

vojenský topografický obzor



1 | 70

OBSAH

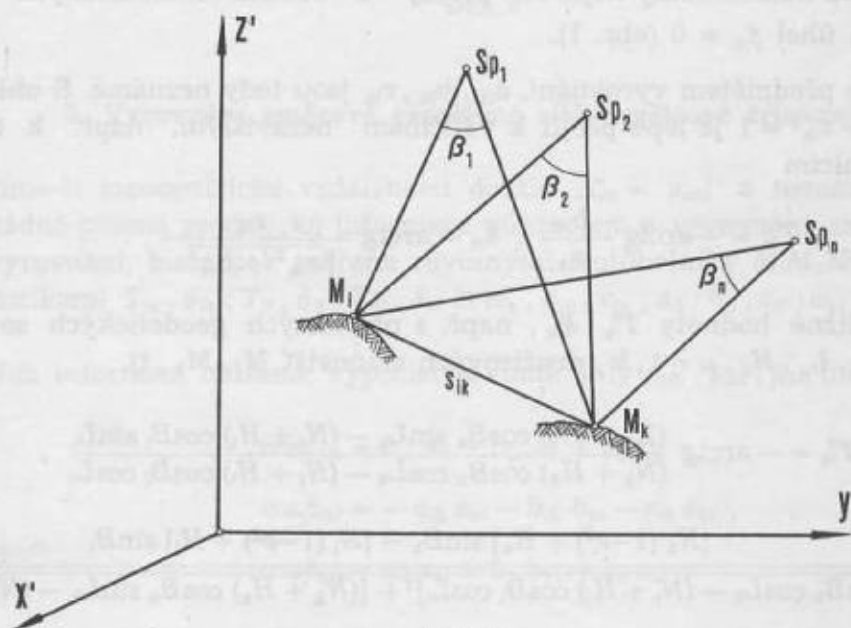
Ing. CSc. Milan Burša: K otázce zpracování družicových triangulací	1
<i>Recenzent: pplk. ing. Jaroslav Prachař</i>	
Ing. František Hovorka: Kontrola azimutu spojnice dvou vzdálených pozemských bodů pomocí fotografických pozorování umělé družice země	7
<i>Recenzent: Ing. CSc Milan Burša</i>	
Mjr. ing. Dalibor Vondra: Výpočet prvků kruhové dráhy UZD ze dvou měření topocentrických souřadnic α' a δ' na jednom stanovišti	11
<i>Recenzent: ing. František Hovorka</i>	
Doc. ing. CSc. Zdeněk Nevosád: Centrace délek a její přesnost	19
<i>Recenzent: pplk. ing. CSc Vladimír Martinák</i>	
Pplk. ing. CSc. Vladimír Martinák: Rádiointerferometrická metoda měření úhlů	30
<i>Recenzent: doc. ing. CSc Zdeněk Nevosád</i>	
Ing. Marta Šimonová: Fotolaboratorní proces jako část technologického postupu při výrobě leteckých měřických snímků a odvozených snímkových podkladů	35
<i>Recenzent: Ing. CSc Jaromír Ježek</i>	
Plk. ing. CSc. Erhart Srnka, ing. CSc. Lubomír Lauermann: Současná koncepce topografických map ve světové kartografii	44
<i>Recenzent: pplk. ing. Josef Paxa</i>	
Pplk. ing. CSc. Karel Kosař: Určení parametrů reprodukční schopnosti mikronegativů topografických map	58
<i>Recenzent: ing. Zdeněk Jelínek</i>	
Ing. CSc. Jaromír Ježek: Rozměrové deformace topografických map při mikroreprodukcii a zpětném zvětšení	64
<i>Recenzent: ing. Zdeněk Jelínek</i>	
Ing. Jaroslav Kubeček: Reprografie zabezpečuje vysokou úroveň řízení	77
<i>Recenzent: pplk. ing. Karel Kosař</i>	
Mezinárodní symposium geodetických služeb socialistických zemí o elektronických dálkoměrech	84

Ing. CSc. Milan Burša, VÚGTK Praha

K otázce zpracování družicových triangulací

1. Úvod

Při projektování družicových triangulací jeví se účelným respektovat požadavek, aby směr každé uvažované spojnice družicových stanovišť byl určen neodvisle. To má význam jednak z hlediska přesnosti, neboť lze docílit optimálních geometrických konfigurací mezi směrově zaměřovanými družicemi (resp. „statickými“ prostorovými cíli, které nejsou oběžnicemi) a příslušnými dvojicemi družicových stanovišť, jednak z hlediska snadné možnosti exaktního vyrovnání takto tvořených sítí.



Obr. 1

Budeme tento případ předpokládat a odvodíme vztahy, potřebné pro vyrovnání. Nejde o myšlenku novou - tímto postupem byla např. zpracována síť [1, 2]. Zde chceme v podstatě jen doplnit příručku [3], která v této části byla příliš zestručněna, a to i proto, že v [1, 2] teoretické vztahy rozepsány nejsou.

2. Vyrovnání směrů spojnic družicových stanovišť

Uvažujme družicová stanoviště M_i, M_k (obr. 1) a n směrově zaměřených poloh družic Sp_n , tj. topocentrických rovníkových souřadnic $T_{in}, \delta_{in}, T_{kn}, \delta_{kn}$ (T je topocentrický greenwichský hodinový úhel, δ topocentrická deklinace) nebo směrových kosinů $a_{in}, b_{in}, c_{in}, a_{kn}, b_{kn}, c_{kn}$ v soustavě x', y', z' , k níž jsou topocentrické veličiny T, δ vztaženy ($(x' z')$ je rovina, rovnoběžná s rovinou greenwichského astronomického poledníku, osa z' je rovnoběžná se střední osou rotace Země/).

Směrové kosiny a_{ik}, b_{ik}, c_{ik} či jednotkové vektory spojnice družicových stanovišť $\overline{M_i M_k}$ musí při absolutně přesném měření splňovat podmínku

$$\frac{\mathbf{r}_{in}}{|\mathbf{r}_{in}|} \times \frac{\mathbf{r}_{kn}}{|\mathbf{r}_{kn}|} \cdot \frac{\mathbf{r}_{ik}}{|\mathbf{r}_{ik}|} = \frac{\mathbf{r}_{ikn}}{|\mathbf{r}_{ikn}|} \cdot \frac{\mathbf{r}_{ik}}{|\mathbf{r}_{ik}|} = 0 ; \quad (1)$$

$\mathbf{r}_{in}, \mathbf{r}_{kn}$ jsou vektory spojnice $\overline{M_i Sp_n}$ a $\overline{M_k Sp_n}$, \mathbf{r}_{ikn} je vektor normály k rovině $\overline{M_i M_k Sp_n}$.

Z (1) ihned plyne

$$d = \frac{s_{ik}}{\sin \beta_n} \begin{vmatrix} a_{ik} & b_{ik} & c_{ik} \\ a_{in} & b_{in} & c_{in} \\ a_{kn} & b_{kn} & c_{kn} \end{vmatrix} = 0 , \quad (2)$$

přičemž

$$\begin{aligned} a_{\mu n} &= \cos T_{\mu n} \cos \delta_{\mu n} , \\ b_{\mu n} &= - \sin T_{\mu n} \cos \delta_{\mu n} , \\ c_{\mu n} &= \sin \delta_{\mu n} , \quad \mu = i, k , \\ s_{ik} &= |\mathbf{r}_{ik}| , \end{aligned} \quad (3)$$

$$\sin \beta_n = \sqrt{(a_{in} b_{kn} - a_{kn} b_{in})^2 + (a_{in} c_{kn} - a_{kn} c_{in})^2 + (b_{in} c_{kn} - b_{kn} c_{in})^2} \neq 0 .$$

Rov. (2) je podmínkou nulové délky nejkratší příčky d obecně mimoběžných směrů $\overline{M_i Sp_n}$ a $\overline{M_k Sp_n}$, svírajících úhel $\beta_n \neq 0$ (obr. 1).

Směr $\overline{M_i M_k}$ je předmětem vyrovnání, a_{ik}, b_{ik}, c_{ik} jsou tedy neznámé. S ohledem na jejich závislost $a_{ik}^2 + b_{ik}^2 + c_{ik}^2 = 1$ je lépe přejít k veličinám nezávislým, např. k topocentrickým rovníkovým souřadnicím

$$T_{ik} = - \operatorname{arctg} \frac{b_{ik}}{a_{ik}} , \quad \delta_{ik} = \operatorname{arctg} \frac{c_{ik}}{\sqrt{a_{ik}^2 + b_{ik}^2}} . \quad (4)$$

Uuríme jejich přibližné hodnoty $T_{ik}^{\circ}, \delta_{ik}^{\circ}$, např. z přibližných geodetických souřadnic a elipsoidických výšek $B_{\mu}, L_{\mu}, H_{\mu}$, $\mu = i, k$, družicových stanovišť M_i, M_k , tj.

$$T_{ik}^{\circ} = - \operatorname{arctg} \frac{(N_k + H_k) \cos B_k \sin L_k - (N_i + H_i) \cos B_i \sin L_i}{(N_k + H_k) \cos B_k \cos L_k - (N_i + H_i) \cos B_i \cos L_i} , \quad (5)$$

$$\delta_{ik}^{\circ} = \operatorname{arctg} \frac{[N_k (1-e^2) + H_k] \sin B_k - [N_i (1-e^2) + H_i] \sin B_i}{\sqrt{[(N_k + H_k) \cos B_k \cos L_k - (N_i + H_i) \cos B_i \cos L_i]^2 + [(N_k + H_k) \cos B_k \sin L_k - (N_i + H_i) \cos B_i \sin L_i]^2}} ,$$

$$N_{\mu} = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 B_{\mu}}} , \quad a, e - \text{parametry referenčního elipsoidu.}$$

Neznámými, určovanými vyrovnáním, budou pak rozdíly

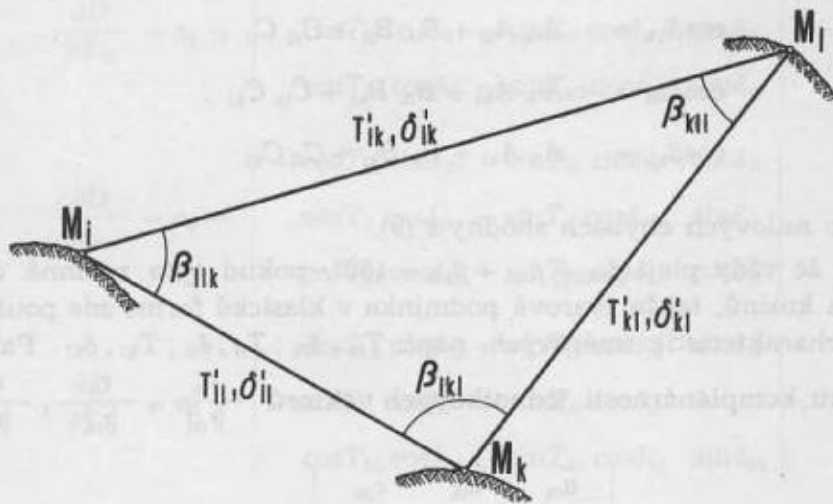
$$dT_{ik} = T_{ik} - T_{ik}^{\circ} , \quad d\delta_{ik} = \delta_{ik} - \delta_{ik}^{\circ} \quad (6)$$

a rovnice oprav zní

$$v_n = - [(b_{in} c_{kn} - b_{kn} c_{in}) \cos \delta_{ik}^{\circ} \sin T_{ik}^{\circ} + (a_{kn} c_{in} - a_{in} c_{kn}) \cos \delta_{ik}^{\circ} \cos T_{ik}^{\circ}] dT_{ik} - \\ - [(b_{in} c_{kn} - b_{kn} c_{in}) \sin \delta_{ik}^{\circ} \cos T_{ik}^{\circ} - (a_{kn} c_{in} - a_{in} c_{kn}) \sin \delta_{ik}^{\circ} \sin T_{ik}^{\circ} - \\ - (a_{in} b_{kn} - b_{in} a_{kn}) \cos \delta_{ik}^{\circ}] d\delta_{ik} + l_n, \quad (7)$$

$$l_n = (b_{in} c_{kn} - b_{kn} c_{in}) \cos \delta_{ik}^{\circ} \cos T_{ik}^{\circ} - (a_{kn} c_{in} - a_{in} c_{kn}) \cos \delta_{ik}^{\circ} \sin T_{ik}^{\circ} + (a_{in} b_{kn} - b_{in} a_{kn}) \sin \delta_{ik}^{\circ}. \quad (8)$$

Oprava v_n je rovna kosinu úhlu mezi „měřeným“ směrem normály $\frac{\mathbf{r}_{ikn}}{|\mathbf{r}_{ikn}|}$ k rovině $M_i M_k S p_n$ a vyrovnaným směrem T_{ik}, δ_{ik} . Absolutní člen l_n představuje kosinus úhlu mezi „měřeným“ směrem $\frac{\mathbf{r}_{ikn}}{|\mathbf{r}_{ikn}|}$ a přibližně zvoleným směrem T_{ik}, δ_{ik} . Váhy p_n „měřeného“ směru $\frac{\mathbf{r}_{ikn}}{|\mathbf{r}_{ikn}|}$ jsou v první aproximaci nepřímo úměrné hodnotám $\sin \beta_n$.



