| -53-D-d | 4,3 | 19,7 | 17,4 | 23,4 | 16,4 | 11,2 | — | 17,5 | 15,2 |
| -54-A-a | 7,2 | 21,9 | 13,5 | 15,2 | 11,3 | 18,9 | — | 15,0 | 13,4 |
| -54-A-b | 4,6 | 8,8 | 13,8 | 16,2 | 7,2 | 11,2 | — | 13,5 | 11,6 |
| -54-A-c | 6,2 | — | 15,7 | 10,8 | 15,1 | 17,1 | — | 15,5 | 13,8 |
| -54-A-d | 5,1 | 9,1 | 13,5 | 12,3 | 15,6 | 10,8 | — | 13,0 | 11,6 |
| -54-C-a | 3,0 | — | 17,3 | — | 15,0 | 11,6 | — | 16,1 | 13,2 |
| -54-C-b | 1,9 | 17,5 | 15,3 | — | 16,8 | 16,8 | — | 16,1 | 14,0 |
| -54-C-c | 1,6 | 8,0 | 15,6 | 19,3 | 12,8 | 11,1 | 2,7 | 13,6 | 11,9 |
| -54-C-d | 2,0 | — | 14,0 | 11,4 | 14,3 | 17,1 | — | 14,3 | 12,6 |
| Celková | 5,1 | 13,4 | 14,8 | 15,7 | 14,0 | 16,3 | 13,7 | 14,7 | 13,3 |

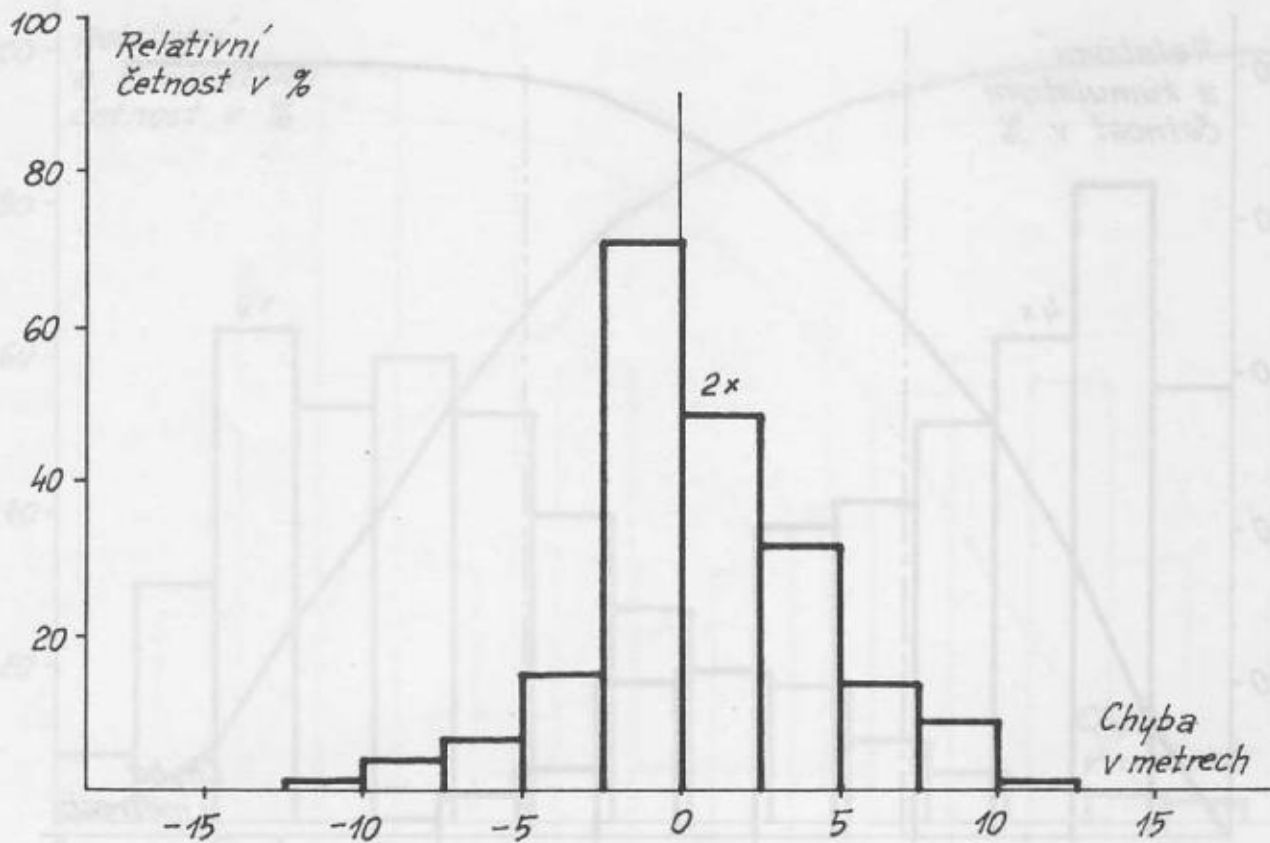
druhů křižovatek (křižovatky silnic, křižovatky silnic s polními nebo lesními cestami, křižovatky polních a lesních cest), které nebyly při zkoumání přesnosti rozlišovány.

Polohové chyby křižovatek pozemních komunikací a vodních toků (mostů) a soutoků řek a potoků mají podle obr. 6 dosti nepravidelné rozložení. Nepříznivě se zde projevuje menší počet kontrolních bodů a patrně též určitá nesourodost objektů této skupiny. Typické hodnoty chyb s nejvyšší četností jsou v intervalu 10,0 až 15,0 m. Těsně za touto hranicí leží vypočítaná střední polohová chyba 15,7 m.

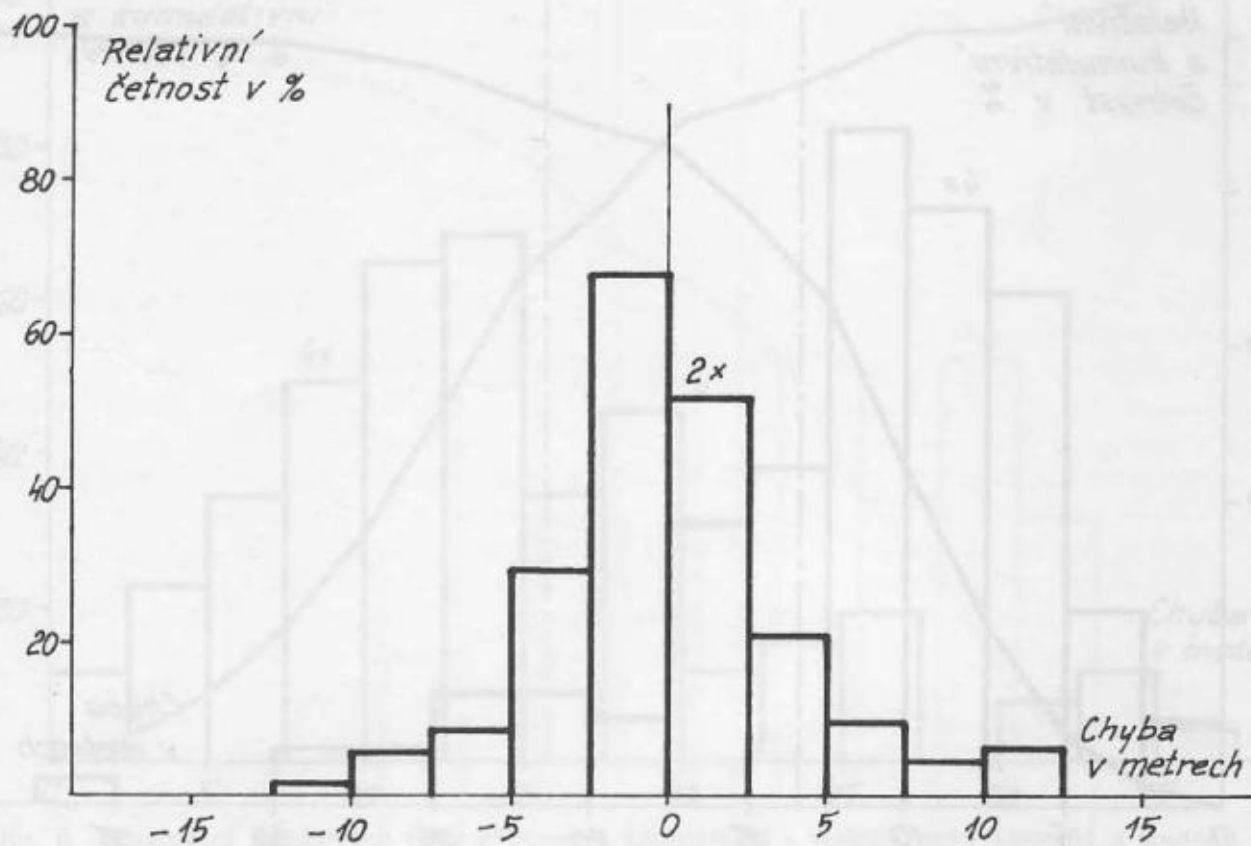
Polohové chyby v zobrazení ulic a průjezdů v sídlech mají podle obr. 7 velmi pravidelné rozložení, což svědčí o dobré homogenosti šetřeného souboru. Typické hodnoty chyb s největší četností leží v širším intervalu 5,0 až 12,5 m. Teprve za tímto intervalem se nalézá vypočítaná střední polohová chyba 14,0 m, což odpovídá též teoretickým předpokladům.

Rozložení polohových chyb hranic (rohů) lesa není podle histogramu na obr. 8 příliš pravidelné. V souboru se vyskytují tři intervaly s vyšší četností chyb, a to 7,5 až 10,0 m; 12,5 až 15,0 m a 20,0 až 22,5 m. Tyto nepravidelnosti mohou být způsobeny skutečnými změnami polohy přirozených hranic lesa, které jako méně významné nebyly ve všech případech při obnově map opravovány. Tato otázka by patrně zasluhovala podrobnější prozkoumání.

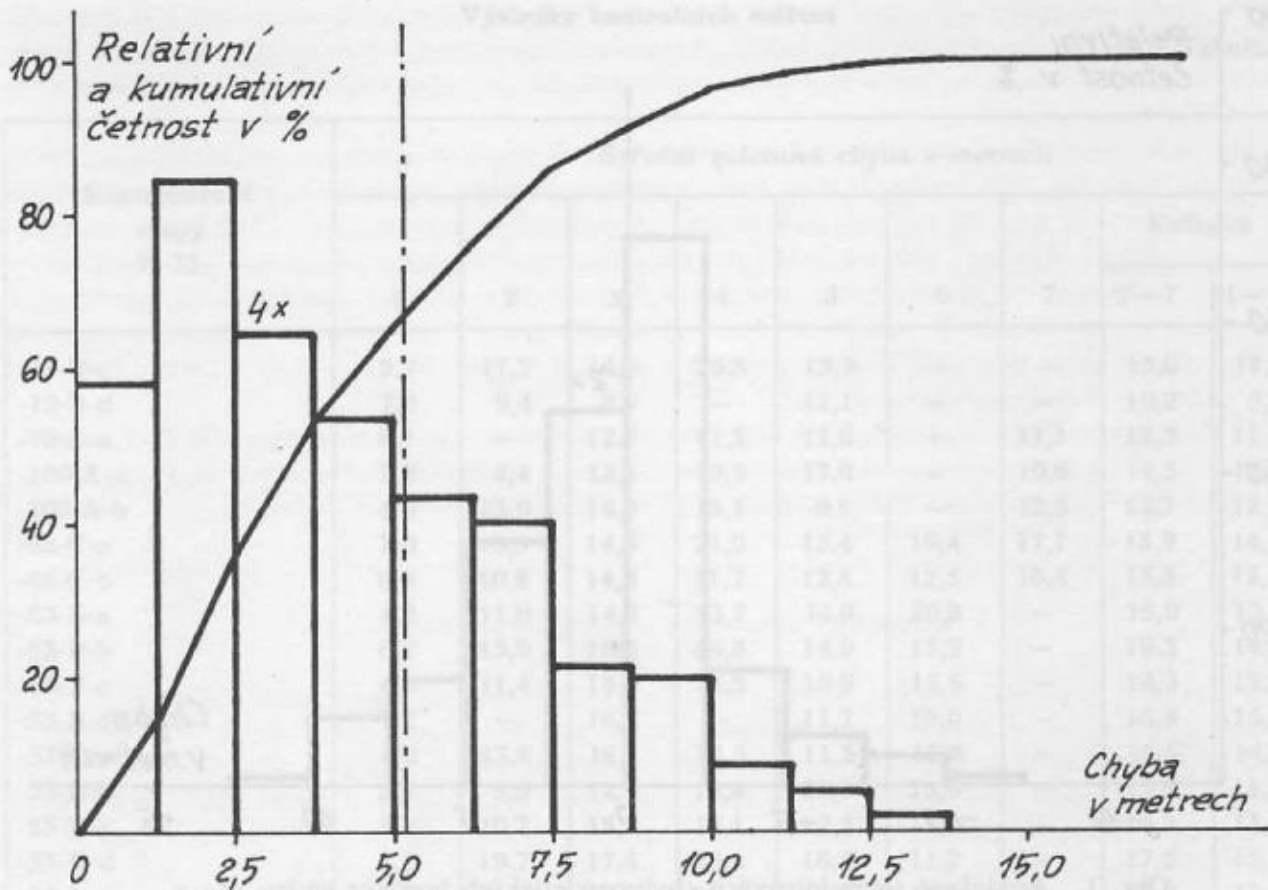
Rozložení polohových chyb skupiny kontrolních měření, označených jako „jiné objekty“, je ze všech posuzovaných skupin nejméně pravidelné (obr. 9). Lze to vysvětlit tím, že tato skupina je nejméně početná (porovnej tab. 1) a navíc jsou do ní zařazeny z hlediska přesnosti zobrazení nesourodé objekty.



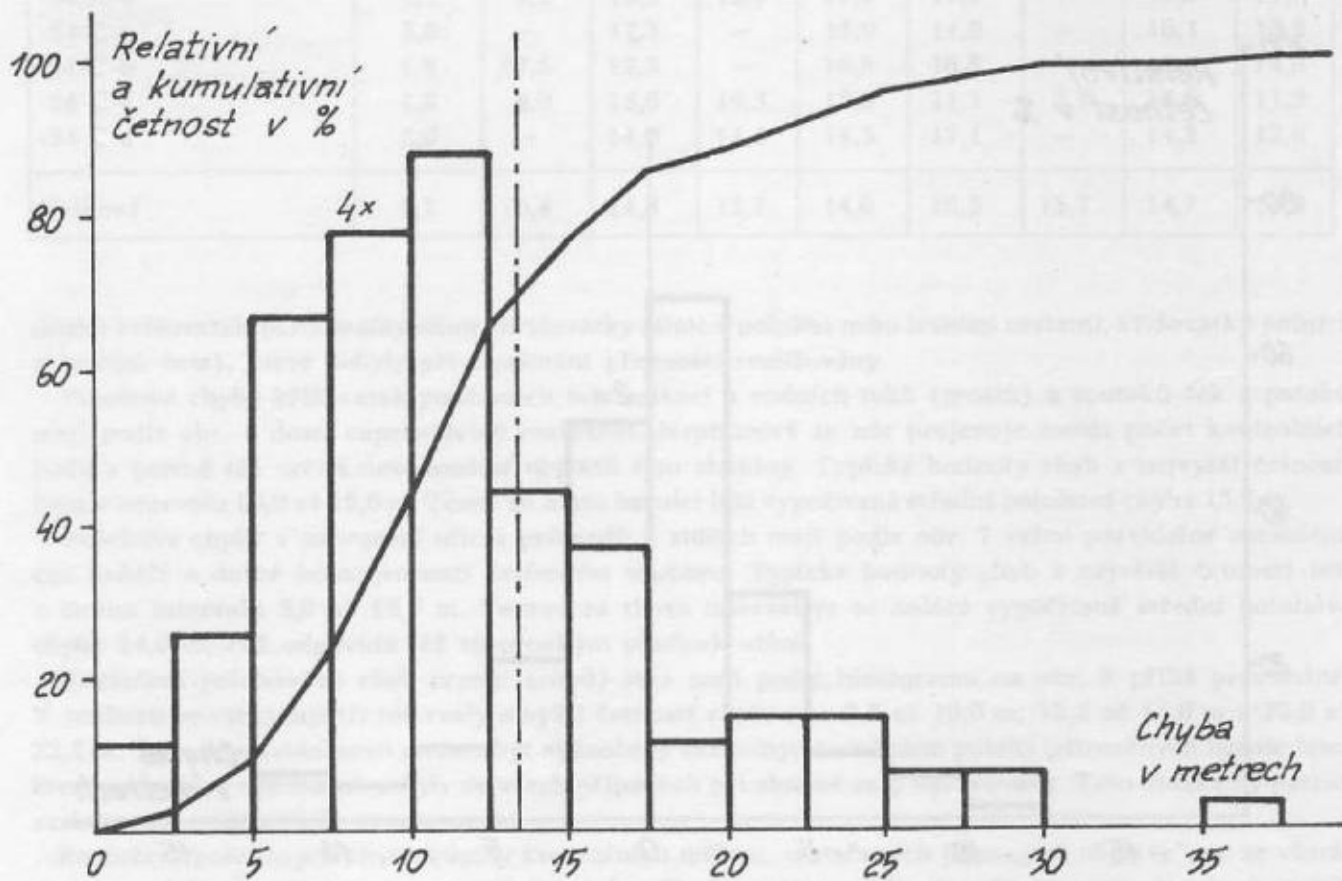
Obr. 1. Rozložení souřadnicových chyb geodetických bodů ve směru osy x



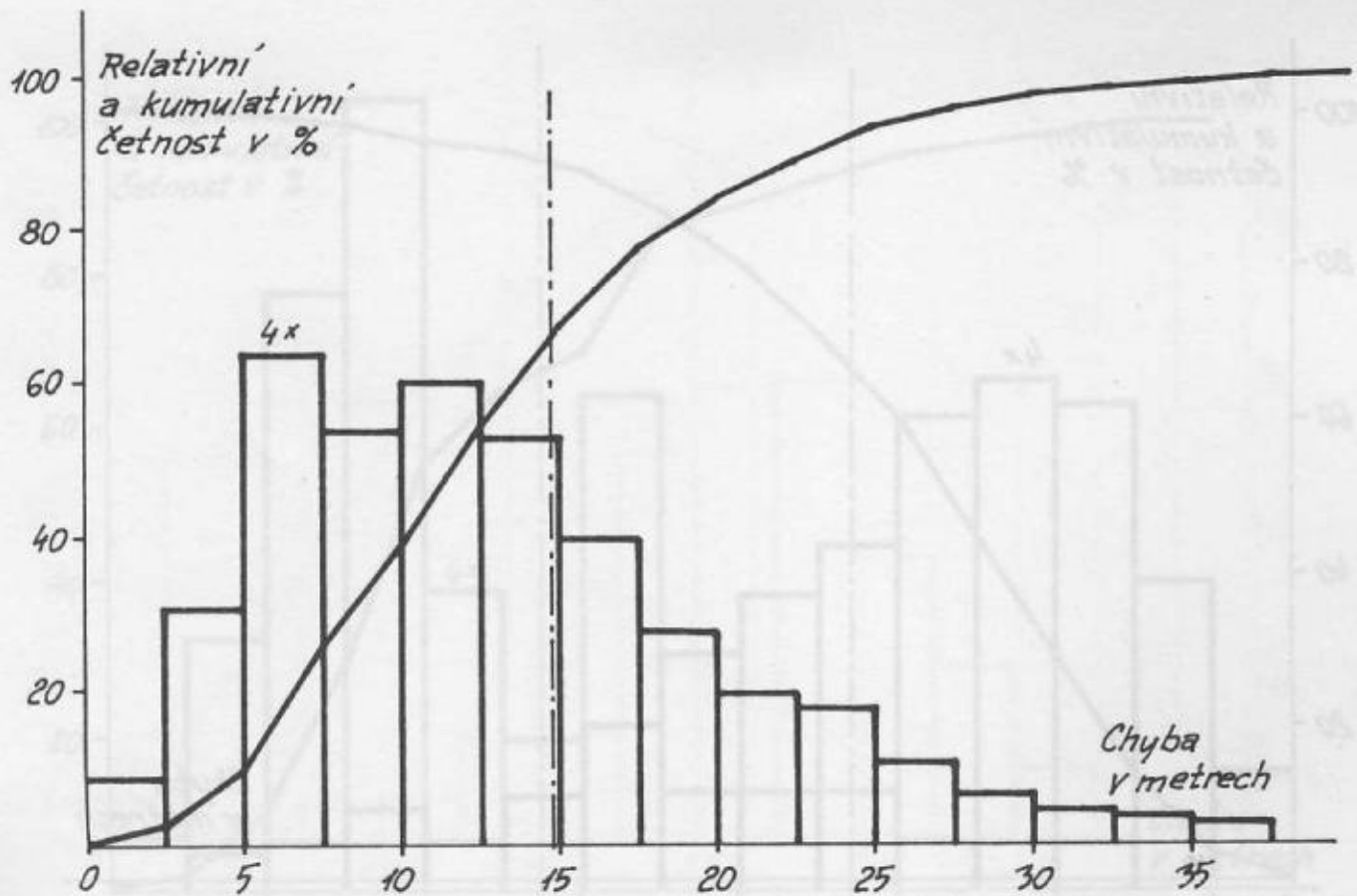
Obr. 2. Rozložení souřadnicových chyb geodetických bodů ve směru osy y



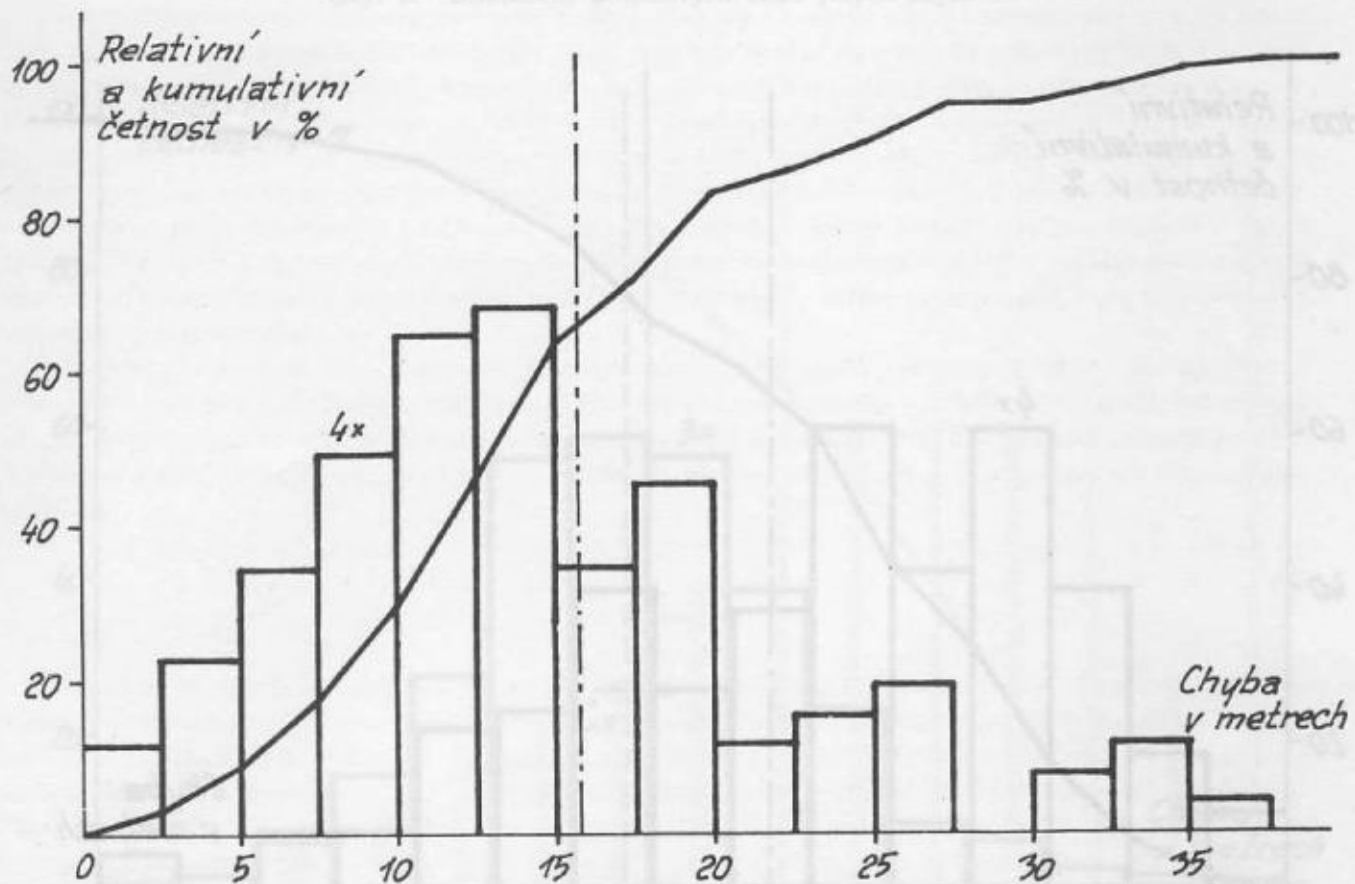
Obr. 3. Rozložení polohových chyb geodetických bodů



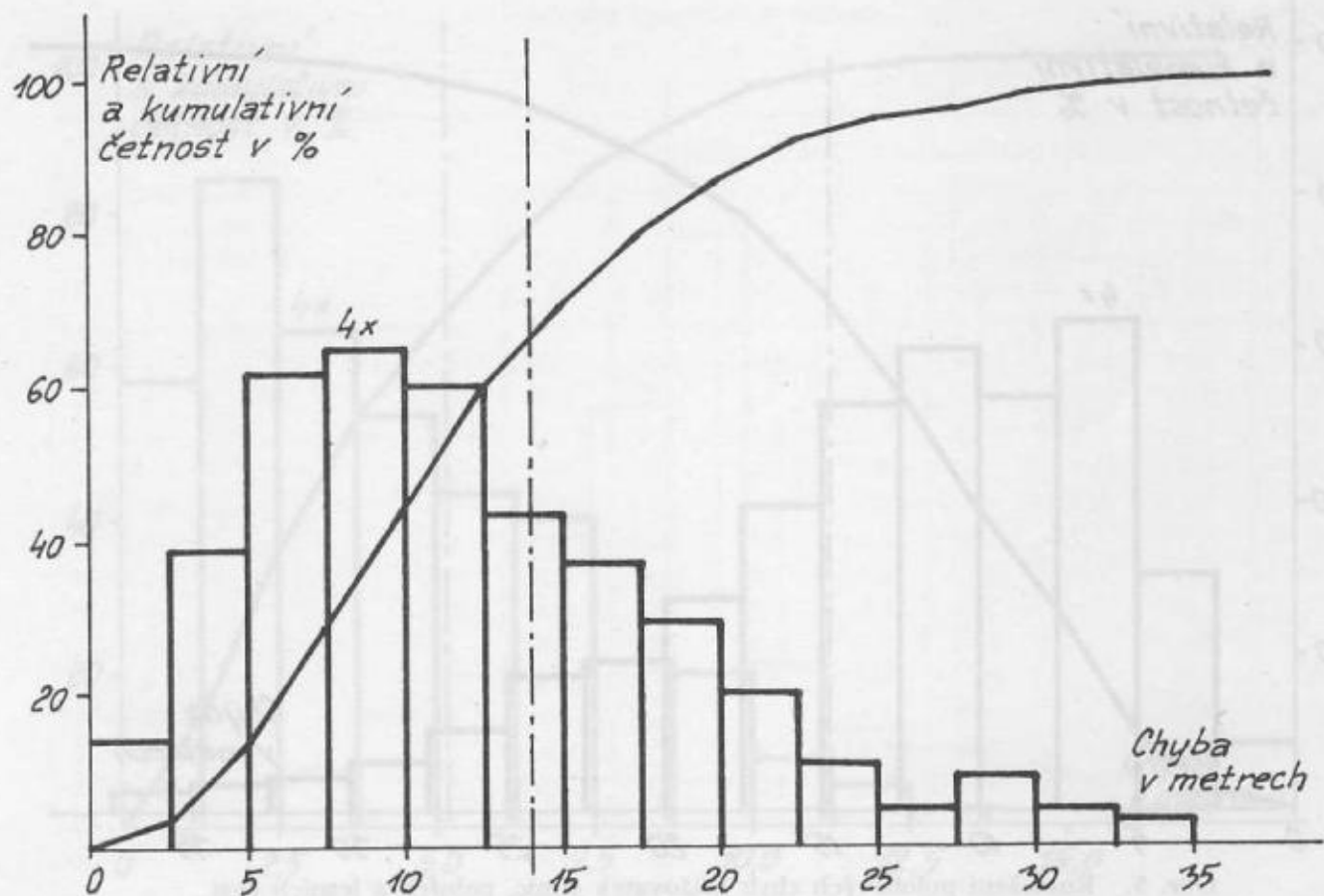
Obr. 4. Rozložení polohových chyb křižovatek železnic s pozemními komunikacemi



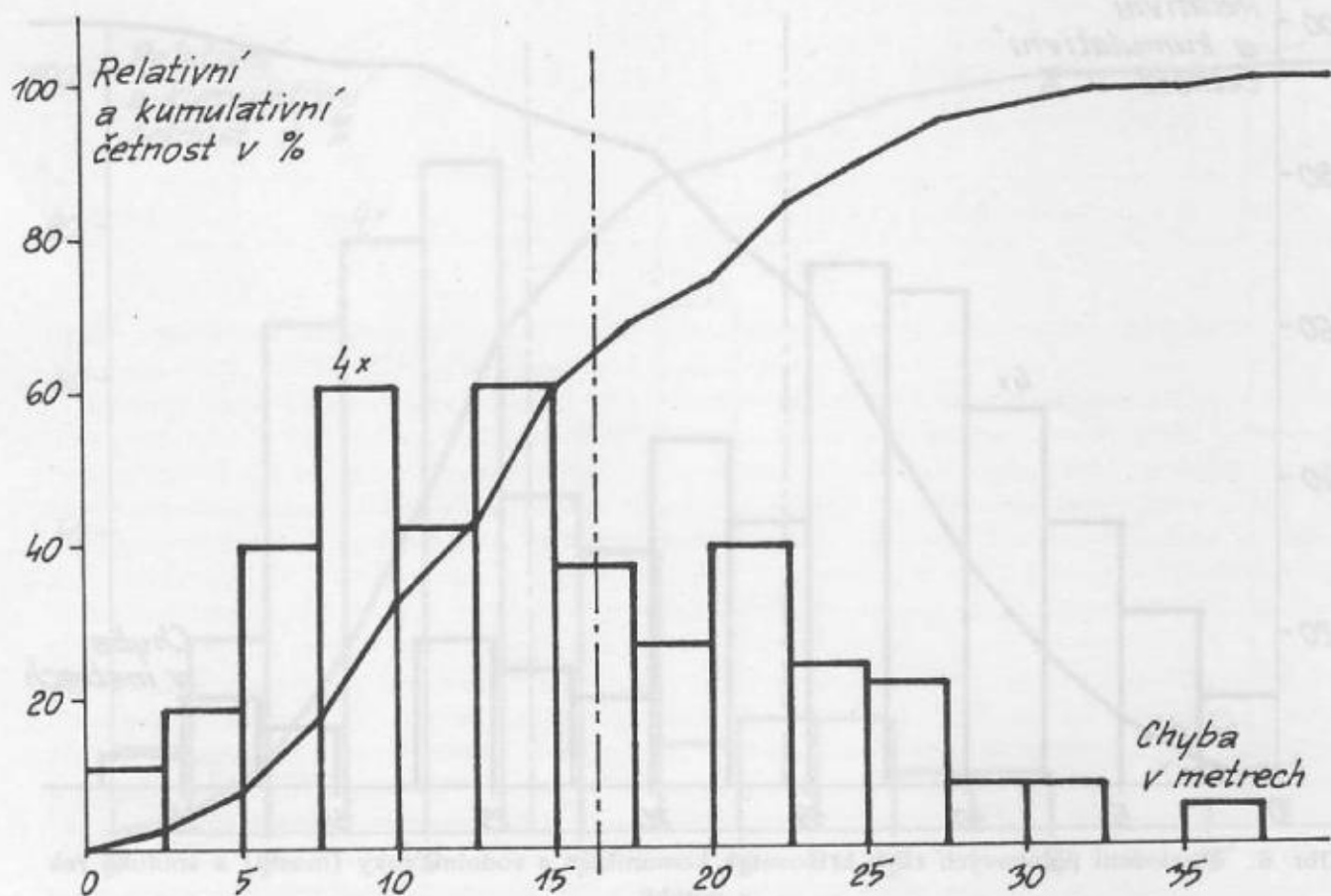
Obr. 5. Rozložení polohových chyb křižovatek silnic, polních a lesních cest



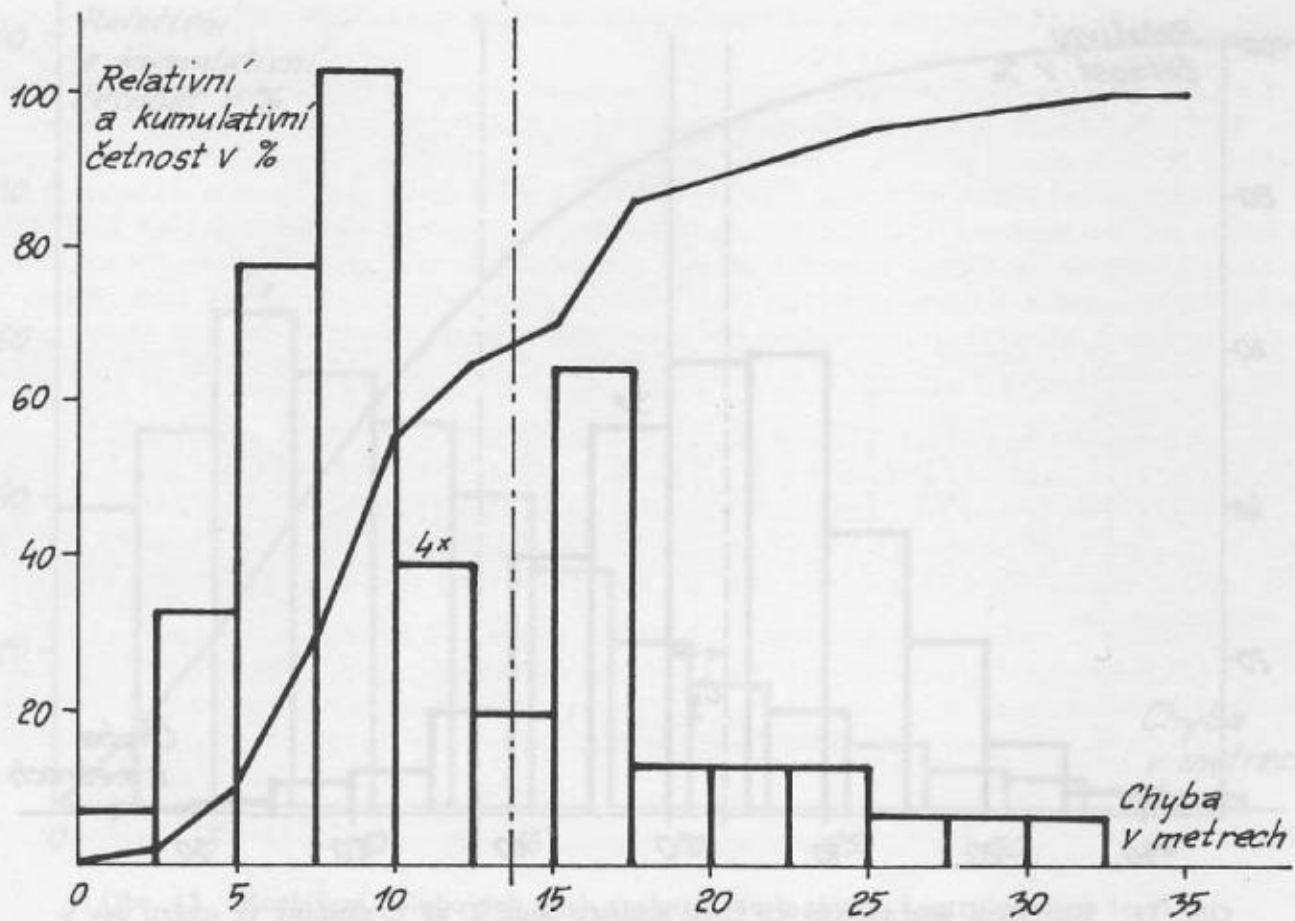
Obr. 6. Rozložení polohových chyb křižovatek komunikací s vodními toky (mostů) a soutoků řek a potoků



