

vojenský topografický obzor



vydává MNO

2

1968

OBSAH

Plk. prof. dr. ing. Bedřich Chrastil: Příspěvek k pojetí, skladbě a obsahu geodeticko-kartografického studia v ČSSR se zvláštním zřetelem k současnému stavu tohoto studia na VA AZ	1
Plk. prof. dr. ing. Josef Vykutíl: K numerickému řešení II. hlavní geodetické úlohy pomocí tětivy	5
Pplk. ing. Jaroslav Prachař: Určení polohy bodu v daném geodetickém systému ze simultánně měřených topocentrických vzdáleností ke třem vhodným polohám družice	11
Recenzent pplk. ing. Bohumil Hanák	
Ing. František Hovorka: Výpočet zdánlivých souřadnic opěrných hvězd na samočinném počítači Minsk 22 pro fotografické určování souřadnic umělých družic Země	23
Recenzent ing. Jan Fixel	
Kpt. ing. Dalibor Vondra: Americký geodetický družicový program	34
Recenzent pplk. ing. Bohumil Hanák	
Mjr. ing. Libor Filipský: K otázce přesnosti fiktivních trojúhelníků v triangulaci	38
Recenzent plk. prof. dr. ing. Josef Vykutíl	
Kpt. ing. Martin Pisár: Výpočet a vyrovnání rovinných souřadnic geodetických sítí na samočinných počítačích	49
Recenzent doc. ing. CSc Zdeněk Nevosád	
Pplk. ing. Václav Jílek, mjr. ing. Milan Píkrýl: Počítač Cellatron SER 2b a některé zkušenosti z jeho provozu	59
Recenzent pplk. ing. Ladislav Kebísek	
Pplk. ing. CSc Vladimír Martinák: K dalšímu vývoji elektronických metod měření vzdáleností	65
Recenzent pplk. ing. Stanislav Kvasnička	
Ing. Rudolf Hovorka: Elektronické části gyroteodolitu G1-B2 a G1-B1	69
Recenzent npor. ing. Miloslav Chmelík	
Ing. Ivan Bařka: Nové typy gyroteodolitů G1-C1 a G1-B2	74
Recenzent pplk. ing. Jaroslav Podolský	
Mjr. ing. Drahomír Dušátko: První gravimetrické měření pro sledování věkových změn tíhového pole v ČSSR	79
Recenzent pplk. ing. Stanislav Kvasnička	
Pplk. ing. Boleslav Červinka: Poznámky k leteckému snímkování	84
Recenzent pplk. ing. CSc Radim Kudělásek	

Obsah pokračuje na 3. straně obálky

Plukovník prof. dr. ing. Bedřich Chrástil, VAAZ Brno

Příspěvek k pojetí, skladbě a obsahu geodeticko-kartografického studia v ČSSR se zvláštním zřetelem k současnému stavu tohoto studia na VA AZ

Tento článek chce informovat čtenáře Vojenského topografického obzoru o některých současných vývojových tendencích v pojetí vysokoškolské přípravy geodetů a kartografů v ČSSR. Přes vyhraněné účelové zaměření této přípravy na VAAZ považuje autor za užitečné věnovat více místa celostátní situaci, neboť srovnatelnost v úrovni studia a v základním inženýrském profilu je z objektivních hledisek nezbytná.

1. Dnešní rozsah a obsah přípravy zeměměřických inženýrů na vysokých školách technických v ČSSR je výslednicí dlouholetého vývoje, jehož historie je v hlavních rysech známá. Bylo přirozené, že k výrazným strukturálním a obsahovým změnám docházelo vždy tehdy, kdy se studium prodlužovalo /1927-1946-1952/. Na celkové pojetí a skladbu studia však měly nutně vliv i další významné okolnosti. Patří k nim zejména:

- téměř šestileté přerušování studia za okupace /1939-45/,
- socialistická revoluce po únoru 1948,
- vznik průmyslových škol zeměměřických,
- růst významu a úlohy odvětví geodézie a kartografie s rozvojem společnosti.

K těmto faktorům se v poslední době přidružuje celostátně přijatý princip kontinuálního vzdělávání, nacházející svůj hlavní výraz v zavádění systému postgraduálního studia. Do jisté míry bude třeba přihlížet k zamýšleným úpravám středoškolského studia.

2. V procesu naznačeného vývoje se studium přirozeným způsobem obohacovalo o evidentní pokrok, v jednotlivých odborných disciplínách i o nové formy výuky a studia. Současně však docházelo od roku 1946 k některým úpravám /stejně jako u všech ostatních vysokoškolských směrů a specializací/, které z dnešních hledisek lze označit jako menší či větší deformace optimálního modelu studia.

Jako první takovou deformaci lze uvést značné tříštění učebního plánu a vznik velkého množství malých předmětů. To vedlo nejen k růstu počtu zkoušek /později také zápočtů a tak zvaných klasifikovaných zápočtů/, ale především k narušování logické stavby jednotlivých disciplín, k oslabování vzájemné vazby správné posloupnosti předmětů, k růstu tematických duplicít často s různou koncepcí i ke zbytečnému zdůrazňování některých zprostředkujících předmětů, případně oslabování předmětů klíčových. I přes určitou objektivnost tohoto vývoje, poplatného dobovým potřebám a názorům nelze dnes tento stav již přecházet bez povšimnutí.

Druhá deformace vyplývala z dlouho prosazovaného názoru, že vysoké školy mají připravovat hotové odborníky, schopné nasazení na jakékoli funkci v daném oboru. Pedagogicky i metodologicky vyspělé školství v naší vlasti zde akceptovalo nereálný

požadavek, jehož kádrové příčiny byly sice pochopitelné /nedostatek odborníků v poválečných letech a kádrové požadavky perspektivních plánů jednotlivých odvětví/, který však vyvolal v zápětí řadu dalších negativních důsledků:

- vznik úzkých studijních specializací, naprosto neúnosných v našich ekonomických podmínkách,
- podstatné oslabení teoretického základu inženýrské přípravy a organizátorsko-technologické pojetí studia specializovaného. Přitom ve specializacích často nebylo teoretické přípravy využito. K tomu přispívala i nedostatečná středoškolská příprava pro studium na vysokých školách,
- přecenění praktických zaměstnání v relaci k přednáškám i praxí na závodech, případně v terénu.

Třetí deformaci, podstatně odlišného charakteru, vidím v módním a nepřiměřeném zdůrazňování těch moderních a nevyhnutelných partií různých předmětů, které představují na jedné straně výrazný pokrok a někdy i předěl v dané vědní disciplíně, na druhé straně však ve vztahu k aplikacím v jiných technických oborech vyžadují proporcionální a logické začlenění do celkového systému přípravy jistých odborníků s vyhraněnou technickou a společenskou funkcí.

Moderní počítače, elektrooptické a rádiové dálkoměry, automatizace fotogrammetrických a kartografických prací apod. představují pronikavý a principiální zásah nejen do geodetické a kartografické praxe, ale i do přípravy odborníků pro tuto praxi. Jakkoli velký však je a může být vliv těchto a jiných poznatků a prostředků, nemůže v podstatě ani měnit, ani oslabit základní společenskou funkci geodetů a kartografů, kteří nadále budou muset zodpovídat za vyměřování a zobrazování větších či menších částí povrchu zemského, za tvorbu geodetických a kartografických podkladů pro všemožné technické, hospodářské, kulturní, politické i obranné účely, ať již k tomu cíli budou používat jakýchkoli prostředků. Chci tím jen říci, že základní profil geodeta a kartografa je dán jeho výrobky, nikoli výrobními prostředky, které jsou nevyhnutelné, ale druhořadé. Ovládání těchto prostředků není cílem, cílem je odborná práce a její produkty.

3. S povděkem dnes přijímáme obrat v nazírání na funkci vysokých škol všech typů a zaměření. K tomuto obratu přispěly nejen zkušenosti za uplynulých 22 let, ale především také všechny dozrálé aspekty vědeckotechnické revoluce v oblasti přípravy kádrů. Nutnost nepřetržitého studia a požadavek všestranné společenské způsobilosti pro zastávání odborných, vědeckých a řídicích funkcí limitují - v jednotě se středoškolskou přípravou - obsah a cíle základní vysokoškolské přípravy. Vysoká škola musí své posluchače naučit logicky myslet, správně studovat, vědecky analyzovat jakékoli jevy. Dále jim musí dát dostatečný teoretický základ, nezbytný nejen pro vlastní specializaci, ale i pro další poznávací a tvůrčí činnost. Vysoká škola má dovršit i intelektuální a společenskou přípravu natolik, aby politické, charakterové a morální rysy absolventů nemohly být v praxi již diametrálně pozměněny. Tomu cíli přirozeným způsobem napomáhá i věkové rozpětí posluchačů vysokých škol v interním studiu.

Do praxe bude tedy přicházet mladý odborník, fyzicky vyzrálý a intelektuálně připravený nastoupit odbornou dráhu ve svém širším oboru. Kontinuita přípravy a využití kádrů musí najít tedy svou realizaci i ve skloubených plánech odborného růstu těchto odborníků, ovšem v stimulující závislosti na jejich schopnostech, úsilí a pracovních výsledcích. Nový charakter základního studia na vysoké škole vyžaduje, aby mladí absolventi plánovitě a s minimálními časovými ztrátami poznali prakticky

všechny činnosti, které později budou sami /podle kádrových potřeb a zámyslů zaměstnavatele/ plánovat, organizovat a řídit.

4. Obrovské množství a rychlý růst nových poznatků nutí k maximální efektivnosti studia na všech stupních. Je velmi těžkým a zodpovědným úkolem naší pedagogické vědy najít optimální strukturu školení a výchovy, které by při citlivém respektování biologických, psychických a intelektuálních možností jednotlivých věkových stupňů zajistily přirozenou jednotu a logickou kontinuitu mezi vzděláním středoškolským, vysokoškolským a soustavou postgraduální přípravy v závislosti na praktickém zaměstnání.

Avšak tytéž důvody maximální efektivnosti času nutně musí vést k tomu, že vysoká škola bude nucena normativní pensum vědomostí a znalostí ze střední školy předpokládat a na ně bez přechodu navazovat.

Totéž si vynutí učební proces i na vysokých školách, pokud jde o poznatky ze základních a průpravných předmětů. Tím vznikne nový tlak na správnou posloupnost předmětů a jednotlivých témat. O to paradoxnější by pak byla taková výuka v hlavních předmětech, která by se z valné části nebo zcela obešla bez 3leté - 4leté přípravy v teoretických předmětech. V tom případě jde nejen o zbytečné plýtvání časem, ale i o záměnu učebního místa, kdy příprava na stupni průmyslové školy je maskována neúčelným teoretickým nátěrem.

Správný rozsah i obsah přípravy na vysoké škole nelze tedy stanovit bez přesné znalosti obsahu studia na škole střední ani bez rámcové informace o obsahu a cílech jednotlivých stupňů postgraduální přípravy. Je proto značně paradoxní /i když zatím neřešitelný/ dnešní stav, že se teprve začínají rýsovat koncepce postgraduálního studia a dovršují se nebo již byly uzavřeny reformy studia na vysokých školách. Je to zásadní okolnost, mající vliv jednak na míru a náplň teoretické přípravy na vysoké škole, jednak na pojetí základu specializace.

5. Se vznikem Vojenské technické akademie v Brně v roce 1951 došlo také k transformaci zeměměřického studia na dosavadní Vysoké škole technické na systém přípravy geodetů a kartografů pro potřeby vojenské topografické služby. Šestnáctiletá historie tohoto studia a vědeckopedagogického sboru zaslouží zajisté samostatné hlubší zhodnocení, které lze provést při vhodné příležitosti. V souhrnu nutno jen říci, že díky poměrně značné stabilizaci kádrů a jejich obětavé práci vyšla z této vysoké školy početná řada kvalifikovaných geodetů a kartografů, kteří dnes úspěšně zastávají významná místa nejen v resortu MNO, ale i v odborných složkách civilních organizací.

V současné době prochází i katedra geodézie a kartografie na VAAZ procesem, který v souladu s novými principy vzdělání důstojníků Čs. lidové armády a s novým celostátním pojetím úlohy vysokých škol dále upřesňuje a prohlubuje vysoce účelovou funkci tohoto studia. Je třeba říci, že díky nepřetržité a kritické spolupráci katedry s velením vojenské topografické služby není třeba dnes nějak od základů měnit pojetí a obsah studia. Tak jako všude jde i zde o hospodárné a vysoce účelové posílení teoretické přípravy budoucích inženýrů, o určitou redukci provozních témat v předmětech specializace a současně o pronikavé vyzdvižení těchto předmětů na úroveň vysoké školy v logické vazbě na předchozí teoretickou přípravu a její optimální využití.

Pracovní skupinou náčelníka topografického oddělení generálního štábu byl zpracován návrh profilu absolventa geodeticko-kartografické specializace VAAZ. Tento výchozí dokument školy, schválený ministerstvem národní obrany definuje

podrobně 1/ vstupní profil uchazeče o studium, 2/ obecné cíle a úkoly vojenské vysokoškolské přípravy důstojníka, 3/ úlohu VAAZ v přípravě důstojníka a 4/ postgraduální studium důstojníka. Na základě profilu absolventa byl zpracován druhý výchozí dokument školy a katedry, učební plán pětiletého studia geodeticko-kartografické specializace. Jeho skladba odpovídá potřebám vojenské topografické služby. Obsah učebního plánu zaručuje úplnou ekvivalenci absolventů geodeticko-kartografické specializace na VAAZ vůči absolventům této specializace na civilních vysokých školách, porovnáme-li hlavně rozsah a stupeň teoreticko-přírodovědní a teoreticko-technické přípravy. Speciální příprava se přirozeně odlišuje vojensko-odbornými předměty, jejichž náplň je bezprostředně orientována na potřeby vojsk a vojenské topografické služby.

Skutečnost, že na VAAZ budou v příštích letech přicházet studenti bez odborného středoškolského vzdělání /průmyslové školy/ a bez odborné praxe, vyžaduje podstatně jinou koncepci učebního plánu z hlediska obsahu a rozsahu jednotlivých předmětů a posloupnosti učebních témat. V novém učebním plánu geodeticko-kartografického studia bylo dosaženo opravdu minimálního počtu předmětů a kromě geometrické optiky a geografie a geomorfologie nejsou v tomto plánu předměty pod 100 hodin časového rozsahu. Ve všech odborných předmětech se výrazně oslabují popisné partie a naproti tomu se posilují rozbory přesnosti a potřebné kalkulace. Základní odborné předměty posilují svůj teoretický charakter /geodézie, vyšší geodézie, fotogrammetrie, matematická kartografie, geodetická astronomie a kosmická geodézie/. Také je v nich sledována - v zájmu předstihu aplikací pro vojenské účely - maximální soudobost teorie při kritickém výběru a hodnocení poznatků z hlediska vlastností učebního a studijního procesu.

Finální předměty tohoto studia /mapování, technická kartografie a zejména topografické zabezpečení vojsk/ budou maximální měrou aplikovat získané teoretické znalosti studentů a s předstihem se v budoucnosti musí postavit do čela rozvoje těchto disciplín v praxi. To bude přirozeně vyžadovat systematickou a s praxí sklobenou výzkumnou práci učitelů těchto disciplín a jejich trvalé kontakty s ústavy a odřady vojenské topografické služby.

Koncepci, organizaci a obsah postgraduálního studia absolventů geodeticko-kartografické specializace bude třeba rozpracovat v souladu se systémem funkčních inženýrských míst v armádě a jejich obsazováním a s ekonomickými hledisky celého procesu. Bude třeba přesně specifikovat funkci školy /katedry/ v postgraduálním školení a studiu a gestorské postavení topografického oddělení generálního štábu z hlediska vazby na systemizaci míst. Nejeví se ani nutné, ani účelné vázat vždy povolení postgraduálního studia na bezprostřední funkční důsledky /povyšování v hodnostech a ve funkcích/. Tím by se jen oslaboval stimulační charakter postgraduálního studia. Absolvování některého stupně postgraduálního studia nemá garantovat, ale jen umožňovat absolventům funkční nebo hodnostní postup, a to důsledným výběrovým řízením. To ovšem nutně vede k úvahám o formách a organizaci postgraduálního školení z hlediska možností školícího místa i z hlediska minimálního narušování chodu výkonných složek vojenské topografické služby.

Otázky hospodářské únosnosti interních forem postgraduálního studia sehrají patrně rozhodující roli při konkretizaci studia ve všech vysokoškolských oborech.

V relaci k systému přípravy geodetů a kartografů na civilních zeměměřických školách průmyslových a na vysokých školách technických /ČVUT v Praze a SVŠT v Bratislavě/ zůstává ve vojenské topografické službě otevřena otázka přípravy

středních technických kádrů. Obsah geodeticko-kartografického studia na VAAZ v novém pojetí nemůže totiž pokrýt potřeby a požadavky obou kategorií a ani z hlediska efektivnosti inženýrské práce by taková představa nebyla správná.

Došlo dne 27. 9. 1967.

Plk. prof. dr. ing. Josef Vykutíl

K numerickému řešení II. hlavní geodetické úlohy pomocí tětivy

Řešení II. hlavní geodetické úlohy pomocí tětivy se velmi často používá pro výpočet vzdáleností a azimutů v balistice, radiolokaci, navigaci i v geodézii. Metodu podrobně popsal již v druhé polovině minulého století HELMERT [1]. V souvislosti s použitím pro uvedené negeodetické aplikace se touto metodou v posledních letech znovu zabýval VERSTELLE [2], MOLODĚNSKIJ [3], JEREMĚJEV [4], [5], CIMBÁLNÍK [6], RINNER [7] a další.

V tomto článku uvedeme jednotné vzorce pro numerický výpočet, které nevyžadují speciální tabulky, a jsou proto vhodné jak pro kalkulační stroje, tak zejména pro samočinné počítače.

Nechť na referenčním elipsoidu o parametrech a, e^2 jsou dány dva body P_1, P_2 svými geodetickými souřadnicemi φ_1, λ_1 a φ_2, λ_2 . Máme vypočítat délku geodetické křivky /normálového řezu/ mezi body P_1, P_2 a azimuty v těchto bodech.

Volíme-li počátek prostorové pravoúhlé soustavy souřadnic ve středu elipsoidu, osu z totožnou s osou rotace /malou poloosou/, osu x v průsečnici rovníka s rovinou nultého /greenwichského/ poledníku, osu y v rovině rovníka kolmo na osu x , jsou prostorové pravoúhlé souřadnice bodů P_1 a P_2 dány známými vztahy :

$$\begin{aligned}x_i &= N_i \cos \varphi_i \cos \lambda_i \\y_i &= N_i \cos \varphi_i \sin \lambda_i \\z_i &= N_i (1 - e^2) \sin \varphi_i ; i = 1, 2 ,\end{aligned}\tag{1}$$

kde N_i jsou příčné poloměry křivosti, odpovídající geodetickým šířkám φ_i .

Délka přímé spojnice bodů P_1, P_2 - elipsoidická tětiva k - je dána vzorcem:

$$k^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2 .\tag{2}$$

Mezi body P_1 a P_2 lze obecně vést dva normálové řezy. Azimut α_1 normálového řezu s_1 , jehož rovina je určena normálou k elipsoidu v bodě P_1 a bodem P_2 , se vypočte ze vzorce (5) :

$$\cotg \alpha_1 = \frac{(z_2 - z_1) \cos \varphi_1 - [(x_2 - x_1) \cos \lambda_1 + (y_2 - y_1) \sin \lambda_1] \sin \varphi_1}{(y_2 - y_1) \cos \lambda_1 - (x_2 - x_1) \sin \lambda_1}\tag{3}$$

Azimut α_2 normálového řezu s_2 , jehož rovina je určena normálou k elipsoidu v bodě P_2 a bodem P_1 , se vypočte ze vzorce, který dostaneme, zaměníme-li ve vzorci (3) indexy 1 a 2 :

$$\cotg \alpha_2 = \frac{(z_1 - z_2) \cos \varphi_2 - [(x_1 - x_2) \cos \lambda_2 + (y_1 - y_2) \sin \lambda_2] \sin \varphi_2}{(y_1 - y_2) \cos \lambda_2 - (x_1 - x_2) \sin \lambda_2}\tag{4}$$

Poznámka: Azimut α_2 je uvažován od jižní větve poledníka v bodě P_2 .

Pootočíme-li soustavu prostorových pravoúhlých souřadnic kolem osy z o úhel λ_1 , vypočteme prostorové pravoúhlé souřadnice bodů P_1 a P_2 ze vzorců :

$$\begin{aligned}x_2 &= N_2 \cos \varphi_2 \cos \Delta\lambda ; x_1 = N_1 \cos \varphi_1 \\y_2 &= N_2 \cos \varphi_2 \sin \Delta\lambda ; y_1 = 0 \\z_2 &= N_2(1 - e^2) \sin \varphi_2 ; z_1 = N_1(1 - e^2) \sin \varphi_1 ,\end{aligned}\quad (5)$$

kde $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$

Dosaďme-li souřadnice (5) do rovnic (2), (3), (4) a uvážíme-li, že $\sin \lambda_1 = 0$, $\cos \lambda_1 = 1$ bude po úpravě :

$$k^2 = (1 - e^2)^2(N_2 \sin \varphi_2 - N_1 \sin \varphi_1)^2 + N_2^2 \cos^2 \varphi_2 + N_1^2 \cos^2 \varphi_1 - 2N_2 N_1 \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \Delta\lambda \quad (6)$$

$$\cotg \alpha_1 = \frac{(1 - e^2)(N_2 \sin \varphi_2 - N_1 \sin \varphi_1) \cos \varphi_1 - (N_2 \cos \varphi_2 \cos \Delta\lambda - N_1 \cos \varphi_1) \sin \varphi_1}{N_1 \cos \varphi_2 \sin \Delta\lambda} \quad (7)$$

$$\cotg \alpha_2 = \frac{(1 - e^2)(N_2 \sin \varphi_2 - N_1 \sin \varphi_1) \cos \varphi_2 - (N_2 \cos \varphi_2 - N_1 \cos \varphi_1 \cos \Delta\lambda) \sin \varphi_2}{N_1 \cos \varphi_1 \sin \Delta\lambda} \quad (8)$$

Označíme-li

$$\begin{aligned}(1 - e^2)(N_2 \sin \varphi_2 - N_1 \sin \varphi_1) &= A , \\N_2 \cos \varphi_2 &= B , \\N_1 \cos \varphi_1 &= C ,\end{aligned}\quad (9)$$

můžeme základní výpočetní vzorce psát ve tvaru :

$$k^2 = A^2 + B^2 + C^2 - 2BC \cos \Delta\lambda \quad (I)$$

$$\cotg \alpha_1 = \frac{A \cos \varphi_1 + (C - B \cos \Delta\lambda) \sin \varphi_1}{B \sin \Delta\lambda} \quad (II)$$

$$\cotg \alpha_2 = \frac{(A \cos \varphi_2 + (C \cos \Delta\lambda - B) \sin \varphi_2)}{C \sin \Delta\lambda} \quad (III)$$

Použijeme-li k výpočtu prostorových pravoúhlých souřadnic bodů P_1 a P_2 redukované šířky ψ_1 a ψ_2 , bude [6] :

$$\begin{aligned}x_2 &= a \cos \psi_2 \cos \Delta\lambda ; x_1 = a \cos \psi_1 , \\y_2 &= a \cos \psi_2 \sin \Delta\lambda ; y_1 = 0 , \\z_2 &= b \sin \psi_2 ; z_1 = b \sin \psi_1 .\end{aligned}$$

Dosaďme tyto souřadnice do rovnic (2), (3) a (4). Dělíme-li první z nich a^2 , čitatele i jmenovatele v druhé a třetí rovnici hodnotou a , dostaneme :

$$\left(\frac{k}{a}\right)^2 = (1 - e^2)(\sin \psi_2 - \sin \psi_1)^2 + \cos^2 \psi_2 + \cos^2 \psi_1 - 2 \cos \psi_1 \cos \psi_2 \cos \Delta\lambda \quad (10)$$

$$\cotg \alpha_1 = \frac{\sqrt{1 - e^2}(\sin \psi_2 - \sin \psi_1) \cos \varphi_1 - (\cos \psi_2 \cos \Delta\lambda - \cos \psi_1) \sin \varphi_1}{\cos \psi_2 \sin \Delta\lambda} \quad (11)$$

$$\cotg \alpha_2 = \frac{\sqrt{1 - e^2}(\sin \psi_2 - \sin \psi_1) \cos \varphi_2 - (\cos \psi_2 - \cos \psi_1 \cos \Delta\lambda) \sin \varphi_2}{\cos \psi_1 \sin \Delta\lambda} \quad (12)$$

Z porovnání rovnic (10), (11) a (12) s rovnicemi (I), (II) a (III) vyplývá:
Položíme-li

$$\begin{aligned}\sqrt{1-e^2}(\sin \psi_2 - \sin \psi_1) &= A, \\ \cos \psi_2 &= B, \\ \cos \psi_1 &= C,\end{aligned}$$

platí pro výpočet hodnoty $\left(\frac{k}{a}\right)^2$ pravá strana rovnice (I), pro výpočet azimutů α_1 a α_2 platí rovnice (II) a (III).

Dělme rovnici (6) hodnotou N_1^2 , čitatele i jmenovatele v rovnicích (7) a (8) hodnotou N_1 ; dostaneme:

$$\left(\frac{k}{N_1}\right)^2 = (1-e^2)^2 \left(\frac{N_2}{N_1} \sin \varphi_2 - \sin \varphi_1\right)^2 + \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \cos^2 \varphi_2 + \cos^2 \varphi_1 - 2 \frac{N_2}{N_1} \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos \Delta\lambda \quad (13)$$

$$\cotg \alpha_1 = \frac{(1-e^2) \left(\frac{N_2}{N_1} \sin \varphi_2 - \sin \varphi_1\right) \cos \varphi_1 - \left(\frac{N_2}{N_1} \cos \varphi_2 \cos \Delta\lambda - \cos \varphi_1\right) \sin \varphi_1}{\frac{N_2}{N_1} \cos \varphi_2 \sin \Delta\lambda} \quad (14)$$

$$\cotg \alpha_2 = \frac{(1-e^2) \left(\frac{N_2}{N_1} \sin \varphi_2 - \sin \varphi_1\right) \cos \varphi_2 - \left(\frac{N_2}{N_1} \cos \varphi_2 - \cos \varphi_1 \cos \Delta\lambda\right) \sin \varphi_2}{\cos \varphi_1 \sin \Delta\lambda} \quad (15)$$

Z porovnání rovnic (13), (14) a (15) s rovnicemi (I), (II) a (III) vyplývá: Pro výpočet hodnoty $\left(\frac{k}{N_1}\right)^2$ platí pravá strana rovnice (I), pro výpočet azimutů α_1 a α_2 rovnice (II) a (III), položíme-li:

$$\begin{aligned}(1-e^2) \left(\frac{N_2}{N_1} \sin \varphi_2 - \sin \varphi_1\right) &= A, \\ \frac{N_2}{N_1} \cos \varphi_2 &= B, \\ \cos \varphi_1 &= C.\end{aligned} \quad (16)$$

Toto poslední řešení je z počítařského hlediska nejvýhodnější, neboť je lze upravit tak, že počítáme jen s trigonometrickými funkcemi daných veličin /bez speciálních tabulek/ a převážně s čísly blízkými 1.

Uvedené vzorce jsou exaktní a platí pro libovolnou délku elipsoidické tětiny k a azimuty α_1 , α_2 příslušných normálových řezů. Zpravidla však potřebujeme znát také délku normálových řezů s_1 , s_2 , popřípadě délku geodetické křivky s mezi body P_1 a P_2 na referenčním elipsoidu.

Normálový řez s_1 je oblouk elipsy, jejíž parametry závisí na parametrech referenčního elipsoidu, na geodetické šířce φ_1 bodu P_1 a na azimutu α_1 v tomto bodě. Je-li velká vzdálenost bodů P_1 a P_2 , je výpočet délky oblouku elipsy normálového řezu značně složitý. V práci [5] se úloha řeší tak, že z bodu uprostřed tětiny se vede normála k povrchu elipsoidu a určí se geodetické souřadnice průsečíku této normály s elipsoidem. Tak se získá na geodetické křivce bod blízký jejímu středu a geodetická křivka /normálový řez/ se nahradí kružnicí, procházející tímto středním bodem a oběma koncovými body. Při celkové délce křivky do 4000 km dosahuje chyba 10^{-6} , tj. 4 m. Nepostačí-li tato přesnost v určení délky geodetické křivky /normálového řezu/, je třeba ji rozdělit obdobným způsobem na větší počet úseků. Výpočet

je však pracný, a proto u dlouhých křivek je vhodnější řešit úlohu jinak než pomocí tětivy.

Omezíme-li se na vzdálenost do 600 km, je $\frac{k}{N_1} < 0,1$ a podle [1] můžeme oblouk elipsy normálového řezu nahradit obloukem kružnice o poloměru $R_0 = \sqrt{R_1 R_2}$, kde

$$R_1 = \frac{N_1}{1 + \eta_1^2 \cos^2 \alpha_1}; \quad R_2 = \frac{N_2}{1 + \eta_2^2 \cos^2 \alpha_2}$$

jsou poloměry křivosti normálových řezů v bodech P_1 a P_2 . Délka normálových řezů s_1 a s_2 je prakticky rovna délce geodetické křivky s a k tětivě k se počítá ze vzorce:

$$s = k \left\{ 1 + \frac{1}{24} \left(\frac{k}{R_0} \right)^2 + \frac{3}{640} \left(\frac{k}{R_0} \right)^4 \right\}. \quad (17)$$

Chyba je menší než 1 cm.

Pro délky do 300 km je $\frac{k}{N_1} < 0,05$. V tomto případě vypočteme podle vzorce (17) délku geodetické křivky s k tětivě k s milimetrovou přesností. Poznámka: U délek $s \approx 1000$ km činí chyba asi 1 m!

Budeme-li požadovat také azimuty α_1 a α_2 geodetické křivky v koncových bodech P_1 a P_2 , vypočteme podle známých vzorců rozdíly azimutů geodetické křivky a normálových řezů - viz například [8], § 17.

V numerickém řešení je vhodné počítat hodnoty $\eta_1^2 = e'^2 \cos^2 \varphi_1$ a $\eta_2^2 = e'^2 \cos^2 \varphi_2$. Příčný poloměr křivosti v bodě P_i se potom vypočte ze vzorce

$$N_i = \frac{c}{V_i} = \frac{c}{\sqrt{1 + \eta_i^2}},$$

kde $c = \frac{a^2}{b}$ /poloměr křivosti referenčního elipsoidu na pólu/. Poměr $\frac{N_2}{N_1}$ poloměrů křivosti, potřebný v našich vzorcích, vypočteme ze vzorce:

$$\frac{N_2}{N_1} = \sqrt{\frac{1 + \eta_1^2}{1 + \eta_2^2}}.$$

Délku tětivy k můžeme počítat z hodnoty $\left(\frac{k}{N_1} \right)^2$, aniž určujeme numerickou hodnotu veličiny N_1 ze vzorce:

$$k = N_1 \sqrt{\left(\frac{k}{N_1} \right)^2} = c \sqrt{\frac{\left(\frac{k}{N_1} \right)^2}{1 + \eta_1^2}}.$$

Veličinu $\frac{k}{R_0}$, potřebnou ve vzorci (17), vypočteme ze vztahu:

$$\left(\frac{k}{R_0} \right)^2 = \frac{k^2}{R_1 R_2} = \left(\frac{k}{N_1} \right)^2 \cdot \frac{N_1}{N_2} (1 + \eta_1^2 \cos^2 \alpha_1) (1 + \eta_2^2 \cos^2 \alpha_2),$$

přičemž hodnoty $\cos^2 \alpha_1$ a $\cos^2 \alpha_2$ určíme ze vzorce:

$$\cos^2 \alpha = \frac{\cotg^2 \alpha}{1 + \cotg^2 \alpha}.$$

Použití uvedených vzorců ukážeme na příkladech.

Příklad 1 / $s = 400$ km/: Budeme řešit stejnou úlohu jako v publikaci [4], str. 84. Elipsoid Krasovského / $e^2 = 0,006\ 693\ 422$, $e'^2 = 0,006\ 738\ 525$, $c = 6\ 399\ 698,902$ m/.
Dané hodnoty :

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= 50^\circ 40' 00,000 ; & \lambda_1 &= 70^\circ 00' 00,000 \\ \varphi_2 &= 53^\circ 10' 00,000 ; & \lambda_2 &= 74^\circ 00' 00,000 \\ & & \Delta\lambda &= 4^\circ 00' 00,000 \end{aligned}$$

Výpočet :

$$\begin{aligned} \sin \varphi_1 &= 0,77347\ 1593 ; & \sin \varphi_2 &= 0,80038\ 2738 ; & \sin \Delta\lambda &= 0,06975\ 6474 \\ \cos \varphi_1 &= 0,63383\ 0967 ; & \cos \varphi_2 &= 0,59948\ 9344 ; & \cos \Delta\lambda &= 0,99756\ 4050 \\ \eta_1^2 &= 0,00270\ 7146 ; & \eta_2^2 &= 0,00242\ 1741 ; & \frac{N_2}{N_1} &= 1,00014\ 2348 \\ A &= 0,02684\ 4188 ; & B \cos \Delta\lambda &= 0,59811\ 4146 \\ B &= 0,59957\ 4680 ; & B \operatorname{sind} \Delta\lambda &= 0,04182\ 4216 \\ C &= 0,63383\ 0967 ; & C \cos \Delta\lambda &= 0,63228\ 6986 \\ & & C \sin \Delta\lambda &= 0,04421\ 3813 \end{aligned}$$

$$\left(\frac{k}{N_1}\right)^2 = 0,00374\ 55674\ 56$$

$$k = 391\ 139,16\ \text{m}$$

$$\begin{aligned} \cotg \alpha_1 &= 1,06733\ 9172 \\ \alpha_1 &= 43^\circ 08' 03,738 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cotg \alpha_2 &= 0,95615\ 2994 \\ \alpha_2 &= 46^\circ 17' 02,634 \end{aligned}$$

Délka tětiny se liší od výpočtu ve [4] o 5 cm. Je to vlivem nesprávného zaokrouhlení v publikaci [4]. Azimut α_1 je stejný, azimut α_2 se liší o $0,0''002$.

Příklad 2 / $s = 500$ km/: Stejným způsobem byl vypočten příklad z knihy [7] str. 668, s těmito výsledky : Délka tětiny $k = 499\ 872,065$ m; azimut $\alpha_1 = 45^\circ 00' 00,346$; azimut $\alpha_2 = 48^\circ 26' 50,211$. K těmto hodnotám byla vypočtena délka normálového řezu /geodetické křivky/ $s = 500\ 000,00$ m a její azimut $\alpha_1 = 45^\circ 00' 00,000$. Tyto hodnoty souhlasí přesně s výpočtem v [7].

Příklad 3 / $s = 1000$ km/ : Byla řešena II. hlavní geodetická úloha se stejnými danými údaji jako v [9], str. 100. Délka normálového řezu vyšla $s = 1\ 040\ 001,34$ m /rozdíl proti přesnému výpočtu $1,34$ m/, azimuty souhlasily na $0,00001$.

Došlo dne 27.9.1967.

Použitá literatura

- [1] - Helmert F.R.: Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie, Teil 1, Leipzig 1880.
- [2] - Verstelle J.Th.: Some geodetic problems involved in the computation of long distances measured by Shoran or similar electronic or radio equipment. Photogrammetria, 1, 1949.
- [3] - Moloděnskij M.S.: Novyj metod rešenija geodezičeskich zadač. Trudy CNIIGAiK, vypusk 103, Moskva 1954.
- [4] - Jeremějev V.F.: Formuly i tablicy dlja vyčislenija geodezičeskich koordinat po metodu Moloděnskogo, Trudy CNIIGAiK, vypusk 121, Moskva 1957.

- [5] - Jeremějev V.F.: Sposob rešenija obratnoj geodezičeskoj zadači na bolšije rasstojanija putěm vyčislenija koordinat "srednej" točki geodezičeskoj linii, Trudy CNIIGAiK, vypusk 121, Moskva 1957.
- [6] - Cimbálník M.: Řešení II. hlavní geodetické úlohy pro střední vzdálenosti, Vojenský topografický obzor, 2, 1959.
- [7] - Jordan - Eggert - Kneissl : Handbuch der Vermessungskunde, Band IV, K. Rinner "Die Entfernungsmessung mit elektro-magnetischen Wellen", Stuttgart 1966.
- [8] - Zakatov P.S.: Kurs vyššej geodezii, Moskva 1964.
- [9] - Cimbálník M.: Řešení hlavních geodetických úloh pro velké vzdálenosti, disertace, Brno 1956.

Určení polohy bodu v daném geodetickém systému ze simultánně měřených topocentrických vzdáleností ke třem vhodným polohám družice

1. Úvod

Řešení geometrických úloh družicové geodézie z měřených směrů, získaných např. fotografováním okamžité polohy družice na hvězdném pozadí, má kromě svých nesporných předností i řadu nevýhod. Z hlediska vojenských aplikací je použitelnost této metody značně omezena hlavně podmínkou viditelnosti družice současně z několika míst, vzájemně značně vzdálených. Z tohoto hlediska se jeví podstatně vhodnějšími metody umožňující současné zaměření topocentrických vzdáleností /event. jejich časových změn/ z několika pozorovacích stanic k aktivní družici bez omezení noční dobou, viditelností a slunečním osvětlením kosmického tělesa. Kromě toho je úloha určení polohy stanoviště v daném geodetickém systému z měřených topocentrických vzdáleností exaktně řešitelná bez znalosti orientačních směrových prvků použitého geodetického systému, které jsou pro řešení úlohy z měřených směrů nezbytným předpokladem. /Orientačními směrovými prvky použitého geodetického systému rozumíme úhly Eulerova typu, definující směrové odchylky souřadnicových os tohoto systému vzhledem k osám systému geocentrického./

V článku, jehož cílem je co nejnázorněji ukázat řešení jedné z elementárních geometrických úloh družicové geodézie, budeme předpokládat, že máme k dispozici:

- simultánně měřené topocentrické vzdálenosti z více než tří pozemních stanovišť alespoň ke třem polohám vhodných přeletů družice,
- geodetické zeměpisné souřadnice B, L a výšku nad elipsoidem H alespoň tří stanovišť, z nichž byly vzdálenosti ke družici měřeny.

Kromě toho budeme předpokládat, že topocentrické vzdálenosti byly určeny s přesností několika metrů /i když z hlediska současných možností jsou tyto předpoklady nereálné/.

2. Transformace souřadnic z klasické soustavy geodetické B, L, H do pravoúhlé prostorové referenční soustavy X, Y, Z a naopak.

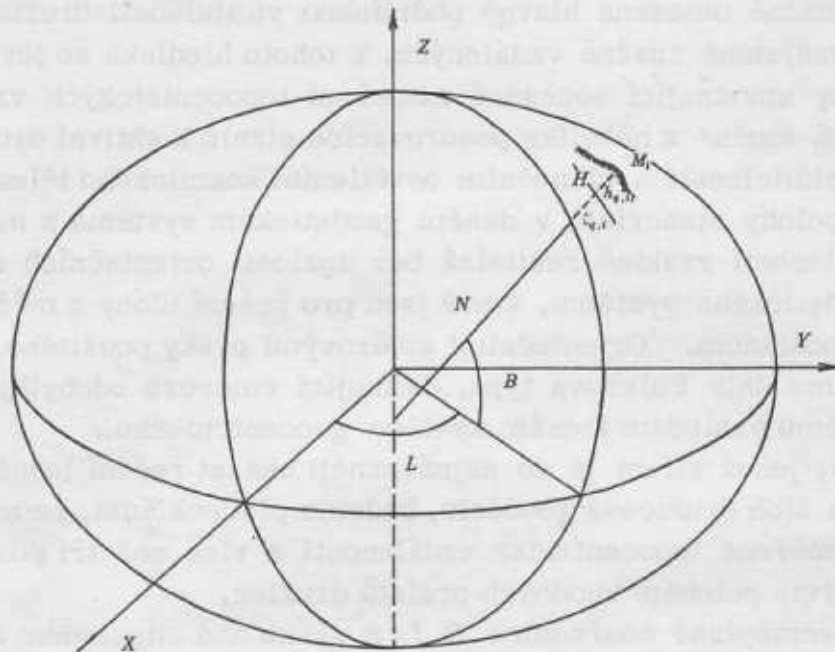
Vzhledem k tomu, že uvažovaná úloha je v podstatě analytickým řešením prostorového protínání z délek, bude vhodné transformovat nejprve dané body do pravoúhlé referenční soustavy X, Y, Z . V tomto systému pak budou vypočteny jako pomocné hodnoty 3 okamžité polohy družice a z nich poloha určovaného bodu na povrchu Země. Konečnou etapou výpočtu bude transformace prostorových pravoúhlých souřadnic X, Y, Z určeného stanoviště do klasické soustavy geodetické (B, L, H) .

Počátek referenční soustavy pravoúhlých prostorových souřadnic X, Y, Z leží ve středu referenčního elipsoidu, s jehož kratší poloosou je ztotožněna osa Z ; její kladná větev směřuje k severu. Osa X je definována jakožto průsečnice roviny rovníku s rovinou základního geodetického poledníku. Osa Y je kolmá k oběma osám a její kladná větev protíná poledník o zeměpisné délce $L = 90^\circ$.

Geodetická zeměpisná šířka B_i /bodů M_i / je jak známo definována jakožto úhel, který svírá normála k referenčnímu elipsoidu procházející bodem M_i s rovinou rovníku. Geodetická zeměpisná délka L_i je úhel sevřený rovinou poledníku, pro-

cházejícího bodem M_i a rovinou poledníku základního. Výšku H_i bodu M_i nad elipsoidem určíme jakožto součet výšky quasigeoidu nad elipsoidem $\zeta_{q,i}$ a normální výšky bodu M_i $h_{q,i}$, tedy

$$H_i = \zeta_{q,i} + h_{q,i}$$



Obr. 1

Pravoúhlé prostorové souřadnice X, Y, Z družicových stanovišť vypočteme ze vztahů zřejmých z obr. 1.

$$\begin{aligned} X &= (N + H) \cos B \cos L, \\ Y &= (N + H) \cos B \sin L, \\ Z &= [N(1 - e^2) + H] \sin B, \end{aligned} \quad (1)$$

kde N - příčný poloměr křivosti, který je pro daný elipsoid funkcí pouze zeměpisné šířky B ,

e - první excentricita použitého referenčního elipsoidu.

Chceme-li zpětně vyjádřit B, L, H jakožto funkce X, Y, Z , pak s výjimkou vztahu pro L je třeba použít postupných aproximací.

Dělíme-li druhou rovnici soustavy (1) rovnicí první, získáme přímo hledaný vztah pro L .

$$\operatorname{tg} L = \frac{Y}{X} \quad (2)$$

Dále dělíme třetí rovnici soustavy (1) odmocninou ze součtu čtverců rovnic první a druhé; z tohoto vztahu vyjádříme $\operatorname{tg} B$ a upravíme :

$$\frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} = \frac{N + H - Ne^2}{N + H} \operatorname{tg} B,$$

$$\operatorname{tg} B = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \left(1 - \frac{N}{N + H} e^2\right)^{-1} = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \left[1 - e^2 \left(1 + \frac{H}{N}\right)^{-1}\right]^{-1}$$

Poněvadž číselná hodnota členu $\frac{H}{N}$ je malá, rozvineme mocniny dvojčlenů podle binomické věty. Pro předpokládanou přesnost měřených délek postačí první dva členy binomického rozvoje. Pro další úpravy tedy použijeme známých vztahů

$$(1 - a)^{-1} = 1 + a + a^2 + a^3 + \dots$$

$$(1 + a)^{-1} = 1 - a + a^2 - a^3 + \dots$$

$$(1 + a)^{-2} = 1 - 2a + 3a^2 - 4a^3 + \dots$$

v nichž druhé a vyšší mocniny členu $\frac{H}{N}$ zanedbáme.

$$\operatorname{tg} B = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \left[1 + e^2 \left(1 + \frac{H}{N}\right)^{-1} + e^4 \left(1 + \frac{H}{N}\right)^{-2} + \dots\right]$$

$$\operatorname{tg} B = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \left[1 + e^2 \left(1 - \frac{H}{N}\right) + e^4 \left(1 - \frac{2H}{N}\right) + \dots\right]$$

$$\operatorname{tg} B = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \left[1 + e^2 + e^4 + \dots - e^2 \frac{H}{N} - e^4 \frac{2H}{N}\right]$$

Poněvadž pro druhou excentricitu rotačního elipsoidu e' platí

$$e'^2 = \frac{e^2}{1 - e^2} = e^2 (1 + e^2 + e^4 + \dots),$$

bude

$$\operatorname{tg} B = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \left[1 + e'^2 - \frac{H}{N} (e^2 + 2e^4)\right] \quad (3)$$

Druhá rovnice, vyjadřující vzájemnou závislost hledaných veličin B a H je zřejmá z obr. 1 :

$$(N + H) \cos B = \sqrt{X^2 + Y^2},$$

$$H = \sqrt{X^2 + Y^2} \cdot \sec B - N \quad (4)$$

Zeměpisnou délku L lze tedy vypočítat přímo z rovnice (2).

B a H počítáme postupnými aproximacemi takto:

1. určíme přibližnou hodnotu zeměpisné šířky B např. ze vztahu

$$\operatorname{tg} B^I = \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}} (1 + e^2).$$

2. Tuto hodnotu B^I dosadíme do rovnice (4) a vypočteme H^I

3. H^I dosadíme do rovnice (3) a vypočteme zlepšené B^{II} pro další aproximaci atd.

3. Analytické řešení úlohy prostorového protínání z délek
Předpokládejme, že ze tří daných bodů $P_i(X_i, Y_i, Z_i)$, $P_j(X_j, Y_j, Z_j)$, $P_k(X_k,$

$Y_k, Z_k)$ byly současně změřeny topocentrické vzdálenosti n té polohy družice

D_n s_{in}, s_{jn}, s_{kn} . Každá vzdálenost $s_{\varphi n}$ ($\varphi = i, j, k$) opisuje kouli se středem P_φ ,

a poloměrem $s_{\varphi n}$. Hledaný bod D_n bude totožný s jedním ze dvou průsečíků takto definovaných sférických ploch.

Označíme-li r_φ polohové vektory bodů P_φ , pak rovnice určující uvažované kulové plochy budou dány vztahem

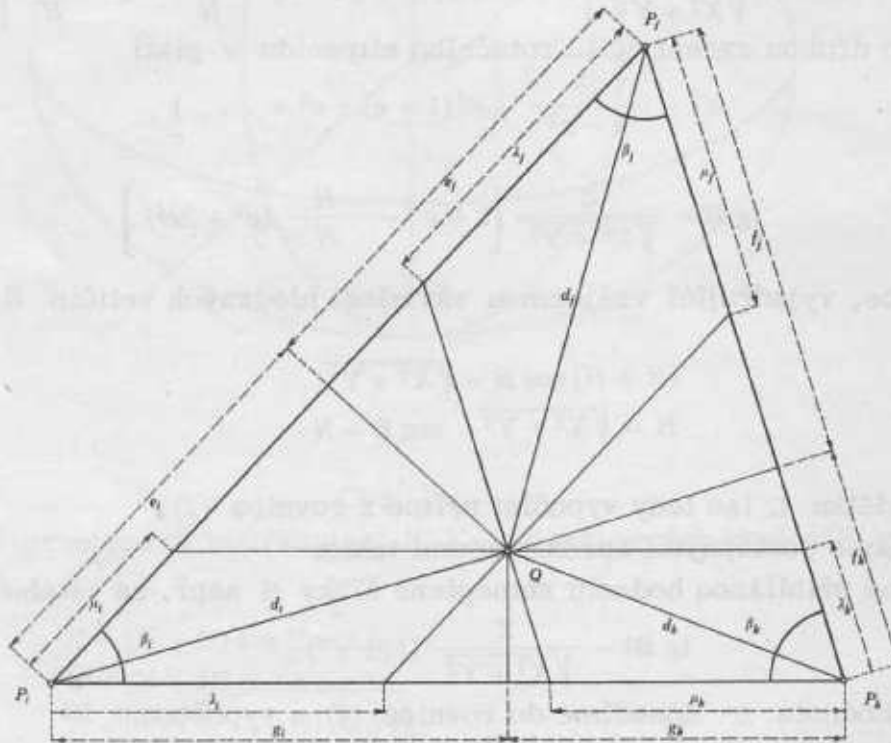
$$(r - r_\varphi)^2 = s_{\varphi n}^2 \quad (5)$$

Každá dvojice takto určených koulí se protíná v kružnici, jejíž rovinu lze z (5) snadno odvodit :

$$\begin{aligned} r^2 - 2r r_i + r_i^2 - s_{in}^2 &= 0 \\ r^2 - 2r r_j + r_j^2 - s_{jn}^2 &= 0 \\ 2r(r_i - r_j) - r_i^2 + r_j^2 + s_{in}^2 - s_{jn}^2 &= 0 ; \end{aligned}$$

analogicky bude

$$\begin{aligned} 2r(r_j - r_k) - r_j^2 + r_k^2 + s_{jn}^2 - s_{kn}^2 &= 0 \\ 2r(r_k - r_i) - r_k^2 + r_i^2 + s_{kn}^2 - s_{in}^2 &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$



Obr. 2

Z rovnice (6) vyplývá, že každá z rovin je kolmá k jedné straně základnového trojúhelníka (P_i, P_j, P_k) . Proto je možné vypočítat úseky, které vytíná příslušná rovina na úsečce, k níž je kolmá.

Pro výpočet délky úseků e_i, e_j vyjdeme z parametrického tvaru rovnice přímky, určené body P_i, P_j

$$r = r_i + \kappa(r_j - r_i) \quad (6a)$$

Řešením rovnice (6a) s první rovnicí systému (6) lze vypočítat polohový vektor r hledaného průsečíku přímky s rovinou, jakož i velikost uvažovaného parametru κ . Dále se omezíme pouze na výpočet parametru κ .

$$r_i + \varkappa(r_j - r_i) = \frac{r_i^2 - r_j^2 - s_{in}^2 + s_{jn}^2}{2(r_i - r_j)}$$

$$2r_i(r_i - r_j) + 2\varkappa(r_i - r_j)(r_j - r_i) = r_i^2 - r_j^2 - s_{in}^2 + s_{jn}^2$$

$$2r_i^2 - 2r_i r_j - 2\varkappa(r_i - r_j)^2 = r_i^2 - r_j^2 - s_{in}^2 + s_{jn}^2$$

$$(r_i - r_j)^2 - 2\varkappa(r_i - r_j)^2 + s_{in}^2 - s_{jn}^2 = 0$$

$$(r_i - r_j)^2(1 - 2\varkappa) + s_{in}^2 - s_{jn}^2 = 0$$

Položíme $(r_i - r_j)^2 = e^2$, $e_i^2 = (\varkappa e)^2$, $e_i + e_j = e$,

Potom

$$e^2 - 2e^2\varkappa = s_{jn}^2 - s_{in}^2,$$

$$-2ee_i = -e^2 + s_{jn}^2 - s_{in}^2,$$

$$e_i = \frac{1}{2e} (e^2 + s_{in}^2 - s_{jn}^2).$$

Analogicky lze odvodit vztahy pro ostatní úseky na spojnicích daných bodů:

$$e_i = \frac{1}{2e} (e^2 - s_{in}^2 - s_{jn}^2), e_j = \frac{1}{2e} (e^2 + s_{in}^2 + s_{jn}^2)$$

$$f_j = \frac{1}{2f} (f^2 + s_{jn}^2 - s_{kn}^2), f_k = \frac{1}{2f} (f^2 - s_{jn}^2 + s_{kn}^2)$$

$$g_k = \frac{1}{2g} (g^2 + s_{kn}^2 - s_{in}^2), g_i = \frac{1}{2g} (g^2 - s_{kn}^2 + s_{in}^2)$$

(7)

Zavedeme jednotkové vektory stran základnového trojúhelníka vztahy

$$e^0 = \frac{1}{e} (r_j - r_i); f^0 = \frac{1}{f} (r_k - r_j); g^0 = \frac{1}{g} (r_i - r_k)$$

(8)

Pro body ležící v rovinách, definovaných vztahy (6) dále platí

$$(r - r_i) e^0 = e_i \quad (r - r_j) e^0 = -e_j$$

$$(r - r_j) f^0 = f_j \quad (r - r_k) f^0 = -f_k$$

$$(r - r_k) g^0 = g_k \quad (r - r_i) g^0 = -g_i$$

(6b)

Průsečík Q přímky společné všem třem rovinám (6) s rovinou základny

$(P_i, P_j, P_k) = \pi$ je potenciálním středem tří určujících koulí a v systému jednotko-

vých vektorů e^0, f^0, g^0 jej lze vyjádřit pouze kosoúhlými souřadnicemi λ, μ .

Označíme-li r_Q polohový vektor bodu Q , potom

$$r_Q = r_i - \lambda_i g^0 + \mu_i e^0 = r_j - \lambda_j e^0 + \mu_j f^0 = r_k - \lambda_k f^0 + \mu_k g^0$$

(9)

Poněvadž bod Q leží na společné průsečnici všech tří rovin (6), můžeme pro výpočet λ a μ dosadit vztahy pro r_Q do systému (6b).

$$(-\lambda_i g^0 + \mu_i e^0) g^0 = -g_i \quad (-\lambda_i g^0 + \mu_i e^0) e^0 = e_i$$

$$-\lambda_i + e^0 g^0 \mu_i = -g_i$$

$$-e^0 g^0 \lambda_i + \mu_i = e_i$$

Analogicky lze sestavit další dvě dvojice rovnic pro výpočet λ_j, μ_j a λ_k, μ_k .