Obr. 2

3. Vyrovnání směrově zaměřené sítě družicové triangulace

Neměříme-li topocentrické vzdálenosti družic $\Delta_{\mu n} = |\mathbf{r}_{\mu n}|$ a nemáme-li o družicových stanovištích žádné přesné geodetické informace, půjde jen o vyrovnání směrové. Síť, jež bude předmětem vyrovnání, bude pak tvořena rovinnými trojúhelníky $M_i M_k M_l$ (obr. 2) se směrovými charakteristikami $T_{ik}, \delta_{ik}; T_{il}, \delta_{il}; T_{kl}, \delta_{kl}$ či $a_{ik}, b_{ik}, c_{ik}; a_{il}, b_{il}, c_{il}; a_{kl}, b_{kl}, c_{kl}$.

Z daných informací můžeme vypočítat rovinné úhly $\beta_{lik}, \beta_{ikl}, \beta_{kli}$ (obr. 2)

$$\cos \beta_{lik} = a_{ik} a_{il} + b_{ik} b_{il} + c_{ik} c_{il}, \\ \cos \beta_{ikl} = -a_{ik} a_{kl} - b_{ik} b_{kl} - c_{ik} c_{kl}, \\ \cos \beta_{kli} = a_{il} a_{kl} + b_{il} b_{kl} + c_{il} c_{kl}. \quad (9)$$

Tyto úhly jsou invariantní vůči souřadnicovým soustavám a v případě nulových chyb všech použitých měření byly by přesně rovny hodnotám vypočteným z triangulace klasické. Byla-li by družicová stanoviště M_i, M_k, M_l totožna s body klasické sítě, pak bychom znali jejich geodetické souřadnice $B_i, L_i; B_k, L_k; B_l, L_l$ a lze předpokládat i jejich elipsoidické výšky $H_i = H_{q,i} + \zeta_{q,i}; H_k = H_{q,k} + \zeta_{q,k}; H_l = H_{q,l} + \zeta_{q,l}$, tj. normální výšky H_q a výšky kvazigeodu ζ_q . Z nich bychom vypočetli

$$\begin{aligned}
A_{ik} &= \frac{1}{s_{ik}} [(N_k + H_k) \cos B_k \cos L_k - (N_i + H_i) \cos B_i \cos L_i], \\
B_{ik} &= \frac{1}{s_{ik}} [(N_k + H_k) \cos B_k \sin L_k - (N_i + H_i) \cos B_i \sin L_i], \\
C_{ik} &= \frac{1}{s_{ik}} \left\{ [(N_k (1-e^2) + H_k) \sin B_k - [N_i (1-e^2) + H_i] \sin B_i] \right\}, \\
s_{ik}^2 &= [(N_k + H_k) \cos B_k \cos L_k - (N_i + H_i) \cos B_i \cos L_i]^2 + \\
&+ [(N_k + H_k) \cos B_k \sin L_k - (N_i + H_i) \cos B_i \sin L_i]^2 + \\
&+ \{ [(N_k (1-e^2) + H_k) \sin B_k - [N_i (1-e^2) + H_i] \sin B_i] \}^2
\end{aligned} \tag{10}$$

a zcela analogicky $A_{il}, B_{il}, C_{il}, s_{il}; A_{kl}, B_{kl}, C_{kl}, s_{kl}$, tedy směrové kosiny A, B, C všech stran v geodetické soustavě referenční X, Y, Z . Obecně $A \neq a, B \neq b, C \neq c$, avšak hodnoty

$$\begin{aligned}
\cos \beta_{lik} &= A_{ik} A_{il} + B_{ik} B_{il} + C_{ik} C_{il}, \\
\cos \beta_{ikl} &= -A_{ik} A_{kl} + B_{ik} B_{kl} + C_{ik} C_{kl}, \\
\cos \beta_{kli} &= A_{il} A_{kl} + B_{il} B_{kl} + C_{il} C_{kl}
\end{aligned} \tag{11}$$

jsou za předpokladu o nulových chybách shodny s (9).

Uvědomíme si, že vždy platí $\beta_{lik} + \beta_{ikl} + \beta_{kli} = 180^\circ$, pokud tyto rovinné úhly byly vypočteny ze směrových kosinů, takže tvarová podmínka v klasické formě zde použita být nemůže. Je třeba zůstat u charakteristik směrových, např. $T_{ik}, \delta_{ik}; T_{il}, \delta_{il}; T_{kl}, \delta_{kl}$. Pak lze formulovat základní podmínku komplanárnosti jednotkových vektorů $\frac{\mathbf{r}_{ik}}{|\mathbf{r}_{ik}|}, \frac{\mathbf{r}_{il}}{|\mathbf{r}_{il}|}, \frac{\mathbf{r}_{kl}}{|\mathbf{r}_{kl}|}$, tj.

$$\begin{vmatrix} \bar{a}_{ik} & \bar{b}_{ik} & \bar{c}_{ik} \\ \bar{a}_{il} & \bar{b}_{il} & \bar{c}_{il} \\ \bar{a}_{kl} & \bar{b}_{kl} & \bar{c}_{kl} \end{vmatrix} = 0, \tag{12}$$

čili

$$\begin{vmatrix} \cos \bar{T}_{ik} \cos \bar{\delta}_{ik} & -\sin \bar{T}_{ik} \cos \bar{\delta}_{ik} & \sin \bar{\delta}_{ik} \\ \cos \bar{T}_{il} \cos \bar{\delta}_{il} & -\sin \bar{T}_{il} \cos \bar{\delta}_{il} & \sin \bar{\delta}_{il} \\ \cos \bar{T}_{kl} \cos \bar{\delta}_{kl} & -\sin \bar{T}_{kl} \cos \bar{\delta}_{kl} & \sin \bar{\delta}_{kl} \end{vmatrix} = 0 \tag{13}$$

nebo (při $\delta_{ik} \neq 90^\circ, \delta_{il} \neq 90^\circ, \delta_{kl} \neq 90^\circ$)

$$\begin{vmatrix} \cos \bar{T}_{ik} & -\sin \bar{T}_{ik} & \operatorname{tg} \bar{\delta}_{ik} \\ \cos \bar{T}_{il} & -\sin \bar{T}_{il} & \operatorname{tg} \bar{\delta}_{il} \\ \cos \bar{T}_{kl} & -\sin \bar{T}_{kl} & \operatorname{tg} \bar{\delta}_{kl} \end{vmatrix} = 0. \tag{14}$$

Pruhem označujeme veličiny vyrovnané pro rozlišení od „měřených“.

Vydeme z podmínky ve tvaru (13). S nevyrovnanými argumenty je

$$\begin{vmatrix} \cos T_{ik} \cos \delta_{ik} & -\sin T_{ik} \cos \delta_{ik} & \sin \delta_{ik} \\ \cos T_{il} \cos \delta_{il} & -\sin T_{il} \cos \delta_{il} & \sin \delta_{il} \\ \cos T_{kl} \cos \delta_{kl} & -\sin T_{kl} \cos \delta_{kl} & \sin \delta_{kl} \end{vmatrix} = D \neq 0 \tag{15}$$

a označíme-li

$$\begin{aligned}\bar{T}_{ik} - T_{ik} &= v_1, & \bar{\delta}_{ik} - \delta_{ik} &= v_2, \\ \bar{T}_{il} - T_{il} &= v_3, & \bar{\delta}_{il} - \delta_{il} &= v_4, \\ \bar{T}_{kl} - T_{kl} &= v_5, & \bar{\delta}_{kl} - \delta_{kl} &= v_6,\end{aligned}\quad (16)$$

můžeme psát

$$\frac{\partial D}{\partial T_{ik}} v_1 + \frac{\partial D}{\partial \delta_{ik}} v_2 + \frac{\partial D}{\partial T_{il}} v_3 + \frac{\partial D}{\partial \delta_{il}} v_4 + \frac{\partial D}{\partial T_{kl}} v_5 + \frac{\partial D}{\partial \delta_{kl}} v_6 + D = 0. \quad (17)$$

Při linearizaci (17) funkce (15) jsme zanedbali diferenciály druhých a vyšších řádů, tj. předpokládáme, že hodnoty \bar{T} a T , jakož i $\bar{\delta}$ a δ jsou dostatečně blízké. Parciální derivace v (17) jsou s ohledem na (15) rovny

$$\begin{aligned}\frac{\partial D}{\partial T_{ik}} &= a_1 = \begin{vmatrix} -\sin T_{ik} \cos \delta_{ik} - \cos T_{ik} \cos \delta_{ik} & 0 \\ \cos T_{il} \cos \delta_{il} - \sin T_{il} \cos \delta_{il} & \sin \delta_{il} \\ \cos T_{kl} \cos \delta_{kl} - \sin T_{kl} \cos \delta_{kl} & \sin \delta_{kl} \end{vmatrix}, \\ \frac{\partial D}{\partial \delta_{ik}} &= a_2 = \begin{vmatrix} -\cos T_{ik} \sin \delta_{ik} & \sin T_{ik} \sin \delta_{ik} & \cos \delta_{ik} \\ \cos T_{il} \cos \delta_{il} - \sin T_{il} \cos \delta_{il} & \sin \delta_{il} \\ \cos T_{kl} \cos \delta_{kl} - \sin T_{kl} \cos \delta_{kl} & \cos \delta_{kl} \end{vmatrix}, \\ \frac{\partial D}{\partial T_{il}} &= a_3 = \begin{vmatrix} \cos T_{ik} \cos \delta_{ik} - \sin T_{ik} \cos \delta_{ik} & \sin \delta_{ik} \\ -\sin T_{il} \cos \delta_{il} - \cos T_{il} \cos \delta_{il} & 0 \\ \cos T_{kl} \cos \delta_{kl} - \sin T_{kl} \cos \delta_{kl} & \sin \delta_{kl} \end{vmatrix}, \\ \frac{\partial D}{\partial \delta_{il}} &= a_4 = \begin{vmatrix} \cos T_{ik} \cos \delta_{ik} - \sin T_{ik} \cos \delta_{ik} & \sin \delta_{ik} \\ -\cos T_{il} \cos \delta_{il} & \sin T_{il} \sin \delta_{il} & \cos \delta_{il} \\ \cos T_{kl} \cos \delta_{kl} - \sin T_{kl} \cos \delta_{kl} & \sin \delta_{kl} \end{vmatrix}, \\ \frac{\partial D}{\partial T_{kl}} &= a_5 = \begin{vmatrix} \cos T_{ik} \cos \delta_{ik} - \sin T_{ik} \cos \delta_{ik} & \sin \delta_{ik} \\ \cos T_{il} \cos \delta_{il} - \sin T_{il} \cos \delta_{il} & \sin \delta_{il} \\ -\sin T_{kl} \cos \delta_{kl} - \cos T_{kl} \cos \delta_{kl} & 0 \end{vmatrix}, \\ \frac{\partial D}{\partial \delta_{kl}} &= a_6 = \begin{vmatrix} \cos T_{ik} \cos \delta_{ik} - \sin T_{ik} \cos \delta_{ik} & \sin \delta_{ik} \\ \cos T_{il} \cos \delta_{il} - \sin T_{il} \cos \delta_{il} & \sin \delta_{il} \\ -\cos T_{kl} \sin \delta_{kl} & \sin T_{kl} \sin \delta_{kl} & \cos \delta_{kl} \end{vmatrix},\end{aligned}\quad (18)$$

Dále běžným postupem vyrovnání měření podmínkových vypočteme, kladouce $[pvv] = \min.$, korelátu $K = -\frac{D}{[qaa]}$ a opravy $v_i = q_i a_i K$, $i = 1, 2, \dots, 6$, přičemž $q_i = \frac{1}{p_i}$; p_i je příslušná váha.