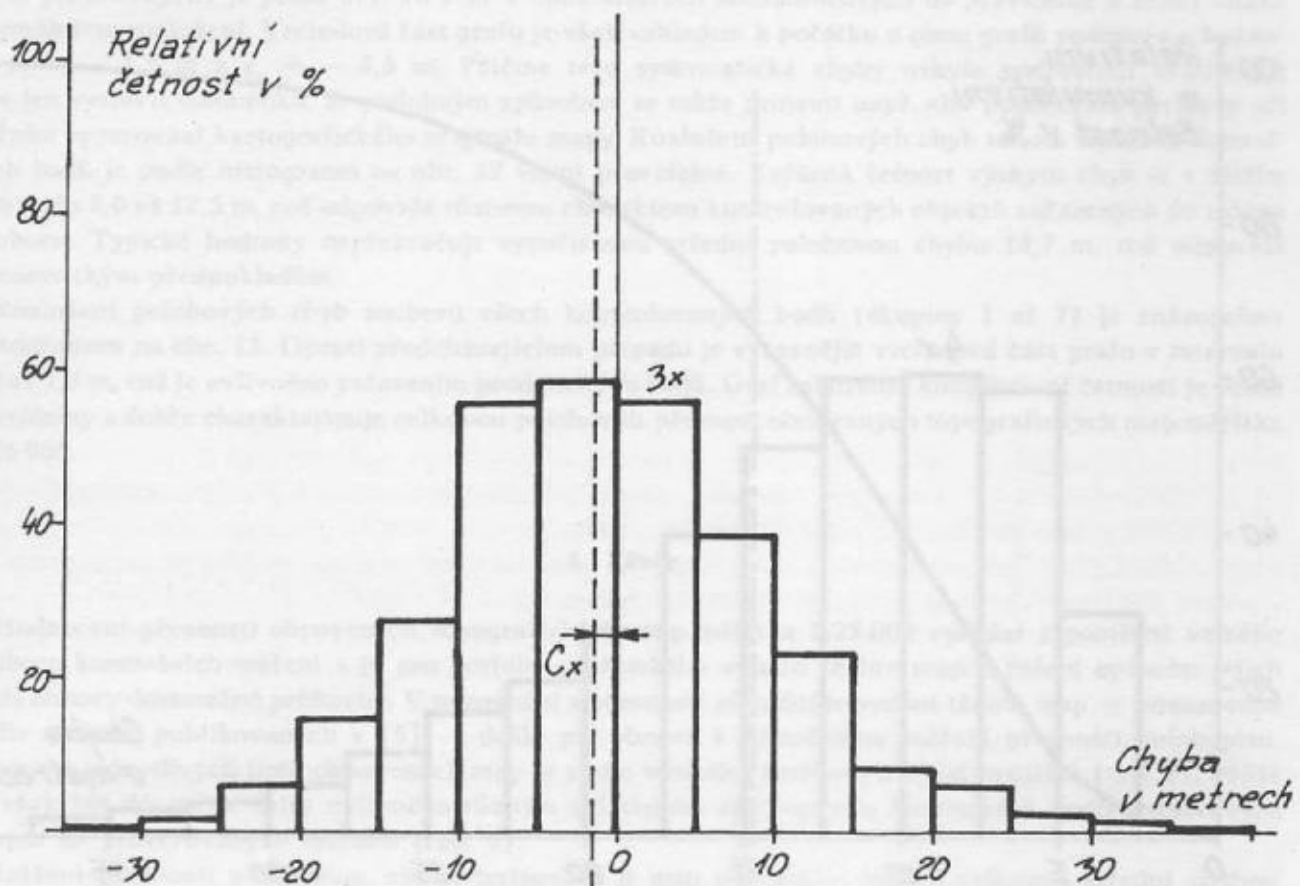
Obr. 7. Rozložení polohových chyb křižovek ulic a průjezdů v sídlech



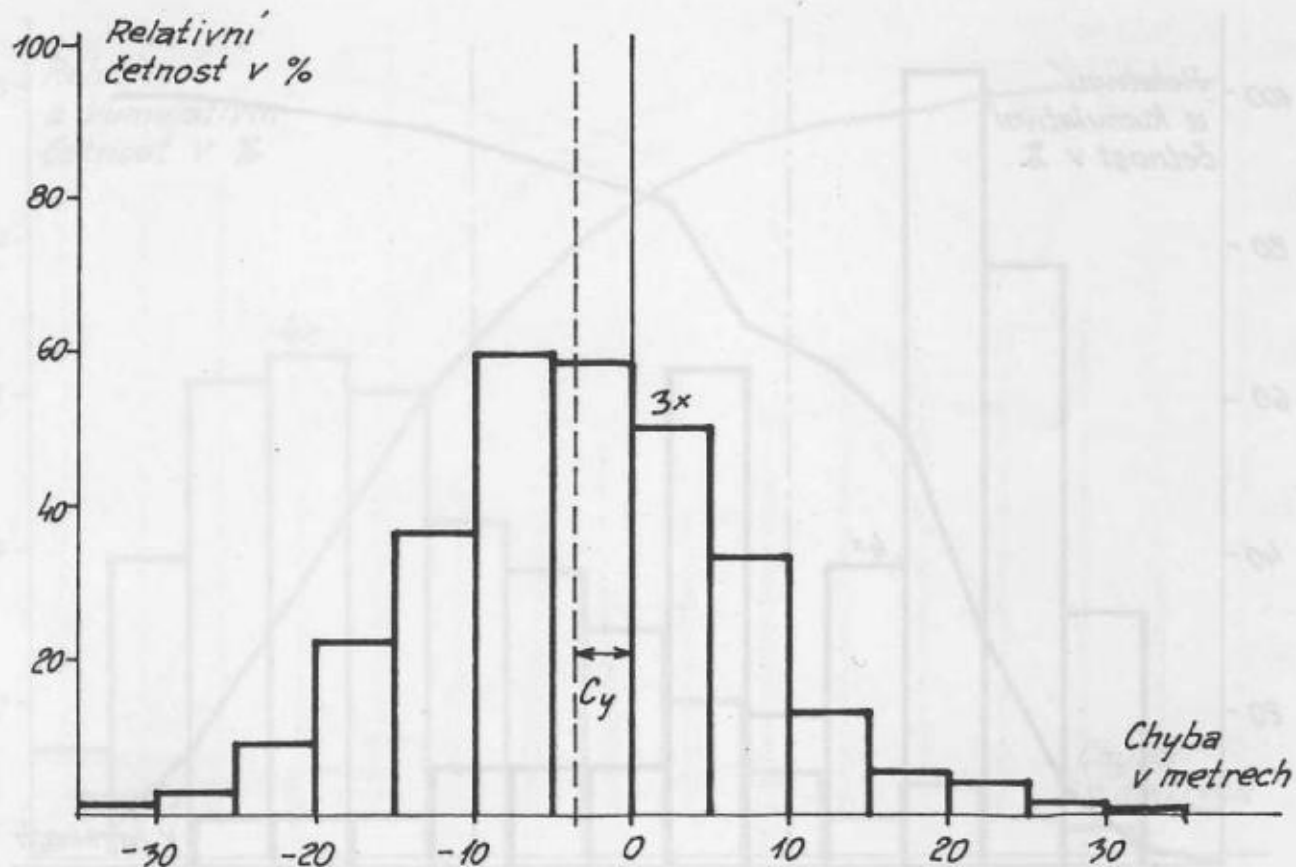
Obr. 8. Rozložení polohových chyb hranic (rohů) lesů



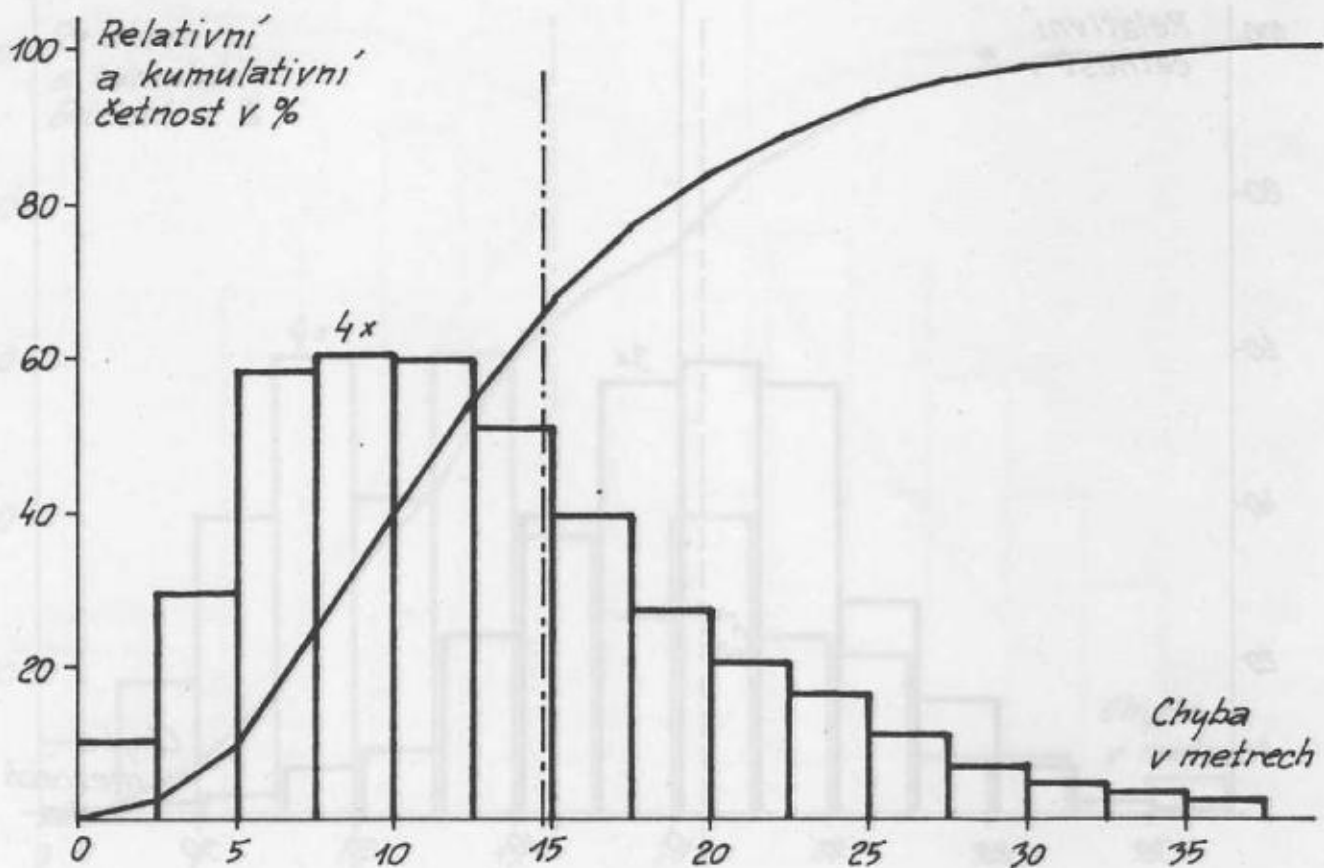
Obr. 9. Rozložení polohových chyb jiných objektů



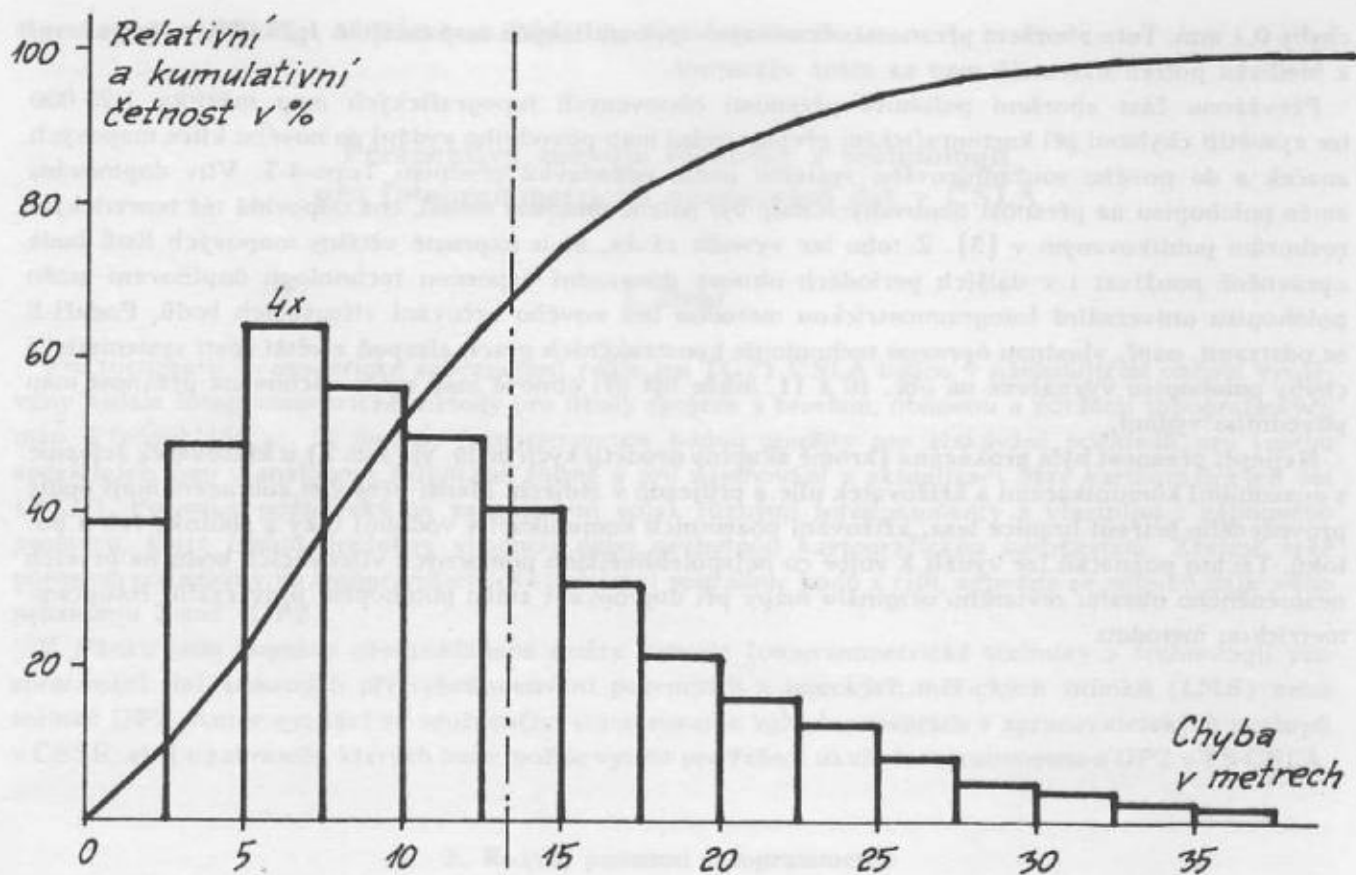
Obr. 10. Rozložení souřadnicových chyb souboru bodu 2. až 7. skupiny ve směru osy x



Obr. 11. Rozložení souřadnicových chyb souboru bodů 2. až 7. skupiny ve směru osy y



Obr. 12. Rozložení polohových chyb souboru bodů 2. až 7. skupiny



Obr. 13. Rozložení polohových chyb souboru všech skupin kontrolovaných bodů

Rozložení polohových chyb souboru bodů 2. až 7. skupiny (souboru všech kontrolovaných bodů kromě bodů geodetických) je podle obr. 10 a 11 v obou směrech souřadnicových os pravidelné a velmi blízké normálnímu rozložení. Vrcholová část grafu je však vzhledem k počátku u obou grafů posunuta o hodnoty $c_x \doteq -1,5$ m a $c_y \doteq -3,5$ m. Příčina této systematické chyby nebyla podrobněji zkoumána. Lze jen vyslovit domněnku, že podobným způsobem se může projevit např. vliv pozorovací paralaxy při ručním zpracování kartografického originálu mapy. Rozložení polohových chyb tohoto souboru kontrolních bodů je podle histogramu na obr. 12 velmi pravidelné. Zvýšená četnost výskytu chyb je v širším intervalu 5,0 až 12,5 m, což odpovídá různému charakteru kontrolovaných objektů zařazených do tohoto souboru. Typické hodnoty nepřekračují vypočítanou střední polohovou chybu 14,7 m, což odpovídá i teoretickým předpokladům.

Rozložení polohových chyb souboru všech kontrolovaných bodů (skupiny 1 až 7) je znázorněno histogramem na obr. 13. Oproti předcházejícímu případu je výraznější vrcholová část grafu v intervalu 5,0 až 7,5 m, což je ovlivněno zařazením geodetických bodů. Graf relativní i kumulativní četnosti je velmi pravidelný a dobře charakterizuje celkovou polohovou přesnost obnovených topografických map měřítka 1:25 000.

4. Závěr

Hodnocení přesnosti obnovených topografických map měřítka 1:25 000 vychází z poměrně velkého souboru kontrolních měření a je pro potřeby praktického využití těchto map a řešení způsobu jejich další obnovy dostatečně průkazné. V porovnání s přesností původního vydání těchto map — posuzované podle rozborů publikovaných v [5] — došlo při obnově k částečnému snížení přesnosti polohopisu. Přesnost jednotlivých listů obnovených map je podle výsledků šetření poněkud rozdílná (tab. 2). Může to však být do určité míry ovlivněno různým relativním zastoupením kontrolních bodů jednotlivých skupin na prověřovaných mapách (tab. 1).

Snížení přesnosti polohopisu, charakterizované u map původního vydání celkovou střední chybou 12,3 m, na hodnotu 14,7 m u map obnoveného vydání představuje v měřítku mapy přírůstek střední

chyby 0,1 mm. Toto zhoršení přesnosti obnovených topografických map měřítka 1:25 000 lze považovat z hlediska potřeb uživatelů map za méně významné.

Převážnou část zhoršení polohové přesnosti obnovených topografických map měřítka 1:25 000 lze vysvětlit chybami při kartografickém přepracování map původního vydání do nového klíče mapových značek a do nového souřadnicového systému podle požadavků předpisu Topo-4-3. Vliv doplňování změn polohopisu na přesnost obnovených map byl patrně mnohem menší, což odpovídá též teoretickým rozborům publikovaným v [3]. Z toho lze vyvodit závěr, že u naprosté většiny mapových listů bude oprávněné používat i v dalších periodách obnovy dosavadní úspornou technologii doplňování změn polohopisu univerzální fotogrammetrickou metodou bez nového určování vlčivacích bodů. Podaří-li se odstranit, např. vhodnou úpravou technologie konstrukčních prací, alespoň z větší části systematické chyby polohopisu vyznačené na obr. 10 a 11, může být při obnově map zcela zachována přesnost map původního vydání.

Nejlepší přesnost byla prokázána (kromě skupiny geodetických bodů, viz tab. 2) u křižovatek železnic s pozemními komunikacemi a křižovatek ulic a průjezdů v sídlech. Menší přesnost zobrazení mají podle provedeního šetření hranice lesa, křižování pozemních komunikací s vodními toky a soutoky řek a potoků. Těchto poznatků lze využít k volbě co nejspolehlivějších pomocných vlčivacích bodů na prvcích nezměněného obsahu revizního originálu mapy při doplňování změn polohopisu univerzální fotogrammetrickou metodou.

Literatura:

- [1] KOTVA, J. a kol.: Technická zpráva o prověření přesnosti vojenských topografických map 1:25 000 a 1:50 000 po 2. obnově. Dobruška 1984.
- [2] KUČERA, S.: Rozbor přesnosti topografických map 1:25 000 po 2. obnově. [Diplomová práce.] Brno 1984. — Vojenská akademie A. Zápotockého.
- [3] MIKLOŠÍK, F.: Hromadění chyb při doplňování změn polohopisu map univerzální fotogrammetrickou metodou. [Rukopis článku pro Geod. a kartogr. Obz., červen 1985.]
- [4] MORAVEC, Z.: Rozbor přesnosti topografických map měřítka 1:25 000 po obnově. [Diplomová práce.] Brno 1985. — Vojenská akademie A. Zápotockého.
- [5] SRNKA, E. — SEVERA, J.: Přesnost nových topografických map 1:25 000. Sborník VAAZ, Ř. B, 1959, č. 2.

Do redakce došlo 9. prosince 1985.

Perspektivy rozvoje techniky a technologií pro fotogrammetrické zpracování dat v ČSLA

1. Úvod

Pro topograficko-geodetické zabezpečení (dále jen TGZ) ČSLA budou v následujícím období využívány nadále fotogrammetrické metody pro úkoly spojené s tvorbou, obnovou a údržbou topografických map. Předpokládá se, že metody fotogrammetrie budou použity pro získávání podkladů pro tvorbu speciálních map v analogové i digitální formě a pro naplňování a aktualizaci báze kartografických dat (BKD). Porostou požadavky na zabezpečení vojsk různými fotodokumenty z vlastního i zájmového prostoru, které budou doplněny vhodnou nebo nezbytnou kartografickou nadstavbou. Zřejmě také porostou požadavky na fotogrammetrické určování souřadnic bodů a cílů, zejména ze snímků dálkového průzkumu Země (DPZ).

V článku jsou popsány předpokládané směry rozvoje fotogrammetrické techniky a technologií pro zpracování dat získaných při vyhodnocování pozemních a leteckých měřických snímků (LMS) nebo snímků DPZ. Autor vychází ze současného stavu rozvoje vyhodnocovacích a zpracovatelských postupů v ČSSR, ale i v zahraničí, kterých bude možno využít pro řešení úkolů fotogrammetrie a DPZ v TS ČSLA.

2. Rozvoj pozemní fotogrammetrie

V pozemní fotogrammetrii nelze vzhledem k požadovaným úkolům TS ČSLA předpokládat další rozvoj metod zpracování snímků ani zavádění nových vyhodnocovacích zařízení, určených speciálně pro vyhodnocování pozemních snímků. Nelze přesto vyloučit, že v průběhu následujícího období nebudou na TS vzneseny požadavky na zabezpečení pozemního snímkování a vyhodnocování, především v oblasti speciálních prací, např. vojenských staveb, dynamických zkoušek zbraní apod.

V souvislosti s rozvojem DPZ, pokud budou rozvíjeny metody pro zpracování interpretačních klíčů v oblasti analytické interpretace, lze očekávat, že bude nezbytné provádět sběr podpůrných dat ve formě pozemních snímků, ale i fotometrických veličin.

V oblasti přístrojového vybavení lze očekávat na specializovaných pracovištích TS ČSLA, např. na K 304 VAAZ, inovaci dosavadních přístrojů typu UMK a SMK.

3. Rozvoj letecké fotogrammetrie

V letecké fotogrammetrii a zpracování snímkových záznamů můžeme očekávat největší změny proti dosavadnímu stavu. Lze předpokládat vývoj leteckých měřických komor. Bude ukončena obměna starších typů MRB za LMK, které umožňují svými parametry získávat LMS za podmínek, při kterých byly dosud jen obtížně pořizovány. Zejména se jedná o možnosti pořizování snímků velkých měřítek při zachování rychlosti letounu (LMK má kompenzaci smazu) a dále o pořizování snímků za ztížených povětrnostních podmínek, což umožní v průběhu roku získat větší množství aktuálních LMS. To dovoluje použití expozimetru AEROLUX, který plošně integruje intenzitu osvětlení terénu a umožňuje tak přesnější nastavení prvků expozice za letu.

3.1. Vyhodnocovací přístroje

S rozvojem nekonvenčních záznamových zařízení můžeme předpokládat měřické využití záznamů z moderních zařízení typu videorecorder a využití dalších nekonvenčních (nefotografických) záznamů pro určování souřadnic bodů. To je dáno tím, že se stále více zlepšuje jejich rozlišovací schopnost a geometrická věrnost. Pro TGZ ČSLA je především nezanedbatelné to, že dovolují získávat záznam, který může být telemetricky vyslán do zpracovatelského střediska a v reálném čase zpracován.

Předpokládá se, že přístrojové vybavení pro zpracování záznamů se bude v závislosti na druhu záznamu (fotografický, magnetický apod.) rovněž vyvíjet. Pro analogové zpracování fotografického nebo vizualizovaného magnetického záznamu se prakticky nadále budou využívat inovované přístroje typu STEROMETROGRAF nebo TOPOKART z produkce NDR. Pro některé práce bude možno použít přístrojů typu TOPOFLEX, KARTOFLEX nebo STEREO PLOT a jejich inovovaných typů. U přístrojů je nezbytné požadovat velkou univerzálnost, možnost vyhodnocování nestandardních snímků s velkými sklony, různými formáty a s velkými škálami ohniskových vzdáleností fotografických komor. Důležitým požadavkem je možnost připojení různých periferních zařízení, nezbytných pro plnění předpokládaných úkolů.

Pro přesné vyhodnocení záznamů se budou i nadále používat přístroje typu ASCORECORD a STECOMETER a jejich inovované typy, kde lze předpokládat, že budou současně vybaveny i značkovacím zařízením, které nahradí současný přístroj typu TRANSMARK. Pro potřeby získávání dat do BKD lze předpokládat vývoj přesných přístrojů s možností kontinuálního vedení měřické značky i při monokulárním pozorování a s automatickou koincidencí a registrací v některém z doposud používaných režimů automatického záznamu dat.

Velmi důležitou oblastí rozvoje techniky se mohou stát analytické vyhodnocovací přístroje. V NDR byl k tomu účelu vyvíjen přístroj typu STEREO DICOMAT. V konstrukčních pracích se po vyrobení prototypu nepokračuje, přestože ve světě se v tomto směru vývoj nezastavil. Velkou nevýhodou těchto přístrojů jsou prozatím značné náklady na jejich pořízení (10 mil. Kčs i více), které jsou ale vyváženy velkou univerzálností a všestranností.

Pro pořízení fotodokumentů se bude zřejmě i nadále používat přístrojového komplexu typu TOPOKART + ORTHOPHOT + OROGRAPH, nově vyvíjených diferenciálních překreslovačů projektorového typu nebo moderního překreslovacího přístroje typu RECTIMAT, popřípadě jejich inovovaných verzí. Přístrojové spojení Topomatu s Oromatem se pro poměrně velké pořizovací náklady, menší produktivitu práce a nákladný provoz neprosadilo. Přesto lze u přístrojů vybavených elektronickou nebo analytickou korelací snímkových obrazů, která dovoluje automatické prostorové nastavení měřické značky, očekávat vývoj a rozšíření možností jejich použití.

3.2 Registrační technika

Předpokládá se, že pro splnění náročných úkolů TS ČSLA bude nezbytné vybavit přístroje vhodnými periferními zařízeními. V základním vybavení univerzálního vyhodnocovacího přístroje musí být koordinátograf, registrační zařízení, zobrazovací jednotka měřených veličin a tiskárna.

Dosavadní koordinátografy, kde převod signálu pro kresbu byl realizován selzynovými motory, budou nahrazeny digitálními koordinátografy typu DZT a DZT RGS, u kterých je pohyb kreslicí hlavy zabezpečován krokovými motory. Koordinátografy mohou být vybaveny automatizačními prostředky, jako např. generátorem topografických značek, interpolátorem křivek, možností vyrovnání registrovaných bodů na přímku, paměti pro uchovávání předem definovaných obrazců a nestandardních značek nebo vlastním řídicím mikroprocesorem s možností programového řízení.

Registrační zařízení typu COORDIMETER G a H budou zřejmě inovována a měla by splňovat předpoklady pro registraci dat do BKD, tzn. programově definovanou, např. ve strojovém kódu, volbu formátu registrované věty, popřípadě možnosti registrace ve volném formátu. Inteligentní zařízení typu COORDIMETER by mělo rovněž umožňovat registraci dat v bodovém režimu, ale i v režimu automatizovaného snímání v přírůstkovém nebo časovém záznamu. Požadavkem také je, aby umožňoval předzpracování registrovaných dat, jejich kontrolu a jednoduché analytické výpočty, pokud tyto funkce nepřevzme řídicí minipočítač. Součástí Coordimetru musí být rovněž zařízení pro záznam dat. Při předpokládaných výrobních technologiích a množství zpracovávaných dat již není únosné používání děrné pásky, ale bude nezbytné používat záznamová zařízení s vysokou hustotou záznamu, např. magnetické pásky nebo větší typy disket. Pružné disky malé kapacity budou využívány jen pro bodovou registraci dat.

Zobrazovací jednotka typu displej a tiskárna budou vyvíjeny a postupně nahrazovány technikou lepších parametrů.

Uvedené typy zařízení může prakticky nahradit řídicí minipočítačový systém. Minipočítač napojený ON-LINE na vyhodnocovací přístroj může pracovat v ON-LINE nebo OFF-LINE systému centrálního

výkonného počítače 3,5. až 4. generace. Pro zpracování registrovaných dat bude vhodné, jestliže bude vybaven vektorovým displejem s možností grafického zobrazení dat simultánně s měřením a záznamem dat do vnitřní nebo vnější paměti. Použití vnitřní paměti ve spojení s interaktivní možností opravy dat zobrazených na displeji umožní značné zrychlení technologie předzpracování dat. Přesun obsahu interních pamětí na externí paměťové médium nebo přímo do centrálního počítače nebude při současném rozvoji výpočetní techniky problémem. Spojení ON-LINE řídicího počítače s centrálním počítačem umožní okamžitou konfrontaci dat s obsahem BKD a dovolí provést případné korekce ještě při založení snímku ve vyhodnocovacím přístroji. Na řídicí počítač může být připojeno i více vyhodnocovacích přístrojů a zobrazovacích zařízení.

3.3 Postupy zpracování fotogrammetrických dat

Rozvoji techniky budou odpovídat i příslušné zpracovatelské postupy. Zřejmě ještě dlouho budou přežívat analogové metody vyhodnocení, zejména ve spojení s obnovou topografických map. Protože se ale rozšíří možnosti vyhodnocovacích přístrojů ve spojení s různým stupněm automatizační techniky, lze předpokládat, že změnám podlehnou i postupy pro analytické zpracování registrovaných dat. Na analogové vyhodnocení budou navazovat výpočetní postupy, které data předzpracují tak, aby výsledkem, např. kresby, byla plynulá čára, popřípadě značkou signovaný bod. Analytické výpočty zasáhnou zřejmě i do urychlení vzájemné a absolutní orientace dvojice snímků v ON-LINE systému.

S využitím ON-LINE připojeného počítače bude zřejmě možné na analogových přístrojích provádět přímo aerotriangulaci z nezávislých modelů.

Rozvoj metod OFF-LINE analytické aerotriangulace je dnes prakticky ukončen. Tyto metody budou vylepšovány především technologicky, v návaznosti na možnosti registrační techniky, ale hlavně budou vytvářeny předpoklady pro snížení počtu subjektivních zásahů do výpočtu a objektivizaci celého výpočetního postupu. Bude nezbytné, aby se prosadily metody autokalibrace jako součást výpočtu, kterým je ve světě věnována stále větší pozornost.

Řešení dílčích problémů analytického zpracování dat musí nahradit otevřený zpracovatelský, programový systém, který bude umožňovat na jednotné datové bázi zpracovávat různé druhy snímků a dalších záznamů, a to i takových, které zatím označujeme za nestandardní, např. pořízené s velkou ohniskovou vzdáleností nebo se sklony většími než 3° .

Vzhledem k tomu, že jsou ve světě vyvíjena zařízení, která umožňují ve srovnání s dosavadními velice přesně určit prvky vnější orientace snímku v okamžiku expozice, lze předpokládat vývoj analytických aerotriangulací, které budou vycházet z těchto předpokladů, a nebude nutná apriorní znalost souřadnic vřícovacích bodů.

V oblasti překreslování budou i nadále převládat metody diferenciálního překreslování. K dosažení větší efektivity budou dále rozvíjeny metody OFF-LINE překreslení, kde bude předem připravena povelová řídicí páska a vlastní překreslení bude pak probíhat již bez lidského zásahu. S rozvojem překreslovačů, u nichž je možno nastavovat prvky překreslení v digitální formě, se budou hledat postupy překreslení z nastavovacích prvků orientace snímků, tzv. pravé překreslování. V předpokládaném období lze rovněž očekávat rozvoj metod digitálního překreslování na bázi skeneru s elektronickou korekcí aberací obrazu a analytickým převodem obrazového elementu do požadovaného zobrazení.

Vzhledem k současnému vývoji lze předpokládat rovněž tvorbu analytických metod pro předzpracování a filtraci dat do vhodné formy pro vstup do BKD. Tyto metody budou zřejmě tvořit samostatný technologický blok, i když budou využívat již popsaných principů zpracování měřených dat z analogových vyhodnocovacích přístrojů, precizních komparátorů nebo jiných typů digitalizačních zařízení, např. typu DIGIPOS.

Zvláštní pozornost v souvislosti se zvýšením požadavků na TGZ ČSLA je nezbytné věnovat přístrojovému a zpracovatelskému vybavení pro polní podmínky. Předpokladem je, že se zaváděním malé výpočetní techniky i do polních prostředků bude možno provádět práce, které byly doposud realizovatelné jen v laboratorních podmínkách. Zavedení této techniky by mělo přispět k zrychlené tvorbě fotodokumentů s kartografickou nadstavbou a určování souřadnic bodů s využitím jednodušších typů transformací.

4. Rozvoj dálkového průzkumu Země

V oblasti DPZ lze předpokládat rozvoj analogových i analytických metod, které budou používat některých postupů i přístrojů klasické fotogrammetrie. Především při určování souřadnic bodů ze snímků DPZ můžeme předpokládat využití přístrojů, např. typu STEREO-METROGRAPH nebo ASCO-RECORD, popřípadě STECOMETER. Nelze ale opomenout, že účelem pořizování záznamů DPZ je především interpretace sledovaných jevů. Tomu se i nadále budou podřizovat způsoby záznamu, např. na film, magnetické médium apod., a metody zpracování takto zaznamenaných dat.

Z hlediska způsobu záznamu lze i nadále předpokládat ve větší míře používání pasívních prostředků typu TELEMAR, KATE, MKF6, MSK4 atd., které budou pořizovat záznam na světlocitlivý film, popřípadě na magnetický pás s možností odvysílání získaných údajů telemetrickou cestou. Tento způsob záznamu bude zřejmě stále více rozšiřován.

Předpokladem využití těchto, většinou multispektrálních, systémů pro TGZ ČSLA je další zlepšování jejich parametrů, zejména rozlišovací schopnosti a geometrické věrnosti. Jedině v tomto případě lze reálně uvažovat o jejich praktickém využití pro dané účely.

Pro analogové zpracování multispektrálních záznamů se dosud používal přístroj typu MSP-4C, který by měl být nahrazen přístrojem dovolujícím používat standardní formáty snímků s objektivizovaným procesem tvorby barevné syntézy. Dále se předpokládá, že analogové multispektrální směšovače budou nahrazeny přístroji s řádkovým rozkladem obrazu, jeho úpravou, např. vyrovnání kontrastů, odstranění vlivu vignetace apod. a jeho opětovnou vizualizací. Elektronické mísení několika obrazů pořízených v různých oblastech elektromagnetického spektra dovolí urychlit a objektivizovat proces tvorby barevné syntézy za předpokladu využití metod matematické statistiky.

Zpracování obrazů touto metodikou je neobyčejně výpočetně náročné a vyžaduje vývoj velmi rychlých procesorů a pamětí s vysokou hustotou záznamu. Proto budou v následujících letech vyvíjeny specializované „uzavřené“ systémy pro zpracování dat, např. typu FEAG a jeho modernizovaných variant. Pro speciální práce bude nezbytné vytvořit tzv. „otevřené“ zpracovatelské systémy typu PHOTO-MATION, které budou využívat moderních rozkladových a vizualizačních jednotek, ale veškeré analytické zpracování se bude odehrávat v řídicím počítači velké operační rychlosti a průchodnosti dat. Tento systém umožní vytvářet software pro speciální metody zpracování záznamů DPZ.

Protože komplexní, čistě analytická interpretace je velmi obtížná záležitost, předpokládá se, že budované systémy budou hybridním spojením analogových a analytických metod interpretace.