Všimněme si ještě, že pro úhly základnového trojúhelníka platí vztahy

$$\cos \beta_i = -g^0 e^0$$

$$\sin \beta_i = |g^0 \times e^0|$$

$$\cos \beta_j = -e^0 f^0$$

$$\sin \beta_j = |e^0 \times f^0|$$

$$\cos \beta_k = -f^0 g^0$$

$$\sin \beta_k = |f^0 \times g^0|$$

(10)

kterých využijeme pro výpočet λ a μ .

$$\begin{aligned} -\lambda_i - \mu_i \cos \beta_i &= -g_i \\ \lambda_i \cos \beta_i + \mu_i &= e_i \end{aligned}$$

Druhou rovnicí násobíme $\cos \beta_i$ a sečteme s rovnicí první

$$\begin{aligned} \lambda_i \cos^2 \beta_i - \lambda_i &= e_i \cos \beta_i - g_i \\ \lambda_i (1 - \cos^2 \beta_i) &= g_i - e_i \cos \beta_i \\ \lambda_i &= \frac{1}{\sin^2 \beta_i} (g_i - e_i \cos \beta_i) \end{aligned}$$

Po vynásobení první rovnice $\cos \beta_i$ a sečtení s rovnicí druhou dostaneme vztah

$$\begin{aligned} \mu_i - \mu_i \cos^2 \beta_i &= e_i - g_i \cos \beta_i \\ \mu_i &= \frac{1}{\sin^2 \beta_i} (e_i - g_i \cos \beta_i) \end{aligned}$$

Pro kosoúhlé souřadnice tedy platí

$$\begin{aligned} \lambda_i &= \frac{1}{\sin^2 \beta_i} (g_i - e_i \cos \beta_i) \\ \lambda_j &= \frac{1}{\sin^2 \beta_j} (e_j - f_j \cos \beta_j) \\ \lambda_k &= \frac{1}{\sin^2 \beta_k} (f_k - g_k \cos \beta_k) \\ \mu_i &= \frac{1}{\sin^2 \beta_i} (e_i - g_i \cos^2 \beta_i) \\ \mu_j &= \frac{1}{\sin^2 \beta_j} (f_j - e_j \cos \beta_j) \\ \mu_k &= \frac{1}{\sin^2 \beta_k} (g_k - f_k \cos \beta_k) \end{aligned} \tag{11a}$$

Z obr. 2 je dále zřejmé

$$\lambda_i : \mu_j = g : f, \quad \lambda_j : \mu_k = e : g, \quad \lambda_k : \mu_i = f : e \tag{11b}$$

Hledaný bod D_n leží na normále k rovině základny π , která prochází bodem Q .

Jednotkový vektor této normály je dán vztahem

$$n^0 = \frac{f^0 \times g^0}{\sin \beta_k} = \frac{g^0 \times e^0}{\sin \beta_i} = \frac{e^0 \times f^0}{\sin \beta_j} \tag{12}$$

Označíme-li délky spojnic $\overline{P_\varphi Q} = d_\varphi$ a $\overline{D_n Q} = v$, pak platí

$$d_\varphi = \sqrt{(r_Q - r_\varphi)^2} \tag{13a}$$

$$v = \pm \sqrt{s_{\varphi n}^2 - d_\varphi^2} \tag{14}$$

Délky d_φ lze rovněž určit ze vztahů

$$d_\varphi^2 = \lambda_\varphi^2 + \mu_\varphi^2 + 2\lambda_\varphi \mu_\varphi \cos \beta_\varphi \tag{13b}$$

Polohový vektor obou řešení úlohy je dán rovnicí

$$r = r_Q \pm v n^0 \tag{15}$$

Obě řešení leží symetricky na různých stranách roviny základnového trojúhelníka π a proto bude možné je snadno odlišit.

4. Řešení úlohy při nadbytečném počtu měřených veličin.

Přesnost v poloze určeného bodu

V případě, že byly současně změřeny topocentrické vzdálenosti s_{ψ_n} z více než tří daných bodů, určí se poloha hledaného bodu vyrovnáním zprostředkujících měření. Přibližné souřadnice $\bar{X}_n, \bar{Y}_n, \bar{Z}_n$ určíme výpočtem ze tří vzdáleností. Dále vypočítáme délky prostorových spojnic přibližné polohy určovaného bodu s body danými podle vztahu

$$\bar{s}_{\psi_n} = \sqrt{(\bar{X}_n - X_{\psi})^2 + (\bar{Y}_n - Y_{\psi})^2 + (\bar{Z}_n - Z_{\psi})^2}$$

pro $\psi = i, j, k, l, \dots$

Rovnice oprav v obecném tvaru

$$v_{\psi} = a_{\psi} dX + b_{\psi} dY + c_{\psi} dZ + d_{\psi}$$

budou pro vyrovnání prostorového protínání z délek rovny

$$v_{\psi} = \frac{\bar{X}_n - X_{\psi}}{s_{\psi_n}} dX_n + \frac{\bar{Y}_n - Y_{\psi}}{s_{\psi_n}} dY_n + \frac{\bar{Z}_n - Z_{\psi}}{s_{\psi_n}} dZ_n + \bar{s}_{\psi_n} - s_{\psi_n}$$

Další postup sestavení normálních rovnic, výpočtu vyrovnaných souřadnic a jejich středních chyb je známý z vyrovnávacího počtu.

V úvahách o přesnosti bodu určeného prostorovým protínáním z délek se omezíme pouze na elementární závěry. Je zřejmé, že nejpriznivější určení polohy bodu nastane tehdy, budou-li se tři určující koule protínat pod pravými úhly. Budou-li navíc střední chyby měřených vzdáleností stejné /což předpokládá zhruba stejnou vzdálenost určovaného bodu od všech bodů daných/, pak chybový elipsoid přejde do optimálního tvaru koule, jejíž velikost bude funkcí pouze střední chyby měřených délek.

Naopak nejméně příznivé určení polohy bodu nastane tehdy, bude-li určovaný bod ležet v rovině bodů daných. Méně vhodná budou i ta určení, kdy bod Q bude ležet vně základnového trojúhelníka ve velké vzdálenosti od jeho těžiště, nebo budou-li délky spojnic daných bodů značně kratší než měřené topocentrické vzdálenosti. Poněvadž úloha prostorového protínání z délek není řešitelná, leží-li dané body na jedné přímce, budou zřejmě velmi nejistá i řešení ze stanovišť, ležících v blízkosti prostorové přímky. Tato skutečnost tedy vylučuje možnost vhodného určení polohy bodu na povrchu Země ze tří poloh jednoho přeletu družice.

Dalším činitelem, který může velmi nepříznivě ovlivnit přesnost v poloze určovaného bodu, je nedodržení simultánnosti při měření vzdáleností ze všech stanovišť ke družici. Poněvadž rychlost družice, obíhající ve výšce do 2000 km nad povrchem Země dosahuje 6,9 až 7,9 km/s, znamená nedodržení simultánnosti měřených vzdáleností o 1 ms změnu v poloze družice o téměř 8 m.

Přesnost v poloze určovaného bodu bude tedy funkcí:

- a/ střední chyby v poloze bodů daných,
- b/ střední chyby měřených topocentrických vzdáleností,
- c/ vzájemné polohy daných a určovaných bodů,
- d/ dodržení simultánnosti v měření topocentrických vzdáleností ze všech stanovišť ke družici,
- e/ počtu nadbytečně měřených délek.

5. Numerický výpočet

Předpokládejme, že z bodů daných i z bodu určovaného byly současně změřeny

topocentrické vzdálenosti ke dvěma polohám vhodného přeletu družice D_1 a D_2 a k jedné poloze jiného přeletu D_3 . Číselné hodnoty daných a měřených veličin jsou uvedeny v tabulce 1.

Stanoviště	B	L	H	Měřené vzdálenosti k poloze		
				D_1	D_2	D_3
P_i	48°35'00,0	14°20'00,0	800,0	484 460,6	601 631,3	717 051,4
P_j	49°37'00,0	19°28'00,0	1200,0	533 439,6	427 022,8	623 216,3
P_k	47°50'00,0	18°48'50,0	150,0	434 637,4	470 120,8	774 098,1
Určované P_u				644 616,2	617 225,6	524 437,5

Tabulka 1

Poněvadž pro Krasovského elipsoid

$$1 - e^2 = 0,993\ 306\ 58$$

$$N_i = 6\ 390\ 283,6$$

$$N_j = 6\ 390\ 666,8$$

$$N_k = 6\ 390\ 004,4,$$

budou pravoúhlé prostorové souřadnice stanovišť P_i, P_j, P_k , vypočtené ze vztahů (1)

	X	Y	Z
P_i	4 096 287,4	1 046 668,9	4 760 716,7
P_j	3 904 545,9	1 380 116,4	4 836 273,1
P_k	4 060 452,6	1 383 389,3	4 704 650,5

Ze souřadnicových rozdílů daných bodů vypočteme délky e, f, g a složky jednotkových vektorů e^0, f^0, g^0 .

	X	Y	Z	
$j-i$	- 191 741,5	+ 333 447,5	+ 75 556,4	$e = 391\ 995,9$
$k-j$	+ 155 906,7	+ 3 272,9	- 131 622,6	$f = 204\ 064,0$
$i-k$	+ 35 834,8	- 336 720,4	+ 56 066,2	$g = 343\ 232,0$

$$e^0 = \begin{cases} -0,489\ 1416 \\ +0,850\ 6403 \\ +0,192\ 7479 \end{cases} \quad f^0 = \begin{cases} +0,764\ 0088 \\ +0,016\ 0386 \\ -0,645\ 0065 \end{cases} \quad g^0 = \begin{cases} +0,104\ 4040 \\ -0,981\ 0286 \\ +0,163\ 3478 \end{cases}$$

Dále vypočteme

$$g^0 \times e^0 = \begin{cases} -0,328\ 0414 \\ -0,100\ 0239 \\ -0,391\ 0516 \end{cases} \quad e^0 \times f^0 = \begin{cases} -0,551\ 7599 \\ -0,168\ 2384 \\ -0,657\ 7418 \end{cases} \quad f^0 \times g^0 = \begin{cases} -0,630\ 1500 \\ -0,192\ 1404 \\ -0,751\ 1890 \end{cases}$$

Podle (10)

$$\cos \beta_i = 0,854\ 0859$$

$$\sin \beta_i = 0,520\ 1320$$

$$\cos \beta_j = 0,484\ 3890$$

$$\sin \beta_j = 0,874\ 8528$$

$$\cos \beta_k = 0,041\ 3291$$

$$\sin \beta_k = 0,999\ 1456$$

Podle (12) jednotkový vektor normály k rovině základny

$$n^0 = \begin{cases} -0,630\ 6887 \\ -0,192\ 3048 \\ -0,751\ 8315 \end{cases} = \begin{cases} -0,630\ 6888 \\ -0,192\ 3048 \\ -0,751\ 8314 \end{cases} = \begin{cases} -0,630\ 6889 \\ -0,192\ 3047 \\ -0,751\ 8314 \end{cases}$$

Dosud vypočtené hodnoty byly funkcemi pouze souřadnic daných bodů. Budou tedy platit pro všechny polohy družice D . Pro polohu družice D_1 vypočteme podle (7) a

(11a)

$$e_i = 132\,405,8$$

$$f_j = 336\,390,2$$

$$g_k = 104\,908,3$$

$$\lambda_i = 462\,922,4$$

$$\lambda_j = 126\,274,5$$

$$\lambda_k = 136\,895,8$$

$$e_j = 259\,590,1$$

$$f_k = 132\,326,2$$

$$g_i = 238\,323,7$$

$$\mu_i = 262\,969,7$$

$$\mu_j = 275\,224,2$$

$$\mu_k = 110\,566,1$$

a souřadnice bodu Q podle (9)

	i	j	k	Průměr
X_Q	4 176 585,9	4 176 585,7	4 176 585,7	,8
Y_Q	1 277 116,4	1 277 116,4	1 277 116,4	,4
Z_Q	4 634 412,5	4 634 412,6	4 634 412,5	,5

Dosazením do rovnic (13a) a (14) vypočteme čtverce vzdáleností bodu Q od bodů daných d_i^2, d_j^2, d_k^2 a vzdálenost v bodu D_1 od roviny π .

	Q-i	Q-j	Q-k
X	+ 80 298,4	+ 272 039,9	+ 116 132,2
Y	+230 447,5	- 103 000,0	- 106 272,9
Z	-126 304,2	- 201 860,6	- 70 238,0

$$d_i^2 = 7,550\,663 \cdot 10^{10}$$

$$v^2 = 15,91954$$

$$v = 398\,993,0$$

$$d_j^2 = 12,53624 \cdot 10^{10}$$

$$= 15,91954$$

$$d_k^2 = 2,971\,423 \cdot 10^{10}$$

$$= 15,91954$$

Oba průsečíky kulových ploch 1D_1 a 2D_1 určíme ze vztahů (15).

Poněvadž

$$v n^0 = \begin{cases} -251\,640,4 \\ -76\,728,27 \\ -299\,975,5 \end{cases}$$

bude poloha družice D_1 totožná s jedním ze dvou vypočtených průsečíků 1D_1 a 2D_1 .

	1D_1	2D_1
X	3 924 945,4	4 428 226,2
Y	1 200 388,1	1 353 844,7
Z	4 334 437,0	4 934 388,0

Je-li určeným bodem okamžitá poloha družice /tělesa, pohybujícího se nad povrchem Země/, budeme pokládat za správné to řešení, jehož polohový vektor r_ε ($\varepsilon = 1,2$) bude splňovat podmínku

$$|r_\varepsilon| > 6380 \text{ km}$$

Poněvadž $|{}^1r_1| = 5699 \text{ km}$ a $|{}^2r_1| = 6767 \text{ km}$,

bude v našem případě $D_1 = {}^2D_1$.

Souřadnice určeného bodu D_1 tedy jsou

$$X_1 = 4\,428\,226,2$$

$$Y_1 = 1\,353\,844,7$$

$$Z_1 = 4\,934\,388,0$$

Dosadíme-li do rovnic (7) měřené topocentrické vzdálenosti k polohám družice D_2 , a D_3 , určíme zcela shodným výpočetním postupem souřadnice

$$\begin{array}{lll} X_2 = 4\,172\,400,9 & Y_2 = 1\,503\,031,9 & Z_2 = 5\,145\,294,1 \\ X_3 = 3\,863\,553,7 & Y_3 = 1\,181\,206,9 & Z_3 = 5\,425\,470,2 \end{array}$$

Pro výpočet souřadnic určovaného stanoviště P_u řešíme znovu úlohu prostorového protínání z délek. Danými body budou vypočtené polohy družice D_1, D_2, D_3 a určujícími veličinami opět topocentrické vzdálenosti měřené k těmto polohám družice z bodu P_u . Analogicky dřívějšímu postupu vypočteme

$$e = 363\,572,3 \quad f = 526\,741,5 \quad g = 767\,997,8$$

$$e^0 = \begin{cases} -0,703\,6435 \\ +0,410\,3371 \\ +0,580\,0940 \end{cases} \quad f^0 = \begin{cases} -0,586\,3354 \\ -0,610\,9733 \\ +0,531\,9044 \end{cases} \quad g^0 = \begin{cases} +0,735\,2528 \\ +0,224\,7894 \\ -0,639\,4318 \end{cases}$$

$$g^0 \times e^0 = \begin{cases} +0,392\,7816 \\ +0,023\,4163 \\ +0,459\,8731 \end{cases} \quad e^0 \times f^0 = \begin{cases} +0,572\,6821 \\ +0,034\,1414 \\ +0,670\,5026 \end{cases} \quad f^0 \times g^0 = \begin{cases} +0,271\,1093 \\ +0,016\,1627 \\ +0,317\,4178 \end{cases}$$

$$\cos \beta_1 = +0,796\,0470 \quad \cos \beta_2 = -0,470\,4206 \quad \cos \beta_3 = +0,908\,5617$$

$$\sin \beta_1 = 0,605\,2346 \quad \sin \beta_2 = 0,882\,4422 \quad \sin \beta_3 = 0,417\,7506$$

$$n^0 = \begin{cases} +0,648\,9741 \\ +0,038\,6897 \\ +0,759\,8261 \end{cases}$$

$$e_1 = 229\,318,1$$

$$e_2 = 134\,254,2$$

$$f_2 = 363\,925,6$$

$$f_3 = 162\,816,0$$

$$g_3 = 292\,530,3$$

$$g_1 = 475\,467,5$$

$$\lambda_1 = 799\,651,4$$

$$\mu_1 = 407\,241,9$$

$$\lambda_2 = 392\,257,2$$

$$\mu_2 = 548\,451,6$$

$$\lambda_3 = 590\,009,6$$

$$\mu_3 = 828\,590,7$$

$$X_Q = 4\,126\,833,5$$

$$Y_Q = 1\,006\,985,1$$

$$Z_Q = 5\,209\,471,8$$

$$v = 358\,761,5$$

	1P_u	2P_u
X_u	4 359 660,4	3 894 006,6
Y_u	1 020 865,5	993 104,7
Z_u	5 482 068,2	4 936 875,4

Poněvadž určovaným bodem je stanoviště na povrchu Země, lze očekávat, že o jeho poloze budeme mít k dispozici nějaké předběžné informace. Předpokládejme, že jsme z mapy určili jeho přibližnou polohu

$$B \approx 51^\circ 00'$$

$$L \approx 14^\circ 15'$$

$$H \approx 200 \text{ m}$$

s přesností 5', tedy asi 10 km. Pro tuto přibližnou polohu vypočteme pravoúhlé prostorové souřadnice podle vztahů (1)

$$X_p = 3898 \text{ km}$$

$$Y_p = 990 \text{ km}$$

$$Z_p = 4934 \text{ km}$$

a za správné budeme považovat to řešení, pro které platí

$$|X_u - X_p| < 10 \text{ km}$$

$$|Y_u - Y_p| < 10 \text{ km}$$

$$|Z_u - Z_p| < 10 \text{ km}$$

Poněvadž stanovené podmínky splňují řešení (2), budou souřadnice určeného bodu

$$X_u = 3\,894\,006,7$$

$$Y_u = 993\,104,7$$

$$Z_u = 4\,936\,875,5$$

Pro převod pravoúhlých prostorových souřadnic určeného stanoviště do klasické soustavy geodetické použijeme vztahů (2), (4) a (3). Postup výpočtu B a H v aproximacích byl vysvětlen v odst. 2.

$$\text{tg } L = 0,255\,03\,416,$$

$$1 + e^2 = 1,006\,7385$$

$$e^2 + 2e^4 = 0,006\,783$$

I. aproximace :

$$B^I = 51^\circ 02' 30''$$

$$H^I = 247,3$$

II. aproximace :

$$B^{II} = 51^\circ 02' 32,770''$$

$$H^{II} = 353,1$$

III. aproximace :

$$B^{III} = 51^\circ 02' 32,761''$$

$$H^{III} = 352,8$$

Výsledné souřadnice určeného bodu P_u tedy jsou

$$B_u = 51^\circ 02' 32,76''$$

$$L_u = 14^\circ 18' 26,60''$$

$$H_u = 352,8 \text{ m}$$

6. Z á v ě r

Hlavní předností určování polohy bodů z měřených topocentrických vzdáleností ke družici je možnost automatizace celého výpočtu. Jednou z aplikací plně automatizovaného řešení této úlohy je např. systém SECOR, vyvinutý americkou armádou ve spolupráci s firmou CUBIC. Družice nese aktivní stanici zvanou Transponder, která slouží jako protistanice čtyřem stanicím Master na zemi. Během asi šestiminutového přeletu družice změří čtyři stanice Master asi 7000 vzdáleností a ukládají výsledky s jejich přesným časem na magnetické pásky. Čas se určuje křemennými hodinami a umožňuje vypočítat korekce nesimultánně měřených vzdáleností. Všechny čtyři pozemní stanice používají týchž nosných a modulačních frekvencí, proto měří vzdálenosti v určitém pořadí za sebou a jeden úplný cyklus trvá pouze 50 milisekund. To umožňuje získávat značné množství měřených vzdáleností.

Přirozeně i výpočet je velmi dokonalý. Program vyloučí všechny cykly, v nichž je poloha družice vzhledem k nevhodným protnutím nepřesná. To může být asi ze 7000 cyklů jednoho přeletu polovina. V literatuře se udává, že ze tří přeletů, tedy asi z 10 000 určujících prvků nového bodu, lze dosáhnout vnitřní přesnosti zprůměrované hodnoty asi 6 m. Výsledná přesnost v poloze takto určeného bodu se uvádí pod 20 m.

Došlo dne 27.9.1967.

Literatura:

- [1] Burša M. : Přednášky z kosmické geodézie na VA AZ.
- [2] Burša M. : Základy kosmické geodézie, VTS MNO, Praha 1967.
- [3] Höpke : Bestimmung eines geodätischen Weltsystems, ZfV Sonderheft 1965.
- [4] Rinner K.: Geometrie mit Raumstrecken, ZfV Nr. 3/1958.
- [5] Vykutíl J.: Vyrovnávací počet, Brno 1964.

Výpočet zdánlivých souřadnic opěrných hvězd na samočinném počítači Minsk 22 pro fotografické určování souřadnic umělých družic Země

1. Úvod

Pro určení topocentrických rovníkových souřadnic družice je nutno znát rovníkové souřadnice míst na nebeské sféře, do nichž se promítají opěrné hvězdy ze stanoviště, tj. znát zdánlivé souřadnice opěrných hvězd. Poziční přesnost fotografických komor, jimiž družice a opěrné hvězdy fotografujeme, je blízká 1".

Je proto třeba, aby výpočetní postup zdánlivých poloh hvězd na počítači Minsk 22 vykazoval přesnost 0",1, tj. o 1 řád vyšší. Jelikož při fotografování umělých družic Země připadají v úvahu snímky všech částí nebeské sféry, je nutné, aby výpočetní postup vyhovoval svou přesností až do deklinace $\delta = +89,7$, kde $\text{tg } \delta = \text{sec } \delta = 190$.

Rovníkové souřadnice hvězd jsou tabelovány ve hvězdných katalogích, a to tzv. střední souřadnice hvězd, vztažené ke střednímu pólu a střednímu ekvinokciu určité epochy. Každý z katalogů představuje samostatný referenční hvězdný /astrometrický/ systém. Pro účely fotografického pozorování družic připadají v úvahu katalogy :

1. General Catalog /GC/, obsahující 33 242 hvězd z celé nebeské sféry.
2. Zweiter Katalog der Astronomischen Gesellschaft /AGK 2/, obsahující 183 520 hvězd od -2° do $+90^\circ$ deklinace. Neobsahuje vlastní pohyby.
3. Transaction of the Astronomical Observatory of Yale University /Yale Zone Catalogs/, obsahující 1031 hvězd od $+85^\circ$ do $+90^\circ$; 16 544 hvězd od $+50^\circ$ do $+60^\circ$; 128 093 hvězd od $+30^\circ$ do -30° ; celkem 145 668 hvězd.

Pro observatoře v jižních zeměpisných šířkách jsou :

4. Cape Photographic Catalogs /Cape Annals/, zahrnující 24 961 hvězd od -30° do -40° a 23 925 hvězd od -52° do -64° ; celkem 48 886 hvězd.
5. Cape Zone Catalog, zahrnující 20 843 hvězd od -40° do -52° . Použitím uvedených katalogů dostaneme pro určitý okamžik polohy hvězd se středními chybami $\pm 0",2$ až $\pm 0",8$ uvážíme-li při výpočtu vlastní pohyb $a \pm 0",7$ až $\pm 3",0$ bez uvážení vlastního pohybu.

Kombinací existujících katalogů byl ve Smithsonian Astrophysical Observatory sestaven hvězdný katalog "Star Catalog" celé nebeské sféry, obsahující 258997 hvězd, kde jejich polohy a vlastní pohyby jsou redukovány na systém FK 4 /4. fundamentální katalog, zavedený IAU od r.1964/. Star Catalog představuje toho času nejobsáhlejší a nejpřesnější hvězdný katalog sestavený právě pro účely družicových pozorování.

Ve hvězdných katalogích jsou tabelovány především střední rovníkové souřadnice a vlastní pohyby, vztažené k určité epoše, obvykle normální. Tyto střední souřadnice, vztažené k normální epoše, je nutné převést na střední souřadnice, vztažené k okamžiku pozorování a ty potom na souřadnice zdánlivé. Souřadnice hvězd ve Star Catalogu jsou vztaženy k epoše 1950,0. Následující postup výpočtu zdánlivých poloh hvězd, předpokládající používání především tohoto katalogu, spočívá tedy v převodu středních souřadnic 1950,0 na zdánlivé souřadnice v okamžiku pozorování. Kromě údajů ze Star Catalogu je možné jako vstupních hodnot použít jakýchkoli středních poloh a vlastních pohybů, vztažených k epoše 1950,0.

2. Vstupní hodnoty pro výpočet

Celý výpočetní postup je volen tak, aby počet vstupních hodnot byl omezen na minimum. Vstupními hodnotami jsou: střední okamžik pozorování ve středním čase, číslo hvězdy, střední rektascenze $\alpha_{1950,0}$, udaná v hodinách, minutách a vteřinách, vlastní pohyb μ_α v rektascenzi udaný v sekundách, střední deklinace $\delta_{1950,0}$ ve stupních, minutách a vteřinách, vlastní pohyb v deklinaci μ_δ ve vteřinách a roční paralaxa /která nemusí být případně uvažována/ udaná ve vteřinách. Střední okamžik pozorování je společný pro všechny hvězdy jednoho snímku, případně více snímků, jde-li o simultánní pozorování, a je udán v modifikovaném juliánském datu $d = MJD = JD - 2400\,000,5$, kde JD je juliánské datum. Údaj středního okamžiku pozorování je rozdělen na:

MJD_0 modifikované juliánské datum světové půlnoci před okamžikem pozorování,

UT_s světový střední čas středního okamžiku pozorování v hodinách a minutách.

Potom modifikované juliánské datum středního okamžiku pozorování je rovno:

$$d = MJD_0 + \frac{UT_s^h}{24} + \frac{UT_s^m}{1440}$$

3. Výpočet středních poloh, vztažených k okamžiku pozorování

Abychom nemuseli počítat změny složek vlastního pohybu způsobené precesní změnou polohy hvězdy, převedeme souřadnice vztažené k epoše 1950,0 nejprve vlastním pohybem k epoše 1950,0 + t a potom teprve precesní změnou ke střednímu rovníku a střednímu jarnímu bodu epochy 1950,0 + t, tj. okamžiku pozorování.

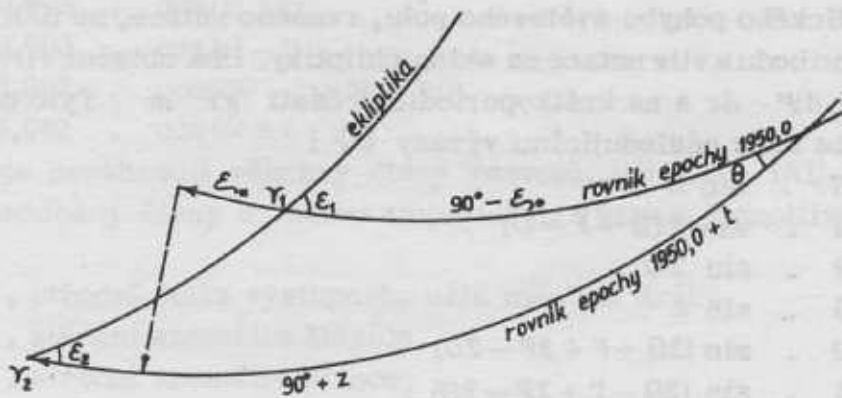
Pro vyjádření změny souřadnic způsobené vlastním pohybem použijeme Taylorova rozvoje až do 2. derivací [3].

$$\alpha_1 = \alpha_{1950,0} + \mu_\alpha \cdot t + \frac{\mu_\alpha \cdot \mu_\delta}{\varrho''} \cdot \operatorname{tg} \delta_{1950,0} \cdot t^2$$

$$\delta_1 = \delta_{1950,0} + \mu_\delta \cdot t - \frac{\mu_\alpha^2}{2\varrho''} \cdot \sin \delta_{1950,0} \cdot \cos \delta_{1950,0} \cdot t^2$$

kde „t“ je časový interval od 1950,0 do okamžiku pozorování, vyjádřený v tropických rocích.

Pro převod ke střednímu rovníku a střednímu jarnímu bodu epochy 1950,0 + t v důsledku precesního pohybu nemůžeme použít Taylorova rozvoje v řadě, poněvadž tyto vztahy ztrácejí na přesnosti v blízkosti světového pólu. Je proto nutné použít přesného transformačního vztahu, jehož přesnost není závislá na deklinaci transformované hvězdy. Zavedeme pravoúhlý prostorový systém x, y, z . Osy x, y leží v rovině středního rovníku, osa x směřuje k střednímu jarnímu bodu, osa y má $\alpha_y = 90^\circ$. Osa z směřuje k severnímu střednímu pólu. Směrové kosiny libovolného prostorového směru v systému vztaženém ke střední poloze rovníku a jarního bodu 1950,0 označme a_1, b_1, c_1 , v systému vztaženém ke střední poloze rovníku a jarního bodu 1950,0 + t označme a_2, b_2, c_2 Vzájemné natočení obou soustav v prostoru představují 3 Eulerovy úhly; podle Newcomba [5] jsou to θ, ζ_0, z /viz obr. 1/.



Obr. 1

Tyto 3 úhly představují 3 postupná pootočení kolem os z, y, z' . Každému pootočení odpovídá určitý tenzor, a to :

$$\zeta_0 = \begin{Bmatrix} + \cos \zeta_0 & - \sin \zeta_0 & 0 \\ + \sin \zeta_0 & + \cos \zeta_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}; \theta = \begin{Bmatrix} + \cos \theta & 0 & - \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ + \sin \theta & 0 & + \cos \theta \end{Bmatrix}; z = \begin{Bmatrix} + \cos z & - \sin z & 0 \\ + \sin z & + \cos z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}$$

Skalární součin těchto tří tenzorů vyjadřuje všechna 3 postupná otáčení. Směrové kosiny a_1, b_1, c_1 tedy přetransformujeme na kosiny a_2, b_2, c_2 podle vztahu :

$$\begin{Bmatrix} a_2 \\ b_2 \\ c_2 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} + \cos z & - \sin z & 0 \\ + \sin z & + \cos z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} + \cos \theta & 0 & - \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ + \sin \theta & 0 & + \cos \theta \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} + \cos \zeta_0 & - \sin \zeta_0 & 0 \\ + \sin \zeta_0 & + \cos \zeta_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} a_1 \\ b_1 \\ c_1 \end{Bmatrix}$$

kde

$$\begin{aligned} a_1 &= \cos \delta_1 \cdot \cos \alpha_1 \\ b_1 &= \cos \delta_1 \cdot \sin \alpha_1 \\ c_1 &= \sin \delta_1 \end{aligned}$$

Rektascenzi a deklinaci určíme podle vztahů: $\alpha_2 = \arctg \frac{b_2}{a_2}$

$$\delta_2 = \arctg \frac{c_2}{\sqrt{a_2^2 + b_2^2}}$$

Úhly θ, ζ_0, z můžeme vyjádřit jako funkce času podle rozvoje

$$\begin{aligned} \theta &= 20'',04258 \cdot t - 0'',427 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 - 0'',42 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 \\ \zeta_0 &= 23'',04952 \cdot t + 0'',302 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 + 0'',18 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 \\ z &= 23'',04952 \cdot t + 1'',095 \cdot 10^{-4} \cdot t^2 + 0'',18 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 \end{aligned}$$

Numerické hodnoty byly vypočteny pomocí výrazů publikovaných v [6].

4. Vyjádření vlivu nutace, roční aberace a rotační paralaxy

a/ Vliv periodického pohybu světového pólu, zvaného nutace, se dělí na vliv nutace na polohu jarního bodu a vliv nutace na sklon ekliptiky. Oba nutační vlivy jsou rozděleny na dvě části $\Delta\Psi$ $\Delta\varepsilon$ a na krátkoperiodické části $d\Psi$ $d\varepsilon$. Tyto nutační vlivy jsou podle Newcomba dány následujícími výrazy [1] :

$$\begin{aligned} \Delta\Psi = & - 17,237 \cdot \sin \Omega \\ & - 1,273 \cdot \sin 2(\Omega + F - D) \\ & + 0,209 \cdot \sin 2\Omega \\ & + 0,126 \cdot \sin l' \\ & - 0,050 \cdot \sin (2\Omega + l' + 2F - 2D) \\ & + 0,021 \cdot \sin (2\Omega - l' + 2F - 2D) \\ & + 0,012 \cdot \sin (\Omega + 2F - 2D) \\ & + 0,005 \cdot \sin (\Omega - 2l + 2F) \\ & + 0,005 \cdot \sin 2(l - D) \\ & + 0,002 \cdot \sin 2l' \\ & - 0,002 \cdot \sin 2(\Omega + l' + F - D) \\ & - 0,002 \cdot \sin 2(F - D) \\ & - 0,002 \cdot \sin (\Omega + l') \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\varepsilon = & + 9,210 \cdot \cos \Omega \\ & + 0,552 \cdot \cos 2(\Omega + F - D) \\ & - 0,090 \cdot \cos 2\Omega \\ & + 0,022 \cdot \cos (2\Omega + l' + 2F - 2D) \\ & - 0,009 \cdot \cos (2\Omega - l' + 2F - 2D) \\ & - 0,007 \cdot \cos (\Omega + 2F - 2D) \\ & - 0,002 \cdot \cos (\Omega - 2l + 2F) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\Psi = & - 0,204 \cdot \sin 2(\Omega + F) \\ & + 0,067 \cdot \sin l \\ & - 0,034 \cdot \sin (\Omega + 2F) \\ & - 0,026 \cdot \sin (2\Omega + l + 2F) \\ & - 0,015 \cdot \sin (l - 2D) \\ & + 0,011 \cdot \sin (2\Omega - l + 2F) \\ & + 0,006 \cdot \sin 2D \\ & + 0,006 \cdot \sin (\Omega + l) \\ & - 0,006 \cdot \sin (\Omega - l) \\ & - 0,005 \cdot \sin (2\Omega - l + 2F + 2D) \\ & - 0,004 \cdot \sin (\Omega + l + 2F) \\ & - 0,003 \cdot \sin 2(\Omega + F + D) \\ & + 0,003 \cdot \sin 2l \\ & + 0,003 \cdot \sin (2\Omega + l + 2F - 2D) \\ & - 0,003 \cdot \sin 2(\Omega + l + F) \\ & + 0,003 \cdot \sin 2F \\ & + 0,002 \cdot \sin (\Omega - l + 2F) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d\varepsilon = & + 0,088 \cdot \cos 2(\Omega + F) \\ & + 0,018 \cdot \cos (\Omega + 2F) \\ & + 0,011 \cdot \cos (2\Omega + l + 2F) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - 0,005 \cdot \cos(2\Omega - l + 2F) \\
& - 0,003 \cdot \cos(\Omega + l) \\
& + 0,003 \cdot \cos(\Omega - l) \\
& + 0,002 \cdot \cos(2\Omega - l + 2F + 2D) \\
& + 0,002 \cdot \cos(\Omega + l + 2F)
\end{aligned}$$

Uvedené rozvoje nezahrnují všechny členy rozvoju, přijatých IAU a publikovaných v [2]. Jsou zanedbány členy s malou amplitudou. Význam jednotlivých proměnných úhlů je :

- Ω střední délka výstupného uzlu měsíční dráhy,
- l střední anomálie Měsíce,
- l' střední anomálie Slunce,
- F střední argument šířky Měsíce,
- D rozdíl středních délek Měsíce a Slunce.

Numerické hodnoty těchto proměnných veličin určíme jako funkce času podle vztahů [1]

$\Omega = 259^{\circ},184$	-	$1\ 934^{\circ},142\ T$
$l = 296^{\circ},110$	+	$477\ 198^{\circ},849\ T$
$l' = 358^{\circ},476$	+	$35\ 999^{\circ},050\ T$
$F = 11^{\circ},249$	+	$483\ 202^{\circ},025\ T$
$D = 350^{\circ},736$	+	$445\ 267^{\circ},114\ T$

Časový interval „T“ od 12^h E.T. 0.ledna 1900 do okamžiku pozorování je vyjádřen v juliánských stoletích.

b/ Vliv roční aberace je reprezentován Besselovými denními čísly C,D. Tyto veličiny jsou podle doporučení IAU od roku 1960 obvykle počítány ze složek rychlosti Země, určených numerickou diferenciací pravoúhlých rovníkových souřadnic Země, vztažených k těžišti sluneční soustavy. V našem případě jsou Besselova denní čísla určována na základě rušivých vlivů Měsíce a vnějších planet na pohyb Země, bez numerické diferenciaci, pouze jako funkce času [4]. Výrazy pro výpočet C,D mají tvar :

$$\begin{aligned}
C &= -1\ 092'',96 \cdot [0,017\ 204\ 5 \cdot \cos \lambda_1 + 0,000\ 007\ 1 \cdot \cos \lambda_2 + \\
&\quad + 0,000\ 007\ 2 \cdot \cos \lambda_3 + 0,000\ 001\ 6 \cdot \cos \lambda_4] \\
D &= -1\ 191'',30 \cdot [0,017\ 204\ 5 \cdot \sin \lambda_1 + 0,000\ 007\ 1 \cdot \sin \lambda_2 + \\
&\quad + 0,000\ 007\ 2 \cdot \sin \lambda_3 + 0,000\ 001\ 6 \cdot \sin \lambda_4]
\end{aligned}$$

Koeficienty 1 092''96 a 1 191''30 odpovídají nové aberační konstantě 20''496.

Jednotlivé délky se určí jako funkce času.

λ_1 pravá astronomická délka pravého Slunce, vztažená k pravému ekvinokciu okamžiku pozorování.

$$\begin{aligned}
\lambda_1 &= 279^{\circ},696\ 7 + 36\ 000^{\circ},768\ 9 \cdot T \\
&\quad + 1^{\circ},915\ 9 \cdot \sin(358^{\circ},476 + 35\ 999^{\circ},050 \cdot T) \\
&\quad + 0^{\circ},020\ 1 \cdot \sin(356^{\circ},952 + 71\ 998^{\circ},100 \cdot T) \\
&\quad + 0^{\circ},004\ 8 \cdot \sin(100^{\circ},817 + 1\ 934^{\circ},142 \cdot T)
\end{aligned}$$

Periodické členy vyjadřují středovou rovnici a dlouhoperiodický vliv nutace na polohu jarního bodu.

λ_2 astronomická délka pravého Měsíce, zahrnující pouze střední délku a středovou rovnici.

$$\lambda_2 = 270^{\circ} + 481\ 268^{\circ} T + 6^{\circ} \cdot \sin(296^{\circ} + 477\ 199^{\circ} \cdot T)$$

λ_3, λ_4 astronomické délky planet Jupiter a Saturn; pravé délky stačí nahradit středními podle vztahů :

$$\begin{aligned}
\lambda_3 &= 238^{\circ} + 3\ 035^{\circ} \cdot T \\
\lambda_4 &= 267^{\circ} + 1\ 224^{\circ} \cdot T
\end{aligned}$$

Společný vliv nutace a roční aberace na rovníkové souřadnice vyjádříme známými vzorci [3] :

$$\Delta_1 \alpha_{n,a} = (\cos \varepsilon + \sin \varepsilon \cdot \sin \alpha_2 \cdot \operatorname{tg} \delta_2) \cdot (\Delta\Psi + d\Psi) - \cos \alpha_2 \cdot \operatorname{tg} \delta_2 \cdot (\Delta\varepsilon + d\varepsilon) + \cos \alpha_2 \cdot \sec \delta_2 \cdot C + \sin \alpha_2 \cdot \sec \delta_2 \cdot D$$

$$\Delta_1 \delta_{n,a} = \sin \varepsilon \cdot \cos \alpha_2 \cdot (\Delta\Psi + d\Psi) + \sin \alpha_2 \cdot (\Delta\varepsilon + d\varepsilon) + (\operatorname{tg} \varepsilon \cos \delta_2 - \sin \alpha_2 \cdot \sin \delta_2) \cdot C + \cos \alpha_2 \cdot \sin \delta_2 \cdot D$$

Uvedené vztahy vyjadřují pouze členy prvního řádu. Pro blízkopolové hvězdy je nutné uvažovat též členy druhého řádu. Vyjádříme je podle přibližných vzorců Fabriciových [8] .

$$\Delta_2 \alpha_{n,a} = \operatorname{tg} \delta_2 \cdot \frac{\Delta_1 \alpha_{n,a} \cdot \Delta_1 \delta_{n,a}}{\rho''}$$

$$\Delta_2 \delta_{n,a} = -15^2 \cdot \sin \delta_2 \cdot \cos \delta_2 \cdot \frac{\Delta_1 \alpha_{n,a}^2}{2\rho''}$$

c/ Vliv roční paralaxy, způsobené tím, že pozorujeme ze Země a nikoli ze Slunce, vyjádříme pomocí vztahů :

$$\Delta\alpha_\pi = \pi \cdot [\cos \varepsilon \cdot \sin \lambda_1 \cdot \cos \alpha_2 - \cos \lambda_1 \cdot \sin \alpha_2] \cdot \sec \delta_2$$

$$\Delta\delta_\pi = \pi \cdot [-\cos \varepsilon \cdot \sin \lambda_1 \cdot \sin \alpha_2 - \cos \lambda_1 \cdot \cos \alpha_2] \cdot \sin \delta_2 + \pi \cdot \sin \lambda_1 \cdot \sin \varepsilon \cdot \cos \delta_2$$

Výsledné zdánlivé souřadnice hvězdy pro okamžik pozorování dostaneme, připojíme-li ke středním souřadnicím α_2, δ_2 vztaheným k epoše pozorování, opravy z vlivu nutace a roční aberace prvního i druhého řádu a opravu z vlivu roční paralaxy.

$$\alpha_3 = \alpha_2 + \Delta_1 \alpha_{n,a} + \Delta_2 \alpha_{n,a} + \Delta\alpha_\pi$$

$$\delta_3 = \delta_2 + \Delta_1 \delta_{n,a} + \Delta_2 \delta_{n,a} + \Delta\delta_\pi$$

5. Dodatek o vlivu astronomické refrakce

Abychom určili souřadnice míst na nebeské sféře, do nichž se skutečně opěrné hvězdy promítají, měli bychom uvedené zdánlivé souřadnice opravit ještě o vliv denní paralaxy, denní aberace světla a astronomické reakce. Vliv denní paralaxy je u stálic naprosto zanedbatelný. Vliv denní aberace je malý /max. 0,32/ a v malém poli ($< 20^\circ$) stejný pro družici i okolní hvězdy. Diferenciální aberace nepřevyší v poli menším než 20° hodnotu 0,12, a můžeme ji proto zanedbat. Astronomická refrakce závisí na zeměpisných souřadnicích stanoviště a je u hvězd a družice rozdílňá pouze o několik desetin obloukové vteřiny /tzv. paralaktická refrakce - závisí na výšce družice nad povrchem Země/.

Pro uvážení vlivu astronomické refrakce na zdánlivé polohy hvězd zvolíme dvě varianty :

1. Za zdánlivé souřadnice opěrných hvězd považujeme hodnoty vyčíslené v kap. 4 bez uvážení vlivu astronomické refrakce.

2. Zdánlivé souřadnice α_3, δ_3 opravíme ještě o vliv astronomické refrakce.

První nebo druhou variantu volíme podle charakteru použité transformace, pomocí níž určujeme sférické souřadnice družice na základě snímkových souřadnic družice a opěrných hvězd a sférických souřadnic opěrných hvězd. Při klasických astrometrických transformacích, např. Turnerově, pracujeme-li v malém poli ($<10^\circ$), můžeme rozdíly refrakce v rámci pole /tj. diferenciální refrakci /zanedbat, poněvadž její průběh je dostatečně spolehlivě vystižen transformačními vztahy. V tom případě zvolíme první variantu. Druhou variantu např. použijeme, chceme-li souřadnice družice určit ortogonální transformací, při níž je třeba, nechceme-li zvětšovat počet neznámých, aby souřadnice opěrných bodů co nejvíce odpovídaly snímkovému paprskovému trsu.

Vstupními hodnotami pro výpočet vlivu astronomické refrakce jsou: zeměpisná šířka a délka stanoviště ve stupních, minutách a vteřinách, údaje teploty a tlaku ve $^\circ\text{C}$ a mmHg, okamžiky jednotlivých expozic hvězd ve světovém středním čase udané na 0,1 sec. Zeměpisná délka je počítána od greenwichského poledníku kladně na východ. Ostatní potřebné hodnoty, jako souřadnice hvězd a střední okamžik pozorování T , se přejímají z předcházejících výpočtů.

Nejprve určíme vliv normální refrakce, tj. refrakce při teplotě 0°C a tlaku 760 mmHg, na zenitovou vzdálenost rozvojem v řadu, jako funkci zenitové vzdálenosti:

$$R_n = 60'',27 \cdot \text{tg } z - 0'',085 \cdot \text{tg}^3 z,$$

kde z je skutečná zenitová vzdálenost.

Jelikož do rozvoje nedosazujeme zdánlivou, nýbrž skutečnou zenitovou vzdálenost, je koeficient kubického členu volen tak, aby vystihoval též vliv druhého řádu. Skutečnou zenitovou vzdálenost potřebnou pro výpočet normální refrakce určíme z nautického trojúhelníka:

$$\cos z = \sin \delta_3 \cdot \sin \varphi + \cos \delta_3 \cdot \cos \varphi \cdot \cos \tau$$

kde τ je hodinový úhel, který je roven rozdílu místního hvězdného času a rektascenze hvězdy:

$$\tau = s - \alpha_3$$

Místní hvězdný čas " s " určíme převodem světového středního času okamžiku expozice:

$$s = S_0 + UT \cdot (1 + \mu) + \lambda$$

$1 + \mu = 1,002\,737\,9$ je převodní koeficient středního času na hvězdný.

S_0 je pravý hvězdný čas pro greenwickskou /světovou/ půlnoc, který s postačující přesností vypočteme, připojíme-li ke střednímu hvězdnému času hlavní dlouhoperiodický nutační člen:

$$S_0 = 6^{\text{h}}38^{\text{m}}45^{\text{s}},84 + 8\,640\,184^{\text{s}},54 \cdot T_0 - 1^{\text{s}},15 \cdot \sin \Omega \cdot \cos \varepsilon$$

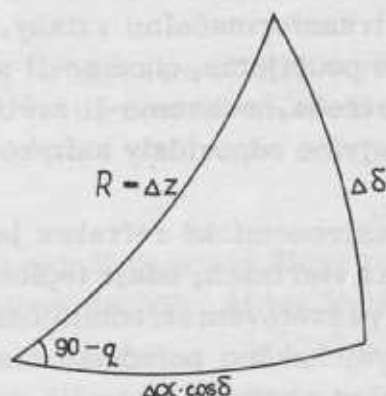
Časový interval „ T_0 “ od 12^h E.T. 0. ledna 1900 do světové půlnoci před okamžikem pozorování je vyjádřen v juliánských stoletích. Normální refrakci R_n převedeme na refrakci při skutečné teplotě t a tlaku b :

$$R = R_n \cdot \frac{273 \cdot b}{760 \cdot (273 + t)}$$

Vliv astronomické refrakce R na rovníkové souřadnice odvodíme z diferenciálního sférického trojúhelníka /viz obr. 2/ :

$$\Delta_1 \alpha_R = \frac{\sin q}{\cos \delta_3} \cdot R$$

$$\Delta_1 \delta_R = \cos q \cdot R$$



Obr. 2

Paralaktický úhel q určíme z nautického trojúhelníka :

$$\operatorname{tg} q = \frac{\sin \tau}{\operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \delta_3 - \sin \delta_3 \cdot \cos \tau}$$

Vzhledem k velkým hodnotám refrakce ve větších zenitových vzdálenostech musíme uvážit i členy 2. řádu.

$$\Delta_2 \alpha_R = \operatorname{tg} \delta_3 \cdot \Delta_1 \alpha_R \cdot \Delta_1 \delta_R$$

$$\Delta_2 \delta_R = -\frac{1}{2} \cdot \sin \delta_3 \cdot \cos \delta_3 \cdot (\Delta_1 \alpha_R)^2$$

Zdánlivé souřadnice zahrnující všechny vlivy, tj. i astronomickou refrakci, tedy dostaneme, připojíme-li k souřadnicím α_3, δ_3 vypočteným v kap. 4 opravy prvního i druhého řádu z vlivu astronomické refrakce.

$$\alpha_4 = \alpha_3 + \Delta_1 \alpha_R + \Delta_2 \alpha_R$$

$$\delta_4 = \delta_3 + \Delta_1 \delta_R + \Delta_2 \delta_R$$

6. Závěr

Podle uvedeného algoritmu byl sestaven program pro počítač Minsk 22. Vzor formuláře vstupních hodnot a vzor tisku vstupních hodnot a výsledných zdánlivých souřadnic, nezahrnujících vliv refrakce je uveden v příloze I a II. Program byl zařazen do knihovny programů VTOPÚ. Tímto programem byly na počítači vyčísleny zdánlivé souřadnice několika desítek hvězd. Vypočtené hodnoty byly porovnány s hodnotami vyinterpolovanými z publikace *Astronomičeskij ježegodnik*. U hvězd s deklinacemi $-80^\circ < \delta < +80^\circ$ byla střední kvadratická odchylka v rektascenzi $\pm 0^s,002$, v deklinaci $\pm 0^s,02$. Maximální odchylka v rektascenzi nepřekročila $0^s,003$, v deklinaci $0^s,04$. U blízkopólových hvězd byla střední odchylka v rektascenzi $\pm 0^s,015$, v deklinaci

$\pm 0,03$ Maximální odchylka v rektascenzi nepřekročila $0,03$, v deklinaci $0,08$.

Výsledky ukazují, že přesnost výpočtu zcela postačuje pro účely fotografického určování souřadnic umělých kosmických těles, tj. vyhovuje požadavku na přesnost v poloze hvězdy $\pm 0,1$.

Přesnost poloh fundamentálních hvězd katalogu FK 4, používaných při astronomicko-geodetických pracích, je $0,03$ až $0,15$. Nepřesnost výpočtu na počítači Minsk 22 nepřevyšuje tedy chyby katalogu. Je proto možné uvedeného programu používat i pro výpočet zdánlivých poloh hvězd, používaných při astronomicko-geodetických pracích.

Došlo dne 27.9.1967.

Použitá literatura

- [1] - Astronomičeskij ježegodnik na 1969 god, Moskva 1966.
- [2] - Atr. Papers, Vol. XV, part. I, 1953.
- [3] - Buchar : Geodetická astronomie I, Praha 1963.
- [4] - Kabeláč : A formula for stellar aberation, BAC, Vol. 16 /1965/, No. 1.
- [5] - Newcomb : A compendium of spherical astronomy, New York 1906.
- [6] - Star Catalog, Smithsonian Institutiton, Washington 1966.
- [7] - Veis : Precise aspects of terrestrial and celestial reference frames, Proceedings of the 1st intern. symp. on the use of artificial satellites for geodesy, Amsterdam 1963.
- [8] - Zagrebin: Vvedeniije v astrometriju, Moskva 1966.

Vzor formuláře vstupních hodnot

 $MJD_0 = 40\,221,0$ $SC = 12^h36^m$

Číslo hvězdy	$\alpha_{1950,0}$	μ_α	$\delta_{1950,0}$	μ_δ	π
	h m s				
308	1 48 48,786	+ 0,1811	+ 89 01 43,74	- 0,004	0,
3 020	18 21 21,819	- 0,1072	+ 89 03 03,50	+ 0,001	0,
1 168	7 17 50,619	- 0,0479	+ 87 07 34,52	- 0,034	0,
695	4 19 53,695	+ 0,0172	+ 85 25 03,30	+ 0,028	0,
2 266	13 43 40,746	+ 0,0175	+ 83 00 13,02	- 0,047	0,
433	2 40 25,573	+ 0,0064	+ 81 14 22,49	- 0,069	0,012
10 629	23 06 18,007	+ 0,0031	+ 75 07 10,56	- 0,023	0,
10 057	21 28 01,326	+ 0,0020	+ 70 20 27,85	+ 0,013	0,
16 080	13 26 37,109	- 0,0112	+ 60 12 12,87	+ 0,025	0,021
23 047	2 10 15,926	+ 0,0366	+ 50 50 05,11	- 0,165	0,
38 592	3 04 54,356	+ 0,0003	+ 40 45 52,46	+ 0,002	0,037
54 058	0 36 38,858	+ 0,0106	+ 30 35 15,70	- 0,084	0,031
74 544	1 08 45,636	+ 0,0027	+ 20 46 09,66	- 0,006	0,013
98 709	9 38 29,008	- 0,0097	+ 10 07 14,64	- 0,041	0,028
111 292	3 34 19,095	- 0,0157	+ 0 14 39,54	- 0,481	0,058
146 108	22 26 15,514	+ 0,0138	- 0 16 36,08	+ 0,047	0,013
148 059	1 48 59,447	+ 0,0024	- 10 34 52,90	- 0,036	0,024
187 756	19 06 47,450	- 0,0000	- 21 06 17,49	- 0,035	0,016

Příloha II

Vzor tisku vstupních středních souřadnic 1950,0 a vypočtených zdánlivých souřadnic hvězd

MJD - 40221,0

SC - 12 36

CISLO HVEZDY	RA	MRA	DEKL	MD	P	
308	1 48 48,786	0,1811	89 1 43,74	-0,004	0,000	. . . vstupní hodnoty /1950,0/
	2 02 31,008		89 07 40,040			
3020	18 21 21,819	-0,1072	89 3 3,50	0,001	0,000	. . . výsledné hodnoty /okamž. pozorov./
	17 55 23,726		89 03 06,480			
1168	7 17 50,619	-0,0479	87 7 34,52	-0,034	0,000	
	7 27 08,293		87 05 23,690			
695	4 19 53,695	0,0172	85 25 3,30	0,028	0,000	
	4 25 53,746		85 27 59,060			
2266	13 43 40,746	0,0175	83 0 13,02	-0,047	0,000	
	13 43 10,849		82 54 06,540			
433	2 40 25,573	0,0064	81 14 22,49	-0,069	0,012	
	2 43 13,211		81 19 33,160			
10629	23 6 18,007	0,0031	75 7 1,56	-0,023	0,000	
	23 06 50,159		75 13 27,180			
10057	21 28 1,326	0,0020	70 20 27,85	0,013	0,000	
	21 28 11,693		70 25 35,400			
16080	13 26 37,109	-0,0112	60 12 12,87	0,035	0,021	
	13 27 19,173		60 05 59,080			
23047	2 10 15,926	0,0366	50 50 5,11	-0,165	0,000	
	2 11 32,093		50 55 40,220			
38592	3 4 54,356	0,0003	40 45 52,46	0,002	0,037	
	3 06 09,293		40 50 30,630			
54058	0 36 38,858	0,0106	30 35 15,79	-0,084	0,031	
	37 39,489		30 41 40,180			
74544	1 8 45,636	0,0027	20 46 9,66	-0,006	0,013	
	1 09 46,893		20 52 21,110			
98709	9 38 29,008	-0,0097	10 7 14,64	-0,041	0,028	
	9 39 30,804		10 02 04,210			
111292	3 34 19,095	-0,0157	0 14 39,54	-0,481	0,058	
	3 35 18,179		18 21,100			
146108	22 26 15,514	0,0138	-0 16 36,08	0,047	0,013	
	22 27 13,419		- 10 50,690			
148059	1 48 59,447	0,0024	-10 34 52,90	-0,036	0,024	
	1 49 56,184		-10 29 16,780			
187756	19 6 47,450	0,0000	-21 6 17,49	-0,035	0,016	
	19 07 53,758		-21 04 38,430			

Americký geodetický družicový program

Úvod

Po objevení umělých družic Země bylo v časovém rozpětí několika málo let získáno velké množství geodetických údajů potřebných k upřesnění tvaru a rozměrů Země i k určení charakteristik zemského gravitačního pole. Tento bouřlivý rozvoj zvláště vyniká ve srovnání s pracnými a dlouho trvajícím pozemními měřeními v dřívějších letech.