Podmínkové rovnice typu (17) lze formulovat pro každou trojici družicových stanovišť, pokud byly všechny směry v takové trojici družicově měřeny (resp. určeny vyrovnáním např. podle (1) – (8)). Počet podmínkových rovnic v směrově zaměřené síti družicové triangulace, tvořené rovinnými trojúhelníky, je pak roven počtu trojúhelníků, ovšem za předpokladu, že žádné jiné informace, než jak uvedeno shora, nebyly použity.

4. Závěr

Uvedeným postupem lze jednoduše zpracovat směrově zaměřené sítě družicové triangulace bez jakékoli vazby na sítě klasické. Jestliže z klasických sítí hodláme některé prvky převzít, pak je vyrovnání složitější a přerůstá rámeček tohoto sdělení, určeného jen jako doplnění pomůcky [3]. Komplikace nastávají zejména v případech, kombinují-li se směrové veličiny, vázané jednak na směry os zde definované soustavy x', y', z' , jednak na směry os geodetické soustavy referenční X, Y, Z , definované konkrétní docílenou orientací referenčního elipsoidu v zemském tělese. Obecně totiž nutno předpokládat že $x' \neq X, y' \neq Y, z' \neq Z$.

Literatura:

- [1] Geodetic Parameters for a 1966 Smithsonian Institution Standard Earth. SAO Special Report 200, 1966.
- [2] G. Veis: The Determination of Absolute Directions in Space with Artificial Satellites. Bull. géod. No 72, 1964.
- [3] M. Burša: Základy kosmické geodézie. Díl I, Kosmická geodézie geometrická. VTS MNO, Praha 1967.

19. 2. 1969

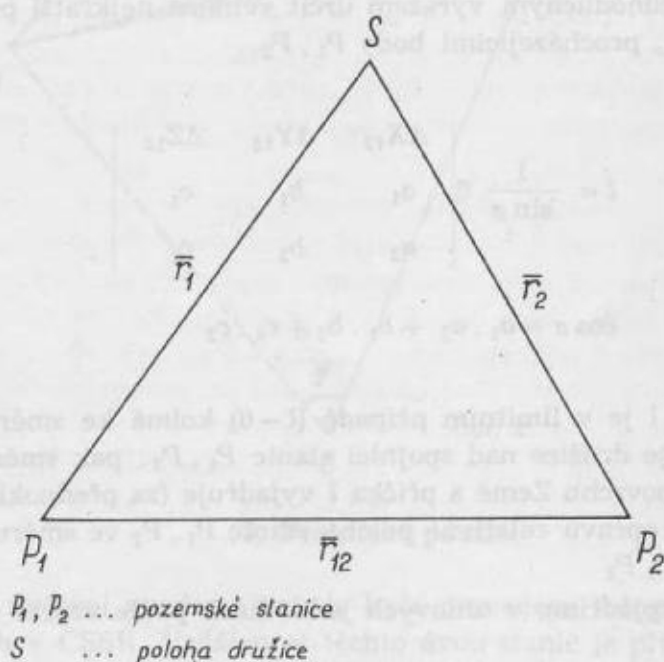
Kontrola azimutu spojnice dvou vzdálených pozemských bodů pomocí fotografických pozorování umělé družice Země

1. Úvod

V roce 1967 byl v ČSSR proveden pokus geodetického využití synchronních fotografických pozorování umělých družic Země (dále UDZ). Na dvou družicových stanicích v ČSSR byla simultánně fotografována balónová družice Echo 1. Z výsledků pozorování byla odvozena oprava azimutu spojnice těchto dvou stanic, jejichž přímá vzdálenost je přibližně 450 km.

2. Teoretický princip metody

Na dvou pozemských stanicích P_1 , P_2 je současně fotografována družice S v okamžiku, kdy je přibližně nad spojnicí obou stanic. Jelikož je z obou stanic fotografována stejná poloha družice, musí být vektory \bar{r}_1 , \bar{r}_2 , \bar{r}_{12} , procházející body P_1 , P_2 , komplanární.



Obr. 1

V důsledku nepřesností pozorování a v důsledku toho, že není znám přesný směr vektoru \bar{r}_{12} v téže souřadnicové soustavě, jako jsou vyjádřeny souřadnice vektorů \bar{r}_1 , \bar{r}_2 (nebeská rovníková soustava – rektascenze, deklinace), nebudou tyto 3 vektory (\bar{r}_1 , \bar{r}_2 , \bar{r}_{12}) rovnoběžné s jednou společnou rovinou. Přímky obsahující vektory \bar{r}_1 , \bar{r}_2 a procházející body P_1 , P_2 budou obecně mimoběžné. Jestliže přijmeme pro body P_1 , P_2 určité výchozí souřadnice, např. geodetické souřadnice B , L , H , můžeme pomocí známých vztahů

$$\begin{aligned}
 X_i &= (N_i + H_i) \cdot \cos B_i \cdot \cos L_i \\
 Y_i &= (N_i + H_i) \cdot \cos B_i \cdot \sin L_i \\
 Z_i &= [N_i \cdot (1 - e^2) + H_i] \cdot \sin B_i,
 \end{aligned} \tag{1}$$

kde

$$N_i = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \cdot \sin^2 B_i}},$$

vyčíslit pravouhlé prostorové souřadnice pozemských bodů P_1, P_2 , vztahené k osám přijatého referenčního systému. Rozdíly těchto pravouhlých prostorových souřadnic budou výchozími směrovými parametry vektoru \vec{r}_{12} .

Z fotografických pozorování družice na obou stanicích P_1, P_2 získáme topocentrické rovníkové souřadnice $\alpha_1, \delta_1, \alpha_2, \delta_2$, které určují směr ze stanice P_1 nebo P_2 k družici v nebeské souřadnicové soustavě. Na základě těchto souřadnic a světového (greenwichského) hvězdného času S můžeme pomocí vztahů

$$\begin{aligned} a_1 &= \cos \delta_1 \cdot \cos \tau_1 \\ b_1 &= \cos \delta_1 \cdot \sin \tau_1 \\ c_1 &= \sin \delta_1 \end{aligned} \quad (2)$$

vyjádřit směry k družici směrovými kosiny vztahenými k osám souřadnicové soustavy pevně spojené se Zemí. τ je obráceně orientovaný greenwichský hodinový úhel.

$$\tau_1 = \alpha_1 - S$$

Nyní je již možno jednoduchým výrazem určit velikost nejkratší příčky l mezi dvěma mimoběžnými vektory \vec{r}_1, \vec{r}_2 , procházejícími body P_1, P_2 .

$$l = \frac{1}{\sin \sigma} \begin{vmatrix} \Delta X_{12} & \Delta Y_{12} & \Delta Z_{12} \\ a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \end{vmatrix}, \quad (3)$$

kde

$$\cos \sigma = a_1 \cdot a_2 + b_1 \cdot b_2 + c_1 \cdot c_2$$

Tato nejkratší příčka l je v limitním případě ($l \rightarrow 0$) kolmá ke směru přímky spojující obě stanice P_1, P_2 . Jestliže je družice nad spojnicí stanic P_1, P_2 , pak směr nejkratší příčky l je tangenciální vzhledem k povrchu Země a příčka l vyjadřuje (za předpokladu nulových chyb ve směrech vektorů \vec{r}_1 a \vec{r}_2) opravu relativní polohy stanic P_1, P_2 ve směru tečném k povrchu Země a kolmém ke spojnicí $P_1 P_2$.

Jestliže tuto opravu vyjádříme v úhlových jednotkách podle vzorce

$$d\theta'' = \frac{-l \cdot \rho''}{s_{12}}, \quad (4)$$

kde s_{12} je přímá vzdálenost mezi body P_1, P_2 , dostaneme opravu směru přímé spojnice $P_1 P_2$ v rovině tečné k povrchu Země v některém koncovém bodě P_1 nebo P_2 . Při vyjádření podle vzorce

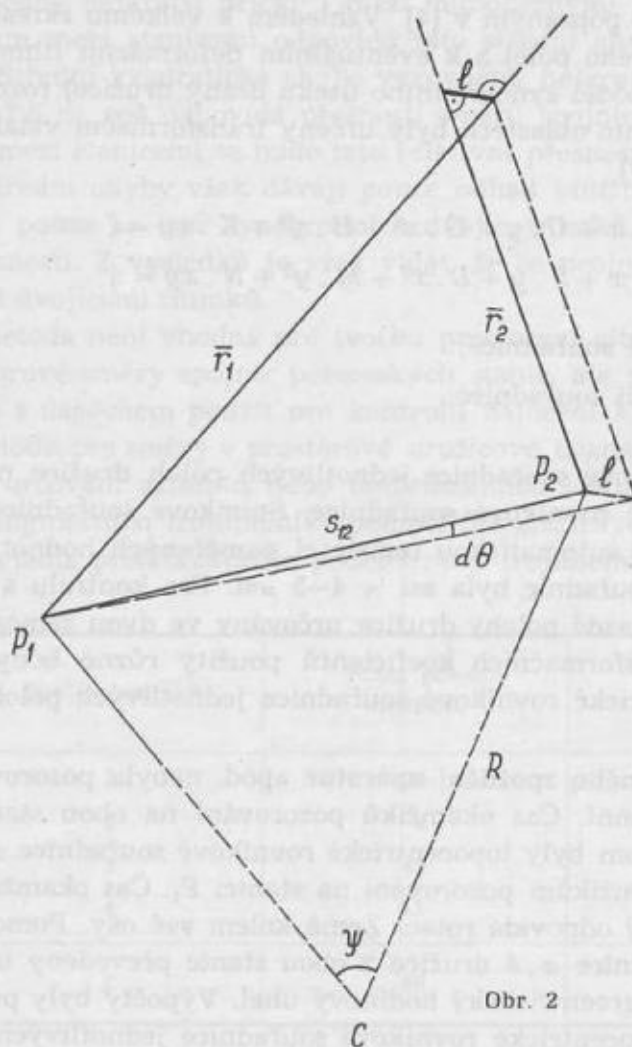
$$dA'' = \frac{-l \cdot \rho''}{R \cdot \sin \psi}, \quad (5)$$

kde R ... střední poloměr Země

ψ ... úhel mezi geocentrickými průvodiči bodů P_1, P_2 ,

dostaneme opravu azimutu normálního řezu $P_1 P_2$ nebo opravu azimutu geodetické křivky spojující stanice P_1, P_2 . Opravy $d\theta$ nebo dA je třeba připojit ke směru přímé spojnice nebo k azi-

mutu normálního řezu nebo geodetické křivky, vyčísleným na základě přijatých výchozích souřadnic bodů P_1, P_2 . Je-li jako výchozích souřadnic bodů P_1, P_2 použito geodetických souřadnic, je dA opravou geodetického azimutu.



Obr. 2

3. Praktické použití

Pro praktické ověření uvedené metody byla provedena fotografická pozorování na dvou družicových stanicích v ČSSR. Vzdálenost těchto dvou stanic je přibližně 450 km a azimut jejich spojnice 110° . Na stanicích byly umístěny adaptované letecké průzkumné fotokomory Rb - 75/30, které mají teleobjektiv Telikon o vstupním otvoru 120 mm a ohniskové vzdálenosti 750 mm. Pro přerušování stopy družice a stop hvězd byly komory opatřeny žaluziovou závěrkou, která byla řízena pulsy časové základny „Elektročas“ (bezdrátově syntonizovaný křemenný oscilátor 100 kHz, děliče kmitočtu a časová váha). Pro synchronizaci časových základen na obou stanicích byl používán československý časový signál OMA - 50 kHz. Přesnost přiřazení času při použití žaluziové závěrky a časové základny „Elektročas“ se však ukázala malá, $\approx 3 - 4$ ms. Byla proto fotografována pouze družice Echo 1 a to pouze ty části její dráhy, kdy se pohybovala přibližně podél spojnice obou stanic. (Dráhy ostatních použitelných jasných družic; tj. Echo 2, Pageos, svírají se spojnici obou stanic úhly blízké 90° – jejich dráhy jsou téměř polární). Tím se zmenšily chyby, zanášené do výsledků v důsledku nepřesností v časovém přiřazení, na jednu čtvrtinu až pětinu. To znamená, že nepřesnosti v čase (v synchronizaci fotografických aparatur obou stanic) se projevovaly ve výsledných veličinách, tj. opravě směru nebo azimutu, pouze hodnotami řádu $\approx 1,0$ ms, což odpovídá při rychlosti družice 8 km/s a vzdálenosti k družici 2000 km nepřesnosti ve směru k družici $\approx 0'',8$.