5. Závěr

TGZ vyžaduje nepřetržité plnění vojenskoodborných úkolů TS ČSLA. Jejich úspěšné zvládnutí mohou v řadě případů zabezpečit vhodně zvolené metody fotogrammetrie a dálkového průzkumu Země. V následujícím období bude proto nezbytné věnovat náležitou pozornost přístrojovému vybavení specializovaných pracovišť TS ČSLA, ke kterému budou plánovitě rozvíjeny návazné technologie pro zpracování analogových a analytických dat.

Současný stav a nejbližší perspektivy rozvoje digitálního modelu území pro potřeby ČSLA

1. Současný stav rozvoje digitálního modelu území

Tvorba souborů digitálního modelu území (dále DMÚ), vyvolaná praktickými potřebami odborných orgánů a štábů ČSLA, zvláště letectva a vojska PVOS, byla zahájena v roce 1973. Po řadě studií a rozborů bylo stanoveno, že jako první bude v rámci DMÚ vytvářen soubor digitálních údajů o reliéfu — digitální model reliéfu (dále DMR). Celá řada problémů, daných především úrovní rozvoje techniky v této době, neumožňovala přistoupit ihned k návrhu a tvorbě takového DMR, který by svou přesností uspokojoval bezprostředně potřeby převážné části aplikací. Bylo proto rozhodnuto vytvořit v relativně krátké době jednoduchý DMR, který bude pro potřeby aplikací doplňován zpřesňujícími údaji, dodávanými spolu s dalšími potřebnými charakteristikami jako vstupní data aplikačních projektů a programů. Vytvořený DMR, dokončený do současného stavu v roce 1976, je v ČSLA široce využíván řadou aplikací pro potřeby letectva, vojska PVOS, vojska PVO pozemních vojsk i některých orgánů spojovacího vojska, orgánů REB atd.

Tvorba přesnějšího DMR, který by bez doplňkových údajů bezprostředně uspokojoval převážný počet aplikací, byla zahájena v roce 1979. Elementem tohoto modelu, jak je jistě známo, je nadmořská výška tzv. uzlového bodu, umístěného ve vrcholu čtvercové sítě různé hustoty (500 m, 200 m, 100 m) v závislosti na výškové členitosti. Pro tvorbu modelu byla stanovena kartometrická digitalizace a v současné době jsou tímto způsobem připraveny údaje modelu z části ČSR (od západní hranice po 15° vých. délky), nejsou však dosud na paměťových médiích. Později bylo přikročeno k posouzení a posléze přebírání údajů obdobného charakteru, které zpracovával původně pro své potřeby n. p. Geofyzika Brno. Tento model je zpracován z prostoru zhruba 80 až 90 % území ČSSR a předpokládá se, že v průběhu roku 1986 bude vytvořen model z celého území. Při kontrole přebíraných údajů však vznikly určité problémy, které bude třeba řešit v následujícím období.

Jako další prvky byly podle požadavků předpokládaných uživatelů rozpracovány porosty a zástavba. Tyto prvky jsou vymežovány obrysovými polygony a doplněny kvalitativními a kvantitativními charakteristikami, z nichž jsou nejvýznamnější výškové údaje ovlivňující překážkovost těchto terénních předmětů. V první polovině roku 1986 bude dokončen prováděcí projekt pro technologii tvorby, naplňování souborů a manipulaci s údaji těchto prvků. Na základě toho je možné ve druhé polovině roku 1986 zahájit provozní zpracování příslušných datových souborů s využitím AKS DIGIKART,

Ve stadiu studií jsou otázky uplatnění vytvářené báze dat pozemních komunikací (BDPK) pro prvek komunikace digitálního modelu území.

2. Požadavky druhů vojsk a služeb na další prvky DMÚ a jejich zhodnocení

K širšímu zavedení a využívání DMÚ druhy vojsk a služeb ČSLA je nutné rozšířit jeho datovou bázi o další geografické prvky a o potřebné programové vybavení pro obsluhu datových souborů. V současné době je DMÚ využíván především pro operačně taktické a technické aplikace u výše zmíněných složek v podobě údajů jednoduchého DMR. Jedná se zejména o určování profilů reliéfu, stanovení dosahů radiotechnických prostředků, zvláště radiolokačních stanic, výpočet čáry účinné působnosti protiletadlových řízených střel a podobně. Uvedené příklady využití DMÚ prokázaly značnou úsporu živé lidské práce i času.

Stupňující se tempo operací stále více zkracuje čas pro jejich dokonalé plánování, organizaci a řízení vlastní bojové činnosti. Digitální model území jako jeden z prostředků zefektivnění a zpřesnění práce velitelů a štábů by proto měl ve své konečné podobě umožňovat řešit následující hlavní úkoly:

- optimalizaci členění bojové sestavy v závislosti na zvoleném terénu pro směr hlavního úderu, přičemž i směr hlavního úderu by mohl být určován s využitím DMÚ;
- stanovení pásem obrany a směrů protiúderů;

- řešení rozsáhlých přesunů živé síly a bojové techniky;
- určování čar zasazování druhých sledů;
- vyhodnocování následků jaderných úderů;
- modelování bojové činnosti a řízení této činnosti u teritoriálních i polních složek velení;
- optimalizaci rozmístění palebných a průzkumných prostředků;
- optimalizaci rozmístění radiotechnických a spojovacích prostředků

a patrně i celou řadu dalších závažných úloh.

V průběhu roku 1978 byl uskutečněn, a v dalších letech podle možností doplňován, průzkum požadavků na obsah DMÚ u hlavních správ a samostatných oddělení GŠ ČSLA, výzkumných pracovišť a vojenských vysokých škol. Značný význam pro přehled současných, aktuálních požadavků v tomto směru měl bezesporu seminář k problematice DMÚ, organizovaný katedrou geodézie a kartografie VAAZ, který proběhl v závěru roku 1984. I když je možno konstatovat, že některé požadavky se v současné době jeví jako maximalistické, dal dosavadní průzkum celkem reálný obraz o požadovaném obsahu DMÚ, jeho předpokládaném využití a pořadí důležitosti tvorby jednotlivých geografických prvků v digitální podobě. Hlavní závěry tohoto průzkumu jsou ve stručné podobě vyjádřeny v tabulce.

Jako nejaktuálnější se v současné době jeví rozšíření obsahu DMÚ o prvky vodstvo a komunikace.

Vodní toky, zejména od šířky 60 m, se sráznými břehy nebo s obtížnými přístupy a přehrady na vodních tocích tvoří významné operační překážky. Z tohoto důvodu mají o začlenění prvku vodstvo do datové báze největší zájem operační správa GŠ a ženíjní správa MNO. Vodní bilance v zájmovém prostoru je důležitá i pro orgány chemického vojska z hlediska možných zdrojů pitné i užitkové vody, pro plánování míst speciální očisty apod. Po zhodnocení reálných požadavků na tento prvek je možno konstatovat, že se jedná především o polohovou lokalizaci vodních toků, hydrotechnických staveb a stojatého vodstva, kterou lze získat ze současných topografických map. Některé další charakteristiky bude však nutné doplňovat buď z jiných informačních podkladů (například údaje o přehradních hrázích, dobu prázdnění přehrad s ohledem na řešišťe apod.), nebo je určit výpočty přímo z údajů báze dat DMÚ (např. objem vody zadržené přehradou, dobu jejího prázdnění bez ohledu na řešišťe, účinky průlomové vlny po destrukci přehradní hráze a její časový průběh atd.).

Komunikační síť velkou měrou ovlivňuje manévrovost vojsk. V požadavcích z uvedeného průzkumu se proto objevuje nezbytnost jejího doplnění do báze dat DMÚ téměř u všech druhů vojsk a služeb. Je vcelku reálné, podobně jako u prvku vodstvo, předpokládat, že základní údaje o komunikacích lze získat z topografických a speciálních map.

Oba uvedené prvky, stejně tak jako i ostatní (viz tabulku 1), budou v DMÚ uloženy ve dvou variantách. V první variantě pro každý prvek budou tvořeny soubory dat, relativně nezávislé, ve kterých budou uloženy množiny definičních bodů elementů prvků v souřadnicových párech (včetně kvalitativních a kvantitativních charakteristik) a ve kterých se budou zaznamenávat nezbytné logické návaznosti a vazby těchto elementů na okolí. Pomocí těchto souborů bude možno řešit některé konkrétní úlohy operačního nebo technického charakteru, ve kterých není nezbytně potřeba uplatnit ostatní prvky. Druhou variantu uložení prvků v DMÚ bude tvořit „spojení“ reliéfu a dalších potřebných prvků. Při tomto spojování, kdy se budou vytvářet tzv. generované nebo účelově přetvořené soubory, dojde k určité polohové deformaci jednotlivých prvků, neboť všechny souřadnice elementů prvků budou vztahovány při požadavcích na maximální přesnost ke čtvercům 100×100 m, odpovídajícím nejhustšímu členění DMR. Generované soubory či modely budou tvořeny převážně pro řešení komplexních úloh, které jsou uvedeny v první části tohoto příspěvku. Zmíněná polohová deformace však nebude mít negativní vliv na výslednou přesnost aplikačních úloh zvláště proto, že řešení těchto úloh na značně rozsáhlých prostorech si samo o sobě vyžádá značnou míru zjednodušení souborů DMÚ.

DMÚ v současné podobě, s částečně naplněným souborem reliéfu a prvky porosty a zástavba, připravenými k doplňování, nemá dosud zcela ujasněnou koncepci struktur dat, souborů a modulů pro ovládání báze dat. Tato skutečnost je dána reálnými podmínkami vývoje a tvorby DMÚ. S přibývajícími prvky je však nutné zároveň řešit i tyto otázky. V teritoriálním výpočetním středisku, které bude mít jako jeden z úkolů správu báze dat DMÚ, bude nutné vytvořit podmínky pro efektivní manipulaci s uloženými i novými daty (ukládání, kontroly, aktualizace, výběr atd.), to znamená zabezpečení převodu souborů pod vhodný databázový systém, např. IDMS nebo jeho obdobu. Pro polní výpočetní střediska, ve kterých se též předpokládá užívání vhodného databázového systému pro manipulaci s hromadnými daty, by měly být vybírány a upravovány prvky z nezávislých i generovaných souborů tak, aby je bylo možno převést do tohoto databázového systému bez jakýchkoliv komplikací.

| Prvek | Charakteristiky | Zdroj inform. | Požadované pořadí tvorby | | | |
|----------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Komunikace | – průběh – objekty – vzlet. a přist. dráhy | BDPK BDPK BDPK | | | | |
| Vodstvo | – vodní toky – přehrady (obrys) – přehrady (techn. údaje) – přístupy k vodním tokům – objekty | BKD BKD E, V E, V BKD | | | | |
| Výšk. překážky | viz registr výšk. překážek | RVP | | | | |
| Půdní typy, bažiny, močály | viz mapu průchodnosti | SM | | | | |
| Telekomunikace | – lokalizace – hl. parametry | TM, E TM, E | | | | |
| Potrubní komunikace | – průběh – hl. parametry | TM, E TM, E | | | | |
| Elektr. vedení | – průběh – hl. parametry | TM TM | | | | |
| Geodetické body | viz registr PGB | RGPB | | | | |
| Průchodnost mimo komunikace | dosud neupřesněno | V | | | | |
| Prům. závody | dosud neupřesněno | TM, E | | | | |
| Sklady materiálu, PHM a hořlavin | – lokalizace – druh – kapacita | TM, E TM, E TM, E | | | | |
| Lomy, doly | – lokalizace – materiál | TM, E TM, E | | | | |
| Státní hranice | – průběh | TM | | | | |
| Geofyzikální údaje | viz mapu GÚ | SM | | | | |
| Údaje pro let. provoz | viz leteckou orientační mapu | SM | | | | |

Zdroj informací (vysvětlení v části 3):

- BDPK – báze dat pozemních komunikací
- BKD – banka kartografických dat
- RVP – registr výškových překážek
- TM – topografická mapa
- SM – speciální mapa
- RGPB – registr polohových geodetických bodů
- E – externí zdroj informací
- V – výpočet

3. Předpokládané požadavky na výzkumné, vývojové a provozní zabezpečení komplexního DMÚ

V průběhu 8. pětiletky je žádoucí zahájit tvorbu, zvláště pak digitalizaci údajů přesnějšího DMR v zájmovém prostoru mimo území ČSSR. V rámci těchto prací by bylo vhodné uplatnit produktivnější technologii. Pokud bude použito zařízení AKS DIGIKART, i když pro tyto účely není zdaleka nejvhodnější, bude-li provedena digitalizace vrstevnic z dostupných topografických map co možná největšího měřítka a následně výpočet výšek uzlových bodů ve vrcholech čtvercové sítě, je možno očekávat poměrně vysoké časové nároky. Tyto nároky se příliš neliší od kalkulací při současné kartometrické digitalizaci, a jak se ukazuje, není reálné zvládnout je patrně ani v průběhu pětiletky. Z tohoto důvodu se jeví jako účelné od kartometrické digitalizace neustupovat a úkol zabezpečovat v kombinaci metod.

Kromě toho je nezbytně třeba provést v nejbližším období účinnou kontrolu údajů DMR, přebíraných od n. p. Geofyzika Brno, vzhledem k oprávněnému podezření na přítomnost chybných údajů. Minimální systém kontroly by zahrnoval porovnání výšek alespoň pěti bodů určených z mapy měřítka 1:25 000 s výškami odpovídajících uzlových bodů modelu. Na tyto práce je třeba očekávat nárok asi 0,5 SH na jednu mapu měřítka 1:25 000, pro celé území ČSSR tedy asi 1000 SH. Objem nároků opravné digitalizace a dalších s tím spojených prací bude však možno stanovit až po kontrole zpracované alespoň z prostoru 1 až 2 map měřítka 1:200 000.

Jak již bylo zmíněno, je reálné zahájit ve druhé polovině roku 1986 provozní zpracování datových souborů prvků porosty a zástavba při využití zařízení AKS DIGIKART. Podle rozborů provedených při tvorbě ideového projektu zmíněných prvků a na základě zpracování experimentálního zkušební vzorku pro ladění programů prováděcího projektu je třeba očekávat nároky asi v tomto rozsahu (pro území ČSSR):

a) porosty

- redakční příprava (varianta využití údajů zpracovaných orgány Lesprojektu a Lesprojekty) asi 5200 SH, z toho asi 1200 SH práce redaktora-topografa,
- digitalizace asi 3200 SH,
- kontrolní kresba a výpočetní zpracování asi 500 SH;

b) zástavba

- redakční příprava asi 2500 SH,
- digitalizace asi 1600 SH,
- kontrolní kresba a výpočetní zpracování asi 350 SH.

V průběhu posledních let byla řešena řada problémů z oblasti automatizované tvorby topografických a speciálních map. V rámci příslušných prací byly mimo jiné rozpracovány moduly banky kartografických dat, podrobně pak ty, které zabezpečují příjem, kontrolu, ukládání, aktualizaci a výdej souborů údajů prvku vodstvo. Prvek vodstvo je tedy možno po naplnění příslušných souborů na paměťových médiích BKD údaji z topografických map a po vhodné úpravě (zjednodušení, redukci nebo v některých případech po doplnění) přebírat pro potřeby DMÚ. Posouzení příslušných nároků převodu si vyžádá krátkou srovnávací studii, která by mohla být předmětem výzkumných činností příslušného dílčího výzkumného úkolu v 8. pětiletce, dále pak vytvoření potřebného programového aparátu pro manipulaci s údaji prvku vodstvo v rámci DMÚ.

Pro prvek komunikace vznikl ve zmíněném období programový aparát báze dat pozemních komunikací (BDPK) pro potřeby tvorby speciálních, zvláště dopravních map. Hlavní charakteristiky BDPK a jejich příslušných souborů byly již zhodnoceny z hlediska potřeb DMÚ a prokázalo se, že u pozemních komunikací šetřené předměty a jejich charakteristiky, až na některé drobné problémy, odpovídají požadavkům DMÚ. Je však třeba provést potřebné výzkumné práce pro zařazení a zpracování prvku drážní komunikace, které nejsou dosud řešeny, a i zde zabezpečit zpracování potřebného programového aparátu pro manipulaci s údaji prvků pozemní a drážní komunikace.

Pro posouzení nároků na další prvky, především na ty, které jsou kromě již rozpracovaných nezbytné pro komplexní posouzení průchodnosti terénu, zvláště půdy, močály atd., bude nutno dále zpřesnit současné požadavky vojsk. V tom by mohl sehrát významnou roli VzÚ GŠ. Na základě těchto požadavků budou stanoveny informační zdroje, upřesněny kvalitativní a kvantitativní charakteristiky těchto prvků a navržena technologie převodu údajů do digitální formy.

Trvale vysoce závažnou otázkou další výstavby DMÚ jsou vazby na případné obdobné modely v rámci armád států Varšavské smlouvy. Vzhledem k rozsahu území, ze kterého má DMÚ ČSLA poskytovat informace, a to nejen pro velitele a štáby naší armády, ale oprávněně a pochopitelně i pro spojenecké

armády, by mělo rozhodně dojít ke koaliční koordinaci a sjednocení požadavků na jednotlivé soubory modelu, na principy jejich výstavby, využívání, aktualizace atd. To vše pak v odpovídající vazbě na užívanou výpočetní techniku a postupně i v koordinaci tvorby aplikačních úloh, jejich algoritmů či dokonce vlastních programů.

K současnému stavu vývoje a tvorby speciálních map a vojenskogeografických informací v ČSLA

Hlavním úkolem odborné činnosti TS ČSLA na úseku vojenské geografie je zabezpečení aktuálních podkladů charakterizujících a hodnotících území předpokládané vojenské aktivity. Jejich vyhotovení a využívání značnou měrou přispívá k vytváření podmínek pro úspěšnou práci štábů a činnost vojsk.

Ve Sborníku TS MNO č. 1/1983 [2] byly uvedeny hlavní směry úsilí TS ČSLA v této oblasti, zejména se zaměřením na tvorbu speciálních map, pro období minimálně pěti let. Tento příspěvek je orientován již na stav rozpracování a naplňování stanovených záměrů a na zobecnění zkušeností, poznatků a výsledků z řešení této oblasti vojenskoodborné činnosti TS ČSLA.

1. Stručné zhodnocení plnění záměrů koncepce tvorby speciálních map

Dosažené výsledky a schválené závěry předchozího řešení vyústily v rozpracování Koncepce tvorby a obnovy vojenských speciálních map a vojenskogeografických podkladů na období 1982 až 1985 s výhledem do roku 1990 [5]. Vytvořily obsahový základ pro řešení výzkumu a vývoje jednotlivých národních speciálních map a vedle zpracování ukázek map i pro vyhotovení směrnic pro jejich vlastní tvorbu. Řešení úkolu vyplývá především z potřeby zásobovat vojska speciálními mapami s aktuálním obsahem a v potřebných cyklech. Naplňování stanovené koncepce tvorby speciálních map, její konkretizace a zpřesňování představovalo vcelku širokou problematiku jak po stránce obsahové, tak i organizační. Respektovány byly vazby na realizační pracoviště i na orgány, které se zabývají zásobováním speciálními mapami. Při řešení úkolu tak byla zajištěna nezbytná vnitřní spolupráce v rámci TS ČSLA i součinnost s dalšími složkami ČSLA. Kolektiv řešitelů zpracovával problematiku po jednotlivých speciálních mapách a dílčích etapách, které byly postupně vymezovány a zpřesňovány [3]. Stanovené etapy byly podmíněny zejména potřebou zdůvodnit, podchytit a zdokumentovat proces vývoje a zavádění speciálních map do zásobování ČSLA. Bylo tak nutné metodicky i obsahově jednotně a kvalitně vyřešit a koncepčně koordinovat celý tento proces. Realizace takového postupu umožňuje zavést do vývoje a tvorby speciálních map jednotný systém a řád.

Na druhé straně je třeba vidět, že celý tento cyklus není ještě v současnosti zcela zvládnut a doveden do realizace tak, aby se stal vžitou, do jisté míry formalizovanou a relativně rychlou záležitostí. Ve svých důsledcích může brzdit výrobu a praktické zavádění speciálních map do zásobování ČSLA. To vyplývá ze skutečnosti, že existují nedostatky v pochopení obsahu a místa konkrétní etapy v tomto cyklu. Není ještě zcela specifikován postup a existují rezervy v upřesnění vazeb mezi pracovišti při vyhotovování stanovených materiálů a dokumentů.

Naplňování stanovené koncepce v oblasti jednotných (spojenecky unifikovaných) speciálních map, národních speciálních map, dalších účelových speciálních map, reliéfních map a stolů bylo ve vývojové fázi rozčleněno do 120 dílčích etap. V současnosti je z tohoto počtu asi 85 % etap uzavřeno.

Při řešení úkolu a zpracování jednotlivých materiálů byl prováděn vcelku rozsáhlý průzkum u správ MNO, orgánů topografické služby ZVO, VVO i letectva, který je využitelný nejen pro konkrétní etapu, ale v souhrnu i pro další obsahové zpřesnění vydávaných materiálů a je námětem pro další zkvalitnění zabezpečení vojsk speciálními mapami a vojenskogeografickými podklady.

Z dosavadního postupu řešení vyplývají tyto skutečnosti:

- zásady unifikace a standardizace a nároky stanovené při tvorbě koncepce speciálních map a vojenskogeografických podkladů jsou v obecné rovině respektovány;
- projevují se snahy rozšiřovat varianty některých druhů speciálních map; v tom je určitá obtížnost udržet původní záměr;
- doposud zpracované ukázky speciálních map neposkytují vždy zásadně rozdílné varianty v kartografickém vyjádření;

— obecným poznatkem, potvrzujícím dřívější předpoklady, je potřeba určité úpravy názvosloví dvojjazyčné topografické mapy měř. 1:200 000 jako podkladu pro dotisk prvků speciálního obsahu národních speciálních map;

— značným problémem dosud zůstává zajištění tvorby map potřebnými speciálními informacemi a zatím nedostatečný podíl odborných uživatelů speciálních map v tomto směru;

— vlastní tvorba jednotlivých map je doposud značně zdlouhavá.

Ani v dalším období by nemělo být rozšiřování sortimentu speciálních map samostatně zaváděných do centrálního zásobování závislé jen na vyjádření momentálních potřeb jednotlivé složky. Záměry sledované koncepcí je nutno promítnout i do oblasti procesu zásobování mapami a soustavně sledovat plnění schválených opatření.

Je žádoucí a potřebné:

— posílit úlohu a závaznost koncepce tvorby vojenských speciálních map a vojenskogeografických podkladů a tak přispět k omezení dalších nadbytečných duplicitních rozborových materiálů a celkově zvýšených nároků na administrativu;

— důsledněji dodržovat zásady unifikace a standardizace; mezi základní organizační a metodická opatření bude patřit vytvoření zásad jednotné tvorby mapových značek, schválení a vydání značkového klíče speciálních map po určitých skupinách prvků speciálního obsahu a na tomto základě pak realizace dalšího rozvoje uplatnění automatizace v tvorbě speciálního obsahu map;

— v tvorbě speciálních map uplatňovat automatizované technologické kroky a spolu s tím zabezpečovat výstavbu programového aparátu;

— při vývoji a vlastní tvorbě map postupovat soustředěným úsilím tak, aby každá mapa byla vytvářena za kratší období než dosud.

Doposud dosažené výsledky jsou však důležitým základem pro důslednější jednotné řízení vývoje a tvorby speciálních map určených zejména do centrálního zásobování.

Cíle a požadavky kladené na realizaci koncepce speciálních map lze závěrem 7. pětiletky hodnotit v celém komplexu a v rozhodujícím rozsahu jako splněné.

2. Rozpracování přístupů k řešení nových druhů a forem vojenskogeografických informací

Řešení nových druhů a forem vojenskogeografických informací vyplývá z vědeckotechnického rozvoje, ze zavádění nové techniky, ze specifik jejího používání, z podmínek činnosti štábů při plánování a řízení činnosti vojsk i ze změn vyvolaných ekonomickým rozvojem a aktivitou v zájmových prostorech, které ve svém celku mění vojenské charakteristiky území a jejich vliv na činnost a materiální a technické zabezpečení vojsk ČSLA. Tyto skutečnosti je nezbytné promítnout rovněž do vojenskogeografických podkladů poskytovaných štábům a vojskům ČSLA.

Podmínky zabezpečení tvorby vojenskogeografických podkladů jsou ovlivněny těmito faktory:

— rozvojem systému a metod velení;

— zaváděním prostředků automatizovaného systému velení a řízení i v polních podmínkách, což klade další nároky na rozvoj digitálních forem vojenskogeografických informací a jejich zpracování;

— úrovní informačního zabezpečení, které často determinuje tvorbu a aktualizaci podkladů;

— potřebou obsahové a výrazové návaznosti informačních materiálů a podkladů.

Konkrétním výsledkem uskutečněného řešení je shrnutí poznatků průzkumu provedeného mezi složkami MNO a modelové rozpracování specifických vojenskogeografických informací [1].

V oblasti tvorby vojenskogeografických informací a podkladů má topografická služba dlouholetou zkušenost ve vytváření a vydávání potřebných materiálů, a to především ve sféře fyzikogeografické. Za tuto oblast i přes využívání externích spolupracovníků si potřebné údaje po provedeném a zpravidla účelově zaměřeném sběru převážně sama vyhodnocuje a zpracovává. Tíha odpovědnosti v zásadě spočívá pouze na odborných pracovištích topografické služby.

Ze sféry socioekonomické vystupují do popředí pozornosti komunikace a sídla především proto, že patří k základním prvkům mapového obsahu.

Topografická služba musí však zpracovávat a vydávat i materiály, jejichž odborný obsah je nutné získat od jiných, zpravidla uživatelských složek. To je častý případ dalších socioekonomických a speciálních vojenských informací, kdy je potřebný výrazně větší podíl externích spolupracovníků mimo TS ČSLA.

S ohledem na různý stupeň ujasnění potřeb a tím i různý uživatelský zájem o vojenskogeografické informace ve složkách ČSLA a s přihlédnutím k možnostem vlastních řešitelských kapacit v TS ČSLA byla pro modelové ověřování výzkumu a vývoje číselných a kombinovaných forem vojenskogeografických informací o území zvolena zdravotnická tematika ve spolupráci se zdravotnickou správou HT MNO. Úzká a aktivní spolupráce umožnila dosáhnout konkrétní modelové realizační výstupy a dovoluje odvodit metodické poznatky pro řešení obdobných úloh v jiných sférách v dalším období. Dosažené výsledky jsou využitelné při realizaci koncepce tvorby speciálních map a zejména při výzkumu otázek spojených s budováním vojenskogeografického informačního systému.

Při zpracování vojenskogeografických informací a materiálů je jednoznačně efektivní využití automatizační techniky. Zaměřili-li se rozhodující úsilí na včasnou přípravu aktuálních podkladů, bude současně zajištěn podíl TS ČSLA na zabezpečení procesu velení a řízení.

3. Perspektivy dalšího postupu řešení

Z prací na zadaných úkolech, ze získaných poznatků a z nich vyvozených závěrů vyplývají následující obecné a zásadní skutečnosti pro další postup rozpracování speciálních map a vojenskogeografických informací v TS ČSLA:

- realizovat vývoj a vybudování informačního systému vojenské geografie;
- pro tvorbu vojenskogeografických podkladů a speciálních map využívat možností dálkového průzkumu Země;
- v oblasti výzkumu, vývoje, tvorby a zavádění speciálních map bude potřebné zpřesnit, schválit a vydat jednotnou závaznou a stabilizovanou metodiku spolu se závaznými opatřeními v oblasti organizační (rozdělení prací mezi jednotlivými pracovišti, stanovení posloupnosti a časových lhůt);
- organizace a metodika činnosti štábů a plánování operací v návaznosti na místo ČSLA v rámci spojeneckého uskupení vyvolává nutnost zkoumat nároky i vzhledem k současným již vytvářeným materiálům a potřebám spojeneckých uskupení vojsk;
- zjišťovat a určitou formou vydávat informace o stavu a změnách fyzickogeografických, socioekonomických i specifických vojenskogeografických prvků a k tomuto účelu prohloubit organizaci sběru informací ze zájmového prostoru a uvážit tvorbu vybraných tematických podkladů;
- rozpracovat a řešit základní otázky unifikace a standardizace speciálních map a grafických podkladů vytvářených v poli;
- zvýšit propagaci a znalost speciálních map a vojenskogeografických informací mezi uživateli ke zvýšení jejich schopnosti je využívat.

4. Závěr

Další aktualizace a zpřesnění existující koncepce tvorby speciálních map, vojenskogeografických vyhodnocení a dalších podkladů vyžaduje, aby byly v odborné činnosti TS ČSLA poznávány, studovány změny a nové jevy v organizaci činnosti štábů, vojsk, v zavádění nových technických prostředků. V součinnosti s dalšími orgány MNO tak bude nutno postupně formulovat závěry a odvodit nároky na oblast vojenské geografie.

Samotný postup řešení si vyžádá interdisciplinární spolupráci. Vojenská geografie pak přinese teoreticky zdůvodněné a prakticky ověřené konkrétní podklady potřebné pro práci orgánů odpovědných za plánování operací a řešících odborné zabezpečení činnosti vojsk.

Literatura:

- [1] JANSKÝ, P.: Modelové rozpracování vojenskogeografických informací na potřebách vojenského zdravotnictví. [Výzkumná zpráva.] Praha, VS 090 1983.
- [2] JANSKÝ, P.: Stav a směr vývoje tvorby speciálních map v ČSLA. Sborník TS MNO, 1983, č. 1, s. 32–34.
- [3] JANSKÝ, P.: Výzkum a vývoj nových druhů a forem vojenskogeografických informací o válčišti a jeho změnách z hlediska mechanizace a automatizace jejich tvorby a využívání veliteli a štáby. [Závěrečná zpráva.] Praha, VS 090 1985.
- [4] JANSKÝ, P. – TOMES, J.: Úvodní studie a návrhy nových druhů a forem vojenskogeografických informací pro ASVŘ. [Výzkumná zpráva.] Praha, VS 090 1983.
- [5] Koncepce tvorby a obnovy vojenských speciálních map a vojenskogeografických podkladů na období 1982 až 1985 s výhledem do roku 1990. [Technické pokyny.] Praha, MNO-TS 1982.
- [6] LAUERMANN, L.: Vojenská geografie. [Rukopis učebnice.] Brno, VAAZ 1985.

Do redakce došlo 25. března 1986.



Použití krakovjanů*) pro výpočet rovinných souřadnic v Gauss-Krügerově zobrazení

Článek vznikl za studijního pobytu autora na katedře geodézie a PÚ stavební fakulty ČVUT.

1. Úvod

V původních konformních válcových zobrazeních, která nejsou v normální poloze, bylo použito nejprve konformního zobrazení elipsoidu na kouli a pak teprve na válcovou plochu v transverzální nebo obecné poloze. Po roce 1920 se však začalo v geodetických a topografických pracích používat přímého zobrazení poledníkových pásů z elipsoidu do roviny bez prostřednictví koule.

Právě v Gaussově zobrazení, které je často v literatuře i v praxi nazýváno Gauss-Krügerovo, je zobrazován elipsoid přímo do roviny, tedy bez zprostředkující koule s nezakresleným přímkovým základním poledníkem.

Zobrazovací rovnice

$$X = f_1(\varphi, \lambda),$$

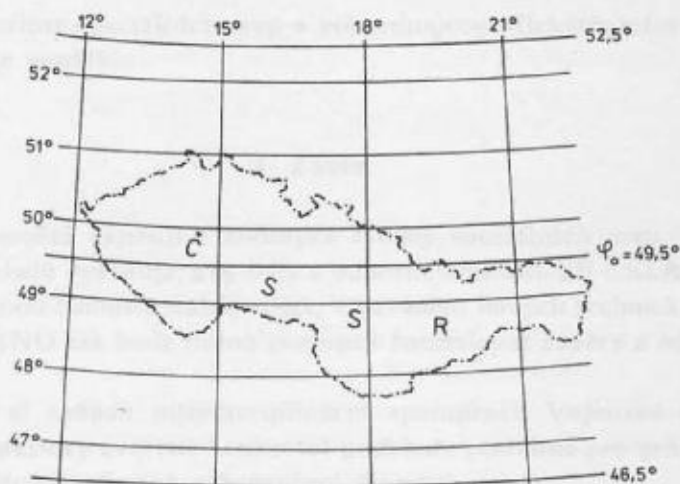
$$Y = f_2(\varphi, \lambda) \quad (1)$$

určují vztah mezi polohou bodu $P(\varphi, \lambda)$ na elipsoidu a polohou jeho kartografického obrazu $P'(X, Y)$ v rovinné pravoúhlé souřadnicové soustavě.

Pro určení souřadnic X, Y v Gauss-Krügerově zobrazení byla odvozena řada řešení. Mezi jiným bylo použito rozvoje v mocninné řady, např. bulharským geodetem prof. Christovem, maďarským geodetem prof. Tarczy-Hornochem a polským astronomem-geodetem prof. Grabowským.

Použití krakovjanů pro výpočet souřadnic v Gauss-Krügerově zobrazení propracoval polský astronom-geodet prof. Banachiewicz (Hayfordův elipsoid) [1]. Zjednodušení provedl další polský geodet prof. Milbert (Besselův elipsoid) [5]. Obě metody umožňují provádět výpočty souřadnic bodů na území PLR.

V následující části tohoto článku je uveden způsob použití krakovjanů pro výpočet souřadnic bodů v Gauss-Krügerově zobrazení na území ČSSR (Krasovského elipsoid).



2. Odvození výpočetních rovnic

V článku [6] jsou odvozeny rovnice, jejichž úpravou lze řešit naznačenou problematiku.

Obecná rovnice pro výpočet souřadnic X, Y v Gauss-Krügerově zobrazení pomocí krakovjanů má tvar:

*) Podle K. Kučery: Výkladový geodetický a kartografický slovník. Praha, SNTL 1964, s. 39: „Krakovjan — druh matice s jinými pravidly násobení, než jaká mají obvyklé matice; krakovjany je možno přehledně vyjádřit složitě algebraické problémy jednoduchou symbolikou; lze je uplatnit i ve vyrovnávacím počtu.“ Viz též J. Kašpar: Krakovjany v geodézii. Zeměměřický obzor, 1950, č. 5.

$$\begin{Bmatrix} X \\ Y \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ f \\ f^2 \\ f^3 \\ \vdots \\ f^n \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} a_{00} & a_{10} & a_{20} & \dots & a_{m0} \\ a_{01} & a_{11} & a_{21} & \dots & a_{m1} \\ a_{02} & a_{12} & a_{22} & \dots & a_{m2} \\ a_{03} & a_{13} & a_{23} & \dots & a_{m3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{0n} & a_{1n} & a_{2n} & \dots & a_{mn} \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & l \\ l^2 & 0 \\ 0 & l^3 \\ \vdots & \vdots \\ l^m & \end{Bmatrix}, \quad (2)$$

ve zkráceném zápisu

$$\begin{Bmatrix} X \\ Y \end{Bmatrix} = \mathbf{f} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{l}, \quad (2')$$

- kde
- X, Y — hledané souřadnice Gauss-Krügerovy,
 - \mathbf{f}, \mathbf{l} — krakovjany sestavené z hodnot daných veličin,
 - \mathbf{A} — krakovjan, tzv. jádro zobrazení, sestavený z koeficientů, jejichž určení je účelem tohoto článku.

Koeficienty prvního sloupce krakovjany \mathbf{A} je možno vypočítat z podmínky, aby střední poledník byl zobrazen nezkresleně. Tuto podmínku lze zapsat ve tvaru nekonečné mocninné řady:

$$X = a_{00} + a_{01} f^1 + a_{02} f^2 + a_{03} f^3 + \dots + a_{0n} f^n \dots, \quad (3)$$

zkráceně

$$X = a_{00} + \sum_{i=1}^n a_{0i} \cdot f^i, \quad (3')$$

přičemž

$$a_{00} = B = \int_0^{\varphi_0} M \cdot d\varphi \quad (\text{viz [4], str. 73}), \quad (4)$$

- kde
- φ_0 — zeměpisná šířka střední rovnoběžky (pro ČSSR $\varphi_0 = 49,5^\circ$, obr. 1),
 - M — hlavní meridiánový poloměr křivosti,
 - $f = \frac{\varphi - \varphi_0}{\delta}$ — koeficient vypočtený ze zeměpisné šířky daného bodu $P(\varphi, \lambda)$.