Na tomto rozmachu mají zásadní podíl dvě světové kosmické velmoci - Sovětský svaz a USA. Již první sovětské sputniky se do této historie zapsaly tím, že z jejich pohybu uzlu a perigea bylo určováno pólové zploštění. Během času se však stále více ukazovalo, že pro speciální geodetické údaje budou nutné i speciálně konstruované a vybavené družice. Vzhledem k různému posuzování zveřejňovaných informací o těchto tělesech v SSSR a USA jsou v současné době k dispozici převážně informace o družicích amerických. I zde se však bere zvláštní zřetel na družice vojenského charakteru nebo vojenským účelům sloužící.

1. Cíle geodetického družicového programu

Počátky amerických geodetických výzkumů pomocí družic spadají do roku 1958, kdy byl vypuštěn VANGUARD I. Z analýzy jeho dráhy byly určeny hodnoty pólového zploštění a další údaje charakterizující především nepravidelnosti rozložení zemských hmot. Před družicí VANGUARD I a po ní přispělo mnoho družic k současným znalostem o rozměrech a tvaru Země a o zemském gravitačním poli. K určení polárního a rovníkového zploštění bylo využito rozboru drah a údajů družic SPUTNIK 2 a 3, SYNCOM, EARLY BIRD. Názor o hruškovitém tvaru zemského tělesa potvrdil rozbor drah družic VANGUARD II a III. Údaje o gravitačních anomáliích byly získány pomocí družic VANGUARD II a III, EXPLORER IX, TELSTAR I, RELAY I, ANNA 1B, GREB 3 a družic TIROS.

To bylo uskutečněno převážně v počátcích amerického kosmického programu, avšak k realizování celé teorie družicové geodézie a pro potřeby geofyziky bylo třeba speciálních družic. První americkou družicí plnící tyto cíle byla speciální geodetická družice ANNA 1B, vyslaná na dráhu 31. 10. 1962.

Družice ANNA 1B spolu s družicemi SECOR /EGRS/ jsou speciálními družicemi, jejichž projekty v podstatě řídilo a řídí ministerstvo obrany. Po odborné stránce za rozpracování projektů zodpovídalo velení ženíjních vojsk USA.

ANNA 1B nese optický světelný maják, křemenné hodiny, dva retranslátory systému SECOR, vysílače pro měření dopplerovských změn frekvence, povelovou a telemetrickou aparaturu, sluneční a chemické baterie, paměťové a doplňkové výzkumné zařízení. Její pohyb po dráze je odhadován na 5 000 let, hlavní zařízení - světelný maják - přestalo fungovat 8.1. 1963.

Družice typu SECOR /nověji EGRS/ byly původně plánovány do obalu družice typu VANGUARD. Pokus o vypuštění takto upravené družice se však nezdařil. Druhý typ je hranol o rozměrech 40 cm x 30 cm x 20 cm o váze 19 kg. Do poloviny roku 1967 bylo vypuštěno 8 družic tohoto typu :

EGRS 1	-	11.1.1964
EGRS 2	-	9.3.1965
EGRS 3	-	11.3.1965
EGRS 4	-	3.4.1965
EGRS 5	-	10.8.1965
EGRS 6	-	9.6.1966
EGRS 7	-	19.8.1966
EGRS 8	-	5.10.1966

Hlavním zařízením této družice je impulsní retranslátör SECOR. Ten umožňuje určit fázový posun signálů. V intervalech 20 milisekund se provádí zaměření vzdálenosti ke třem pozemním bodům, jejichž souřadnice jsou známy, a dvěma bodům o neznámých souřadnicích.

Po startu ANNA 1B byl geodetický družicový program zahájen na národní základně za odpovědnosti NASA ve spolupráci s ministerstvem obrany a pobřežní a geodetickou službou USA. Program byl rozplánován tak, aby plnil úkoly vědeckého výzkumu, praktické požadavky vojenských i civilních orgánů a úřadů. Nejprve byl částí fyzikálního a astronomického programu, později se osamostatnil. Je příznačné, že vzhledem k vojenskému určení družice SECOR /EGRS/ se s nimi v tomto programu oficiálně nepočítá.

Geodetický družicový program sleduje dva zásadní cíle :

1. vytvoření jednotného světového geodetického systému,
2. definování zemského gravitačního pole.

Při stanovení těchto úkolů se vycházelo ze současného stavu nesourodých a ne-jednotných geodetických základů ve světě. Američané rozdělují pevniny na 14 velkých a 60 malých geodetických bloků /sítí/. Tyto bloky byly vytvořeny v 19. a na začátku 20. století. Definice každého bloku byla do jisté míry libovolná a závislá hlavně na místních změnách gravitačního pole. Pomocí geodetického družicového programu mají být jednotlivé bloky spojeny společným počátkem a jednotným souřadnicovým systémem. V poloze kontrolních /opěrných/ bodů systému má být docíleno přesnosti 35 stop.

Globální analýza zemského gravitačního pole má sloužit nejen geodetickým vědeckým účelům, ale má poskytnout i velmi důležité informace o vnitřní struktuře Země. Zdokonalení definice gravitačního pole má také rozšířit znalosti o rytmickém vertikálním pohybu Země, který má patrně charakter přílivu a odlivu. Vypracování doplňujících atmosférických studií má umožnit oddělení vlivů brzdění těles atmosférou od poruchových vlivů, závislých na charakteristikách rozložení zemských hmot.

Komplexní analýzy gravitačního pole umožňují předpovědi drah družic na relativně dlouhou dobu dopředu, značné zvětšení intervalu mezi výpočty a uměrné zmenšení počtu zpráv /údajů/ o tělese, které musí zpracovat sledovací centrum. Přispívají také k zlepšení předpovědi míst dopadů lidských posádek kosmických lodí i kontejnerů s vědeckou nebo výzvědnou aparaturou.

Ukazují se i možnosti využití tohoto programu v dalších oblastech, např. ke sledování vertikálního a horizontálního pohybu Země v celku na velké vzdálenosti. Zvláště účelné se to ukazuje na územích, sousedících s tektonicky aktivními oblastmi. Je možno také sledovat ledovce a ledovcové splazy. Po doplnění družic přesnými výškoměry by bylo možno provést první rozsáhlá měření povrchu oceánů atd.

2. Stav a plnění programu

NASA započal svůj geodetický družicový program startem družic EXPLORER XXII v říjnu 1964 a EXPLORER XXVII v dubnu 1965. Tyto dvě družice nesly vysílací systém pro sledování dopplerovských změn frekvencí a laserové odrážače. Orbitální parametry byly zvoleny k získání údajů pro výzkumy ionosféry a potřeby geodézie. Rozbor údajů z těchto pokusů prokázal potřebu geodetických družic s širším rozsahem zařízení a vhodným výběrem drah, zvolených speciálně pro geodetické účely.

V listopadu 1965 byl tedy vypuštěn GEOSA /nebo GEOS I či EXPLORER XXIX/. Ačkoli to byla třetí družice v programu, byla to skutečně první družice NASA, plánovaná speciálně pro družicovou geodézii. Je pokračovatelem družice ANNA 1B. Obsahuje 5 geodetických přístrojových systémů /světelné majáky, vybavené xenonovými výbojkami; laserové odrážače; vysílače pro měření dopplerovských změn frekvence; retranslátory systému SECOR pro určování vzdálenosti a retranslátory předávající údaje o vzdálenosti a radiální rychlosti/.

Každý z těchto systémů je použitelný pro velmi přesné geodetické účely. Kombinace těchto systémů na jedné družici má své výhody. Každý systém je charakterizován odlišnými typy chyb. Kombinace těchto chyb zjištěných při pozorování jedné družice a přímé srovnání výsledků umožňuje tyto chyby definovat a zmírnit jejich vliv. Řešení určité geodetické úlohy bude realizováno přesněji, než by tomu bylo při oddělení jednotlivých systémů na různé družice.

GEOS A začal plně fungovat několik týdnů po startu a byl denně pozorován pozemními stanicemi jak stacionárními, tak i mobilními až do 1.12.1966. Po 12 měsících došlo k částečnému selhání systémů palubní aparatury a družice je nyní pozorována pouze laserem a systémem SECOR. Během doby, kdy GEOS A plně fungoval, zaznamenávalo údaje o něm 110 různých pozemních stanic. Např. námořní síť, sledující dopplerovské změny frekvencí, zaznamenala přes 30 000 průchodů.

Čtvrtou družicí vypuštěnou v geodetickém družicovém programu NASA byl PAGEOS I, asi 30m hliníkový balón typu ECHO I. Byl vypuštěn v červnu 1966. Slouží jako Sluncem osvětlený měřický bod na obloze pro simultánní pozorování. Pomocí něho chtějí Američané dosáhnout spojení triangulačních sítí napříč oceánů. To je nezbytné pro tvorbu celosvětového systému a jednotné souřadnicové sítě. PAGEOS I je běžně pozorován asi 40 stanicemi, rozloženými podél celé Země. /Na obr. 1 je schéma systému předávání informací z uvedených geodetických družic nebo o nich do centra programu./

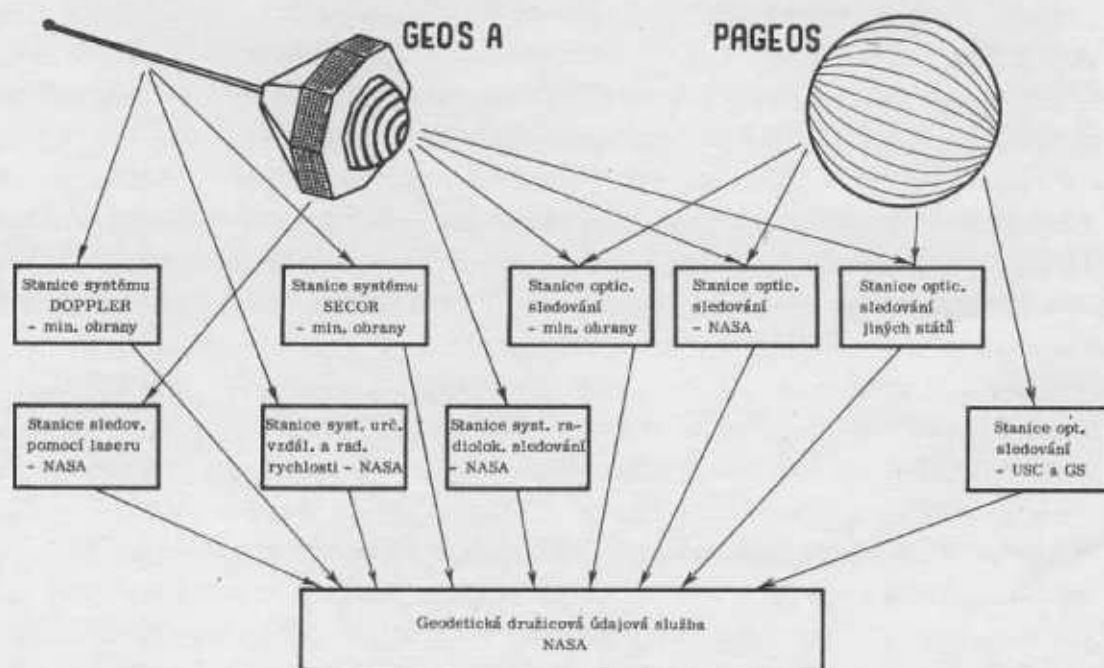
Dosud dosažené výsledky programu je možno shrnout do několika bodů:

- z předpokládaných 75 kontrolních /opěrných/ bodů k vytvoření jednotného světového systému byla stanovena poloha 12;
- v gravimetrických rozborech byly určeny koeficienty, určující geopotenciál do J_8 . To významně zvýšilo znalosti o celkovém tvaru Země a rozložení hmot;
- byla provedena vnitřní porovnání přesných systémů, nesených družicí GEOS A, užívaných NASA a ministerstvem obrany. Příslušné pozorovací stanice pozorovaly družici simultánně v kalibračních metodách odvozených pro každý systém;
- laserové dálkoměrné systémy /Goddardova centra pro kosmické letectví a SAO/ prokázaly vysokou přesnost a schopnost pro využití v geodézii. Jsou nyní ve stadiu počátku běžného fungování a budou využívány pro kalibraci dalších geodetických systémů.

Ukazuje se však potřeba dalších speciálních geodetických družic. Proto byl plánován a 11. ledna 1968 skutečně start družice GEOS B /EXPLORER XXXVI/.

Vysvětlení některých zkratk:

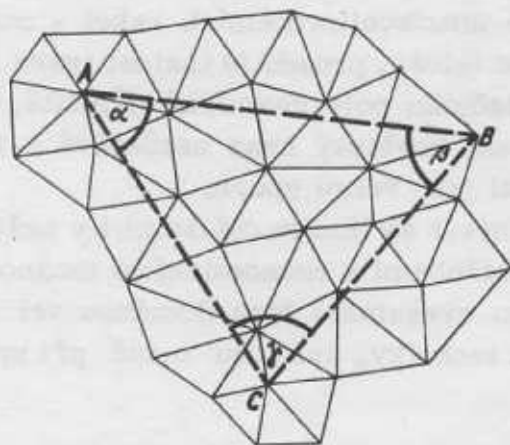
- NASA - National Aeronautics and Space Administration;
/Národní úřad pro letectví a kosmický prostor/.
- USC a GS - United States Coast and Geodetic Survey;
/Pobřežní a geodetická služba USA/.
- SAO - Smithsonian Astrophysical Observatory;
/Smithsonianská astrofyzikální observatoř - Cambridge, stát Massachusetts/.
- ANNA - Army, Navy, NASA, AF;
/Armáda, námořnictvo, národní úřad pro letectví a kosmický prostor, letectvo/; geodetická družice.
- SECOR - Sequential Collation of Range;
/Nepřetržité určování vzdálenosti/; je názvem systému, jehož princip je naznačen ve článku. V počátcích práce tohoto systému tak byly nazývány i použité družice.
- EGRS - Electronic and Geodetic Ranging Satellite;
/Družice pro geodetické měření elektronickou metodou/; družice pro systém SECOR.
- GEOS - Geodetic Earth Orbiting Satellite;
/Geodetická družice Země/ - aktivní.
- PAGEOS - Passive Geodetic Earth Orbiting Satellite;
/Pasivní geodetická družice Země/.
- SYNCOM - Synchronous Communication /satellite system/;
/Synchronizovaný spojovací družicový systém/.
- TIROS - Television Infrared Observation Satellite;
/Družice pro televizní pozorování v infračerveném pásmu/.



Obr. 1

K otázce přesnosti fiktivních trojúhelníků v triangulaci

V poslední době se v Polsku a Maďarsku budují nové trigonometrické sítě způsobem, který se podstatně liší od způsobů dosud běžně užívaných. Zásadní rozdíl spočívá v tom, že se nepostupuje od vyššího řádu sítě k nižšímu, ale právě naopak. Měří se totiž síť trojúhelníků 3. řádu o stranách 7 - 8 km, z níž se vyberou zvolené body tak, aby tvořily pokud možno pravidelnou síť trojúhelníků 1. řádu o stranách 30 - 40 km. Tyto vybrané body tvoří vrcholy, tzv. "fiktivních" trojúhelníků. Úhly v těchto trojúhelnících se vypočtou z vyplňující sítě měřených malých trojúhelníků.



Obr. 1

Hlavním důvodem k tomuto nezvyklému postupu "z malého do velkého" je problémem značné refrakce v rovinatých oblastech. Při měření na velké vzdálenosti se v důsledku zakřivení země záměrný paprsek příliš přiblíží zemskému povrchu a vlivem nestejněměrné teploty a vlhkosti přízemních vzduchových vrstev mění svůj původní směr, nepravidelně se zakřivuje, tj. nastává refrakce. Podle pokusných měření polských autorů může horizontální složka refrakce způsobit chyby v měření vodorovných úhlů až téměř 1". Tyto refrakční jevy pak velmi znehodnocují výsledky měření a pro jejich nepravidelnost a proměnlivost je nelze řádně vyloučit ani sebedůslednějším měřením za nejrůznějších povětrnostních a atmosférických podmínek. Proto především snaha vyhnout se měření na velké vzdálenosti vedla k hledání nových metod, nehledě ani k dalším nesporným výhodám ekonomickým, časovým i organizačním, které tyto metody přinášejí.

U nás nebyla metodě fiktivních trojúhelníků věnována náležitá pozornost, a to snad z toho důvodu, že se bezprostředně nepociťuje její praktická potřeba. Přesto však jde o otázky velmi zajímavé, alespoň z teoretického hlediska a nelze předem vyloučit použitelnost nových principů při některých pracích v našich podmínkách.

Protože teoretické rozbory a výpočetní postupy nebyly pravděpodobně u nás dosud zveřejněny, chci tímto článkem poukázat na zásadní problémy přesnosti fiktivních trojúhelníků, uvést některé vlastní výsledky a odhady a především předložit sporné otázky k objasnění v širší diskusi. I když článek neřeší všechny problémy a

v některých směrech nedává jednoznačnou odpověď na otázky, přece jen číselné výsledky mohou posloužit k všeobecné představě o přesnosti fiktivních trojúhelníků.

Všechny následující úvahy a rozборы jsou konány na zvolených a zidealizovaných modelech trigonometrických sítí. Pro jednoduchost úvah byl zvolen rovnostranný tvar trojúhelníků, délky stran a váhy jednotkové.

1. Přesnost fiktivního trojúhelníka všeobecně

Uvažujme rovnostranný fiktivní trojúhelník ABC o stranách $S = n \cdot s$, který byl určen ze sítě malých vyplňujících trojúhelníků o stranách $s = 1$, jejichž úhly byly určeny se střední chybou m_0 . V síti malých trojúhelníků byla rovněž změřena jedna strana S_0 /základna/, která dá síti rozměr, o ní nadále předpokládáme, že byla změřena bezchybně.

Nejprve vypočtíme střední podélnou odchylku η a střední příčnou odchylku ξ strany S fiktivního trojúhelníka.

Střední podélná odchylka η je obecně dána v délkových jednotkách vztahem

$$\eta = \frac{m_0}{\rho''} \cdot \sqrt{Q_F} \quad (1)$$

kde m_0 je střední chyba v úhlu malého trojúhelníka, Q_F je reciproká váha funkce F , která vyjadřuje závislost strany S na úhlech ω_i malých trojúhelníků.

Střední příčná odchylka ξ v délkových jednotkách je podobně dána vztahem

$$\xi = \frac{m_0}{\rho''} \cdot \sqrt{Q_G} \quad (2)$$

kde Q_G je reciproká váha funkce G , která vyjadřuje vztah mezi příčnou odchylkou a úhly malých trojúhelníků.

Funkce F a G mají podle schématu na obr. 2 a 3 tento tvar :

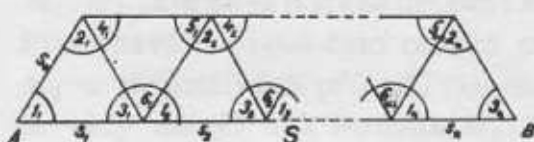
$$F = S = s_1 + s_2 + s_3 + \dots + s_n =$$

$$= s_0 \cdot \left(\frac{\sin 2_1}{\sin 3_1} + \frac{\sin 1_1 \cdot \sin 4_1 \cdot \sin 2_2}{\sin 3_1 \cdot \sin 5_1 \cdot \sin 3_2} + \frac{\sin 1_1 \cdot \sin 4_1 \cdot \sin 1_2 \cdot \sin 4_2 \cdot \sin 2_3}{\sin 3_1 \cdot \sin 5_1 \cdot \sin 3_2 \cdot \sin 5_2 \cdot \sin 3_3} + \dots \right) \quad (3)$$

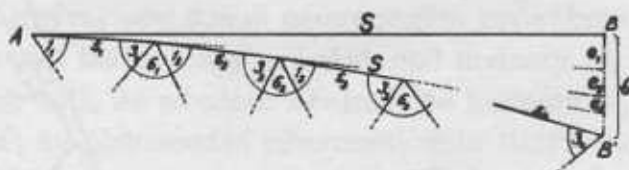
$$G = e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_n =$$

$$= n s \varepsilon_{1_1} + s(n-1) \cdot (\varepsilon_{3_1} + \varepsilon_{5_1} + \varepsilon_{1_2}) + \dots + s(\varepsilon_{3_{n-1}} + \varepsilon_{5_{n-1}} + \varepsilon_{1_n}) \quad (4)$$

Funkce G je v podstatě aplikací zákona hromadění skutečných chyb $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots$, které způsobí zakřivení řetězce a tím vznik příčné odchylky.



Obr. 2



Obr. 3

Není-li fiktivní trojúhelník vyrovnán, pak odchylky η, ξ závisejí jen na zúčastněných úhlech, které jsou navzájem nezávislé, a pro výpočet hodnot Q_F, Q_G možno

užit zákona hromadění středních chyb /součet čtverců parciálních derivací funkcí F, G/.

$$Q_F = [ff] = \left(\frac{\partial F}{\partial \omega_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial \omega_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial F}{\partial \omega_n}\right)^2 \quad (5)$$

$$Q_G = [gg] = \left(\frac{\partial G}{\partial \omega_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial G}{\partial \omega_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial G}{\partial \omega_n}\right)^2$$

Jestliže vyrovnáme síť malých trojúhelníků splněním podmínkových rovnic, stane se podélná i příčná odchylka závislou na úhlech všech trojúhelníků v síti a hodnoty Q_F , Q_G je pak nutno určovat jako reciproké váhy funkcí vyrovnaných veličin řešením váhových rovnic

$$Q_F = [ff] - \frac{[af]^2}{[aa]} - \frac{[bf \cdot 1]^2}{[bb \cdot 1]} - \frac{[cf \cdot 2]^2}{[cc \cdot 2]} - \dots \quad (6)$$

$$Q_G = [gg] - \frac{[ag]^2}{[aa]} - \frac{[bg \cdot 1]^2}{[bb \cdot 1]} - \frac{[cg \cdot 2]^2}{[cc \cdot 2]} - \dots$$

kde jednotlivé hodnoty získáme při postupném řešení normálních rovnic Gaussovým algoritmem.

Po výpočtu střední podélné a příčné odchylky stran S fiktivního trojúhelníka je možno již posoudit přesnost určení stran i úhlů.

Délková přesnost

Délkovou přesnost fiktivního trojúhelníka lze nejlépe vyjádřit relativně poměrem střední podélné odchylky η k jeho straně S :

$$\frac{\eta}{S} = \frac{m_0}{\rho'' \cdot S} \cdot \sqrt{Q_F} \quad (7)$$

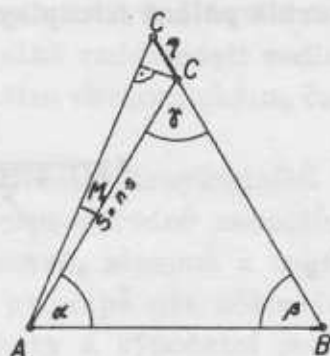
Úhlová přesnost

Je dosti problematické přesně definovat úhlovou přesnost fiktivního trojúhelníka. Uvedu proto raději dvě hlediska a úvahy, podle kterých ji možno posoudit.

a/ Z podélné odchylky:

Uvažujeme rovnostranný fiktivní trojúhelník ABC, který je dán 3 stranami. Každá z těchto stran S je určena se střední podélnou odchylkou η . Skutečnou chybu M_1 v úhlu fiktivního trojúhelníka můžeme vypočítat ze vzorce /obr. 4/ :

$$M_1 = \frac{\eta \cdot \cos 30^\circ \cdot \rho''}{S}$$



Obr. 4

Po dosazení za γ z rovnice (1) je chyba M_1 ve vteřinách

$$M_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot m_0}{2S} \cdot \sqrt{Q_F} \quad (8)$$

b/ Z příčné odchylky:

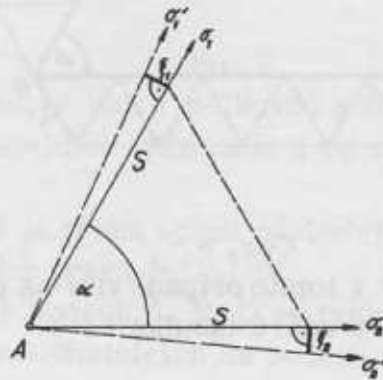
V tomto případě uvažujeme, že úhel α je sevřen směry α_1, α_2 . Každý ze směrů α_1, α_2 je určen se střední příčnou odchylkou ξ . Užijeme-li zákona hromadění středních chyb, pak podle obr. 5 je

$$M_2 = \varrho^r \cdot \sqrt{\frac{\xi_1^2}{S} + \frac{\xi_2^2}{S}} \quad / \xi_1 = \xi_2$$

$$M_2 = \varrho^r \cdot \frac{\xi}{S} \cdot \sqrt{2}$$

Po dosazení za ξ z rovnice (2) je chyba M_2 z příčné odchylky ve vteřinách

$$M_2 = \frac{m_0}{S} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{Q_G} \quad (9)$$



Obr. 5

Je ovšem problematické, zda hodnoty ξ_1, ξ_2 , vypočtené z téhož souboru úhlů jsou opravdu vzájemně nezávislé a zda je tedy na místě použití zákona hromadění středních chyb. V podstatě jde o jednoznačné vyřešení otázky, zda dvě funkce týchž vyrovnaných veličin jsou vzájemně nezávislé či nikoli.

Která z hodnot M_1, M_2 je pro posouzení přesnosti fiktivního trojúhelníka charakterističtější a lépe vystihující, to lze těžko rozhodnout. Osobně se přikláním k řešení z podélné odchylky, tj. případ trojúhelníka daného 3 stranami. Je rovněž možné, že skutečnou přesnost fiktivního trojúhelníka správně nevystihuje ani jedna z hodnot M_1, M_2 , ale že je ji třeba určovat a posuzovat jiným, zde dosud neuvedeným způsobem. Ponechávám proto tuto otázku otevřenou a dál budou vždy uváděny obě hodnoty M_1, M_2 u jednotlivých případů trigonometrických sítí. Je předem zřejmé, že hodnota M_1 je vždy menší než hodnota M_2 . To znamená, že posuzování přesnosti úhlu fiktivního trojúhelníka pomocí podélné odchylky dá vyšší odhad přesnosti než z příčné odchylky.

2. Fiktivní trojúhelník z trojúhelníkových řetězců

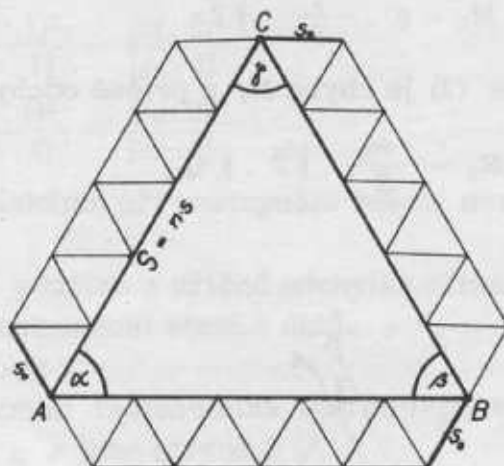
Uvažujme fiktivní trojúhelník o straně $S = n \cdot s$, délky stran $s = 1$, váhy úhlů i stran jednotkové. Podle způsobu spojení jednotlivých řetězců na vrcholech fik-

tívného trojúhelníka můžeme uvažovat 2 základní typy :

- a/ ze 3 izolovaných řetězců /obr. 6/,
- b/ ze souvislého uzavřeného řetězce /obr. 7/

a/ Fiktivní trojúhelník ze 3 izolovaných řetězců

V tomto případě je každá ze stran S fiktivního trojúhelníka ABC určena ze samostatného řetězce trojúhelníků /obr. 6/. Řetězce vyrovnáme splněním trojúhelníkových rovnic tvaru $[\omega] = 180^\circ$. Při rovnostranném tvaru trojúhelníků se však ukazuje, že vyrovnáním se nezmenší střední podélná odchylka. Uvažovat střední příčnou odchylku ξ nemá smysl, protože jde o trojúhelník určený pouze délkově.



Obr. 6

Vyrovnání v řetězcích nemá tedy v tomto případě vliv na přesnost fiktivního trojúhelníka. Číselné výsledky pro různá n udává tabulka I :

Tabulka I

n	3	5	7	9
Relativní délková přesnost	$\frac{m_0}{178.630}$	$\frac{m_0}{138.360}$	$\frac{m_0}{116.940}$	$\frac{m_0}{103.130}$
Úhlová přesnost M_1	m_0	$1,291 m_0$	$1,528 m_0$	$1,732 m_0$

Při použití tabulky I nutno dosadit hodnotu m_0 ve vteřinách.

Např. pro $S = 5s$ a $m_0 = 0,3''$ je :

$$\text{- relat. délková přesnost} = \frac{0,3}{138.360} = \frac{1}{461.200}$$

$$\text{- úhlová přesnost } M_1 = 1,291 \cdot 0,3'' = 0,39''.$$

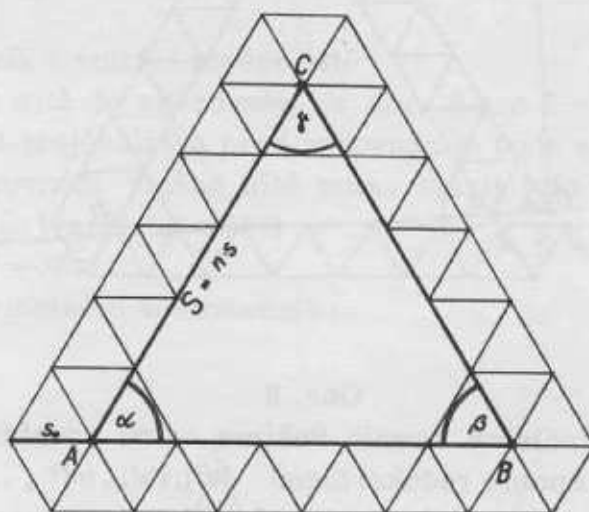
K výpočtu hodnot v tabulce bylo užito vzorců pro Q_F, Q_C :

$$Q_F = [ff] = \frac{ns^2}{9} \cdot (4n^2 - 3n + 5) \quad (10)$$

$$Q_C = [gg] = s^2 \cdot \left(\frac{2n^3 - n^2 + n}{2} \right)$$

b/ Fiktivní trojúhelník ze souvislého uzavřeného řetězce

Uvažujme nyní fiktivní trojúhelník, který je tvořen souvislým řetězcem malých rovnostranných trojúhelníků a který vychází a končí stranou s_0 /obr.7/.



Obr. 7

Podélnou i příčnou odchylku, a tím i délkovou a úhlovou přesnost před provedením vyrovnání, je možno určit stejným způsobem a ze stejných vzorců (10) jako v předchozím případě.

Při vyrovnání této sítě je třeba splnit následující podmínky :

1. trojúhelníkové v obecném tvaru $[\omega] = 180^\circ$,
2. 3 závěrové podmínky na bodech A, B, C ve tvaru $[\omega] = 360^\circ$,
3. 3 stranové rovnice v šestiúhelnících na bodech A, B, C,
4. obvodovou stranovou rovnici, která zaručí, že délka výchozí i koncové strany bude přesně stejná, tj. $s_0 = s_k$.

Splněním obvodové stranové rovnice je sice zaručeno, že výchozí i koncová strana budou co do velikosti stejné, není však zaručeno, že se přesně ztotožní. Bude tedy třeba dalších podmínek.

Zvolme pomocný souřadný systém s počátkem v bodě 0 a osu + X položme do směru strany s_0 . Bod A má tedy v tomto souřadném systému souřadnice $x_A = s_0$, $y_A = 0$, /obr. 8/. Ztotožnění výchozí a koncové strany možno zaručit např. identitou $0 = 0'$; $\sigma_1 = \sigma_2$.

To lze jednoduše provést zavedením podmínek

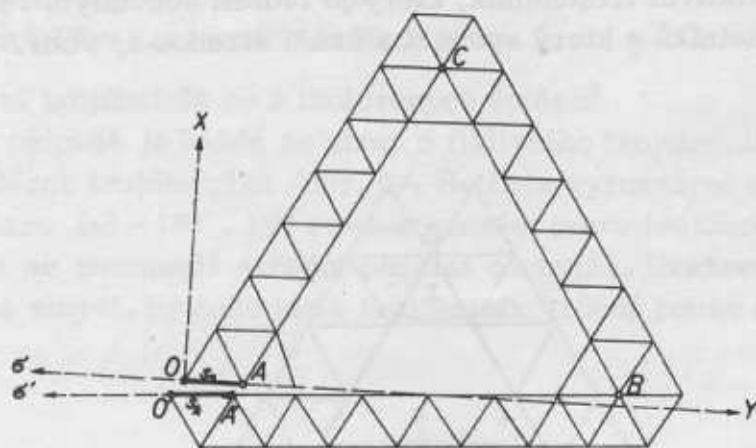
$$5. [\Delta x_{00}'] = 0,$$

$$6. [\Delta y_{00}'] = 0,$$

$$7. \sigma_1 - \sigma_2 = 0.$$

V podstatě jde o uzavřený polygonální pořad, ve kterém jednotlivé strany jsou počteně odvozeny z trojúhelníkového řetězce.

Koeficienty rovnic trojúhelníkových, závěrových a směrové rovnice (7) jsou rovny +1, koeficienty rovnic stranových $\pm \frac{1}{\sqrt{3}}$. Výpočet koeficientů souřadnicových podmínkových rovnic je poněkud pracnější a rozsáhlejší, takže zde není dále uváděn.



Obr. 8

Po sestavení normálních rovnic řešíme celou soustavu postupnou eliminací Gaussovým algoritmem spolu s redukcí členů $[af], [bf], [cf], \dots$ a $[ag], [bg], [cg]$ Tímto postupem získáme všechny potřebné hodnoty pro výpočet váhové rovnice (6), z níž posléze získáme hodnotu reciproké váhy Q_F podélné a Q_G příčné odchylky. Použitím rovnic (1) a (2) možno vypočítat velikost podélné a příčné odchylky v délkových jednotkách. Podle rovnice (7) lze určit relativní délkovou přesnost a z rovnic (8) a (9) pak odhady M_1, M_2 úhlové přesnosti fiktivního trojúhelníka.

Celý výpočet je natolik rozsáhlý a komplikovaný, že výsledek nelze vyjádřit jediným vzorcem, ale je nutno postupovat od případu k případu na zvolených modelech trigonometrické sítě. Pro konkrétní představu uvádím v tabulce II číselné výsledky pro fiktivní trojúhelník o straně $S = 5s$ podle obr. 7.

Tabulka II

Hodnota	Před vyrovnáním	Po vyrovnání
η	$\frac{m_{11}}{\rho''} 7,072$	$\frac{m_{11}}{\rho''} 5,552$
ξ	$\frac{m_{11}}{\rho''} 10,742$	$\frac{m_{11}}{\rho''} 6,254$
relat.délk. přesnost	$\frac{m_0}{138.360}$	$\frac{m_0}{185.760}$
M_1	$1,291 m_0$	$0,961 m_0$
M_2	$3,033 m_0$	$1,769 m_0$

Jak je vidět z uvedené tabulky, vyrovnáním se zmenšila podélná i příčná odchylka; relativní délková přesnost se zvýšila zhruba o třetinu. K výraznému zmenšení podélné odchylky přispěly především stranové a souřadnicové podmínkové rovnice, neuplatnily se trojúhelníkové, závěrové a směrové rovnice. Úhlová přesnost fiktivního trojúhelníka určená z podélné odchylky je dokonce $0,961 m_0$, tj. že při tom způsobu posuzování je fiktivní trojúhelník úhlově přesnější než malé vyplňující trojúhelníky, z nichž byl početně určen.

3. Fiktivní trojúhelník z plošné sítě

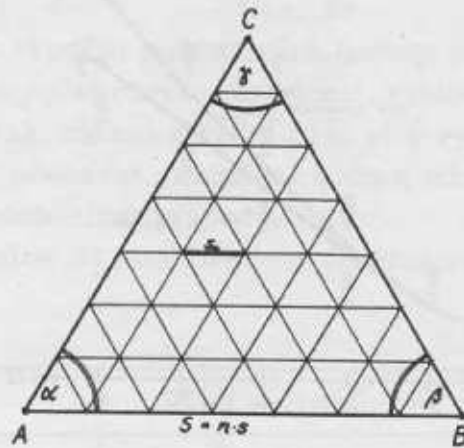
Uvažujme plošnou síť rovnostranných trojúhelníků, z nichž je utvořen velký fiktivní trojúhelník. Podle rozsahu této plošné sítě vzhledem k fiktivnímu trojúhelníku můžeme opět uvažovat dva základní případy :

- a/ fiktivní trojúhelník je tvořen pouze vnitřní sítí, která ho vyplňuje,
- b/ v druhém případě zahrneme do výpočtu fiktivního trojúhelníka i část vnější sítě.

a/ Fiktivní trojúhelník z vnitřní plošné sítě

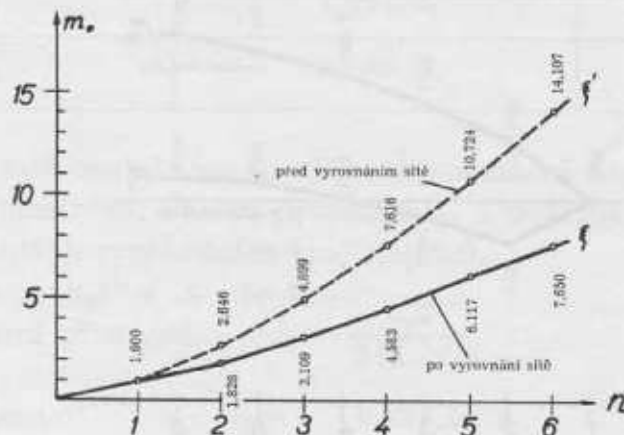
Příklad tohoto typu sítě je znázorněn na obr. 9 pro $S = 7s$. Délková i úhlová přesnost tohoto fiktivního trojúhelníka před vyrovnáním bude stejná jako v předchozích případech. Pro vyrovnání plošné sítě nutno splnit tyto podmínkové rovnice :

- trojúhelníkové v obecném tvaru $[\omega] = 180^\circ$;
- závěrové ve tvaru $[\omega] = 360^\circ$,
- stranové v každém pravidelném šestiúhelníku.



Obr. 9

PŘÍČNÁ ODCHYLKA

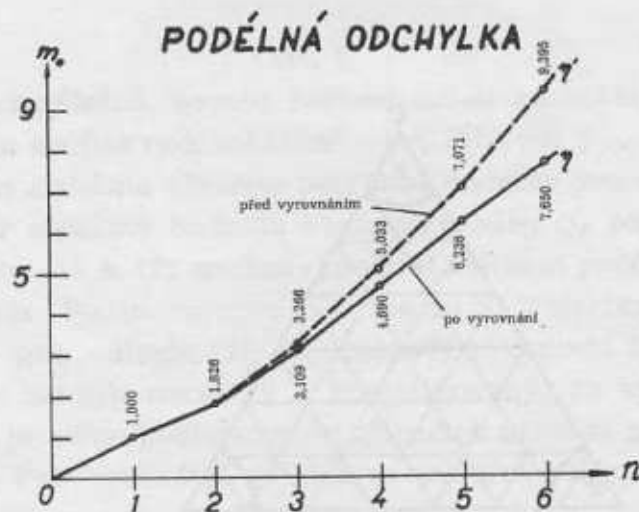


Obr. 10

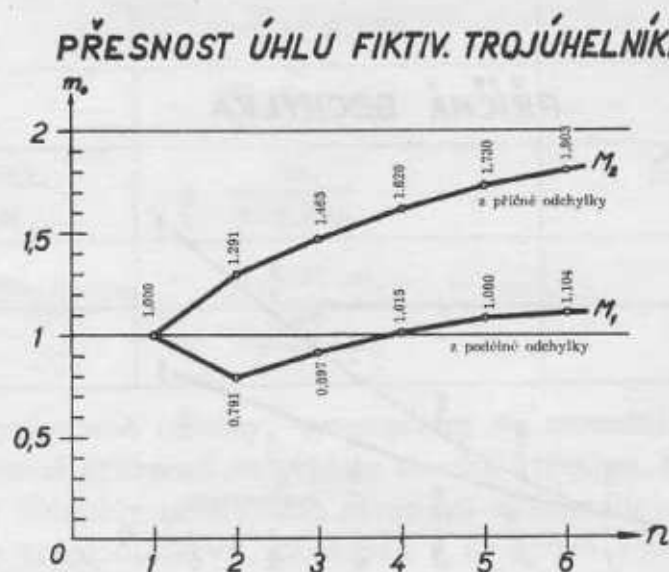
Po sestavení normálních rovnic řešíme je opět Gaussovým algoritmem spolu s redukcí členů pro výpočet váhy funkcí F, G . Řešením váhové rovnice (6) vypočteme reciprokou váhu vyrovnaných funkcí F, G ; ze získaných hodnot Q_F, Q_G pak opět střední odchylky η, ξ a z nich pak relativní délkovou přesnost a odhady úhlové přesnosti M_1, M_2 .

Tímto postupem byly také vypočteny číselné hodnoty odchylek pro různě velké fiktivní trojúhelníky o stranách $S = n \cdot s$ pro různá n . Grafy na obr. 10 až 12 ukazují růst odchylek a chyb v závislosti na velikosti fiktivního trojúhelníka /tj. na $n/$ v násobcích jednotkové střední chyby m_0 .

Z obr. 12 je patrné, že právě pro $n < 4$ je $M_1 < 1$, což při tomto způsobu posuzování a hodnocení znamená, že fiktivní trojúhelník je v těchto případech přesnější než malé trojúhelníky. Dále je jasně vidět, že hodnota M_2 je vždy výrazně větší než M_1 .



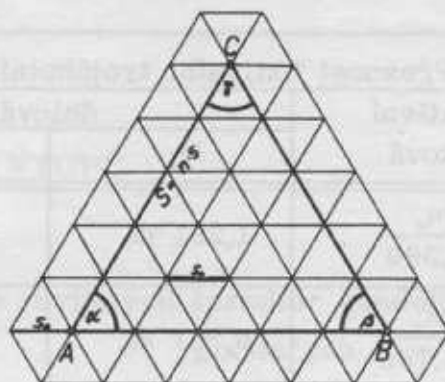
Obr. 11



Obr. 12

b/ Fiktivní trojúhelník s částí vnější sítě

V tomto případě zahrneme do vyrovnání sítě i všechny bezprostředně sousední trojúhelníky z vnější části sítě /obr. 13/



Obr. 13

Způsob řešení a výpočtu jednotlivých hodnot je zcela stejný jako v předchozím případě, zvětšil se však počet rovnic závislosti. Fiktivní trojúhelník je tvořen ve středu sítě trojúhelníků. Jak známo střední část sítě vykazuje větší tuhost než okrajové části sítě a dá se tedy očekávat zmenšení hodnot odchylek a tím zpřesnění fiktivního trojúhelníka oproti předchozímu případu.

V následující tabulce III jsou uvedeny číselné výsledky pro zvolený případ $S = 5s$

Tabulka III

Hodnota	Před vyrovnáním	Po vyrovnání
η	$\frac{m_0}{\rho''} \cdot 7,072$	$\frac{m_0}{\rho''} \cdot 5,552$
ξ	$\frac{m_0}{\rho''} \cdot 10,724$	$\frac{m_0}{\rho''} \cdot 6,254$
relat. délk. přesnost	$\frac{m_0}{138.360}$	$\frac{m_0}{285.070}$
M_1	$1,291 m_0$	$0,627 m_0$
M_2	$3,033 m_0$	$1,062 m_0$

Vyrovnáním sítě nastalo velmi výrazné zmenšení odchylek a tím značné zpřesnění fiktivního trojúhelníka. Úhlová přesnost M_1 z podélné odchylky je dokonce o třetinu vyšší než u malých vyplňujících trojúhelníků.

Např. pro $m_0 = 0,3''$ a $S = 5s$ je :

$$\text{- relat. délková přesnost} = \frac{0,3}{285.070} = \frac{1}{950.230},$$

$$\text{- úhlová přesnost} \quad M_1 = 0,627 \cdot 0,3'' = 0,19''$$

$$M_2 = 1,062 \cdot 0,3'' = 0,32''.$$

4. Zhodnocení výsledků a závěr

Pro přehlednost uvedu ještě jednou souhrnně výsledky jednotlivých případů pro fiktivní trojúhelník o straně $S = 5s$ v následující tabulce :

Tabulka IV

Druh sítě	Přesnost fiktivního trojúhelníka		
	relativní délková	úhlová	
		M_1	M_2
Izolované řetězce	$\frac{m_0}{138.360}$	1,291 m_0	-
Souvislý uzavře- ný řetězec	$\frac{m_0}{185.760}$	0,961 m_0	1,769 m_0
Plošná vnitřní sítě	$\frac{m_0}{165.410}$	1,080 m_0	1,713 m_0
Plošná s částí vnější sítě	$\frac{m_0}{285.070}$	0,627 m_0	1,062 m_0

Považujeme-li za charakterističtější odhad přesnosti fiktivního trojúhelníka hodnotu M_1 , tj. z délkové odchylky, pak možno sestavit toto pořadí co do přesnosti:

1. Plošná síť s částí vnější sítě.
2. Uzavřený souvislý trojúhelníkový řetězec.
3. Plošná vnitřní síť.
4. Izolované řetězce trojúhelníků.

U prvních dvou druhů sítí by byl fiktivní trojúhelník úhlově přesnější než malé vyplňující trojúhelníky. Je vcelku překvapující, že fiktivní trojúhelník ze souvislého uzavřeného řetězce je délkově, a tím i úhlově přesnější než při výpočtu z vnitřní plošné sítě. K velmi podstatnému zmenšení podélné odchylky zde přispělo především splnění souřadnicových podmínkových rovnic; příčná odchylka však zůstává větší než u plošné sítě.

Všechny tyto číselné výsledky jsou čistě teoretické a byly získány výpočtem z nejideálnějších druhů trigonometrických sítí. Je zřejmé, že tyto ideální podmínky by v praxi zdaleka nebyly splněny a že skutečná praktická přesnost by byla mnohem menší. Přesto se však jasně ukazuje, že postup "z malého do velkého" je v určitých případech plně oprávněn a nelze ho jednoznačně zavrhnout. Je tomu tak proto, že v některých těchto případech vliv vyrovnání sítě je relativně výraznější než působení zákona hromadění středních chyb, alespoň z čistě teoretického hlediska.

Pokud jde o otázku praktické použitelnosti metody fiktivních trojúhelníků v našich podmínkách, těžko lze dát předem jednoznačnou odpověď. K tomu je nutno znát alespoň odhady působení refrakce při měření na větší vzdálenosti a tyto výsledky pravděpodobně zatím nejsou k dispozici. Přesto však refrakce zde jistě působí a se zvětšováním vzdálenosti záměrných bodů její nepříznivý vliv narůstá, i když asi ne tak prudce jako v maďarských a polských rovinách. Uvážíme-li však uvedené odhady přesnosti fiktivních trojúhelníků a přihlédneme-li dále k nesporným výhodám ekonomickým, pak tyto otázky jistě stojí za úvahu.

Tento článok nepostihuje ani nevysvetľuje celou problematiku fiktívnych trojuholníkov a snad nedáva ani na najzásadnejšie otázky postačujúcu odpoveď. Jeho smyslom bolo predovšetkým informovať o niektorých veľmi zaujímavých problémoch a výsledkoch a zároveň dať impulz k ich dôkladnejšiemu zskúmaniu.

Došlo dne 28.7.1966.

Kpt. Ing Martin Pišár, VTOPÚ

Výpočet a vyrovnanie rovinných súradníc geodetických sietí na samočinných počítačoch

1. Úvod

Pre mapovacie práce, technické projektovanie, vedecko-výskumné účely a pre niektoré úkoly topografického zabezpečenia bojovej činnosti vojsk, sú základom body geodetických sietí, u ktorých boli určené súradnice vo vhodnej súradnicovej sústave. V súčasnej dobe sú už vo väčšine štátov vybudované geodetické siete rôznej hustoty. Preto v geodetickej praxi sa najčastejšie riešia úlohy ich zhustenia, prípadne budovanie menších samostatných sietí. Voľba a použitie metód pre určenie nových bodov sú závislé na :

- požiadavkách presnosti výsledných súradníc;
- rozvoji a úrovni používanej meračskej prístrojovej techniky;
- konkrétnej situácii, to zn. hustoty, rozložení bodov daných a určovaných.

Výpočtové práce /vyrovnanie/ majú byť také, aby zabezpečili využitie presnosti meraných veličín. Toto hľadisko bolo spravidla dôsledne uplatňované v minulosti. Dôkazom sú exaktné vzorce, ktoré pre rôzne úlohy určenia bodov pri zhutnení geodetických sietí majú osobitný tvar. Tiež úpravy týchto vzorcov a spôsoby vyrovnania aplikované v bežnej praxi, často ovplyvnené hľadiskom hospodárnosti a výpočtovou prístrojovou technikou. Stále širšie zavádzanie samočinných počítačov dáva reálne predpoklady, aby väčšina geodetických výpočtových prác bola uskutočňovaná pomocou tejto modernej výpočtovej techniky.

2. Voľba metódy súradnicového vyrovnania na samoč. počítač

Pre riešenie súradnicových výpočtov na samočinnom počítači /tiež aj iných geodetických úloh/ má prevažovať hľadisko určitej univerzálnosti programov, umožňujúce maximálnu automatizáciu výpočtových prác. O niektorých problémoch súvisiacich s využitím samočinných počítačov pre geodetické výpočty je pojednané v publikácii [1]. Ukázalo sa, že je treba metódy doterajšieho riešenia geodetických úloh preveriť a prispôbiť novej výpočtovej technike.

Najnáročnejším úsekom práce pri použití samočinných počítačov pre riešenie súradnicových geodetických úloh je voľba vhodného numerického postupu a zostavenie programu výpočtu. Tieto dlhšie časti programovania súčasove značne náročné a vyžadujú podľa zložitosti úlohy od jedného až dvoch dní, do niekoľkých týždňov /až mesiacov/. Množstvo vstupných údajov pre konkrétny prípad súradnicovej úlohy riešenej na samočinnom počítači MNS /metódou najmenších štvorcov/, alebo inou metódou približného vyrovnania, je prakticky rovnaké. Počet nutných operácií hoci by sa

odlišoval aj o niekoľko tisíc, predstavuje časové straty v sekundách /napr. samočinný počítač MINSK 22 má 5000 - 6000 operácií za sekundu/. Preto je možné vo formulácii univerzálneho programu pre súradnicové výpočty v geodetických sieťach vychádzať z dôsledného uplatnenia MNŠ, ktorá zabezpečí spracovanie meraných veličín pre najnáročnejšie požiadavky.

Algoritmus vyrovnania MNŠ môže byť volený podľa sprostredkujúcich /vyrovnanie súradnicové - nepriame/, alebo podľa podmienkových /vyrovnanie smerové, dĺžkové - priame/. Vyrovnané číselné výsledky musia byť vždy rovnaké.

Pokiaľ sa použije metóda vyrovnania podľa pozorovaní podmienkových, je dosť ťažké stanoviť vopred pre rôzne prípady zhustenia geodetických sietí, ktoré druhy podmienkových rovníc sa budú zostavovať. Príklady typov podmienkových rovníc uvádza u siete trigonometrickej RYŠAVÝ [4], BÖHM [6], pre siete v ktorých boli merané vzdialenosti, alebo smery /úhly/ a vzdialenosti VYKUTIL [3], DELONG [8]. V praxi doporučuje RYŠAVÝ [4] str. 145, vo formulácii podmienkových rovníc vychádzať z náčrtu siete. Týmto sa podstatne znížia výhody predpokládanej automatizácie, pretože zostaví program na samočinný počítač, ktorý by stavbu podmienkových rovníc riešil automaticky pre rôzne prípady zhustenia geodetickej siete a rôzny počet nadbytočných meraní, sa javí dosť komplikované.

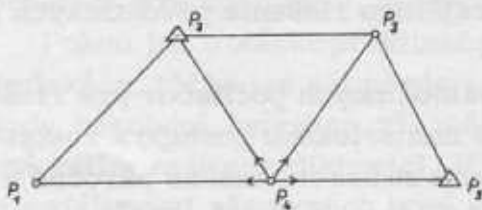
Pri vyrovnaní súradnicových úloh podľa pozorovaní sprostredkujúcich, je formulácia výpočtu jednoduchšia, pretože platí jednoznačná zásada : pre každú meranú veličinu /smer, úhol, vzdialenosť/ sa zostavuje rovnica opráv.

Hoci rozsah výpočtov pre niektoré úlohy zhustenia geodetických sietí je vo vyrovnaní podľa sprostredkujúcich väčší, ako u vyrovnaní podmienkových, javí sa tento spôsob výhodnejší, pretože umožní vo väčšej miere automatizáciu výpočtových prác. Takéto stanovisko o voľbe spôsobu vyrovnania je uvedené na str. 22 v publikácii [3].