Fotografická pozorování byla provedena v roce 1967 ve dvou krátkých pozorovacích ob-

dobích. Byly pořízeny 4 simultánní snímkové dvojice, tj. celkem 8 snímků. Na každém snímku bylo kolem 50 obrazů družice, avšak pro další zpracování, tj. výpočet topocentrických rovníkových souřadnic družice, byly vybrány pouze ty obrazy družice, kolem nichž bylo dostatečné množství opěrných hvězd. Topocentrické rovníkové souřadnice α , δ jednotlivých poloh družice byly určeny způsobem podrobně popsáním v [4]. Vzhledem k velkému zkreslení objektivu Telikon (až $600 \mu m$ na okraji zorného pole) a k eventuálním deformacím filmové podložky byla vybraná část každého snímku (podél synchronního úseku dráhy družice) rozdělena do několika malých oblastí (kolem 2°). V těchto oblastech byly určeny transformační vztahy typu (rozšířené Turnerovy transformační vztahy)

$$\begin{aligned} A + B \cdot x + C \cdot y + G \cdot x^2 + H \cdot y^2 + K \cdot xy &= \xi \\ D + E \cdot x + F \cdot y + L \cdot x^2 + M \cdot y^2 + N \cdot xy &= \eta \end{aligned} \quad (6)$$

kde $x, y \dots \dots \dots$ snímkové souřadnice,

$\xi, \eta \dots \dots \dots$ standardní souřadnice,

a pomocí nich převedeny snímkové souřadnice jednotlivých poloh družice na standardní souřadnice a dále na topocentrické rovníkové souřadnice. Snímkové souřadnice byly měřeny na monokomparátoru Ascocord s automatickou registrací naměřených hodnot na děrnou pásku. Přesnost měření snímkových souřadnic byla asi $\pm 4-5 \mu m$. Pro kontrolu a pro zvýšení přesnosti byly sférické souřadnice každé polohy družice určovány ve dvou samostatných oblastech, v nichž byly pro výpočet transformačních koeficientů použity různé body opěrných hvězd. Takto dvakrát určené topocentrické rovníkové souřadnice jednotlivých poloh družice byly potom zprůměrovány.

V důsledku aberace, různého zpoždění aparatur apod. nebyla pozorování, vykonaná na obou stanicích, přesně synchronní. Čas okamžiků pozorování na obou stanicích byl nejprve opraven o uvedené vlivy a potom byly topocentrické rovníkové souřadnice α , δ družice určené na stanici P_2 převedeny k okamžikům pozorování na stanici P_1 . Čas okamžiků pozorování byl vyjádřen v systému TU 1, který odpovídá rotaci Země kolem své osy. Pomocí času TU 1 byly topocentrické rovníkové souřadnice α , δ družice z obou stanic převedeny na souřadnice τ , δ , kde τ je obráceně orientovaný greenwichský hodinový úhel. Výpočty byly prováděny na samočinném počítači Minsk 22. Topocentrické rovníkové souřadnice jednotlivých poloh družice nebyly opravovány o vliv paralaktické refrakce, poněvadž v této metodě jak paralaktická, tak ani astronomická refrakce neovlivňují výslednou opravu azimutu, ježto působí ve směru kolmém k této opravě.

Pomocí dříve uvedených vzorců (1), (2), (3) byly na základě topocentrických rovníkových souřadnic τ , δ družice určených na obou stanicích a rozdílů pravouhlých prostorových souřadnic ΔX_{12} , ΔY_{12} , ΔZ_{12} stanic vypočteny hodnoty nejkratších vzdáleností l mezi vektory \vec{r}_1 , \vec{r}_2 . Numerické hodnoty těchto výsledků jsou uvedeny v posledním sloupci tabulky 2. Jako výchozích souřadnic stanic nebylo použito geodetických souřadnic, ale přibližných pravouhlých prostorových souřadnic X , Y , Z :

$X_1 = 3\,922\,000,0$	$X_2 = 3\,915\,200,0$
$Y_1 = 1\,136\,700,0$	$Y_2 = 1\,566\,700,0$
$Z_1 = 4\,883\,700,0$	$Z_2 = 4\,769\,400,0$

Výsledné hodnoty $d\theta$, dA nejsou proto opravami geodetického směru nebo azimutu, ale opravami směru nebo azimutu spojnice obou bodů, vyčísleného na základě uvedených výchozích souřadnic.

V tabulce 1 jsou uvedeny počty synchronních poloh družice v jednotlivých snímkových dvojicích a střední hodnoty \bar{l} nejkratších příček mimoběžných záměr ke družici, určené jako aritmetické průměry z nejkratších příček l v jednotlivých snímkových dvojicích.

4. Závěr

Střední hodnota \bar{l} nejkratších příček určená ze všech synchronních poloh družice získaných na čtyřech dvojicích snímků je 53,1 m. Střední kvadratická chyba jednoho synchronního pozorování, tzn. jedné nejkratší příčky l mezi mimoběžnými vektory \bar{r}_1, \bar{r}_2 , je $\pm 16,1$ m. Při vzdálenosti 450 km mezi stanicemi odpovídá tato střední chyba jednoho pozorování směrové přesnosti $\pm 7'',4$. Střední kvadratická chyba vyrovnané nejkratší příčky mimoběžných vektorů \bar{r}_1, \bar{r}_2 je rovna $\pm 1,8$ m, což odpovídá přesnosti směru spojnice obou stanic $\pm 0'',8$. V případě větší vzdálenosti mezi stanicemi se bude tato relativní přesnost (přesnost směru) zvyšovat.

Uvedené střední chyby však dávají pouze odhad vnitřní přesnosti. Jelikož polohy družice byly získány pouze ze čtyř synchronních dvojic snímků, nelze učinit definitivní závěry o dosažitelné přesnosti. Z výsledků je však vidět, že se neobjevily velké systematické rozdíly mezi jednotlivými dvojicemi snímků.

Popsaná metoda není vhodná pro tvorbu prostorové sítě kosmické triangulace, poněvadž se neurčují prostorové směry spojnic pozemských stanic, ale jenom jejich tangenciální složky. Je jí však možno s úspěchem použít pro kontrolu natočení klasických geodetických sítí nebo jako kontrolní metodu pro směry v prostorové družicové triangulační síti. Rovněž by bylo možno ji využít pro určování azimutů nebo tangenciálních složek směrů (nezávislých na tížnici) stran velkých triangulačních trojúhelníků pomocí fotografických pozorování světelných záblesků vysílaných z letadla prolétávajícího podél strany trojúhelníka nebo z balónu, který je nad touto stranou.

Dvojice snímků	Počet poloh družice	Střední hodnota (m)
1	24	54,2
2	8	52,3
3	43	54,1
4	11	46,9
Σ	86	53,1

Tab. 1

Výstup z počítače:

		ΔX_{12}	ΔY_{12}	ΔZ_{12} (m)		
		-6800,0	430000,0	-114300,0		
δ_1 (°, ', ")	τ_1 (h, m, s)	δ_2 (°, ', ")	τ_2 (h, m, s)	σ (°)	l (m)	
28 6 42,30	3 57 35,40	37 0 1,20	3 19 47,97	11,9203	-54,5	
28 2 28,20	3 58 16,48	36 55 21,10	3 20 45,29	11,8814	-54,0	
27 58 14,90	3 58 57,38	36 50 39,70	3 21 42,27	11,8426	-40,8	
27 54 0,10	3 59 38,11	36 45 57,50	3 22 39,07	11,8039	-41,9	
27 49 46,90	4 0 18,55	36 41 12,80	3 23 35,71	11,7641	-42,3	
27 45 32,50	4 0 59,00	36 36 27,20	3 24 32,07	11,7251	-29,8	
27 41 17,00	4 1 39,26	36 31 41,00	3 25 28,25	11,6862	-32,5	1. dvojice
27 37 2,20	4 2 19,29	36 26 54,10	3 26 24,12	11,6472	-33,5	snímků
27 32 47,10	4 2 59,16	36 22 5,50	3 27 19,75	11,6081	-31,1	
27 28 31,20	4 3 38,70	36 17 16,10	3 28 15,19	11,5687	-54,3	
27 24 17,10	4 4 18,12	36 12 25,10	3 29 10,33	11,5290	-53,9	
27 20 1,00	4 4 57,57	36 7 34,50	3 30 5,12	11,4908	-44,7	
27 15 45,40	4 5 36,78	36 2 41,80	3 30 59,78	11,4517	-41,4	
27 11 30,60	4 6 15,71	35 57 47,40	3 31 54,28	11,4119	-46,6	
27 7 14,60	4 6 54,48	35 52 52,40	3 32 48,48	11,3725	-55,4	

$\delta_1(^{\circ}, ', '')$	$\tau_1(\text{h, m, s})$	$\delta_2(^{\circ}, ', '')$	$\tau_2(\text{h, m, s})$	$\sigma(^{\circ})$	$l(\text{m})$
27 2 59,10	4 7 33,17	35 47 56,80	3 33 42,41	11,3334	-51,8
26 58 41,80	4 8 11,63	35 43 0,30	3 34 36,12	11,2944	-66,8
26 54 26,20	4 8 49,98	35 38 2,70	3 35 29,57	11,2552	-63,3
26 33 2,30	4 11 59,24	35 13 2,50	3 39 53,17	11,0607	-81,0
26 28 45,90	4 12 36,62	35 8 0,50	3 40 45,16	11,0219	-82,1
26 24 28,00	4 13 14,02	35 2 57,30	3 41 36,87	10,9839	-66,8
26 20 13,30	4 13 50,93	34 57 53,70	3 42 28,33	10,9446	-69,1
26 15 57,70	4 14 27,82	34 52 49,20	3 43 19,59	10,9052	-85,3
26 11 40,30	4 15 4,50	34 47 43,70	3 44 10,67	10,8669	-77,6
20 8 19,50	5 48 31,82	27 1 49,30	5 45 6,80	6,9359	-80,8
20 5 37,60	5 48 58,50	26 57 50,90	5 45 39,59	6,9122	-17,3
20 2 55,40	5 49 24,42	26 53 51,60	5 46 12,20	6,8882	-60,7
20 0 9,70	5 49 50,55	26 49 55,70	5 46 44,61	6,8663	-53,5
19 57 26,60	5 50 16,52	26 45 58,90	5 47 16,81	6,8435	-44,2
19 54 44,00	5 50 42,31	26 42 2,00	5 47 48,99	6,8206	-66,0
19 52 1,00	5 51 8,28	26 38 3,80	5 48 21,06	6,7976	-45,1
19 49 18,40	5 51 34,00	26 34 6,90	5 48 52,98	6,7749	-51,0

2. dvojice
snímků

Tab. 2a

$\delta_1(^{\circ}, ', '')$	$\tau_1(\text{h, m, s})$	$\delta_2(^{\circ}, ', '')$	$\tau_2(\text{h, m, s})$	$\sigma(^{\circ})$	$l(\text{m})$
14 20 51,40	4 43 51,28	20 55 31,30	4 24 9,01	8,0792	-77,7
14 16 17,20	4 44 18,35	20 49 23,80	4 24 45,81	8,0370	-79,9
14 11 41,70	4 44 45,41	20 43 17,40	4 25 22,36	7,9960	-76,0
14 7 6,30	4 45 12,48	20 37 11,40	4 25 58,73	7,9554	-58,1
14 2 32,70	4 45 39,39	20 31 6,60	4 26 35,02	7,9145	-51,8
13 58 0,20	4 46 6,08	20 25 2,90	4 27 10,98	7,8739	-42,9
13 53 26,40	4 46 32,67	20 18 59,30	4 27 46,79	7,8337	-43,8
13 48 54,60	4 46 59,16	20 12 56,70	4 28 22,48	7,7933	-42,2
13 44 24,30	4 47 25,54	20 6 55,80	4 28 57,99	7,7531	-40,1
13 39 51,90	4 47 51,94	20 0 54,10	4 29 33,34	7,7136	-31,0
13 35 20,40	4 48 18,18	19 54 53,20	4 30 8,57	7,6740	-32,7
13 30 49,80	4 48 44,14	19 48 53,50	4 30 43,65	7,6341	-59,9
13 26 20,20	4 49 10,16	19 42 54,80	4 31 18,48	7,5950	-56,1
13 21 52,20	4 49 36,00	19 36 57,00	4 31 53,19	7,5555	-62,0
13 17 24,80	4 50 1,76	19 30 58,90	4 32 27,62	7,5163	-47,5
13 12 54,60	4 50 27,48	19 25 3,50	4 33 1,87	7,4787	-53,5
13 4 3,80	4 51 18,29	19 13 12,10	4 34 10,21	7,4001	-82,4
12 59 38,70	4 51 43,56	19 7 18,30	4 34 43,95	7,3618	-82,3
12 20 11,50	4 55 27,24	18 14 34,50	4 39 41,61	7,0224	-85,8
12 15 48,20	4 55 51,78	18 8 43,30	4 40 13,97	6,9857	-70,5
12 11 27,00	4 56 16,18	18 2 54,60	4 40 46,08	6,9494	-50,2
12 7 8,90	4 56 40,20	17 57 9,50	4 41 17,91	6,9129	-54,4
12 2 49,80	4 57 4,27	17 51 23,60	4 41 49,71	6,8767	-53,4
11 58 31,60	4 57 28,29	17 45 36,90	4 42 21,37	6,8403	-37,3
11 54 13,40	4 57 52,23	17 39 52,40	4 42 52,88	6,8045	-29,8
11 49 55,20	4 58 16,05	17 34 9,50	4 43 24,17	6,7693	-25,3
11 37 7,00	4 59 26,73	17 17 2,00	4 44 57,62	6,6618	-61,1
11 32 52,40	4 59 50,15	17 11 21,50	4 45 28,37	6,6267	-54,6
11 28 37,20	5 0 13,55	17 5 41,10	4 45 58,99	6,5920	-43,0
11 24 21,20	5 0 36,83	17 0 2,00	4 46 29,54	6,5576	-54,6
11 20 7,40	5 1 0,04	16 54 23,20	4 46 59,95	6,5230	-51,5
11 15 53,60	5 1 23,13	16 48 45,40	4 47 30,26	6,4885	-62,1
11 11 43,00	5 1 46,01	16 43 7,50	4 48 0,41	6,4532	-68,0
11 7 32,40	5 2 8,84	16 37 32,10	4 48 30,25	6,4190	-60,1
11 3 20,50	5 2 31,73	16 31 56,40	4 49 0,11	6,3851	-54,9
10 59 10,20	5 2 54,42	16 26 21,70	4 49 29,87	6,3509	-65,6
10 55 1,80	5 3 16,95	16 20 48,80	4 49 59,29	6,3171	-60,0
10 50 53,50	5 3 39,42	16 15 16,90	4 50 28,65	6,2834	-63,3