Naproti tomu

$$a_{0i} = \left(\frac{\delta}{\rho^0}\right)^i \cdot \frac{1}{i!} \left(\frac{d^i B}{d\varphi^i}\right)_{\varphi = \varphi_0}, \quad (5)$$

přičemž

$$\frac{dB}{d\varphi} = M \quad (\text{viz [4], str. 73}). \quad (6)$$

Rovnici (6) je možno přetvořit na tvar:

$$\frac{dB}{d\varphi} = C (1 + e'^2 \cdot \cos^2 \varphi)^{-\frac{3}{2}} = C (1 + \eta^2)^{-\frac{3}{2}}, \quad (7)$$

- kde
- $C = \frac{a^2}{b}$ — polární poloměr křivosti,
 - e' — druhá excentricita elipsoidu.

Rozvojem členu $(1 + \eta^2)^{-\frac{3}{2}}$ v Maclaurinovu řadu dostaneme:

$$\frac{dB}{d\varphi} = C \left(1 - \frac{3}{2} \eta^2 + \frac{15}{8} \eta^4 - \frac{35}{16} \eta^6 + \frac{315}{128} \eta^8 - \frac{3465}{1280} \eta^{10} \right). \quad (8)$$

Postupným výpočtem dalších derivací rovnice (8) a jejich dosazením do rovnice (5) dostáváme výrazy pro určení hodnot koeficientů prvního sloupce krakovjanu \mathbf{A} :

$$a_{01} = \left(\frac{\delta}{\rho^0} \right)^1 \cdot \frac{1}{1} \cdot C \cdot \left(1 - \frac{3}{2} \eta^2 + \frac{15}{8} \eta^4 - \frac{35}{16} \eta^6 + \frac{315}{128} \eta^8 - \frac{3465}{1280} \eta^{10} \right);$$

$$a_{02} = \left(\frac{\delta}{\rho^0} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot C \cdot t \cdot \left(\eta^2 - \frac{5}{2} \eta^4 + \frac{35}{8} \eta^6 - \frac{105}{16} \eta^8 + \frac{1155}{128} \eta^{10} \right);$$

$$a_{03} = \left(\frac{\delta}{\rho^0} \right)^3 \cdot \frac{1}{6} \cdot 3 \cdot C \cdot \left(\eta^2 - \frac{5}{2} \eta^4 + \frac{35}{8} \eta^6 - \frac{105}{16} \eta^8 + \frac{1155}{128} \eta^{10} - \eta^2 \cdot t^2 + \frac{15}{2} \eta^4 \cdot t^2 - \right. \\ \left. - \frac{175}{8} \eta^6 \cdot t^2 + \frac{735}{16} \eta^8 \cdot t^2 - \frac{10\,395}{128} \eta^{10} \cdot t^2 \right);$$

$$a_{04} = \left(\frac{\delta}{\rho^0} \right)^4 \cdot \frac{1}{24} \cdot 3 \cdot C \cdot t \cdot \left(-4 \eta^2 + 25 \eta^4 - 70 \eta^6 + \frac{1155}{8} \eta^8 - \frac{8085}{32} \eta^{10} - 15 \eta^4 \cdot t^2 + \right. \\ \left. + \frac{175}{2} \eta^6 \cdot t^2 - \frac{2205}{8} \eta^8 \cdot t^2 + \frac{10\,395}{16} \eta^{10} \cdot t^2 \right);$$

$$a_{05} = \left(\frac{\delta}{\rho^0} \right)^5 \cdot \frac{1}{120} \cdot 3 \cdot C \cdot \left(-4 \eta^2 + 25 \eta^4 - 70 \eta^6 + \frac{1155}{8} \eta^8 - \frac{8085}{32} \eta^{10} + 4 \eta^2 \cdot t^2 - \right. \\ \left. - 120 \eta^4 \cdot t^2 + \frac{1225}{2} \eta^6 \cdot t^2 - \frac{3675}{2} \eta^8 \cdot t^2 + \frac{135\,135}{32} \eta^{10} \cdot t^2 + 15 \eta^4 \cdot t^4 - \frac{525}{2} \eta^6 \cdot t^4 + \right. \\ \left. + \frac{11\,025}{8} \eta^8 \cdot t^4 - \frac{72\,765}{16} \eta^{10} \cdot t^4 \right);$$

$$a_{06} = \left(\frac{\delta}{\rho^0} \right)^6 \cdot \frac{1}{720} \cdot 3 \cdot C \cdot t \cdot \left(16 \eta^2 - 340 \eta^4 + 1645 \eta^6 - 4830 \eta^8 + \frac{21\,945}{2} \eta^{10} + \right. \\ \left. + 300 \eta^4 \cdot t^2 - 3500 \eta^6 \cdot t^2 + \frac{33\,075}{2} \eta^8 \cdot t^2 - 51\,975 \eta^{10} \cdot t^2 + 525 \eta^6 \cdot t^4 - \right. \\ \left. - \frac{11\,025}{2} \eta^8 \cdot t^4 + \frac{218\,295}{8} \eta^{10} \cdot t^4 \right);$$

$$a_{07} = \left(\frac{\delta}{\rho^0} \right)^7 \cdot \frac{1}{5040} \cdot 3 \cdot C \cdot \left(16 \eta^2 - 340 \eta^4 + 1645 \eta^6 - 4830 \eta^8 + \frac{21\,945}{2} \eta^{10} - \right. \\ \left. - 16 \eta^2 \cdot t^2 + 1920 \eta^4 \cdot t^2 - 18\,725 \eta^6 \cdot t^2 + \frac{166\,845}{2} \eta^8 \cdot t^2 - \frac{509\,355}{2} \eta^{10} \cdot t^2 - \right.$$

$$\begin{aligned}
& - 300 \eta^4 \cdot t^4 - 13\,125 \eta^6 \cdot t^4 - 110\,250 \eta^8 \cdot t^4 + \frac{4\,002\,075}{8} \eta^{10} \cdot t^4 - 525 \eta^6 \cdot t^6 + \\
& + \frac{33\,075}{2} \eta^8 \cdot t^6 - \frac{1\,091\,475}{8} \eta^{10} \cdot t^6); \\
a_{08} & = \left(\frac{\delta}{\rho^\circ}\right)^8 \cdot \frac{1}{40\,320} \cdot 3 \cdot C \cdot t \cdot \left(-64 \eta^2 + 5200 \eta^4 - 47\,320 \eta^6 + 205\,485 \eta^8 - \right. \\
& - 619\,080 \eta^{10} - 5040 \eta^4 \cdot t^2 + 127\,400 \eta^6 \cdot t^2 - 941\,535 \eta^8 \cdot t^2 + \frac{8\,076\,915}{2} \eta^{10} \cdot t^2 - \\
& - 29\,400 \eta^6 \cdot t^4 + 540\,225 \eta^8 \cdot t^4 - \frac{7\,640\,325}{2} \eta^{10} \cdot t^4 - 33\,075 \eta^8 \cdot t^6 + \\
& \left. + \frac{1\,091\,475}{2} \eta^{10} \cdot t^6\right); \\
a_{09} & = \left(\frac{\delta}{\rho^\circ}\right)^9 \cdot \frac{1}{362\,880} \cdot 3 \cdot C \cdot \left(-64 \eta^2 + 5200 \eta^4 - 47\,320 \eta^6 + 205\,485 \eta^8 - \right. \\
& - 619\,080 \eta^{10} + 64 \eta^2 \cdot t^2 - 30\,720 \eta^4 \cdot t^2 + 618\,800 \eta^6 \cdot t^2 - 4\,263\,000 \eta^8 \cdot t^2 + \\
& + \frac{35\,374\,185}{2} \eta^{10} \cdot t^2 + 5040 \eta^4 \cdot t^4 - 529\,200 \eta^6 \cdot t^4 + 7\,408\,800 \eta^8 \cdot t^4 - \\
& - 47\,370\,015 \eta^{10} \cdot t^4 + 29\,400 \eta^6 \cdot t^6 - 1\,852\,200 \eta^8 \cdot t^6 + 22\,920\,975 \eta^{10} \cdot t^6 + \\
& \left. + 33\,075 \eta^8 \cdot t^8 - \frac{3\,274\,425}{2} \eta^{10} \cdot t^8\right); \tag{9}
\end{aligned}$$

Další sloupce krakovjanu **A** vypočteme pomocí krakovjanové rovnice

$$a_i = \varepsilon \cdot a_0 \cdot \underbrace{\mathbf{K} \cdot \mathbf{K} \cdot \mathbf{K} \cdot \dots}_{i\text{-krát}} \tag{10}$$

kde

$$\varepsilon = \left[(-1)^{\frac{1}{2}(i-1) \cdot i} \right] : i! ,$$

- a_0 — jednosloupcový krakovjan, jehož koeficienty lze vyčíslit z rovnice (9),
K — trojúhelníkový krakovjan (viz dále).

Při výpočtu krakovjanu **K** je možno vyjít z následující závislosti:

$$k = \frac{N \cos \varphi}{M} \tag{11}$$

Zlomek $\frac{N \cos \varphi}{M}$ představující poměr délkových elementů ve směru rovnoběžky a poledníku v zeměpisné šířce φ je malý ($k < 1$). Lze tedy rovnici (11) zapsat ve tvaru nekonečné mocinné řady:

$$k = k_0 + k_1 \cdot f^1 + k_2 \cdot f^2 + k_3 \cdot f^3 + \dots + k_n \cdot f^n + \dots \tag{12}$$

čili

$$k = k_0 + \sum_{i=1}^n k_i \cdot f^i \quad (12')$$

V rovnici (12') je potom

$$k_0 = \frac{N \cdot \cos \varphi}{M} \Big|_{\varphi = \varphi_0}, \quad (13)$$

kde

N — hlavní příčný poloměr křivosti;

$$k_i = \left(\frac{\delta}{\rho^0} \right)^i \cdot \frac{1}{i!} \cdot \left(\frac{d^i k}{d \varphi^i} \right) \Big|_{\varphi = \varphi_0} \quad \text{a} \quad \frac{d^i k}{d \varphi^i} = \frac{d^i}{d \varphi^i} \left(\frac{N \cos \varphi}{M} \right). \quad (14)$$

Zlomek $\frac{N \cos \varphi}{M}$ je možno přetvořit následujícím způsobem:

$$\begin{aligned} k &= N \cos \varphi : M = \frac{C}{V} \cos \varphi : \frac{C}{V^3} = V^2 \cos \varphi = (1 + e'^2 \cdot \cos^2 \varphi) \cdot \cos \varphi = \\ &= \cos \varphi + e'^2 \cos^3 \varphi \end{aligned}$$

čili

$$k = \left(1 + \frac{3}{4} e'^2 \right) \cos \varphi + \frac{1}{4} e'^2 \cdot \cos 3 \varphi. \quad (15)$$

Derivace rovnice (15) podle φ je možno vyjádřit vztahem:

$$\frac{d^i k}{d \varphi^i} = \left(1 + \frac{3}{4} e'^2 \right) \cdot \cos \left(i \frac{\pi}{2} + \varphi \right) + \frac{e'^2}{4} \cdot 3^i \cdot \cos \left(i \frac{\pi}{2} + 3 \varphi \right). \quad (16)$$

Vyčíslením rovnic (13), (16) a (14) dostaneme koeficienty krakovjanu \mathbf{K} , tj. $k_0, k_1, k_2, \dots, k_i$. Tento trojúhelníkový krakovjan má potom tvar (viz [1]):

$$\mathbf{K} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & k_0 & k_1 & k_2 & k_3 & \dots \\ 0 & 0 & 2k_0 & 2k_1 & 2k_2 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 3k_0 & 3k_1 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 4k_0 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix} \quad (17)$$

Výpočet rovnic (10) pro hodnoty $\varphi_0 = 49,5^\circ$; $\delta = 3$; $i = 9$; $C = 6\,399\,698,901\,783$; $e'^2 = 0,006\,738\,525\,415$ (C, e'^2 — hodnoty elipsoidu Krasovského) byl proveden na základě vypracovaného programu na počítači EC 1026 ve výpočetním středisku stavební fakulty ČVUT v Praze. Byly tak postupně získány jednotlivé sloupce krakovjanu \mathbf{A} , tj. $a_0, a_1, a_2, \dots, a_9$, které jsou uvedeny v tabulce 1, v níž jsou rovněž uvedeny koeficienty k_0 až k_9 vypočtené z rovnic (13) a (16) (všechny koeficienty byly deklarovány jako DOUBLE PRECISION).

Výsledná rovnice pro výpočet souřadnic bodů v Gauss-Krügerově zobrazení při použití krakovjanů má pak následující podobu:

$$X = \begin{pmatrix} 1 \\ f \\ f^2 \\ f^3 \\ f^4 \\ f^5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 5\,485\,331,3985 & 4\,326,1385 & 1,5236 & -0,0003 \\ 333\,663,9342 & -71,0016 & -0,3343 & -0,0002 \\ 86,9604 & -23,7392 & -0,0006 & 0 \\ -0,4556 & 0,1257 & 0,0023 & 0 \\ -0,0798 & 0,0218 & 0 & 0 \\ 0,0002 & 0,0001 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ l^2 \\ l^4 \\ l^6 \end{pmatrix} \quad (18)$$

$$Y = \begin{pmatrix} 1 \\ f \\ f^2 \\ f^3 \\ f^4 \\ f^5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 217\,313,2869 & -15,4143 & -0,0435 \\ -13\,284,7505 & -9,3571 & 0,0025 \\ -300,5064 & 0,7381 & 0,0010 \\ 5,9851 & 0,0273 & -0,0001 \\ 0,0740 & -0,0016 & 0 \\ -0,0007 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} l \\ l^3 \\ l^5 \end{pmatrix} \quad (19)$$

U Y-ové souřadnice není uvažováno číslo pásu a adiční konstanta 500 km.

Tabulka 1

| | |
|-------|---|
| a_0 | .33346393423893D+06 .86960364491136D+02 -45559224212612D+00 -79774520333817D-01 .20927271849769D-03 .29594673122852D-04 -12020525612840D-07 -61121522323592D-08 -24520315663978D-10 |
| a_1 | .21731328689180D+06 -13284750548315D+05 -30050640671774D+03 .59850670718617D+01 .74021222596378D-01 -71340450632887D-03 -11139882589505D-04 -19637039097795D-07 .24246755804909D-08 |
| a_2 | .43261385348360D+04 -71001586705192D+02 -23739213464856D+02 .12574543270095D+00 .21760945722887D-01 -60094890733873D-04 -80494660741558D-05 .63844456925335D-08 |
| a_3 | -.15414300236586D+02 -93571316170739D+01 .73814085338715D+00 .27281587371748D-01 -16429187215423D-02 -32121858588065D-04 .13626181299380D-05 |
| a_4 | .15235606990486D+01 -33430546338891D+00 -55811994554836D-03 .22594140631986D-02 -28439274088979D-04 -48396233439890D-05 |
| a_5 | -.43546222183491D-01 .25393567881783D-02 .95052896352833D-03 -70317636320623D-04 -34428327996770D-05 |
| a_6 | -.27564460005181D-03 -18936358036478D-03 .35992496740125D-04 .35298922461826D-06 |
| a_7 | -.17618763690878D-04 .77638770777389D-05 -29067526863623D-06 |
| a_8 | -.63369896284397D-06 .86398223177060D-07 |
| a_9 | .62522929123094D-08 |
| k_0 | .65129390561039D+00 |
| k_1 | -.40154247086132D-01 |
| k_2 | -.87702789367406D-03 |
| k_3 | .18852937049066D-04 |
| k_4 | .16798031055483D-06 |
| k_5 | -.32078473468490D-08 |
| k_6 | .11287283452032D-10 |
| k_7 | .57570046472215D-12 |
| k_8 | -.12289571784953D-13 |

Koeficienty v prvním a třetím krakovjanu se vypočítají následujícím způsobem:

$$f = (\varphi - 49,5^\circ) : 3; \quad l = (\lambda - \lambda_0) : 3,$$

kde

φ, λ — zeměpisná šířka a délka daného bodu P .

Přesnost výpočtu souřadnic X, Y touto krakovjanovou metodou je (podle [6]) pro $\varphi \in [46,5^\circ$ až $52,5^\circ]$ a pro $\lambda - \lambda_0 \leq 3^\circ 15'$ (celé území ČSSR) $\pm 0,0005$ m.

3. Příklad a srovnání

Pro ověření popsaného postupu zvolme jako příklad výpočet souřadnic X, Y v zobrazení Gauss-Krügerově bodu P , pro něž platí: $\varphi = 50^\circ$, $\lambda - \lambda_0 = 2^\circ$ (stejný příklad je uveden ve [3], str. 182).

Výsledek výpočtu krakovjanovou metodou:

$$X = 5\,542\,861,9336 \text{ m (podle rovnice 18),}$$

$$Y = 143\,388,8659 \text{ m (podle rovnice 19).}$$

Podobný výsledek byl získán ve [3], kde bylo použito rovnice (15) uvedené na str. 182:

$$X = 5\,542\,861,933 \text{ m,}$$

$$Y = 143\,388,866 \text{ m.}$$

Použije-li se rovnice (50) uvedená ve [2] na str. 121, dospěje se k výsledku:

$$X = 5\,542\,861,9336 \text{ m,}$$

$$Y = 143\,388,8659 \text{ m.}$$

Z porovnání všech tří výsledků plyne dostatečná shoda, přičemž vyčíslení hodnot pomocí krakovjanů má výhodu ve značné jednoduchosti.

Literatura:

- [1] BANACHIEWICZ, T.: Les Cracoviens et quelques-unes de leurs applications en Géodésie. Bulletin de la Société des amis des sciences et des lettres de Poznań, Sér. B, 10, 1949.
- [2] FIALA, F.: Matematická kartografie. Praha 1955.
- [3] HOJOVEC, V. — BUCHAR, P.: K pojetí Gaussova zobrazení poledníkových pásů elipsoidu. Geod. a kartogr. Obz., 30, 1984, č. 8, s. 181—182.
- [4] HOJOVEC, V. — KOVAŘÍK, J.: Matematická kartografie. Praha, ČVUT 1968.
- [5] MILBERT, S.: Wzory do przeliczania współrzędnych Soldnera w układzie Sucha Góra na współrzędne Gaussa-Krügera w systemie Borowa Góra. Geod. i Kartogr. (Warszawa), 1955, č. 2.
- [6] SZCZUREK, J.: Obliczenie współrzędnych prostokątnych X, Y w odwzorowaniu Gaussa-Krügera sposobem Krakowianowym (na elipsoidzie Krasowskiego). Geog. i Kartogr. (Warszawa), 1985, č. 3/4.

Současný stav modelování veličin geomagnetického pole

Úvod

V posledních letech je geomagnetické pole — jeho povrchová i planetární část — předmětem soustavného, cílevědomého a široce koncipovaného výzkumu národních i mezinárodních organizací, včetně vojenských. Je vytvořena teorie vzniku, existence a obnovy magnetického pole Země založená na modelu hydromagnetického dynama uvnitř zemského jádra, které generuje magnetické pole a pomocí něhož lze vysvětlit základní jevy spjaté s dynamikou geomagnetického pole.

Zájem se soustřeďuje na dvě dimenze:

- **geomagnetické pole povrchové**, na charakteristiky jeho veličin normálních a anomálních;
- **geomagnetické pole v okolozemském prostoru**, jeho prostorový model a charakteristiky dynamické povahy.

V obou případech jsou studovány jak okamžité kvalitativní a kvantitativní charakteristiky, tak i zákonitosti jejich změn s časem a místem.

Cíle a zaměření studia pole vycházejí z požadavků uživatelů. Využívá se přílivu nových informací a možností současných technických prostředků.

Studijní oblasti se vzájemně překrývají a tak, jak je to dnes obvyklé, v souhrnu přispívají ke komplexnímu postihu vlastností geomagnetického pole.

S rostoucí různorodostí podmínek pro funkce zabezpečovacích systémů je z nových hledisek zkoumána možnost využití geomagnetického pole pro navigaci objektů v prostoru ve středních zeměpisných šířkách.

1. Současný stav modelování geomagnetického pole

Dnešní univerzální názor na skladbu pole vyhovuje většině aplikačních možností. Výchozím předpokladem je, že obecná teorie geomagnetismu považuje téměř celé pole za skalární, potenciálové. Potenciálová část pole je asi 99% částí tohoto pole a neobsahuje zdroje elektrodynamických sil anebo obsahuje jejich malou a zanedbatelnou část.

Struktura modelu geomagnetického pole \vec{H}_T při povrchu Země je tvořena vektorovou sumou částí pole:

$$\vec{H}_T = \vec{H}_0 + \vec{H}_m + \vec{H}_a + \vec{H}_e + \delta\vec{H}, \quad (1)$$

| | |
|-----------------|--|
| \vec{H}_0 | — dipólové pole stejnorodé magnetizace Země, |
| \vec{H}_m | — pole nehomogenní, kontinentálních anomálií (nedipólové, vyvolané nestejnorodostí vrstev v hlubinách Země), |
| \vec{H}_a | — pole anomálií, vyvolané magnetizací svrchních vrstev zemské kůry, |
| \vec{H}_e | — interaktivní část pole, vyvolaná vnějšími příčinami, |
| $\delta\vec{H}$ | — pole variací, vyvolané taktéž vnějšími příčinami. |

Pro konstrukci modelu pole, který lze matematicky popsat tak, aby si zachovalo základní fyzikální vlastnosti, se obdobně jako u tíhového pole vyděluje normální geomagnetické pole \vec{H}_n :

$$\vec{H}_n = \vec{H}_0 + \vec{H}_m. \quad (2)$$

Skutečné, měřené pole je při zanedbání pole variací vektorovou sumou pole normálního a anomálního:

$$\vec{H}_T = \vec{H}_n + \vec{H}_a. \quad (3)$$

Při popisu pole variací se uvádějí obvykle čtyři složky roční variace, které jsou vyvolávány vnitřními a vnějšími příčinami. Objevem periodických závislostí bylo umožněno modelování pole variací a jeho prognózování v globálním i regionálním měřítku [1], [2]. Prognózy poruch magnetického pole vycházejí z výsledků vizuálního pozorování aktivních oblastí na Slunci. Stanovení analytických závislostí mezi jevy na Slunci a geomagnetismem na základě kontinuálních měření a spektrální analýzy umožní dostatečně přesné prognózy až na padesát dní [2]. Indexy magnetické aktivity, používané již desetiletí, dostatečně charakterizují poruchy magnetického pole v širokém pásu středních zeměpisných šířek.

Magnetické bouře zasluhují samostatného výkladu.

Normální pole \vec{H}_n lze přirovnat k tzv. poli zhlazenému, které lze např. pro určitý region (oblast) získat doslova grafickým vyhlazením izodynam pole nebo přepočtem veličin pole do nějaké hladiny (např. 50 až 100 km) úměrné velikosti zpracovávané oblasti.

Pro kterýkoli element regionálního normálního pole E_e lze obecně použít rozvoje do Taylorovy řady, jejíž koeficienty se určí vyrovnáním z výsledků měření v dané oblasti (např. ČSR nebo SSR):

$$E_e = E_0 + a \Delta \varphi + b \Delta \lambda \cos \varphi + c \Delta \varphi^2 + d \Delta \lambda^2 \cos^2 \varphi + e \Delta \varphi \Delta \lambda \cos \varphi, \quad (4)$$

kde

- E_0 — hodnota elementu pole v těžišti území,
- a, b, c, d, e — koeficienty (první, druhé a smíšené derivace elementu v příslušných směrech),
- $\Delta \varphi, \Delta \lambda$ — vzdálenosti bodů od těžiště území ve složkách zeměpisných souřadnic,
- φ, λ — souřadnice běžného bodu, pro který se hodnota elementu určuje.

2. Analytické vyjádření modelu magnetického pole Země

Pro popis velikosti a polohy vektoru totální intenzity \vec{T} budou použity veličiny:

- složky vektoru X, Y, Z ;
- složky H, Z a úhel D ;
- dva úhly a jedna složka (D, I, Z nebo D, I, H).

Analytické přiblížení dipólového, normálního pole podle Simonova (1985):

$$\begin{aligned} \vec{T} &= \frac{M}{R^3} \sqrt{1 + 3 \sin^2 \varphi_m}, & H &= \frac{M}{R^3} \cos \varphi_m, \\ Z &= \frac{2M}{R^3} \sin \varphi_m, & \text{tg } I &= \frac{Z}{H} = 2 \text{tg } \varphi_m, \end{aligned} \quad (5)$$

kde

- R — poloměr Země (6371 km),
- M — magnetický moment Země,
- φ_m — geomagnetická šířka bodu, pro který se počítají veličiny pole,
- I — magnetická inklinace,
- D — magnetická deklinace,
- \vec{T} — totální vektor intenzity pole,
- Z, H — složky vektoru intenzity pole.

Symetrické geomagnetické normální pole závisí na zeměpisné šířce analogicky jako normální pole gravitační.

Analytické vyjádření multipólového pole podle Gausse (1838) je založeno na předpokladu, že geomagnetické pole má potenciálový charakter, tj., že pro intenzitu \vec{T} platí obdobně jako u tíhového pole:

$$\vec{T} = \text{grad } U, \quad (6)$$

kde

- U — geomagnetický potenciál.

Vzhledem k tomu, že magnetizace může mít libovolnou velikost i směr v různých bodech na zemském povrchu i ve vnějším prostoru, pak tyto skutečnosti postihuje nejlépe aparát sférických funkcí. Kromě toho umožňuje určit složky pole v jednotném, prostorovém souřadném systému:

$$U = R \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{R}{r}\right)^{n+1} \sum_{m=0}^n (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) P_n^m(\cos \theta), \quad (7)$$

kde
 r, θ, λ — sférické souřadnice bodu s počátkem v těžišti Země (r — průvodič, θ — doplněk zeměpisné šířky do 90° , λ — zeměpisná délka bodu),
 g_n^m, h_n^m — Gaussovy koeficienty rozvoje řádu m , stupně n ,
 $P_n^m(\cos \theta)$ — přidružený Legendrův polynom řádu m , stupně n .

Parciálními derivacemi potenciálu geomagnetického pole ve směru souřadných os se určí výrazy pro složky pole v těchto osách — gradienty elementů pole v libovolném bodu prostoru (obdobně jako u gravitačního pole):

$$Z_i = -\frac{\partial U}{\partial r}; \quad X_i = -\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial U}{\partial \theta}; \quad Y_i = -\frac{1}{r \sin \theta} \cdot \frac{\partial U}{\partial \lambda}. \quad (8)$$

Takto určené hodnoty složek umožní výpočet dalších veličin geomagnetického pole — \vec{T}, H, D, I (např. $\text{tg } D_i = \frac{Y_i}{X_i}$).

Koeficienty Gaussova rozvoje jsou proměnné s časem. Pomalé a nepřetržité změny — věkové variace pole již dnešní metodika určování charakteristik poměrně přesně postihuje. Derivace Gaussových koeficientů podle času mají určitý smysl:

- 1. derivace (v nT/sec) je rychlost věkové změny koeficientů;
- 2. derivace (v nT/sec²) je zrychlení jejich věkové změny.

Z těchto derivací se odvozují charakteristiky západního chodu pole a sekulární variace pole pro vybrané veličiny (např. pro deklinaci, inklinaci, složky vektoru \vec{T}).

Gaussovy koeficienty se dnes určují prostřednictvím rovnic (8) z výsledků měření povrchových, družicových měření a měření ve výškových sondách složek X, Y, Z i vektoru, příp. modulu intenzity pole \vec{T} . Určování Gaussových koeficientů se označuje jako tzv. Fourieova časová analýza geomagnetického pole, v SSSR jako časoprostorová analýza geomagnetického pole.

Současná výpočetní technika umožňuje hromadné a společné zpracování heterogenních údajů — analýzu, výpočet a vyrovnání koeficientů až do vysokého stupně a řádu [1], [4], [5].

Aktualizace Gaussových koeficientů pro epochu t se uskuteční podle

$$\begin{aligned} g_t &= g_M + t \dot{g}_M + t^2 \ddot{g}_M + t^3 \dddot{g}_M, \\ h_t &= h_M + t \dot{h}_M + t^2 \ddot{h}_M + t^3 \dddot{h}_M, \end{aligned} \quad (9)$$

kde
 g_t — hodnota koeficientu pro epochu aktualizace,
 g_M — hodnota, platná pro epochu modelu M ,
 t — rozdíl mezi epochou aktualizace a epochou modelu, v rocích,
 $\dot{g}_M, \ddot{g}_M, \dddot{g}_M$ — hodnoty 1., 2. a 3. derivace koeficientu g_M podle času (obdobně pro koeficient h_t).

3. Současný stav modelování globálního pole

V současné době je mezinárodně přijat referenční model geomagnetického pole IGRF 80 (International Geomagnetic Reference Field 1980). Probíhají nepřetržitě nebo periodicky realizace projektů výzkumu pole, např. program MAGSAT (Magnetic Field Satellite), Mezinárodní výzkum magnetosféry, programy INTERKOSMOS, sovětsko-francouzské experimenty ARKAD-3. V SSSR je vytvořen model geomagnetického pole KOSMOS 49-12.

Měření veličin pole na družicích probíhá tak, že na palubě UDZ jsou umístěny skalární a vektorové magnetometry, jejichž údaje jsou telemetricky předávány řídicímu středisku spolu s polohou UDZ, časovým údajem a dalšími pomocnými veličinami. Přesnost se udává asi do ± 3 nanotesla (nT). Magnetometry jsou zavěšeny ve vzdálenosti 6 m od UDZ, která je gravitačně stabilizována. Uvedené programy zahrnují:

- měření veličin pro přesný popis pole a jeho modelování, pro sjednocování a zpřesňování výsledků globálních a regionálních měření;
- vyhotovení map normálních i anomálních veličin;
- lokalizace anomálií pole (i na mořích);
- studium kontinentálních a regionálních polí pro potřeby různých uživatelských oblastí;
- určování časových derivací Gaussových koeficientů;
- odvozování charakteristik západního chodu pole;
- studium poruch geomagnetického pole.

Socialistické země mají v této oblasti výzkumu velmi širokou dělbu práce v rámci organizace INTER-KOSMOS.

4. Využití geomagnetického pole pro orientaci a navigaci

Důvody pro dosavadní využívání silových vlastností geomagnetického pole k orientaci letadel, lodí a pozemních prostředků v prostoru jsou dostatečně známé. V literatuře jsou uvedeny principy orientace, stabilizace a navigace UDZ a letadel v gravitačním a geomagnetickém poli [6], [7], [8]. V tzv. izodynamických navigačních měřicích přístrojích se jako zdroj navigační informace může použít geomagnetické pole. Kvantitativní charakteristikou pole je vektor intenzity \vec{T} . Tento vektor je polohově určen vzhledem k zeměpisným souřadnicím místa např. pomocí dvou úhlů (D , I), velikostí nebo složkami vektoru X , Y , Z .

Vzhledem k nedostatku přesných informací, nestacionárnosti a nestabilitě pole nelze dosáhnout vysoké přesnosti v určení poloh objektu pomocí izodynamických měření. V současné době se tento přístup prosazuje v kombinacích s jinými prostředky. Probíhají však intenzivní výzkumy jednotlivých aspektů navigace pomocí geomagnetického pole — např. pro regionální navigaci letadel.

5. Zabezpečení geomagnetických údajů pro navigaci

Prostorový model geomagnetického pole pro určitou oblast lze uvažovat ve spojení s digitálním modelem topografického reliéfu, doplněný analytickou funkcí pro pokračování harmonické funkce vzhůru. Pro vhodnou hustotu čtvercového pole (kilometrové sítě) se k uzlům sítě přiřadí hodnoty složek intenzity pole X , Y , Z pro srovnávací rovinu o určité výšce nad terénem. Hodnoty složek se pro uzly sítě určí z dat měřených pozemními a leteckými prostředky a redukováných do společné roviny analytickou interpolací analogicky k úloze převodu nepravidelných bodových polí na pravidelné pole se zadanou hustotou bodů. Pro extrapolaci veličin do různých výšek nad Zemí je pak nutno zabezpečit předem určené derivace veličin pole s výškou (gradienty) pomocí analytického pokračování harmonické funkce vzhůru, příp. i z měření veličin v různých výškách nad Zemí.

Závěr

Rychlý a všestranný vývoj soudobých technických prostředků často využívá tradičních veličin v nově pojatých aplikacích, které — ačkoli byly jejich možnosti teoreticky známé — nebylo možné pro technologické překážky využít.

Informace o prostředí, fyzikálních polích území jsou významnými činiteli geodetického, topografického, navigačního a spojovacího zabezpečení.

Literatura:

- [1] JANOVSIIKIJ, B. M.: Zemnoj magnetizm. Leningrad, Izdatel'stvo Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta 1978.
- [2] Handbook of Geophysics. Rev. ed. N. York, The Macmillan Comp. 1960.
- [3] KOLESOVA, V. I.: Analitičeskije metody magnitnoj kartografii. Moskva, Nauka 1985.
- [4] BENKOVA, N. P. a kol.: Opisanije glavnogo geomagnitnogo polja i jego vekovoj variacii model'ju MAGSAT. Geomagn. i Aeronomija, 1983, č. 1.
- [5] PEDDIE, N. W.: International Geomagnetic Reference Field 1980. Repr. IAGA, Div. I, W.G.T. 1981.
- [6] BOJEVKIN, V. I. a kol.: Orijehtacija iskusstvennyh sputnikov v gravitacionnyh i magnitnyh poljach. Moskva, Nauka 1976.
- [7] DMITRIJEVSKIIJ, A. A. a kol.: Ballistika i navigacija raket. Moskva, Mašinstrojenije 1985.
- [8] MICHLIN, A. P. — SELEZNEV, F. N.: Geomagnitnaja navigacija. Moskva, Mašinstrojenije 1976.

Do redakce došlo 24. března 1986.

Programové vybavení pro vyhodnocení výsledků měření laserovým družicovým dálkoměrem

1. Úvod

Pro vyhodnocení výsledků observací umělých družic Země pomocí laserového družicového dálkoměru (LDD) byla vyvinuta již celá řada matematických výpočetních postupů. V čs. civilní vědeckovýzkumné základně je tato problematika rozpracována na velmi vysoké vědeckotechnické úrovni jak z hlediska použitého matematického aparátu, tak i využívaných prostředků výpočetní techniky a počítačové grafiky. Je tomu tak zejména proto, že v ČSSR se na fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské (FJFI) ČVUT Praha pod vedením Ing. K. Hamala, DrSc., již od počátku 70. let vyvíjejí a v malých sériích vyrábějí generátory „gigantických pulsů“, využívané vedle pokusů o štěpení atomových jader a řízení jaderných reakcí také jako nejdůležitější komponenty laserových družicových dálkoměrů. Jelikož na FJFI ČVUT v rámci mezinárodní dělby práce laserové družicové dálkoměry také kompletují a na některých observačních stanicích zabezpečují jejich provozní využití a údržbu, bylo souběžně vyvíjeno i softwarové vybavení pro zpracování naměřených dat. Hlavní podíl v tomto směru připadl postupně Astronomickému ústavu ČSAV Ondřejov, kde byl u oddělení dynamiky sluneční soustavy pod vedením člena korespondenta ČSAV Ing. M. Burši, DrSc., a RNDr. L. Sehnala, DrSc., k tomuto účelu zpracován nejprve program LASER, později ve spolupráci s VÚGTK program PRIOR. Stručný popis obou programů a jejich porovnání je předmětem tohoto článku.

Ukázky výpočetního zpracování jsou zaměřeny pouze na výpočty realizované pomocí velké výpočetní techniky, konkrétně počítače EC 1040. Využití mikropočítačů pro zpracování naměřených hodnot je na FJFI ČVUT a v ASÚ ČSAV (mikropočítač VIDEO GENIE, 64kB RAM) vzhledem k jejich velké operativnosti a efektivnosti také důkladně propracováno a problém aplikace v TS/ČSLA bude předmětem dalších prací.

Přítom výpočetní program LASER lze využít pro výpočet na samočinném počítači EC 1033 bezprostředně a dokonce byl k tomuto účelu již krátkodobě využíván v letech 1978 až 1979 po obměně výpočetní techniky ve VTOPÚ Dobruška. V této době byl již i v podmínkách topografické služby systém zpracování naměřených hodnot v rámci experimentálního provozu prototypu laserového družicového dálkoměru TS ČSLA čs. výroby (1975 až 1979) na velmi dobré úrovni, včetně používaných kreslicích programů (viz např. přílohy 4 a 5).

Program PRIOR naopak v současné podobě zatím pro výpočty na počítači EC 1033 nelze bezprostředně využít. Vyžaduje totiž větší objem operační paměti, než je u EC 1033 k dispozici, a bylo by jej proto třeba v tomto směru adaptovat, především ve smyslu omezení dimenzí polí použitých proměnných, pokud nebude využito možností počítače EC 1045.