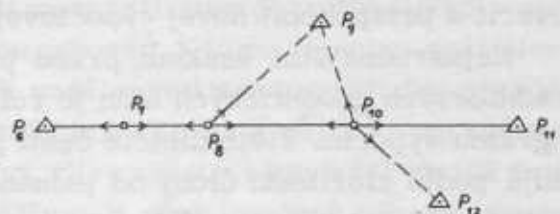
Cieľom článku je poukázať na aplikáciu vyrovnania súradníc X, Y geodetických bodov podľa sprostredkujúcich, použitú v programe, ktorý bol spracovaný na VAAZ v rámci diplomovej práce na samočinný počítač MINSK 22.

3. Základné vzorce sprostredkujúceho vyrovnania použité v zostavenom programe a priebeh výpočtu

Obecný postup vyrovnania je v zostavenom programe analogický algoritmu odvodeného v učebniciach geodézie. Niektoré zvláštnosti vyplývajúce z rozsahu možného komplexu súčasne vyrovnávaných súradníc bodov a možnosti využitia programu pre všetky úlohy súradnicového určenia, sú uvedené v nasledujúcich odsekoch, ktorých sled je zhodný s hlavnými etapami sprostredkujúceho vyrovnania.



Obr. 1



Obr. 2

Ako príklad na riešenie komplexu zhustenia geodetickej siete zvolíme nasledujúce úlohy:

- vypočítať vyrovnané súradnice X, Y trojuhelníkového reťazca obr. 1;
- jednostranne orientovaného polygónu obr. 2, ktorého koncový bod je určený pretínaním nazad a z jedného vrcholu je meraný smer na ďalší daný bod.

Určujúce prvky v týchto úlohách sú zrejmé z uvedených náčrtov, v ktorých znamená :

- \triangle daný bod; ————— meraná vzdialenosť;
- \circ určovaný bod; \rightarrow --- --- meraný smer.

Označme :

$P_1, P_2 \dots P_i \dots P_n$ skutočné čísla bodov, tak aby rovnaké označenie u netotožných bodov bolo vylúčené;

X_i, Y_i súradnice daných bodov;

\bar{X}_i, \bar{Y}_i vyrovnané súradnice určovaných bodov a vektor tvorený týmito súradnicami g_i ;

X_i^0, Y_i^0 približné súradnice určovaných bodov, vektor z nich vytvorený g_i^0 ;

dX_i, dY_i zmeny /prírastky/ približných súradnic počítané z vyrovnania, vektor z nich vytvorený dg_i .

Z označenia platia vzťahy :

$$\bar{X}_i = X_i^0 + dX_i; \quad \bar{Y}_i = Y_i^0 + dY_i; \quad (1)$$

$$g_i = g_i^0 + dg_i.$$

Uskutočnenie vyrovnania v zvolených úlohách obr. 1, obr. 2 na kalkulačných strojoch by predstavovalo riešenie pomerne komplikovaného, v algoritme sa odlišujúceho náročného výpočtu. Výpočtový program pre samočinný počítač vychádzajúci zo sprostredkujúceho vyrovnania, aplikovaný na vyrovnanie obecnej konfigurácie geodetickej siete /nie dielčích súradnicových úloh/, umožní uplatniť jednotný algoritmus pre uvedené úlohy, alebo ľubovoľné iné, prípadne ich súčasný výpočet.

3.1 Výpočet približných súradnic zhusťovaných bodov

Číselné hodnoty približných súradnic g_i^0 sa doposiaľ spravidla získavali tak, že po zhodnotení určujúcich prvkov nového bodu sa zvolil najvhodnejší typ exaktného súradnicového riešenia /pretínanie napred, nazad, rajón apod./. Cieľom bolo určiť približné súradnice tak presne, aby sa vo výsledku sprostredkujúcej funkcie vzhľadom na požadovanú presnosť uplatnili len prírastky z prvých derivácií Taylorovho rozvoja a výpočet vyrovnaných prírastkov približných súradnic dg_i sa uskutočnil riešením normálnych rovníc len v jednej etape. Tento postup bol okrem iného, do značnej miery vynútený používanou výpočtovou technikou /kalkulačnými počítačmi strojmi/.

Použitie samočinných počítačov umožňuje /vzhľadom na veľkú operačnú rýchlosť/, aby sa výpočet dg_i uskutočnil v iteračných cykloch toľkokrát, až dg_i po u -tej iterácii sa bude blížiť k nule. Potom je možné písať:

$$dg_i = dg_{i,1} + dg_{i,2} + \dots + dg_{i,u} = \sum_{u=1}^n dg_{i,u} \quad (2)$$

$$dg_{i,u} = 0 \quad (3)$$

$\lim_{u \rightarrow \infty}$

Z hľadiska praxe je možné výpočet ukončiť skôr, ako je vyjadrený vzťahom (3) teda v riešení, keď súradnicové zložky $dg_{i,u}$ neovlivnia hodnoty vyrovnaných súradníc. Toto nastane po určitom vopred nastanovenom počte iterácií, závislom od blízkosti približných súradníc, od ich vyrovnaných hodnôt.

Uplatnenie iteračného výpočtu v zostavenom programe na vyčíslenie dg_i umožňuje, aby číselné hodnoty približných súradníc boli získané z vhodnej mapy alebo náčrtu siete. Tieto spolu so súradnicami daných bodov sa zadávajú do riešeného vyrovnania a tvoria "zoznam súradníc" ktorého štruktúra je uvedená v tab.1. Približné súradnice sú odlišné pripojením záporného znamienka k číslu bodu.

Tabulka 1

$P_i (-P_i)$	skutočné číslo bodu
$X_i (X_i^0)$	súradnica x-ová
$Y_i (Y_i^0)$	súradnica y-ová

3.2 Rovnice opráv meraných vzdialeností a smerov

V minulosti boli základnými meranými veličinami pri budovaní geodetických sietí smery /uhly/. Zavedenie elektronických diaľkomerov do geodetickej praxe umožňuje hospodárne a dostatočne presné meranie i veľkých vzdialeností. Preto v zostavenom programe sa prihliadalo k možnosti, aby merané veličiny v súčasne riešenom vyrovnání boli:

- smery /v centisimálnej i sexagesimálnej miere/;
- vzdialenosti;
- smery i vzdialenosti.

Postup odvodenia a tvar rovníc opráv meraných vzdialeností je uvedený napríklad v publikácii VYKUTIL [3], DELONG [8], pre merané smery a vzdialenosti v učebnici RYŠAVÝ [5] II. diel. V geodetickej praxi je meraná veličina /smer, vzdialenosť/ medzi dvoma bodmi, ktore môžu byť:

- dané;
- určované;
- jeden daný a jeden určovaný.

Tvar rovníc opráv, ktorý vyjadruje možnú aplikáciu v uvedených prípadoch výskytu meranej veličiny, je formulovanie rovníc opráv pre spojnicu dvoch určovaných bodov P_i, P_j . Pre meranú vzdialenosť je takýto tvar rovnice opráv vyjadrený vzťahom (4) pre meraný smer vzťahom (5)

$$v_{s_{ij}} = -\cos\sigma_{ij}^0 dX_i - \sin\sigma_{ij}^0 dY_i + \cos\sigma_{ij}^0 dX_j + \sin\sigma_{ij}^0 dY_j + S_{ij}^0 - s_{ij} \quad (4)$$

$$v_{a_{ij}} = dO_i + \rho \frac{\sin\sigma_{ij}^0}{S_{ij}^0} dX_i - \rho \frac{\cos\sigma_{ij}^0}{S_{ij}^0} dY_i - \rho \frac{\sin\sigma_{ij}^0}{S_{ij}^0} dX_j + \quad (5)$$

$$+ \rho \frac{\cos\sigma_{ij}^0}{S_{ij}^0} dY_j + \sigma_{ij}^0 - \alpha_{ij} + O_i$$

V rovnici (4) a (5) znamená :

σ_{ij}^0 smerník spojnice bodov P_i, P_j ;

S_{ij}^0 vzdialenosť medzi bodmi P_i, P_j ;

O_i^0 orientačný posun meranej osnove smerov na bode P_i ;

ρ konštanta pre úpravu rozmeru v rovnici opráv meraných smerov;

$dX_i, dY_i, dX_j, dY_j, dO_i$; neznáme prírastky približných súradníc a orientačného posunu

riešené z vyrovnania;

α_{ij} , s_{ij} meraný smer, vzdialenosť z bodu P_i na P_j .

Označenie "0" je zvolené pre hodnoty, ktoré v priebehu výpočtu sú vyčísľované zo zadaných vstupných hodnôt súradníc. Keď bod P_i , alebo P_j je bodom určovaným, tak číselné hodnoty týchto veličín sú v iteračných cykloch vyrovnania spresňované. Označme v k -tej rovnici opráv $k = 1, 2, \dots, N$, kde N je počet meraných veličín/:

a'_k vektor koeficientov;

dg_k vektor neznámých;

l_k absolútny člen.

Potom môžeme zapísať rovnicu opráv tvarom :

$$v_k = a'_k dg_k + l_k; \quad (6)$$

a sústavu rovníc opráv maticove :

$$v = Adg + l. \quad (7)$$

Rozmer matice A je N/M , kde M je počet neznámých a N počet sprostredkujúcich veličín. Maximálny možný rozsah súčasne riešeného komplexu vyrovnania bolo pre zostavený program zvolené :

- počet neznámých $M_{max.} = 57$;

- počet meraných veličín $N_{max.} = 150$.

Z uvedeného vyplýva, že matica A môže nadobudnúť $57 \times 150 = 8550$ prvkov. Operačná pamäť samočinného počítača MINSK 22 má len 8192 buniek. Riešenie tohoto problému umožnila skutočnosť, ktorá vyplýva z rovníc opráv. Nenulové členy v matici A , sú v k -tom riadku len v stĺpcoch zodpovedajúcich neznámym veličinám na bodoch P_i, P_j .

V zostavenom programe sú rovnice opráv (4) a (5) aplikované tak, že obecne na každom bode vyrovnávaného komplexu je predpokladaný možný výskyt troch neznámých: dX_i, dY_i, dO_i /teda v riadku matice A je maximálne 5 nenulových koeficientov/. Keď niektorá z uvedených neznámých sa na i -tom bode v k -tej rovnici opráv nevyskytuje, sú príslušné koeficienty nulové.

Podstata zvoleného postupu pre vyčíslenie koeficientov rovníc opráv je nasledujúca:

- pre k -tu meranú veličinu zo zoznamu meraných smerov a vzdialeností, ktorého štruktúra je uvedená v tab. 2, sú vyhľadane v zozname súradníc odpovedajúce body, medzi ktorými je meraná veličina;
- testovaním zvoleného označenia /znamienuk/, sa rozhodne o druhu meranej veličiny a príslušných neznámých;
- koeficienty rovníc opráv, vyčíslené s podmienkou existencie neznámých na bodoch P_i, P_j sú uchované spolu s indexom súradnicového prírastku, ku ktorému z vyrovnávaného komplexu patria.

Týmto postupom sa docielilo, že poradie meraných veličín zadávané do vyrovnania je ľubovoľné, ale že je tiež umožnené zanedbanie nulových prvkov v matici A .

Tabulka 2

$P_i (-P_i)$	číslo bodu, z ktorého je meraná veličina
P_j	číslo bodu, na ktorý je meraná veličina
$s_{ij} (a_{ij})$	hodnota meranej veličiny

3.3 Váhy meraných veličín

Z rovníc opráv (4), (5) vyplýva, že ich rozmery sú rôznorodé /dĺžková a uhlová miera/. Pri výskyte obidvoch vo vyrovnávanej sieti ide o vyrovnanie rôznorodých veličín. Na str. 22 publikácii [3] je poukázané, že výsledok vyrovnanja závisí v značnej miere na tom, ako boli zvolené /alebo vypočítané/ váhy meraných veličín.

Podľa zásad pre voľbu váh uvedených v učebnici [2] platí pre k -tú meranú veličinu :

$$p_k m_k^2 = C \quad (8)$$

kde p_k je váha meranej veličiny, m_k jej stredná chyba získaná z opakovaných meraní, C vhodná konštanta. Pretože počet opakovaných meraní býva v praxi menší, ako je uvedené v kap. 2.2.6 citovanej publikácie, je spravidla za m_k dosadzovaná stredná chyba metódy merania \bar{m}_k .

Pre riešenie vyrovnanja treba vyjsť z predpokladu, že metóda merania vzdialeností je vo vyrovnanom komplexe rovnaká a teda stredná chyba meraných dĺžok môže byť pokladaná za konštantu. Obdobné to bude aj u meraných smerov.

Označme :

\bar{m}_s strednú chybu meraných vzdialeností;

\bar{m}_α strednú chybu meraných smerov.

Zvoľme pre váhy meraných smerov $p_\alpha = 1$ (potom $C = \bar{m}_\alpha^2$) a pre váhy meraných vzdialeností p_s dostaneme :

$$p_s = \frac{\bar{m}_\alpha^2}{\bar{m}_s^2} \quad (9)$$

Rovnaký postup pre voľbu váh do vyrovnanja rôznorodých veličín je zvolený v publikácii [7] str. 52.

Váhové koeficienty vyčíslené u zostaveného programu podľa uvedených vzťahov, tvoria k sústave rovníc opráv (7) maticu P , ktorá má rozmer N/N a nenulové prvky len v diagonále.

3.4 Normálne rovnice a výpočet vyrovnaných súradnic bodov

Podmienku $MNS [pvv] =$ minimálna, aplikovanú na sústavu rovníc (7) s váhovou maticou P vyjadruje zápis :

$$v^T P v = \text{minimálna.} \quad (10)$$

Vzťah (10) vedie k odvodeniu normálnych rovníc, ktorých zápis je vyjadrený tvarom (11) a riešenie neznámych rovnicou (12).

$$A^T P A dg + A^T P l = 0 \quad (11)$$

$$dg = (A^T P A)^{-1} (-A^T P l) \quad (12)$$

Ako bolo uvedené v odstavci 3.1 výpočet neznámych bude nutné v u -iteráciách opakovať. Nevyhnutnosť iterácie vyplýva jednak z nedodržania predpokladu pre linearizovanie sprostredkujúcich funkcií /tzn. nezanedbateľnej veľkosti členov vyšších radov Taylorovho rozvoja/ a jednak z nedostatočného počtu platných čísiel v koeficientoch rovníc opráv /sú funkciou súradnic bodov daných a vyrovnávaných, pozri rovnice (4) a (5) /, pri príliš hrubom odsunutí približných súradnic. Druhý dôvod iteračného výpočtu môže byť nahradený zväčšeným počtom iterácií z normálnych rovníc, v ktorých sú menené len absolútne členy vlivom zmien v hodnotách neznámych vyriešených v predchádzajúcej iterácii. Tento postup, hoci je vhodný pre sa-

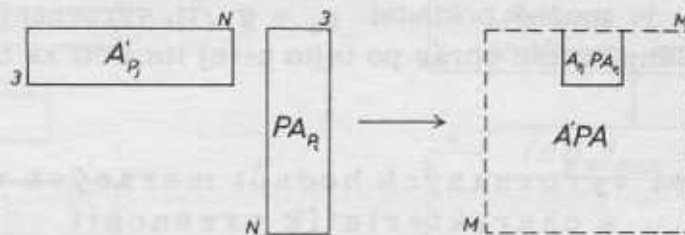
močinný počítač, nebol sledovaný u zostaveného programu. Iteračný cyklus je opakovaný už od vyčíslenia koeficientov rovníc opráv, aby prípadná chyba ich vyčíslenia a následujúcich výpočtov /ktorú absolutne nie je možné vylúčiť ani pri samočinnom počítači/ bola v ďalších iteráciách opravená a tak zabezpečená určitá samokontrola výpočtu, zároveň tiež urýchlenná konvergencia riešených neznámych. Potom rovnice (7) a (11) pre u-tu iteráciu majú tvar:

$$v_u = A_{u-1} dg_u + l_{u-1} \quad A'_{u-1} PA_{u-1} dg_u + A'_{u-1} Pl_{u-1} = 0 \quad (13)$$

Po každej iterácii sú neznáme spresňované podľa vzťahu :

$$g^{\circ}_u = g^{\circ}_{u-1} + dg_u \quad (14)$$

Zvolený možný rozsah súčasne vyrovnávaného komplexu zhustenia geodetickej siete s ľubovoľnou konfiguráciou pomocou zostaveného programu a obecný predpoklad možného výskytu troch neznámych na každom bode, vyžadoval vhodnú úpravu algoritmu pre vyčíslenie koeficientov normálnych rovníc. Pre každý bod zo zoznamu súradníc sa postupne vytvárajú submatice PA_{P_i} a transponované matice A'_{P_j} , typu 3/N obr. 3.



Obr. 3

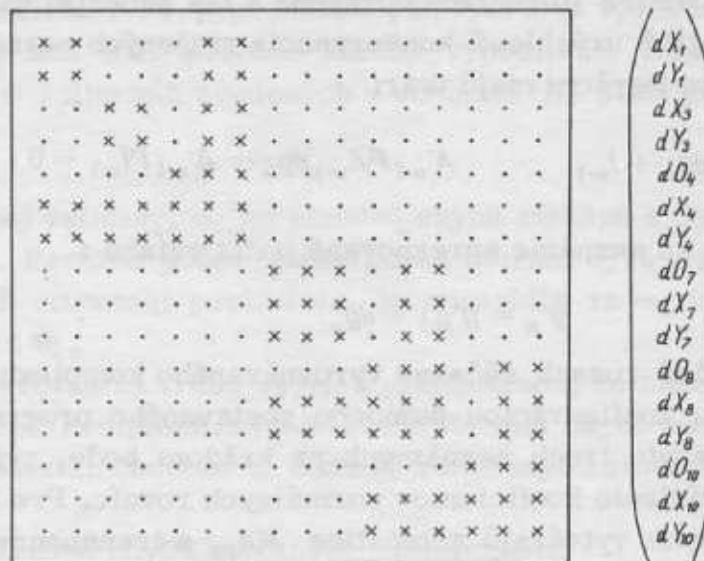
Násobenie v týchto submaticiach /riadok krát stĺpec/ je podmienené existenciou zodpovedajúcich neznámych na bodoch pre ktoré boli vytvorené submatice. Správny priebeh tohoto postupu a tvorba normálnych rovníc je zabezpečená pomocným úsekom programu, ktorý vyhodnocuje počet, druh neznámych na každom bode z vyrovnávaného komplexu a vytvára zoznam pomocných konštánt.

Uvedená podstata z uplatneného postupu umožňuje použitie programu pre vyrovnanie ľubovoľných čiastkových úloh zhustenia geodetickej siete /vyrovnanie plošnej siete, trojuhelníkových reťazcov, rôzne prípady pretínania, polygónové rady, polygónové siete/, alebo pre súčasné riešenie viacerých týchto úloh. Matica koeficientov normálnych rovníc pri súčasnom vyrovnaní viacerých týchto úloh je tvorená submaticami koeficientov týchto úloh s naväznosťou diagonálnymi nenulovými prvkami. Pre zvolené príklady /obr. 1 a obr. 2/ je schématické rozloženie koeficientov matice normálnych rovníc, pri zvolenom poradí bodov vo vyrovnaní zhodne ako na náčrtoch, znázornené na obr. 4.

Pre ukončenie iteračného výpočtu je treba zvoliť vhodné kritérium tak, aby prírastky neznámych neboli výpočtom v ďalších iteráciách prakticky ovplyvnené. Vzhľadom na zaokrúhľovanie posledného miesta vo výpočte a korelácii medzi X_i , Y_i a O_i , je možné stanoviť podmienku :

$$dg_u \text{ (v slo\u017ek\u00e1ch } dx, dy) < \Delta$$

(15)



Obr. 4.

Pre zostaven\u00fd program bolo zvolen\u00e9 $\Delta = 3 \text{ mm}$. Po splnen\u00ed podmienky (15) pri zvolenej hodnote Δ je mo\u017en\u00e9 poklada\u0165 $g_u = g$ /tj. vyrovnan\u00fdm hodnot\u00e1m nezn\u00e1mych/ a absol\u00fatne \u010dleny rovn\u00edc opr\u00e1v po tejto u-tej iter\u00e1cii za opravy meran\u00fdch veli\u010d\u00edn.

3.5. V\u00fdpo\u010det vyrovnan\u00fdch hodn\u00f4t meran\u00fdch veli\u010d\u00edn a charakterist\u00edk presnosti

Ako je uveden\u00e9 v odstavci 3.4, opravy s\u00fa z\u00edskan\u00e9 v priebehu v\u00fdpo\u010du a nie je treba ich vy\u010d\u00ed\u0161ova\u0165 z rovn\u00edc opr\u00e1v. Uplatnenie itera\u010dn\u00e9ho princ\u00edpu zabezpe\u010duje aj ich spr\u00e1vnos\u0165 v\u00fdpo\u010du. Vz\u00e1hy pre v\u00fdpo\u010det vyrovnan\u00fdch meran\u00fdch veli\u010d\u00edn vypl\u00fdvaj\u00fa z rovn\u00edc opr\u00e1v (4) a (5). Pre vyrovnan\u00e9 meran\u00e9 vzdialenosti plat\u00ed :

$$S_{ij} = s_{ij} + v_{s_{ij}} ; \quad (16)$$

pre vyrovnan\u00e9 meran\u00e9 smern\u00edky :

$$\sigma_{ij} = \alpha_{ij} - O_i + v_{\alpha_{ij}} . \quad (17)$$

Vz\u00e1hy pre charakteristiky presnosti pri vyrovnan\u00ed sprostredkuj\u00facom s\u00fa odvoden\u00e9 napr. v u\u010debni\u010di [2] kap. 5.4. Pre stredn\u00fa chybu k-tej meranej veli\u010d\u00edny z vyrovnan\u00eda plat\u00ed:

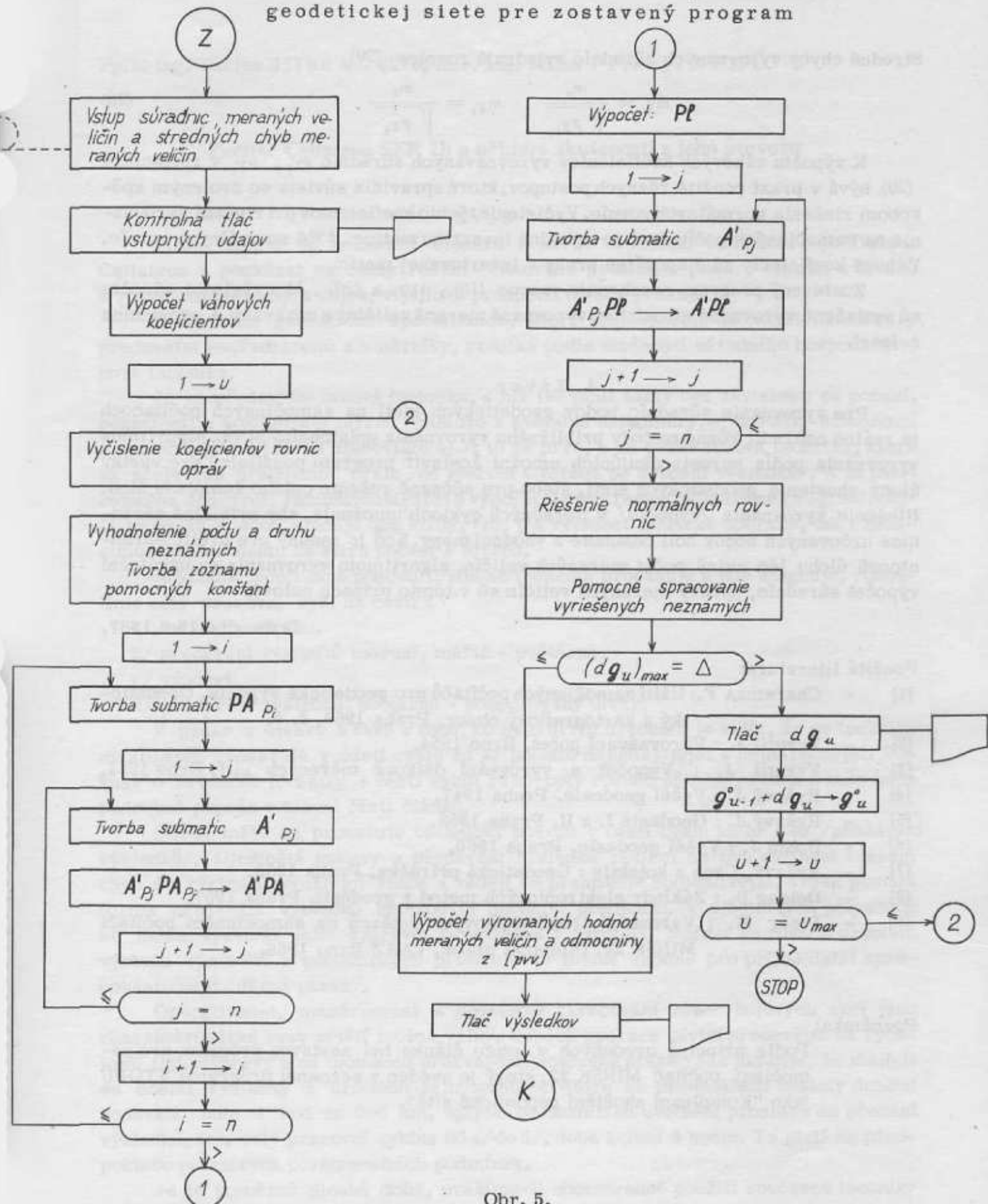
$$m_k = \frac{m_o}{\sqrt{p_k}} . \quad (18)$$

p_k v\u00e1ha meranej veli\u010d\u00edny

m_o stredn\u00e1 chyba pre jednotkov\u00fa v\u00e1hu vy\u010d\u00edslen\u00e1 z rovnice (19) , kde: N je po\u010det meran\u00fdch veli\u010d\u00edn, K po\u010det nutn\u00fdch meran\u00ed.

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{N - K}} \quad (19)$$

3.6. Hrubá bloková schéma vyrovnania rovinných súradnic X, Y geodetickej siete pre zostavený program



Obr. 5.

Poznámky k blokovej schéme obr. 5:

- „ u “ znamená počet iterácií, pre prípady nepriaznivej konvergenencie riešených neznámych je zvolené $u_{max} = 10$;
- „ n “ je počet bodov daných a vyrovnávaných;
- „ i “, „ j “ obecné označenie ľubovoľného bodu z vyrovnávaného komplexu.

Středné chyby vyrovnaných súradníc vyjadrujú rovnice (20).

$$m_{X_i} = \frac{m_o}{\sqrt{p_{X_i}}}, \quad m_{Y_i} = \frac{m_o}{\sqrt{p_{Y_i}}} \quad (20)$$

K výpočtu váhových koeficientov vyrovnávaných súradníc p_{X_i} , p_{Y_i} v rovniciach (20) bývá v praxi použité rôznych postupov, ktoré spravidla súvisia so zvoleným spôsobom riešenia normálnych rovníc. Vyčíslenie týchto koeficientov pri riešení vyrovnania na samočinných počítačoch je výhodne inverziou matice $A'PA$ normálnych rovníc. Váhové koeficienty sú diagonálne prvky v invertovanej matici.

Zostavený program nezahrňuje vzorce (18), (19) a (20). Ako výsledok výpočtu sú vytlačené vyrovnané súradnice, vyrovnané merané veličiny s opravami a odmocnina z [pvv].

4. Záver

Pre vyrovnanie súradníc bodov geodetických sietí na samočinných počítačoch je reálne nahradiť rôzne metódy približného vyrovnania uplatnením MNS. Algoritmus vyrovnania podľa sprostredkujúcich umožní zostaviť program použiteľný pre všetky úlohy zhustenia geodetických sietí, alebo pre súčasné riešenie celého komplexu úloh. Riešenie vyrovnania /výpočtu/ v iteračných cykloch umožňuje, aby približné súradnice určovaných bodov boli odsunuté z vhodnej mapy. Keď je zadaný pre určitú súradnicovú úlohu len nutný počet meraných veličín, algoritmom vyrovnania sa uskutoční výpočet súradníc, opravy meraných veličín sú v tomto prípade nulové.

Došlo dne 15.3.1967.

Použitá literatúra:

- [1] - Charamza F.: Užití samočinných počítačů pro geodetické výpočty. Geodetický a kartografický obzor, Praha 1963, č. 5.
- [2] - Vykutil J.: Vyrovnávací počet, Brno 1954.
- [3] - Vykutil J.: Výpočet a vyrovnání délkově měřených sítí. Brno 1961.
- [4] - Ryšavý J.: Vyšší geodesie. Praha 1947.
- [5] - Ryšavý J.: Geodesie I. a II. Praha 1955.
- [6] - Bohm J.: Vyšší geodesie. Praha 1960.
- [7] - Ryšavý, Cach a kolektiv: Geodetická příručka, Praha 1960.
- [8] - Delong B.: Základy elektronických metod v geodésii. Praha 1957.
- [9] - Pisár M.: Vyrovnání trojúhelníkových řetězců na samočinném počítači MINSK 22. Diplomní práce, VAAZ Brno 1966.

Poznámka:

Podle principů uvedených v tomto článku byl sestaven program pro samočinný počítač MINSK 22, který je uveden v seznamu programů VTOPÚ jako "Komplexní zhuštění geodetické sítě".

Počítač Cellatron SER 2b a některé zkušenosti z jeho provozu

Úvod

Cílem článku je seznámit čtenáře s novou výpočetní technikou - počítačem Cellatron a poukázat na cesty řešení "časového problému", který vyvstal u útvarů s rozvojem techniky u vojsk, v jejichž prospěch útvary pracují.

K útvarům geodetické specializace, které zabezpečují dělostřelecké útvary především souřadnicemi a směrníky, proniká podle možností národního hospodářství nová technika.

Je to především taková technika, s níž lze plnit úkoly bez závislosti na počasí, pokrytosti a konfiguraci terénu /rádiové a světelné dálkoměry, prostředky autonomní orientace, jako výsuvná stanoviště aj./, to za prvé, a za druhé taková technika, která zkracuje čas pracovního cyklu /od měření v terénu po předání výsledků/. K ní patří zejména dopravní, radiokomunikační a výpočetní prostředky. Některá nejprogresivnější technika v sobě slučuje oba klady, tzn. jak rychlost měřické operace, tak i nezávislost plnění úkolu na vlivu počasí a terénu.

Abychom mohli lépe posoudit, kde se technika prosazuje a kde stagnuje, rozdělíme celý pracovní cyklus na části :

- a/ měření v terénu,
- b/ předávání výsledků měření, měřič - počtárna,
- c/ výpočet,
- d/ předávání výsledků, počtárna - podporovaný útvar.

Z praxe u útvaru a také z toho, co bylo dříve uvedeno, je vidět, že se technika maximálně prosazuje v části cyklu ad a/ jakožto nejdůležitější a nejnáročnější. Pokusy o zavedení techniky v části cyklu ad c/ byly rovněž učiněny. Jeden z nich bude podrobně popsán v hlavní části článku.

Dosud málo se prosazuje technický pokrok v části cyklu ad b/ a d/ /předávání výsledků/. Ojedinelé pokusy o předávání výsledků rádiem se pro možnost vnesení chyb do výsledků využívají řídky a raději se praktikuje spolehlivější, avšak pomalá forma předávání výsledků spojkou či osobním předáním. V ojedinelých případech se může využívat jako dopravní prostředek i vrtulník. Neřeší se rovněž problém výstupu výsledků z geodetických přístrojů ve formě vhodné pro přímé další zpracování /např. děrná páska/.

Operativnost, manévrovost a podstatné zkracování všech bojových akcí jsou charakteristické rysy příští možné války. Úspěch operace závisí především na rychlosti její přípravy a na momentu překvapení. Současná praxe však ukazuje, že mají-li se dostat výsledky z určitého zájmového prostoru za předpokladu hustoty daného bodového pole 1 bod na 200 km², uplyne od okamžiku uvolnění prostoru do předání výsledků, tzn. celý pracovní cyklus od a/ do d/, doba kolem 8 hodin. To platí za předpokladu příznivých povětrnostních podmínek.

Je to poměrně dlouhá doba, uvážíme-li oboustranné použití současné techniky na frontovém úseku, v němž budeme pracovat a možné změny v rozhodování velení, k nimž může dojít.

K podstatnému zkrácení doby celého pracovního cyklu bude nezbytně nutné

zavádět techniku ve všech čtyřech částech cyklu. Nebylo by správné prosazovat technický pokrok pouze v části ad a/ /měření v terénu/ a další části provádět starou praxí. Například výpočty na ručních počítacích strojích trvající několik hodin, předávání výsledků na úrovni měřič - počítařna osobním stykem až po skončení prací v terénu.

Zde se ukazuje nutnou spolupráce s výzkumnými a vědeckými ústavy celoarmádními i státními. Např. při řešení otázky okamžitého předávání výsledků. Je známo, že u armád předních západních států se již s úspěchem využívá v polních podmínkách předávání různých zpráv pomocí obrazového záznamu.

Útvary se budou přes současnou hranici časového limitu jen stěží dostávat bez pomoci uvedených ústavů. Intenzitou nácvičku a propracováním technologie pracovního postupu /provádí se v současnosti jen řídce pro účast útvarů na jiných neodkladných pracích/ získá se maximálně řádově snad hodina. Zkrátit však část cyklu pod polovinu dnešních norem bez komplexního nasazení techniky do všech částí pracovního cyklu od a/ do d/ se nedosáhne.

Zkušenosti s počítačem Cellatron

Elektronická výpočetní jednotka Cellatron typ SER 2b byla zařazena u polního útvaru s tím, aby se získaly zkušenosti z provozu tohoto počítače a zvážily možnosti jeho využití pro mobilní počítařnu.

Tím se do určité míry zavádí do pracovního cyklu, části ad c/ /výpočet/, technika, která podstatně zkracuje čas a zpřesňuje výpočetní práce.

Několik důležitých dat o počítači :

Výrobcem je továrna Mercedes-Werke v národní správě, Zella-Mehlis/Thür. Je to číslicový, jednoadresový počítač. Používá přímý dvojkový kód. Děrná páska je pětistopá, čtyři stopy jsou pro vyjádření číslic, pátá stopa je zabezpečovací. Pracuje s dvanácti jednoadresními základními instrukcemi /sčítej, odčítej, násob, děl, skok podmíněný a nepodmíněný, vstup z operační paměti nebo z pásky, výstup, mezera, tabulátor, návrat vozíku s odřádkováním/.

Nejvyšší schopnost paměti : $10^{10} - 1$ /maximálně 10 číslic, tj. největší číslo 99999 99999/.

Nejmenší pozitivní strádací schopnost 10^7 /maximálně 7 desetinných míst/, tj. nejmenší číslo v absolutní hodnotě 0,0000001.

Počítač pracuje s pohyblivou řádovou čárkou v rozmezí od nuly do sedmi desetinných míst.

Kapacita operační paměti konstant dat : 127 slov /desetimístných čísel se znaménkem a desetinnou čárkou/.

Kapacita operační paměti instrukcí : 381 instrukcí.

Poznámka:

Paměť konstant a instrukcí nelze zaměňovat.

U počítače je dána možnost řízení operací instrukcemi z děrné pásky a lze naprogramovat libovolný počet instrukcí na pásku /tak zvaná vnější paměť instrukcí/. Ovšem operace řízené z pásky vyžadují přibližně desetkrát delší časy než při řízení operací z bubnové paměti /vnitřní paměti/.

Čas jedné operace dělení, násobení : 37-170 ms /podle velikosti slov/,
sčítání, odčítání 5 - 100 ms.

Vybavovací doba děrné pásky 600 - 700 ms.

Vybavovací doba bubnové paměti 10 - 45 ms.

Výpisová rychlost elektrického psacího stroje 10 úhozů/s.

Maximální příkon 330 W, napětí 220 V.

Počet tranzistorů 750 ks.

Počet diod 2 500 ks.

Počet relé 10 ks.

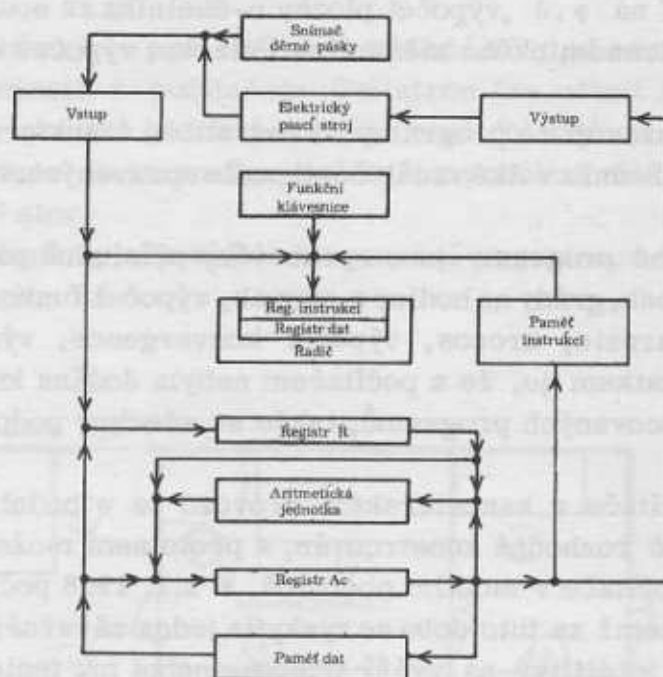
Celková váha počítače včetně příslušenství /děrovač, výstup, snímače/ 200 kg.

Rozměry počítače /stolu/ 153 x 82 x 80 cm.

K standardnímu vybavení počítače patří 3 elektrické psací stroje pro vstup a výstup /dva náhradní/, 2 elektrické psací stroje s děrovačem pásky, 2 snímače pětitopé děrné pásky a sada náhradních dílů /mechanické a elektrické součástky, celkem asi 120 druhů součástek/.

Blokové schéma elektronické výpočetní jednotky /obr.1/ ukazuje zjednodušeně konstrukci, hlavní části a jejich vzájemnou souvislost.

Blokové schéma Celatron SER 2b



Obr. 1

Obsluha počítače není náročná a lze zapracovat operátora znalého geodetického počtářství během dvou týdnů tak, aby samostatně připravoval data pro vstup a počítač obsluhoval.

Do jaké míry se počítač podílí na zkrácení doby potřebné pro výpočet některých geodetických úloh a tím i podstatně zrychlí část pracovního cyklu ad c/ /viz úvod/, ukáže tento přehled.

Čas je udán pro jednotku výpočtu, tzn. jednu kombinaci, jeden vrchol nebo jeden bod apod., a to od okamžiku stisknutí startu na počítači po výpis výsledku strojem. /Není zahrnut čas přípravy vstupních dat/.

Výpočet směrniců /ze 3 směrů/ a rajónu	1 m 10 ^s
Protínání vpřed ze směrniců, včetně výšek	2 m 15 ^s
Výpočet vzdáleností pomocí měřených základů /ruční vstup/	1 m 47 ^s
Protínání zpět včetně výpočtu výšek	4 m 03 ^s
Helmertova podobnostní transformace	
Výpočet klíče ze 2 identických bodů	3 m 35 ^s
ze 6 identických bodů	5 m 05 ^s
Vlastní Helmertova transformace souřadnic	18 ^s
Převod φ, λ , na X, Y /pomocí tabulek Christova/	20 ^s
Výpočet Hansenovy úlohy polohové	3 m 50 ^s
i výškové	4 m 20 ^s
Převod S-42 do JTSK plošnou interpolací tabulek	18 ^s
Výpočet směrníku z astronomického měření na Slunce	55 ^s
Mezipásové převody plošnou interpolací z tabulek	19 ^s
Výpočet tabulek poloh hvězd /hodinový úhel t_1, t_2 a azimut A_1, A_2 /	
pro pozorovací program metody stejných výšek	2 m 00 ^s

Dále jsou zpracovány tyto programy: Výpočet směrniců a délek, výpočet centra, protínání vpřed z délek, výpočet fyzikálních a matematických redukcí při měření teluometrem, oboustranně připojený polygon, uzavřený polygon, převod JTSK do S-42 /52/, převod X,Y na φ, λ , výpočet plochy n-úhelníka ze souřadnic, výpočet azimutu a směrníku z astronomického měření na Polárku, výpočet výšky objektu, protínání vpřed z úhlů aj.

Zkoumají a připravují se programy: kvadratická transformace, výpočet druhé geodetické úlohy na střední a velké vzdálenosti podle upravených vzorců prof. Vykutíla a další.

Pro výše uvedené programy jsou zpracovány příslušné podprogramy: převody stupně na grády a naopak, grády na hodiny a naopak, výpočet funkcí sin, cos, argumentů arctg, arccotg, arcsin, arccos, výpočet konvergence, výpočet odmocniny aj.

Značným nedostatkem je, že s počítačem nebyla dodána knihovna standardních podprogramů ani zpracovaných programů, takže se všechny podprogramy musely teprve zpracovávat.

Spolehlivost počítače v kancelářském provozu je v podstatě dobrá. Pro polní podmínky není počítač rozhodně konstruován, a proto není možné uskutečnit původní zámysl, tj. použití počítače v mobilní počtárně. K 1.1. 1968 počítač odpracoval 2300 strojových hodin, přičemž za tuto dobu se vyskytla jedna závažnější závada v elektronické části. Počítač je citlivý na vyšší teplotu, neboť při teplotách nad 25° se projevila častější nespolehlivost jeho práce. Několik ojedinělých chyb zůstalo nevysvětlených. Velmi časté závady se vyskytují v mechanických součástech, především u snímačů děrné pásky a elektrických psacích strojů. Závadou je, že s počítačem nebyla dodána žádná dokumentace a návod k údržbě. Rovněž školení pracovníků technické údržby dodavatel /Kancelářské stroje n.p./ neprovádí. Veškerá údržba i opravy se dějí servisní službou n.p. Kancelářské stroje, která je však značně nedokonalá a nemůže rozhodně nahradit stálou preventivní údržbu a běžné okamžité odstraňování vyskytnuvších se závad.

Pro zajímavost je vhodné uvést některá srovnání počítače Cellatron SER 2b se známým počítačem Z-11.

Teoretická operační rychlost počítače Cellatron SER 2b je asi 10x vyšší než Z-11. Praktický výkon je však vyšší pouze asi 4x a při použití vnějšího řízení jsou

výkony přibližně shodné. To značí, že je výhodné používat počítač Cellatron SER 2b k výpočtům bez trigonometrických funkcí, neboť trigonometrické funkce svými podprogramy zaplňují vnitřní paměť počítače. Jde zejména o výpočty různých transformací, převodů, řešení rovnic apod. Značnou výhodou je délka slova /desetimístné číslo/, takže není nutné redukovat geodetické souřadnice jako u Z-11. Ochuzená je logika počítače, neboť má pouze jeden rozhodovací signál / - /, zatímco Z-11 má 3 /K,L,-/. Dalšími nedostatky počítače Cellatron SER 2b ve srovnání se Z-11 je ruční vstup pouze pomocí výstupního psacího stroje /což způsobuje zbytečné prostoje při výpočtu/ a nemožnost vyděrování výsledků do děrné pásky.

Pochopitelně, že toto srovnání může být jen velmi relativní, neboť je třeba mít na paměti, že počítač Z-11 byl konstruován speciálně pro geodetické výpočty, zatímco Cellatron SER 2b není pro tyto výpočty nijak zvlášť přizpůsoben. Uvedené hlavní nedostatky však si brzy uvědomil i výrobce, neboť v další verzi u Cellatronu SER 2c již byly odstraněny /vyšší kapacita paměti, oddělený ruční vstup, výstup i děrovačem děrné pásky/.

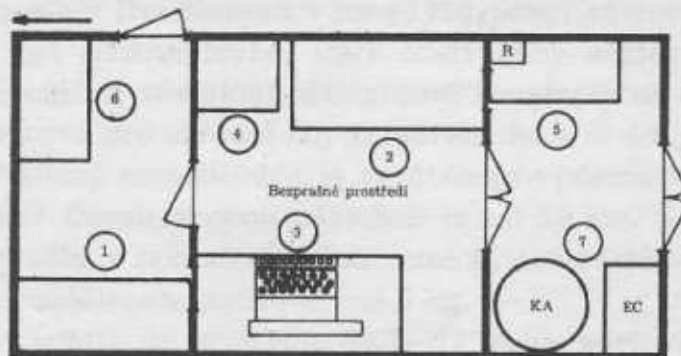
Nastoupená cesta, praxe s počítačem, se ukazuje správná. Napomáhá urychlit a zpřesnit plnění úkolů. Náročnou práci počtáře, zdroj častých chyb, z větší části odstraňuje. I když obsluha pracuje s množstvím dat, je tato manipulace jednoduchá, snadno kontrolovatelná a není časovým problémem jakýkoli chybný výpočet opakovat.

Návrh uspořádání mobilní počtárny

Na základě zkušeností s počítačem Cellatron lze učinit tento možný návrh:

Získat pro útvary počítač podobných parametrů /hlavně co do rozměrů, váhy/, mobilní /schopný instalace do terenního vozidla/, a poněkud větší kapacity operační paměti, minimálně 1000 slov.

Této mobilní počtárně by odpovídala tato možná organizace /rozmístění jednotlivých pracovišť viz na obr. 2/ :



R - radiostanice
KA - klimatizační
agregát
EC - elektrocentrála

Obr. 2

Schéma uspořádání mobilní počtárny

1. náčelník výpočetní skupiny - samostatný programátor - analytik,
2. samostatný operátor - zástupce náčelníka výpočetní skupiny /výběr a volba výpočetního postupu - kombinací, kontrola vstupních dat, řešení chybných výpočtů/,

3. starší počtář - pomocník operátora /obsluha stroje, vstup, výstup/,
4. počtář /děrování vstupních dat, výpomoc u stroje, směna s pomocníkem operátora/,
5. počtář - radista /příjem výsledků měření/,
6. počtář - kreslič / zpracování, úprava výsledků, evidence polních zápisníků, vypočtených hodnot, tabulek, map apod./,
7. řidič - mechanik /opravář, obsluha elektrocentrály a klimatizačního zařízení/.

Pro zajištění provozu počtárny i v případě poruchy počítače bude nutno mobilní počtárnu vybavit pěti kusy ručních počítacích strojů, buď elektrickými nebo elektronickými, např. typu Elka. Příslušníci počtárny musí být v tomto případě vycvičeni v ručním počítání všech geodetických úloh.

Takto vybavená mobilní počtárna by byla s to rychle a včas plnit všechny výpočetní práce, které u útvaru přicházejí v úvahu, a přinesla by svůj podstatný podíl na zrychlení celého pracovního cyklu, jak bylo uvedeno v úvodní části článku.

Došlo dne 8.5.1968.



K dalšímu vývoji elektronických metod měření vzdáleností

Úvod

V říjnu 1967 se konalo ve Varšavě pravidelné symposium Geodetických služeb socialistických zemí o použití elektronických dálkoměrů pro měření vzdáleností. Na symposiu byly projednány tyto vědecké i praktické problémy:

- Vliv vnějších podmínek a přístrojových chyb na přesnost měření vzdáleností elektronickými dálkoměry.
- Zdokonalení existujících přístrojů a vývoj nových typů světelných a rádiových dálkoměrů.
- Využití elektronických dálkoměrů v geodetické praxi.

Na symposiu bylo předneseno 31 referátů specialistů ze socialistických zemí. Všechny referáty jsou uloženy v odborné knihovně VZÚ.

V tomto článku budou uvedeny některé zkušenosti a závěry ze symposia, které mají bezprostřední význam pro vojenskou topografickou službu.

Nové rádiové dálkoměry

V socialistických zemích byly konstruovány v roce 1965-67 rádiové dálkoměry, které svými parametry odpovídají požadavkům, vytyčeným na obdobném symposiu v roce 1963 v Budapešti [1]. V Maďarsku byl dokončen prototyp GET-A2 a v SSSR je dokončován prototyp rádiového dálkoměru LUČ. Oba přístroje mají podobné vlastnosti: nosné pásmo 3 cm, řídicí i odrazová stanice jsou vzájemně zaměnitelné, anténní blok je oddělen a spojen kabelem o minimální délce 20 m, odečítání fázového rozdílu je digitální.

Přístroj GET-A2 je zdokonalený typ předcházejícího GET-A1. První typ GET-A1, předvedený na symposiu v Drážďanech v roce 1965, nebyl sériově vyráběn, ale v průběhu let 1965-1967 byl zdokonalován. Byly odstraněny některé přístrojové závady, především relativně značná závislost přístrojové konstanty na nosné frekvenci. Konstantní složka A ve vzorci pro střední chybu měření $m = \pm (A + B \cdot 10^{-6})$ se podařilo snížit pod 2 cm. Oddělený anténní blok je vyráběn pro pásmo 10 cm nebo 3 cm podle požadavku odběratele. Dosah v obou pásmech je asi 50 km. S malými výjimkami se většina součástek vyrábí v socialistických zemích, což je důležité zejména u použitých klystronů. Váha odděleného bloku je asi 5 kg.

Zástupce firmy sdělil, že přístroje GET-A2 budou sériově vyráběny a dodávány v roce 1968. Konstrukce stožáru pro upevnění oddělené antény není dosud definitivně vyřešena.

Rádiový dálkoměr LUČ byl zkonstruován v CNIIGAIKu v Moskvě. Oddělený anténní blok o váze 8 kg lze vysunout do výše 25 m. Byl použit standardní skládací stožár o délce 26 m/celková váha 340 kg/ nebo 16metrový teleskopický stožár o váze 110 kg. Minimální dosah přístroje podle výsledků dosavadních zkoušek je 30 km. Vnitřní přesnost přístroje odpovídá přesnosti rádiových dálkoměrů pracujících v pásmu 10cm vln.

Na katedře radiolokace "Varšavského polytechnického institutu" byl ve spojení s radiotechnickým závodem "RAWAR" zkonstruován nový rádiový dálkoměr RG-10

/radar geodezický/. Prototyp byl předveden na sympoziu konstruktérem K. Holejkem. Proti dosavadnímu typu přístrojů OG-1, které od téhož konstruktéra ve VTS používáme, přináší přístroj RG-10 řadu konstrukčních předností:

- je plně tranzistorován / s výjimkou klystronu/,
- řídicí stanice je totožná s odrazovou,
- vyzařovací svazek je možno přemísťovat ve vertikální rovině v rozmezí $\pm 10^\circ$ sklápěním parabolického zrcadla. Přístroj sám zůstává ve vodorovné poloze na stativu,
- digitální odečítání poloviční hodnoty fázového rozdílu /zjednodušení při výpočtech průměru/,
- zavedení dvou telefonů u stanice umožňuje přímé předání pokynů měřiči i zapisovateli.

Uváděná přesnost přístroje RG-10 je $\pm /3 \text{ cm} + 5 \cdot 10^{-6}D/$, dosah se předvídá 40 km, maximální vzdálenost dosud změřená je 27 km. Přístroj má velmi malou spotřebu, 32 W. Váha jedné stanice je jen 10 kg.

Celý přístroj je konstruován tak, že je lehce přenosný a může být rychle připraven pro práci. Na polovinu se zkracuje doba nutná pro odečítání fázových rozdílů a pro výpočet tranzitního času. Všechny parametry přístroje svědčí o tom, že bude mít z ekonomického hlediska přednosti při měření ve státní síti, pro zhušťování apod. Použití tohoto přístroje v odřadech VTS není perspektivní, poněvadž konstrukce neumožňuje oddělení antény. Nultá série přístrojů bude vyrobena v roce 1968.

Při zavádění rádiových dálkoměrů s vysunutou anténou vzniká nová problematika odečítání meteorologických prvků ve výši vizury. V Maďarsku byly zkonstruovány prototypy psychrometrů s možností dálkového odečítání údajů. Citlivým prvkem psychrometru jsou termistory, jejichž odporová závislost na teplotě se měří a odečítá pomocí ampérmetru vodivě propojeného na dálku v obvodu termistorů. Jako citlivý prvek byl zkoušen také platinový teploměr. Psychrometry s dálkovým odečítáním budou mít využití i při zjišťování meteorologických prvků podél trasy při výšce vizury asi do 100 m. Pro vynesení psychrometru do této výše byl navržen malý upoutaný balón s drakem. První zkoušky potvrdily, že toto zařízení může spolehlivě nésti psychrometr i za silného větru. Na vývoji psychrometru i balónu se dále pracuje.

K současným typům rádiových dálkoměrů bylo na sympoziu doporučeno, aby se konstruktéři zaměřili na další snížení rozměrů a váhy přístrojů. V další etapě vývoje je nezbytný přechod od oblasti centimetrových vln k milimetrovým. U rádiových dálkoměrů s mm vlnovou délkou je snížen na minimum vliv odrazů od půdy nebo okolních předmětů na proces a výsledky měření.

Nové světelné dálkoměry

Existující světelné dálkoměry prakticky splňují geodetické požadavky na přesnost. Konstruktéři se proto zaměřili na zmenšení váhy a rozměrů přístrojů a na zvýšení dosahu např. zdokonalením optické soustavy, modulátorů, zesílením světelného zdroje apod.

Na sympoziu byl předveden malý dálkoměr KRISTAL /SSSR/, u něhož byla spojena přijímací a vysílací optická část do jednoho traktu. Přesnost přístroje je $\pm 2,5 \text{ cm}$ na vzdálenost do 2 km. Ve dne lze změřit vzdálenost do 1 km. Přístroj je vhodný pro městskou polygonometrii.

V roce 1967 byl zkonstruován v CNIIGAiKu v SSSR prototyp elektrooptického dálkoměru QUARZ s laserovým světelným zdrojem. Přístroj pracuje se střední chybou $m_s = \pm (1 \text{ cm} + 2 \cdot 10^{-6}D)$. Při slunečném počasí lze změřit vzdálenost do 15 km,

při zatažené obloze do 20 km a v noci do 30 km. Předpokládá se ve všech případech dobrá viditelnost. Vzhledem k tomu, že dálkoměr QUARZ předčí svými parametry dosud používaný velký světelný dálkoměr EOD /SSSR/, byla výroba tohoto dálkoměru zastavena již v roce 1966.