3. dvojice
snímků

$\delta_1(^{\circ},','')$	$\tau_1(\text{h, m, s})$	$\delta_2(^{\circ},','')$	$\tau_2(\text{h, m, s})$	$\sigma(^{\circ})$	$l(\text{m})$
10 46 43,70	5 4 2,02	16 9 44,80	4 50 57,99	6,2504	-55,7
10 42 35,50	5 4 24,45	16 4 11,90	4 51 27,20	6,2167	-46,9
10 38 27,90	5 4 46,69	15 58 40,60	4 51 56,15	6,1835	-42,1
10 34 20,90	5 5 8,94	15 53 10,90	4 52 24,98	6,1507	-28,5
10 30 13,40	5 5 31,09	15 47 43,00	4 52 53,69	6,1185	-29,8
0-28-44,50	4 11 25,67	2 26 17,00	3 50 10,63	6,0597	-41,5
0-32-30,80	4 11 46,76	2 21 35,30	3 50 37,70	6,0305	-57,2
0-36-14,80	4 12 7,77	2 16 53,60	3 51 4,70	6,0010	-50,3
0-39-58,00	4 12 28,51	2 12 10,60	3 51 31,79	5,9699	-54,2
-1 -9-36,10	4 15 14,14	1 35 3,80	3 55 4,01	5,7403	-50,6
-1-13-13,80	4 15 34,47	1 30 29,10	3 55 30,16	5,7114	-41,0
-1-16-52,70	4 15 54,86	1 25 52,50	3 55 56,31	5,6827	-21,5
-1-20-31,20	4 16 15,12	1 21 19,40	3 56 22,45	5,6539	-42,4
-1-24-10,20	4 16 35,25	1 16 46,80	3 56 48,39	5,6256	-70,4
-1-27-47,20	4 16 55,43	1 12 12,20	3 57 14,32	5,5969	-52,0
-1-31-24,90	4 17 15,64	1 7 38,40	3 57 40,10	5,5690	-35,0

4. dvojice
snímků

Tab. 2b

Literatura:

- [1] Arnold: Laplace - Azimute zwischen weit entfernten Stationen aus Satellitenbeobachtungen, Veröff. des Geod. Inst. in Potsdam, Nr.23, 1963
- [2] Arnold: Zur Bestimmung geodätischer Azimute aus Simultanbeobachtungen von Satelliten, Gerlands Beiträge zur Geophysik, 1965/6
- [3] Buchar: Geodetická astronomie I., Praha, 1963
- [4] Hovorka: Určení topocentrických rovníkových souřadnic družice pomocí samočinného počítače, VTO, 1969/2
- [5] Kaula: Celestial Geodesy, Advances in Geophysics, Vol. 9, New York, 1962
- [6] Mueller: Introduction to Satellite Geodesy, New York, 1962
- [7] Veis: Geodetic Uses of Artificial Satellites, Smithsonian Contributions to Astrophysics, Vol. 3, Number 9, Washington, 1960

Výpočet prvků kruhové dráhy UDZ ze dvou měření topocentrických souřadnic α' a δ' na jednom stanovišti

1. Úvod

Pro výpočet prvků dráhy UDZ slouží zpravidla metody, z nichž jsou nejznámější ty, pro něž jsou k dispozici geocentrické souřadnice družice a složky rychlosti v určitém okamžiku, nebo kde je známo několik geocentrických poloh družice. Tyto metody umožňují výpočet prvků obecné eliptické dráhy v plném počtu a s dostatečnou přesností pro krátkodobé předpovědi. Získání těchto údajů však naráží především na nesnadnost určení topocentrických vzdáleností. Tato překážka může být v případě, že nemáme k dispozici zařízení pro přímé měření vzdáleností, odstraněna pouze simultánním měřením směrů na více bodech.

Pro některé účely, především přípravy dalších pozorování bez vyšších nároků na přesnost, dostačuje určení prvků kruhové dráhy. Místo 6 prvků určujeme pouze 4 a místo obecné elipsy používáme kružnici. Toto zjednodušení má pochopitelně největší oprávnění u drah, které jsou prakticky skutečně kruhové nebo mají pouze malou excentricitu.

2. Výpočet poloměru kruhové dráhy

Předpokládejme, že máme k dispozici na jednom pozorovacím stanovišti dva páry topocentrických rovníkových souřadnic α'_i, δ'_i ($i = 1, 2$) v časových okamžicích t_1, t_2 . Tyto souřadnice můžeme získat různým způsobem, nejčastěji ze snímků družice na pozadí nebeské sféry nějakým jednoduchým grafickým způsobem. Méně časté budou případy optického sledování, např. zařízením typu balónového teodolitu nebo jednoduchým dalekohledem.

Označíme-li topocentrický vektor družice r_{d_i} , geocentrický vektor stanoviště R_{s_i} a geocentrický vektor družice R_{d_i} , můžeme napsat známý vztah

$$R_{d_i} = R_{s_i} + r_{d_i}. \quad (1)$$

Jestliže vektorovou rovnici (1) rozepíšeme do pravouhlých souřadnic inerciálního systému, dostaneme:

$$\begin{aligned} x_{d_i} &= x_{s_i} + x'_{d_i}, \\ y_{d_i} &= y_{s_i} + y'_{d_i}, \\ z_{d_i} &= z_{s_i} + z'_{d_i}, \end{aligned} \quad (2)$$

nebo detailněji

$$\begin{aligned} a \sin \delta_{d_i} \cos \alpha_{d_i} &= R \cos \delta_{s_i} \cos \alpha_{s_i} + \rho'_i \cos \delta_{d_i} \cos \alpha_{d_i}, \\ a \cos \delta_{d_i} \sin \alpha_{d_i} &= R \cos \delta_{s_i} \sin \alpha_{s_i} + \rho'_i \cos \delta_{d_i} \sin \alpha_{d_i}, \\ a \cos \delta_{d_i} &= R \sin \delta_{s_i} + \rho'_i \sin \delta_{d_i}. \end{aligned} \quad (3)$$

V uvedených rovnicích jsou neznámými levé strany, kde a je poloměr (poloosa) kruhové dráhy a velikosti topocentrických vzdáleností ρ'_i . Výpočet souřadnic $x_{s_i}, y_{s_i}, z_{s_i}$ se provádí za zjednodušení, že Zemi považujeme za kouli o vhodně zvoleném poloměru R pro uvažované

Poznámka: Čárkou v exponentu budeme rozlišovat topocentrické rovníkové souřadnice od geocentrických.

místo pozorování. Hodnota δ_{s_1} je prakticky zeměpisnou šířkou uvažovaného bodu. Pro určení α_{s_1} (místního hvězdného času) platí:

$$\alpha_{s_1} = \lambda_s + S_{gr}^{\circ} + t_i, \quad (4)$$

kde λ_s je zeměpisná délka pozorovacího stanoviště (kladně na východ), S_{gr}° hvězdný čas o půlnoci světového času na poledniku Grenwiche a t_i čas, který uplynul od půlnoci SC do okamžiku pozorování ve hvězdném času.

Pro další výpočty je vhodné zavedení směrových kosinů. Z měřených topocentrických rovníkových souřadnic můžeme vypočítat:

$$\begin{aligned} \lambda'_i &= \cos \delta'_{d_1} \cos \alpha'_{d_1}, \\ \mu'_i &= \cos \delta'_{d_1} \sin \alpha'_{d_1}, \\ \nu'_i &= \sin \delta'_{d_1}. \end{aligned} \quad (5)$$

K určení ρ_1' a ρ_2' použijeme způsob uvedený v [4] s aplikací na Zemi a družici Země. Princip řešení spočívá v postupném porovnávání úhlů mezi dvěma geocentrickými vektory družice, získanými z geometrických a dynamických zákonitostí pohybu UDZ po kruhové dráze.

V souladu s našim předpokladem o kruhovosti dráhy platí:

$$x_{d_1}^2 + y_{d_1}^2 + z_{d_1}^2 = a^2, \quad (6)$$

kde a je poloměr (poloosa) kruhové dráhy.

Na základě (2) a (3) můžeme psát:

$$\rho_i'^2 + 2 C_i \rho_i' + R_{s_1}^2 = a^2, \quad (7)$$

kde $C_i = \lambda'_i x_{s_1} + \mu'_i y_{s_1} + \nu'_i z_{s_1}$,

$$R_{s_1}^2 = x_{s_1}^2 + y_{s_1}^2 + z_{s_1}^2.$$

Označíme-li dále

$$s_i^2 = R_{s_1}^2 - C_i^2, \quad (8)$$

dostaneme konečně pro určení ρ_i' vztah

$$\rho_i' = \sqrt{a^2 - S_i^2} - C_i. \quad (9)$$

Jestliže zvolíme nějakou reálnou hodnotu poloměru dráhy a , můžeme vypočítat obě topocentrické vzdálenosti ρ_1' , ρ_2' . Pomocí takto vypočtených vzdáleností a vztahů (3) dostaneme v prvním přiblížení geocentrické pravoúhlé souřadnice x_{d_1} , y_{d_1} , z_{d_1} . Těmito souřadnicemi jsou definovány dva geocentrické vektory $\mathbf{R}d_1$ a $\mathbf{R}d_2$. Úhel β , který vzájemně svírají, můžeme vypočítat ze skalárního součinu těchto vektorů. Dostaneme

$$\cos \beta = \frac{x_{d_1} \cdot x_{d_2} + y_{d_1} \cdot y_{d_2} + z_{d_1} \cdot z_{d_2}}{a^2}. \quad (10)$$

Takto získaný úhel označíme indexem g – geometrický. Na druhé straně víme, že podle vztahů eliptického pohybu se pohyb po kruhové dráze děje rovnoměrně s úhlovou rychlostí, rovnou $\kappa a^{-3/2}$, kde $\kappa^2 = k^2 \cdot M_z$,

$$k^2 = \text{gravitační konstanta,}$$

$$M_z = \text{hmota Země.}$$

Podle [3] pro κ použijeme hodnotu $1,996\,513 \cdot 10^{10} \frac{\text{cm}^{3/2}}{\text{sec}}$.

Pro úhel β , kterému zde přisoudíme index d – dynamický, platí vztah

$$\beta_d = \kappa \cdot a^{3/2} (t_2 - t_1), \quad (11)$$

ve kterém $(t_2 - t_1)$ je rozdíl okamžiků měření v sekundách.

Kruhová dráha vyhovující použitým pozorováním musí splňovat rovnici

$$\Phi(a) = 0, \quad (12)$$

kde $\Phi(a) = \beta_g - \beta_d$.