Převzetí a využití obou výpočetních programů od ASÚ ČSAV výrazně přispěje k předzpracování výsledků observací, prováděných na družicové stanici 1314 v rámci Provozní sítě kosmické triangulace (PSKT) v mezinárodní spolupráci ZST novým typem laserového družicového dálkoměru LD-3 sovětské výroby.

2. Výpočetní programy LASER a PRIOR pro vyhodnocení výsledků observací laserovým družicovým dálkoměrem

2.1. Výpočetní program LASER

Je založen na proložení vnesených měřených hodnot tranzitních časů, eventuálně přepočtených topocentrických vzdáleností stanice (LDD) — družice Čebyševovými polynomy s vyrovnáním metodou nejmenších čtverců.

Vztah mezi vzdáleností k UDZ lze aproximovat polynomem jako funkci času ve tvaru:

$$R(t) = \sum_{m=0}^n a_m t^m, \quad (1)$$

kde

t — časový okamžik měření tranzitního času (topocentrické vzdálenosti) k UDZ,
 R — topocentrická vzdálenost k UDZ.

Pro danou topocentrickou vzdálenost, vztaženou k času t lze vyjádřit odchylku měřené vzdálenosti R takto:

$$\Delta R = R - \sum_{m=0}^n a_m t^m = (R - R(t)), \quad (2)$$

kde aproximující polynom $R(t)$ stupně n je vzhledem ke kritériu nejmenších čtverců optimálně proložen N měřenými hodnotami R , přičemž $N > n + 1$.

Získáme-li laserovým měřením soubor určených topocentrických vzdáleností k UDZ, lze psát pro každou vzdálenost jednu rovnici (1) v níž t a R budou veličiny známé a a_m ($m = 0, 1, 2, \dots, n$) jsou neznámé konstanty, které určíme ze soustavy rovnic metodou nejmenších čtverců. Dosazením určených konstant do rovnice (2) získáme pravděpodobně odchylky měřených a vypočtených topocentrických vzdáleností ΔR , které jsou mírou vnitřní přesnosti laserových měření. Vzhledem k tomu, že uvedené vztahy jsou nelineární, je třeba je pro další praktické použití napřed linearizovat. K tomu se v tomto případě využívá rozvoje vztahu (1) do systému ortogonálních Čebyševových polynomů.

Při použití Čebyševových polynomů v podstatě převedeme obecný polynom (1) na normovaný tvar

$$R(t_k) = \sum_{m=0}^n c_m T_m(t_k) \text{ v intervalu } -1 \leq t_k \leq +1, \quad (3)$$

kde

$T_m(t_k)$ — Čebyševův polynom stupně m s váhovou funkcí,
 $W(t_k) = (1 - t_k^2)^{\frac{1}{2}}$. (4)

Označíme-li skutečně aproximovanou funkci závislosti určované délky na čase měření $R(t)$ a budeme-li ji definovat na konečné množině $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, můžeme psát rovnici (3) ve tvaru

$$R(C, t) = \sum_{m=0}^n c_m T_m(t), \quad (5)$$

kde

C — reálná množina $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$.

Čebyševovou aproximací budeme rozumět takové určení konečné množiny hodnot \bar{C} , aby platilo:

$$\max_{t \in T} [R(\bar{C}, t) - R(t)] \leq \max_{t \in T} [R(C, t) - R(t)] \quad (6)$$

pro všechna $C \in E_n$.

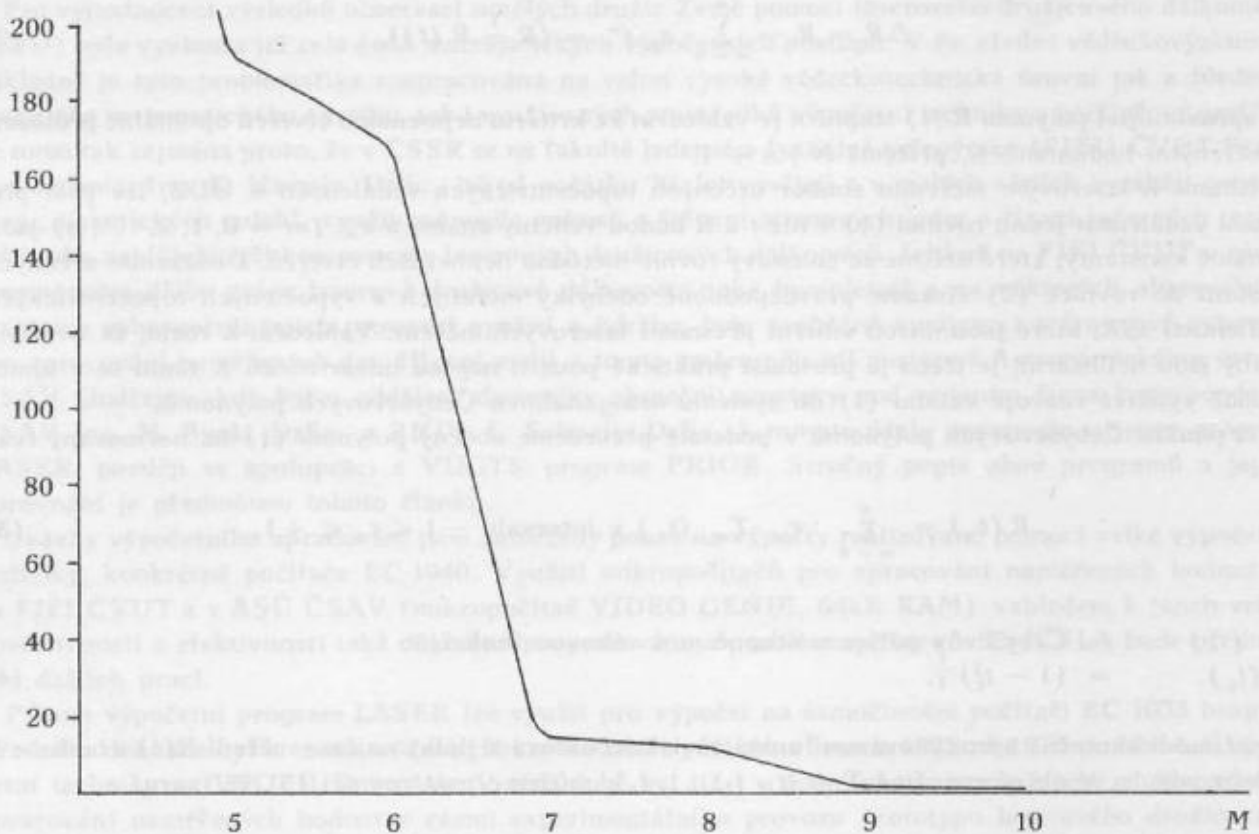
Při praktickém výpočtu závisí přesnost aproximace na volbě stupně použitého polynomu a ta závisí na množství a rozložení měřených veličin. Výraznou závislost výsledků výpočtu na volbě stupně aproximujícího polynomu lze demonstrovat na příkladu uvedeném v příloze 1, kde bylo použito polynomů stupně $MP = 4$ až $MK = 10$, kde MP a MK jsou parametry, uváděné v prvním (řídícím) štítku vstupních dat. Z úsporných důvodů je v příloze 1 uvedeno číselné a grafické vyjádření vypočtených hodnot pouze pro počáteční stupeň polynomu $MP = 4$ a koncový stupeň $MK = 10$. Pro úplnou představu o průběhu konvergence řešení jsou v tabulce 1 uvedeny velikosti středních chyb pro jednotlivé stupně polynomů z celého intervalu řešení, tj. pro $MP = 4$ až $MK = 10$.

Závislost velikosti střední chyby aproximace laserových družicových měření Čebyševovými polynomy na stupni použitého polynomu

Tabulka 1

| Stupeň polynomu | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------------|--------|-------|-------|------|------|-----|-----|
| Stř. chyba [m] | 3030,8 | 192,0 | 164,9 | 15,3 | 12,2 | 1,4 | 1,4 |

Znáznorníme-li závislost graficky, bude pro daný příklad vypadat tak, jak je zjevné z obr. 1.



Obr. 1. Závislost přesnosti aproximace laserových družicových měření Čebyševovými polynomy na volbě stupně polynomu pro $MP = 4$, $MK = 10$

V uvedeném případě je patrné výrazné zlepšení aproximace u lichých stupňů polynomů a přiblížení hodnotě vnitřní přesnosti laserových družicových měření při použití polynomu stupně $M_i = 9$. Odchytky měření od střední hodnoty, dané náhradním polynomem, jsou ve výstupní sestavě programu LASER vyjádřeny graficky, přičemž se postupně v závislosti na velikosti vypočtené střední chyby zvětšuje měřítko grafického výstupu. Ze srovnání jednotlivých středních chyb tabulky 1 je vidět, že náhodné rozložení laserových družicových vzdáleností kolem střední hodnoty nastává v použitém příkladu až od stupně polynomu $M_i = 9$. Program umožňuje také provádění oprav měřených veličin o přístrojové a fyzikální korekce, a to několika způsoby, podrobně popsány v instrukci pro použití programu.

2.2. Výpočetní program PRIOR (orbitální metoda)

Představuje velmi důkladný výpočetní program, který neřeší jen úlohu optimalizace matematické aproximace měřených veličin jako program LASER, ale i porovnání množiny měřených hodnot s pravděpodobnými orbitálními souřadnicemi UDZ v okamžicích observace. Program je univerzální z hlediska vstupních informací, kdy umožňuje řešení nejen pro laserové, ale i fotografické a dopplerovské observa-

ce UDZ. Jeho hlavní předností je vedle možnosti testování přesnosti laserových měření také schopnost výpočtu zpřesněných elementů UDZ z provedených laserových fotografických a dopplerovských observací UDZ a možnost převodu laserových měření na simultánní okamžiky.

Ve své základní koncepci vychází z programu DOI 3 G. I. Gaposhkina, přičemž je v mnoha podstatných směrech upraven. Obsahuje vedle hlavního programu asi 105 podprogramů a celkově vyžaduje 420 kB operační paměti počítače EC 1040. Analytické řešení spočívá především v určení koeficientů rozvoje časových řad dráhových elementů Ω , ω , i , e , M .

Všechna měření a souřadnice stanice jsou transformovány do tzv. orbitálního či modifikovaného siderického systému, definovaného Veisem takto:

- počátek je ve hmotném středu Země,
- osa z směřuje k okamžitému terestrickému pólu,
- osa x leží v pravém rovníku okamžiku observace a je posunuta od pravého ekvinokcia okamžiku observace směrem k východu o hodnotu odpovídající precesi a nutaci v rektascenzi mezi epochou elementů a datem observace.

Program PRIOR provádí výpočet orbitálních parametrů nejlépe odpovídajících několikadennímu období kolem okamžiku observace podle vztahů:

$$\begin{aligned} e &= e_1 + e_2 \cdot t, \\ i &= i_1 + i_2 \cdot t, \\ \Omega &= \Omega_1 + \Omega_2 \cdot t + \Omega_3 \cdot t^2, \\ \omega &= \omega_1 + \omega_2 \cdot t + \omega_3 \cdot t^2, \\ M &= M_1 + M_2 \cdot t + M_3 \cdot t^2 + M_4 \cdot t^3. \end{aligned} \quad (7)$$

Mezi těchto 14 zpřesňovaných parametrů není zahrnut šestý element dráhy UDZ, velká poloosa a , která se počítá ze známého Kozaiho vztahu

$$a = \sqrt[3]{\frac{T^2 k^2 M}{(2\pi)^2}}; \quad (k^2 M = 3,986\,004\,4 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}). \quad (8)$$

Pomocí těchto vztahů se počítají střední elementy, z nichž dospějeme k oskulačním elementům zavedením krátkoperiodických poruch dráhy UDZ. Vzhledem k tomu, že vychází a zpřesňované elementy se příliš neliší, provádí se výpočet většiny periodických poruch zpravidla jen jednou (při nulté iteraci). V každé iteraci se pak poruchy připočítávají ke středním elementům pro výpočet teoretických poloh, srovnávaných s měřeními. V závislosti na zadaných řídicích parametrech mohou být programově zavedeny tyto poruchy:

- krátkoperiodické poruchy způsobené J_2 , které se počítají znovu v každé iteraci, neboť jsou velmi citlivé na polohu družice;
- dlouhoperiodické poruchy způsobené lichými zonálními harmonickými do stupně 23,
- krátkoperiodické poruchy způsobené tesserálními a sektoriálními harmonickými zemského potenciálu do stupně a řádu (18, 18). Číselné hodnoty harmonických koeficientů jsou použity ze SE III (Standardní Země III), přičemž lze použít i jiné modely;
- lunisolární poruchy, u nichž lze zadat časový interval, ve kterém se tyto poruchy nepřepočítávají (např. 0,5 nebo 1,0 dne);
- poruchy způsobené tlakem přímého slunečního záření. Hranice zemského stínu se počítají iterací s uvážením zploštění Země. Výpočet se provádí i v tomto případě jen pro předem zvolený časový interval.

V programu není použita žádná teorie brzdícího účinku atmosféry, který je zaveden empiricky při výpočtu koeficientů popisujících časové změny orbitálních elementů z měřených hodnot. Vzhledem k tomu nejsou v programu vzaty v úvahu krátkoperiodické změny této poruchy a pochopitelně ani rychlé změny hustoty atmosféry vlivem sluneční aktivity, které je velmi obtížné jakýmkoliv způsobem modelovat. Vzhledem k tomu, že dráha není zpravidla pokryta měřeními délkami (tranzitními časy) rovnoměrně, není zpravidla možné určit všech 14 parametrů. Na začátku výpočtu se počítají koeficienty korelace r_{ij} ze vztahu

$$r_{ij} = \frac{Q_{ij}}{\sqrt{Q_{ii} Q_{jj}}}, \quad (9)$$

kde Q_{ij} , Q_{ii} , Q_{jj} – váhové koeficienty parametrů i , j .

Je-li absolutní hodnota koeficientů r_{ij} větší než 0,998, je jeden z koeficientů automaticky vyloučen z neznámých. Vylučování je možné také zadáním příslušných parametrů ve vstupních datech.

V každé iteraci jsou porovnávány teoretické topocentrické pravoúhlé souřadnice s měřenými hodnotami. Pro každé fotografické a vizuální pozorování lze sestavit dvě podmínkové rovnice (pro rektascenzi a pro deklinaci), pro laserové měření jen jednu rovnici (pro určenou délku) a v případě dopplerovských měření jsou nutné dvě měřené veličiny pro sestavení jedné rovnice. Systém podmínkových rovnic je řešen metodou nejmenších čtverců. Parciální derivace souřadnic podle hledaných parametrů jsou počítány a zpřesňovány v každé iteraci podle standardních vzorců.

Celková střední chyba j -té iterace se počítá ze vztahu:

$$\sigma^{(j)} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^M p_k (O - C)_k^2}{N - K}}, \quad (10)$$

kde

- N — počet rovnic,
 K — počet zpřesňovaných parametrů,
 $(O - C)_k$ — odchylka.

Střední chyba každého zpřesňovaného parametru i je počítána jako

$$\sigma_i^{(j)} = \sigma^{(j)} \sqrt{Q_{ii}}. \quad (11)$$

Pro testování konvergence řešení se počítají standardní chyby j -té a $(j - 1)$ -té iterace, a jestliže

$$\left| \frac{\sigma^{(j-1)} - \sigma^{(j)}}{\sigma^{(j)}} \right| < 0,001,$$

je iterační proces ukončen i v případě, že nebyl dopočítán zadaný počet iterací, vyjádřený ve vstupních datech. Pro vylučování odlehlých a chybných měření se používá kritéria

$$\sqrt{p_k} (O - C)_k > c \sigma^{(j)},$$

kde parametr c (obvykle 2,5 nebo 3,0) je zadán ve vstupních datech a představuje přípustný násobek střední chyby.

Testy výpočetní přesnosti programu prokázaly, že při praktickém výpočtu postačuje použití harmonických koeficientů do řádu a stupně (6, 6), přičemž jejich zvýšení na (12, 12) zpřesní výpočet jen nepatrně, zatímco výpočetní čas vzroste téměř dvojnásobně. Praktický výpočet podle tohoto programu je patrný z přílohy 2.

3. Závěr

Pro praktický výpočet podle popsaných programů jsou nejvhodnější observace s co největším počtem odrazů, pokud možno rovnoměrně rozložených v rámci celé časové osy. Vlastnímu výpočtu předchází etapa předzpracování, v níž se vyloučí všechny očividně hrubé chyby (šumové pulsy a nezasažená UDZ), nejlépe grafickým vynesením měřených tranzitních časů ručně na milimetrový papír vůči časové ose pracovních časů, tištěných úzkou tiskárnou a dále převáděných na čas UTC (viz přílohu 3), nebo automatizovaně na zařízení Digigraf, jak tomu bylo při vyhodnocování laserových observací, prováděných laserovým družicovým dálkoměrem TS ČSLA v letech 1975 až 1979 (viz přílohy 4 a 5).

Obě porovnávané metody vyhodnocení laserových družicových observací poskytují při dostatečném počtu měřených veličin, je-li jejich počet značně vyšší než stupeň použitých polynomů, rovnocenné výsledky. Při menším počtu měřených hodnot se dosahuje relativně lepších výsledků použitím Čebyševových polynomů. Obecně je však použití orbitální metody objektivnější, neboť se jedná z hlediska podstaty o matematicko-fyzikální metodu, beroucí v úvahu i průběh dráhy sledované družice, zatímco aproximace měřených veličin Čebyševovými polynomy je metoda čistě matematické optimalizace. Proto

i když může poskytnout často zdánlivě lepší výsledky, nemusí být nejobektivnější, zvláště při zpracování malého počtu měření.

Zavádění fyzikálních a matematických korekcí měření veličin představuje samostatnou rozsáhlou problematiku, přesahující možnosti krátkého odborného článku a vyžadující samostatný popis.

Literatura:

- [1] BAGHOS, B. B.: On normal places, obtained by matched polynomials. Nabljudeniya iskusstvennykh sputnikov Zemli. Praha, Astronomický ústav ČSAV 1984.
- [2] LÁLA, P. — KOSTELECKÝ, J.: Prior — a computer program for determination of orbits. Zprávy a pozorování geodetické observatoře Pecný, č. 5. Praha, VÚGTK 1980.
- [3] LÁLA, P.: Computer program Prior used for orbit determination at the Ondřejov Observatory. Advanced Space Research, COSPAR (Velká Británie) 1981.
- [4] DIXIT, P. S. — LÁLA, P. — SEN, A. K.: Comparison of ordinary least squares polynomials, Tschebycheff's polynomials and an orbital method for fitting laser range data to a satellite orbit. [Interkosmos Symposium.] Olsztyn (PLR) 1978.
- [5] ŠILHAN, V.: Laserový družicový dálkoměr TS ČSLA. [Výzkumná zpráva.] Dobruška 1978.

Do redakce došlo 24. září 1985.

CYKLUS

| OB NO | MEAN TIME DEVIATION | OBSERVED RANGE | CORRECTED RANGE | CORRECTION APPLIED | RANGE RESIDUAL |
|-------|---------------------|----------------|-----------------|--------------------|----------------|
| 1 | -1.00000 | 1512304.042229 | 1512304.042229 | 0.0 | -4.073.83 |
| 2 | -0.84282 | 146087.936793 | 146087.936793 | 0.0 | 969.29 |
| 3 | -0.69607 | 144220.30627 | 144220.30627 | 0.0 | 2004.28 |
| 4 | -0.62026 | 142578.21109 | 142578.21109 | 0.0 | 2901.43 |
| 5 | -0.74821 | 139231.189946 | 139231.189946 | 0.0 | 3882.18 |
| 6 | -0.71253 | 137681.10357 | 137681.10357 | 0.0 | 4066.19 |
| 7 | -0.61631 | 136175.71920 | 136175.71920 | 0.0 | 4073.83 |
| 8 | -0.60097 | 134755.29338 | 134755.29338 | 0.0 | 3924.70 |
| 9 | -0.60470 | 133329.69724 | 133329.69724 | 0.0 | 3643.54 |
| 10 | -0.50829 | 132075.43480 | 132075.43480 | 0.0 | 3246.27 |
| 11 | -0.59210 | 130821.439202 | 130821.439202 | 0.0 | 2759.44 |
| 12 | -0.49683 | 129509.85336 | 129509.85336 | 0.0 | 2199.94 |
| 13 | -0.42993 | 128555.00912 | 128555.00912 | 0.0 | 1583.73 |
| 14 | -0.42952 | 127311.23199 | 127311.23199 | 0.0 | 934.91 |
| 15 | -0.31318 | 125473.01918 | 125473.01918 | 0.0 | 396.68 |
| 16 | -0.31530 | 124973.07890 | 124973.07890 | 0.0 | -1040.83 |
| 17 | -0.21919 | 124200.25349 | 124200.25349 | 0.0 | -1633.19 |
| 18 | -0.17039 | 122678.40898 | 122678.40898 | 0.0 | -3169.08 |
| 19 | -0.14433 | 1223195.04923 | 1223195.04923 | 0.0 | -3527.21 |
| 20 | -0.06176 | 1218026.12420 | 1218026.12420 | 0.0 | -3986.28 |
| 21 | -0.04537 | 121702.07968 | 121702.07968 | 0.0 | -4073.83 |
| 22 | 0.01099 | 121578.73770 | 121578.73770 | 0.0 | -4066.44 |
| 23 | 0.07435 | 121038.98237 | 121038.98237 | 0.0 | -3959.87 |
| 24 | 0.08385 | 122053.52451 | 122053.52451 | 0.0 | -3704.72 |
| 25 | 0.14004 | 122009.55480 | 122009.55480 | 0.0 | -3473.70 |
| 26 | 0.15637 | 122033.88300 | 122033.88300 | 0.0 | -3100.07 |
| 27 | 0.20016 | 124451.51103 | 124451.51103 | 0.0 | -1357.40 |
| 28 | 0.30254 | 124823.89523 | 124823.89523 | 0.0 | -941.96 |
| 29 | 0.39980 | 125893.11329 | 125893.11329 | 0.0 | -293.40 |
| 30 | 0.37537 | 126317.88094 | 126317.88094 | 0.0 | 304.34 |
| 31 | 0.41224 | 127337.09863 | 127337.09863 | 0.0 | 1029.13 |
| 32 | 0.44890 | 128341.77251 | 128341.77251 | 0.0 | 1671.78 |
| 33 | 0.48564 | 129429.32923 | 129429.32923 | 0.0 | 2273.81 |
| 34 | 0.52824 | 131703.38442 | 131703.38442 | 0.0 | 2983.37 |
| 35 | 0.57591 | 135079.68424 | 135079.68424 | 0.0 | 3673.03 |
| 36 | 0.63218 | 134204.41432 | 134204.41432 | 0.0 | 3942.40 |
| 37 | 0.60880 | 135869.80114 | 135869.80114 | 0.0 | 4073.83 |
| 38 | 0.70502 | 137377.74957 | 137377.74957 | 0.0 | 4049.88 |
| 39 | 0.88931 | 145597.98370 | 145597.98370 | 0.0 | 933.63 |
| 40 | 1.00000 | 1511998.91492 | 1511998.91492 | 0.0 | -4.073.83 |

RMS ERROR= 3030.797187METER

THE DEGREE OF THE FITTED POLYNOMIAL IS# 4

THE COEFFICIENTS OF THE CHEBYSHEV POLYNOMIAL ARE GIVEN BELOW

0.13701578163530600D 07 #0.154245321586430300D 04 0.148867492625667100D 06 #0.111010845250169930D 04

SIGMA = 0.11110=05

SIGMA = 0.35730=05

- 2 -

MODIFIKOVANE JULIANSKE DATUM = 49935

ROZLOZENI ODRAZU KULEM STREDNI HOODNOTY (TECKY JSOU PO 1 METRU)

Z

K

- 2142150
- 2142155
- 2142160
- 2142165
- 2142170
- 2142175
- 2142180
- 2142185
- 2142190
- 2142195
- 2142200
- 2142205
- 2142210
- 2142215
- 2142220
- 2142225
- 2142230
- 2142235
- 2142240
- 2142245
- 2142250
- 2142255
- 2142260
- 2142265
- 2142270
- 2142275
- 2142280
- 2142285
- 2142290
- 2142295
- 2142300
- 2142305
- 2142310
- 2142315
- 2142320
- 2142325
- 2142330
- 2142335
- 2142340
- 2142345
- 2142350
- 2142355
- 2142360
- 2142365
- 2142370
- 2142375
- 2142380
- 2142385
- 2142390
- 2142395
- 2142400
- 2142405
- 2142410
- 2142415
- 2142420
- 2142425
- 2142430
- 2142435
- 2142440
- 2142445
- 2142450
- 2142455
- 2142460
- 2142465
- 2142470
- 2142475
- 2142480
- 2142485
- 2142490
- 2142495
- 2142500
- 2142505
- 2142510
- 2142515
- 2142520
- 2142525
- 2142530
- 2142535
- 2142540
- 2142545
- 2142550
- 2142555
- 2142560
- 2142565
- 2142570
- 2142575
- 2142580
- 2142585
- 2142590
- 2142595
- 2142600
- 2142605
- 2142610
- 2142615
- 2142620
- 2142625
- 2142630
- 2142635
- 2142640
- 2142645
- 2142650
- 2142655
- 2142660
- 2142665
- 2142670
- 2142675
- 2142680
- 2142685
- 2142690
- 2142695
- 2142700
- 2142705
- 2142710
- 2142715
- 2142720
- 2142725

- 3 -

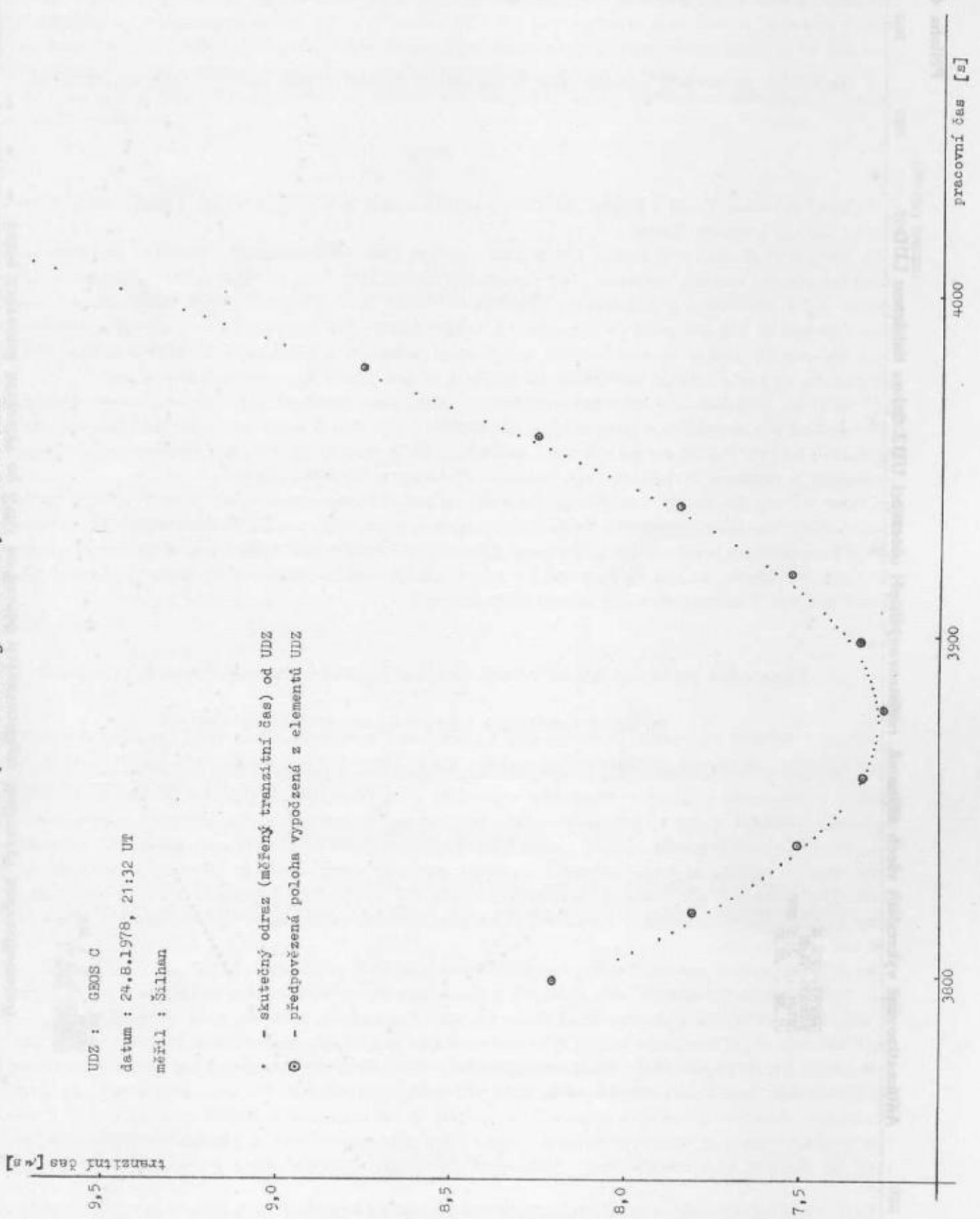
HISTOGRAM OF 1.41 M LASER ECHOS



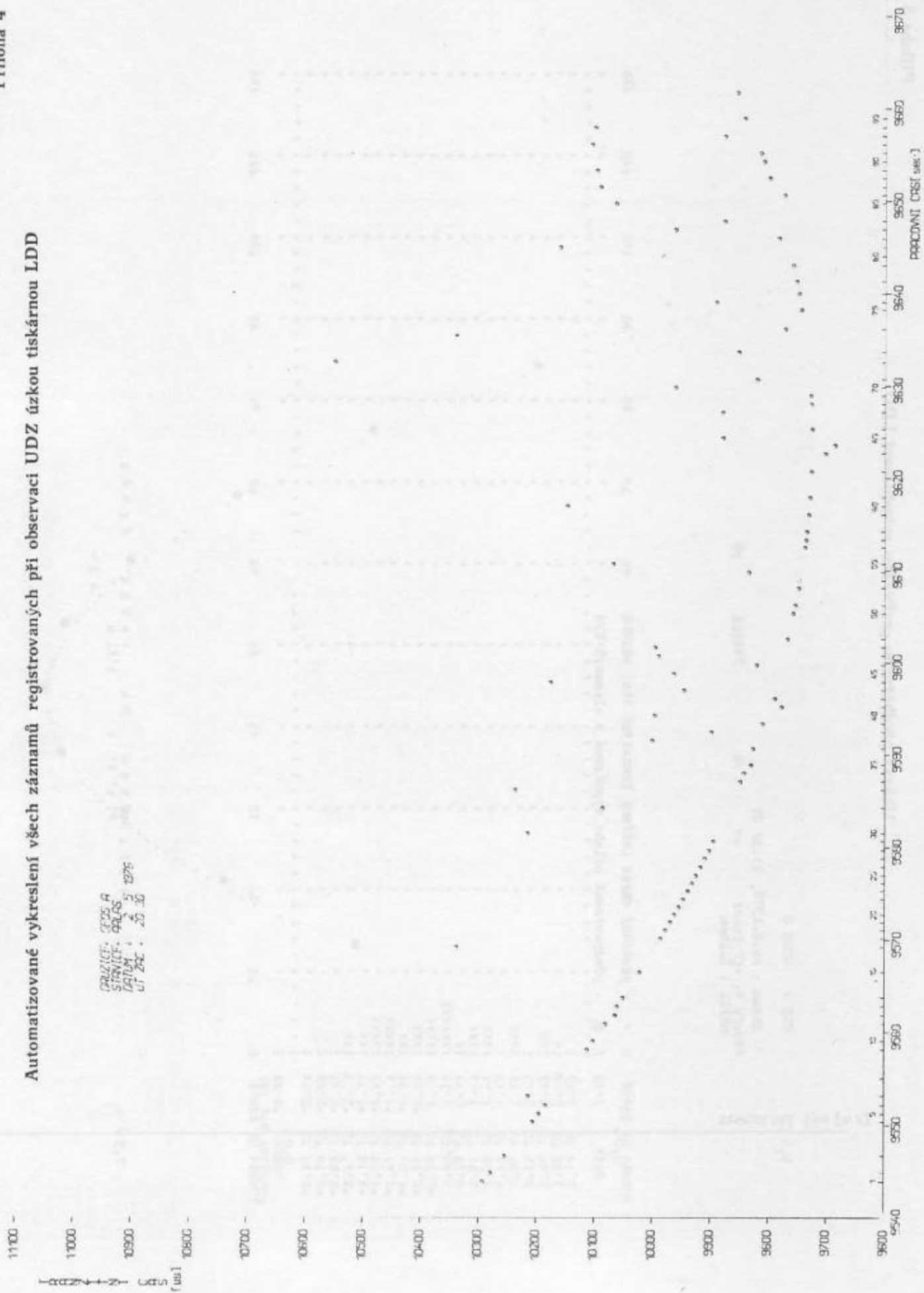
NUMBER OF ALL ECHOS 40 INSIDE 48

UNCLASSIFIED

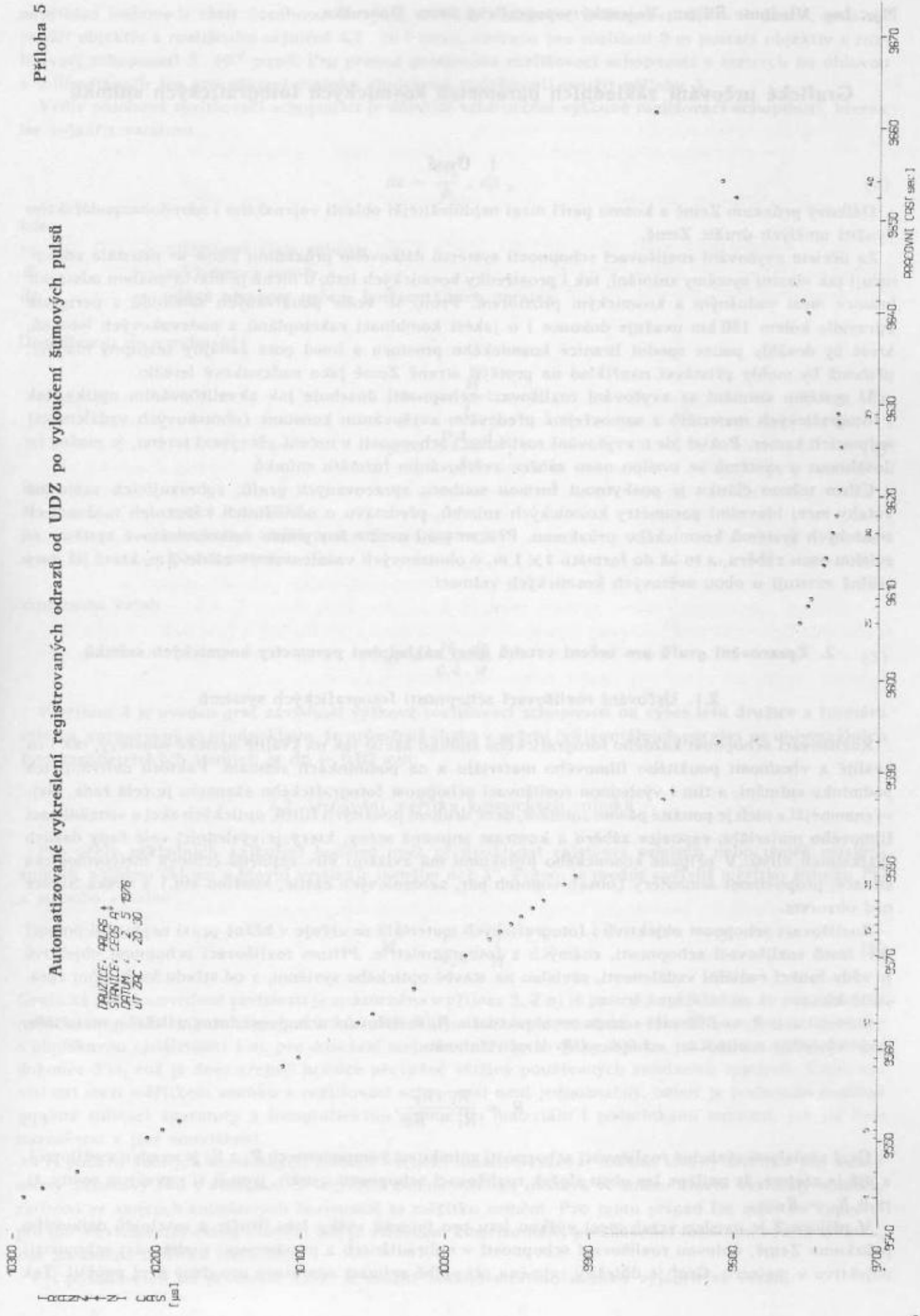
Ukázka předběžného grafického vyhodnocení LDD



Automatizované vykreslení všech záznamů registrovaných při observaci UDZ úzkou tiskárnou LDD



Automatizované vykreslení registrovaných odrazů od UDZ po vyloučení šumových pulsů



Grafické určování základních parametrů kosmických fotografických snímků

1. Úvod

Dálkový průzkum Země z kosmu patří mezi nejdůležitější oblasti vojenského i národohospodářského využití umělých družic Země.