Na symposiu byl předveden zdokonalený světelný dálkoměr EOS fy Zeiss. Zdokonalení spočívá v tom, že wolframová osvětlovací lampa byla nahrazena výbojkovou rtuťovou lampou. Poněvadž příkon přístroje se zvýšil na 400 wattů, je nutno odebírat elektrickou energii z elektrocentrály nebo ze sítě. Zdokonalený dálkoměr EOS se řadí svými parametry na čelné místo mezi velkými elektrooptickými dálkoměry, jako je NASM-2a /Švédsko/ a EOD /SSSR/. Za dobré viditelnosti lze teoreticky očekávat dosah 25-30 km ve dne a 40-45 km v noci. Prakticky byla dosud změřena vzdálenost 21 km ve dne a 30 km při soumraku. Štřední chyba je udávána vztahem

$$m = \pm (0,5 \text{ cm} + 2 \cdot 10^{-6} D).$$

Na symposiu sdělili přítomní zástupci fy MOMz Maďarska, že vývojové oddělení pracuje na konstrukci elektrooptického dálkoměru s laserovým zdrojem. Jde o plynový laser o výkonu 1 mW, délka trubice 30 cm. Pro modulaci světelného signálu bude použit krystalický modulátor, modulační frekvence 30 MHz. Přístroj bude tranzistorován, celková váha bude 16 - 18 kg, malé rozměry. Dosah 10 - 15 km ve dne.

Zvýšení přesnosti při měření vzdáleností

Konstrukce některých elektronických dálkoměrů jsou v dnešním vývojovém stadiu již tak dokonalé, že přístrojové chyby jsou minimální. Další zvyšování přesnosti při měření vzdáleností je limitováno vnějšími podmínkami, především nepřesným určením hodnoty indexu lomu vzduchu podél měřené vizury. V případě rádiových dálkoměrů přistupují k těmto vlivům ještě reflexní jevy. Na symposiu bylo předneseno několik referátů o vlivu meteorologických faktorů. Pro území ČSSR lze aplikovat především závěry zpracované H. Langem [2] pro podmínky střední Evropy /NDR/. Autor doporučuje vhodnou denní i noční dobu pro měření; jako reprezentativní hodnotu indexu lomu doporučuje brát jeho integrální hodnotu podél celé měřené trasy. Dále analyzuje vertikální gradient indexu lomu a navrhuje jeho použití pro výpočet integrální hodnoty indexu lomu. Závěry by bylo vhodné ověřit v praxi na našem území a případně potvrdit jejich obecnou platnost.

Reflexním jevům byl věnován referát zpracovaný v CNIIGAiKu /Zlotin, Genike [2]/. Reflexní opravy jsou určovány zcela novým způsobem početně. Do výpočtu se nezavádějí přibližně odhadované hodnoty /např. koeficient odrazu/, ale stanoví se z průběhu křivky na reflexním diagramu. Při grafickém řešení se vyhledá k experimentální reflexní křivce odpovídající charakteristická křivka. Je zpracován soubor charakteristických křivek pro zadané parametry.

Větší význam má početní metoda. Je zpracován program pro počítač, jímž se vyhledají parametry funkce, která se co nejvíce blíží dané experimentální funkci /reflexní křivce/. Navrhovaná metoda byla s úspěchem ověřena v SSSR, pro její obecnou platnost je třeba získat ještě více statistických údajů.

Závěr

Příští symposium bude se konat pravděpodobně v r.1970 v Praze. Bylo doporučeno, aby se odborníci pro příští symposium soustředili na vyřešení těchto základ-

ních problémů:

- Rozpracování metod spolehlivého určení fyzikální redukce vzdálenosti, měřené elektronickými dálkoměry. Zejména je třeba rozpracovat a ověřit postup pro výpočet integrální hodnoty indexu lomu podél měřené trasy.
- Výpočet metod, které umožní snížení reflexních vlivů na minimum.
- Rozpracování jednotného postupu při přípravě přístrojů pro polní práce i při kontrole během polních prací, s cílem zjištění a odstranění nebo kompenzování přístrojových chyb.

Použitá literatura

- [1] - Zpráva o "Symposiu představitelů Geodetických služeb socialistických států o problémech spojených s konstrukcí i využitím světelných a rádiových dálkoměrů pro geodetické práce". VTO č. 2/1963.
- [2] - Soubor referátů přednesených na mezinárodním symposiu. Varšava 1967. /Referáty uloženy v knihovně VZÚ/.

Došlo dne 18.4.1968.

Elektronické části gyroteodolitu Gi-B2 a Gi-B1

Úvod

Úkolem článku je seznámit s principem elektronické části přístroje pro určování azimutu - gyroteodolitu. Nejdříve je popsána elektronická část gyroteodolitu typu Gi-B2. Tento poslední typ se vyznačuje pokrokovou konstrukcí. Měření azimutu je částečně automatizováno. Dále je informativně popsána elektronická část vývojově staršího typu gyroteodolitu Gi-B1.

V článku jsou uvedeny poznatky, které byly získány studiem schémat, při technických ošetřeních gyroteodolitů a z informací pracovníků výrobního závodu MOM.

Elektronická část gyroteodolitu Gi - B2

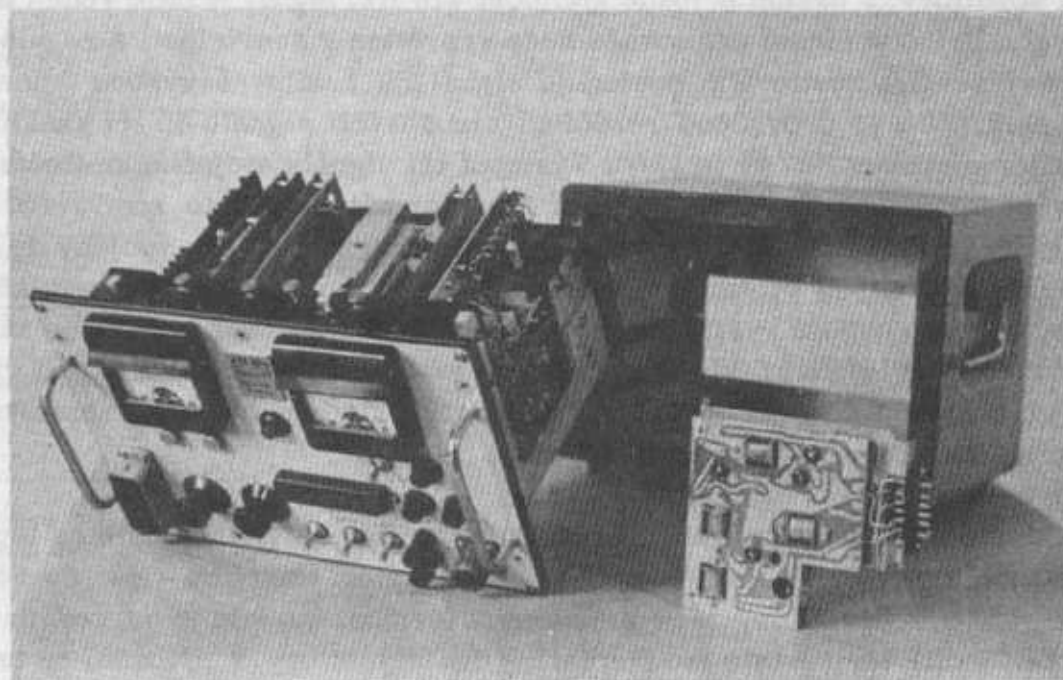
1. Konstrukční uspořádání generátoru gyroteodolitu

Konstrukčně je samotný generátor složen ze tří částí: z přední stěny, šasi a skříně.

Otevřený generátor je vyfotografován na obr. 1.

Na přední stěně jsou umístěny ovládací prvky, kontrolní žárovky a měřicí přístroje. Měřicí přístroje slouží ke kontrole výstupního i vstupního napětí a proudu.

K přední stěně je pevně připojeno šasi určené pro umístění bloků. /Na obr. 1 je vedle fotografie generátoru proveden blok regulace napětí./ Vzájemné elektrické propojení bloků je provedeno pomocí nožových zásuvek a vidlic. Zásuvky jsou připojeny pevně na šasi a vzájemně propojeny vodiči. Vidlice jsou součástí jednotlivých bloků, které se dají jako celky jednoduše vyměnit. Konstrukčně je zabezpečeno, aby nedošlo k záměně bloků.



Obr. 1 Generátor gyroteodolitu Gi - B2

Celý generátor Gi-B2 je složen z osmi bloků.

Jsou to :

- blok teplotní regulace,
- blok automatického brzdění,
- blok směšovače,
- blok regulátoru napětí,
- blok krystalových oscilátorů,
- blok automatického sledování,
- blok zesilovače výkonu automatického sledování,
- blok fázovacího členu a třífázového zesilovače výkonu.

Blokové konstrukční uspořádání je velmi výhodné pro provádění oprav v polních podmínkách. Oprava se provádí tak, že se vymění celý vadný blok. Výrobce dodává na objednávku k tomuto účelu soupravu náhradních bloků. Mimo bloky, které byly již uvedeny jako součásti generátoru, obsahuje tato souprava tzv. zaměnitelný blok, který používáme tehdy, chceme-li generátor gyroteodolitu Gi-B2 použít pro napájení setrvačnickové části gyroteodolitu Gi-B1. Zaměnitelný blok zasuneme na místo bloku automatického sledování. Základní částí skříně je hliníkový rámeček pro uchycení přední stěny a šasi. K rámečku je šrouby připevněn kryt, který má ve spodní části otvory nutné k větrání generátoru.

2/ Princip a funkce elektronické části gyroteodolitu Gi-B2

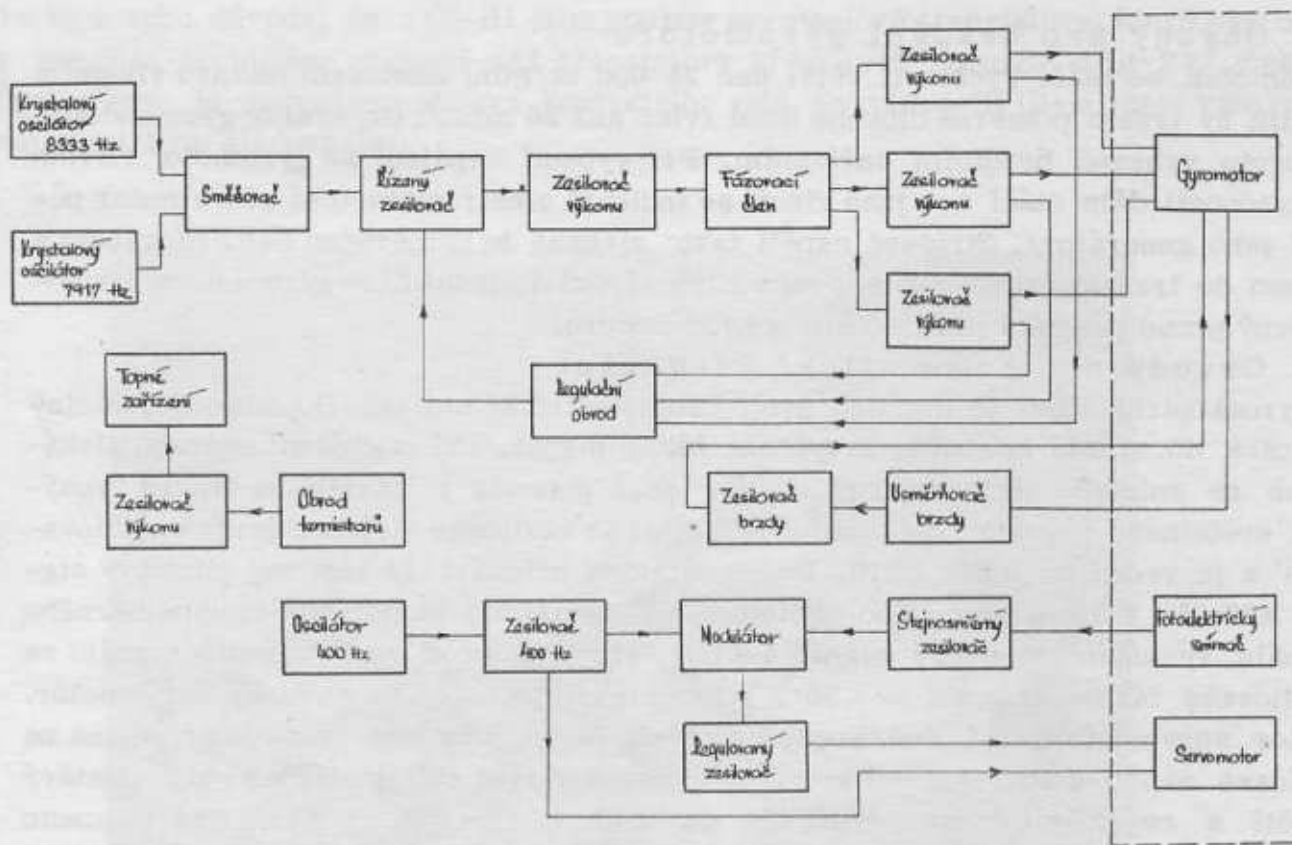
Elektronické obvody gyroteodolitu lze funkčně rozdělit na čtyři celky. Jsou to elektrické obvody pro napájení gyromotoru, obvody teplotní regulace, obvody pro brzdění gyromotoru a obvody pro automatické sledování autoklimační stupnice. Na obr. 2 je zjednodušené blokové schéma celé elektronické části. Obvody nakreslené v rámečku jsou umístěny v setrvačnickové části gyroteodolitu.

Obvody pro napájení gyromotoru

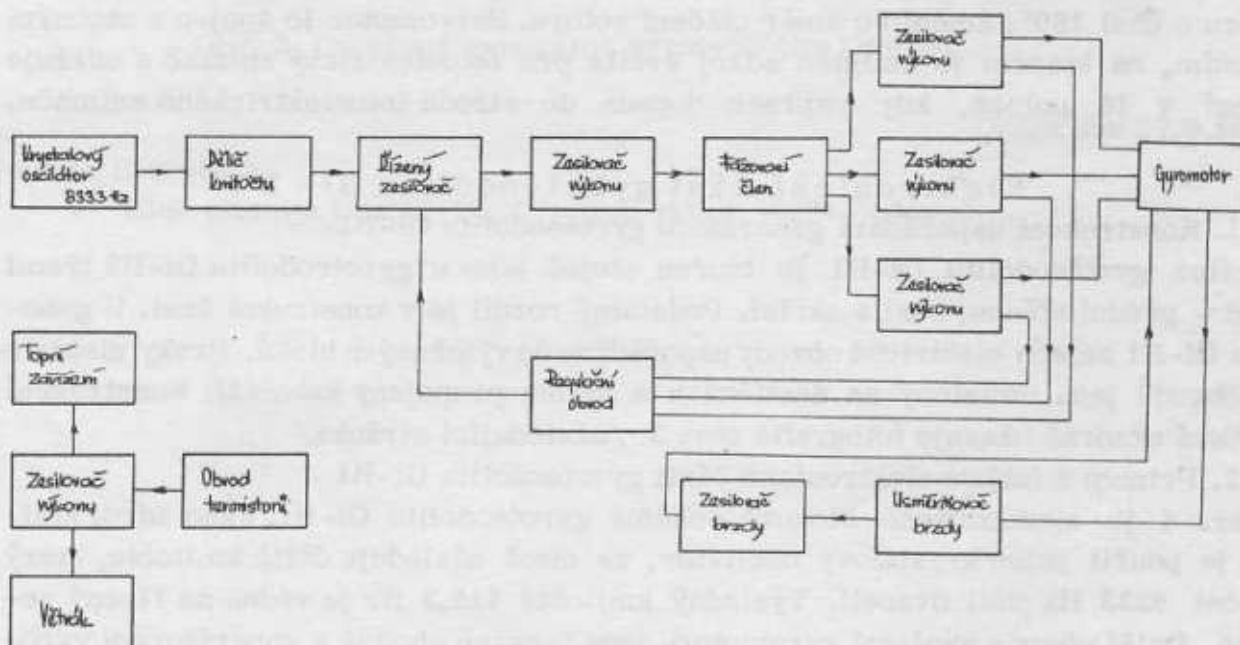
Krystalové oscilátory vyrábějí dva kmitočty : kmitočet 8333 Hz a kmitočet 7917 Hz. Tyto kmitočty přicházejí do směšovače. Pomocí směšovače získáme ze dvou kmitočtů kmitočet rozdílový, v našem případě kmitočet 416 Hz. Signál je dále veden na řízený zesilovač. Princip řízení zesilovače bude vysvětlen v souvislosti s regulačním obvodem. Ze řízeného zesilovače postupuje signál na zesilovač výkonu a zesílený na fázovací člen. Zde je provedeno rozdělení sinusového signálu do tří kanálů tak, že jejich vzájemný posuv fázový je 120° . Výstupní tři signály stejného kmitočtu jsou zesilovány výkonovými zesilovači. Výstupní transformátory těchto zesilovačů mají dělené sekundární vinutí. Části vinutí pro napájení gyromotoru jsou spojeny do trojúhelníku. Signál z druhých výstupů je usměrňován diodami a veden do regulačního obvodu. Z regulačního obvodu vystupuje stejnosměrné napětí, jehož hodnota je závislá na velikosti amplitudy signálu, který napájí gyromotor. Stejnosměrné napětí vystupující z regulačního obvodu určuje pracovní bod tranzistoru řízeného zesilovače a tím i zesílení výstupního signálu z generátoru.

Obvody teplotní regulace

Stabilita kmitočtu i kmitočet krystalových oscilátorů jsou nejvíce závislé na teplotě. Generátor gyroteodolitu Gi-B2 je určen pro práci v rozmezí teplot od -40° do $+50^\circ\text{C}$. Proto oba krystalové oscilátory jsou umístěny v termostatu, kde je udržována konstantní teplota. Uvnitř termostatu jsou umístěny dva termistory. V případě, že teplota v termostatu neodpovídá předepsané hodnotě $+50^\circ\text{C}$, vychází z obou termistorů signál, který je zesilován zesilovačem výkonu a zesílený napájí topné zařízení termostatu. Vyhřívání termostatu indikuje signální žárovka.



Obr. 2 Zjednodušené blokové schéma elektronické části gyrodolitu GI-B2



Obr. 4 Zjednodušené blokové schéma elektronické části gyrodolitu GI-B1

Obvody pro brzdění gyromotoru

Gyromotor se otáčí rychlostí větší než 24 000 ot/min. Zastavení motoru vlastním třením by trvalo poměrně dlouhou dobu /více než 20 min./. Generátor gyroteodolitu je proto vybaven brzdícím zařízením. Při vypnutí napájení se gyromotor vlivem setrvačnosti dále otáčí a v jeho vinutí se indikuje elektromotorická síla /motor působí jako generátor/. Strídavé napětí takto získané je usměrněno usměrňovačem a vedeno do tranzistorového zesilovače a ten závádí do jedné fáze gyromotoru stejnosměrný proud působící proti směru pohybu motoru.

Obvody pro automatické sledování

V gyroskopické části je umístěn dvojitý fotoelektrický snímač. Dopadne-li světelný paprsek do středu snímače, nevychází žádný signál. Při odchýlení paprsku získáváme ze snímače stejnosměrný signál, jehož polarita je závislá na směru vychýlení světelného paprsku. Stejnosměrný signál je zesilován stejnosměrným zesilovačem a je veden do modulátoru. Do modulátoru přichází též zesílený sinusový signál 400 Hz z tranzistorového oscilátoru. V závislosti na polaritě stejnosměrného signálu vystupuje sinusový signál 400 Hz, který je proti vystupujícímu signálu ze zesilovače fázově posunut o $\pm 90^\circ$. Tento signál je veden na střídavý servomotor. Stator servomotoru má dvě soustavy cívek. Jedna soustava cívek je připojena na střídavé napětí konstantní velikosti ze zesilovače 400 Hz. Druhá soustava dostává napětí z regulovatelného zesilovače za modulátorem, které je fázově posunuto o úhel 90° . Řízení zesílení regulovatelného zesilovače se provádí pomocí potenciometru umístěného na gyrobloku. Strídavé pole cívek napájených konstantním napětím se rozkládá do dvou složek, které se v dutině statoru vzájemně ruší. Dostane-li druhá soustava cívek napětí, vytvoří pole, které zvětší složku konstantního napětí v jednom směru a zmenší druhou. V dutině statoru pak převládne tvořivé pole v jednom směru a rotor servomotoru se otáčí tímto směrem. Změní-li se fáze napětí z modulátoru o úhel 180° , změní se směr otáčení rotoru. Servomotor je spojen s otočným zařízením, na kterém je umístěn zdroj světla pro fotoelektrický snímač a udržuje zařízení v té poloze, kdy paprsek dopadá do středu fotoelektrického snímače.

Elektronická část gyroteodolitu Gi - B1

1. Konstrukční uspořádání generátoru gyroteodolitu Gi-B1

Generátor gyroteodolitu Gi-B1 je tvořen stejně jako u gyroteodolitu Gi-B2 třemi částmi - přední stěnou, šasi a skříní. Podstatný rozdíl je v konstrukci šasi. U generátoru Gi-B1 nejsou elektrické obvody uspořádány do výměnných bloků. Prvky elektrických obvodů jsou umístěny na destičkách a přímo propojeny kabeláží. Konstrukční provedení názorně ukazuje fotografie obr. 3. /následující stránka/

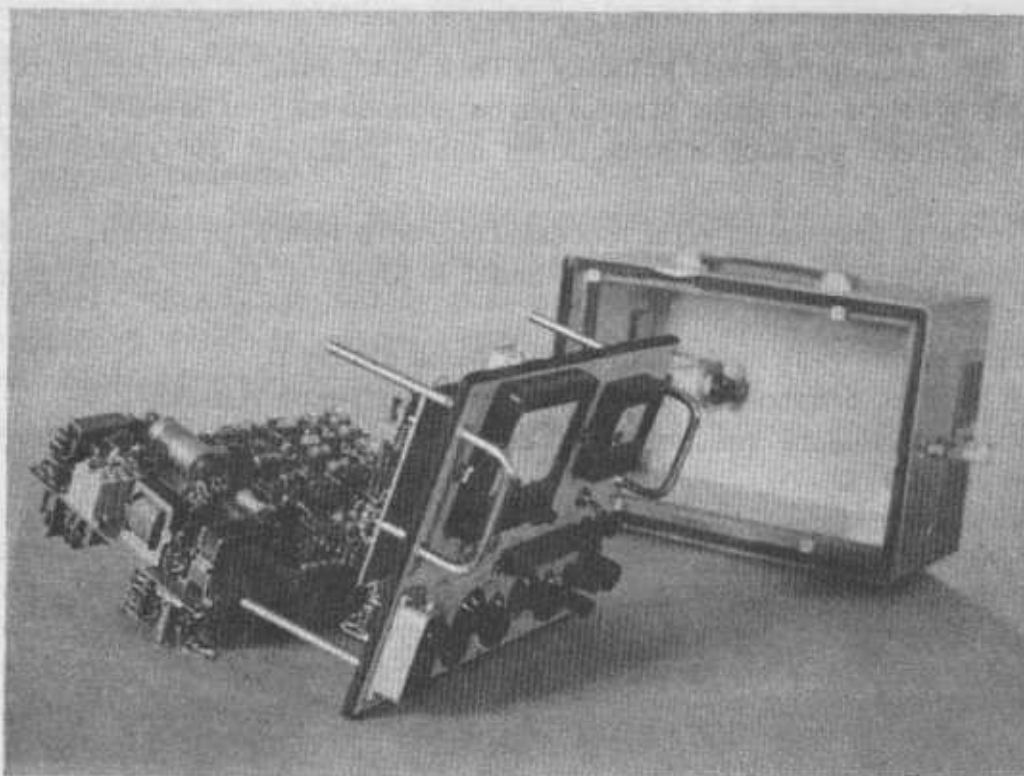
2. Princip a funkce elektronické části gyroteodolitu Gi-B1

Na obr. 4 je zjednodušené blokové schéma gyroteodolitu Gi-B1. Jako zdroj kmitočtu je použit jeden krystalový oscilátor, za nímž následuje dělič kmitočtu, který kmitočet 8333 Hz dělí dvaceti. Výsledný kmitočet 416,3 Hz je veden na řízený zesilovač. Další obvody napájení gyromotoru jsou funkčně shodné s generátorem gyroteodolitu Gi-B2.

Obvod brzdění je principiálně stejný jako u generátoru gyroteodolitu Gi-B2. U gyroteodolitu Gi-B1 je však v zesilovači použito kontaktní relé.

V obvodu teplotní regulace je použit termistorový obvod, zesilovač výkonu, topné zařízení a navíc proti Gi-B2 zde přistupuje větrání. Krystalový oscilátor není u Gi-B1 termostatován a je vyhříván nebo chlazen /větrákem/ celý generátor.

Je to z toho důvodu, že u Gi-B1 jsou použity germaniové tranzistory, které pracují v menším teplotním rozmezí než tranzistory křemíkové /použité u Gi-B2/. Zesílení výkonu je provedeno pomocí kontaktního relé. Gyroteodolit Gi-B1 není vybaven automatickým sledováním.



Obr. 3 Otevřený generátor gyroteodolitu Gi - B1

Došlo dne 27.9.1967.

Použitá literatura

/1/ - Blok pitanijsa tipa Gi-B2 /firemní výtisk MOM Budapešť/.

Nové typy gyroteodolitů Gi-C1 a Gi-B2

Úvod

V současné době používají jednotky VTS k autonomní orientaci gyroteodolit Gi-B1, u něhož výrobce zaručuje střední chybu jednoho měření $M=±20''$. Maximální odchylka dvou měření po sobě následujících nemá překročit $30''$ /podle udání výrobce/.

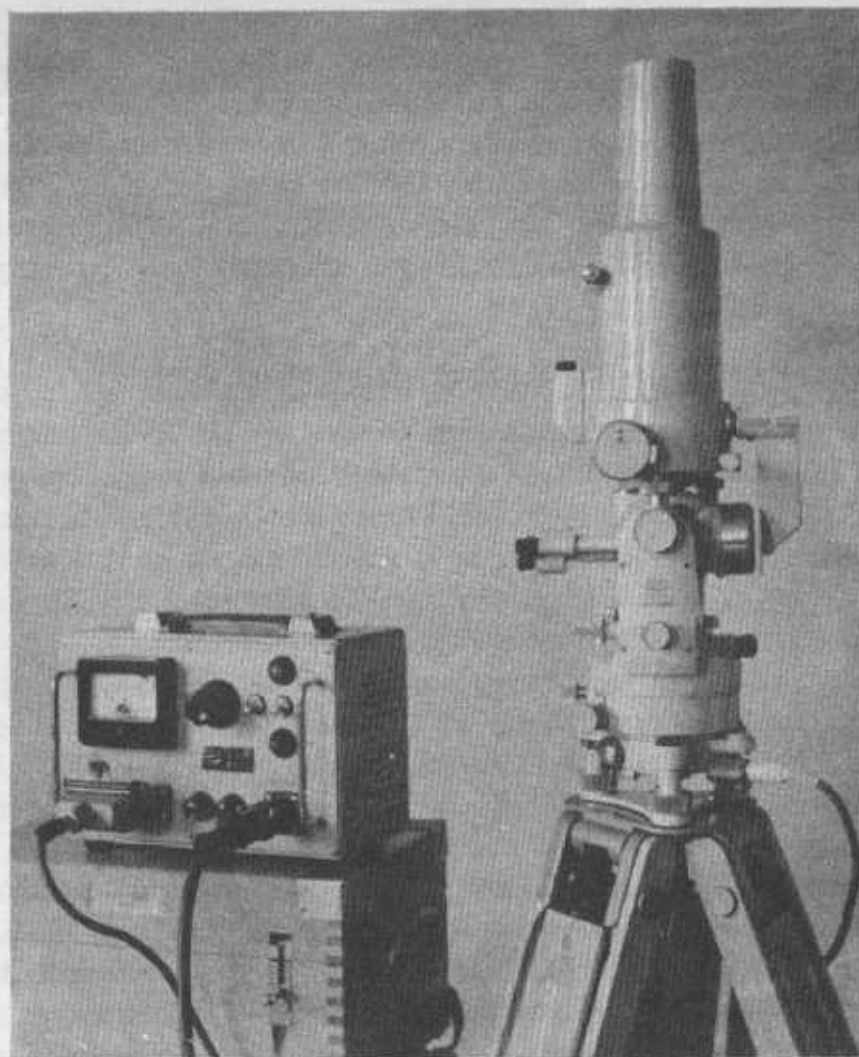
Ve VTS bylo již provedeno velké množství měření s těmito přístroji. Zkušenosti ukázaly, že vhodnými metodami lze dosáhnout s přístroji Gi-B1 vnější přesnosti $± 10 - ±15''$ /1/.

Vývoj přístroje se však nezastavil a jde dvěma směry :

- a/ směrem zvýšení přesnosti s použitím těžší konstrukce /Gi-B2/,
- b/ směrem zjednodušení konstrukce a zmenšení váhy při nižších požadavcích na přesnost /Gi-C1, Gi-D1/.

Z nově vyvinutých typů přístrojů byly pro VTS opatřeny přístroje Gi-B2 a Gi-C1. V článku je uveden krátký popis nových přístrojů a výsledky ověřovacích zkoušek.

Gyroteodolit Gi - C1



Obr. 1

Tento gyroteodolit /obr. 1/ má vlastní gyromotor zavěšen na torzní pásce a observátor vylučuje torzi této pásky pomocí horizontální ustanovky vlastního teodolitu. Souprava Gi-C1 je tvořena teodolitem Te-B1 /s odčítací přesností $\approx 1''$ /, setrvačnickovým válcem /pracujícím na stejném principu jako u gyroteodolitu Gi-B1/, převodovým hranolem - prizmatem, které převádí obraz knitů závěsného vlákna do dalekohledu teodolitu, zdrojem střídavého proudu - generátorem, busolou, akumulátorovou baterií a příslušenstvím. /U novějších sérií je na horní části setrvačnickového válce umístěn záměrný terčik/.

Gyroteodolit Gi-C1 se liší svými konstrukčními úpravami od běžně používaného typu Gi-B1 v několika bodech:

- teodolitová část je tvořena, jak je výše uvedeno, teodolitem Te-B1, sloužícím k měření úhlových hodnot jednotlivých směrů a k sledování kyvů volně zavěšeného setrvačnicku. Teodolit Te-B1 je samostatně použitelný k běžným geodetickým pracím;
- setrvačnickový válec je spojen s teodolitem třemi upínacími šrouby umístěnými ve spodní části setrvačnicku a je umístěn na rozdíl od Gi-B1 /kde je setrvačnickový válec pevně spojen se spodní částí teodolitu/ na ramenech teodolitu Te-B1. Po měření je tedy setrvačnick snímatelný/.

V setrvačnickovém válci je umístěn gyromotor, který má přes 20 000 ot/min /zabudovaný v pouzdře/. Na pouzdře je zabudováno ploché paralelní sklo, kolimátor s dvěma nitkovými ryskami a osvětlením. Gyromotor je zavěšen na torzním vlákně a je napájen přes tři spojovací kontakty /u 3 upínacích šroubů/ od generátoru. Generátor přeměňuje stejnosměrný proud 24 V na střídavý třífázový 31 - 39 V o frekvenci 410 Hz;

- k optické cestě paprsků /k převodu obrazu kyvu volně zavěšeného setrvačnicku/ slouží převodový hranol - prizma, samostatně snímatelný. Při měření směrů musí být prizma odkloněno od dalekohledu;

- busolová část se skládá z kruhové busoly opatřené stupnicí, jejíž osa se shoduje se záměrnou osou dalekohledu. Kruh busoly je při transportu zaaretován, teprve při nasazení na ramena teodolitu se automaticky odaretovává /přesnost nastavení severu busolou je asi $0,5^\circ$ /.

Měřický postup se prakticky ve svých základních bodech neliší od postupu měření s gyroteodolitem Gi-B1. Liší se pouze vlastním postupem jednotlivých úkonů při činnosti pozorovatele, což vyplývá z konstrukční odlišnosti obou gyroteodolitů.

Hlavní výhodou těchto gyroteodolitů proti Gi-B1 je malá celková váha soupravy, skladnost, malé rozměry a tím i snadná přenosnost tohoto gyroteodolitu.

S gyroteodolitem Gi-C1 bylo provedeno 50 zkušebních měření na kontrolním směru VÚ 7371. Po vyhodnocení těchto měření byla určena střední chyba aritmetického průměru

$$M_x = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} = \pm 3,9''$$

a střední chyba /jednoho/ každého měření

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = \pm 21,1''$$

Bylo-li při výpočtu použito adiční konstanty přístroje udávané výrobcem, pak střední chyba /jednoho/ každého měření

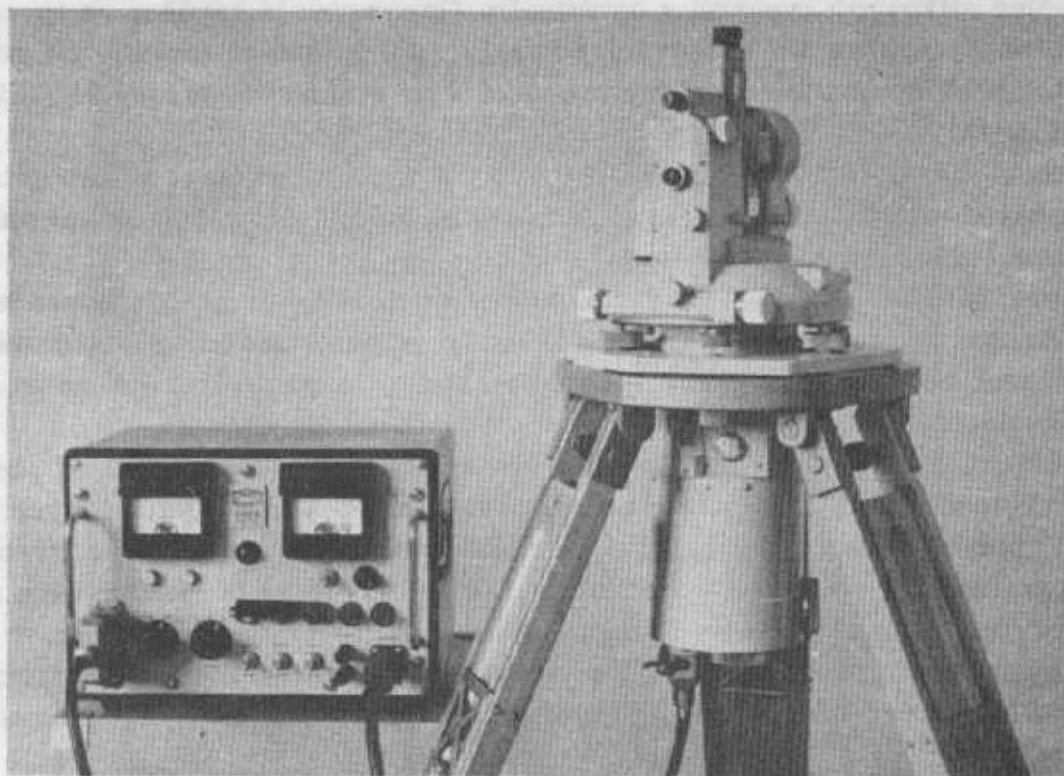
$$M = \pm \sqrt{\frac{[\varepsilon\varepsilon]}{n}} = \pm 21,4''$$

Vzhledem k malému počtu měření /50/ a také k tomu, že bylo měřeno prakticky pouze v jednom směru, můžeme usuzovat pouze na vnitřní přesnost vlastního měření. Měření byla prováděna za optimálních /laboratorních/ podmínek, při teplotě 15° C. Dosažená vnitřní přesnost $M = \pm 21,4$ je tedy poněkud nadnesena. /Výrobce zaručuje střední chybu jednoho měření $M = \pm 30''$ a maximální odchylka dvou měření po sobě následujících nesmí překročit $\pm 40''$./

Můžeme však říci, že za normálních podmínek je zcela reálná přesnost udávaná výrobcem u tohoto gyroteodolitu $\pm 30''$. Příklad tedy může splňovat všechny podmínky kladené na ORSS 30 a svou přesností plně uspokojuje požadavky na něj kladené.

Gyroteodolit Gi - B2

Tento přístroj je dalším vývojovým typem v řadě Gi-B. Vlastní princip tohoto přístroje fy MOM je zachován jako u Gi-B1, pouze namáhavé ruční sledování observátora je nahrazeno automatickým sledováním. Dále pak v generátoru mimo jiné je použito křemíkových polovodičových prvků, čímž se tepelná závislost snižuje na minimum.



Obr. 2

Automatické sledování oscilací citlivého prvku umožňuje zvýšení přesnosti při měření azimutu vůči Gi-B1 o 20%.

Výrobce uvádí, že střední chyba jednoho měření $M = \pm 16''$ a maximální rozdíl dvou po sobě následujících měření $Lx = \pm 22''$.

Pro srovnání přesnosti jsou uvedeny příslušné hodnoty u ostatních gyroteodolitů /udávané výrobcem/ v následující tabulce :

Typ	Stř. chyba 1. měření	Max. odch. 2. měření po sobě násled.	Doba 1 kyvu
Gi-C1, D1	± 30"	40"	2 ^m 12 ^s
Gi-B1	± 20"	30"	5 ^m 20 ^s
Gi-B2	± 16"	22"	4 ^m 12 ^s

Tab. 1

Čas nutný pro změření jedné skupiny je asi 30 - 35 minut /ze 4 vratných poloh/. Příklad měří s udávanou přesností do 75° geogr. šířky v rozmezí teploty -40° až +50° C v místě, kde magnetické silové pole není větší než 2 Oe.

Podobně jako ostatní gyroteodolity je přístroj složen z těchto základních částí: teodolitové, setrvačnickové, generátoru, akumulátoru a z příslušenství. U tohoto typu není dodávána terčová souprava a musí být objednávana zvlášť.

a/ Teodolitovou část tvoří vteřinový stroj přizpůsobený i pro noční měření a jeho optická a mechanická konstrukce se v základních rysech ztotožňuje s vteřinovým teodolitem MOM-Te-B1.

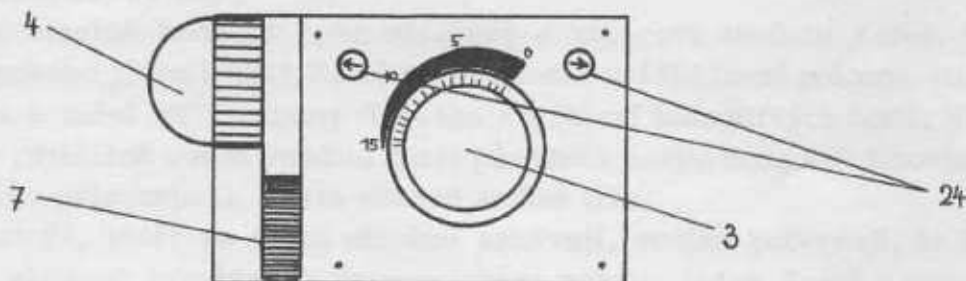
b/ Setrvačnickovou část tvoří válec připevněný třemi příchýtkami na ramenech teodolitu. Základní část setrvačnickového válce tvoří setrvačnický pracující ve vysokých obrátkách a mající vysoký moment setrvačnosti.

Setrvačnický pracuje na stejném principu jako setrvačnický gyroteodolitu Gi-B1.

V gyroskopickém válci je umístěno zařízení k automatickému vylučování vlivu torze závěsné pásky, umožňující zkvalitnění a zekonomičtění měření. Toto zařízení je tvořeno dvojitým fotoelektrickým snímačem upevněným na vnitřním válci / setrvačnickový válec gyroteodolitu Gi-B2 je tvořen vnitřním a vnějším válcem/.

/Pozn.: Funkce a princip činnosti fotoelektrického snímače bude popsán s. ing. Hovorkou ve VTO/.

Vnější panel elektrického sledování /je umístěn na plášti setrvačnickového válce/ tvoří potenciometr automatického sledování /3/, kotouč automatiky - šroub nastavení nulového bodu /4/, brzdící páčka /7/ a 2 tlačítka umožňující posun autokolimační stupnice v obou směrech.



Obr. 3

c/ Tranzistorový generátor s dvěma krystaly $3,2 \times 10^{-3}$ Hz/1° stabilnosti frekvence, pracující při frekvenci 416 Hz je připojen k akumulátoru o napětí 12 V. Plná spotřeba elektrické energie pro jedno spuštění je 1,4 Ah bez spotřeby termostatu. Generátor nám hlavně slouží jako napájecí zdroj přesného kmitočtu pro motor setrvačnickového válce.

Na kontrolním směru VÚ 7371 byla s gyroteodolitem Gi-B2 provedena již řada měření, která dokázala řadu předností oproti ostatním gyroteodolitům, zejména pokud se týče ekonomiky měření a přesnosti výsledků.

Bylo provedeno 60 zkušebních měření na dvou směrech za optimálních podmínek při 15° C.

Při měření bylo dosaženo střední chyby

$$M = \pm 8,6''$$

a maximálního rozdílu dvou po sobě jdoucích měření

$$Lx = \pm 15''$$

Vzhledem k tomu, že měření nebyla měřena v terénu a byla prováděna za optimálních podmínek /konst. teplota +14° C/, lze posuzovat tuto zjištěnou přesnost přístroje jako vnitřní.

Po měření byly vyvozeny tyto závěry :

1. Převoz gyroteodolitu autem se nijak podstatně neprojevil na výsledcích.
2. Značný vliv na přesnost /na změnu hodnot disperze mezistředů/ měla změna nominálního napětí baterie.
3. Z dosažených výsledků lze usuzovat, že přesnost udávaná výrobcem $M_{\max} = \pm 22''$ je zcela reálná.

Došlo dne 1.11.1967.

Použitá literatura

- /1/ - Ing. pplk. V. Martinák, CSc.: Zkušenosti z nezávislého určení astronomického azimutu pomocí gyroteodolitu - Voj. top. obz. 1/1963.
- /2/ - Instrukcija po polzovaniju i regulirovke gyroskopičeskovo tēodolita s avtomatičeskim sležinijem tipa MOM Gi-B2.
- /3/ - Ing. pplk. V. Martinák, CSc.: Rozbor chyb při měření gyroteodolity Gi-B1, Voj. top. obz. 2/1964.

První gravimetrické měření pro sledování věkových změn tíhového pole v ČSSR

Úvod

Kromě již známých slapových variací tíhového zrychlení existují poměrně dosti rozšířené hypotézy, které dokazují také velmi pomalé změny charakteristik tíhového pole Země. Původ těchto změn není dosud zcela objasněn a sama jejich existence není přesvědčivě dokázána. Kdyby se podařilo tyto změny v budoucnu např. pomocí opakovaných měření postihnout a formulovat, stanovit jejich korelace s dalšími geofyzikálními jevy, mělo by to velký význam pro vyšší geodézii a z širšího hlediska pro celou geofyziku.

Proto již v r. 1963 Mezinárodní gravimetrická komise doporučila, aby při Mezinárodní geofyzikální asociaci byla vytvořena odborná studijní skupina pro tuto otázku. Řídící komise "Planetární geofyzikální výzkum" akademií věd socialistických zemí pověřila svoji šestou pracovní skupinu nazvanou "Geofyzikální aspekty geodézie" studiem těchto věkových změn tíhového zrychlení. Obdobně Symposium o určování tvaru Země v Praze v r. 1964 v jedné ze svých rezolucí doporučuje, aby byl tento problém řešen s použitím různých metod. V současné době nelze zatím tedy potvrdit ani vyvrátit hypotézy o proměnlivosti tíhového pole.

Pro obecnou informaci uvedu některé hypotézy, metody zjišťování a první výsledky, které se vztahují k tomuto problému, a doplním je zároveň odkazem na původní literaturu.

Autorem, který je nejvíce znám svými hypotézami o věkových změnách tíhového pole Země, uvedených např. v /1,2/, je G. Barta, jehož myšlenky lze shrnout do těchto formulací :

1. Zemské jádro je excentrické a pozvolna se pohybuje. Jako důkaz uvádí vlastnosti magnetického pole Země, jeho nesymetričnost a pozvolný pohyb západním směrem.
2. Důsledkem jsou skutečnosti, jako eliptičnost zemského rovníku s rozdílem poloos asi 180 m, rozdílnost hodnot tíhového zrychlení na geoidu podél rovníku s amplitudou asi 20 mgl.

Uvedené číselné hodnoty jsou odvozeny z autorova modelu Země. Vzhledem k pohybu zemského jádra uvnitř Země se pak nutně stáčí hlavní poloosa elipsy zemského rovníku a mění se i hodnoty tíhového zrychlení jednotlivých bodů. Např. hodnotu, která se přibližně rovná rozdílu mezi původní a novou hodnotou tíhového zrychlení v Postupimi přisuzuje G. Barta věkové změně tíže.

Další autoři, kteří se touto otázkou zabývají, vcelku potvrzují, že řada úkazů podporuje platnost hypotézy o excentrickém pohybu jádra Země a tím i důsledky tohoto pohybu na tíhové pole Země.

Pokud jsou tyto hypotézy oprávněny /budou-li potvrzeny/, bude to mít značné důsledky v nazírání na státnost a homogenitu souřadnicových systémů. V minulosti geodézie považovala Zemi za neproměnné těleso, kde vzájemná poloha geodetických bodů, tvar a velikost Země a tíhové pole byly považovány za stálé.

Dnešní přesnost měření a opakovaná měření svědčí o skutečnosti, že v závislosti na stavbě zemské kůry té či oné oblasti dochází ke změnám ve vzájemné po-

loze bodů a to ve složkách :

1. vertikální - změny vůči nulové hladinové ploše,
2. horizontální - změny v nulové hladinové ploše,
3. změny tvaru a rozměru hladinové plochy jako celku.

Nivelační sítě 1. řádu v oblastech s aktivní geotektonikou se projektují s ohledem na tyto změny.

Pro základní práce, které jsou nutně spjaty se zemskou kůrou, bude nutné předpokládat, že měření probíhá na pohyblivém podkladě, kde dochází k neustálým změnám. Otázkou mj. zůstává poměr změn lokálních, které jsou potvrzeny, k možnosti deformace zemského tělesa jako celku.

Mezi metody a měřické postupy, které se snaží o podchycení těchto změn, patří gravimetrie. Tíhové pole je pevně spjato s tělesem Země, je jednou z jeho charakteristik. Jakékoli změny v rozložení jeho hmot se musí nutně projevit také v zemském tíhovém poli.

Z /3/ je zřejmé, že gravimetrický způsob je součástí komplexu metod, které se touto otázkou zabývají.

Pro sledování věkových změn tíhového zrychlení by bylo samozřejmě velmi výhodné, kdybychom byli schopni velmi přesně změřit absolutně hodnotu tíhového zrychlení přímo na každém z věkových bodů a tímž přístrojem pak měření v časových odstupech opakovat. Avšak současná přesnost absolutního měření tíhového zrychlení by tyto změny, které budou jistě velmi malé /řádově v tisícinách mgl za rok/, nemohla postihnout. V nejvyspělejších státech se intenzívně pracuje na výzkumu metod, které zdokonalí absolutní měření tíže. Zároveň je vyvíjena taková aparatura, která bude schopna transportu v globálním měřítku. /4/ Proto v současné době určujeme jenom tíhové rozdíly a to s nejvyšší možnou přesností statickými gravimetry.

Na případě předběžných výsledků /5/ ukážeme, o jaký charakter změn tíhového zrychlení pravděpodobně půjde. Mezi 65 body státní gravimetrické sítě MLR bylo v r.1951 - 54 měřeno gravimetrem Heiland se střední chybou tíhového rozdílu $\pm 0,021$ mgl. Toto měření bylo v r.1964 opakováno za stejných podmínek se stejnou střední chybou. Obě měření byla porovnána s tímto závěrem : V šířkovém pásu přes Maďarsko, 400 km dlouhém se hodnoty tíhového zrychlení zvětšily od východu na západ s rychlostí asi 0,06 mgl za 10 - 13 let. Tento závěr je ve shodě s výsledky opakovaných nivelací a odpovídá také Bartově hypotéze o změně excentrické polohy jádra v tělese Země.

ČSSR se podílí svým národním příspěvkem na řešení tohoto dlouhodobého úkolu a již v roce 1965 byl vypracován projekt pro sledování věkových změn tíhového pole na území ČSSR. /7/

1. První etapa sledování věkových změn charakteristik tíhového pole Země v ČSSR

V ČSSR existuje jediný méně průkazný materiál /6/, z jehož porovnání plyne, že věková změna tíhového zrychlení na území ČSSR mezi epochami 1951 - 52 a 1959 je pravděpodobně menší než 0,4 mgl.

Podle Bartovy hypotézy vypočtené teoretické změny pro rozdíl tíhového zrychlení např. mezi Chebem a Kamenicí nad Cirochou dávají hodnotu $+ 0,007$ mgl za rok /pro rozdíl hustot vnějšího a vnitřního jádra Země $\delta = 6,0$; pro hustotu $\delta = 3,0$ bude

uvedená změna poloviční/.

Na základě projektu /7/, konzultací a projednání v roce 1965 mezi VÚGTK, GÚ ČSAV, ÚÚG bylo stanoveno:

a/ Vybudovat tíhový polygon, skládající se z věkových bodů Cheb, Praha /mezibod/, Ondřejov, Brno a Kamenice nad Círochou. Uvedené body /kromě Ondřejova/ jsou umístěny na letištích s ohledem na záměr dosáhnout co nejpřesnějších výsledků měření leteckým spojením. Každý věkový bod doplnit nejméně dvěma body zajišťovacími /k zabezpečení kontinuity dalších měření/ a uvažovat tedy skupiny bodů. Podmínky výběru bodů, jako např. umístění skupiny bodů v co nejužším pásu tíhového rozdílu, v blízkosti pořadů opakovaných nivelací, vyhnout se oblastem s mikro-seismy atd., jsou uvedeny v /7/.

b/ Soustavu skupin věkových bodů doplnit tíhovým polygonem vedeným údolím Váhu, od Strečna po Nové Zámky, v blízkosti hlavní komunikace. Tento polygon spojí oblasti intenzivního stoupání v severní části s poklesy na jihu a zároveň bude procházet seismicky aktivní oblastí. /6/ Připojení pozemní automobilem.

c/ V okolí Prostějova a Velkých Kapušán vybudovat izolované věkové body. V těchto místech se projevují výrazné vertikální pohyby, ověřené geologicky a zjištěné opakovanými nivelacemi. Připojení pozemní automobilem.

Závěrem nutno podotknout dlouhodobou povahu /změny jsou velmi malé/ studia a řešení tohoto problému. Byla proto stanovena pětiletá perioda pro opakovaná měření s týmiž přístroji.

Pro dosažení nejvyšší přesnosti měření byl projekt /7/ doplněn dvěma výzkumnými úkoly, z oboru instrumentální gravimetrie /8/ a z oblasti přesného postižení slapových změn tíhového zrychlení. /6/

2. Průběh a realizace první etapy v roce 1967

Během roku 1967 uskutečnili pracovníci gravimetrické skupiny pražské pobočky Kartografického a geodetického fondu rekognoskaci a větší část stabilizace věkových bodů podle zásad /7/. Během 1. pololetí 1967 byla v předstihu před měřickými skupinami dokončena stabilizace zbývajících bodů. Způsob stabilizace je skutečně důkladný /sloup vyzděný do hloubky 1,2 m, v horní části s žulovou deskou 60x60 cm, ve spodní části 1x1 m/.

Gravimetrickou skupinu tvořily tři gravimetry / dva přístroje GS-12 a Sharpe CG-2, geodetický/.

Program měření :

a/ laboratorní zkoušky na Geodetické observatoři Pecný /kyvadlový sklep/, jejichž společným programem bylo:

- kontrola seřízení gravimetru,
- dynamické zkoušky,
- vnitřní konstanty gravimetru.

Zkoušky byly uskutečněny před zahájením sezony a na její závěr,

b/ cejchování přístrojů na šířkové základně Hřensko - Dolní Dvořiště po zemi a vrtulníkem, časově opět před a po vlastním zaměření věkových bodů,

c/ zaměření tíhových rozdílů mezi věkovými body a jejich připojení na body státní gravimetrické sítě.

Metodika měření za leteckého spojení v jednom dni byla A-B-A-B-A, uskutečněna

ve dvou dnech. Chody přístroje byly uspokojivé, lineární a pohybovaly se od 0,02 - 0,05 mgl/hod. Měření v nezměněné metodice bylo uskutečněno 2x s odstupem 2 - 3 měsíců /každý tíhový rozdíl byl tedy zaměřen celkem 16x jedním přístrojem/.

Metodika pro připojení zajišťovacích bodů na hlavní věkové body na letištích a v Ondřejově byla hvězdicová. Všemi třemi gravimetry bylo měřeno prakticky současně, převoz přístrojů byl uskutečněn auty. Do souboru tohoto měření patří také připojení hlavních věkových bodů na body státní gravimetrické sítě.

Tíhový polygon v údolí Váhu byl rozdělen na dva denní úseky. V první části byl na každém úseku zaměřen opakovaný profil A-B-A-B-A, opět 2x /A,B - body na počátku a na konci profilu/. V druhé části měření bylo pak opakování zkráceno na A-B-A-B, pro velmi nepříznivé dopravní podmínky a časovou náročnost měření /14-18 hod. trval v první části denní úsek/. Opět byl každý úsek změřen 2x /z obou částí bylo tedy získáno 14 měření jednoho tíhového rozdílu s jedním přístrojem/. Vlivem i tak dlouhé doby měření denního úseku se projevil důsledek v povaze chodů, které v průběhu dne měnily své znaménko /chod minimální 0,02/h a maximální až 0,08 mgl/h, přístroj VTOPÚ/. Ke skokům však nedocházelo. V důsledku dostatečného počtu měření na každém bodě profilu bylo možné chod přístroje velmi spolehlivě podchytit. Byly měřeny všechny atmosférické veličiny a dodržovány přísně měřické zásady.

Zbývající izolované body byly připojeny na hlavní věkové body obdobnou metodikou.

Vcelku bylo ujetu jenom gravimetrickou skupinou VTOPÚ autem kolem 18 000 km, letadlem nalétáno asi 13 000 km a vrtulníkem 1200 km; měření bylo náročné a za podmínek velkého dopravního ruchu také obtížné.

3. Vyhodnocení měření

Vcelku probíhá vyhodnocení měření a výpočet tíhových rozdílů podle schématu:

- vyhodnocení polních zápisníků,
- výpočet a zavedení slapových oprav podle tabulek /9/ s kontrolou podle /10/,
- vyhodnocení chodů a jejich zavedení,
- předběžný výpočet relativních hodnot tíhového zrychlení,
- výpočet konstant gravimetrů, platných pro rok 1967 na počítači,
- definitivní výpočet relativních hodnot tíhového zrychlení,
- sestavení tíhových rozdílů,
- technická zpráva; zhotovení grafických podkladů jako závěr prvního tíhového měření na věkových bodech.