Při řešení tohoto vztahu postačuje zvolit postupně dvě hodnoty a , provést s nimi potřebné operace a vypočítat dvě hodnoty $\Phi(a)$. Jestliže použité hodnoty a budeme považovat za jednu souřadnici a rozdíly $\beta_g - \beta_d$ za druhou, můžeme jednoduše vypočítat pomocí průsečíku přímky dané dvěma body s osou, na které budou vynášeny hodnoty a , novou hodnotu a . V dalším kroku použijeme vždy posledních dvou hodnot a a $\Phi(a)$ atd. Proces rychle konverguje a po třetím či čtvrtém kroku je splněna podmínka (12) s dostatečnou přesností. Posledně vypočtené hodnoty ρ_1' a ρ_2' považujeme za konečné a stejně tak pomocí nich vypočtené hodnoty

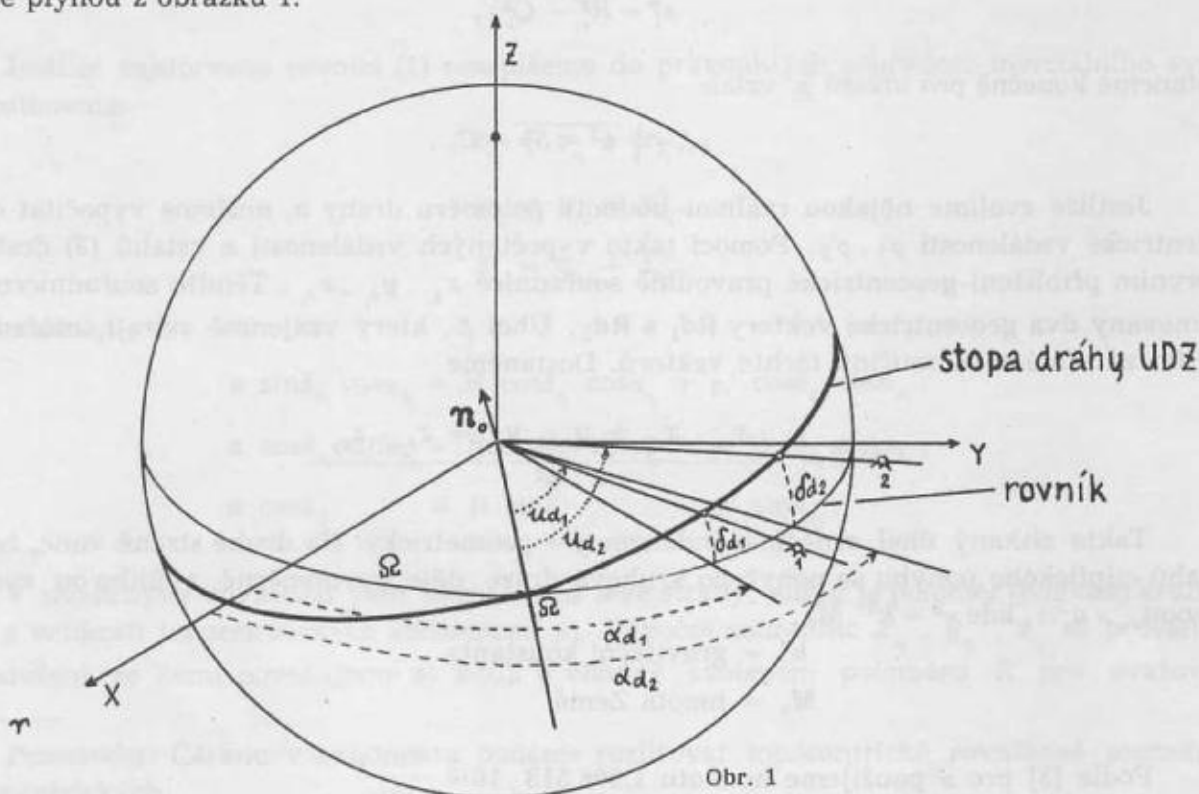
$$\underline{x}_{d_1}, \underline{y}_{d_1}, \underline{z}_{d_1} \text{ a } \underline{x}_{d_2}, \underline{y}_{d_2}, \underline{z}_{d_2}.$$

3. Výpočet prvků dráhy

Pro definování kruhové dráhy použijeme tyto prvky

- Ω – rektascense výstupního uzlu,
- i – sklon dráhy,
- $t\Omega$ – okamžik průchodu uzlem,
- a – poloměr (poloosa) dráhy.

Poslední z uvedených prvků byl již určen v části 2. K určení ostatních použijeme vztahy, které plynou z obrázku 1.



Obr. 1

Poloha dráhy v prostoru je definována jednotkovým vektorem normály \mathbf{k} její rovině \mathbf{n}_0 . K určení \mathbf{n} použijeme vektorového součinu jednotkových vektorů $\mathbf{R}d_{10}$ a $\mathbf{R}d_{20}$. Dostaneme pak

$$\mathbf{n} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ \lambda_1 & \mu_1 & \nu_1 \\ \lambda_2 & \mu_2 & \nu_2 \end{vmatrix}, \quad (13)$$

kde λ_i, μ_i, ν_i jsou směrové kosiny, které získáme obdobně jako (5).

Pro uvedení na jednotkový vektor \mathbf{n}_0 je třeba vektor \mathbf{n} ještě normalizovat. Takto získaný \mathbf{n}_0 porovnáme se vztahem, který tentýž vektor definuje pomocí prvků dráhy i a Ω ,

$$\mathbf{n}_0 = \sin i \sin \Omega \mathbf{i} - \sin i \cos \Omega \mathbf{j} + \cos i \mathbf{k}. \quad (14)$$

Nejprve vypočteme hodnotu sklonu i ze vztahu

$$\cos i = (\lambda_1 \mu_2 - \lambda_2 \mu_1) \frac{1}{\sin \beta},$$

kde β je úhel, který svírají vektory $\mathbf{R}d_{10}$ a $\mathbf{R}d_{20}$.

Pomocí známého i potom určíme hodnotu úhlu Ω .

Z pravoúhlých sférických trojúhelníků v obrázku 1 dále plyne, že

$$\begin{aligned} \operatorname{tg}(\alpha_{d_i} - \Omega) &= \operatorname{tg} u_{d_i} \cdot \cos i, \\ \sin \delta_{d_i} &= \sin i \cdot \sin u_{d_i}, \end{aligned} \quad (15)$$

kde u_{d_i} je argument šířky. Ten můžeme tedy určit vždy dvakrát pro každou polohu družice. Mezi argumentem šířky, dobou oběhu (periodou), okamžikem pozorování a okamžikem průchodu družice uzlem platí vztah

$$u_i = \frac{2\pi}{P} (t_i - t\Omega). \quad (16)$$

Řešením dvou rovnic o dvou neznámých

$$\begin{aligned} u_1 &= \frac{2\pi}{P} (t_1 - t\Omega), \\ u_2 &= \frac{2\pi}{P} (t_2 - t\Omega), \end{aligned}$$

můžeme vypočítat P a $t\Omega$. Přitom mezi poloměrem dráhy a a periodou P platí vztah

$$a = 331,25 \cdot P^{2/3}, [a \text{ v km}, P \text{ v min.}] \quad (17)$$

Máme tak možnost částečné kontroly výpočtu.

4. Závěr

Uvedený postup je jedním z možných způsobů výpočtu prvků kruhové dráhy družice. Jeho předností je minimální požadavek na počet měřených veličin a vhodnost použití samo-

činného počítače, především při výpočtu poloměru (poloosy) dráhy a . Jeho nedostatky jsou společné všem zjednodušením, kdy eliptickou dráhu nahrazujeme kruhovou. Je tedy vhodný a použitelný především pro dráhy blízké kruhovým.

Literatura:

- 1 M. Burša, Základy kosmické geodézie, díl I, Praha 1967.
- 2 P. E. Eljazberg, Vvedeniije v teoriju poleta ISZ, Moskva 1965.
- 3 I. I. Mueller, Introduction to Satellite Geodesy, (překlad do ruštiny) Moskva 1967.
- 4 M. F. Subbotin, Vvedeniije v teoretičeskiju astronomiju, Moskva 1968.

Centrace délek a její přesnost

K měření délek při budování délkových sítí, řetězců a při zaměřování zhušťovacích bodů se používá převážně rádiových a světelných dálkoměrů. Někdy je třeba zvolit excentrická stanoviska pro dálkoměrné přístroje nebo odrazné optické systémy. Centrační prvky jsou podobné, jako u excentricky měřených směrů, vodorovná excentricita e a úhel ε nebo ε' , který svírá směr excentricity e se směrem měřené délky s_0 , nebo opravené (centrické) délky s_c (obr. 1 a 2). Opravy z excentricity počítáme zpravidla až po převodu měřených šikmých oblouků na referenční plochu. Jsou-li excentricity větší, musíme také délky e redukovat z nadmořské výšky.

Odvození centračních oprav a centrických délek je uvedeno např. v publikaci [4]. Zvláštní způsob zaměření centračních prvků pomocí gyroteodolitu a s ním spojené odvození výpočtu centrické délky popisuje Martinák [2].

V článku jsou přehledně uvedeny základní vzorce pro převedení excentricky měřených délek na centrické. Výpočet polohy bodu v trilaterálních trojúhelnících, v nichž je směr excentricity měřen gyroteodolitem, je řešen pomocí rajónů. V chybovém rozboru je zkoumán vliv chyb měřených délek a centračních prvků na vypočtené centrické délky a na přesnost trilaterálních trojúhelníků a jednoduchých řetězců.

1. Převod excentricky měřených délek

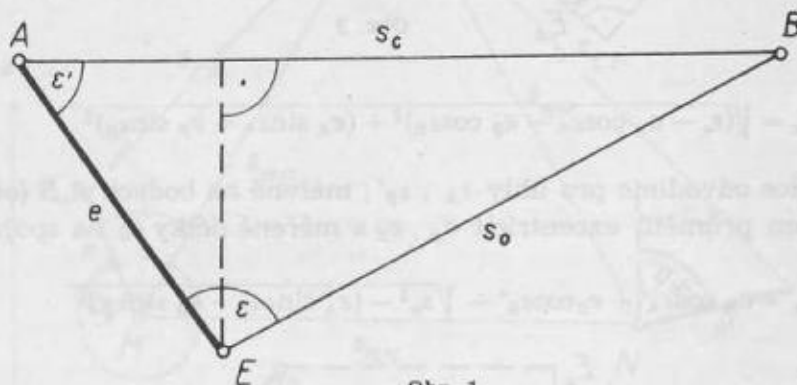
Prakticky můžeme rozdělit excentricky měřené délky do tří skupin: délky s jedním excentrickým stanoviskem, délky se dvěma excentrickými stanovisky [5] a délky s excentricitami, jejichž směr je určen gyroteodolitem. Podle tohoto se také liší způsoby výpočtu centrických délek nebo výpočet polohy zaměřovaných bodů.

1.1. Délky s jedním excentrickým stanoviskem

Délka s jedním excentrickým stanoviskem je znázorněna na obr. 1. Způsob výpočtu opravené délky s_c závisí na úhlu, který byl měřen. Jeli určen úhel ε na excentrickém stanovisku E , vypočteme délku s_c kosinovou větou

$$s_c = \sqrt{s_0^2 + e^2 - 2 s_0 e \cos \varepsilon}, \quad (1)$$

kde s_0 značí měřenou délku, redukovanou na referenční plochu.



Obr. 1

Při měření úhlu ε' na bodě A je výsledná délka s_c vyjádřena rovnicí (obr. 1)

$$s_c = e \cos \varepsilon' + \sqrt{s_0^2 - e^2 \sin^2 \varepsilon'}. \quad (2)$$

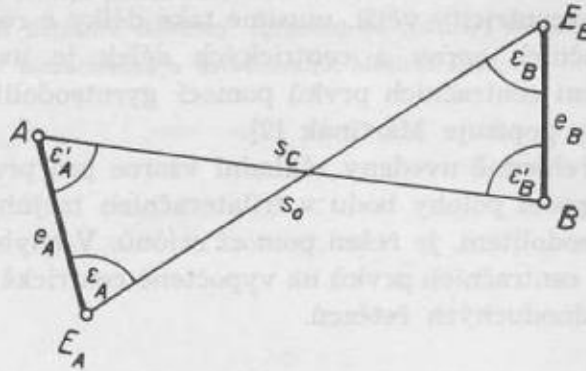
Pro malé excentricity můžeme rovnici zjednodušit na tvar

$$s_c = s_0 + e \cos \varepsilon'. \quad (3)$$

Leží-li excentrické stanovisko E na spojnici bodů A, B , dochází ke zjednodušení výpočtu. Úhel $\varepsilon = 2R(0)$ nebo úhel $\varepsilon' = 0(2R)$ a centrační oprava délky Δs se přímo rovná excentricitě e s příslušným znaménkem.