Za účelem zvyšování rozlišovací schopnosti systémů dálkového průzkumu Země se neustále zdokonalují jak vlastní systémy snímání, tak i prostředky kosmických letů, u nichž je hlavní snahou odstranit hranice mezi vzdušným a kosmickým prostorem. Proto se vedle používaných sateloidů s perigeem zpravidla kolem 150 km uvažuje dokonce i o jakési kombinaci raketoplánů a nadzvukových letounů, které by dosáhly pouze spodní hranice kosmického prostoru a hned poté zahájily sestupný manévř, přičemž by mohly přistávat například na protější straně Země jako nadzvukové letadlo.

U systému snímání se zvyšování rozlišovací schopnosti dosahuje jak zkvalitňováním optiky, tak i fotografických materiálů a samozřejmě především zvyšováním konstant (ohniskových vzdáleností) snímacích kamer. Pokud jde o zvyšování rozlišovací schopnosti v určení převýšení terénu, je možné ho dosáhnout u systémů se svislou osou záběru zvětšováním formátu snímků.

Cílem tohoto článku je poskytnout formou souboru zpracovaných grafů, zobrazujících vzájemné vztahy mezi hlavními parametry kosmických snímků, představu o normálních i mezních možnostech soudobých systémů kosmického průzkumu. Přitom jsou uvažovány pouze velkoformátové systémy se svislou osou záběru, a to až do formátu 1×1 m, o ohniskových vzdálenostech až do 3 m, které již dnes reálně existují u obou světových kosmických velmocí.

2. Zpracování grafů pro určení vztahů mezi základními parametry kosmických snímků

2.1. Určování rozlišovací schopnosti fotografických systémů

Rozlišovací schopnost každého fotografického snímku závisí jak na kvalitě optické soustavy, tak i na kvalitě a vhodnosti použitého filmového materiálu a na podmínkách snímání. Faktorů ovlivňujících podmínky snímání, a tím i výslednou rozlišovací schopnost fotografického záznamu je celá řada. Nejvýznamnější z nich je použité pásmo snímání, dané druhem použitých filtrů, optických skel a senzibilizací filmového materiálu, expozice záběru a kontrast snímané scény, který je výslednicí celé řady dalších fyzikálních vlivů. V případě kosmického průzkumu má zvláštní vliv zejména celková meteorologická situace, propustnost atmosféry (obsah vodních par, aerosolových částic, kouřmo atd.) a výška Slunce nad obzorem.

Rozlišovací schopnost objektivů i fotografických materiálů se určuje v běžné praxi nejčastěji pomocí tzv. testů rozlišovací schopnosti, známých z fotogrammetrie. Přitom rozlišovací schopnost objektivů je vždy funkcí radiální vzdálenosti, závislou na stavbě optického systému, a od středu ke krajům zpravidla klesá.

Označíme-li R_1 rozlišovací schopnost objektivu a R_2 rozlišovací schopnost fotografického materiálu, bude výsledná rozlišovací schopnost R dána vztahem:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

Graf závislosti výsledné rozlišovací schopnosti snímku na komponentech R_1 a R_2 je uveden v příloze 1, z níž je zřejmé, že nejlépe lze obou složek rozlišovací schopnosti využít, jsou-li si navzájem rovny, tj. je-li $R_1 = R_2$.

V příloze 2 je uveden vztah mezi výškou letu pro typické výšky letu družic a sateloidů dálkového průzkumu Země, úhlovou rozlišovací schopností v miliradiánech a prostorovou rozlišovací schopností objektivu v metrech. Graf je důležitý zejména při volbě snímací aparatury pro daný účel použití. Tak

například budeme-li chtít dosáhnout z výšky 270 km rozlišovací schopnosti 1,5 m v území, musíme použít objektiv s rozlišením nejméně $4,7 \cdot 10^{-3}$ mrad, zatímco pro rozlišení 9 m postačí objektiv s rozlišovací schopností $3 \cdot 10^{-2}$ mrad. Pro převod prostorové rozlišovací schopnosti v metrech na úhlovou v miliradiánech lze pro některé typické ohniskové vzdálenosti použít přílohu 3.

Vedle polohové rozlišovací schopnosti je důležité také určení výškové rozlišovací schopnosti, kterou lze vyjádřit vztahem

$$dz = \frac{m_s}{\vartheta} \cdot dp, \quad (2)$$

kde

- m_s — měřítkové číslo snímku,
- ϑ — základnový poměr,
- dp — udává přesnost určení horizontálních paralax.

Dosadíme-li do vztahu (2)

$$m_s = \frac{H}{f}, \quad (3)$$

$$\vartheta = \frac{0,4 \cdot d}{f}, \quad (4)$$

kde

- H — výška letu UDZ,
- f — ohnisková vzdálenost snímací kamery,
- d — formát snímku,

dostaneme vztah

$$dz = \frac{H \cdot dp}{0,4 \cdot d}. \quad (5)$$

V příloze 4 je uveden graf závislosti výškové rozlišovací schopnosti na výšce letu družice a formátu snímku, zpracovaný za předpokladu, že průměrná chyba v určení horizontálních paralax na univerzálních fotogrammetrických strojích je $dp = 0,02$ mm.

2.2. Určování měřítka kosmických snímků

Pro účely základních kalkulací budeme opět předpokládat existenci svislých nebo téměř svislých snímků, s úhlem sklonu v hlavní vertikále menším než 3° . Potom je možné vyčíslit měřítko snímku M_s z jednoho vztahu:

$$M_s = \frac{1}{m_s} = \frac{f}{H}. \quad (6)$$

Grafická podoba uvedené závislosti je znázorněna v příloze 5. Z ní je patrné například to, že pro dosažení měřítka originálních kosmických snímků 1:100 000 je třeba z mezně nízké výšky 100 km použít objektivy s ohniskovou vzdáleností 1 m, pro dosažení stejného měřítka z výšky 200 km již 2 m a z výšky 300 km dokonce 3 m, což je dnes zřejmě hranice převážné většiny používaných snímacích systémů. Vztah závislosti mezi měřítkem snímku a rozlišovací schopností není jednoznačný, neboť je podmíněn kvalitou použité snímací aparatury a fotografického snímacího materiálu i podmínkami snímání, jak již bylo naznačeno v jiné souvislosti.

Při použití šikmých kosmických snímků bychom museli uvažovat lokální změny měřítka pro každý určitý snímkový bod s vědomím, že největší změna měřítka nastává ve směru hlavní vertikály snímku, zatímco ve směrech snímkových horizontál se měřítko nemění. Pro tento případ lze měřítko vypočítat pro tzv. ekvivalentní svislý snímek, což je vzhledem k horizontále, procházející fokálním bodem snímku, kde ke změně měřítka nedochází.

Při požadavcích na přesnější údaje je možné lokální měřítko snímků vyjádřit ze vztahu

$$M_s = \frac{f - dr \sin \nu \sin \psi}{H} \quad (7)$$

kde

- dr — radiální vzdálenost uvažovaného snímkového bodu,
 ν — sklon snímku v hlavní vertikále,
 ψ — úhel mezi spojnicí snímkového a fokálního bodu a směrem hlavní vertikály.

2.3. Určování zorného úhlu a plochy zobrazeného území na kosmickém snímku

Velikost zorného pole patří mezi základní charakteristické hodnoty fotogrammetrických kamer, přičemž se jeho hodnota udává jako maximální zorný úhel 2β v úhlopříčce formátu snímku. Obecně lze u svislých snímků vyjádřit velikost zorného úhlu vztahem

$$\beta = \arctg \frac{dr}{f} \quad (8)$$

V příloze 6 je tento vztah graficky znázorněn pro radiální vzdálenosti od 20 mm až do 0,7 m, což odpovídá zhruba polovině úhlopříčky snímku o formátu 1×1 m. Z grafu je patrné výrazné zmenšování zorného pole při rostoucích ohniskových vzdálenostech pro konstantní formát snímku. Na druhé straně je zřejmé, že pro zachování potřebného zorného pole u teleskopických a zrcadlových objektivů o velkých ohniskových vzdálenostech je nutné zvyšovat formáty snímků, a to od formátů $0,3 \times 0,3$ m typických pro $f = 1$ m přes $0,5 \times 0,5$ m pro $f = 2$ m až po 1×1 m pro $f = 3$ m. Kromě zabezpečení dostatečné světelnosti objektivu a tím zmenšení nutné expozice i nebezpečí přílišného smazu má dostatečný formát rozhodující vliv i na velikost plochy zobrazeného území a na velikost základnového poměru, a tudíž i na kvalitu stereoskopického vjemu při zabezpečení stereoskopického překrytu snímků.

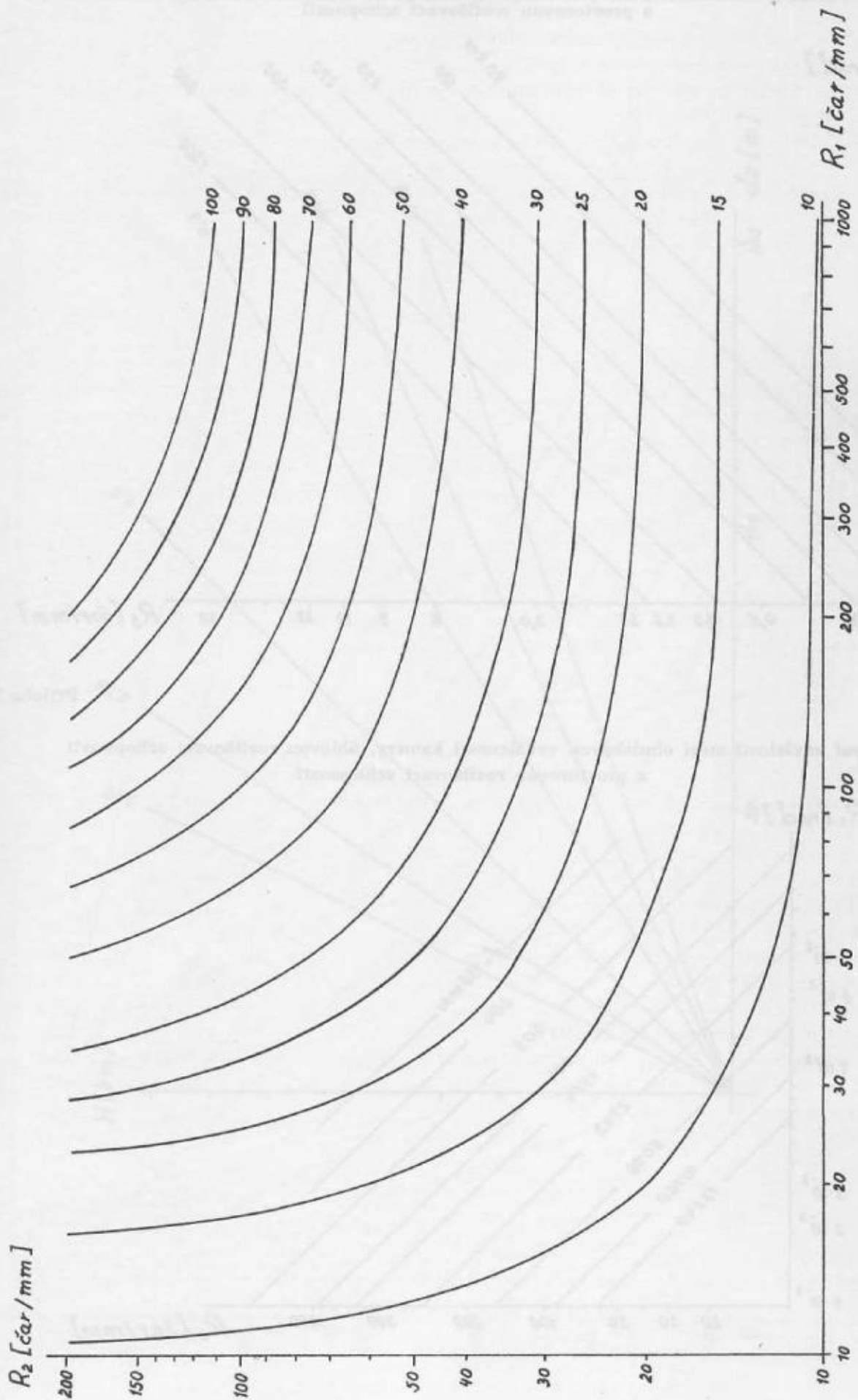
O velikosti zobrazeného území v kilometrech, příslušejícího délce strany formátu snímku, je možné si učinit představu na příkladu dvou typických formátů kosmických snímků $0,18 \times 0,18$ m a $0,3 \times 0,3$ m. Tyto dva příklady jsou uvedeny v grafické příloze 7 pro ohniskové vzdálenosti do 2 m a některé typické nejčastěji využívané výšky letu družic dálkového průzkumu Země.

3. Závěr

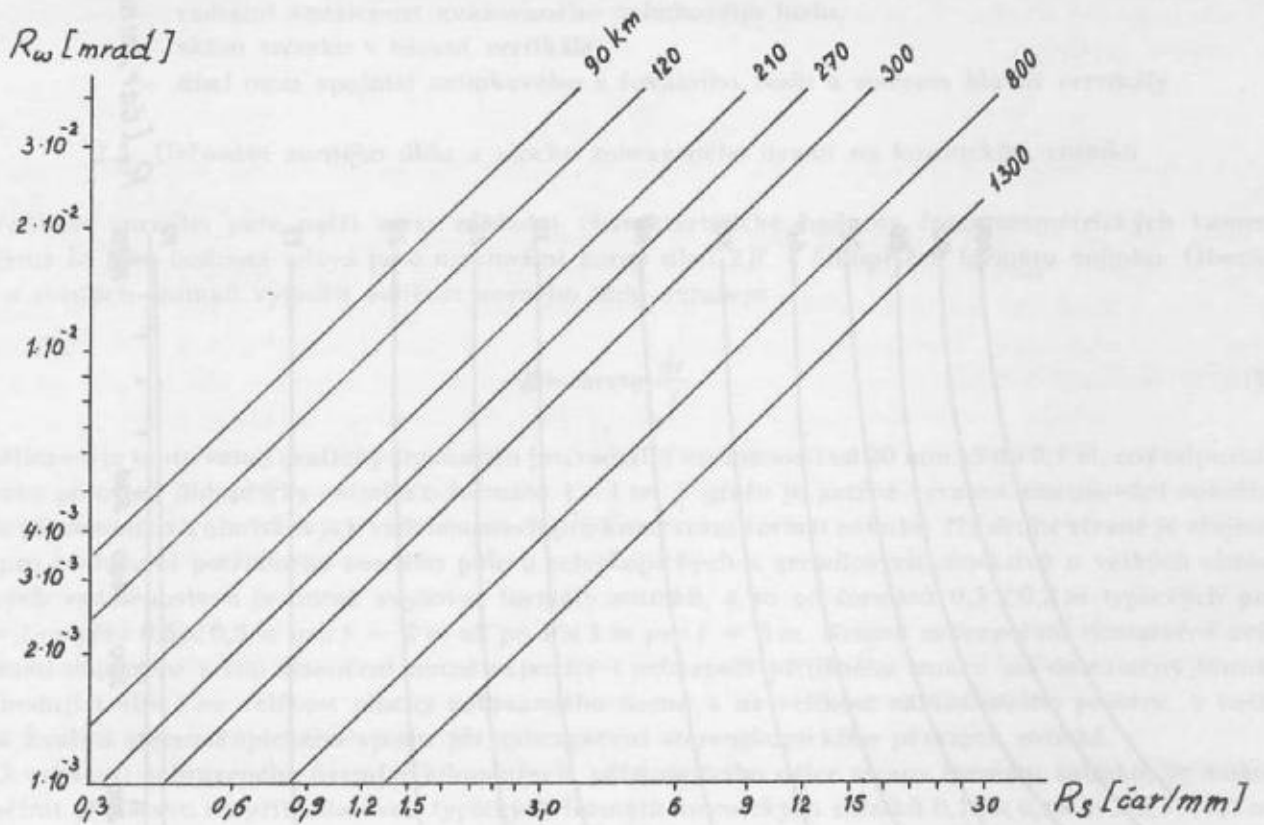
Všechny grafické přílohy byly sestrojeny na základě zjednodušených předpokladů existence svislých kosmických snímků, bez uvážení vlivu zakřivení Země a dalších fyzikálních a matematických redukcí, důležitých při výpočtech parametrů konkrétních reálných systémů dálkového průzkumu Země. Cílem článku nebylo podat důkladnou a vyčerpávající analýzu výpočtu parametrů konkrétních systémů kosmického průzkumu, ale pouze poskytnout grafické pomůcky k vyhodnocení přibližných údajů o hlavních parametrech soudobých kosmických fotografických snímků, a tím poskytnout širokému okruhu čtenářů představu o možnostech a dalších perspektivách kosmického průzkumu obecně a pro účely topografického mapování zvláště.

Při konstrukci grafů pro určení rozlišovacích schopností snímků bylo pro lepší využití velkého rozsahu hodnot použito logaritmického měřítko.

Hlavní uvažované parametry a jejich vztahy byly voleny zejména s ohledem na podmínky topografického průzkumu, kdy jsou stejně důležité jak požadavky na polohové, tak i výškové určení topografických prvků obsahu mapy.

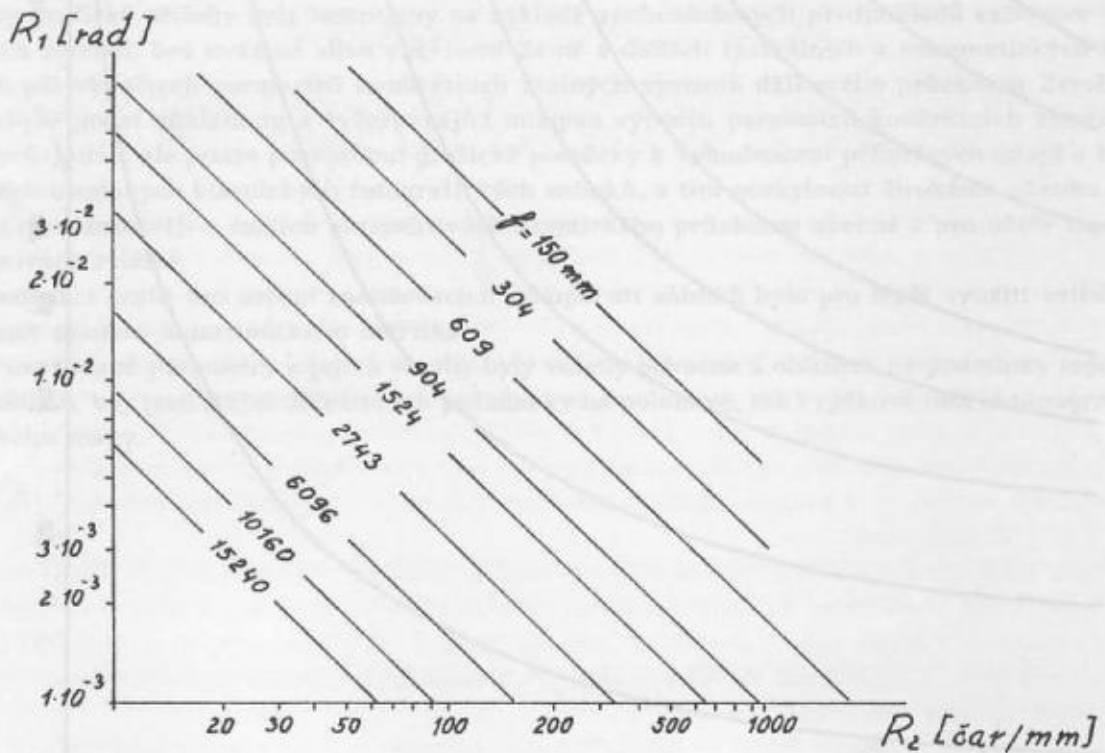
Graf závislosti výsledné rozlišovací schopnosti snímku R na složkách R_1 a R_2 

Graf závislosti mezi výškou letu UDZ, úhlovou rozlišovací schopností
a prostorovou rozlišovací schopností

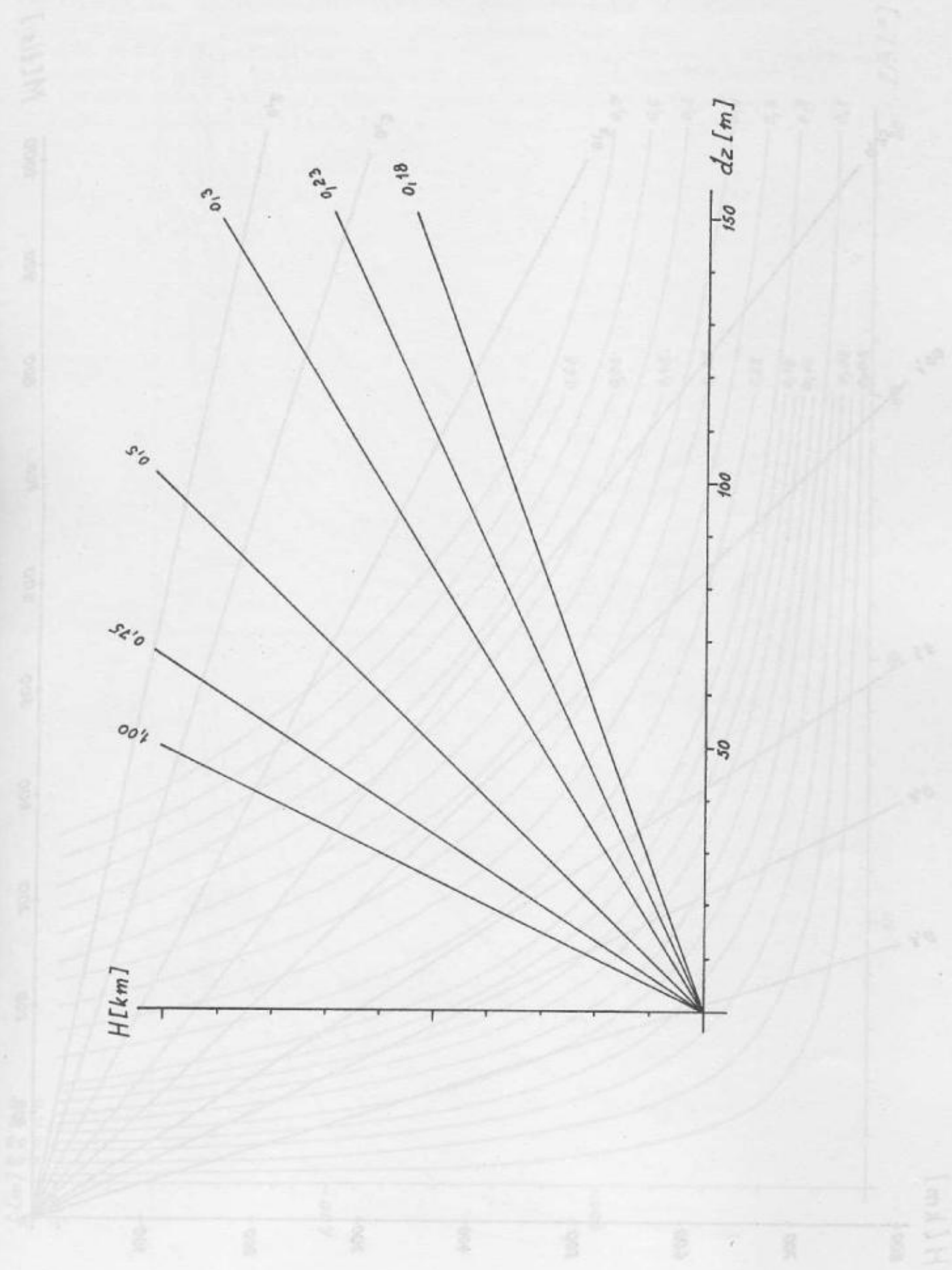


Příloha 3

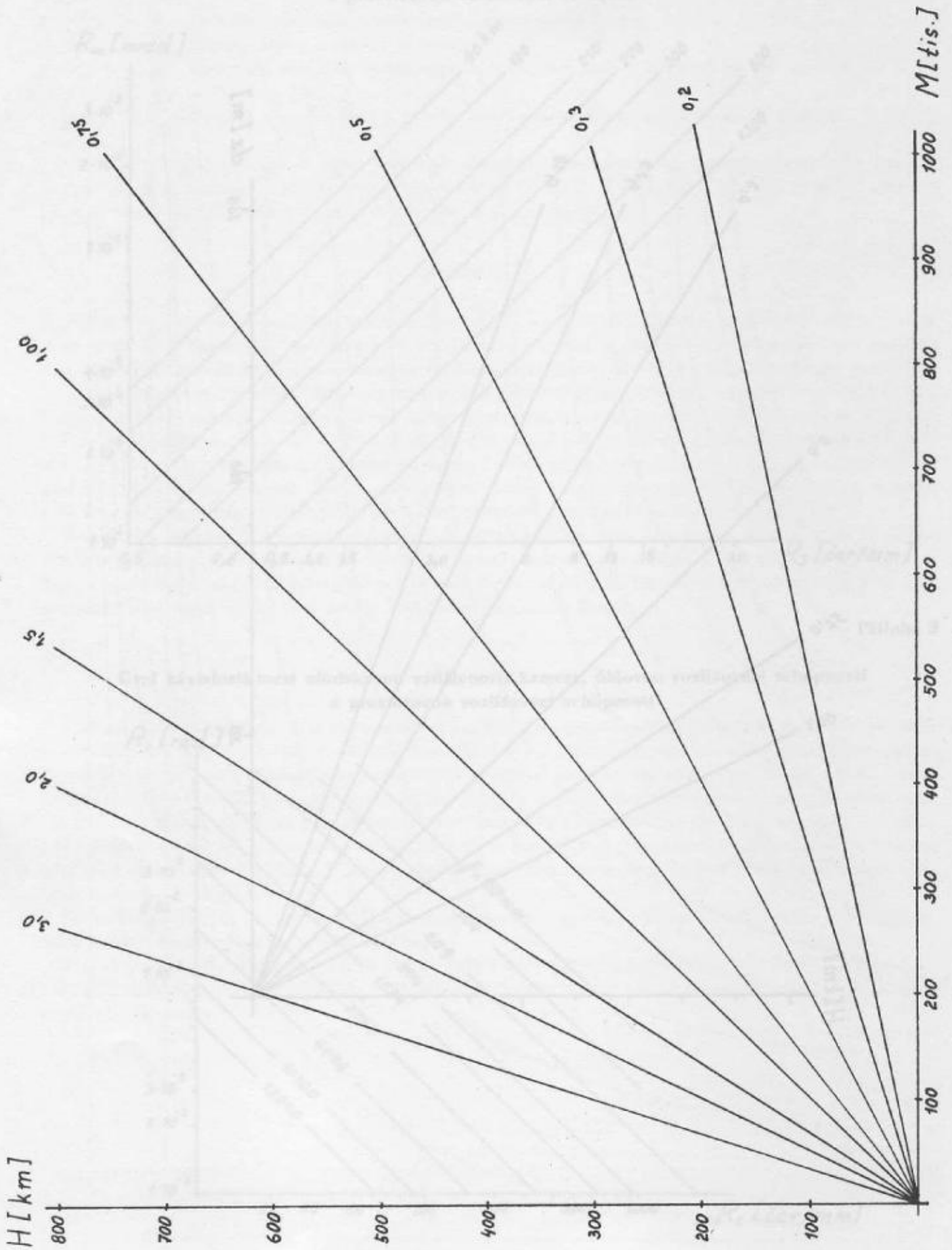
Graf závislosti mezi ohniskovou vzdáleností kamery, úhlovou rozlišovací schopností
a prostorovou rozlišovací schopností



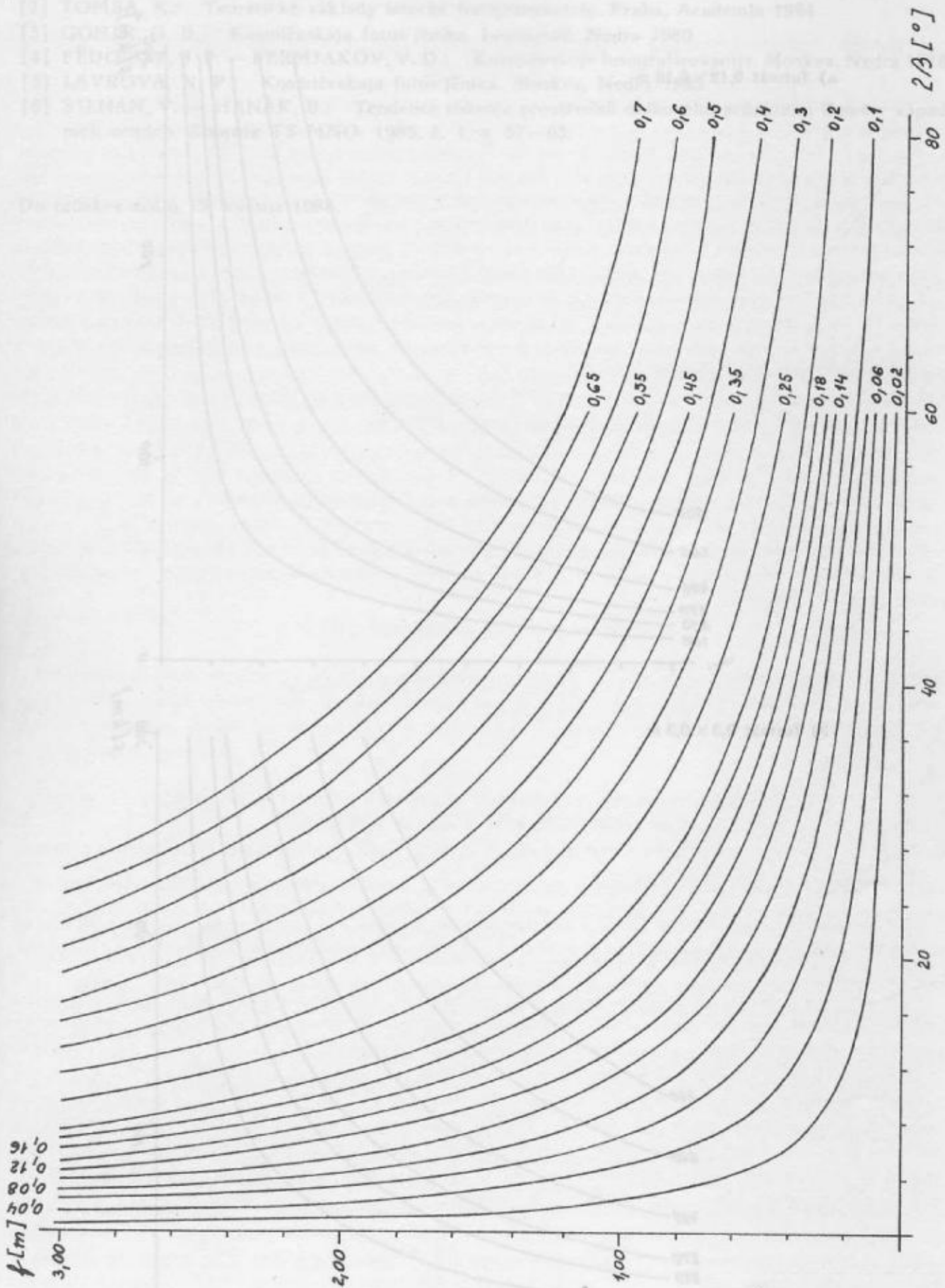
Graf závislosti výškové rozlišovací schopnosti na výšce letu UDZ a formátu snímku



Graf závislosti mezi výškou letu UDZ, ohniskovou vzdáleností a měřítkem snímku

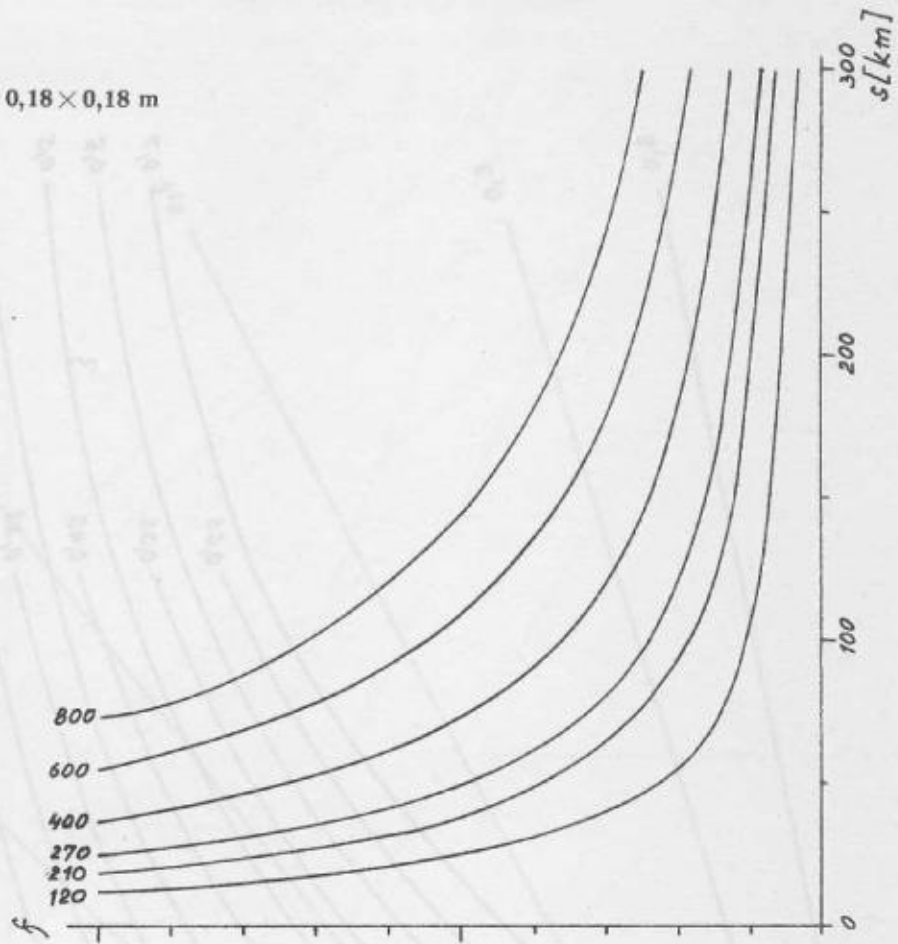


Graf závislosti mezi ohniskovou vzdáleností, radiální vzdáleností a zorným úhlem snímku

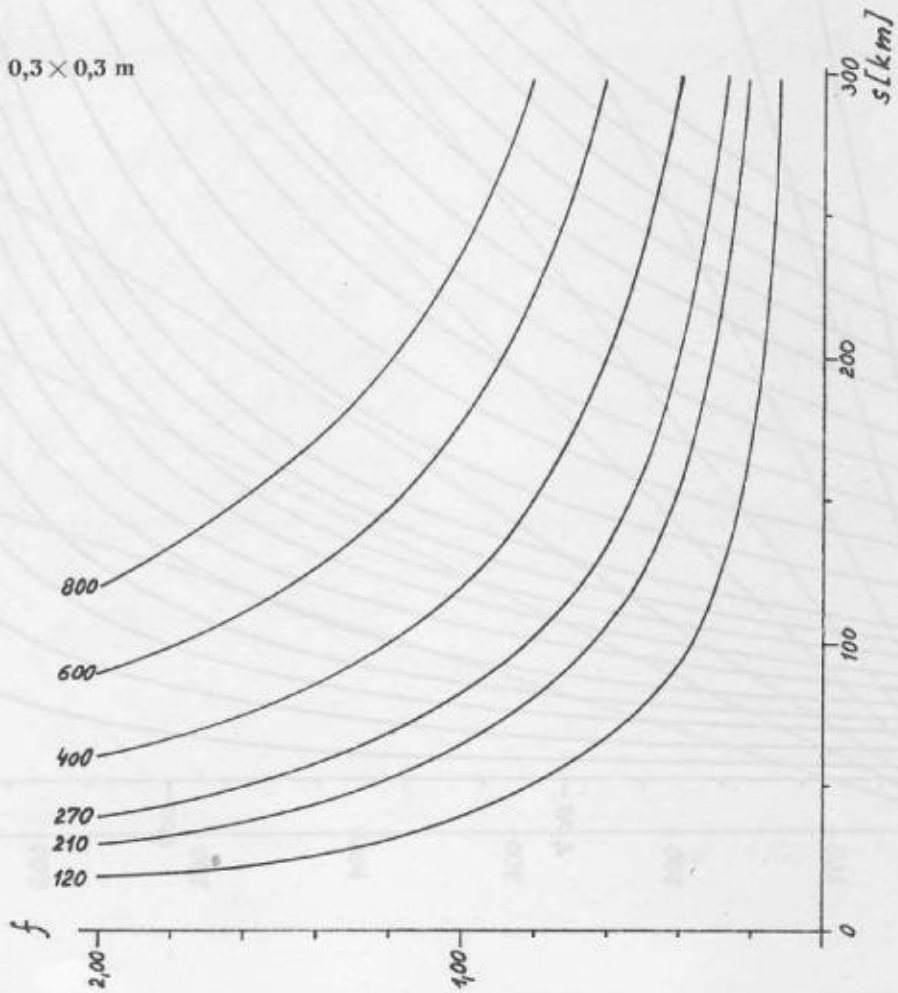


Graf závislosti mezi výškou letu, ohniskovou vzdáleností a záběrem v terénu pro

a) formát $0,18 \times 0,18$ m



b) formát $0,3 \times 0,3$ m



Literatura:

- [1] GÁL, P.: Fotogrammetria. Bratislava 1965.
- [2] TOMSA, K.: Teoretické základy letecké fotogrammetrie. Praha, Academia 1984.
- [3] GONIN, G. B.: Kosmičeskaja fotos'jëmka. Leningrad, Nedra 1980.
- [4] FĚDOROV, B. P. — PERMJAKOV, V. D.: Kosmičeskoje fotografirovanije. Moskva, Nedra 1978.
- [5] LAVROVA, N. P.: Kosmičeskaja fotos'jëmka. Moskva, Nedra 1983.
- [6] ŠILHAN, V. — HANÁK, B.: Tendence rozvoje prostředků dálkového průzkumu Země v západních zemích. Sborník TS MNO, 1985, č. 1, s. 57—63.