Závěrem lze říci, že opakovaná měření tíhových rozdílů mezi věkovými body v průběhu dalšího období /desítky let/ poskytnou jistě pro praxi důležité poznatky. Výsledky těchto měření dají zároveň dobrý přehled o vývoji relativních tíhových měření vysoké přesnosti na našem území.

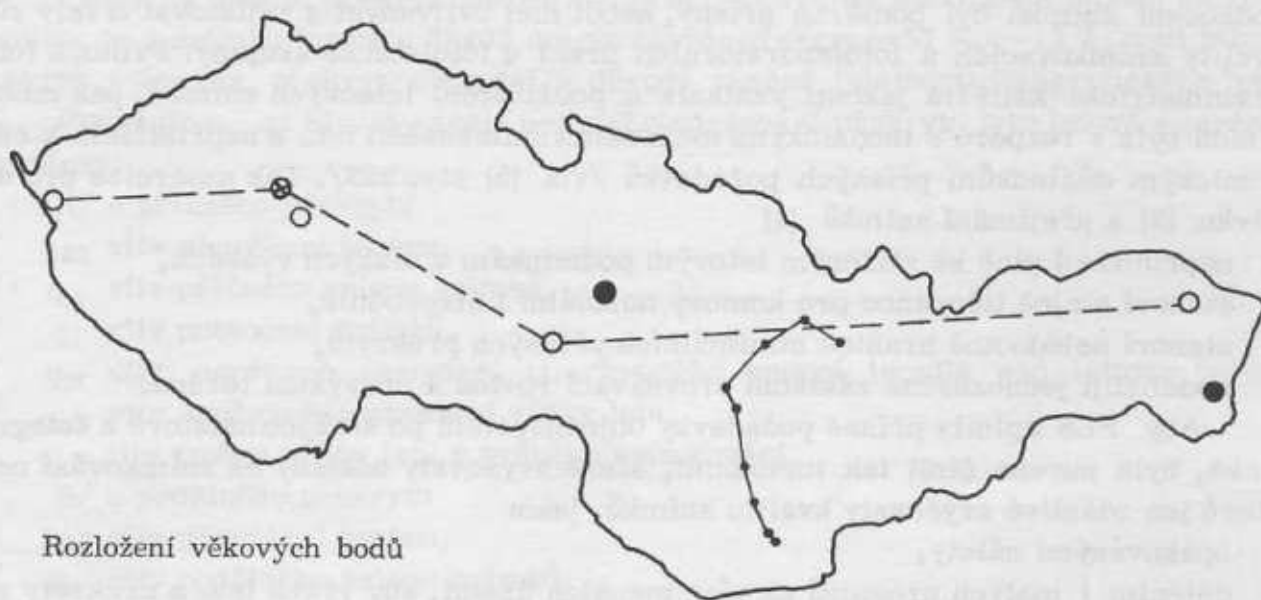
Uskutečnění měření přístrojem GS 12 v r. 1967 za použití vzdušné přepravy bylo zároveň velmi výhodnou zkouškou přístroje pro realizaci úkolů, ke kterým je předurčen, tj. k rozvíjení gravimetrických sítí a pro přenášení hodnot g na velké vzdálenosti.

Tolik pro informaci o účasti měřické skupiny VTOPÚ na gravimetrickém měření pro sledování věkových změn tíhového pole Země na území ČSSR.

Došlo dne 21.2.1968.

Použitá literatura:

- /1/ - Barta G.: The Connection between the Eccentricity of the Geomagnetic Field and the Triaxiality of the Earth /Acta Technica Academiae Scientiarum Hungaricae, XXXVII/.
- /2/ - Barta G.: The Asymmetric Structure of the Earth and the Secular Variation of the Geophysical Phenomena /XIV. zasedání MUGG, Luzern 1967/.
- /3/ - Balabadze B.K. - Devitaja F.F. - Džikija V.M. - Fevzadze N.A.: Organizacija reguljarnych nabljudenij nad sovremennymi dviženijami zemnoj kory na territorii Gruzii. /Geofizičeskij bjuletin, Meždoved. geofis. komitet pri prezidiume AN SSSR, 1965 č. 16/.
- /4/ - Cook A.H.: Report on Absolute Measurement of the Gravity /publ. Luzern roku 1967/.
- /5/ - Bagi R.: A gravitációs tér évszázados változásának tanulmányozása céljából végzett gravimétermérések. /Gravimetrická měření pro studium věkových změn tíhového pole/, /Geofiz. közl., 1966/.
- /6/ - Šimon Z.: Výzkum věkových změn charakteristik tíhového pole Země, rok 1966. /Výzkumná zpráva č. 221, VÚGTK/.
- /7/ - Tráger L. : Sledování věkových změn charakteristik tíhového pole Země. /Projekt, GTÚ, 1965/.
- /8/ - Šimon Z.: Výzkum teplotních vlivů na měření gravimetry /Výzkumná zpráva č. 222, VÚGTK/.
- /9/ - Tridal gravity correction for 1967 /Geophys. Prospect, 1966 č. 1/.
- /10/ - Grafiky popravok za prilivnyje izmenenija sily tjažesti na 1966 i 1967 gody /Mosk. instit. inž. geodezii, aerofot. i kart., Moskva 1965/.



Rozložení věkových bodů

(○ skupiny věkových bodů,

● izolované věkové body,

— — letecké spoje)

★ mezibod Praha, letiště,

— povážský polygon,

Poznámky k leteckému snímkování

Kvalita leteckého snímku, poskytujícího informace fotogrammetrickému mapování, je výsledkem vědeckého a technického úsilí optiků, konstruktérů, mechaniků, chemiků, jakož i odrazem péče a zkušenosti pracovníků zúčastněných na zhotovení leteckého snímku.

Samotný proces hotovení snímků, tj. snímkování a vyvolávání, jest navíc podmíněn kvalitou souhry mnoha osob /zejména pilota, navigátora, fotografa/ a ovlivněn řadou vnějších okolností /zejména meteorologickými podmínkami/. Uvážíme-li dále omezenou volbu negativního materiálu, problémy správné expozice /např. dosud neexistuje fotometr, který by z celkového spektrálního jasu stanovil podíl aktinického světla, tj. světla působícího na danou fotografickou emulzi v dané optické soustavě/, problémy optimálního vyvolání, je nutno konstatovat, že pořízení dobrého leteckého snímku je vědou i uměním. Porovnejme i psychologickou stránku leteckého snímkování s některou zeměměřickou činností. Tak např. geodet již v průběhu samotného měření získává zpravidla dostatek informací o správnosti právě provedených měřicích úkonů a v případě nesprávnosti či pochyb může měření ihned opakovat. Naproti tomu osádka letadla se dovídá o správně provedeném snímkování až po vyvolání filmu. Případný neúspěch - jehož příčina není někdy ani odhalena - je klasifikován jako "nesplněný úkol" a poté napravován novým, nákladným letem.

Protože kvalita leteckého snímku do značné míry ovlivňuje jakost a produktivitu fotogrammetrických prací, přistoupilo se i na fotogrammetrických pracovištích k internímu hodnocení kvality snímků /viz [1], [2], [3], [4]/. Je přirozené, že systém hodnocení snímků byl poměrně přísný, neboť měl ovlivňovat a zajišťovat trvalý růst kvality snímkovacích a fotolaboratorních prací u fotoletecké skupiny. Protože fotogrammetrická kritéria jakosti vznikala u uživatelů leteckých snímků, pak mnohá z nich byla v rozporu s technickými možnostmi snímkového letu a nepřihlížela k ekonomickým důsledkům přísných požadavků /viz [5] str. 323/. Tak směrnice pro dodávku [2] a přejímání snímků [1]

- nepřihlížejí plně ke ztíženým letovým podmínkám v nízkých výškách,
- stanoví stejné tolerance pro komory normální i širokouhlé,
- stanoví nejednotné hranice minimálních příčných překrytů,
- nedefinují jednoznačně základní srovnávací rovinu a převýšení terénu.

Aby FLS splnila přísné požadavky objednavatelů po stránce náletové a fotografické, byla nucena činit tak metodami, které zvyšovaly náklady na snímkování nebo které jen zdánlivě zvyšovaly kvalitu snímků, jako:

- opakovanými nálety,
- dělením i malých prostorů na více menších území, aby výška letu a překryty zapadly lépe do stanovených tolerancí,
- plynulým přizpůsobováním výšky letu terénním nerovnostem, což ovšem mělo za důsledek neklidný let a zvýšené sklony snímků,
- snímkováním jen za optimálního slunečního počasí,
- odmítáním snímkovat v předjaří a v pozdním podzimu z důvodů, že obraz nedosahoval kontrastu předepsaného směrnicemi,
- preferovaného ukazatele fotografické kvality, kontrastu ΔD , bylo docilováno - při

existenci jen jediného druhu filmu - především úpravou volací doby, tedy na úkor jiných důležitých vlastností snímku.

Je možno říci, že dogmaticky pojímané tolerance a příliš náročná kritéria hodnocení byly jednou z příčin, proč produkce snímků - v porovnání s jinými státy a při přepočtu na jedno fotogrammetrické letadlo - byla nízká.

Nové směrnice [6] z r.1967 proto oprávněně rozšiřují letové tolerance, přizpůsobují překryty jednotlivým typům komor a zavádějí individuální výšku letu pro každou snímkovou řadu.

V zájmu dobrých vztahů mezi výrobcem a uživatelem leteckých snímků bude prospěšné, budou-li objednavatelé leteckého snímkování informováni, z jakých údajů a za jakých podmínek byly odvozeny např. hodnoty dovolených překrytů. Z odvození bude totiž patrné, že není možné určit letové tolerance jednoznačně a zcela spolehlivě, a dále, že docílení ideálního či nevyhovujícího překrytu je spíše zásluhou příznivých či nepříznivých letových podmínek než výsledkem výtečné či špatné práce osádky.

Konkrétní rozbor letových podmínek se bude vztahovat na tuto leteckou, navigační a fotografickou techniku, nejnověji u nás používanou :

Letoun IL-14-F, maximální váha 17 t, nejmenší pracovní rychlost 200 km/h, maximální cestovní rychlost 350 km/h, spotřeba pohonných hmot cca 400 kg/h; letecká komora Rc-5a, formát 23x23 cm, $f=153$ mm, řízení překrytů pomocí překrytoměru;

navigační přístroje obvyklé jako u letounu LI-2, tj. vizuální orientace, barometrický výškoměr.

Podmínky pro udržení překrytů

I když za ideální překryt snímků, tj. překryt dávající maximální plochu stereodvojice, je u snímku formátu 23x23 cm považován překryt $p=57\%$, $q=13\%$, není takový překryt volen za překryt základní z důvodů značné labilnosti fotografického letu.

Považujeme za hlavní zdroje nejistého udržování překrytu tyto letové a terénní podmínky:

A/ u příčného překrytu

- a/ $q_{\Delta Z}$ vliv převýšení terénu,
- b/ q_{ω} vliv příčného sklonu snímků,
- c/ q_x vliv pootočení snímků,
- d/ q_N vliv nepřesné navigace, tj. chybného vedení letadla nad letovou čarou,
- e/ $q_{\Delta H}$ vliv nepřesného nasazení výšky letu,
- f/ $q_{\delta H}$ vliv změny výšky letu v průběhu snímkování,

B/ u podélného překrytu

- a/ $p_{\Delta Z}$ vliv převýšení terénu,
- b/ p_{φ} vliv podélného sklonu snímků,
- c/ p_x vliv pootočení snímků,
- d/ $p_{\delta H}$ vliv změny výšky letu v průběhu snímkování.

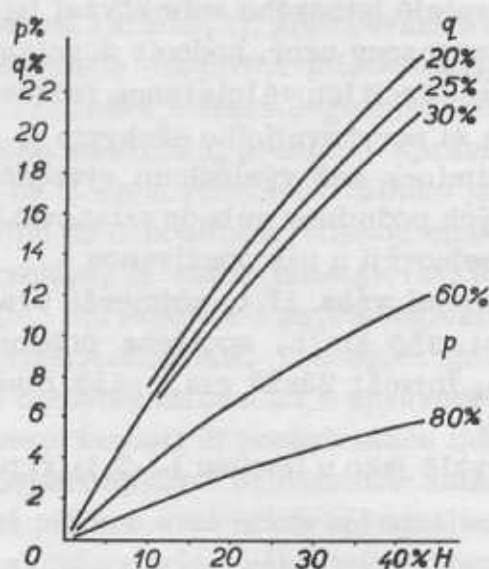
Převýšení terénu

Při výpočtu nejistoty překrytů je převýšení jediný faktor, který je možno stanovit objektivně a jednoznačně, máme-li k dispozici vrstevnicovou mapu. Protože základní srovnávací rovina byla proložena nejvyšším bodem snímkovaného území

/viz [6] str.23/, pak vliv převýšení se vlastně projevuje vždy jako přírůstek překrytů $q_{\Delta Z}$, $p_{\Delta Z}$ a to v závislosti na snížení terénu ΔZ , výšce letu H , a velikosti překrytů podle vzorce

$$q_{\Delta Z} = \frac{\Delta Z}{H_z + \Delta Z} (100 - q), \quad p_{\Delta Z} = \frac{\Delta Z}{H_z + \Delta Z} (100 - p).$$

Graficky je vyjádřen vliv převýšení pro běžně používané překryty na obr. 1.



Obr. 1 Růst překrytů $q_{\Delta Z}$, $p_{\Delta Z}$ v závislosti na snížení terénu, vyjádřeném v % výšky letu

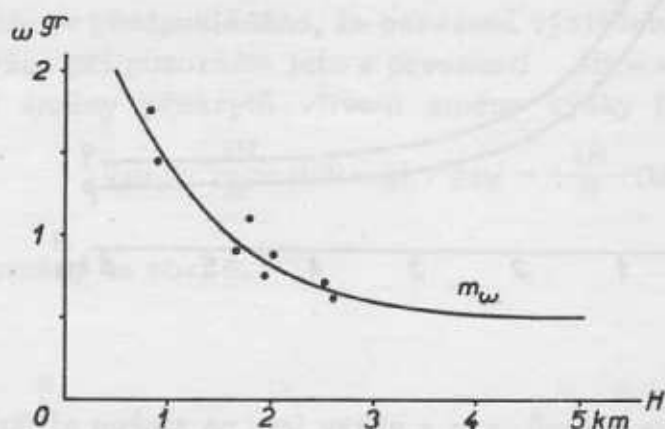
Vypočtený přírůstek překrytu z převýšení se projeví plně u příčného překrytu, u podélného překrytu jen u komor s předem nastaveným konstantním intervalem mezi expozicemi. Avšak u většiny našich komor je možno podélný překryt regulovat s ohledem na právě přelétávaný terén, takže vliv převýšení terénu je pak značně zmírňován. Stanovit konkrétní stupeň kompenzace podélného překrytu je obtížné, neboť je závislý na typu komory, výšce letu, rychlosti letu, členitosti terénu a na pečlivosti, s jakou osádka překryt reguluje. Ve výpočtu budeme předpokládat, že regulátor překrytu snižuje vliv převýšení u podélného překrytu na jednu třetinu, a to jednotně pro všechny výšky letu.

Sklony snímků

Přestože sklony snímků představují hlavní zdroj nejistoty přskrytů, je nutno konstatovat, že nemáme dostatek vlastních statistických šetření o jejich velikostech. Tak např. střední velikost sklonů, uvedená v [6] na str. 23 a to $m_{\omega} = \pm 0,80^{\circ}$, $m_{\varphi} = \pm 0,75^{\circ}$ byla odvozena ze snímků pro mapování v měř. 1:10 000, tj. platí výhradně pro střední výšku letu /kolem 2000 m/ a pro použitý letoun LI-2. Ve výškách letu do 1500m je vliv turbulencí značný, proto let je téměř vždy neklidný a sklony snímků jsou větší. Naopak ve výškách nad 2000 m bývá proudění vzduchu rovnoměrné a horizontální, let je klidnější a sklony letounu jsou malé.

Pravděpodobný průběh sklonů v různých výškách, a to pouze sklonů ω , bylo

možno vykonstruovat /viz obr. 2/ s použitím 6 údajů o středním příčném sklonu snímků ve výškách letu kolem 900 a 1800 m, uveřejněných v čas. "Bildm. u. Luftbildw." č. 3/1965. Ukáže-li ovšem budoucí šetření u snímků, pořízených z letounu IL-14-F, podstatně jiný průběh sklonů, pak se podstatně změní i velikost vypočtených překrytů.



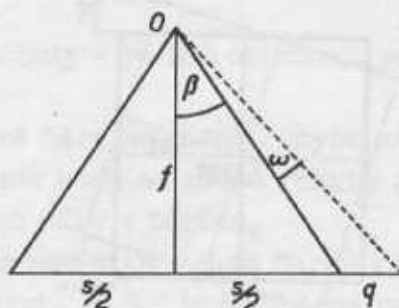
Obr. 2 Střední příčné sklony snímků m_ω v závislosti na výšce letu

V tabulce 1 jsou z obr. 2 odvozeny konkrétní hodnoty sklonů m_ω , dále ω_{max} jako 2,5násobek m_ω . Protože údaje o sklonech podélných φ nebyly vůbec k dispozici, bylo $\Delta\varphi_{max}$ odvozeno jako 2násobek m_ω .

Tabulka 1

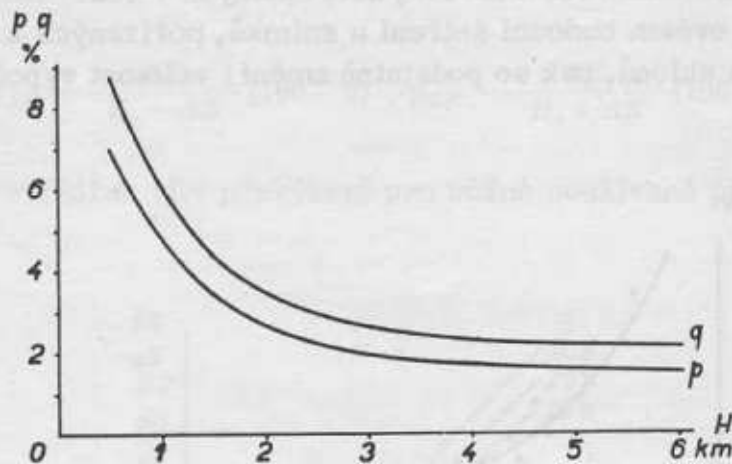
Výška letu H	0,5	1	1,5	2	3	4	5km
m_ω	2,0	1,4	1,1	0,8	0,6	0,55	0,5 ^s
ω_{max}	5,0	3,5	2,75	2,0	1,5	1,4	1,25 ^s
$\Delta\varphi_{max}$	4,0	2,8	2,2	1,6	1,2	1,1	1,0 ^s

Sklon snímku /viz obr. 3/ ovlivňuje změnu překrytu /v %/ podle vztahu
 $q_\omega = 66,1 \operatorname{tg}(\beta + \omega) - 50$; $p_\varphi = 66,1 \operatorname{tg}(\beta + \varphi) - 50$.



Obr.3 Vliv sklonu snímku na změnu překrytu

Konkrétní maximální změny překrytů pro různé výšky letu jsou vyjádřeny s použitím údajů z tabulky 1 graficky na obr. 4.



Obr. 4 Vliv sklonů ω, φ a výšky letu na změnu překrytů

Vliv podélného sklonu na podélný překryt je podmíněn jen vzájemným sklonem $\Delta\varphi$ mezi dvěma sousedními snímky. Naproti tomu příčný překryt je výsledkem příčného sklonu snímků ze sousedních řad; proto očekávaná maximální změna příčného překrytu je dána dvojnásobným kvadratickým součtem, tj. $\sqrt{2}$ krát větší.

Pootočení snímků

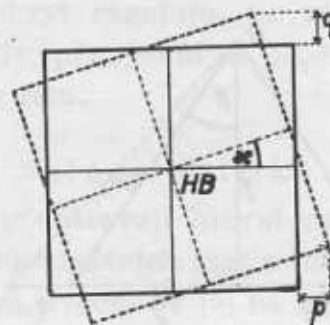
Při výpočtu změn překrytů se uplatňuje u podélného překrytu pouze relativní pootočení $\Delta\kappa$, u příčného překrytu absolutní hodnoty pootočení κ . Z důvodů nedostatečné znalosti o směrové stabilitě letounu předpokládejme, že velikosti pootočení nejsou závislé na výšce letu. Za maximální hodnoty pootočení zvolme:

relativní pootočení snímků v řadě $\Delta\kappa_{\max} = 2^{\circ}$,

absolutní pootočení $\kappa = 3^{\circ}$.

Vliv pootočení snímků na překryt je odvozen z obr. 5 a vyjádřen v % vztahem:

$$p_{\kappa} = 0,78 \kappa^2 ; q_{\kappa} = 0,78 \kappa^2 .$$



Obr. 5 Vliv pootočení snímků κ na změnu překrytů

Příčný překryt je ovšem ovlivněn i pootočením snímku ze sousední řady, proto očekávaná maximální změna příčného překrytu je dána dvojnásobným kvadratickým součtem.

Změna výšky letu

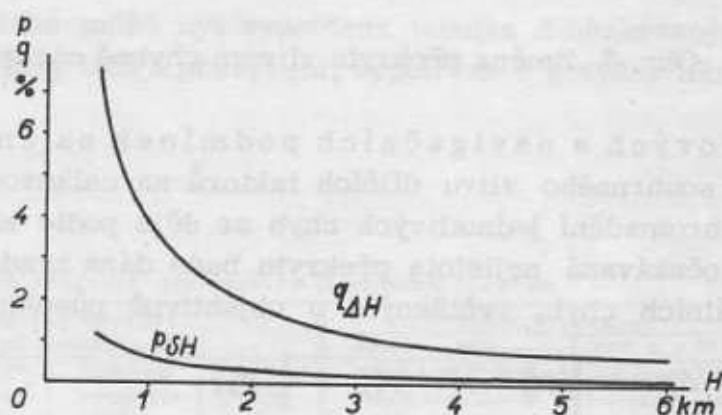
Výška letu při snímkování je nasazována podle údajů barometru, jehož přesnost činí 50 m. Chyba $\Delta H = \pm 50$ m pak zpravidla působí systematicky v průběhu snímkování celého prostoru. Vliv chybné výšky se plně projevuje jen na změně příčného překrytu; u podélného překrytu je kompenzována chybná výška regulací překrytoměru.

Naproti tomu je předpokládáno, že nasazená výška letu v průběhu snímkové řady může být udržována při pozorném letu s přesností $\delta H = \pm 15$ m.

Maximální změny překrytů vlivem změny výšky letu jsou určeny ze vztahů

$$q_{\delta H} = \frac{\delta H}{H} (100 - q) ; p_{\delta H} = \frac{\delta H}{H} (100 - p)$$

a graficky znázorněny na obr. 6.



Obr. 6 Změny překrytů vlivem změny výšky letu $\Delta H, \delta H$

U příčného překrytu se vliv δH uplatňuje dvojnásobným kvadratickým součtem.

Nepřesnosti letu nad letovou čarou

Předpokládejme, že nepřesnost letu nad stanovenou čarou v terénu je - u poměrně rychlého letounu IL-14 - dána vztahem

$$D = \pm (60 \text{ m} + 2 \% H)$$

V hodnotě D jsou zahrnuty - je-li k orientaci použita mapa měř. 1:25 000 - tyto chyby:

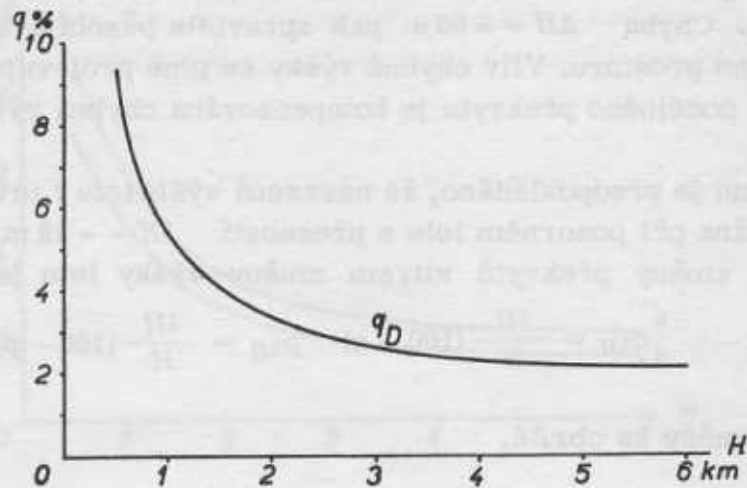
- nepřesnost zákresu letové čáry na mapě /chyba až ± 5 m/,
- chybný zákres orientačních bodů na mapě /chyba až ± 35 m/,
- chyba v identifikaci letové čáry v terénu,
- nemožnost udržet letouny nad stanovenou čarou v terénu aj.

Změna příčného překrytu /v %/ je vyčíslena podle vzorce

$$q_N = 66,7 \frac{D}{H}$$

a graficky znázorněna na obr. 7. Skutečná maximální změna je $\sqrt{2}$ krát větší, neboť musí být uvážena navigační chyba i v sousední řadě.

Je zřejmé, že tyto přísné požadavky na navigaci jsou dosažitelné, jen existují-li dobré, opravované mapy a je-li dostatek dobře viditelných orientačních bodů.



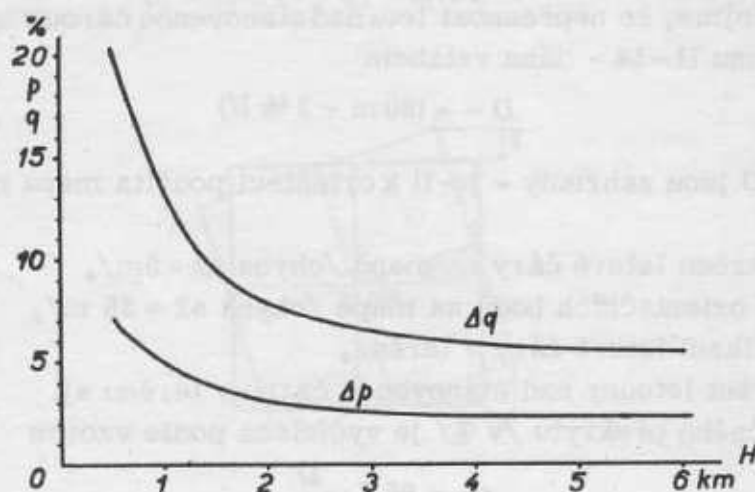
Obr. 7 Změna překrytu vlivem chybné navigace

Celkový vliv letových a navigačních podmínek na změnu překrytů
 Při stanovení souhrnného vlivu dílčích faktorů na celkovou změnu překrytů předpokládejme, že hromadění jednotlivých chyb se děje podle zákonů nahodilosti, a že tedy celková očekávaná nejistota překrytu bude dána kvadratickým součtem jednotlivých maximálních chyb, zvětšeným o objektivně působící vliv převýšení

$$\Delta p = \pm \sqrt{p_{\varphi}^2 + p_x^2 + p_{\delta H}^2} + \frac{1}{3} p_{\Delta Z}$$

$$\Delta q = \pm \sqrt{2q_w^2 + 2q_x^2 + 2q_{\delta H}^2 + q_{\Delta H}^2 + 2q_N^2} + q_{\Delta Z}$$

Pro libovolné výšky letu je nejistota překrytů odečítána na grafu v obr. 8. Vliv převýšení zde není zahrnut.



Obr. 8 Maximální očekávané odchylky Δp , Δq od základního překrytu vlivem letových a navigačních podmínek pro komoru $f = 15$ cm, formát 23x23 cm

Překrytová tolerance

Při stanovení konkrétních překrytů vycházíme z tzv. minimálního překrytu, tj. překrytu, jehož velikost ještě dobře vyhovuje pro stereoskopická vyhodnocování. Byl-li pro snímky formátu 18x18 cm volen $q_0 = 15\%$, pak analogicky pro formát 23x23 cm zvolíme $q_0 = 12\%$ /tj. 2,7 cm společného překrytu/. V projektu snímkového letu je však vhodněji formulovat požadavek na příčný překryt základním překrytem q_z , do kterého je zahrnuta i nejistota udržení překrytu, tedy

$$q_z = q_0 + \Delta q$$

Základní příčný překryt je proměnlivý - zvětšuje se při zmenšující se výšce letu.

U podélného překrytu je volen jednotný základní překryt $p_z = p_0 = 60, \text{ resp. } 80\%$.

Očekávané rozmezí překrytů - přihlédneme-li k vlivu převýšení - je dáno vztahy

$$q_{\min} = q_z - \Delta q = q_0,$$

$$p_{\min} = p_z - \Delta p,$$

$$q_{\max} = q_z + \Delta q + q_{\Delta Z},$$

$$p_{\max} = p_z + \Delta p + \frac{1}{3} p_{\Delta Z}$$

Z těchto vztahů může být vypočtena tabulka 2 očekávaných maximálních překrytů pro různé výšky letu a převýšení, vyjádřené v % výšky letu.

2. Tabulka očekávaných překrytů pro komoru $f = 15 \text{ cm}$, formát 23 x 23 cm

Výška letu H_z	Převýšení $\Delta Z = 0\%$ -10% -20% -30%	Příčný překryt /při zvoleném $q_0 = 12\%$ /			Podélný překryt				Očekávaná nejistota průměrného měřítka snímků m_s
		Překryt základní q_z	Očekávaný rozsah překrytů $q_{\min} - q_{\max}$	Průměrný překryt q_p	pro $p_z = 60\%$		pro $p_z = 80\%$		
					Očekávaný rozsah překrytů $p_{\min} - p_{\max} \times$	Průměrný překryt p_p	Očekávaný rozsah překrytů $p_{\min} - p_{\max}$	Průměrný překryt p_p	
		%	%	%	%	%	%	%	
500 m	0 m		12 - 52	32	53 - 67	60	73 - 87	80	3270 - 13%
	50		12 - 58	35	53 - 68	60,5	73 - 87,5	80,5	3430 - 17%
	100	32	12 - 64	38	53 - 69	61	73 - 88	80,5	3600 - 21%
1000	150		12 - 68	40	53 - 70	61,5	73 - 88,5	81	3760 - 24%
	0		12 - 37	24,5	55 - 65	60	75 - 85	80	6540 - 7%
	100		12 - 44	28	55 - 66	60,5	75 - 85,5	80,5	6860 - 11%
1500	200	24,5	12 - 49	30,5	55 - 67	61	75 - 86	80,5	7190 - 15%
	300		12 - 54	33	55 - 68	61,5	75 - 86,5	81	7520 - 19%
	0		12 - 31	21,5	56 - 64	60	76 - 84	80	9800 - 4%
2000	150		12 - 36	25	56 - 65	60,5	76 - 84,5	80,5	10 290 - 9%
	300	21,5	12 - 44	28	56 - 66	61	76 - 85	80,5	10 780 - 13%
	450		12 - 49	30,5	56 - 67	61,5	76 - 85,5	81	11 275 - 17%
3000	0		12 - 28	20	57 - 63	60	77 - 83	80	13 070 - 3%
	200		12 - 35	23,5	57 - 64	60,5	77 - 83,5	80,5	13 730 - 6%
	400	20	12 - 41	26,5	57 - 65	61	77 - 84	80,5	14 380 - 13%
5000	600		12 - 46	29	57 - 66	61,5	77 - 84,5	81	15 030 - 16%
	0		12 - 25	18,5	57,5 - 62,5	60	77,5 - 82,5	80	19 610 - 2%
	300		12 - 32	22	57,5 - 63,5	60,5	77,5 - 83	80,5	20 590 - 7%
5000	600	18,5	12 - 38	25	57,5 - 64,5	61	77,5 - 83,5	80,5	21 570 - 12%
	900		12 - 43	27,5	57,5 - 65,5	61,5	77,5 - 84	81	22 550 - 15%
	0		12 - 23	17,5	58 - 62	60	78 - 82	80	32 680 - 1%
5000	500		12 - 30	21	58 - 63	60,5	78 - 82,5	80,5	34 310 - 6%
	1000	17,5	12 - 36	24	58 - 64	61	78 - 83	80,5	45 950 - 10%
	1500		12 - 41	26,5	58 - 65	61,5	78 - 83,5	81	37 580 - 14%

Byl-li zvolen pro q_0 jiný minimální překryt než 12 %, změní se o tutéž hodnotu základní překryt i ostatní hodnoty příčného překrytu, uvedené v tabulce.

Z tabulky podélných překrytů je možno usoudit, že základní podélný překryt by mohl být při výškách letu nad 4000 m zmenšen na $p_1 = 58$, resp. 78 %.

Platnost tabulek

Sestavené tabulky nelze považovat za zcela objektivní a neměnné. Mnohé dílčí chyby byly stanoveny pouze odhadem, neboť jejich speciální průzkum by byl velmi pracný. Ba naopak, docílení překrytových tolerancí, uvedených v tabulce, je nutně pokládat za výtečné splnění letových parametrů, neboť

- do výpočtu nebyly vzaty tolerance povolené směrnicemi /např. sklony snímků 5^s pro všechny výšky letu, stočení \times do 5^s aj./,
- nebyly vzaty v úvahu četné jiné okolnosti, mající vliv na kvalitu překrytu /jako krátkodobé změny rychlosti letu/ a zejména fyzický a duševní stav osádky /ve výškách nad 3000 nastává zvýšená únavnost osádky vlivem sníženého podílu kyslíku ve vzduchu, na kvalitu její práce působí nutně kymácení letounu, trvalý hluk, opakující se celodenní letová doba aj./.

Dále z důvodů, že velký počet úkolů nutí snímkovat i za méně výhodného počasí, a v neposlední řadě i z důvodů ekonomických /nákladnost opakovaného letu/, je nutno uznávat za ještě způsobilé pro vyhodnocení i snímky s překrytem minimálně $p = 52$ %, $q = 4$ %; maximální velikosti překrytů není nutno uvádět, protože takové snímky jsou vždy "ještě způsobilé" k vyhodnocení. Avšak počet snímků s takovým sníženým nebo nadměrným překrytem by měl být omezen cca na 10 - 15 % všech snímků při další podmínce, že takové snímky se v prostoru vyskytují jednotlivě. Jestliže se tyto mezní překryty vyskytují soustavně v jedné řadě, má být zmíněná řada nalétnuta znova.

Může být dále sporné, zda hromadění vlivů podle kvadratického součtu správně vystihuje snímkový děj. Ba spíše je pravděpodobné, že dosud neuvažovaný a přesto závažný faktor - meteorologické podmínky - způsobí, že se budou hromadit extrémní chyby, tedy chyby buď jen malé nebo stále jen velké. Tak např. nárazovitý vítr vyvolá při nízkém letu nejen zvýšené sklony a stočení snímků, ale i velké změny ve výšce letu, zhoršené vedení letounu po letové čáře. To vše je "násobeno" zvýšenou nervozitou osádky. Pravděpodobný výsledek - nevyhovující náletová kvalita snímků.

Pohyblivá hranice minimálního překrytu q_0

Předmětem diskuse může být i velikost minimálního překrytu. V předešlém výpočtu zvolený překryt $q_0 = 12$ % pro všechny výšky letu je možno považovat v normálních podmínkách za zcela postačující a zaručující, že u převážné většiny snímků bude docíleno překrytových tolerancí, uvedených v tabulce 2. Dá se ovšem zdůvodnit i snížený překryt o 1 až 2 %, jestliže případný nedostatečný překryt - riziko zde přejímá objednavatel snímkování - nebude závadou, např. u předběžných informačních letů. Naproti tomu je vhodné zvětšit překryt o 1 až 3 % při požadavku na zvětšený nebo zcela bezpečný překryt; podmínky k tomu mohou nastat :

A/ z hlediska zadavatele leteckého snímkování :

- a/ v prostoru náletu je monotónní území /lesy, vody/, takže na snímcích budou s velikými potížemi hledány terénní vlíčovací body nebo modelové navazovací body;
- b/ v prostoru příčného překrytu byly signalizovány vlíčovací body s určitou odlehlostí od osy ideálního překrytu;
- c/ je kladen požadavek na zvýšený příčný překryt u okrajových řad prostoru.

B/ Z hlediska snímkového letu : Je vhodné uvažovat o zvýšení příčného překrytu, jestliže

- a/ v prostoru letu nejsou přesné či dostatečně podrobné mapy ani snímky malého měřítka;
- b/ letovou čáru zakreslenou na mapě není možno v terénu přesně identifikovat pro nedostatek orientačních bodů;
- c/ v místě letu jsou zhoršené meteorologické podmínky /nárazovitý vítr aj./.

Podmínky ad Bb/, Bc/ budou však zjištěny až v náletovém prostoru. Z toho vyplývá, že i osádka by měla mít v mimořádných případech pravomoc zvětšit stanovený základní příčný překryt o 1 až 3 % /což skutečným odpovídajícím zvětšením výšky letu/. Takové opatření bude prospěšné oběma stranám, neboť může zabránit opakování letu. Tak např. na jaře 1967 se vrátila osádka letounu neúspěšně ze signalizovaného prostoru, protože silný přízemní a nárazovitý vítr vylučoval splnění úkolu po stránce náletové při určené výšce letu. Zhoršené počasí poté snímkování nedovolilo a po dalších dvou týdnech bylo snímkování odvoláno jako neúčelné z důvodů vzrostlého porostu. Zmapování území muselo být provedeno polními geodetickými metodami, čímž objedávající organizaci vznikly značné finanční a časové ztráty.

Jeví se proto účelným, aby základní překryt q_z pro určité měřítko nebyl ve směrnících stanoven jako neměnná, závazná hodnota, ale aby q_z byl do určité míry pohyblivý s ohledem na požadavky zadavatele i s ohledem na možnosti a podmínky snímkování.

Plánování snímkového letu

Protože z hlediska překrytů jsou nejvíce nebezpečným prostorem rohy modelu, postačí zjišťovat nejvyšší bod terénu právě v prostoru příčného překrytu snímkových řad. Na mapě se zákřesem projektovaných letových čar hledáme tento nejvyšší bod v pruzích, jež jsou zakresleny kolem osy příčného překrytu v šířce cca 1/5 odlehlosti letových čar.

Letové tolerance v zahraničí

Při porovnávání našich a zahraničních letových tolerancí, byly naše podmínky do r. 1966 velmi přísné a i dnes jsou velmi detailní. Uvedme letové tolerance některých západních států, jak o nich bylo referováno na fotogrammetrickém kongresu 1964 v Lisabonu:

Francie : $\Delta p = \pm 5 \%$, $q = 30 \%$ až 1 cm od okraje snímku. V kopcovitém a hornatém terénu jsou povoleny odchylky větší. Počet opakovaných letů 0,3 %.

Švédsko : $\Delta p = \pm 5 \%$, $q_{\min} = 1$ cm od kraje snímku, $\Delta H = \pm 100$ m. Počet opakovaných letů 2 %.

Kanada : V rovinném terénu $p = 54 - 66 \%$, v terénu s převýšením 5 - 15 %.
 $H p = 52 - 68 \%$. Průměrný $q_p = 30 \pm 10 \%$ v rovinném terénu, při převýšení nad 5 % H jsou dovoleny odchylky. Minimální příčný překryt $q_{\min} = 5 \%$. Maximální sklony snímku 5° , stočení 3° .

USA : Jsou sice stanoveny tolerance, avšak značná část snímku je překračuje. S ohledem na nákladnost snímkových letů a produktivitu nejsou snímky odmítány.

Poznámka: Podle Manual of Photogrammetry, Washington 1966, jsou stanoveny tolerance v USA takto: v rovinném terénu $p = 60 \pm 5 \%$, $q = 15 - 45 \%$. Maximální sklony 4° , stočení 10° . Dodržení letu nad let.čarou $\pm 10 \%$ H.

Jsou takto jednoduše a vlastně neúplně definované tolerance příznakem nedokonalé propracovanosti techniky snímkování či svědčí o tom, že zadavatelé leteckého snímkování mají plnou důvěru v letce, že tito při daném instrumentálním vybavení a v daných terénních a meteorologických podmínkách uskuteční snímkový let s maximální dovedností a pečlivostí ?

Při porovnání technické dokonalosti a vybavenosti fotogrammetrických letounů je nutno konstatovat, že není podstatný rozdíl, lépe řečeno, je stejně primitivní jako u nás. Existují ovšem letouny, vybavené radionavigačním či Dopplerovým systémem, gyrostabilizovanými komorami, automatickým překrytoměrem, profilografem a jinými pomocnými zařízeními, avšak takové letouny jsou určeny výhradně pro fotogrammetrická snímkování území s velmi řídkým geodetickým podkladem. Naprosto nejsou používány pro běžné lety v územích s hustým geodetickým podkladem, neboť provoz takových letounů je technicky a finančně velmi náročný. Ve státech, kde jsou k dispozici čerstvé a podrobné mapy, jsou pokládány za dostatečně přesnou pomůcku pro navigaci vizuálním způsobem.

Počet používaných typů leteckých komor je zpravidla menší než u nás, někde omezen prakticky na jediný typ. V současné době je touto standardní komorou ve V. Britanii, Kanadě, USA, Švédsku komora $f=15$ cm, s formátem snímků 23x23 cm; před objektiv komory nasazovaný odstiňovací filtr jednak umožňuje získávat snímky v celé své ploše světelně vyrovnané, jednak usnadňuje volbu expozice /rozšiřuje rozsah vyhovujících expozičních časů/. Po organizační stránce jsou fotografické letky na Západě přičleněny zpravidla k fotogrammetrickým ústavům.

Periodické snímkování státního území

Letecké snímkování je velmi nákladné a je zřejmé, že značná cena našich snímků /i když úhrada za snímkování zdaleka nekryje skutečné výlohy na udržování a provoz letecké skupiny/ je určitou zábranou pro jejich intenzívnější využívání. Je skutečností, že objednávka leteckého snímkování je výhodná, je-li snímků využito pro účely mapovací; avšak přináší jen malý nebo dokonce záporný výsledek - posuzuje-li se jen efekt finanční -, je-li snímků využito pro některé práce interpretační, evidenční, taxační, projekční, geologické aj. Proto se pro tyto práce u nás využívá pokud možno snímků ze starších náletů, které jsou zájemcům půjčovány téměř zdarma. V prostorech, kde nejsou snímky vhodného data či měřítka, není letecké snímkování vyžadováno, ačkoli i zde - při zvýšených finančních nákladech - by použití snímků znamenalo zkvalitnění a urychlení zmíněných interpretačních prací, úsporu pracovních sil a tedy celospolečensky efektivní vynaložení existující techniky.

Z tohoto důvodu pokládají některé státy letecké snímkování svého území nejen za prostředek mapování a za cenný historický dokument, ale i za obecně prospěšné, všestranně využitelné dílo. Snímkování - jemuž je přikládán stejný význam jako celostátnímu mapování - je proto prováděno na celém území systematicky a periodicky. Volba měřítka snímkování je dána speciálními podmínkami dané země. Tak např. Francie snímkuje své území v měřítku 1:25 000 vždy po pěti letech, Japonsko v měřítku 1:20 000 po pěti a v důležitých oblastech po třech letech. Oba státy mají na celém území maximální měřítko mapy 1:25 000.

Jestliže bychom uvažovali o periodickém snímkování našeho území, pak měřítko snímků musí vyhovovat pro hotovení aktuální a dosud jen z malé části existující celostátní technickohospodářské mapy měř. 1:5000, tj. měřítko snímků 1:15 000 až 1:18 000. Dá se předpokládat, že toto měřítko snímků by mohlo krýt značnou část po-

žadavků na letecké snímkování pro tyto účely:

- k pořízení mapy měřítka 1:5000 / mapa THM a lesnická mapa/;
- k periodickému pořizování fotoplánů měřítka 1:5000 / a v případě nutnosti i měřítka 1:2500 / pro účely zemědělské, plánovací, projekční, energetické, lesnické aj.;
- k taxaci lesních porostů a k jiným interpretačním a evidenčním účelům;
- pro údržbu a revizi map měřítka 1:2880, 1:5000, 1:10 000, 1:25 000 a 1:50 000.

Při zvoleném měřítku snímkování 1:18 000, komoře $f = 153$ mm, formátu snímků 23x23 cm je k pokrytí našeho území / při $p=60\%$ / potřebí 27 000 snímků; při rozvržení snímkování na 5 roků - cca 6 000 snímků ročně. Úhrada zapůjčených snímků by měla být odstupňována podle způsobu využití - zda pro účely mapovací či jen interpretační.

Pro samotnou FLS by přineslo celostátní snímkování tyto výhody:

- odpadla by řada drobných úkolů, které jsou relativně velmi náročné na letové hodiny a fotolaboratorní zpracování;
- značná část snímkovacích prací by získala charakter hromadného snímkování / tj. snímkování stejným typem komory, za přibližně stejných meteorologických podmínek/, které je nutnou podmínkou i hromadného, automatizovaného laboratorního vyvolávání a zhotovování snímků.

Stabilní opěrné body

I když fotogrammetrické metody se staly převládajícím způsobem mapování, není jim dosud přizpůsobena síť geodetických bodů. Při každém novém snímkování jsou nově zaměřovány vlíčovací či opěrné body nebo znovu je prováděno fotogrammetrické zhušťování. Protože požadavek na vlíčovací či opěrné body bude trvalý /hotovení map velkých měřítek, údržba map všech měřítek, periodické zhotovování ortofotoplánů/, jeví se účelným budovat stabilní síť fotogrammetrických opěrných bodů. Body této sítě mohou být :

trvale osignalizované některé body geodetické sítě;

body s přirozenou či umělou signalizací, jako průsečíky os pravoúhlých komunikací, středy můstků, obílené betonové okraje můstků, obílené kryty šachtic, štítů střech aj.; souřadnice těchto bodů budou určovány geodetickým měřením nebo fotogrammetrickou aerotriangulací.

Ideální a konečná hustota těchto bodů : 1 bod na 1 km.²

Na postupném budování této sítě by se měly podílet všechny měřické organizace vyžadující letecké snímkování a provádějící geodetická měření a fotogrammetrická zhušťování.

Závěry

Tolerance překrytí musí být stanovena individuálně pro určitý typ komory /ohniskovou vzdálenost a formát snímku/, typ letounu a dané navigační a pilotážní zařízení. Jakákoli změna této techniky vyvolává nutnost stanovení nových tolerancí.

Podmínky pro udržení překrytí se značně zhoršují v nízkých výškách letu a při použití komor o větší ohniskové vzdálenosti.

Pro nízké lety musí být volen stabilní letoun s případným automatickým pilotážním zařízením a určena osádka specializovaná pro nízké lety.

Rychle narůstající sklony snímků činí letecké snímkování z přízemních výšek a při dosavadním zařízením prakticky nemožným. V tomto směru nutno - v našich podmínkách - spatřovat hlavní přínos gyrostabilizovaných komor.

Nejistota překrytů v malých výškách letu je značně zvyšována /viz obr. 6/ přístrojovou chybou barometru = 50 m. Proto se v letounu pro nízké lety jeví účelným instalování rádiového výškoměru, kterým je možno barometrický údaj výšky občas kontrolovat. Pro udržení stálé výšky letu ve snímkové řadě je účelné zamontovat statoskop v kabině pilota.

Není možno požadovat letecké snímkování "I. jakostní třídy", neboť její docílení je buď nahodilé nebo výsledkem opakovaných letů a navíc podmíněno zvláště dobrým počasím. Proto objednávka snímků I. kvality po stránce náletové a fotografické by měla být vázána zvýšenou /dvojnásobnou/ úhradou za snímkový let.

Došlo dne 29.11.1967.

Použitá literatura

- [1] - Technické pokyny pro přejímání a zhodnocení fotoleteckých a fotografických prací. ÚSGK 1958.
- [2] - Základní podmínky dodávky leteckých snímků. MNO 1961.
- [3] - Puškár : Kontrola a hodnotenie akosti leteckých fotogrammetrických snímkov VTO č. 2/1963.
- [4] - Maršík : Hodnocení kvality leteckých měřických snímků. Geod. a kartogr. obzor č. 7/1965.
- [5] - Grygar : Podmínky ovlivňující přesnost náletu a dodržení příčného překrytu Geodet. a kartograf. obzor č. 12/1966.
- [6] - Směrnice pro zhotovování a zapůjčování leteckých měřických snímků. MNO 1967.

Zjišťování charakteru filmových podložek se zřetelem k archivaci leteckých snímků

Úvod

Zvýšené možnosti využívání leteckých snímků v mnoha oborech, ať už v zeměměřictví, lesnictví, v ostatních inženýrských oborech, dále v geologii, zemědělství, archeologii, pro propagační účely atd., vedou k jejich rostoucí výrobě.

Letecký negativ jako prvotní doklad je po zpracování, tj. po výrobě odvozenin z tohoto snímku, uložen k archivaci. Hromadí se tak velmi cenný materiál, schopný vydat svědectví o měnící se tvářnosti krajiny, růstu sídlišť, železniční a silniční sítě, vodních staveb a průmyslových objektů, stavu lesních porostů a zemědělské půdy během určitého historického období. Dále např. letecké snímky dokumentují rozsah živelních pohrom, polomů, záplav atd. v určitých letech. Je proto pochopitelná snaha zachovat letecký snímek jako doklad co nejdéle - i když jeho měřická hodnota po určité době mizí. Zůstává letecký snímek jako doklad sám o sobě se svou historickou cenou.

Při zachování optimálních podmínek archivace /bezprašnost, nehlukné prostředí, stálá relativní vlhkost a teplota vzduchu, bezpečnostní opatření proti požárům/ není ještě zaručena neomezená trvanlivost leteckých snímků. Zde vstupují na scénu velmi nenápadné, ale o to důležitější vlivy chemické. Jejich působením může dojít k znehodnocení fotografického obrazu a dokonce i ke zničení vlastního snímku. Tyto vlivy lze rozdělit do dvou skupin:

1. Vliv stop chemikálií z fotochemického zpracování negativu, tj. nedokonalé ustálení /stopy komplexních solí stříbra/ a dále nedostačující vyprání negativu /zbytky sírnatanu/. Tento vliv se zatím projevuje u starších ročníků. V současné době známé chemické analytické metody dovolují naprosto standardní výrobu a kontrolu fotochemického procesu zpracování leteckého negativu, zejména kontrolu ustálení a vyprání filmu. /Viz Oborovou normu 66 6484, vydanou Ústředním ředitelstvím československého filmu, Praha/

2. Vliv charakteru podložky, její chemické složení a stálost. O tomto vlivu tento článek stručně pojednává. Po krátkém přehledu používaných filmových podložek je uveden stručný přehled chemických metod na jejich rozlišování.

Filmové podložky

Světový vývoj v tomto oboru spěje k používání podložek ze syntetických vysokomolekulárních látek - polymerů. Tyto látky mají mnoho předností před klasickými fóliemi z derivátů celulózy, ale jejich podíl na celkovém objemu filmových podložek je dosud menší. Souvisí to s tím, že jejich výroba je složitější a dražší a jejich využití naráží v našich podmínkách na určité potíže /vlivem vyšší houževnatosti, tvrdosti je znesnadněno např. řezání/. Většina filmových podložek se tedy vyrábí z esterů celulózy. Z mnoha esterů, připravených působením různých anorganických i organických kyselin na celulózu získaly technický význam hlavně estery kyseliny dusičné, octové, propionové a máselné. V praxi se vyrábí ve velkém jen

nitrát, acetát a acetobutyát. Výroba propionátů se omezuje pouze na USA.

1. Nitrocelulózy podložky

Nitrocelulóza je vůbec nejstarším derivátem celulózy /poprvé vyrobena 1832/. Působením nitrační směsi na celulózu vznikají její nitráty, přičemž stupeň esterifikace je závislý na složení a podmínkách působení nitrační směsi. Velmi schematicky lze rozdělit vznikající produkty podle procenta vázaného dusíku /3/ na:

- mononitrát celulózy : 6,7 % N, použ: nátěrové hmoty
- dinitrát celulózy : 11,0 % N, použ: film, lepidla, laky,
- trinitrát celulózy : 14,0 % N, použ: bezdýmný střelný prach.

Pro výrobu filmových podložek se jako nejvhodnější co do rozměrové stálosti a mechanických vlastností používal nitrát s obsahem 11,8 - 12,3 % dusíku. Výrobním postupem, po rozpuštění ve vhodném rozpouštědle, po přidavku plastifikátorů /kafr, trifenylofosfát/, dále stabilizátorů /amylfenol, kyselina p-hydroxyfenyloctová - látky brzdící samovolný rozpad nitrocelulózy/ se na licích strojích získá fólie, vhodná pro použití ve fotografickém průmyslu. Nitrocelulózy film byl ale pro svou neobyčejnou hořlavost, dále pro možnost uvolňování kyseliny dusité a tím ovlivňování citlivosti emulzí postupně nahrazen tzv. bezpečnostním filmem. Značným nebezpečím pro archivní snímky je samovolný rozklad nitropodložek. Uvolňují se při tom kyslíkaté sloučeniny dusíku, dochází k znehodnocování obrazu a může dojít i k samovznícení.

Ke zvýšení bezpečnosti nitrocelulózových filmů se přihlíželo při používání směsných filmů, např. nitroacetát s obsahem 16 % nitrocelulózy. Postupně se vyráběly filmové podložky z diacetátu, nitrodiaacetátu, acetobutyátu, acetopropionátu celulózy. Nemohly však v plném rozsahu nahradit nitrocelulózové fólie, ať již pro menší vodovzdornost nebo horší rozměrovou stálost a horší mechanické vlastnosti. Dnes se převážně používá k výrobě takřka všech druhů bezpečnostních filmů.

2. Triacetátové podložky

Vlastnosti této podložky se prakticky neliší od nitrocelulózové /tabulka 1/. Poněkud menší pevnost a elasticnost je vyvážena kromě nehořlavosti také i tím, že i po dlouhodobém používání a archivaci si filmy uchovávají dobré vlastnosti.