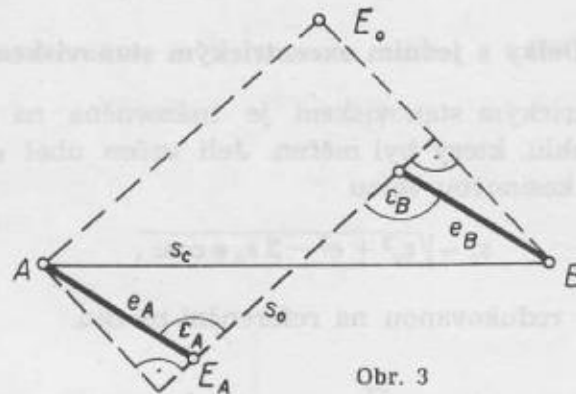
1. 2. Délky se dvěma excentrickými stanovisky

Délka s oboustrannou excentricitou je schematicky nakreslena na obr. 2. Převod excentrické délky na délku centrickou je obtížnější a liší se různými úhly, které jsou měřeny při určování centračních prvků. Prakticky můžeme odvodit tři různé typy rovnic podle různých kombinací měřených úhlů.



Obr. 2

Jsou-li měřeny úhly $\varepsilon_A, \varepsilon_B$ na excentrických stanoviskách E_A, E_B , vypočteme centrickou délku s_c Pythagorovou větou z úseček AE_0 a BE_0 (obr. 3):

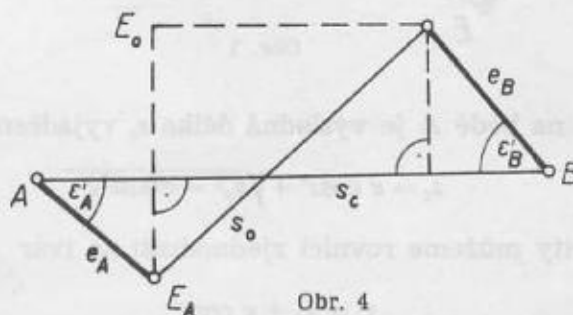


Obr. 3

$$s_c = \sqrt{(s_0 - e_A \cos \varepsilon_A - e_B \cos \varepsilon_B)^2 + (e_A \sin \varepsilon_A + e_B \sin \varepsilon_B)^2}. \quad (4)$$

Druhý typ rovnice odvodíme pro úhly $\varepsilon_A, \varepsilon_B'$, měřené na bodech A, B (obr. 4). Centrická délka s_c vzniká součtem průmětů excentricit e_A, e_B a měřené délky s_0 na spojnici AB

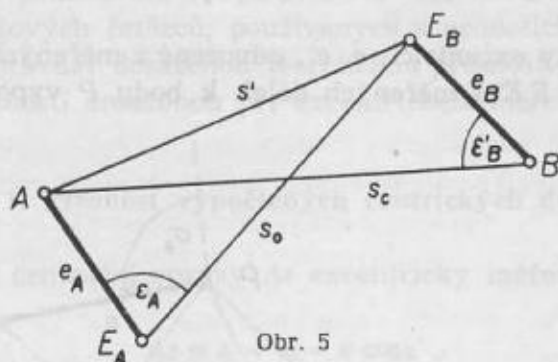
$$s_c = e_A \cos \varepsilon_A' + e_B \cos \varepsilon_B' + \sqrt{s_0^2 - (e_A \sin \varepsilon_A' + e_B \sin \varepsilon_B')^2}. \quad (5)$$



Obr. 4

Poslední typ výpočtu centrické délky vzniká při měření úhlu ε_A na excentrickém stanovisku E_A a úhlu ε_B' na bodě B (obr. 5) nebo obráceně. V tomto případě vypočteme nejprve kosinovou větou pomocnou délku s' , spojující body A, E_B :

$$s' = \sqrt{s_0^2 + e_A^2 - 2 s_0 e_A \cos \varepsilon_A} . \quad (6)$$



Obr. 5

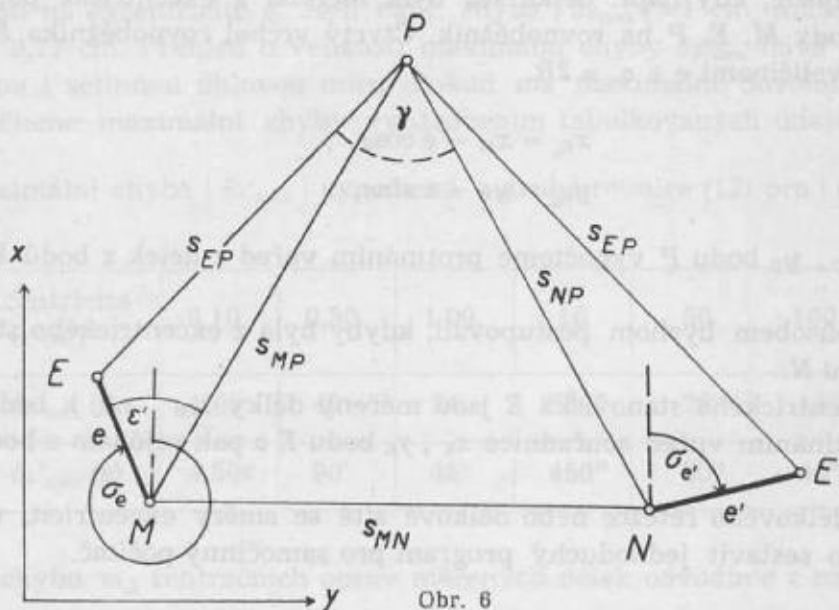
Nyní je úloha převedena na délku s s jedním excentrickým stanoviskem. Výsledná délka s_0 je vyjádřena podle rovnice (2) vztahem

$$s_0 = e_B \cos \varepsilon_B' + \sqrt{s'^2 - e_B^2 \sin^2 \varepsilon_B'} . \quad (7)$$

Odvozené rovnice platí pro výpočet centračních oprav libovolně velkých excentricit. Jsou-li excentricity malé, je možno vzorce pro výpočet centrických délek zjednodušit rozvojem odmocnin v řadu a zanedbáním členů vyšších řádů. Některé úpravy rovnic uvádí Rinner [1].

1. 3. Směr excentricity měřený gyroteodolitem

V geodetickém zabezpečení vojsk je někdy nutné měřit směr excentricity gyroteodolitem. Tohoto způsobu určení centračních prvků je možno použít především v trilateračních trojúhelnících délkových řetězců a různých délkových sítí. Způsob zaměření a výpočtu trilateračních trojúhelníků s excentricky měřenou délkou na určovaném bodě podrobně popisuje Martinák



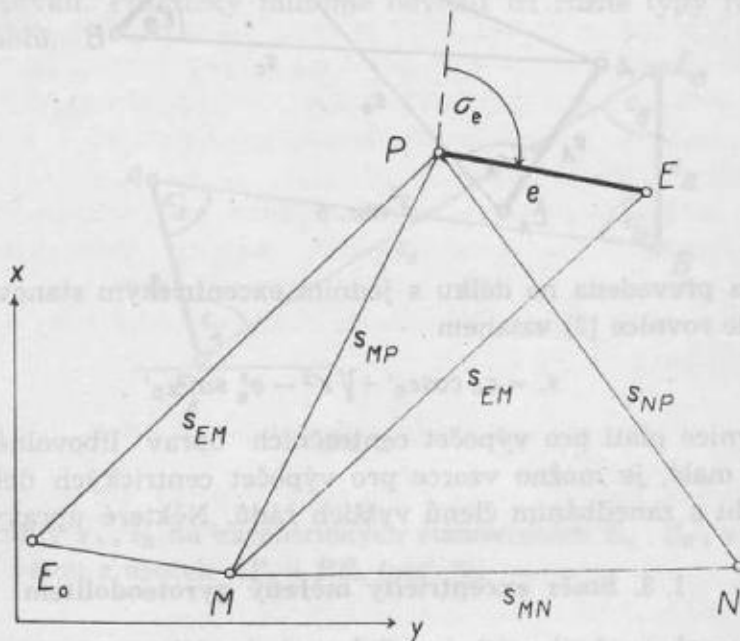
Obr. 6

[2]. Předpokládejme, že v určujícím trojúhelníku je poloha bodu P určena ze známých bodů M, N a délek s_{MP}, s_{NP} . Prakticky se mohou vyskytnout dva různé typy excentricity. K měření délky s_{MP} nebo s_{NP} je třeba volit excentrické stanovisko buď na známých bodech M, N (obr. 6) nebo na určovaném bodě P (obr. 7). V obou případech je výhodné počítat souřadnice bodu P pomocí rajónů.

Je-li měřena vzdálenost k bodu P z excentrického stanoviska E nebo E' u bodu M nebo N , popřípadě z obou excentrických stanovisek E, E' současně, určíme nejprve souřadnice bodu E nebo E' z rovnic (obr. 6)

$$\begin{aligned} x_E &= x_M + e \cos \sigma_e, & y_E &= y_M + e \sin \sigma_e; \\ x_{E'} &= x_N + e \cos \sigma_{e'}, & y_{E'} &= y_N + e \sin \sigma_{e'}, \end{aligned} \quad (8)$$

kde σ_e a $\sigma_{e'}$ označují směrníky excentricit e, e' , odvozené z měřených azimutů $A_e, A_{e'}$. Ze souřadnic bodů E, N (M, E' nebo E, E') a měřených délek k bodu P vypočteme protínáním z délek souřadnice x_P, y_P .



Obr. 7

V druhém případě, kdy např. délka s_{EM} byla měřena z excentrické polohy E bodu P (obr. 7), doplníme body M, E, P na rovnoběžník. Čtvrtý vrchol rovnoběžníka E_0 je určen rajónem z bodu M a to veličinami e a $\sigma_e \pm 2R$.

$$\begin{aligned} x_{E_0} &= x_M - e \cos \sigma_e, \\ y_{E_0} &= y_M - e \sin \sigma_e. \end{aligned} \quad (9)$$

Souřadnice x_P, y_P bodu P vypočteme protínáním vpřed z délek z bodů E, N a měřených délek s_{EM} a s_{NP} .

Podobným způsobem bychom postupovali, kdyby byla z excentrického stanoviska E měřena délka s_{EN} k bodu N .

Jestliže z excentrického stanoviska E jsou měřeny délky s_{EM}, s_{EN} k bodům M a N , počítáme nejdříve protínáním vpřed souřadnice x_E, y_E bodu E a pak rajónem z bodu E souřadnice x_P, y_P bodu P .

Pro výpočet délkového řetězce nebo délkové sítě se směry excentricit, určenými gyroteodolitem je možno sestavit jednoduchý program pro samočinný počítač.

2. Vliv chyb centračních prvků na vypočtené délky a polohu zaměřovaných bodů

Přesnost vypočtených centrických délek závisí na přesnosti měření excentrických délek a centračních prvků. Teoreticky jsou předpokládané střední chyby opravených délek vždy větší než střední chyby přímo měřených délek. Prakticky zůstává přesnost přibližně stejná, je-li vliv chyb centračních prvků na výslednou střední chybu opravené délky mnohem menší než střed-

ni chyba metody měření délek. V chybovém rozboru se budeme zabývat přesností centrace délek, jestliže směr excentricity byl určen pomocí úhlu ε a ε' (obr. 1 a 2), nebo pomocí gyroteodolitu (obr. 6 a 7). Protože zaměření směru excentricity gyroteodolitem je nezávislé na směru délky v trilaterálním trojúhelníku, je třeba stanovit vliv chyb centračních prvků na polohovou přesnost bodu P , určeného protínáním vpřed z délek. Trilaterační trojúhelník je základním prvkem jednoduchých délkových řetězců, používaných v geodetickém zabezpečení vojsk. Z tohoto důvodu je důležité porovnat dosaženou teoretickou přesnost polohy bodů a směrniců stran trojúhelníků řetězce s přesností dosaženou při excentrickém měření délek.