Do redakce došlo 15. května 1986.

Některé možnosti využití údajů vzniklých při tvorbě map tížnicových odchylek 1:1 000 000

1. Úvod

Komplexní informační zabezpečení zájmového území geodetickými, topografickými a kartografickými aktuálními podklady je jedním z důležitých, nepřetržitých úkolů topografické služby. Význam dispozičního faktoru informací je odrazem charakteru soudobých potřeb, rostoucí operativnosti ve zpracování a poskytování informací uživateli i zvýšení role a úrovně automatizace v současných technologiích.

Z těchto hledisek také vzrostl význam obsahu etapy shromažďování a průběžného doplňování vybraných informací, způsobu jejich ukládání, aktualizace, přístupu k datům z hlediska jejich perspektivního využití v připravovaných nebo nově zaváděných technologiích, adaptabilita databází na nově vznikající požadavky uživatelských oblastí.

Článek pojednává o způsobu uložení a využití údajů, vzniklých jako hlavní a vedlejší produkty při tvorbě map složek tížnicových odchylek v měřítku 1:1 000 000.

2. Veličiny získané při tvorbě map tížnicových odchylek

Předpokladem pro tvorbu těchto map ve stanoveném geodetickém systému je shromáždění nezbytných výchozích údajů astronomicko-geodetických, vypočtených na bodech Laplaceových nebo astronomických podle známých vztahů:

$$\begin{aligned}\xi &= \varphi - B, \\ \eta_\lambda &= (\lambda - L) \cos B \text{ nebo s menší přesností} \\ \eta_\alpha &= (\alpha - A) \cotg B,\end{aligned}$$

kde

- ξ, η — složky astronomicko-geodetických tížnicových odchylek v poledníku a 1. vertikálu,
- $\varphi, \lambda; \alpha$ — měřené astronomické souřadnice a azimut strany sítě,
- $B, L; A$ — vyrovnané geodetické souřadnice daného bodu v používaném geodetickém systému a azimut strany sítě.

Tyto astronomicko-geodetické údaje v kontinentálním rozsahu jsou výchozí (opěrné) pro určování vložených, interpolovaných geodetických veličin ξ, η na bodech pravidelného, konstrukčního bodového pole dané mapy.

Jsou uloženy v účelovém registru údajů na Laplaceových bodech v rozsahu kontinentu a k němu přilehlých oblastí. Druhým informačním produktem je databáze středních hodnot Bouguerových tíhových anomálií a středních hodnot nadmořských výšek pro elementární plody $\Delta B = 5'$ a $\Delta L = 7,5'$. Databáze je členěna po listech 1:1 000 000 a zahrnuje celkem 42 listů této mapy (tj. asi 220 000 údajů). Umožňuje vytvářet vstupní soubory do programů integrace gravimetrických veličin ξ^{gr}, η^{gr} a analytické kresby izanomál gravimetrické mapy 1:1 000 000. Třetím produktem technologie tvorby mapy tížnicových odchylek jsou vypočtené gravimetrické veličiny, počítané podle tzv. Vening-Meineszových integrálních vzorců ze systémových hodnot tíhových anomálií (Δg) teoreticky rozmístěných po celém zemském tělese, aproximovaném koulí podle teoretického vztahu

$$\left. \begin{matrix} \xi^{gr} \\ \eta^{gr} \end{matrix} \right\} = \frac{1}{4\pi\gamma} \int_0^\pi \int_0^{2\pi} \Delta g \frac{\partial S(\psi)}{\partial \psi} \sin \psi \, d\psi \, dA \begin{matrix} \cos A \\ \sin A \end{matrix},$$

kde

- Δg — Fayeova anomálie s topografickou korekcí,
- $S(\psi)$ — Stokesova funkce,
- A — azimut průvodiče na běžný bod integrace,
- ψ — středový úhel,
- γ — střední hodnota normálního tíhového zrychlení Země.

Relativní veličiny ζ^{gr} , η^{gr} byly vypočteny sumací elementárních vlivů v poli středních hodnot $\overline{\Delta g}$ a středních hodnot nadmořských výšek \bar{h} pro elementární plochy $\Delta B = 5'$ a $\Delta L = 7,5'$ a numerickou integrací na počítači EC 1033 do poloměru integrace 300 km. Výsledné veličiny ζ^{gr} , η^{gr} spolu s pomocnou veličinou N jsou uloženy po listech map 1:1 000 000 v registru gravimetrických veličin. Databáze je tvořena údaji z celkem 20 listů map 1:1 000 000 s přibližně třetinovými stranovými překryty ($\Delta B = 1^\circ$, $\Delta L = 2^\circ$). Tento soubor je výchozím podkladem pro navazující technologii analytické kresby izochar složek tížnicových odchylek.

Čtvrtým a hlavním produktem technologie jsou údaje interpolovaných složek tížnicových odchylek ζ , η v geodetickém systému na bodech konstrukčního bodového pole, identického s polem veličin gravimetrických. Vlastní převod veličin ζ^{gr} , η^{gr} do geodetického systému je řešen po oblastech lineární nebo kvadratickou interpolací.

Po prověření a vyrovnání styků mezi listy map 1:1 000 000 jsou interpolované veličiny ζ , η v systému S-1942 určené na bodech zeměpisné sítě s krokem $5' \times 7,5'$ ukládány v registru složek tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu. Tato datová báze je napojena na programy řešící další geodetické aplikace. Přejít ze systému S-1942 na zpřesněný systém S-1942/83 nemá vliv na hodnoty veličin v registru uložených. Registr je opět členěn po listech map 1:1 000 000 a v současné době je v etapě naplňování. Připraveny jsou listy M-33, M-34, L-33 a L-34 s daty potřebnými pro redukce měřených veličin do výpočetní plochy při vyrovnání čs. geodetických sítí 1. až 4. řádu do osnova bodů nově vyrovnané Jednotné astronomicko-geodetické sítě socialistických států, které leží na území ČSSR.

3. Výšky kvazigeoidu dnes a v perspektivě

Dalším produktem, vzniklým v etapě výpočtu gravimetrických veličin, jsou pomocné kontrolní veličiny výšek relativního gravimetrického geoidu, počítané současně s gravimetrickými tížnicovými odchylkami podle teoretického Stokesova vzorce (1848) numerickou integrací na základě shodných vstupních dat a integračních mezí jako ζ^{gr} , η^{gr}

$$N = \frac{R}{4\pi\gamma} \int_0^\pi \int_0^{2\pi} \Delta g S(\psi) \sin \psi d\psi dA$$

Bodové pole veličin N v obvyklém kroku $5' \times 7,5'$ je určeno v rozsahu 20 listů map 1:1 000 000. Data jsou uložena na paměťových médiích s možností vstupu do aplikačních programů, např. do programu analytické kresby izolinií převýšení (vrstevnic) geoidu.

Vzhledem k tomu, že vliv tíhového pole centrální zóny na počítanou hodnotu N je nesrovnatelně menší než u složek tížnicových odchylek, lze považovat velikost použitých elementárních ploch $5' \times 7,5'$ (se středními hodnotami $\overline{\Delta g}$, \bar{h}) vstupující do výpočtu za přiměřenou současným potřebám pro zhuštění základního bodového pole veličin ζ na Laplaceových bodech.

Převod relativních gravimetrických veličin N na geodetické ζ (výšky kvazigeoidu) lze uskutečnit prostorovou transformací s určením parametrů dx_0 , dy_0 , dz_0 po oblastech v rámci listů map 1:1 000 000. Předpokladem je určení převýšení kvazigeoidu na Laplaceových (příp. astronomických) bodech, např. metodou astronomicko-gravimetrické nivelace, upravenou pro počítačové řešení. Gravimetrické a geodetické údaje na těchto bodech představují vlastně údaje na identických bodech.

Transformační oblasti pro převod gravimetrických veličin na geodetické jsou několikanásobně větší než při interpolaci ζ , η . Velikost oblastí závisí především na velikosti integračních mezí při výpočtu N a gradientu změn tíhových anomálií. Jestliže by při integraci byla splněna podmínka Stokesova vzorce — uvažování tíhového pole celé Země, stačilo by pro transformaci určit parametry gravimetrického elipsoidu a transformační vztahy mezi systémem gravimetrickým a geodetickým a převod N uskutečnit

v jednom kroku, bez dělení na oblasti. Řešení však vyžaduje globální znalost anomálního tíhového pole a jeho systémovou stejnorodost. Tato úloha je dnes řešena na velkých počítačích s využitím družicových dat pro výpočet vlivu vzdálených zón nad asi 2000 km.

Využití geodetických veličin výšek kvazigeoidu ζ pro současné potřeby je při:

- řešení redukční úlohy projektivní metody triangulace, tj. přenosu měřených vzdáleností do referenční plochy při zpracování rozsáhlých geodetických sítí;
- výpočtu geodetických výšek, bodů na povrchu Země (suma výšky normální a výšky kvazigeoidu) potřebných pro řešení úloh v třírozměrném prostoru;
- převodu zeměpisných geodetických souřadnic B, L, H na pravoúhlé, prostorové X, Y, Z pro kombinaci klasických a družicových sítí při společném vyrovnání, řešení družicových úloh apod.

Současné uložení gravimetrických veličin N umožňuje řešení výše uvedených perspektivních úloh, které mají svůj význam především v rámci geodetického zabezpečení rozsáhlých území a při pracích koaličního charakteru.

4. Využití datovýchází s charakteristikami tíhového pole Země ξ, η a ζ pro geodetické úlohy

Bezprostřední využití geodetických veličin složek tížnicových odchylek proběhne při převodu souřadnic geodetických polohových bodů ČSSR do nového geodetického systému S-1942/83 metodou vyrovnání [1]. Interpolace hodnot ξ, η, ζ na geodetických bodech s vyrovnávanými prvky proběhne lineární interpolací v bodovém poli registru. Interpolované veličiny pro body zadané souřadnicemi B, L představují vstupy do podprogramu redukce měřených prvků (délek, směrů, úhlů) do výpočetní plochy referenčního elipsoidu.

V rámci převodu a připojení západoevropských geodetických sítí k S-1942/83 byly uvedené veličiny využity obdobným způsobem. Interpolace hodnot ξ, η, ζ však probíhala buď ručně, nebo byly přímo převzaty z registru těchto údajů na Laplaceových bodech zájmového území.

Vytvořením registrů veličin ξ, η, ζ s homogenní přesností pro rozsáhlé území umožní určení vztahů mezi geodetickými systémy. Způsob plošného uložení dat je zároveň výhodný pro řešení úlohy analytického pokračování (extrapolace) harmonické funkce směrem nahoru, tj. do předem zadaných výšek nad Zemí.

O využití výšek kvazigeoidu informace již proběhla [2]. Je třeba konstatovat, že význam této veličiny v geodézii dále poroste, zvláště při kombinaci klasických a družicových sítí, řešení prostorových geodetických a navigačních úloh v pravoúhlém prostorovém systému X, Y, Z . V současné době jsou pro uvedené 4 listy mapy 1:1 000 000 použity hodnoty, určené pro potřeby 1. souborného vyrovnání JAGS.

Funkce přístrojů a zařízení inerciálního určování polohy jak pro geodetické úlohy, tak v navigaci silně závisí na vlivu tíhového pole Země [3]. Informace o charakteristikách tíhového pole Země je v závislosti na konstrukci těchto zařízení korekční, nebo naopak určovanou veličinou.

Udržované datové báze veličin ξ, η, ζ představují velmi cenný materiál, který i v současné etapě vědeckotechnického rozvoje v oblasti geodézie přispívá k řešení základních úloh topografického zabezpečení koalice.

5. Popis automatizované technologie získávání interpolovaných hodnot ξ, η, ζ pro potřeby vyrovnání geodetických sítí

Pro analytickou interpolaci tížnicových odchylek ξ, η a výšky kvazigeoidu ζ zadaného libovolného určovaného bodu jsou vytvořeny soubory bodů pravidelné zeměpisné sítě uložené na počítačovém médiu. Princip řešení pak spočívá v tom, že se pro určovaný bod programově vyhledají nejbližší 1, 2 nebo 4 body této sítě s údaji, z nichž se automatizovaně vyinterpolují veličiny ξ, η, ζ určovaného bodu.

Zadaným bodem, na kterém proběhne interpolace, může být:

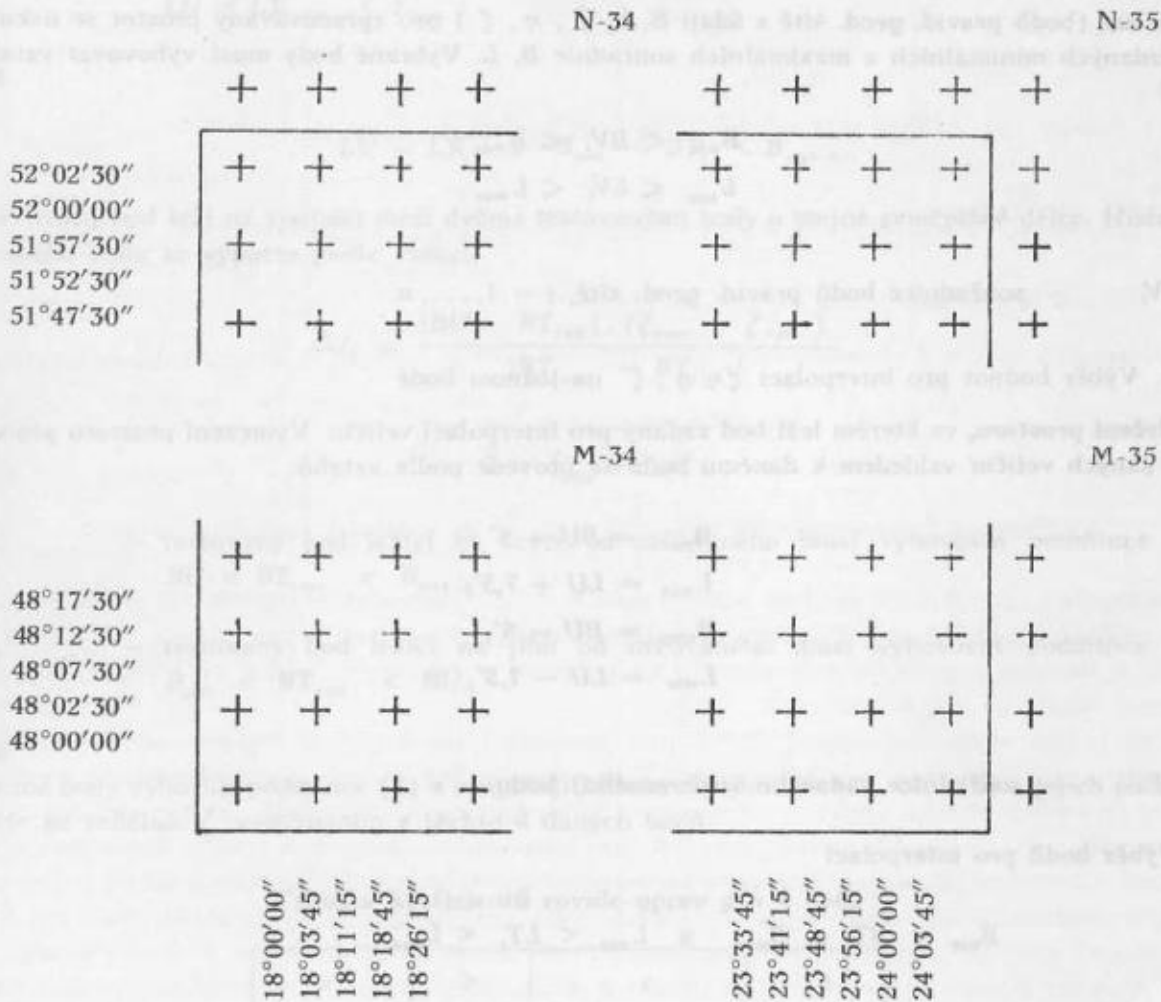
- a) kterýkoliv bod z registru geodetických polohových bodů (RPGB) — výsledkem zpracování je vstup do registru tížnicových odchylek;
- b) kterýkoliv bod zadaný svým číslem a souřadnicemi X, Y v S-42 nebo geodetickými souřadnicemi B, L .

Výsledkem výpočetního zpracování je tisková sestava, eventuálně soubor s vypočtenými interpolovanými veličinami ξ , η , ζ .

V případě a) je vytvářen registr tížnicových odchylek, který je využíván v dalších technologiích, v případě b) se jedná o obecnou interpolaci na libovolném geodetickém bodě bez návaznosti na RPGB.

5.1. Vyhotovení seznamu veličin na bodech pravidelné zeměpisné sítě

Podkladem pro automatizované zpracování jsou seznamy bodů pravidelné zeměpisné sítě ($\Delta B = 5'$, $\Delta L = 7' 30''$) s veličinami ξ , η , ζ v rámci mapy 1:1 mil. Body (průsečíky zeměpisné sítě) jsou voleny tak, aby nedocházelo k duplicitě na styku mapových listů (viz obr. 1).



Obr. 1

Veličiny ξ , η , ζ pro zvolené průsečíky jsou odečítány z map tížnicových odchylek a výšek kvazi-geoidu 1:1 mil. a spolu se zeměpisnými souřadnicemi B , L vypisovány do děrovacích formulářů do předepsaných sloupců. Seznamy musí obsahovat všechny body, které zajišťují pravidelné pokrytí zpracovávaného prostoru. Pořadí vypisovaných bodů uvnitř mapového listu je libovolné, nesmí se však vyskytnout dva stejné body a ve zpracovávaném prostoru nesmí být žádný průsečík vynechán.

5.2. Výpočetní řešení při vyrovnání sítí a pro obecný případ

Ze seznamu údajů na bodech se automatizovaně vytvoří soubory tížnicových odchylek pro jednotlivé mapy 1:1 mil. a uloží se na magnetické pásce. Pro body vybrané z RPGB proběhne výpočetní zpracování úloh se zápisem výsledků zpracování do registru tížnicových odchylek. Výběr bodů z RPGB se provádí programově na základě zadaných seznamů triangulačních listů (TL) nebo základních triangulačních

listů (ZTL). Vlastní interpolace se provádí na základě jednoduchých matematických vztahů podle navržených podmínek. Další varianty řešení, zejména transformace X, Y (JTŠK) $\rightarrow X, Y$ (S-42) a X, Y (JTŠK, S-42) $\rightarrow B, L$, jsou realizovány dříve sestavenými a zdokumentovanými podprogramy.

Pro obecnou interpolaci ξ, η, ζ je využíváno stejných principů řešení. Odlišnost je pouze ve vstupech a výstupech úlohy a v technologickém nasazení programů. Matematické vyjádření použité lineární interpolace vyplývá ze vztahů uvedených v odst. 5.3.2.

5.3. Matematické vztahy

5.3.1. Výběr bodů pravidelné geodetické sítě podle $B_{\min}, L_{\min}, B_{\max}, L_{\max}$

Výběr dat (bodů pravid. geod. sítě s údaji B, L, ξ, η, ζ) pro zpracováváný prostor se uskuteční podle zadaných minimálních a maximálních souřadnic B, L . Vybrané body musí vyhovovat vztahům:

$$\begin{aligned} B_{\min} &< BV_i < B_{\max}, \\ L_{\min} &< LV_i < L_{\max}, \end{aligned}$$

kde

BV_i, LV_i — souřadnice bodů pravid. geod. sítě, $i = 1, \dots, n$.

5.3.2. Výběr hodnot pro interpolaci ξ, η, ζ na jednom bodě

a) **Určení prostoru**, ve kterém leží bod zadaný pro interpolaci veličin. Vymezení prostoru pro výběr vstupů daných veličin vzhledem k danému bodu se provede podle vztahů:

$$\begin{aligned} B_{\max} &= BU + 5', \\ L_{\max} &= LU + 7,5', \\ B_{\min} &= BU - 5', \\ L_{\min} &= LU - 7,5', \end{aligned}$$

kde

BU, LU — souřadnice zadaného (určovaného) bodu.

b) Výběr bodů pro interpolaci

$$B_{\min} < BT_i < B_{\max} \quad \text{a} \quad L_{\min} < LT_i < L_{\max}, \quad (1)$$

kde

BT_i, LT_i — souřadnice bodů pravid. geod. sítě, $i = 1, \dots, n$ (max. $n = 9$) s odečtenými veličinami ξ_i, η_i, ζ_i ;

pokud

$$BU = BT_i \quad \text{a} \quad LU = LT_i, \quad (2)$$

pak hodnoty ξ, η, ζ určovaného bodu jsou totožné s ξ_i, η_i, ζ_i testovaného bodu;

pokud

$$BU = BT_i \quad \text{a} \quad L_{\min} < LT_i < L_{\max}, \quad (3)$$

pak určovaný bod leží na spojnici mezi dvěma testovanými body o stejné zeměpisné šířce. Hodnota ξ určovaného bodu se vypočte podle vzorců

$$\Delta f_{\xi} = \frac{|LU - LT_{i \text{ záp}}| \cdot (\xi_{i \text{ vých}} - \xi_{i \text{ záp}})}{|LT_{i \text{ záp}} - LT_{i \text{ vých}}|}, \quad (4)$$

$$\xi = \xi_{i \text{ záp}} + \Delta f_{\xi}, \quad (5)$$

kde

$LT_{i \text{ záp}}$ – testovaný bod ležící na západ od určovaného musí vyhovovat podmínce (3) a $L_{\min} < LT_{i \text{ záp}} < LU$,

$LT_{i \text{ vých}}$ – testovaný bod ležící na východ od určovaného musí vyhovovat podmínce (3) a $LU < LT_{i \text{ vých}} < L_{\max}$;

pokud

$$LU = LT_i \text{ a } B_{\min} < BT_i < B_{\max}, \quad (6)$$

pak určovaný bod leží na spojnici mezi dvěma testovanými body o stejné zeměpisné délce. Hodnota ξ určovaného bodu se vypočte podle vzorců

$$\Delta f_{\xi} = \frac{|BU - BT_{i \text{ již}}| \cdot (\xi_{i \text{ sev}} - \xi_{i \text{ již}})}{|BT_{i \text{ sev}} - BT_{i \text{ již}}|}, \quad (7)$$

$$\xi = \xi_{i \text{ již}} + \Delta f_{\xi}, \quad (8)$$

kde

$BT_{i \text{ sev}}$ – testovaný bod ležící na sever od určovaného musí vyhovovat podmínce (6) a $BU < BT_{i \text{ sev}} < B_{\max}$,

$BT_{i \text{ již}}$ – testovaný bod ležící na jihu od určovaného musí vyhovovat podmínce (6) a $B_{\min} < BT_{i \text{ již}} < BU$;

pokud

testované body vyhovují podmínce (1) a nesplňují žádnou z podmínek (2), (3), (6) a jejich počet = 4, vypočte se veličina ξ vyrovnáním z těchto 4 daných bodů.

Tabulka koeficientů rovnic oprav pro 4 body

| a | b | c | l |
|-----|--------------|-----------------------------|----------|
| 1 | ΔB_1 | $\Delta L_1 \cdot \cos B_0$ | $-\xi_1$ |
| 1 | ΔB_2 | $\Delta L_2 \cdot \cos B_0$ | $-\xi_2$ |
| 1 | ΔB_3 | $\Delta L_3 \cdot \cos B_0$ | $-\xi_3$ |
| 1 | ΔB_4 | $\Delta L_4 \cdot \cos B_0$ | $-\xi_4$ |

(9)

kde

$$\Delta B_1 = BT_1 - B_0 \quad \Delta L_1 = LT_1 - L_0$$

$$\Delta B_4 = BT_4 - B_0 \quad \Delta L_4 = LT_4 - L_0$$

Z koeficientů rovnic oprav se provede sestavení normálních rovnic. Pro řešení čtyř normálních rovnic o čtyřech neznámých byl použit již dříve sestavený podprogram.

Řešením normálních rovnic dostaneme hledané neznámé x, y, z , interpolovaná hodnota se pak vypočte podle vzorce

$$\zeta = x + y \cdot \Delta BU + z \cdot \Delta LU \cos B_0,$$

kde

$$\Delta BU = BU - B_0,$$

$$\Delta LU = LU - L_0.$$

Střední chyba interpolované hodnoty se vypočte podle vzorce

$$m = \sqrt{\frac{[VV]}{3}}. \quad (10)$$

Poznámka:

- mat. vztahy (9), (10) a celý princip řešení platí i pro η, ζ ;
- $|LT_{i\text{záp}} - LT_{i\text{vých}}| = 7' 30''$,
- $|BT_{i\text{sev}} - BT_{i\text{jž}}| = 5'$,
- tj. hodnoty jsou konstantní pro danou vzdálenost testovaných bodů, které tvoří pravidelnou síť.

5.3.3. Obecná interpolace ξ, η, ζ pro zadané body

Pro interpolaci veličin v obecném bodě platí všechny vztahy uvedené v kapitole 5.3.2.

5.4. Blokové schéma vyrovnání

(viz str. 69)

6. Přesnost interpolovaných hodnot ξ, η, ζ ve vztahu k potřebám praxe

Pro interpolaci ξ, η mezi údaji na bodech pole $5' \times 7,5'$, uložených v registru, je použita lineární funkce zaručující dostatečnou přesnost interpolace. Střední chyby interpolace hodnot pro obecný bod vzhledem k danému bodovému poli registru se pohybují v rovinném území od $\pm 0,1''$ do $\pm 0,2''$, v hornatém území od $\pm 0,4''$ do $\pm 0,6''$.

Přesnost určení výchozích hodnot ξ, η pro interpolaci, uložených v registru, závisí především na přesnosti vstupních údajů na Laplaceových (astronomických) bodech, na konfiguraci a relativním převýšení terénního reliéfu, chybě v reprezentaci tíhového anomálního pole, na spolehlivosti určení vlivu centrální zóny aj. Problematika přesnosti map tížnicových odchylek 1. vydání bude analyzována samostatně. Obecně se přesnost v rovinném území pohybuje do $\pm 0,5''$ a v hornatém území kolem $\pm 1''$.

Jak bylo uvedeno, složky tížnicových odchylek a výšky kvazigeoidu se v triangulaci používají k přenosu měřených směrů, úhlů a délek z topografického reliéfu na výpočetní plochu. Jednou z korekcí, kde se uplatní složky tížnicových odchylek, je oprava z netotožností tížnice a normály k elipsoidu v bodě, na němž byly měřeny úhly v geodetické síti.

Korekce se počítá podle vztahu [4]:

$$\delta_1 = - (\xi_1 \sin \alpha_{1,2} - \eta_1 \cos \alpha_{1,2}) \cotg Z_{1,2},$$

kde

- $\alpha_{1,2}$ — azimut spojnice stanoviště teodolitu 1 — sousedící bod geodetické sítě 2, na který bylo měřeno (azimut záměry 1, 2),
- $Z_{1,2}$ — zenitový úhel této záměry.

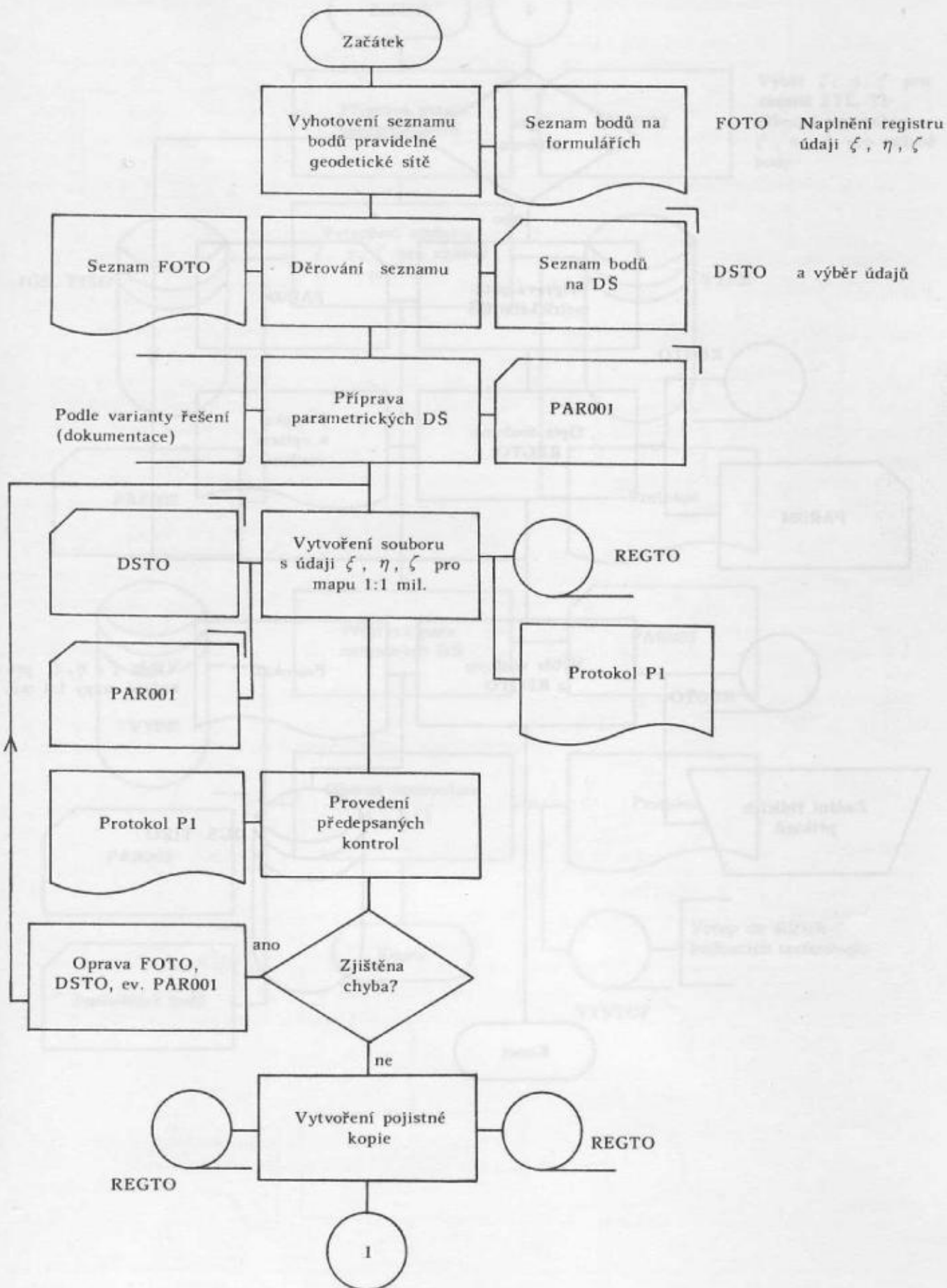
Korekce má největší hodnotu tehdy, je-li záměra kolmá k rovině, v níž leží tížnice i normála. Potom platí, že

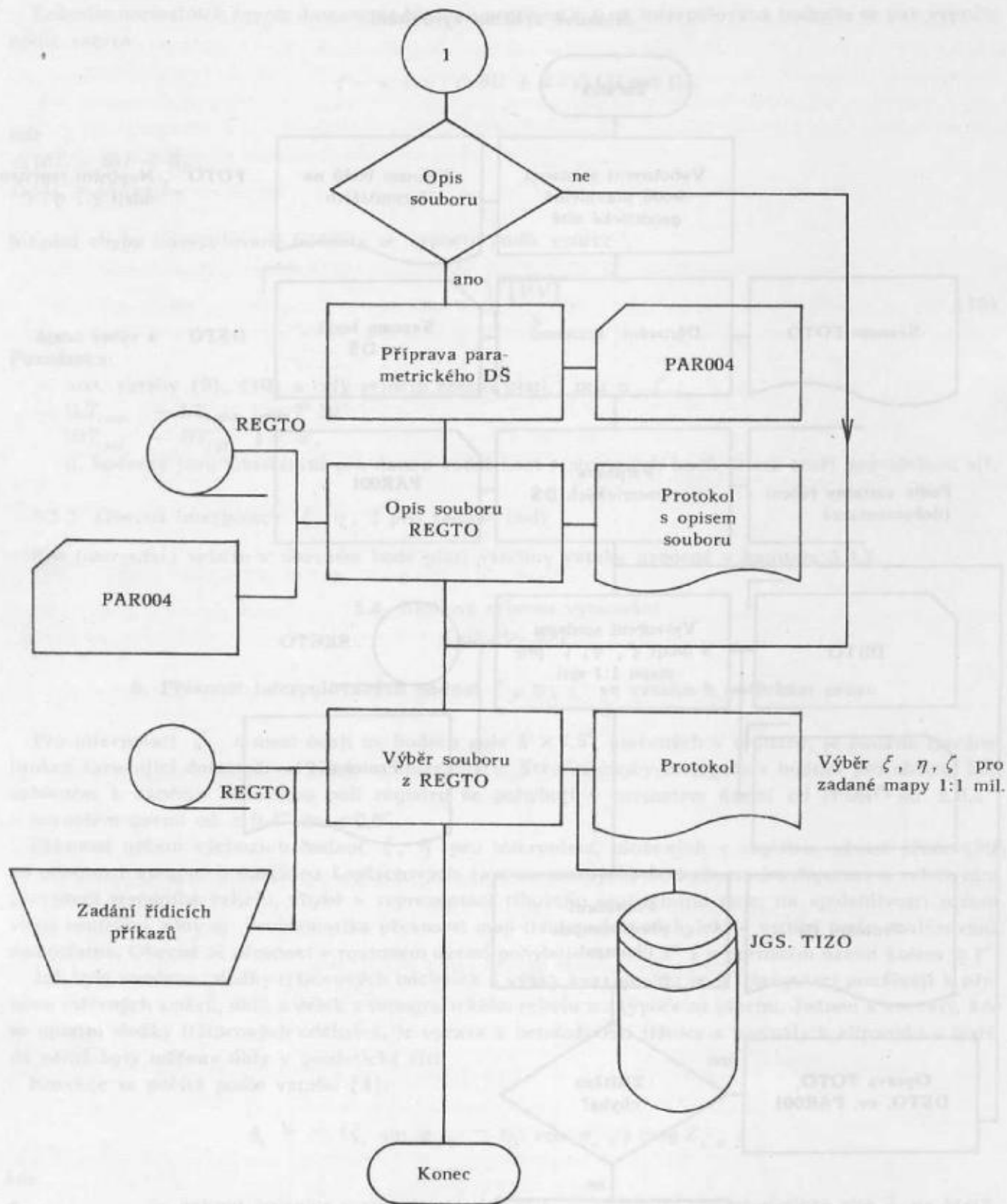
$$\delta_{1,\max} = \pm \theta \cotg Z,$$