Tabulka 1

Mechanické vlastnosti filmů a podložek /4/

Ester celulózy		Pevnost v tahu /kp/mm ² /	Počet dvojohybů
Nitrocelulóza	podložka	9,5 - 11,5	100 - 150
	kinofilm	8,5 - 10,5	100 - 150
Diacetát cel.	podložka	6,5 - 7,5	45 - 60
	kinofilm	6,0 - 7,5	30 - 60
Plně esterifikovaný triacetát cel.	podložka	10,2 - 12,0	80 - 112
	kinofilm	9,0 - 9,5	50 - 70
Částečně zmýdelněný triacetát cel.	podložka	8,6 - 11,0	75 - 117
	kinofilm	8,0 - 9,5	77 - 110

Acetylace celulózy probíhá stejně jako nitrace do tří stupňů. Nejvyšším stupněm je triacetát; vyrábí se v několika typech, lišících se obsahem vázané kyseliny octové i molekulovou hmotou. Maximální obsah vázané kyseliny octové v triacetátu je 62,5 %.

Anglická firma Bexford vyrábí filmovou podložku pro letecké filmy s obsahem 61 % kyseliny octové v triacetátu celulózy.

3. Polystyrenová podložka

Polystyren vzniká polymerizací uhlovodíku styrenu. Fólie, vyrobené z tohoto polymerizátu, se vyznačují značnou tvrdostí, dokonalou rozměrovou stálostí, ale i vysokou tvorbou statické elektřiny. Tvoří filmovou podložku leteckých filmů firem Kodak, Gevaert a Ilford.

4. Podložky z lineárních polyesterů

Typickým představitelem je polyetylentereftalát, vyráběný polykondenzací etylen glykolu a kyseliny tereftalové. Stejně jako polystyren vykazuje výbornou rozměrovou stálost a mechanickou pevnost. Vyžaduje velmi kvalitní řezací nože v řezacích strojích při adjustaci leteckého negativu. Výrobní zařízení v ČSSR jsou dosud konstruována na řezání méně houževnatých esterů celulózy. Tato okolnost způsobuje potíže /stejně tak i dovoz těchto podložek z kap. států/ při větším uplatnění těchto podložek při výrobě leteckého filmu u nás.

Při výrobě čs. leteckého negativního filmu se v současné době používá výhradně podložka dovážená z Anglie od firmy Bexford ze stabilizovaného, částečně zmýdelněného triacetátu celulózy s obsahem vázané kyseliny octové 61,0 %.

Vzhledem k tomu, že charakter filmové podložky reprezentuje nejen použitý ester celulózy nebo syntetického polymeru, ale i množství změkčovadel, stabilizátorů, pigmentů, dále druh a rozsah povrchových úprav, je třeba vzít v úvahu možný rušivý vliv těchto látek při identifikaci vlastní filmové podložky. Je proto nutné se o nich zmínit před kapitolou o rozlišování podložek.

Fólie z čistých derivátů celulózy by byly velmi křehké a neohebné. Je proto třeba vložit do řetězce makromolekuly cizí molekulu, která způsobí prostorovou nepravidelnost a oslabení mezimolekulových sil. Tím vznikne hmota ohebnější a elastičtější. Vliv změkčovadel je analogický působení rozpouštědel s tím rozdílem, že jejich plastifikační účinek by měl být trvalý. Hlavním požadavkem na změkčovadla je jejich minimální těkavost. Vysýcháním nebo vyluhováním změkčovadel dochází k nevratným rozměrovým a fyzikálně mechanickým změnám. Musí být bezbarvá, nesmějí se stárnutím zabarvovat ani rozkládat, musí být chemicky stálá a fotochemicky neaktivní. Výběr změkčovadel pro acetáty celulózy je velký; přidávají se v množství 3 - 30 %. Nejvhodnější jsou dimetylftalát nebo trifenyolfosfát. Změkčovadlo samo se rozkládá snáze než ester celulózy; k zabránění těmto degradačním vlivům se přidává vhodný stabilizátor, např. fenyl-naftylamin. Barvíva přidávaná do hmoty podložky musí být tepelně, chemicky a povětrnostně stálá a naprosto homogenně rozptýlená. Pro některé druhy podložek nejsou přidávána. Pro letecký film používá firma Bexford podložky se šedofialovým odstínem, tzv. Grey-Back. Povrchové úpravy fólií, určených pro výrobu filmových podložek /4/ jsou tyto:

1. substrakování, jehož cílem je zabezpečení dokonalé soudržnosti hydrofilní fotografické vrstvy s hydrofobní složkou. Substrakce jsou v podstatě velmi jemné disperze vodného roztoku želatiny ve směsi organických rozpouštědel.

Příklad složení substrakce pro podložku z triacetátu:

1,31 % želatiny, 4,03 % vody, 0,1 % kyseliny ftalové, 21,80 % metanolu a 72,76 % acetonu;

2. antihalační vrstvy, zabráňují halaci, vznikající působením světelných paprs-

ků, odražených na rozhraní podložka - vzduch. Tyto vrstvy se nanášejí nejčastěji na zadní stranu filmu a plní tak i funkci tzv.

3. vyrovnávacích laků. Omezují kroucení filmu s jednostranným emulzním polevem. Pro podložku z triacetátu se používá např. tohoto laku: 6,6 % antihalační barvivo /saze, koloidní stříbro, trifenylmetanová barviva/, 10 % nízkomolekulárního polykarbonátu, 58,4 % metanolu, 16,7 % etylacetátu, 8,3 % butanolu. Ve fotografickém průmyslu se věnuje mimořádná péče

4. antistatickým úpravám filmových podložek. Dokonalé uzemnění všech kovových částí v procesu výroby filmů je doplněno zvyšováním elektrické vodivosti vlastní fólie. Nejčastějším řešením je nanášení antistatických laků, které mohou současně plnit funkci antihalačních a vyrovnávacích laků. Antistatické prostředky jsou povrchově aktivní látky, jež po nanesení na povrch nevodivé fólie omezují vznik statické elektřiny. Z mnoha látek je to např. amonná nebo sodná sůl sulfonovaného polystyrenu, schopná v příslušném laku snížit povrchový izolační odpor triacetátové podložky z 10^{13} na 10^8 ohmů.

Určení charakteru filmové podložky

Vzhledem k tomu, že trvanlivost archivovaných leteckých snímků na nitropodložkách je z dříve uvedených důvodů mnohem nižší a dále proto, že z bezpečnostních důvodů je třeba se zbavit nebezpečí možného požáru archivu, je třeba tyto snímky převést na duplikátní negativy na bezpečnostní podložce. Z velkého množství snímků je třeba hořlavé snímky v jednotlivých starších ročnících eliminovat jednoduchou a rychlou metodou.

Kvantitativní stanovení stupně esterifikace určovaného esteru celulózy, množství změkčovadel, stabilizátorů a dalších přísad vyžaduje izolování jednotlivých složek a jejich samostatné určení. K tomuto účelu se používá metod extračních a srážecích. K vlastnímu určení složek se používá chromatografické dělení směsí, identifikace složek na infračerveném spektrofotometru a někdy i metod polarografie.

Pro běžné a pouze kvalitativní určení derivátu celulózy nebo syntetické makromolekulární látky, tvořících filmovou podložku, se používají tyto postupy:

1. využití rozdílné rozpustnosti v rozpouštědlech a jejich směsích,
2. chování podložek při zahřívání a hoření, posouzení zplodin rozkladu a hoření,
3. vybarvovací zkoušky s organickými barvivy,
4. jiné zkoušky.

Všechny uvedené postupy je možno provádět s velmi malým vzorkem zkoumané podložky. Pro objektivní posouzení je vhodné provést srovnávací pokusy s proužky známých podložek a fólií, které by se mohly vyskytnout ve zkoumaném souboru podložek /srovnávací vzorky nitrocelulózy, triacetátu, acetobutyrate, případně polystyrenu a polyetylentereftalátu/. Uvedené postupy 1 - 4 budou ve stručnosti rozvedeny.

Ad 1. Pro posouzení rozdílné rozpustnosti esterů celulózy, případně jiných polymerů poslouží tabulka 2 a 3.

Tabulka 2 /4/

Rozpouštědlo	Bod varu /°C /	Nitrocelulóza 11,8-12,3 % N	Triacetát 60-62 % CH ₃ COOH	Acetobutyrát 40 % CH COOH 20 % kysel. máselné
Metanol	64,7	1	5	5
Etanol	77,1	3	5	5
n-butanol	117,7	3	5	5
dietyléter	34,5	5	5	5
aceton	56,0	1	4	1
etylacetát	77,1	1	5	1
butylacetát	127,0	1	5	2
amylacetát	149,0	1	5	2
benzen	80,1	5	5	5
toluen	110,8	5	5	4
metylenchlorid	41,0	5	4	1
chloroform	61,2	5	1	1
směsi rozpouštědel: éter : etanolu 2:1 metylenchlorid :		1	5	5
: metanolu 9:1		5	1	1
: metanolu 1:1		5	4	2

Vysvětlivky k tabulce : 1 - rozpouští se,
2 - rozpouští se při bodu varu rozpouštědla,
3 - rozpouští se částečně za horka,
4 - nerozpouští se, pouze bobtná,
5 - nerozpouští se.

Praktické provedení : Vzorek o rozměrech 0,5 x 2,0 cm bez předchozí přípravy /extrahování/ vložíme do zkumavky s rozpouštědlem. Po dobu 10 minut pozorujeme chování podložky v rozpouštědle.

Pro posouzení rozpustnosti vysokomolekulárních látek byla zavedena veličina: "hustota kohezní energie". Lze odhadnout a zkušenosti to v hrubých rysech potvrzují, že k rozpouštění dochází tehdy, je-li rozdíl mezi hustotami kohezní energie mezi rozpouštědlem a polymerem menší nebo roven 1,2. /5/

Tabulka 3

Polymer	Jeho hustota kohezní energie	Rozpouštědlo	Jeho hustota kohezní energie
Polystyren	8,56 - 8,7	benzen	9,15
Polyetylentereftalát	10,7	pyridin	10,7
- " -	10,7	toluen	8,9
Dinitrocelulóza 11,4 % N	10,72	aceton	9,89

Ad 2. Hořlavost a tepelnou odolnost filmových podložek je možno určit :

a/ zkouškami rychlosti hoření proužku filmu po zapálení se současným měřením času /2/. Po oddálení plamene film hoří dále /nitro/, nebo hned zhasne /bezpečnostní film, triacetát/;

b/ zahříváním v elektrické odporové peci a měřením teploty vzplanutí;

c/ zahříváním vzorku filmu ve zkumavce; dojde k vývinu par, jež jsou pro svůj charakteristický zápach snadno rozlišitelné. Vlivem rozkladu podložky teplem se uvolňuje např. kyselina octová nebo máselná. Dojde-li k samovznícení vzorku, jde o nitrofilm.

Ad 3. Jiným způsobem rozlišení je vybarvování organickými barvivy. Např. nitráty celulózy dávají s jednocentním roztokem difenylaminu v koncentrované kyselině sírové modré zbarvení. /2/

Ad 4. Zahříváním vzorku filmu ve zkumavce se stejnými díly absolutního alkoholu a koncentrované kyseliny sírové dojde v případě triacetátu celulózy jako zkoumané podložky ke vzniku octanu etylnatého. /2/

Z á v ě r

Ve stati jsou stručně uvedeny nejdůležitější a nejznámější technologické údaje a analytické odlišnosti dosud nejpoužívanějších materiálů pro filmové podložky. V kapitole o rozlišování filmových podložek jsou shromážděny údaje o nejběžnějších metodách, používaných na tomto úseku analytiky.

Kontrolou uložených leteckých snímků a jejich včasným převedením na duplikátní negativy je možno po dlouhá léta archivovat důležité snímky jako historický odkaz pro budoucí generace.

Došlo dne 30.12.1967.

Použitá literatura:

- /1/ - Lauschmann - Mašín - Křivánek: Výroba a vlastnosti citlivého fotografického materiálu.
- /2/ - Lauschmann: Rozbory ve fotografickém průmyslu.
- /3/ - Perelmann: Malá chemická příručka.
- /4/ - Komárek - Mrázek - Šrámek: Deriváty celulózy.
- /5/ - Holzmüller - Altenburg: Fyzika polymerů.

Mikrodokumentace ve vojenské topografické službě

Mikrodokumentace se zejména v období po 2. světové válce stala významným prostředkem umožňujícím hospodárné archivování dokumentů různého druhu a jejich zpětné zvětšení a rozmnožení. Účelem mikrodokumentace je všeobecně získání mikropodkladů, které

- na rozdíl od původních originálů mohou být archivovány a chráněny s dostatečnou jistotou proti ztrátě a zničení,
- jsou schopny nahradit zničené originály kvalitativně rovnocennými zvětšeninami,
- umožňují rychlé rozmnožení informací, které obsahují, v libovolném množství exemplářů při využití různých rozmnožovacích technik.

U vojenské topografické služby se může mikrodokumentace uplatnit při zhotovení mikronegativů z tiskových podkladů map, archivovaných ve stabilních zařízeních VTS. Tyto mikronegativy by byly jednak schopny nahradit původní tiskové podklady při jejich zničení, jednak by jimi mohly být vybaveny mobilní soupravy kartograficko-reprodukčních odřadů, čímž by byl umožněn tisk map v polních podmínkách. Je zřejmé, že k tomuto poslednímu využití mikronegativů topografických map může být vznesena řada výhrad, např. že vojska ve válečném období jsou zásobována mapami vytištěnými již v míru. Je ovšem možné předpokládat, že sklady výtisků map i prostředky dopravující mapy k vojskům mohou být zničeny v důsledku válečné činnosti. V takovém případě by mikronegativy topografických map byly jediným prostředkem, který by mohl vybavit vojska alespoň minimálním počtem výtisků map. Tyto úvahy mají svoji oprávněnost, uvědomíme-li si, že kartograficko-reprodukční odřady nemohou být vybaveny tiskovými podklady topografických map ze zájmového prostoru, poněvadž nemají potřebnou skladovou kapacitu. Zde by mohlo nejvýše jít o zřízení mobilního skladu soukopíí jednotlivých prvků náplně topografických map, které umožňují jednobarevné rozmnožení mapy a jejichž počet je pouze zlomkem počtu tiskových podkladů jednotlivých prvků náplně map.

Je třeba dodat, že aplikace mikronegativů topografických map u KRO je podmíněna vybavením odřadu moderními reprografickými prostředky na bázi elektrografie, které umožňují přímé rozmnožování obsahu mikronegativů. Jelikož je modernizace souprav KRO v perspektivním programu VTS, pokládáme za vhodné upozornit na to, aby se otázka mikrodokumentace map řešila v téže souvislosti.

Mikrodokumentace se kromě toho může ve VTS uplatnit všude, kde se archivují podklady jakéhokoli druhu. Konkrétně jde o mikrodokumentaci polních a kartografických originálů, revizních průsvitek, konceptů, výpočetních elaborátů, seznamů souřadnic atd.

Jak bude dále podrobněji objasněno, je při mikrodokumentaci důležitým předpokladem kvalita mikronegativů, která je závislá na vlastnostech použitého snímacího zařízení a na vlastnostech citlivého fotografického materiálu. Přitom ovšem musíme rozlišovat účel mikrodokumentace a požadovaný stupeň zmenšení předloh. Nejčastěji je třeba z mikronegativů zhotovit zpětnou zvětšeninu fotografickou cestou, nebo pomocí diazotypie a elektrografie. V takovém případě se používá poměru zmenšení přibližně až 1 : 20; mikronegativy zhotovené s ještě větším zmenšením se využívají obvykle ve speciálních čtecích přístrojích. V těchto případech se často spoko-

jíme s tím, aby jednotlivé detaily obrazu byly vizuálně rozlišitelné. Jiná situace ovšem nastane tehdy, má-li se obsah mikronegativu rozmnožit tiskem tak, aby i ty nejmenší detaily byly reprodukovány ostře a kontrastně. Zde je možné použít poměrů zmenšení přibližně do hodnoty 1 : 10, v závislosti na vlastnostech citlivé vrstvy a na velikosti detailů předlohy.

Při zhotovení mikronegativů map a zpětných zvětšenin do původního měřítko vznikají značné obtíže, které spočívají ve zvláštnosti náplně map. Mapa, zejména topografická, obsahuje čáry, kroužky, tečky a znaky, jejichž velikost se mění v širokém rozsahu; u topografických map měřítek 1:25 000 až 1:200 000 se mění rozměr prvků náplně od 0,06 mm do 1,8 mm. Kromě toho mapa obsahuje mezery mezi čarami v rozměru pohybujícím se od 0,15 mm do 0,80 mm. Zvětšíme-li obraz mikronegativu mapy např. na fotografický papír nebo film, pak na zvětšeninách zjistíme závažné nedostatky. Při normální expozici se nezobrazí tenké čáry; zvětšíme-li expozici, pak se tyto čáry zobrazí, ale přitom dojde k rozšíření širších prvků a k zatažení a ke ztrátě úzkých mezer. S rostoucím poměrem zmenšení se tyto nedostatky projevují ve stále větší míře a zasahují do oblastí širších čar a mezer. Je zřejmé, že při zmenšování mapy se na mikronegativu dostáváme do kritické rozměrové oblasti, kdy daný fotografický systém - objektiv + citlivá vrstva - není schopen zobrazit prvky určité velikosti /čáry i mezery/ v optimálních optických hustotách.

Smyslem tohoto článku je seznámit příslušníky VTS s problematikou mikrodokumentace, se zvláštnostmi, které vystupují při snímání malých detailů, s požadavky na snímací zařízení, na citlivé vrstvy a s možnostmi rozmnožení obsahu mikronegativů.

Snímací zařízení

Ke zhotovení mikropodkladů z mapy by v zásadě stačila maloobrazová kamera. Je však přirozené, že se mnohem snadněji, úsporněji a přesněji pracuje se speciálními snímacími aparaturami, které byly a jsou pro tyto účely konstruovány buď jako krokové nebo průběžné.

Různé poloautomatické přístroje jsou konstruovány vesměs na stejném principu. Skládají se nejčastěji z pevného stolu, ke kterému je připojen kolmý sloup, na němž se nahoru a dolů posouvá vlastní fotografický aparát. Tato konstrukce umožňuje snímat dokumenty nejrůznějších formátů v různém poměru zmenšení, nejčastěji na 35mm a 70mm film. Přístroje dovolují obvykle reprodukci odrazem, i když moderní jsou upraveny i pro reprodukci průsvitem. V mnoha případech je také připojeno zařízení, které automaticky posouvá film po každém snímku. Zpětné zvětšeniny mikrofilmových obrazů, získané na těchto zařízeních, se zhotovují na připojeném zvětšovací zařízení, které je vybaveno tímž objektivem jako snímací kamera. Zpětné zvětšování může být zabezpečeno také výměnnou hlavicí.

U nás jsou nejrozšířenější a neznámější Zeissový "Dokumátory" /DA V/, vyráběné v NDR a vybavené objektivem "Dokumar" 8/40. Je však dodáván jen pro 35 mm perforovaný a neperforovaný dokumentní film. Není přizpůsoben pro snímání transparentních předloh.

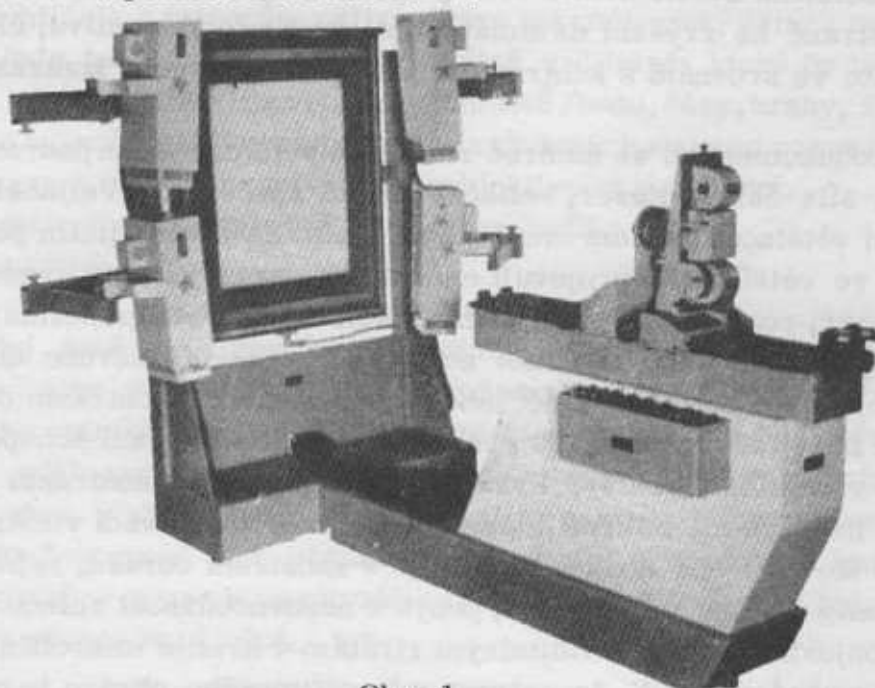
Dále se u nás rozšiřují mikrofilmovací přístroje západoněmecké firmy Microbox pro 35 mm a 70 mm neperforovaný film. Přístroje jsou vybaveny vysoce kvalitními objektivy typu S-Planar 1:4/60 mm a Componon 1:5,6/105 mm. Přístroje jsou

přizpůsobeny ke snímání transparentních i neprůsvitných předloh i pro zpětné zvětšování.

Také přístroje americké společnosti Remington Rand, dodávané do ČSSR, umožňují mikrofilmování transparentních a neprůsvitných předloh na 35mm a 70mm dokumentní neperforovaný film. Přisávání velkoformátových předloh je umožňováno přísavnou mylarovou fólií. Přístroje modelu 1088 MX /35 mm/, modelu 1088 M /35 mm/ a modelu 1088 B /35 mm nebo 70 mm/ pro formáty předloh 2A-0 nebo A-0 jsou vybaveny kvalitními objektivy kanadské firmy "Leitz".

V SSSR se vyrábí mikrosnímací přístroje "RUST-3" pro 35mm a 70mm mikrofilmový materiál. 70mm speciální dokumentní film /Mikrát 300/ dovoluje rozměry formátu A-4 /297x210 mm/ - A-0 /1189x841 mm/ zmenšovat v poměru 1:3,3 - 1:13,15.

V poslední době přicházejí z USA zprávy, že pro účely mikrodokumentace map jsou konstruovány jednoúčelové snímací kamery horizontálního typu, jimiž jsou také vybaveny jednotky vojenské kartografické služby armády USA. Takovým typem horizontálního přístroje je např. CHIP CAMERA 70-100 mm /viz. obr. 1/, přizpůsobená pro snímání v poměru 1 : 6 až 1 : 10.



Obr. 1

Přístroj je vybaven objektivem MIKROTAR / $f = 8 \frac{1}{4}$ inch. = 209,6 mm s rozlišovací schopností 100 linek/mm a s hodnotou zkreslení $5 \mu\text{m}/$. Jiným přístrojem tohoto druhu je MIKROMAP CAMERA, která je součástí mikrodokumentačního systému GIMRADA.

Mikrofilmový materiál

Mikrodokumentaci topografických map, při níž se vytváří zmenšený fotografický obraz, lze dosud uskutečnit pouze s využitím citlivých halogenostříbrných vrstev. Požadavky na kvalitu negativního mikrofilmového obrazu topografické mapy jsou vysoké. Jde o to, aby jednotlivé podrobnosti náplně topografické mapy byly podány čistě, ostře a s dostatečným kontrastem. Experimentálními zkouškami bylo dokázáno, že pro mikrodokumentaci map nelze použít citlivé filmy typu ORWO FO 5, KODALITH, FERRALIT atd. a že jedině vhodný je speciální mikrofilmový materiál, jako ORWO DK 3, MICROBOX, RECORDAK MICROFILE AHU, FUJI, MIKRAT 200, 300, 600 atd. Tyto citlivé vrstvy jsou charakteristické jemnozrností, malým roz-

ptylem světla ve vrstvě, dobrou ochranou proti odrazu světla od podložky a tím i vysokou ostroší a rozlišovací schopností.

Tento citlivý materiál se vyrábí ve formátech 16, 35, 70 a 105 mm a poskytuje teoretickou možnost zmenšit topografickou mapu až v poměru 1:31. Je to však pouze teoretická možnost, při níž bychom nezískali uspokojivé výsledky. Důvod tkví v samotné podstatě opticko-fotografického procesu, neboť při každém fotografickém zobrazení dochází ke ztrátě detailů. Z praxe je známo, že i při reprodukci předloh s detaily většími než 0,1 mm v poměru 1 : 1 je kvalita negativu závislá na vlastnostech optického obrazu, které jsou dány difrakcí a aberacemi světla na jednotlivých rozhraních sklo - vzduch a rozptylem světla na znečištěných plochách objektivu. Důsledkem je to, že rozložení osvětlení v rovině obrazu se liší od rozložení jasů v rovině předmětu. Svítící bod se potom zobrazí jako ploška, čára jako proužek a kontury v obraze jsou méně ostré než v rovině předmětové. Protože citlivá vrstva silně rozptyluje a pohlcuje dopadající světelné paprsky, což je důsledkem rozdílného lomu světla v želatině a v ní obsažených zrnech halogenidu stříbrného, dochází při přenosu obrazu na citlivou vrstvu k další změně rozložení světla.

Změna rozložení světla uvnitř vrstvy vede ke snížení maximální optické hustoty, na druhé straně ke zvýšení minimální optické hustoty negativu, čímž dochází ke ztrátě kontrastu ve srovnání s kontrastem jasů předmětu nebo kontrastem optického obrazu.

Při mikrodokumentaci se úměrně zmenšuje velikost všech podrobností předmětu, jako např. síla čar a mezer, velikost písma, značek atd. Velikost těchto detailů je po zmenšení většinou mnohem menší než 0,1 mm. Se vzrůstajícím poměrem zmenšení se stále ve větší míře projevují nedostatky, které již byly uvedeny, jako např. zatahování mezer, rozšiřování silnějších čar atd. Úměrně stoupajícímu poměru zmenšení předmětu se také mění kontrast negativního mikrofilmového obrazu, přičemž tyto změny nejsou jednotné po celé jeho ploše. Snížování kontrastu obrazu může jít tak daleko, až bude tak nepatrný, že spadá pod práh rozlišovací schopnosti oka, nebo čáry zanikají v zrnitosti vrstvy. Praktický význam změny kontrastu spočívá v tom, že na různých místech má mikrofilmový obraz různé kopírovací vlastnosti.

Kromě toho je třeba dodat, že i chyba v zaostření obrazu, zejména v případě, když jsou detaily obrazu velmi malé, pohyb a nerovnoběžnost snímací roviny, otřesy a pohyby objektivu vedou k viditelným ztrátám v kvalitě mikrofilmového obrazu.

Je tedy možné shrnout, že ostrost mikrofilmového obrazu je ovlivňována ostroší optického obrazu, vlastnostmi citlivé vrstvy, zejména rozptylem světla ve vrstvě a jeho odrazem od podložky, procesem vyvolávání a s ním souvisejícím jevem sousedních míst /Eberhardův jev/ a strmostí vrstvy.

Řada vědců se na základě teoretických rozborů a experimentálních prací shodla na tom, že nelze stanovit jasnou závislost mezi rozlišovací schopností optických soustav a rozlišovací schopností mikrofilmových vrstev a faktory, které ovlivňují kvalitu mikrofilmového obrazu při reprodukci detailů na straně druhé. Je to zejména proto, že se často stává, že mikrofilmová vrstva s nižší rozlišovací schopností dává lepší výsledky než mikrofilmová vrstva s vyšší rozlišovací schopností a že vrstvy se stejnou rozlišovací schopností dávají různou ostrost obrazu. Tato skutečnost vyplývá z toho, že rozlišovací schopnost stanovená v určitém místě obrazové roviny jako převrácená hodnota délkové nebo úhlové vzdálenosti dvou zobrazených geometricky jednoduchých předmětů /čar, bodů atd./, které lze považovat ještě za rozlišené, je mezní /prahovou/ hodnotou, která není vždy v souladu s psychologickým dojmem

z obrazu. Poněvadž kvalita optického obrazu se určuje na základě jeho srovnávání se zobrazovaným předmětem, který je z optického hlediska tvořen různě velkými prostorově rozmístěnými plochami o určitém jasu, obrysové ostrosti, barvě apod., bude i psychologický vjem z tohoto obrazu ovlivněn na sobě závislými vlastnostmi: kontrastem rozlišených detailů a ostrostit kresby. Mezní hodnota rozlišovací schopnosti však neumožňuje stanovit tyto vlastnosti, které určují kvalitu obrazu.

Ani klasifikace jednotlivých optických vad a jejich křivek jednoznačně nevyjadřují zobrazovací schopnost optického systému, i když je zřejmé, že objektiv zatížený velkými optickými vadami není schopen dobře kreslit. Nelze však také podle tvaru a průběhu křivek jednotlivých vad spolehlivě posoudit jakost obrazu nebo srovnávat spolu např. schopnost dvou optických systémů, protože žádná z křivek nevyjadřuje totiž přímo vlastnosti objektivu, které jsou v praxi posuzovány jako základní, tj. kontrast a ostrost optického zobrazení.

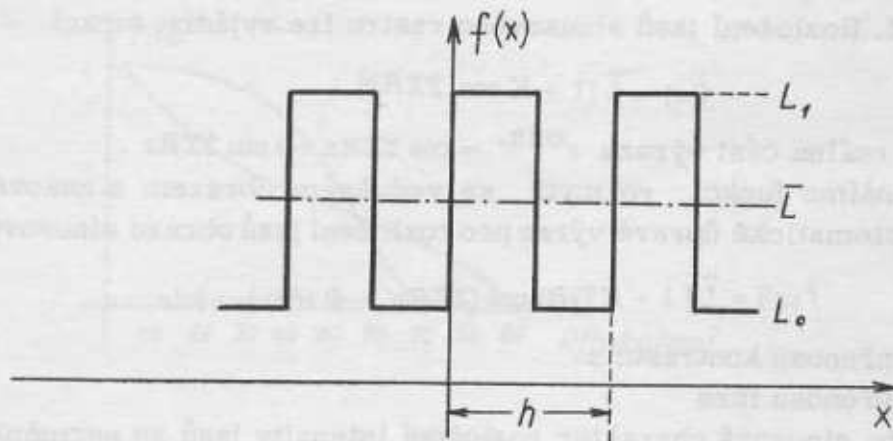
Stejně ani analýza senzitometrické charakteristiky nemůže vystihnout vliv zrnité struktury fotografického materiálu, rozptyl a zeslabení světla ve vrstvě a dalších faktorů důležitých pro reprodukci detailů reálnými citlivými vrstvy.

Tato skutečnost vytvořila požadavek najít takovou objektivní míru kvality obrazu, která by přihlížela k faktorům ovlivňujícím psychologický účinek celkového obrazu, která by byla teoreticky i experimentálně určitelná, která by mohla popisovat kvalitu obrazu při zobrazení libovolných předmětů /bodů, čáry, hrany, štěrbin/. Tato míra by musela vyjadřovat vliv jednoduchých a složených soustav zobrazení na výslednou kvalitu obrazu a nebyla by závislá na subjektivním posouzení.

Mezi objektivní míry kvality obrazu lze zařadit :

Funkce přenosu kontrastu

V poslední době se zobrazovací problémy ve fotografii řeší analogicky jako ve sdělovací technice. Zobrazovací proces /předmět - optika - citlivá vrstva - obraz/ se posuzuje jako optický přenosový kanál, který se skládá z jednotlivých článků přenosu. V teorii sdělovací techniky se libovolný vstupní signál vyjadřuje matematicky Fourierovou řadou, v níž je rozložen v jednotlivé základní sinusové nebo kosinusové frekvence. Tyto frekvence jsou přenášeny lineárním přenosovým kanálem nezkráceně a jsou ovlivněny pouze v amplitudě a fázi, přičemž je změna jednotlivých frekvencí vyjádřena přenosovou funkcí.



Obr. 2

Aplikací Fourierových řad v optice se první zabýval Duffieur, na základě jehož úvah vznikl pojem "funkce přenosu kontrastu", jemuž ve sdělovací technice odpovídá pojem přenosová funkce.

Libovolnou periodickou funkcí $f(x)$ lze matematicky vyjádřit jako součet harmonických funkcí pomocí Fourierovy řady. Jako příklad je zvolen pravoúhlý rastr /obr. 2/, jemuž ve sdělovací technice odpovídá pravoúhlý impuls střídavé polarity.

Ve sdělovací technice představuje proměnnou x čas; je to příklad kmitu měničoho se periodicky s časem. V optice je x délkou; jde o intenzitu jasu měničoho se periodicky s místem. Periodicita je zde vyjádřena místní frekvencí $R = 1/h$ a je dána počtem linek na 1 mm.

Ze známého obecného vzorce pro Fourierovu řadu lze pro pravoúhlý rastr snadno odvodit vztah :

$$f(x) = \bar{L} \left[1 + \frac{4K}{\pi} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{2m+1} \sin(2m+1) 2\pi R x \right], \text{ kde}$$

$$\bar{L} = \text{střední jas předmětu, tedy } \bar{L} = \frac{1}{2} (L_0 + L_1),$$

$$K = \text{kontrast, tj. } K = \frac{L_1 - L_0}{L_1 + L_0}.$$

Místo nepohodlných trigonometrických funkcí lze použít exponenciální funkce, čímž dostaneme pro pravoúhlý rastr výraz

$$f(x) = \bar{L} \left[1 + \frac{2}{\pi i} K \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{2m+1} (e^{i(2m+1) 2\pi R x} - e^{-i(2m+1) 2\pi R x}) \right]$$

Kdybychom pozorovali zobrazení svítícího bodu, zjistili bychom, že jeho obrazem není bod, ale systém symetrických kroužků, světelná skvrna s komplikovaným rozložením intenzity, které lze vyjádřit pomocí funkce "rozmytí". Při snímání větší svítící plochy vytvoří každý bod předmětu světelnou skvrnu nezávisle na sousedních bodech; složením všech světelných skvrn vznikne obraz.

K určení funkce přenosu kontrastu se často používají kromě pravoúhlých rastrů i rastry sinusové. Rozložení jasů sinusového rastru lze vyjádřit funkcí

$$f(x) = \bar{L} [1 + K \cos 2\pi R x],$$

kde $\cos 2\pi R x$ je reálná část výrazu $e^{i2\pi R x} = \cos 2\pi R x + i \sin 2\pi R x$.

Jestliže složíme funkci rozmytí se vzdušným obrazem sinusového rastru, dostaneme po matematické úpravě výraz pro rozložení jasů obrazu sinusového rastru:

$$f(x') = \bar{L} [1 + KT(R) \cos(2\pi R x' + \Phi(R))], \text{ kde}$$

$T(R)$ je funkce přenosu kontrastu a

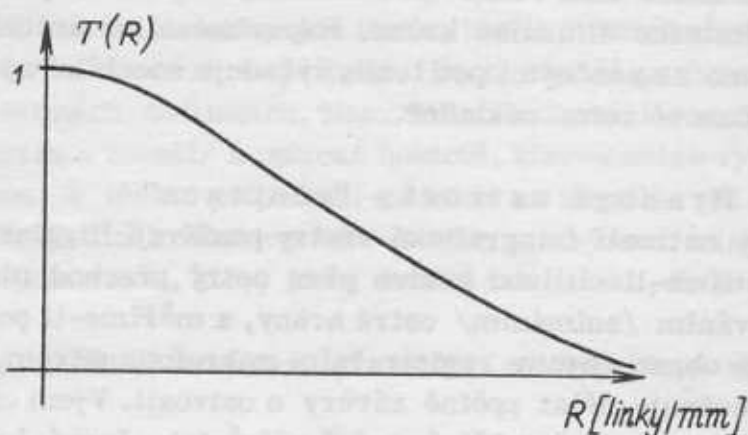
$\Phi(R)$ je funkce přenosu fáze

Je vidět, že sinusový charakter rozložení intenzity jasů se nezměnil. Obraz je opět sinusová funkce, ale fázově posunutá $/\Phi(R)/$ a se sníženým kontrastem

$K_{\text{obr}} = K_{\text{předm}} \cdot T(R)$. Pro tento účinek na kontrast se $T(R)$ nazývá funkce přenosu kontrastu. $\Phi(R)$ se nazývá funkce přenosu fáze, nemá však vliv na kvalitu obrazu,

který je stranově posunut. Funkce přenosu kontrastu vyjadřuje tedy poměr kontrastu obrazu ke kontrastu předmětu.

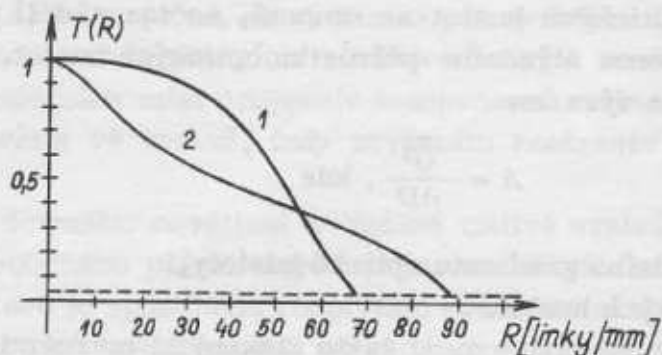
Graficky lze vyjádřit funkci přenosu kontrastu v závislosti na frekvenci, jak vyplývá z obr. 3.



Obr.3

Jestliže vyneseme poměr kontrastu obrazu a kontrastu předmětu pro jednotlivé frekvence na osu pořadnic a na osu souřadnic frekvence /počet linek na 1 mm/, pak dostaneme grafické vyjádření funkce přenosu kontrastu. Získaná křivka udává, jak klesá poměr kontrastů s přibývajícím frekvencí. Od určité frekvence počínaje se kontrast čar tak dalece sníží, že již nemůžeme rozeznat periodickou strukturu rastru. Tato mezní frekvence se dříve určovala při zjišťování rozlišovací schopnosti citlivých vrstev. Pro určení vlastností citlivé vrstvy není však důležité pouze vědět, až ke které frekvenci dojde k rozlišení podrobností; důležitější je, víme-li, s jakým kontrastem se čáry jednotlivých frekvencí zobrazí.

Přednost hodnocení fotografického procesu pomocí funkce přenosu kontrastu se plně projeví při větším počtu členů přenosu. Je možné totiž určit funkce přenosu kontrastu jak všech členů přenosu /např. objektiv - citlivá negativní vrstva - pozitiv/, tak i celého fotografického procesu.



Obr. 4

Na obr. 4 jsou znázorněny křivky funkce přenosu kontrastu dvou citlivých vrstev. Průsečík obou křivek s vizuálním prahem kontrastu /vyznačen čárkovaně/ poskytne údaj o rozlišovací schopnosti obou vrstev. Podle toho rozliší vrstva 2 pod-

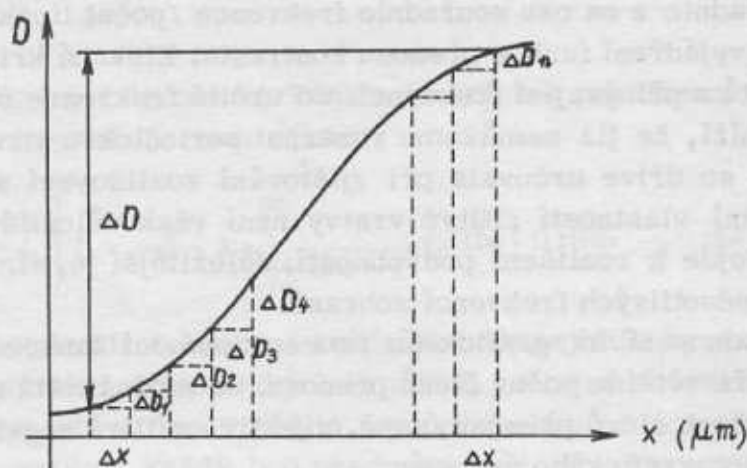
statně jemnější čáry než vrstva 1, přesto však neposkytne lepší obraz. Vrstva 1 podává důležité frekvence s větším kontrastem a tím i s vyšší ostroší.

Funkce přenosu kontrastu bude vždy < 1 a bude tím nižší, čím bude větší Frieserova konstanta k a frekvence.

Funkce přenosu kontrastu se může zjistit matematicky a experimentálně. Pro matematický výpočet musíme znát funkci rozmazání citlivé vrstvy a konstantu k , vyjadřující velikost světelného difuzního kruhu. Experimentální určení funkce přenosu kontrastu je spojeno se značnými potížemi, vyžaduje speciální aparaturu a laboratorní zařízení a je časově velmi nákladné.

Hranová ostroší - "acutance"

Při určování míry ostroší fotografické vrstvy používají Higgins a Jones termínu "acutance". Osvětlíme-li citlivou vrstvu přes ostrý přechod mezi světlem a stínem, např. nakopírováním /snímáním/ ostré hrany, a měříme-li po vyvolání dosažený průběh zčernání obrazu hrany registračním mikrofotometrem, pak získáme křivku, jejíž průběh umožňuje dělat zpětné závěry o ostroší. Vjem ostroší závisí v první řadě na tom, jak se v průběhu křivky mění přírůstek zčernání na stejně velkých po sobě následujících úsecích. /obr.5/



Obr. 5

Zjištěné přírůstky optických hustot se umocní, sečtou a dělí počtem měření, čímž se určí velikost čtverce středního přírůstku optických hustot. Podle Higginse a Jonese je "acutance" dána výrazem

$$A = \frac{\bar{G}^2}{\Delta D}, \text{ kde}$$

\bar{G}^2 je čtverec středního gradientu optické hustoty,

ΔD je rozsah optických hustot.

Podle uvedených autorů je korelace mezi takto získanými měrnými čísly a vizuálním vjemem ostroší vyhovující.

Konstanta ostroší /podle prof. Friesera/

Otázkami spojenými se schopností citlivých vrstev reprodukovat detaily, se mezi jinými zabýval také prof. H. Frieser. Z výsledků jeho prací vyplývá, že reprodukce

detailu je v podstatě ovlivněna těmito činiteli:

1. zrnitostí fotografického obrazu,
2. rozmytím obrazu vlivem rozptylu světla ve vrstvě,
3. jevem sousedních míst.

Podle Friesera je hlavní příčinou rozmytí detailů rozptyl světla ve vrstvě. Zčernání, které vznikne po vyvolání na povrchu citlivé vrstvy, lze vyjádřit pomocí senzimetrické charakteristiky jen tehdy, jde-li o poměrně velké plochy snímaného předmětu. K tomu dochází v případě, že nejmenší prvky obrazu dosahují řádově velikosti v desetinách milimetru. Naproti tomu dochází u rozměrově menších prvků /setiny milimetru a menší/ k optické hustotě, kterou nelze vyjádřit senziometrickou charakteristikou. V těchto případech můžeme na negativu při srovnání s předmětem pozorovat snížení maximální optické hustoty a zvýšení minimální optické hustoty, tedy ke snížení kontrastu, který jde u detailů tak daleko, že je na negativu nemůžeme rozeznat.

Rozložení jasů v detailech předmětu se vyjadřuje výrazem pro kontrast :

$$K = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}, \text{ kde}$$

L_{\max} je jas světlých míst předmětu,

L_{\min} je jas tmavých míst předmětu,

nebo pomocí optických hustot výrazem :

$$K = \tanh \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2}.$$

Vzniklý kontrast je buď tak nízký, že spadá pod práh rozlišení oka, nebo velmi často obraz zanikne v zrnitosti vrstvy. Toto snížení kontrastu se označuje jako "rozmytí", jehož příčinou je rozptyl světla ve vrstvě.

Je třeba dodat, že na "rozmytí" obrazu má kromě vlastností citlivé vrstvy vliv také optika, chýba v zaostření obrazu, nerovnoměrnost roviny citlivé vrstvy s rovinou snímané předlohy, otřesy a pohyb objektivu v okamžiku snímání atd. I při úplném odstranění těchto příčin dojde vždy k určitému stupni "rozmytí" obrazu vlivem rozptylu světla v citlivé vrstvě.

Někdy dochází k opačnému jevu, tzn. ke zvýšení kontrastu, a to zejména na rozhraní mezi černými a bílými prvky snímané předlohy. Je to tzv. jev sousedních míst /Eberhardův jev/, který vzniká při vyvolávání v důsledku difúze vývojky a redukčních zplodin na sousedních místech s velkým rozdílem zčernání. U jemných prvků se jev sousedních míst projevuje kompenzací sníženého kontrastu, způsobeného rozptylem světla ve vrstvě, tedy zvýšením kontrastu a tím i zvýšením ostrosti obrazu.

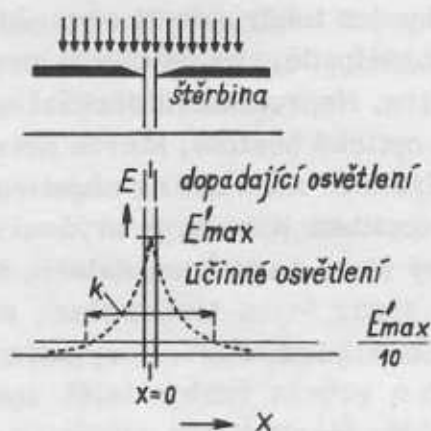
Rozložení účinného osvětlení v reálné citlivé vrstvě se podle Friesera skládá z osvětlení způsobeného přímo dopadajícím množstvím světla a z difúzního osvětlení uvnitř vrstvy, které je způsobeno rozptylem světla ve vrstvě.

Pro toto účinné osvětlení dE ve vzdálenosti x od středu osvětlené úzké štěrbině o šířce dx odvodil Frieser vztah :

$$dE = \frac{2,3}{k} E_0 \cdot 10^{-\frac{2|x|}{k}} dx,$$

kde E_0 je intenzita osvětlení vrstvy.

Hodnota k je pro danou fotografickou vrstvu konstantou, která vyjadřuje velikost rozptylu světla ve vrstvě. Je závislá na vlastnostech citlivé vrstvy /velikosti zrna, síle vrstvy, zabarvení vrstvy/ a vlnové délce použitého světla. Tato konstanta má rozměr délky a udává se v μm . Vyjadřuje šířku obrazu štěrbiny měřenou v oblasti $1/10$ účinné intenzity při osvětlení velmi úzké štěrbiny / viz obr. 6/.



Obr. 6

Vyjádření rozptylu světla ve vrstvě pomocí konstanty k je možné jen tehdy, je-li rozptyl ve vrstvě silný. U slabě rozptylujících vrstev /Lippmann, Mikrat/ se vytvoří ostrý obraz i přes nepatrné "rozmytí". U těchto vrstev by se pro přesné vyjádření rozptylu světla ve vrstvě musely uvažovat ještě další konstanty.

Konstanta K je praktickou mírou pro určení rozptylu ve vrstvě, pomocí níž lze dobře vyjádřit schopnost vrstev ostře zobrazovat jednotlivé podrobnosti. Velikost rozptylu je závislá na absorpci světla ve vrstvě, na tloušťce vrstvy a na velikost zrn AgBr. Konstanta k se zmenšuje s klesající vlnovou délkou použitého světla, se vzrůstajícím zabarvením vrstvy, ale vzrůstá se stoupající velikostí zrn AgBr.

Někteří výrobci citlivého materiálu již konstantu ostrosti vedle citlivosti a strmosti ve svých prospektech udávají. S údajem Frieserovy konstanty u dokumentního materiálu se setkáváme zatím jen u výrobků Agfa Lewerkusen AGEPE FF /12° DIN, rozlišovací schopnost 280 linek na mm/, u něhož $k = 18 \mu m$.

Pro ORWO DK - 3, vyráběný v NDR, udává Rudolph konstantu ostrosti $k = 30 \mu m$ při citlivosti asi 10° DIN a rozlišovací schopnosti 130 linek na mm.

Objektivní metodou pro určení ostrosti obrazu a schopnosti citlivé vrstvy reprodukovat malé detaily je sovětská Istominova metoda fotografické difúzimetrie, která na rozdíl od Frieserovy metody přihlíží i k odrazu světla od podložky citlivé vrstvy. Kritériem je opět měrné číslo vyjadřující rozměr v mikrometrech. Při jeho zjištění se kontaktně snímá speciální test s čarami o šířce 12,5; 25; 50 : 100 mikrometrů a s desetinásobnými mezerami mezi čarami, v senzimetru přes optický stupňový klín na zkoumanou vrstvu. Optické hustoty změřené na ose obrazu čar se měří mikrofotometrem a pomocí senzimetrické charakteristiky se určí hodnota

$$\log \frac{E}{E_0}, \text{ kde}$$

E je intenzita osvětlení působícího na ose obrazu čar v důsledku rozptylu a od-

razu světla,

E_0 je intenzita osvětlení mezer.

Zjištěné hodnoty $\Delta \log E = \log \frac{E}{E_0}$

se vynesou v závislosti na šířce čar, čímž se získá křivka, z níž se určí ta šířka čáry, při níž je $\Delta \log E = -1,0$. Tato šířka čáry v mikrometrech, tzv. difuzimetrický koeficient, je číselnou mírou ostrosti, rozptylu světla a jeho odrazu od podložky. Istominovo kritérium tedy lépe vyjadřuje vlastnosti citlivé vrstvy než Frieserova konstanta, protože bere v úvahu i odraz světla od podložky. Vliv odrazu světla se u difuzimetrické metody uplatňuje proto, že mezery mezi čarami testu jsou dostatečně široké, takže maximum odražených paprsků zasáhne citlivou vrstvu v místech obrazu čar. Vliv odrazu světla není u všech vrstev úplně odstraněn. Je známo, že rozptyl světla ve vrstvě je tím menší, čím je vrstva tenčí a čím je vyšší její transparence. Naopak podíl odrazu světla od podložky vzrůstá se zmenšující se tloušťkou vrstvy a s rostoucí transparenčí. Z toho vyplývá, že snaha po snížení vlivu rozptylu světla vede k rostoucímu vlivu odrazu světla od podložky, pokud ovšem není tento vliv potlačen účinnou antihalační vrstvou na spodní straně podložky.

Možnosti zpětného zvětšení a rozmnožení mikrofilmového obrazu

Pro čtení mikrofilmového obrazu se vyrábí řada čtecích zařízení, pomocí nichž obdržíme buď přímým optickým systémem nebo nepřímým ve spojení se zrcadlem zvětšený čitelný obraz.

Někdy bývají tyto čtecí přístroje vybaveny zařízením pro automatické vyhledávání určitého mikrofilmového obrazu spolu s možností zachycení zpětného obrazu na citlivý materiál. Nejčastěji jde o princip elektrolytického procesu zpracování elektrografického papíru na bázi ZnO. Takovým typem přístroje je čtecí a zpětně zvětšující přístroj FILMAC 400 B /firma 3 M USA/ nebo ALOS-VISOPRINT, který využívá stabilizovaného dvouláznového procesu.

Pro zpětné zvětšení lze využít :

- a/ klasické fotografie,
- b/ ofsetového tisku,
- c/ diazotypie,
- d/ nepřímé elektrografie /xerografie/,
- e/ přímé elektrografie /papír s vrstvou ZnO/.

Klasická fotografie se uplatní na běžných zvětšovacích přístrojích nebo na mikrofilmovacích kamerách s použitím zvětšovací hlavičky, která umožňuje při stejné snímací a zvětšovací optice získat nezkraslený obraz a to zejména tehdy, použije-li se symetrický objektiv.

Zvětšování na "dokumentní papír" může být nahrazeno stabilizovaným procesem, což umožní urychlení práce.

Ke zhotovení ofsetové tiskové desky /pro maloformátový ofset/ je možno použít těchto postupů:

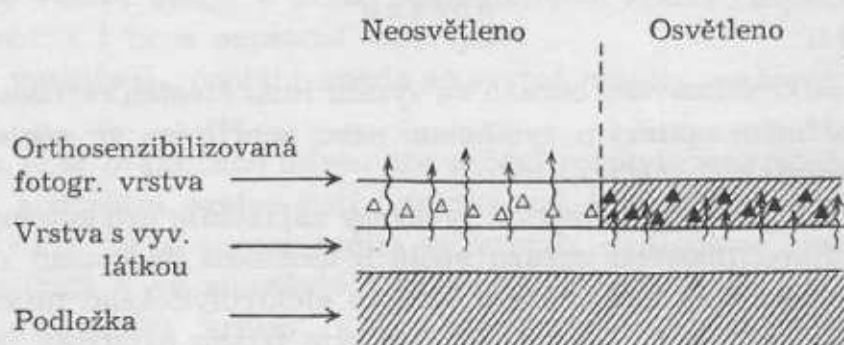
- a/ Mikrofilmový negativní obraz se zvětší na film /získá se zvětšený pozitiv/ a z něho se fotomechanickým způsobem zhotoví ofsetová tisková deska buď na chromova-

nou arabskou klovatinou nebo pomocí citlivých laků.

b/ Mikrofilmový negativní obraz se zvětší do původního měřítka s využitím speciálního materiálu, který umožňuje přímé zhotovení ofsetové tiskové desky. K tomu materiálu patří negativní a pozitivní desky VERILITH, u nichž se vyvoláváním mění hydrofilní části vrstvy na oleofilní. Negativní deska obsahuje papírový podklad laminovaný na obou stranách polyetylénem. Na jedné straně je nanесena vrstva obsahující disperzi vyvolávací látky v želatině a tato vrstva je pokryta ortochromatickou citlivou fotografickou emulzí.

Po osvětlení ve zvětšovacím zařízení se osvětlená místa vyvolají v aktivátoru při 30°C a deska se ponoří na několik vteřin do kyselé přerušovací lázně, kde se jednak ukončí vyvolávací proces a jednak se zabezpečí oleofilní vlastnosti tisknoucích míst povrchu desky. Tím je deska připravena k tisku.

Pozitivní deska VERILITH má buď stejnou podložku jako negativní, nebo je to kovová fólie. Na jejím povrchu je nanесena disperze vyvolávací látky v želatině a citlivá ortochromatická vrstva na bázi halogenidů stříbrných. Na ní je další vrstva rozptýlené halogenostříbrné emulze. Po expozici je deska opět ponořena do aktivátoru, přičemž se v prostřední vrstvě vyvolá negativní obraz. K převedení negativního obrazu na pozitivní v horní vrstvě napomáhá difúze neosvětleného halogenidu stříbrného ze sousedící spodní vrstvy /obr. 7/.



Schema negativního VERILITHU



Schema pozitivního VERILITHU

c/ Pro zhotovení ofsetové desky z mikronegativu je možné také využít negativní citlivý lak. To však vyžaduje zvětšovací zařízení vybavené speciálním UV zdrojem a objektivem s minimální absorpcí UV paprsků.

d/ Ofsetovou desku můžeme zhotovit z mikropozitivu také na pozitivní citlivý lak s použitím stejného zařízení jako v případě negativního citlivého laku. K tomu účelu je však nutné překopírovat mikronegativ na mikropozitiv pomocí Kalvarova filmu.

Rozmnožování mikrofilmového obrazu diazotypickým způsobem se uskutečňuje ve zvětšovacích přístrojích firmy CAPS /M 4, M 5, M 6/, přičemž se paprsky světla /UV/ promítají obrazem přes zrcadlo na projekční stůl, kde osvětlují diazotypické papíry nebo transparentní materiál. V těchto zvětšovacích přístrojích se používá 35mm filmu - pozitivu; k tomu je nutné překopírovat kontaktně mikronegativy na Kalvarův film nebo na film DIAZO-MIKRO. Tyto filmy se používají v pásu, nebo se jednotlivá políčka vsazují do karet typu MICROSEAL nebo FILMSORT, nebo do děrných štítků typu SONICARD. Původní mikronegativy je možné pro archivní účely rozmnožit na DIAZO-MIKRO film nebo na OZALID-Duplizierfilm SM.

Mikrofilmový obraz na pozitivěch lze zvětšovat od formátu A 5 do formátu A 1 na diazotypický materiál typu DIAZID-RAPID /čs. výrobek/, SUPER-RAPID Rot, Blau firmy SAFIR /NSR/ atd., přičemž se posun filmu a vyvolání papírů provádí automaticky. Kapacita přístrojů je udávána počtem 2000 až 3000 kopií za směnu.

Pro nepřímé elektrografické rozmnožování mikrofilmového negativního obrazu zkonstruovala společnost XEROX řadu automatů, které v určitém poměru zvětšují mikronegativy, mikrokarty apod. na obyčejný papír. Zvětšený obraz se nejprve promítá na selénový válec a z něho se přenáší na papír.

Přístroje jsou označeny RANK XEROX 1824 Universal Printer a zpracovávají mikrofilmové děrné štítky, mikrofilmy ve svítku 35mm nebo 16mm, mikrofilmy v pošetkách při 14,5násobném zvětšení na jednotlivé listy obyčejného papíru, na transparentní materiál nebo na ofsetové formy. Provoz je automatický při ručním vkládání mikrofilmů a papírů, výkon 2 - 3 zvětšeniny za minutu.

RANK XEROX 1824 Standard zvětšuje 35mm mikrofilmové negativní políčko vsazené do děrného štítku do formátu max. A 2 na obyčejný papír.

RANK XEROX COPYFLO 1 A zvětšuje 16mm a 35mm negativní i pozitivní perforované i neperforované pásy na kontinuální pás papíru šířky 33 cm s poměrem zvětšení 7,5 až 28 do max. formátu A 3 při rychlosti 6 m/min.

RANK XEROX COPYFLO 12 A rozmnožuje nejen 35mm mikrofilmové negativní a pozitivní perforované i neperforované pásy /poměr zvětšení 7-28/, ale také přímo originální předlohy max. rozměrů A 2 v poměru 1:1 nebo 1:2.

Přímá elektrografie využívá pro rozmnožování mikrofilmového negativního nebo pozitivního obrazu speciální papír s vrstvou polovodiče - ZnO /ELEKTROFAX/. Ke známým přístrojům patří COPYRTON BRUNING 1000, 1100 R pro zvětšování 35mm mikronegativů, dále SAFIR-BELIPA pro zvětšování 35mm mikronegativů do formátu 60x70 cm. KEROFAX K - 150 pracuje s 35mm filmem v kotouči a se 105mm negativy na speciálních kartách, zvětšuje do formátu A 1. Tímto přístrojem lze zhotovovat z mikronegativu i ofsetové tiskové desky.

Z á v ě r

Při mikrodokumentaci topografických map je třeba vycházet z existujících tiskových podkladů, jimiž jsou pozitivní astralonové kopie jednotlivých prvků náplně

map. Při snímání barevných výtisků by rozklad barev byl za současných podmínek těžko překonatelnou překážkou. Astralonové kopie je třeba snímat průsvitem, protože při reprodukci odrazem by docházelo ke snížení kontrastu a tím i k "rozmytí" obrazu.

S ohledem na vyráběný citlivý fotografický materiál je možné volit buď 35mm nebo 70mm neperforovaný film. Při volbě formátu negativního mikrofilmového obrazu si musíme uvědomit, že čím větší bude stupeň zmenšení, tím více se uplatní jevy, které způsobují "rozmytí" a rozostření obrazu.

Protože u mikrodokumentace map klademe nejvyšší požadavky na kvalitu mikronegativu, na němž se musí zobrazit veškeré prvky náplně mapy ostře a čistě bez jakéhokoli závoje, je zřejmé, že pro mikrodokumentaci topografických map lze využít jedině 70mm neperforovaný film, na němž lze vytvořit mikrofilmové obrazové pole 65x94 mm. Velikost tohoto negativního obrazového pole umožňuje snímat topografické mapy všech měřítek v poměrech zmenšení, které zachycují tabulky 1 a 2.

Mapy měřítek 1:25 000 až 1:200 000 včetně

Tabulka 1

Poměr zmenšení	Velikost obrazu na negativu
	v mm
1:7	67 x 63
1:8	59 x 55
1:9	52 x 49
1:10	47 x 44
1:11	43 x 40
1:12	40 x 37
1:13	36 x 34

Mapy měřítek 1:500 000 a 1 000 000

Tabulka 2

Poměr zmenšení	Velikost obrazu na negativu
	v mm
1:8	62 x 75
1:9	55 x 66
1:10	50 x 60
1:11	45 x 55
1:12	42 x 50
1:13	38 x 46
1:14	36 x 43
1:15	33 x 40

Uvedené poměry zmenšení jsou však také z velké části závislé na vlastnostech citlivého materiálu, neboť pro zhotovení negativního mikrofilmového obrazu použité vrstvy, jako Ferralit, Kodolith, Orwo FO 5, nedávaly dostatečnou kvalitu pro svoji vysokou strmost. Praktické zkoušky mikrodokumentace topografických map na speciálním dokumentním materiálu podstatně zlepšují kvalitu negativního mikrofilmového obrazu zejména tehdy, použije-li se materiál se střední strmostí $G=3$ a bude-li za standardních podmínek zpracování /složení vývojky, doba vyvolávání, teplota, sušení/ docílena jeho optická hustota $D=1,0 \pm 0,1$, aby kresba zejména v těch nejmenších čarách byla naprosto čistá a negativ měl kopírovatelné vlastnosti pro zpětné zvětšení

a rozmnožení.

S rostoucí optickou hustotou vzrůstá i závoj v nejmenších podrobnostech a mikrofilmový negativní obraz tak ztrácí kopírovací vlastnosti. Je samozřejmé, že dodržování určité optické hustoty mikrofilmového negativního obrazu je rozdílné podle toho, jakých metod se pro zpětné rozmnožení využívá. Nejnáročnějším procesem pro obdržení kvalitní zpětné zvětšeniny z mikrofilmového negativního obrazu je xerografie, pro níž platí uvedený požadavek dodržení optické hustoty.

Důkazem těchto závěrečných rozborů jsou ukázky provedené na dokumentním citlivém materiálu Microbox 70 mm a Recordak Microfile AHU 35 mm. Na materiálu Microbox a Recordak jsme zhotovili celou řadu mikronegativů od poměru zmenšení 1 : 7 až po 1 : 15, na mikrosnímacím přístroji Microbox 35/70 mm. Negativy byly pak zvětšeny na témž přístroji do původního měřítká na fototechnický film Orwo FO 5 /případně Kodalith/ a z pozitivu byly zhotoveny ofsetové tiskové desky na vrstvu Diazolith. Tisk byl proveden na stroji Romayor. Při srovnání kvality výtisků jsme zjistili, že při použití filmu Recordak /nebo materiálu s podobnými vlastnostmi/ je možné snímat astralonové kopie jednotlivých prvků náplně map v poměru zmenšení až 1 : 14. Materiál Microbox vykazuje nižší kvalitu, i když ho lze využít až do poměru zmenšení 1 : 9. Abychom docílili co největší kvality negativního mikrofilmového obrazu, na němž závisí kvalita zpětné zvětšeniny a rozmnoženiny, doporučujeme zmenšovat topografické mapy v poměru 1 : 8. V případě, že by u nových map, doplněných rozsáhlejšími mimorámovými údaji, přesáhl obraz při tomto poměru zmenšení rozměr políčka 70mm filmu, pak by bylo možné použít poměru zmenšení 1 : 8,5 nebo 1 : 9.

Na příloze 1 a 2 jsou uvedeny výřezy výtisku map, zhotovených z mikrofilmových negativních obrazů, snímaných v poměru zmenšení 1 : 7, 1 : 8, 1 : 9 a 1 : 14 na film Microbox a v poměru 1 : 7 a 1 : 15 na film Recordak Microfile. Přílohy jednoznačně potvrzují přednosti filmu Recordak Microfile AHU a jeho vhodnost pro mikrodokumentaci topografických map.

Na závadu celé problematiky zatím je, že nelze porovnat zpětné zvětšení a rozmnožení i s jinými procesy, jako jsou elektrografie, diazotypie, elektrolytický proces ze 70mm mikrofilmového obrazu pro nedostatek přístrojového a materiálového vybavení. I tak se dá však předpokládat, že mikrodokumentace topografických map, spojená se soudobou reprografickou technikou, by zvýšila pohotovost mobilních souprav a stala by se zárukou plynulého zásobování vojsk mapami i v případě zničení skladů vytištěných map a archivů tiskových podkladů. Realizace je však závislá na nákupu vhodných zařízení a vhodného materiálu, které se v ČSSR nevyrábějí.

V tomto článku jsme chtěli seznámit pracovníky VTS s problematikou a možnostmi mikrodokumentace map a s výsledkem výzkumné práce, z níž vyplynuly určité parametry pro mikrodokumentaci tiskových podkladů topografických map.

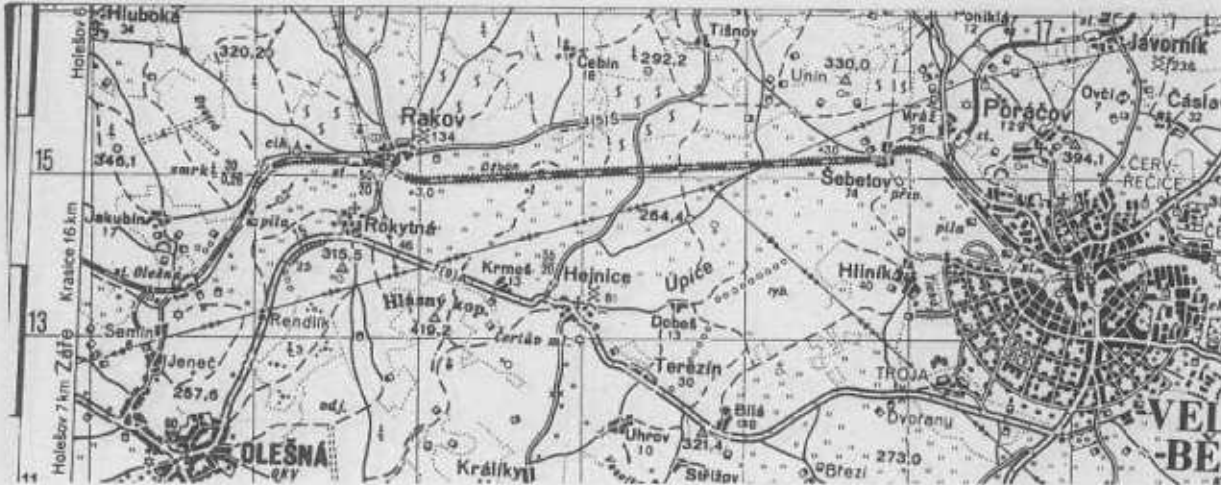
Došlo dne 3. 4. 1967.

Použitá literatura:

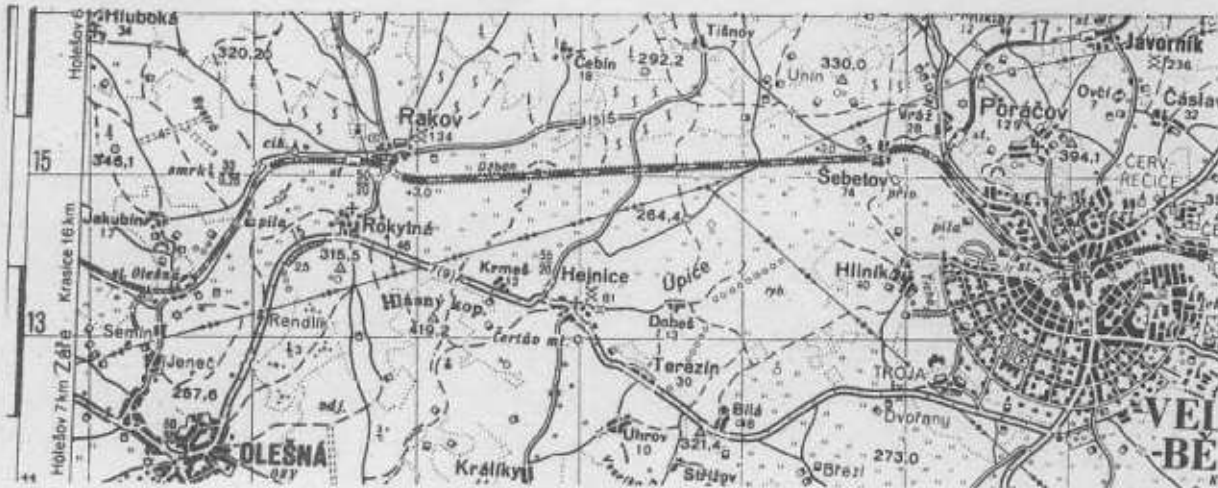
- /1/ Blumová - Hrdlička : "Rozlišovací schopnost soustavy objektiv - emulze", Čsl. časopis fyziků 1954/4.
- /2/ Cigánek B.: "Komplexní funkce přenosu kontrastu . . .", Jemná mechanika a optika 1962/1,2; 1963/11.
- /3/ Franke G.: "Photographische Optik", Akademische Verlagsgesellschaft Frankfurt /M 1964.
- /4/ Frieser H.: "Untersuchungen über die Wiedergabe kleiner Details durch

photographische Schichten", Photo. Korr. 5/1965, 4/1956, 11/1956.

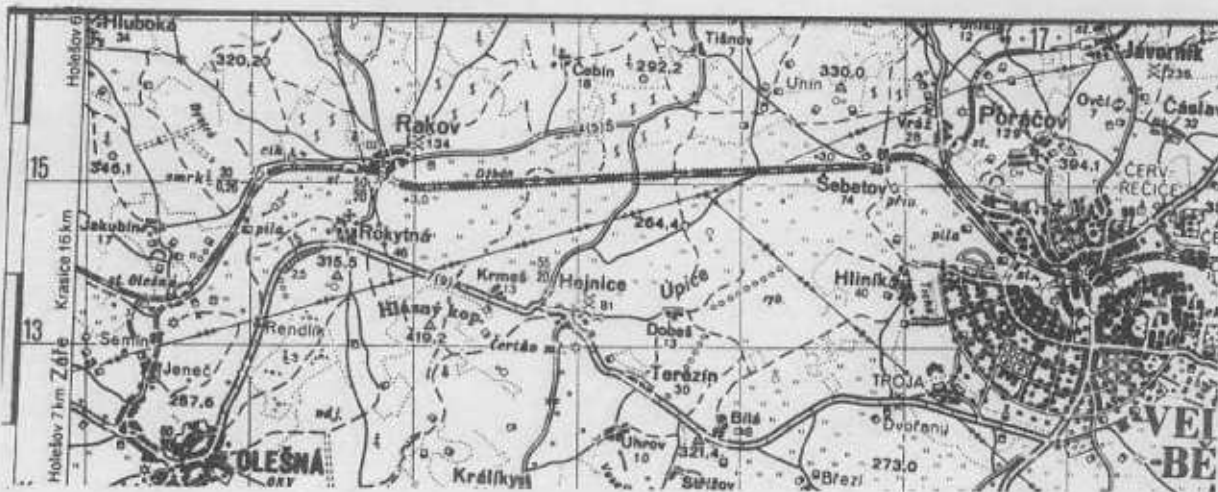
- /5/ Küster A. : "Über die Abbildungsschärfe photographischer Schichten". Bild und Ton 14/1961/6.
- /6/ Lapauri: "Kinoprojekcionnaja optika", 1950.
- /7/ Lohmann A.: "Zur Messung des optischen Übertragungsfaktors". Optik 1957/11.
- /8/ Rudolph J.: "Die Kontrastübertragungsfunktion als Bildgütekriterium". Bild und Ton, 12. Jahrgang 1959/11, 12.
- /9/ Švestka L.: "Rozlišovací schopnost a ostrost fotografických materiálů". VUZORT závěr. zpráva 4/1958, 17/1958.
- /10/ Urmacher L. S.: "Optika fotografičeskich a aerofotogrammetričeskich priborov". Nedra 1965.
- /11/ Istomin G.A.: "Žurnal naučnoj i priklad. fot. i kinem.," 1962, č. 2, str. 1.



MIKROBOX 1:7



MIKROBOX 1:8



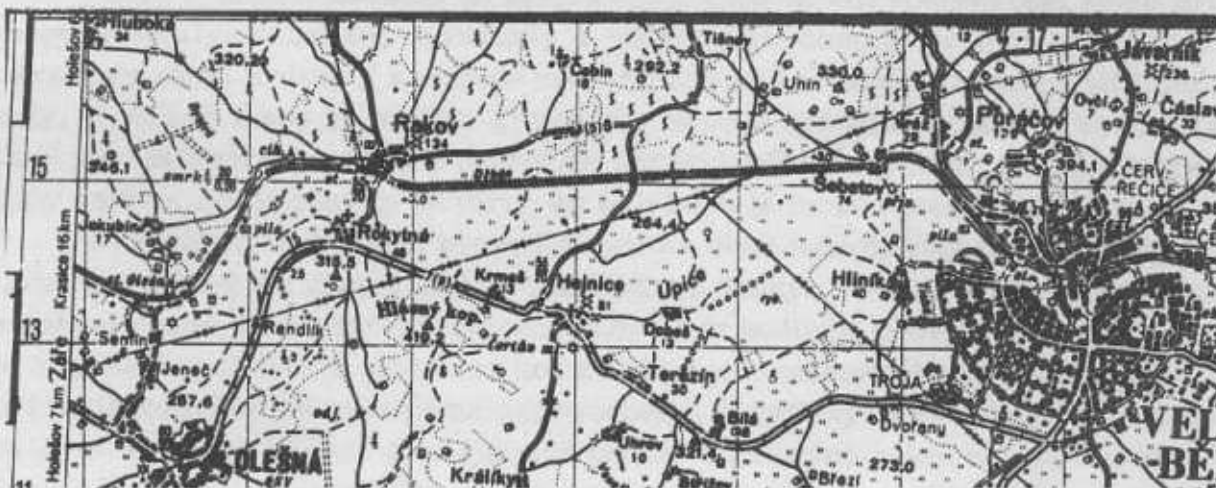
MIKROBOX 1:9



MIKROBOX 1:14



RECORDAK 1:7



RECORDAK 1:15

Některé zvláštní způsoby reprodukce a tisku ve Vojenském zeměpisném ústavu

Naléhavost výrobních lhůt, často nevyhovující reprodukční schopnost dodaných předloh i nedostatek některého spotřebního materiálu nutí řídicí orgány VZÚ hledat takové výrobní postupy, které nejsou běžně používány nebo dosud použity nebyly. Bude jistě prospěšné informovat příslušníky VTS o těchto výrobních způsobech a možnostech jejich využití.

Dotisk několikabarevné kresby do souborů slepených topografických map

VZÚ splnil řadu úkolů reprodukce a tisku pro topografické zabezpečení spojeckého cvičení VLTAVA. Jedním z nejobtížnějších bylo dotištění osmibarevné nadstavby do 75 listů mapy měř. 1:25 000 a slepení těchto map do šestilistových, devítिलistových a patnáctilistových souborů. Lhůta pro splnění tohoto úkolu byla velmi krátká, protože podklady pestrobarevné nadstavby vykreslené na oleátách pro každý jednotlivý list byly dodány několik dní před požadovaným termínem pro expedici hotových souborů. Tak obtížný úkol v topografickém zabezpečení vojsk VZÚ dosud neplnil.

Běžnou technologií, tj. dotiskem osmi barev do 75 listů na jednobarevném ofsetovém stroji o minimální tiskové ploše velikosti jednoho mapového listu /HEO-2-2/, by nebylo možno úkol v daném termínu splnit, ani kdyby byly tisk a lepení map prováděny ve třech směnách. Znamenalo by to 600 kopií na tiskové desky a vytištění 250 až 530 kusů každého mapového listu. Při jednosměnném provozu to představuje práci jednoho jednobarevného stroje na cca 50 dní. Navíc bylo nutno uvažovat ještě s několika dny na knihařské práce spojené s ořezáváním jednotlivých listů a jejich slepení do souborů. Předběžná časová kalkulace ukázala, že kapacita výrobního zařízení i příslušných pracovníků na daný úkol naprosto nestačí. Proto byla provedena jednoduchá zkouška potištění předem slepené cvičné mapy v souborech. Výsledek pokusu ukázal, že v dvoubarevném ofsetovém stroji velkého formátu /superquinta/ je možno při pomalém chodu stroje naložit a potisknout současně 6 slepených topografických map, dále že nakládací aparát takový papír naloží do stroje, jestliže je soulep map u záchytného okraje pečlivě proveden.

Podle výsledku zkoušky se připravily k potiskování soulepy tak, že se příslušné mapy vybalily z balíků, vyrovnaly v protisměru ohnutí, proměřily, mají-li stejný okraj papíru od kresby / v případě nesouladu rozměrů napíchaly se na jehlice/ a ořezaly. Ořezané mapy se natřely klihem a slepily v šestilisty. Slepene šestilisty naložené na tiskových plošinách netvořily obvyklý nákladový stoh, ale působily dojmem kupy papíru. Nezkoušený by nevěřil, že tuto kupu je možno potiskovat.

Na slepené soubory se provedla montáž oleát jednotlivých barev, vyznačila sou-tisková znaménka a zhotovily kopie na tiskové desky. Do ofsetového stroje se muselo nakládat pouze po sto kusech slepených map a ty podložit dřevěnými klíny. Chod stroje nepřesahoval 2 000 otoček za hodinu při dvoubarevném tisku. Překvapilo, že bylo při potiskování velmi málo technického odpadu, že výtisky vcelku dobře lícovaly /kresba byla ze silných čar/ a že gumové potahy ofsetových válců nebyly nerovností slepených souborů nijak poškozeny. Kromě šestilistů bylo nutno tisknout i na slepené pásy o třech listech. Z potištěných šestilistů a třílistů byly pak slepovány soubory

devíttilistové, dvanáctilistové a patnáctilistové. Kromě expedice výtisků v rolích bylo nutno část nákladu skládat do velikosti A-4.

Zavedením popsané technologie se mohl uvolnit malý ofsetový stroj pro dotisk kresby do jednotlivých listů map menších měřítek. Jedině tímto způsobem bylo možno daný úkol v tak krátké lhůtě splnit. Využití dvoubarevných ofsetových strojů velkého formátu je výhodné pouze u většího počtu výtisků. Pro malé náklady /do 100 kusů/ je výhodnější potiskovat spleené soubory po jedné barvě v nátiskovém stroji /DEFFA/, nebo sítotiskem.

Zpracování tiskových podkladů názorných vyobrazení bez použití fotomateriálu

Mezi plánovanými požadavky složek MNO a druhů vojsk jsou i objednávky na rozmnožení názorných vyobrazení různého charakteru. VZÚ zpracovává např. řadu zdravotnických obrazů. Některé dodané předlohy byly však dlouhodobým používáním tak poškozené, že je nebylo možno fotograficky reprodukovat. Normálně by musely být originály pro reprodukci nově vykresleny nebo vymalovány. Ale i v tomto případě byla potíž, protože fotografický materiál tohoto formátu nebylo možno získat. Proto se použila tato technologie:

Poškozená předloha se nalepí na hladkou lepenku, aby se vyrovnaly nerovnosti, vrásky a potřhané partie. Kreslicí barva /černá, neutrálka, šedá/ se vykreslí tuší a tužkou HARTMUNDT-NEGRO číslo 1 nebo číslo 2 na průsvitný papír přiložený na předlohu. Kreslí se stranově správně. Je možno použít matovou oleátu s jemným strojově zrněným povrchem /nejlépe vyhovuje finská průsvitka/. Některé partie, jež nejsou dobře viditelné, je třeba předem lehce vyznačit tužkou a pak při podložení křídového kartonu správně vykreslit.

Z kresby na průsvitce se zhotoví ofsetová kopie na astralon. Tato kopie není běžnou prací, vyžaduje totiž vhodné vlhkostní podmínky a dobrou citlivou vrstvu. Nejlépe se osvědčila světlocitlivá vrstva červené barvy, kterou vyrábí GRAFOTECHNA Praha. Tak se získá pozitivní kopie s veškerými jemnými detaily kresby, jež slouží jako tiskový podklad. Ostatní barvy koloritu obrazu se provedou vyplněním ploch na hladký astralon nebo křídováním na ozrněný astralon. Používá se k tomu renovovaný astralon ozrněný v brousícím stroji na tiskové desky. Tyto tiskové podklady se zpracovávají stranově obráceně /ofsetově/, aby se kresba mohla ihned kopírovat na tiskové desky.

Tímto způsobem provedená reprodukce plně vyhovuje pro tisk a je ekonomicky výhodná. Lze ji použít i na jiné reprodukční úkoly.

Fotoreprodukce nekvalitních předloh psaných na psacím stroji

Častým úkolem VZÚ je rozmnožit psacím strojem psaná skripta, služební pomůcky, brožury, prozatímní předpisy, plány, působnosti a jiné tiskoviny. Přestože jsou objednatelé poučováni, jak mají tyto předlohy pro fotografování zpracovávat, docházejí stále objednávky na reprodukci velmi nekvalitních předloh. Většinou jsou to texty psané na stroji s nedostatečně sytou páskou, nevyčištěnými strojovými typy, slabě tužkou dopisované stati, nebo slabě tužkou vykreslená liniatura tabulek. Někdy nelze takto dodané předlohy vrátit k přepracování, a to buď pro značný rozsah předělávek nebo pro časovou tíseň. Na pracné opravy, tj. prorývání kolodiového negativu nebo retuš diapositivů zpravidla není čas. Proto se postupuje tím způsobem, že se reflektograficky zhotoví negativy a pozitivní kopie na papír /jde-li o pozdější

zmenšení textu např. z A-4 na A-5/ nebo z reflektografických negativů na diafilm /jde-li o vydání textu 1:1/. Tímto způsobem vycházejí i slabší tužkové čáry dosti sytě. Je to proces ekonomicky nevýhodný, ale v daném případě jedině možný.

Došlo dne 1.5.1967.

Mjr. ing. František Fiala, VKÚ

Nové způsoby zhotovování a používání reliéfních map v ČSLA

V Československu se začaly zhotovovat výlisky reliéfních map z plastických hmot - fólií Fatroid a Fatrokart, až po druhé světové válce. Zpočátku se vytvářely pouze jednotlivé mapové listy, jejichž kompozice, formát aj. korespondovaly s jejich účelem a posláním. Šlo o reliéfní mapy, které se používaly samostatně, bez možnosti vytvoření montáže - mozaiky map. Obyčejně tyto mapy měly okrasný rámeček nebo jinou účelnou mimorámovou úpravu. Dodnes takové mapy vyrábějí odborná zařízení ÚSGK pro školní, turistické i exportní účely. Od těchto map se v ČSLA téměř upustilo a započalo se s tvorbou reliéfních map v rozměrech a kladech standardního vojenského mapového díla. Výlisky těchto map mají svislé okrajové stěny, takže je možno z nich vytvářet montáže - mapové mozaiky potřebných prostorů.

Hlavní zásady technologie jejich zpracování :

1. Zhotovení pozitivního stupňovitého modelu terénu postupným nalepováním kartonových vrstev.
2. Modelování stupňovitého modelu epoxidovou pryskyřicí 1200.
3. Ofsetový tisk mapové kresby na fatrokartové fólie.
4. Lisování reliéfních map ve vakuových lisech.
5. Montáž reliéfních map do mozaiky.

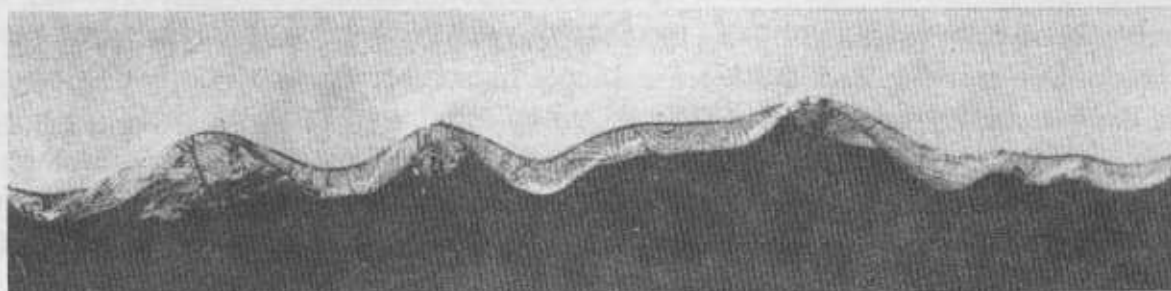
Zpracování různých druhů a typů reliéfních map v tuzemsku i v zahraničí bylo již dříve popsáno v člancích VTO, jejich autory byli ing. Jelínek, ing. Kubeček, pplk. ing. Paxa a pplk. Zaoral. Bude účelné je pouze doplnit jejich zhodnocením po stránce přesnosti a ekonomiky výroby.

Horizontální přesnost originálu modelů terénu zahrnuje chyby vzniklé roztažeností kartonů a map na nich nalepených, nepřesností montáže a konečnou úpravou originálů. Proměřováním bylo zjištěno, že tato chyba není větší než $\pm 0,5$ mm a pohybuje se od 0,3 do 0,5 mm co do absolutní hodnoty.

Vertikální přesnost originálů reliéfních map je ovlivňována nestejnou tloušťkou kartonu, vrstvou lepidla, tloušťkou mapového papíru, zručností a pečlivostí pracovníků při montáži originálů. Vertikální chyba roste s převýšením modelu, což je způsobeno větším počtem nalepených kartonů, map apod. Celková výšková chyba originálů o průměrném počtu 5 vrstev nepřesahuje v absolutní hodnotě 0,3 mm.

Výlisky zhotovené přímo z těchto originálů jsou kromě uvedených chyb zatíženy i tzv. "přetažením" nebo "nedotažením" zrcadla mapy vzhledem k hraně svislé okrajové stěny reliéfní mapy /viz obr. 1/.

Je velmi obtížné a pracné vylisovat reliéfní mapu tak, aby zrcadlo mapy sledovalo hranu originálu. U map s velkým vertikálním převýšením je to prakticky nemožné. Tím se stává, že přetažená mapová kresba je při montáži mapových listů zakryta přiloženou sousední mapou.



Obr. 1

Výroba výlisků reliéfních map tímto způsobem je nákladná a málo efektivní. Například lisování se uskutečňuje z pozitivního modelu na tvrdé podložce při plném zatížení atmosférickým tlakem. Dochází tak ke značné deformaci terénních tvarů. Reliéfní originály se poškozují a při vyšších nebo opakovaných vydáních je nutné po určité době obnovovat celý originál. Denní výkonová norma jednoho pracovníka činí jen cca 25 výlisků, což by neumožňovalo dostatečně zabezpečit rychlé a značné požadavky druhů vojsk na reliéfní mapy. Další "zpevnování" norem při lisování map uvedeným způsobem by mělo za následek podstatné snížení kvality reliéfních map.

Podobně i montáž a zhotovení mapové mozaiky z těchto reliéfních map jsou velmi pracné. Svislé okraje map se musí ořezávat na vzájemně stejnou výšku. Po ořezání se upevňují na speciální rámečky, které se montují a připevňují /šroubují/ na nosnou plochu. Při tomto způsobu montáže vznikají mezi jednotlivými mapovými listy mezery až 8 mm.

V rámci sledování a studia všech těchto nedostatků ve výrobě reliéfních map se řešil nejdříve problém archivování originálů map a lisování z náhradních pozitivů. Prováděly se zkoušky s různým materiálem a sledovaly se zejména tyto parametry:

1. Rozměrová stálost modelu po odlití.
2. Pevnost modelu.
3. Časové a finanční náklady na odlévání.

Pro zkoušky byly zhotoveny odlitky z různých druhů materiálu:

- a/ odlitek z alabastrové sádry s kovovou vložkou;
- b/ odlitky z epoxidových pryskyřic;
- c/ skořepinové odlitky z epoxidových pryskyřic vyplněné sádrou;
- d/ odlitek z lavinitu /Švermovy železářny n.p. Podbrezová/;
- e/ odlitek ze speciální slitiny /Státní mincovna Kremnica/;

Dílní výsledky provedených zkoušek:

- Sádrový odlitek plně nevyhovoval výrobně-technickým požadavkům; finanční náklady byly malé.
- Odlitky z epoxidových pryskyřic byly velmi odolné vůči tlakům a otěru, rozměrově byly nestálé, jejich zhotovení bylo finančně nákladnější. Roztažnost epoxidových odlitků je zcela nepravidelná a závislá na způsobu odlévání, na době zrání /několik měsíců i roků/, na teplotě při lisování, na způsobu prohřívání odlitků apod. Odlévání epoxidových odlitků vyžaduje poměrně dlouholeté sledování deformačních vlastností epoxidů. Jejich výzkum a výroba odlitků budou ekonomicky výhodné u mnoha-tisícových nákladů výlisků reliéfních map.
- Odlitky zhotovené z lavinitu a ze speciální slitiny byly velmi odolné vůči tlakům,

ale jejich výroba je finančně nákladná. Odlévací kov má známý konstantní koeficient smrštění při odlévání. Pro výrobu odlitků reliéfních map by bylo zapotřebí zhotovovat modely terénu větší o příslušný násobek koeficientu smrštění kovu. Z toho při současné výrobě stupňovitých modelů vyplývá pořizování zvětšených podkladů standardních map pro tvorbu map reliéfních. Při nynějším bohatém sortimentu reliéfních map je využití těchto odlitků ekonomicky méně výhodné.

Na základě těchto zkoušek a získaných zkušeností z pozitivního lisování na pevné podložce bylo účelné přejít na zcela nový systém výroby reliéfních map: lisováním z negativních odlitků uložených na měkké podložce.

Při pozitivním lisování reliéfních map je model uložený na tvrdé podložce jednostranně namáhán atmosférickým tlakem. Model je prohýbán a deformován. Negativní způsob lisování odstraňuje resp. ruší jednostranné tlaky vyvíjené na model. Lisovací matrice je umístěna na pěnové gumě. Vzduch je vysáván z prostoru mezi potištěnou plastickou fólií a pěnovou gumou. Atmosférický tlak působící všemi směry se ruší pevností materiálu.

Negativní tvarování má oproti popisovanému pozitivnímu lisování některé podstatné výhody:

- umožňuje archivování originálů modelů terénu;
- zhotovuje se pouze jedna kopie /matrice/;
- průtažnost potištěné plastické fólie se projeví pouze na vrcholových tvarech, čímž se zachovává čitelnost mapové kresby v údolích v horských oblastech. /U pozitivního lisování je deformace kresby právě opačná. Viz obr. 2/;
- vlastní lisování trvá velmi krátkou dobu /několik vteřin/ a dovoluje podstatné zvýšení výkonových norem při zvýšení kvality výrobků;
- negativní způsob lisování umožnil vytvářet nové typy reliéfních map, tzv. reliéfní mapy s překryty.



Pozitivní výlisek

Obr. 2

Negativní výlisek

Za základní odlévací hmotu byla pro negativní způsob lisování vybrána opět alabastrová sádra. Má výhodné vlastnosti pro opracování, dobře se odlévá, pro negativní lisování je dostatečně pevná a finančně není nákladná.

Na referenčním odlitku z alabastrové sádry o rozměrech 50 x 50 x 5 /cm/ byla zjišťována rozměrová stálost bloku, za teploty a tlaku odpovídajících výrobním podmínkám. Sádrový odlitek byl proměřován nepřetržitě 30 dní a po celou tuto dobu zránil vykazoval roztažnost větší jak 1 mm. Tato poměrně značná roztažnost je nepřijatelná, zvláště pro tvorbu reliéfních map malých měřítek, z toho důvodu, že i po rovnoměrném jejím rozdělení na celkový rozměr mapy dochází k nepřesnému licování tisku na model, zejména na úzkých hřbetech a údolích. Tyto chyby se odstraňují retuší, čímž se zvyšují finanční náklady na každý mapový list. Retuš spočívá v rozře-

zání odlitku na sekce 20 x 20 /cm/ a v jejich opětovné montáži. Velikost šíře řezu odpovídá roztažnosti sádry. Stopy po řezech je nutné zahladit a upravit, aby byly v souladu s natištěnou mapovou kresbou na plastické fólii. I tak je výsledek retuše porušení nebo i zrušení celých terénních tvarů. Tento způsob výroby je možný pouze u map velkých měřítek, turistických map apod. Při tvorbě vojenských reliéfních map bylo nutné eliminovat roztažnost sádry.

Zkouškami bylo zjištěno, že sádrový odlitek má minimální roztažnost 0,4 mm na rozměr 50 cm v tom případě, jestliže se odlévání uskutečňuje na vibračním stole. Vibrace ruší vnitřní síly, které vznikají při tepelné reakci tuhnutí sádry. Odlitek je podrobován vibračním vlivům od okamžiku odlévání až po vychladnutí modelu. K vibraci odlitků byl použit vibrační stůl německé výroby zn. ST-80, který měl tyto technické údaje:

frekvenční rozsah	20 - 80 Hz,
amplitudní rozsah	0 - ± 2 mm,
max. zatížení	30 kp,
velikost vibrační desky	26 x 35 cm.
rozměr přístroje	84 x 52 x 43 cm.
váhu	150 kg.

Použitá sádra: Allabaster - Modell Gips, technischer Gips MGL-TGL 4255. Výrobce VEB Thoringen, Gipswerke - Krölpa.

Následující tabulka uvádí roztažnost sádry bez vibrace a s vibrací.

Počet dní	Roztažnost v mm		Roztažnost v mm	
	bez vibrace	s vibrací	bez vibrace	s vibrací
1	1,15	0,30	1,50	0,80
2	1,50	0,50	1,70	0,90
3	1,50	0,50	2,20	0,90
.
.
.
10	1,50	0,40	2,21	0,90
.
.
.
20	1,30	0,40	2,15	0,80
21	1,20	0,40	2,20	0,70
22	1,20	0,40	2,20	0,70
.
.
.
28	1,20	0,40	2,20	0,70
29	1,20	0,40	2,15	0,80
30	1,20	0,40	2,20	0,70
Modell Gips Allabaster MGL-TGL 4255			Spofa Dental Praha	

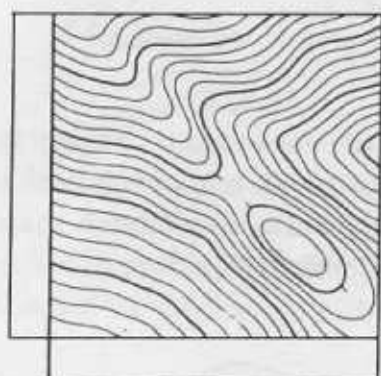
Vyřešením způsobu zhotovování sádrových matic s využitím vibrace, je možné odlévat všechny druhy originálů terénu bez retuše. Tohoto způsobu odlévání s vibrací se s výhodou použilo při zhotovování náhradních matic pro nový typ reliéfních map s překrytovými pásy. Každá odlévaná matrice je na jižním - západním okraji roz-

šířena o část reliéfu sousední mapy. Jde o reliéfní překryt - pás o šířce 1 cm, který umožňuje snadnou montáž reliéfních map do mozaiky. Severní a východní reliéfní pás matrice tvoří vymyšlené tvary terénu, které mají zejména za účel zabezpečit rovnoměrné protažení plastických fólií při lisování a minimální deformaci mapové kresby u sekční čáry listů, zobrazujících zejména kopcovité a horské terény.

Montáž reliéfních map s překrytem se provádí těmito způsoby :

- a/ připevněním hřebíčky na hobře,
- b/ kovovými spínači,
- c/ slepováním.

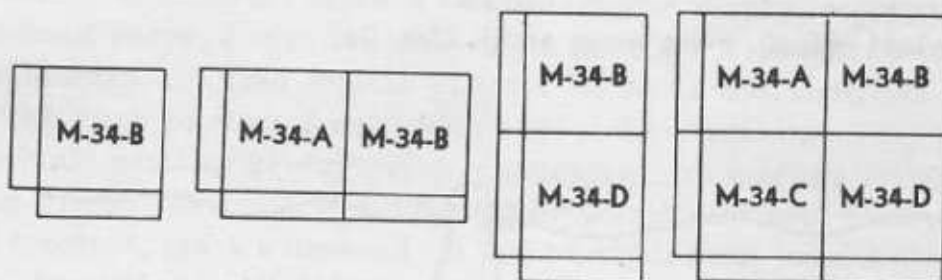
Před každou montáží je nutné odstranit severní a východní okraj mapy podle předtištěného schématu, nejlépe nůžkami. Je nutné dbát toho, aby pás byl přesně odstřižen v čáře rámu mapy. Jakákoli nepřesnost při odstraňování překrytů zhoršuje čitelnost i celkový vzhled mapy. Tvar takto upravené mapy je znázorněn na obr. 3.



Obr. 3

ad a/ Pro montáž na hobře jsou nejvýhodnější drobné hřebíčky nebo špendlíky, protože mají malou údernou plošku, čímž minimálně zakrývají kresebnou náplň mapy. Montáž se provádí zprava doleva a shora dolů ze severovýchodního rohu mapové mozaiky. Například při mapách 1:500 000 M-34-A,B,C,D je postup montáže následující:

Jako první se připevní mapa M-34-B. Následují mapy M-34-A a M-34-D v libovolném pořadí. Poslední se připevní mapa v jihozápadní části dané čtveřice M-34-C. Viz obr. 4.

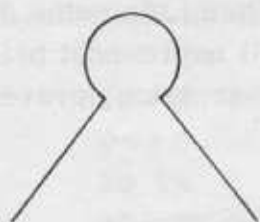


Obr. 4

Špendlíky se zatloukají do hobry výhradně v údolích reliéfu mapy a kromě toho se umísťují do takových míst, kde nejméně narušují čitelnost mapy. Ve vrcholových

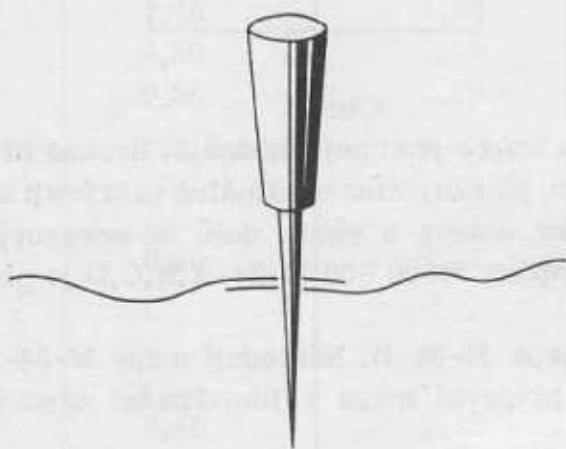
tvarech mají špendlíky malou úchytnou sílu, prolamují zeslabenou plastickou fólii a nespojují mapy do mozaiky kvalitně. K demontáži takto zhotovené mapové mozaiky se používá kapesního nože, kterým se špendlíky z hobry snadno vytáhnou. I zde je třeba určité opatrnosti, aby při odstraňování špendlíků nedocházelo k otírání mapové kresby, k vytrhávání částí mapy, případně k jejímu roztříštění. Tento způsob montáže je nejrychlejší a používá se jej s výhodou tam, kde je k dispozici hobra.

ad b/ Druhý způsob je nejvýhodnější pro polní podmínky. Je založen na principu použití spínačů. Obr. 5.



Obr. 5

Před montáží je nutné opět ořezat jednotlivé mapy jako při předcházejícím způsobu. Také postup pokládání jednotlivých mapových listů je shodný. Po přiložení, výškovém vyrovnání a situačním slícování sousedních map vytvoří se pomocí nápichové jehly otvory v obou mapách najednou. Viz obr. 6.



Obr. 6

Do otvorů se vloží spínač, a ten mapy spojí. Obr. 7a.



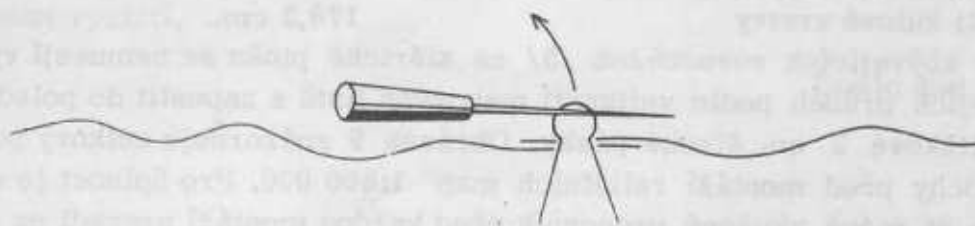
Obr. 7a

Předpokládá-li se, že mapy zůstanou v užívání delší dobu, je možné rozevřít části spínače, jak ukazuje obr. 7b.



Obr. 7b

Počet otvorů se volí podle potřeby. Zpravidla asi 5 otvorů na jedné straně mapy, které se volí především v údolí reliéfu map. Při zachování stejné kvality montáže je tento způsob pomalejší než montáž na hobře. Demontáž mozaiky je opět jednoduchá - vytahováním spínačů se mozaika zruší. K vytahování je možno používat kapesního nože nebo nápichové jehly, jak ukazuje obr. 8.



Obr. 8

Možnost poškození jednotlivých mapových listů je v tomto případě menší, je však opět třeba provádět demontáž s největší pečlivostí, aby poškození reliéfních map bylo minimální.

ad c/ Montáž slepováním se používá v těch případech, má-li mozaiková kompozice sloužit k trvalé potřebě. Používaná lepidla dosud nedovolují po slepení mozaiku rozebrat, protože jakýkoli pokus o demontáž má za následek utržení nebo deformaci překrytových částí plastické mapy. Lepidlem se natírají jen překrytové /nepotištěné/ části mapy a sousední mapy se pouze přiloží. Pro uvedené spojení map je nejvýhodnější lepidlo L-20, výrobek n.p. FATRA- Napajedla. Je však třeba s ním velmi rychle pracovat, neboť lepidlo se rychle vypařuje, obsahuje cca 80 % metylénchloridu. Vzhledem k rychlému odpařování je nutno s lepidlem pracovat v místnosti při otevřeném okně a nenechávat po celou dobu slepování otevřenou nádobu /zdraví škodlivé, zbytečné odpařování a tím i snížení kvality lepidla/. Po slepení map je nutné vyčkat alespoň 15 minut, až lepidlo zaschne. Po této době je možná opatrná manipulace. Celková doba utvrzení je cca 24 hodin. Při slepování map se musí pečlivě dbát také toho, aby lepidlo nepřišlo do styku s tiskem mapové kresby, neboť metylénchlorid rozpouští tiskové barvy. Jiným druhem lepidla je 10 % roztok astralonu, resp. sico-rintu v cyklohexanonu. Toto lepidlo zasychá až po 12 hodinách, což je jeho nevýhoda. Plastické mapy po slepení musí být po celou dobu zatíženy.

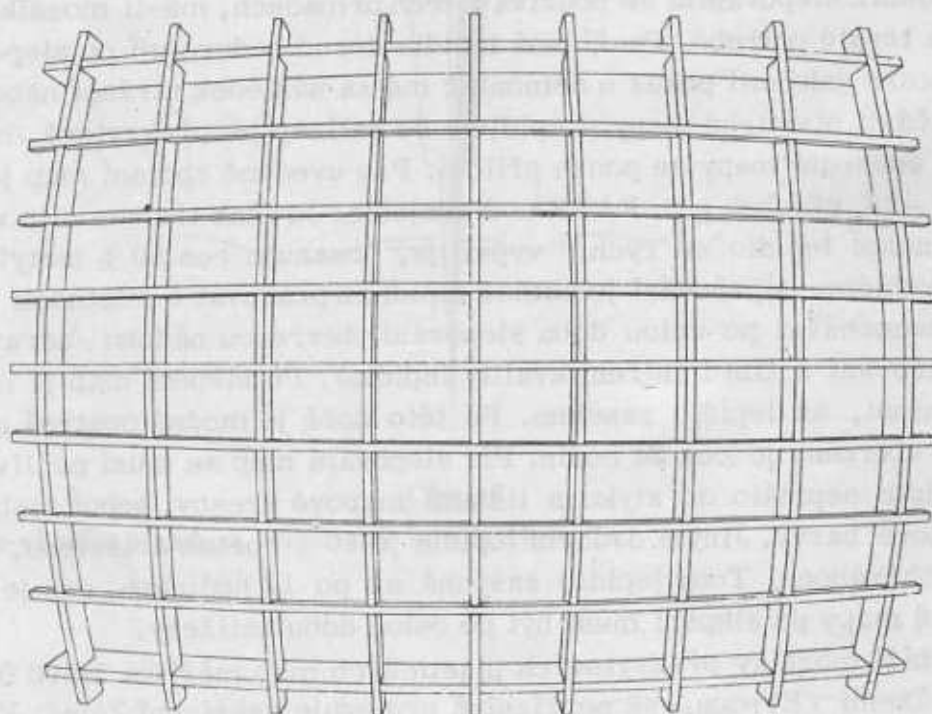
Při montáži mozaiky překrytových plastických map měřítko 1:500 000 v rovině z rozsáhlého území /Evropa/ se nepříznivě projevuje zakřivení Země. Výlisky map se sice dají spojovat, avšak s chybou 1 - 3 mm ve styku mezi jednotlivými šestistupňovými pásy. Pro běžné používání mapových mozaik /informativní, dekorativní/ není tato chyba podstatná. Pro přesnou montáž a skutečnou názornost je výhodné zhotovit část kulové plochy o poloměru $r=6370$ km v měřítku 1:500 000 jako podklad pro montování map. Konstrukce části kulové plochy, resp. její kostra, se zhotoví z 1 cm tlusté překližky. Poledníky jsou široké 5 cm, rovnoběžky /horní a dolní/ 12 cm, ostatní

jsou široké 2 cm. K docílení působivějšího zaoblení reliéfních map je výhodné napnout středem každého mapového listu ve směru sever - jih a východ - západ nitě. V průsečíku nití /střed listu/ se výlisky vlastní vahou mírně prohýbají, a proto se v těchto místech vypořádají gumovou podložkou.

Rozměry části kulové plochy jsou pro území Evropy v měřítku 1:500 000 následující :

poloměr poledníku	1274,0 cm,
délka poledníku	268,3 cm,
počet poledníků	10 kusů,
poloměr dolní rovnoběžky	946,8 cm,
délka horní rovnoběžky	447,5 cm,
poloměr horní rovnoběžky	748,8 cm,
délka horní rovnoběžky	352,9 cm,
výška části kulové vrstvy	178,2 cm.

Poloměry zbývajících rovnoběžek /5/ na sférické ploše se nemusejí vynášet. Stačí označit jejich průběh podle velikosti mapových listů a zapustit do poledníkových žebek překližkové 2 cm široké pásy. Obrázek 9 znázorňuje celkový pohled na část kulové plochy před montáží reliéfních map 1:500 000. Pro úplnost je vhodné doporučit, aby si méně zkušený pracovník před každou montáží provedl na zkoušku volnou montáž výlisků map a teprve potom přikročil k jejich pevnému spojení. Zabrání tak nežádoucí demontáží mapové mozaiky.



Obr. 9

Současná výroba překrytových reliéfních map ve vojenské topografické službě může plně zabezpečit požadavky ČSLA. Mapy se zhotovují v různých formátech i v různých měřítkových stupnicích. Kvalita reliéfních map a nový způsob rozmnožování zaručují jejich snadnou montáž do potřebných celků - sestav. Zavedením nové technologie tvarování se podstatně zvýšila produktivita práce, zmenšila se pracnost ve výrobě a zlepšilo se i pracovní prostředí.

V současné době se technologie výroby překrytových map využívá i pro zhotovování výlisků reliéfních map z měkčeného PVC. Montáž těchto výlisků je možno provádět samolepicí páskou nebo výlisky slepovat lepidlem L-33.

V dohledné době se přistoupí ke zhotovování reliéfních map, které budou odolné proti tříštivosti, čímž bude podstatně prodloužena jejich životnost.

Posláním příspěvku je poukázat na nové způsoby zhotovování reliéfních map, přehledně shrnout používané progresivní technologické postupy a uvést jejich přednosti a možnost využití.

Došlo dne 1.3.1968.

Pokračování obsahu

- Ing. Marta Simonová:** Zjišťování charakteru filmových podložek se zřetelem k archivaci leteckých snímků . . . 97
Recenzent ing. Jaroslav Kubeček
- Ing. Jaromír Ježek, pplk. ing. Jaroslav Kosař:** Mikrodokumentace ve vojenské topografické službě . . . 103
Recenzent ing. Zdeněk Jelínek
- Pplk. Josef Vlastník:** Některé zvláštní způsoby reprodukce a tisku ve Vojenském zeměpisném ústavu . . . 119
Recenzent pplk. ing. Julius Hauser
- Mjr. ing. František Fiala:** Nové způsoby zhotovování a používání reliéfních map v ČSLA 121
Recenzent pplk. ing. Josef Paxa

VOJENSKÝ TOPOGRAFICKÝ OBZOR. Vydává MNO. Řídí redakční rada: ing. Vladimír Vahala (předseda), ing. Zdeněk Cupal, prof. dr. ing. Bedřich Chrastil, ing. Jiří Kánský, doc. dr. ing. Jan Klíma, ing. CSc Radim Kudělásek, ing. Vladislav Oliva, ing. Otakar Skoupý, prof. dr. Bohuslav Šimák, prof. dr. ing. Josef Vykutíl (členové).

Redaktor: Ing. CSc Vladimír Martinák.