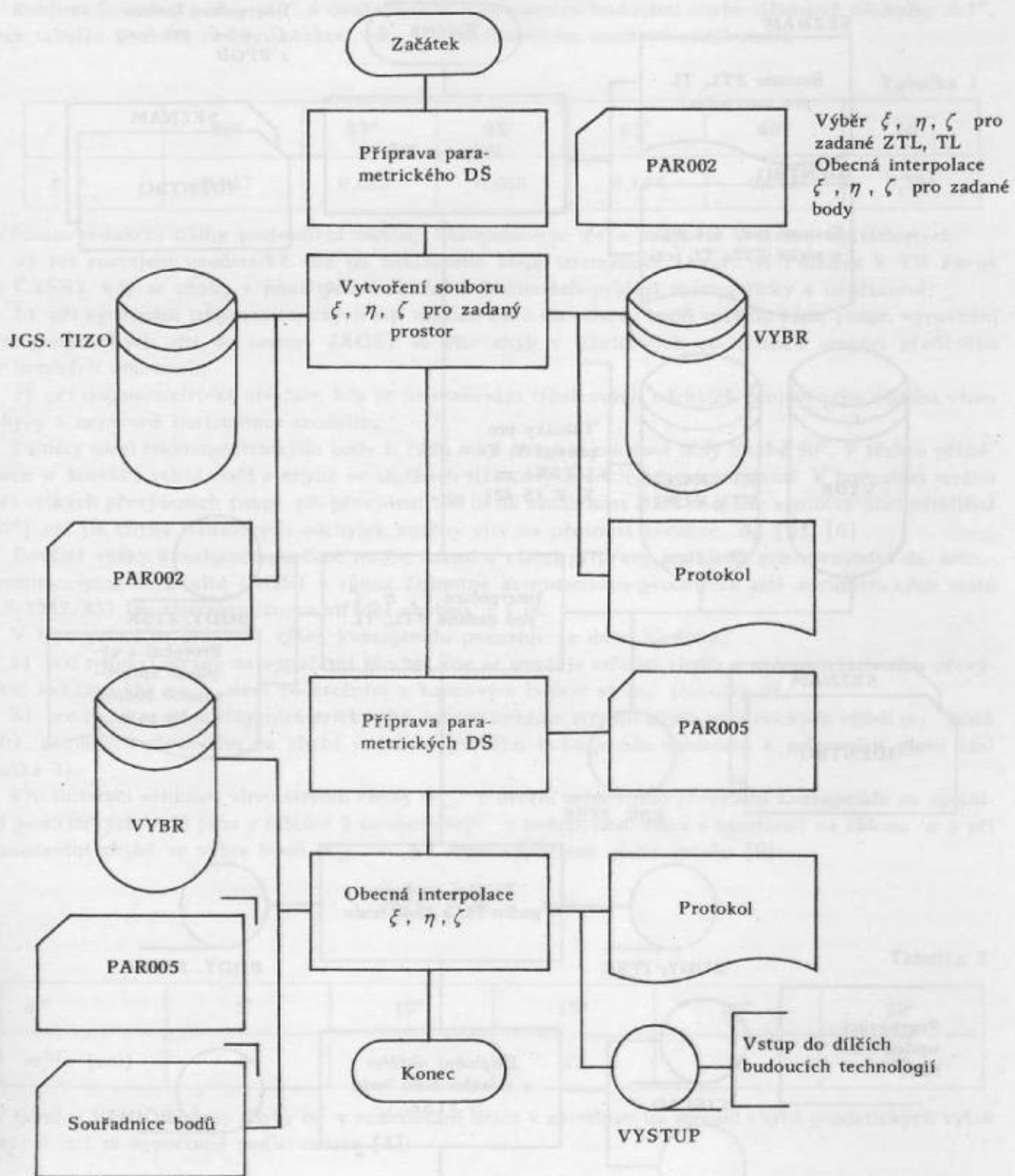
kde

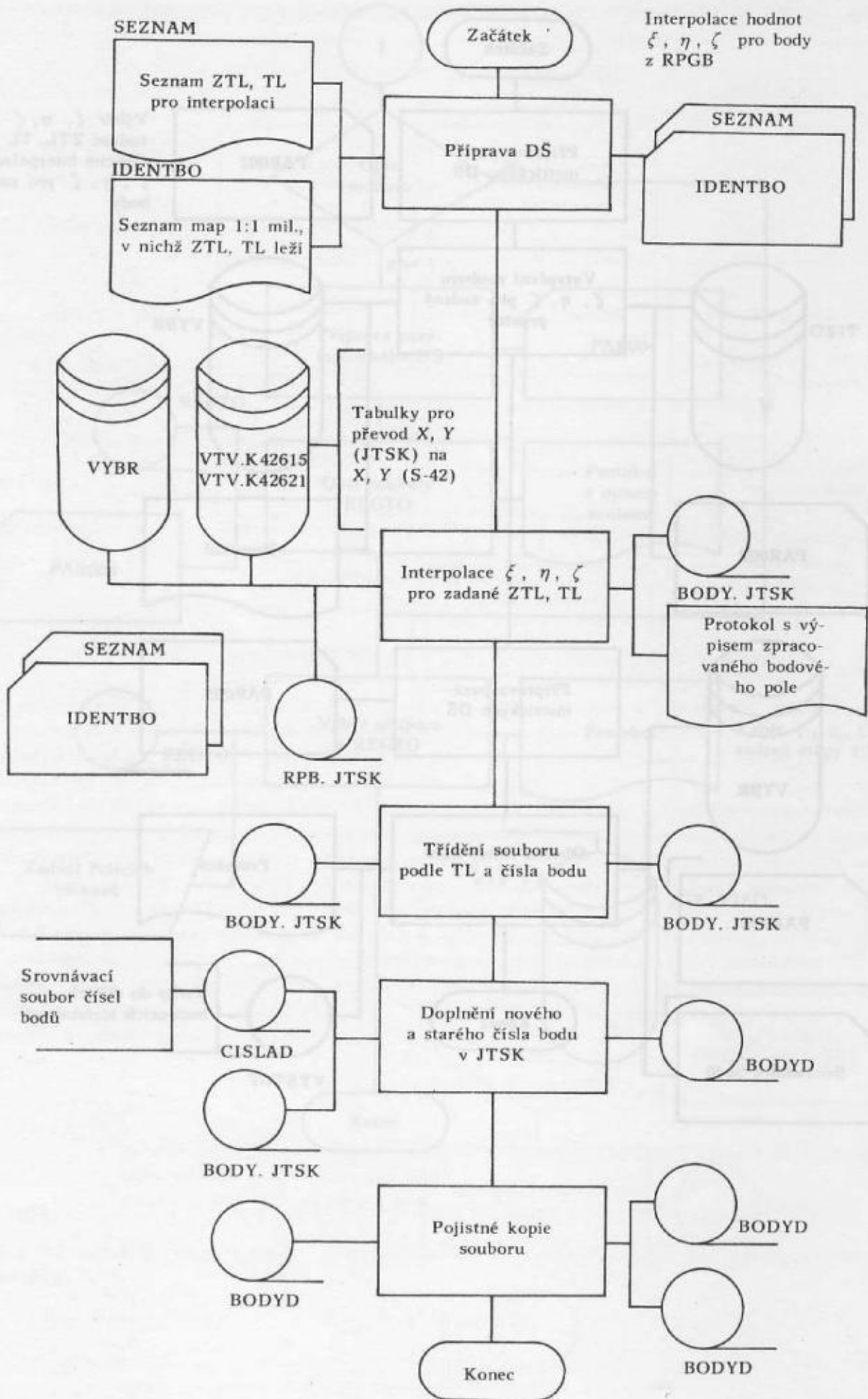
- θ — celková hodnota (totální) tížnicové odchylky.

Blokové schéma vyrovnání









Interpolace hodnot ξ, η, ζ pro body z RPGB

Zvolíme-li hodnotu $\theta = 10''$ a uvažujeme-li s průměrnou hodnotou chyby tížnicové odchylky $\pm 1''$, pak tabulka 1 uvádí změny korekce $\delta_{1_{\max}}$ v závislosti na zenitové vzdálenosti.

Tabulka 1

| Z | 89° | 87° | 85° | 83° | 80° | 70° |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\delta_{1_{\max}}''$ | 0,017 | 0,052 | 0,088 | 0,124 | 0,176 | 0,364 |

Význam redukční úlohy projektivní metody triangulace je třeba uvažovat v těchto souvislostech:

a) při rozvíjení geodetické sítě od základního bodu triangulace (např. od Pulkova k TB Pecny v ČSSR), kdy se chyby v použitých redukčních hodnotách projeví systematicky a nepříznivě;

b) při vyrovnání trigonometrických sítí nižších řádů do osnovy bodů vyššího řádu (např. vyrovnání čs. geodetických sítí do osnovy JAGS) se vliv chyb v tížnicových odchylkách projeví především v horských oblastech;

c) při trigonometrické nivelaci, kdy se neuvažování tížnicových odchylek projeví jako obdoba vlivu chyby z nepřesné horizontace teodolitu.

Záměry mezi trigonometrickými body I. řádu mají obvykle zenitové úhly blízké 90°. V těchto případech je korekce velmi malá a chyba ve složkách tížnicových odchylek se neuplatní. V hornatém terénu při velkých převýšeních (např. při převýšení 100 m na vzdálenost 2 km dosáhne zenitový úhel přibližně 87°) má již chyba tížnicových odchylek značný vliv na přesnost korekce δ_1 , [5], [6].

Použité výšky kvazigeoidu určené na čs. území v rámci přípravy podkladů pro vyrovnání čs. astronomicko-geodetické sítě (AGS) v rámci Jednotné astronomicko-geodetické sítě socialistických států (S-1942/83) lze charakterizovat střední chybou ± 1 m.

V triangulaci se přesnost výšek kvazigeoidu posuzuje ze dvou hledisek:

a) pro redukci strany do výpočetní plochy, kde se uvažuje střední chyba v určení relativního převýšení kvazigeoidu $m_{\Delta\zeta}$ mezi počátečním a koncovým bodem strany (tabulka 2),

b) pro redukci stran trigonometrické sítě, kdy se uvažuje střední chyba geodetických výšek m_{ζ} bodů sítě, závisející především na chybě v určení průběhu kvazigeoidu vzhledem k referenční ploše (tabulka 3).

Pro ilustraci velikosti vlivu střední chyby $m_{\Delta\zeta}$ v určení relativního převýšení kvazigeoidu na spojnici geodetických bodů jsou v tabulce 2 uvedeny $m_s^{\Delta\zeta}$ v redukované délce v závislosti na sklonu α a při konstantní chybě ve výšce bodů $m_{\Delta\zeta} = \pm 1$ metr vypočtené podle vztahu [9]:

$$m_s^{\Delta\zeta} = m_{\Delta\zeta} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

Tabulka 2

| α° | 5° | 10° | 15° | 20° | 30° |
|--------------------------|----|-----|-----|-----|-----|
| $m_s^{\Delta\zeta}$ (cm) | 9 | 18 | 27 | 36 | 58 |

V tabulce 3 jsou uvedeny chyby m_s^{ζ} v redukované délce v závislosti na střední chybě geodetických výšek $m_{\zeta} = \pm 1$ m vypočtené podle vzorce [4]:

$$m_s^{\zeta} = \frac{S}{R} \cdot m_{\zeta}$$

kde

- s — měřená délka strany v km,
 R — poloměr náhradní koule (volíme 6381 km).

Tabulka 3

| km | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 |
|--------------------|------|------|------|------|------|
| m_s^{ζ} (mm) | 0,15 | 0,78 | 1,57 | 2,35 | 3,13 |

Uvažujeme-li, že přesnost výpočtu korekce délky strany do referenční plochy by měla být desetkrát větší než přípustná chyba v určení délky strany udávaná relativní hodnotou $(5 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot s)$ v mm, pak z tabulek 2 a 3 vyplývá, že:

1) relativní převýšení výšky kvazigeoidu nad elipsoidem je třeba znát s vysokou přesností, tj. přesnost ± 1 m nevyhovuje;

2) přesnost absolutní výšky kvazigeoidu nad elipsoidem ± 1 m vyhovuje potřebám redukce délek na výpočetní plochu.

Vzhledem k tomu, že korekce δ_1 a redukce délek stran geodetických sítí do referenční plochy byly aktuální v rámci prací při převodu západoevropských geodetických sítí do S-1942/83, neuvádí se v tomto článku další druhy korekcí, používaných při projektivní metodě triangulace.

Samostatnou kapitolou je otázka určování elipsoidických výšek H_d , nezbytných pro výpočet systémových pravoúhlých souřadnic X, Y, Z . Pro tyto účely je třeba znát elipsoidické výšky H_d s přesností srovnatelnou s přesností souřadnic B, L .

Porovnáme-li přesnost hodnot ξ, η, ζ , kterou dosáhneme interpolací v konstrukčním bodovém poli, s přesností těchto hodnot požadovanou při výpočtu redukcí naměřených úhlů a délek na výpočetní plochu, pak lze konstatovat, že je třeba dále zkvalitňovat podklady a technologie pro zpřesněné určování tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu. Při vyrovnání geodetických sítí projektivní metodou triangulace je třeba uvažovat rostoucí vliv systematických chyb vzhledem ke vzdálenosti od základního bodu geodetického systému, kdy se projevují také chyby veličin ξ, η, ζ .

7. Závěr

Organizace, uložení datové báze veličin ξ, η, ζ a uživatelské programy odpovídají současným potřebám na využití i vyjádření těchto veličin, především při vyrovnání geodetických sítí a jejich zpracování projektivní metodou triangulace. Pro perspektivní požadavky je třeba zvyšovat přesnost dat, uložených v registrech. U složek tížnicových odchylek je třeba zvýšit přesnost určení veličin v centrální zóně horských a velehorských oblastí. Chyba v určení výšky kvazigeoidu vstupuje plnou hodnotou do výpočtu geodetických výšek a prostorových souřadnic X, Y, Z .

Obecně je třeba nadále pečovat o nepřetržité doplňování a zpřesňování užitečných a perspektivních informací v podmínkách kvalitní dělby prací ve prospěch topogeodetického zabezpečení zájmového území.

Literatura:

- [1] RADĚJ, K.: Projekt převodu čs. geodetických základů do S-1942/83. [Výzk. úkol VV-DO-21-03.] Dobruška 1985.
- [2] DUŠÁTKO, D.: Význam údajů o převýšení kvazigeoidu pro geodetické zabezpečení. Sborník TS MNO, 1984, č. 1.
- [3] DUŠÁTKO, D.: Určování tížnicových odchylek, převýšení geoidu a tížkových anomálií prostředky inerciální geodézie. Sborník TS MNO, 1983, č. 2.
- [4] VYKUTIL, J.: Vyšší geodézie. Brno 1982.
- [5] HRADILEK, L.: Vysokohorská geodézie. Praha, Akademia 1984.
- [6] PELLINEN, L. P.: Vysšaja geodezija, Moskva, Nedra 1978.
- [7] KADERÁVKOVÁ, H. — VATRT, V. — VALOVČIN, J.: Projektová dokumentace registru tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu. Dobruška 1985.
- [8] VATRT, V.: Analytická interpolace izočar v obecném bodovém poli. [Projektová dokumentace.] Dobruška 1983.
- [9] CIMBÁLNÍK, M.: Geodetické systémy a lokální sítě. Praha 1981.

Do redakce došlo 23. prosince 1985.

Zkušenosti z tvorby reliéfního stolu

1. Úvod

V roce 1984 byl Vojenský topografický ústav Dobruška pověřen zhotovením a instalací reliéfního stolu pro spojenecké cvičení ŠTÍT 84. Byl zadán prostor o rozměrech 6×7 km, horizontální měřítko reliéfního stolu bylo stanoveno na 1:1000 a rozměr jednotlivých dílů na 1×1 m. Jelikož nebyly ve VTOPÚ Dobruška s tvorbou reliéfních stolů dosud žádné zkušenosti, byla k jeho zhotovení využita upravená technologie používaná ve VKÚ Harmanec.

2. Postup při zpracování reliéfního stolu

2.1. Přípravné práce

Určený prostor jsme vymezili v topografické mapě měřítka 1:25 000, kterou jsme v dalších fázích používali jako pracovní mapu, zejména ke sledování postupu jednotlivých pracovních operací. Pro překreslování výškopisu jsme využívali topografickou mapu 1:10 000, doplněnou a opravenou podle nových leteckých měřických snímků a výsledků rekognoskace v terénu. Při rekognoskaci jsme rovněž pořídili pohledové snímky prostoru a snímky typických topografických objektů, které bylo nutno na reliéfním stole zobrazit a zvýraznit. Do mapy 1:10 000 jsme potom vykreslili čáry vymezující hrany reliéfního stolu a jeho jednotlivých dílů.

Při určování vertikálního měřítka reliéfního stolu jsme museli vzít v úvahu rovinatý terén v daném prostoru a to, že výška modelu neměla přesáhnout 30 centimetrů. Aby bylo dosaženo dobrého plastického vjemu při pozorování modelu z tribuny, zvolili jsme vertikální měřítko v hodnotě 1:300.

2.2. Překreslení reliéfu (vrstevnic) a vyřezání modelu

Vrstevnice jsme překreslovali na hobrové desky (čtverce 1×1 m) z map 1:10 000 pomocí optické projekce tak, aby byl promítnutý obraz v měřítku 1:1000. K tomuto účelu jsme použili přístroj Epidiaskop (viz obr. 1). Pro každý díl reliéfního stolu musely být vykresleny vrstevnice dvakrát, neboť se zhotovoval tzv. dutý model. Na prvním čtverci se vrstevnice označené lichým číslem vykreslily vždy červeně, modře vrstevnice označené sudým číslem, na druhém čtverci naopak. Z prvního dílu se potom vyřezávaly vrstvy liché a z druhého dílu vrstvy sudé. K vyřezávání jednotlivých vrstev z hobrových desek jsme použili nástavec přímočaré pily k ruční elektrické vrtačce. Práce s tímto nástavcem byla snadná a rychlá, nedostatkem se jevila velká prašnost při řezání hobrových desek.

Z vyřezaných vrstev jsme potom vytvářeli model terénu tak, že jsme střídavě na sebe skládali vrstvy z prvního a pak z druhého dílu. Tento způsob zhotovení modelu terénu zaručuje menší spotřebu materiálu, na druhé straně je jeho pevnost menší než u modelu plného.

2.3. Montáž modelu

Vrstevnicové modely jednotlivých dílů jsme montovali na podstavce o rozměru 1×1 m, zhotovené z prken o síle 2 cm, podstavce byly uvnitř vyztuženy a navrch přibita deska z překližky o síle 3 mm. Výšku jednotlivých podstavců jsme určili jako součet výšky nejnižšího podstavce (zvoleno 8 cm) a rozdíl absolutních výšek jednotlivých dílů (v měřítku vertikálním) na stykové hraně, kde byl tento rozdíl nejmenší (viz obr. 2). Tímto způsobem se ušetří hobrové desky a sníží hmotnost jednotlivých dílů reliéfního stolu. Při zhotovování podstavců je třeba dbát na přesné dodržování pravouhlosti jeho stěn. Pro snadnější manipulaci s jednotlivými díly při jejich výrobě a manipulaci při instalaci reliéfního stolu jsme na všech stěnách dílů vyřezali úchyty pro ruce.

Jednotlivé vrstvy jsme na podstavec a mezi sebou navzájem lepili kličovým lepidlem FIRMUS a ještě přibíjeli hřebíky odpovídajícími tloušťce vrstev. Dutiny modelu jsme pro jeho zpevnění vyplňovali zbytkovým materiálem. Po montáži vrstev na podstavce a zaschnutí lepidla jsme svislé okraje dílů reliéfního stolu zbrousili tak, aby byla zachována kolmost všech jeho stěn, která je důležitá při sestavování dílů k sobě.

2.4. Modelování

Před zahájením modelování jsme celý model natřeli dextrinem a nechali do dalšího dne zaschnout. K modelování jsme použili hmotu, skládající se z 1/3 sádry, 2/3 plavené křídly, 1/2 kg měkkých dřevěných pilin, 2 až 3 dl dextrinu a 1 dl kliču. Řádně promíchanou hmotu jsme potom nanášeli na vrstevnicový model tak, abychom vyplnili dutiny mezi vrstvami (viz obr. 3). Je výhodné nanášet modelovací hmotu vždy na jednu řadu dílů sražených k sobě, mezi jednotlivými díly však musí zůstat mezera na protažení drátu, kterým se po krátkém zaschnutí oddělí díly od sebe. Dobře se nám osvědčil drát používaný k pečetění.

Po dvoudenním zaschnutí jsme model vyhladili pomocí brusného papíru a přetřeli jej řídkou sádrovou vodou. Po dokonalém zaschnutí jsme všechny díly natřeli slabě zelenou latexovou barvou, která sloužila jako podklad pro další kresbu situace.

2.5. Kresba polohopisu

Pro překreslení polohopisu z mapy 1:10 000 na již hotový plastický model terénu jsme opět využili Epidiaskop, kterým jsme promítali situaci na model postavený do svislé polohy. Kresbu situačních prvků jsme prováděli obyčejnou tužkou černé barvy, vodstvo modrou barvou, přičemž jsme dbali na to, aby bylo vodstvo v souladu s výškopisem modelu.

Vlastní kresbu smluvených značek jsme prováděli latexovými barvami takto:

- hlavní silnice a průjezdy sídly — tmavě šedou barvou;
- vedlejší silnice a ulice v sídlech — světle šedou barvou;
- vodstvo — modrou barvou;
- železnice — černobílou značkou;
- polní a lesní cesty — tmavě hnědou barvou.

Ke zvýraznění situace na reliéfním stole, vzhledem k jeho měřítku (1:1000), jsme znázornili sídla jednotlivými budovami, které jsme zhotovili z polystyrénu a natřeli latexovými barvami. Pro znázornění lesů, jednotlivých stromů a keřů jsme použili molitanovou drť obarvenou v latexové barvě. Rovněž jsme zvýraznili pomocí modelů z polystyrénu i mosty na komunikacích, stožáry a sloupy elektrických vedení jsme zhotovili z ocelových drátů. Travnaté plochy a letiště jsme znázornili pomocí posypových materiálů (pro železniční modely), některé zemědělské kultury jsme zvýraznili nátěrem latexovou barvou v příslušném odstínu. Pro spojování nadstavbových prvků k reliéfnímu stole jsme použili lepidlo Duvilax.

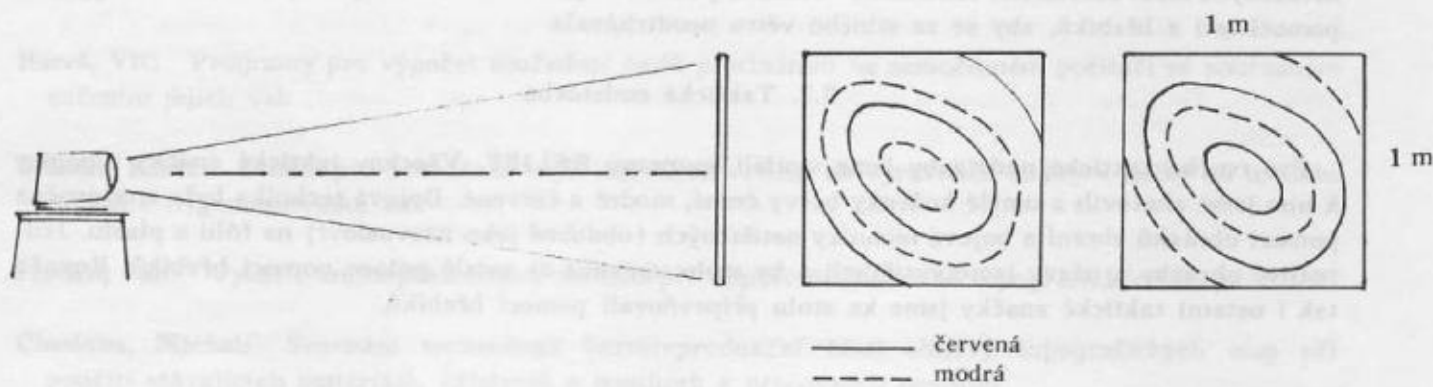
2.6. Konečná úprava, převoz a instalace reliéfního stolu

V závěrečné fázi jsme u všech dílů reliéfního stolu zatmelili a po zaschnutí vybrousili boční stěny, které jsme potom natřeli latexovou barvou — vnější boky hnědou a vnitřní boky zelenou barvou, na přední stěnu každého dílu jsme nakreslili jeho pořadové číslo.

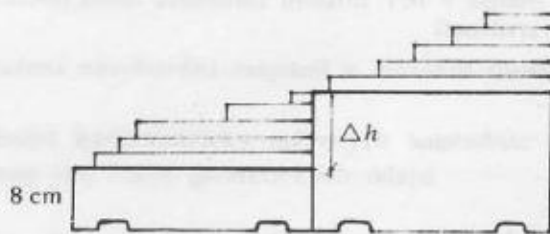
Reliéfní stůl jsme převáželi na nákladních automobilech Praga V3S s vlekem, na automobil jsme naložili 6 dílů a na vlek 8 dílů reliéfního stolu. Díly jsme pokládali naplocho, proti poškození byly chráněny uložením na vyřazených matracích, v mezerách mezi jednotlivými díly a mezi díly stolu a bočnicemi byly vloženy pruhy polystyrénu.

Reliéfní stůl jsme museli instalovat před tribunou (pozorovatelnou) tak, aby na něj bylo dobře vidět a aby byly zřetelné všechny popisy a taktická nadstavba. K tomu jsme určili minimální vzdálenost reliéfního stolu od tribuny a sklon podstavce tak, aby byl přední okraj stolu z tribuny vidět a zadní okraj stolu nezastiňoval pozorovaný prostor.

Podstavec pod reliéfní stůl vybudovali příslušníci ženijního vojska podle našich požadavků. K jeho stavbě použili dřevěnou mostní konstrukci, na kterou položili podlahu z prken. Při instalaci stolu na podstavec jsme museli podkládat rohy jednotlivých dílů stolu připravenými odřezky z překližky, abychom



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

vyrovnali místní nerovnosti podlahy. Kolem položeného reliéfního stolu jsme potom přibili latě, které jeho polohu fixovaly. Před povětrnostními vlivy byl reliéfní stůl chráněn fólií z PVC. Fólii jsme pokládali na konstrukci, kterou jsme zhotovili nad reliéfním stolem s využitím zábradlí podstavce, latí a drátů natažených mezi zábradlím. Na bočních stěnách podstavce jsme museli fólii přichytit k jeho konstrukci pomocí latí a hřebíků, aby se za silného větru neodtrhávala.

2.7. Taktická nadstavba

Pro tvorbu taktické nadstavby jsme využili soupravu RELIÉF. Všechny taktické značky i popisy k nim jsme zhotovili z umělé koženky barvy černé, modré a červené. Bojová technika byla znázorněna pomocí obrázků zbraní a bojové techniky natištěných (obdobně jako názvosloví) na fólii z plastu. Jednotlivé obrázky a názvy jsme vystříhali a ke stolu upevnili ve svislé poloze pomocí hřebíků. Rovněž tak i ostatní taktické značky jsme ke stolu připevňovali pomocí hřebíků.

3. Závěr

Reliéfní stůl zhotovený na bázi sádry a plavené křída má tu nevýhodu, že je křehký a při dlouhodobém vystavení dešti nasává vodu, měkne a posléze se začne bortit. Není proto vhodný pro ukázky v terénu, ale spíše by našel uplatnění na učebnách. Nevýhodou je i to, že posypové materiály vlivem slunečního záření brzy blednou a musí se často obnovovat.

Pro ilustraci uvádím spotřebu materiálu na jeden díl reliéfního stolu:

- dřevěná prkna o tloušťce 2 cm a šířce 8 cm: 4 metry
- hobrová deska o rozměru 1,2 × 2,4 m, tloušťka 1,1 (1,3) cm: 1 kus
- hřebíky: 1,0 kg
- brusný papír o různé zrnitosti
- modelářská sádra: 5 kg
- plavená křída: 10 kg
- dřevěné piliny: 0,5 kg
- dextrin: 0,5 kg
- kliš FIRMUS: 1,0 kg
- latexová barva bílá: 1,0 kg
- tónovací pasty: 5 kusů
- tmel: 0,5 kg.

Na zpracování jednoho dílu reliéfního stolu bylo v průměru spotřebováno 90 skutečných hodin pracovního času. Hmotnost jednoho dílu reliéfního stolu se pohybovala okolo 25 kilogramů.

Do redakce došlo 7. října 1985.

Seznam témat diplomových projektů obhájených v roce 1985 a 1986 na VAAZ Brno

1985

- Bareš, Vít:** Programy pro výpočet souřadnic bodů protínáním na samočinném počítači se současným určením jejich vah
- Brázdil, Karel:** Studie pro přenášení chyb měřených veličin na vyrovnané směry a délky na modelu rozsáhlé trigonometrické sítě
- Franko, Jan:** Využití multispektrálních snímků při doplňování, obnově topografických map
- Chudoba, Michal:** Srovnání technologií kartoreprodukční části obnovy topografických map při použití stávajících materiálů, přístrojů a pomůcek a pracovních postupů
- Klusoň, Zdeněk:** Ověření některých možností zpracování leteckých a družicových snímků číslicovými metodami v oblasti prostorových kmitočtů
- Moravec, Zdeněk:** Rozbor přesnosti topografických map měřítka 1:25 000 po obnově
- Müller, Lubor:** Ideový projekt mapové části služební pomůcky „Přehledná vojenskopolitická geografie světa“
- Nemec, Jaroslav:** Ověření závislosti mezi změnami obsahu TM a dobou její obnovy
- Nosek, Petr:** Racionalizace systému zásobování mapami v armádní útočné operaci
- Pála, Milan:** Ověření využitelnosti kartometricky měřených souřadnic trigonometrických bodů ze zahraničních topografických map pro mapy geodetických údajů
- Potěšil, Radomír:** Měřické práce při stavbě silničního týlového mostu NORMA
- Pročka, Robert:** Ideový projekt služební pomůcky „Stručné vojenskogeografické vyhodnocení zájmového prostoru ČSLA“
- Sáska, Pavel:** Zaměření a výpočet speciální geodetické sítě SGS-15
- Stránský, Jan:** Využití digitálního modelu reliéfu ke zjišťování některých charakteristik průchodnosti terénu
- Struha, Pavel:** Zaměření a výpočet speciální geodetické sítě SGS-15
- Stoss, Luděk:** Možnosti využití programu prostorové transformace pro vyhodnocení fotogrammetrického modelu bez AO na stereometrografu (absolutně orientovaného fotogrammetrického modelu)
- Taflíř, Lubomír:** Astronomická orientace speciální geodetické sítě SGS-15
- Vybíhal, Jaroslav:** Analýza optimálního rozsahu a velikosti normativů zásoby topografických map určených pro běžnou potřebu (ve skladu a u uživatelů na nižších stupních zásobování)

- Csalava, Zdeno:** Projekt, zaměření a výpočet omezené speciální geodetické sítě SGS-15
- Čech, Petr:** Úvodní projekt nástěnné ekonomickoadministrativní mapy zájmového prostoru ČSLA
- Hlavoněk, Ladislav:** Zpracování programu pro výpočet potřeby map k zabezpečení útočné operace armády
- Hornof, Libor:** Využití optimalizace při budování SGS v topografickém zabezpečení vojsk
- Kašlík, Jaroslav:** Unifikace mapových značek při automatizované tvorbě vybraných speciálních map
- Kovařík, Vladimír:** Určení astronomických zeměpisných souřadnic na Laplaceově bodě s využitím cirkumzenitálu
- Křivka, Libor:** Transformace souřadnic družicového snímku do rovinných souřadnic zobrazovacího systému
- Kuchař, Radek:** Zhuštění bodového pole
- Liska, Karel:** Rozbor problematiky grafického zaplnění dvojjazyčných topografických map
- Lukeš, Karel:** Návrh algoritmů pro řešení viditelnosti a zákrytu prvků při automatizované kartografické kresbě
- Mokřý, Petr:** Ověření přesnosti určování souřadnic z původní zahraniční topografické mapy doplněné čtvercovou sítí v S-1942
- Nováček, Evžen:** Ověření přesnosti zpracování topografické mapy ve vymezené části zájmového prostoru ČSLA
- Rondzík, Imrich:** Návrh a ověření nejvhodnějšího technologického postupu tvorby národní speciální mapy průchodnosti území s využitím nově vyvinutých materiálů
- Schubert, Egon:** Sestavení fotoplánu z kosmických snímků
- Skrabal, Miroslav:** Projekt, zaměření a výpočet SGS určené polygonovou sítí
- Varga, Miloš:** Určení astronomického azimutu na Laplaceově bodě
- Zouhar, Jiří:** Vliv kartografické generalizace na přesnost topografických map měřítkové řady 1:25 000 až 1:200 000

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Миклошик, Ф.: Точность изображения местных предметов на обновленных топографических картах масштаба 1:25 000 | 1 |
| Сукуп, К.: Перспективы развития техники и технологий для фотограмметрической обработки данных в ЧНА | 13 |
| Вондра, Д. — Тальгофер, В.: Современное состояние и ближайшие перспективы развития цифровой модели местности для требований ЧНА | 17 |
| Янски, П.: К современному состоянию развития и создания специальных карт и военногеографических информаций в ЧНА | 22 |
| Сzczurek, Я.: Использование «краковянов» для вычисления прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера | 26 |
| Душатко, Д.: Современное состояние моделирования данных геомагнитного поля | 33 |
| Лала, П. — Шилган, В.: Программное обеспечение для обработки результатов измерений лазерным спутниковым дальномером | 38 |
| Шилган, В.: Графическое определение основных параметров космических фотографических снимков | 52 |
| Душатко, Д. — Ватрт, В. — Тума, М.: Некоторые возможности использования данных, возникших при создании карты уклонений отвесных линий масштаба 1:1 000 000 | 62 |
| Моттл, М.: Опыт из создания рельефного стола | 75 |
| Перечень тем дипломных работ, защищенных на Военной Академии им. А. Запотоцкого в 1985 и 1986 гг. | 79 |

INHALT

| | |
|--|----|
| Miklošik, F.: Die Genauigkeit der Situation erneuerter topographischer Karten im Masstab 1:25 000 | 1 |
| Sukup, K.: Die Perspektiven der Entwicklung der Technik und Technologie für die photogrammetrische Datenverarbeitung in der CSVA | 13 |
| Vondra, D. — Talhofer, V.: Der gegenwärtige Stand und die nächsten Ausblicke der Entwicklung des digitalen Geländemodells für die Bedürfnisse der CSVA | 17 |
| Janský, P.: Zum gegenwärtigen Stand der Entwicklung und Herstellung von Spezialkarten und militärgeographischen Informationen in der CSVA | 22 |
| Szczurek, J.: Die Anwendung von Krakowianen für die Berechnung von ebenen Koordinaten in Gauss-Krüger-Projektion | 26 |
| Dušátko, D.: Der gegenwärtige Stand der Modellierung von Größen des geomagnetischen Feldes | 33 |
| Lála, P. — Silhan V.: "Die Software für die Auswertung von Ergebnissen der Messungen mit einem Satelliten-Laser-Entfernungsmesser | 38 |
| Silhan, V.: Graphische Bestimmung von Grundparametern der kosmischen Photoaufnahmen | 52 |
| Dušátko, D. — Vátrt, V. — Tůma M.: Einige Möglichkeiten der Ausnützung der bei der Herstellung von Karten der Lotabweichungen 1:1 000 000 entstandenen Daten | 62 |
| Mottl, M.: Die Erfahrungen mit der Herstellung des Relieftisches | 75 |
| Themenverzeichnis der in den Jahren 1985 und 1986 verteidigten Diplomprojekte an der MAAZ Brno | 79 |