2.1. Přesnost vypočtených centrických délek

Skutečnou chybu δs centrační opravy Δs excentricky měřených délek odvodíme z přibližného vzorce (3)

$$\Delta s \equiv s_c - s_0 = e \cos \varepsilon' \quad (10)$$

Po výpočtu totálního diferenciálu a dosazení skutečných chyb δe , $\delta \varepsilon'$ dostaneme

$$\delta s = \cos \varepsilon' \cdot \delta e - e \sin \varepsilon' \cdot \delta \varepsilon' \quad (11)$$

Podle principu stejného vlivu dílčích chyb a za předpokladu $\sin \varepsilon' = \cos \varepsilon' = 0,71$ pro $\varepsilon' = \frac{R}{2}$ jsou maximální chyby δe_{\max} , $\delta \varepsilon'_{\max}$ dány vztahy

$$|\delta e_{\max}| \leq 0,71 |\delta s_{\max}|, \quad (12)$$

$$|\delta \varepsilon'_{\max}| \leq 0,71 \frac{\rho}{e} |\delta s_{\max}|,$$

kde δs_{\max} je maximální dovolená chyba centrační opravy Δs .

Chyba δe_{\max} zůstává konstantní pro libovolnou excentricitu e . Pouze chyba $\delta \varepsilon'_{\max}$ se mění v závislosti na excentricitě e . Je-li např. chyba $|\delta s_{\max}| = 1$ cm, může chyba $|\delta e_{\max}|$ dosáhnout hodnoty 0,71 cm. Přehled o velikosti maximální chyby $\delta \varepsilon'_{\max}$ dává tabulka 1, vypočtená pro šedesátinnou i setinnou úhlovou míru. Pokud má maximální dovolená chyba δs_{\max} jinou hodnotu, vypočteme maximální chyby vynásobením tabulkovaných údajů touto chybou v cm.

Tabulka 1. Maximální chyba $|\delta \varepsilon'_{\max}|$ vypočtená z druhé rovnice (12) pro $|\delta s_{\max}| = 1$ cm a různé excentricity e .

Excentricita e (m)	0,10	0,50	1,00	10	50	100	200
$\delta \varepsilon'_{\max}$ (°)	4°03'	49'	24'	2'26"	29"	15"	7"
$\delta \varepsilon'_{\max}$ (g)	4,50g	90'	45'	450"	90"	45"	23"

Střední chybu m_{Δ} centračních oprav měřených délek odvodíme z rovnice (11)

$$m_{\Delta}^2 = \cos^2 \varepsilon' m_e^2 + e^2 \sin^2 \varepsilon' m_{\varepsilon'}^2, \quad (13)$$

kde m_e je střední chyba excentricity e a $m_{\varepsilon'}$ střední chyba úhlu ε' .

Střední chyba m_{s_c} centrické délky s_c je podle rovnice (3) a (10) dána vztahem

$$m_{s_c}^2 = m_{s_0}^2 + m_{\Delta}^2 \quad (14)$$

Střední chyba m_{Δ} centrační opravy Δs má být menší než poloviční hodnota střední chyby m_{s_0} měřené excentrické délky s_0 . V tomto případě bude střední chyba m_{s_c} opravené délky s_c přibližně stejně velká jako střední chyba m_{s_0} .

Je-li např. střední chyba délky $s_0 = 10$ km, měřené rádiovým dálkoměrem GET B1 $m_{s_0} = \pm 0,08$ m, nemá střední chyba centrační opravy m_{Δ} přesáhnout hodnotu $\pm 0,04$ m. Výsledná střední chyba m_{s_c} vypočtené délky s_c dosahuje podle vzorce (12) přibližně velikosti $\pm 0,09$ m. Při větších středních chybách m_{Δ} by se již výsledná střední chyba m_{s_c} výrazně lišila od střední chyby měřených délek m_{s_0} .

2. 2. Vliv chyb centračních prvků se směrem excentricity měřeným gyroteodolitem na polohovou přesnost určovaných bodů

Není-li znám směrník excentricky měřené délky nebo opravené centrické délky, počítáme centrační opravu nepřímo pomocí rajónů v trilaterálním trojúhelníku (obr. 6 a 7).

K odvození skutečných a středních chyb v poloze bodu P , určeného protínáním vpřed z bodů M, N , vyjdeme např. z obr. 6, který schematicky znázorňuje excentrické stanovisko E u bodu M při měření délky na bod P . Skutečné souřadnicové chyby $\delta x, \delta y$ bodu P jsou dány rovnicemi

$$\begin{aligned} \delta x &= \delta x_1 + \delta x_2, \\ \delta y &= \delta y_1 + \delta y_2, \end{aligned} \quad (15)$$

kde dílčí složky $\delta x_1, \delta y_1$ vyjadřují vliv skutečných chyb $\delta s_{EP}, \delta s_{NP}$ měřených délek s_{EP} a s_{NP} a složky $\delta x_2, \delta y_2$ vliv skutečných chyb souřadnic výchozích bodů.

Složky souřadnicových chyb odvodíme totálním diferenciálem z rovnic délek [3], [5]

$$\begin{aligned} s_{EP}^2 &= (x_P - x_E)^2 + (y_P - y_E)^2, \\ s_{NP}^2 &= (x_P - x_N)^2 + (y_P - y_N)^2. \end{aligned} \quad (16)$$

Pro skutečné souřadnicové chyby $\delta x_1, \delta y_1$ bodu P určeného protínáním vpřed z bodů E, N (obr. 6) platí rovnice [5]

$$\begin{aligned} \delta x_1 &= \frac{-1}{\sin \gamma} (\sin \sigma_{NP} \delta s_{EP} - \sin \sigma_{EP} \delta s_{NP}), \\ \delta y_1 &= \frac{1}{\sin \gamma} (\cos \sigma_{NP} \delta s_{EP} - \cos \sigma_{EP} \delta s_{NP}), \end{aligned} \quad (17)$$

kde σ_{EP}, σ_{NP} značí směrníky odpovídajících délek s_{EP}, s_{NP} a γ je úhel, který obě měřené délky svírají v bodě P .

Skutečné chyby $\delta x_2, \delta y_2$, které jsou jen funkcemi skutečných souřadnicových chyb $\delta x_E, \delta y_E, \delta x_N, \delta y_N$ bodů E, N , vyjadřují vztahy [3]

$$\begin{aligned} \delta x_2 &= \frac{1}{\sin \gamma} [-\cos \sigma_{EP} \sin \sigma_{NP} \delta x_E + \sin \sigma_{EP} \cos \sigma_{NP} \delta x_N - \sin \sigma_{EP} \sin \sigma_{NP} (\delta y_E - \delta y_N)], \\ \delta y_2 &= \frac{1}{\sin \gamma} [\sin \sigma_{EP} \cos \sigma_{NP} \delta y_E - \cos \sigma_{EP} \sin \sigma_{NP} \delta y_N + \cos \sigma_{EP} \cos \sigma_{NP} (\delta x_E - \delta x_N)]. \end{aligned} \quad (18)$$

Za předpokladu, že skutečné souřadnicové chyby $\delta x_M, \delta y_M, \delta x_N, \delta y_N$ jsou velmi malé a vzhledem k chybám měřených délek a měřených centračních prvků prakticky zanedbatelné, uplatní se na pravé straně rovnic (18) jen skutečné chyby $\delta x_E, \delta y_E$ bodu E , určeného rajónem. Z rovnic (8) vypočteme

$$\begin{aligned} \delta x_E &= \cos \sigma_e \cdot \delta e - e \sin \sigma_e \frac{\delta \sigma_e}{\rho}, \\ \delta y_E &= \sin \sigma_e \cdot \delta e + e \cos \sigma_e \frac{\delta \sigma_e}{\rho}, \end{aligned} \quad (19)$$

kde δ_e je skutečná chyba excentricity e a $\delta\sigma_e$ skutečná chyba směrníku σ_e .

Po dosazení do rovnice (18) a úpravě dostaneme

$$\begin{aligned}\delta x_2 &= \frac{-1}{\sin\gamma} \left[\sin\sigma_{NP} \left(\cos\varepsilon \cdot \delta e - e \sin\varepsilon \frac{\delta\sigma_e}{\rho} \right) \right], \\ \delta y_2 &= \frac{1}{\sin\gamma} \left[\cos\sigma_{NP} \left(\cos\varepsilon \cdot \delta e - e \sin\varepsilon \frac{\delta\sigma_e}{\rho} \right) \right],\end{aligned}\quad (20)$$

kde ε je úhel, který svírá směr délky s_{EP} se směrem excentricity e (obr. 6).

Protože skutečné chyby neznáme, musíme v rozboru chyb přejít ke středním chybám, které vypočteme podle zákona hromadění středních chyb z rovnic (15), (17) a (20). Střední souřadnicové chyby m_x, m_y bodu P vyjadřují rovnice (15)

$$\begin{aligned}m_x^2 &= m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2, \\ m_y^2 &= m_{y_1}^2 + m_{y_2}^2,\end{aligned}\quad (21)$$

kde $m_{x_1}, m_{y_1}, m_{x_2}, m_{y_2}$ jsou opět dílčí složky středních souřadnicových chyb.

Součtem obou rovnic získáme střední polohovou chybu M_P bodu P [5]

$$M_P^2 = m_x^2 + m_y^2 = m_{x_1}^2 + m_{x_2}^2 + m_{y_1}^2 + m_{y_2}^2. \quad (22)$$

Dílčí složky středních chyb na pravé straně rovnice vypočteme z rovnic (17) a (20). Po úpravě napíšeme střední polohovou chybu M_P ve tvaru

$$M_P^2 = \frac{2 m_s^2}{\sin^2\gamma} + \frac{\cos^2\varepsilon m_e^2 + \sin^2\varepsilon \frac{e^2 m^2 \sigma_e}{\rho^2}}{\sin^2\gamma}, \quad (23)$$

kde m_s je střední chyba metody měření délek s_{EP} a s_{NP} , m_e střední chyba excentricity e a $m\sigma_e$ střední chyba směrníku σ_e , která je prakticky totožná se střední chybou metody měření azimutu gyroteodolitem m_A .

Rovnice skutečných a středních souřadnicových chyb bodu P , určeného protínáním vpřed z délek, byly odvozeny pro trilaterální trojúhelník, ve kterém je měřena délka s_{EP} z excentrického stanoviska u bodu M . Tyto rovnice platí pro jednu excentricky měřenou délku z jednoho excentrického stanoviska u kteréhokoli bodu trojúhelníka, tedy i u bodu P (obr. 7).

První člen na pravé straně rovnice (23) vyjadřuje vliv chyb měření délek při protínání vpřed z délek [3] a druhý člen vliv chyb centračních prvků. Označíme-li jednotlivé složky polohové chyby (23) M_{P_1} a M_{P_2} , bude

$$M_P^2 = M_{P_1}^2 + M_{P_2}^2. \quad (24)$$

Složku M_{P_2} , která vzniká vlivem chyb centračních prvků, můžeme prakticky zanedbat, nepřesahuje-li poloviční hodnotu složky M_{P_1} . V tomto případě bude podle rovnice (23)

$$\frac{m_s^2}{2} \geq \cos^2\varepsilon m_e^2 + \sin^2\varepsilon \frac{e^2 m^2 \sigma_e}{\rho^2}. \quad (25)$$

Uplatníme-li princip stejného vlivu a položíme-li v nejnepříznivějším případě $\varepsilon = \frac{R}{2}$

($\cos\varepsilon = \sin\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{2}}$), dostaneme pro střední chyby m_e a $m\sigma_e$ vztahy

$$m_e^2 \leq \frac{e^2 m^2 \sigma_e}{\rho^2} \leq \frac{m_s^2}{2}. \quad (26)$$

Z nerovnosti plyne, že vliv centračních prvků můžeme prakticky zanedbat, splňují-li tyto chyby podmínky

$$\begin{aligned} |m_e| &\leq 0,71 |m_s|, \\ |m\sigma_e| &\leq 0,71 \frac{\rho}{e} |m_s|. \end{aligned} \quad (27)$$

Střední chyby m_e a m_{σ_e} jsou obdobnými funkcemi střední chyby m_s , jako skutečné chyby δe_{\max} , $\delta \varepsilon'_{\max}$ v rovnicích (12). Pro chybu $m\sigma_e$ platí tedy stejná tabulka jako pro chybu $\delta \varepsilon'_{\max}$.

Příklad: Desetikilometrové strany s_{EP} , s_{AP} (obr. 6) byly měřeny rádiovým dálkoměrem GET B1 se středními chybami $m_s = \pm 0,08$ m. Excentricita $e = 500$ m. Abychom mohli zanedbat vliv chyb měřených centračních prvků na polohovou chybu M_P bodu P , určeného protínáním vpřed z délek, musí střední chyby m_e a $m\sigma_e$ splňovat podmínky

$$|m_e| \leq 0,056 \text{ m}, \quad |m\sigma_e| \leq 23'' (72'').$$

V praxi nemusí být střední chyba m_e stejně velká jako odpovídající chyba $e m\sigma_e : \rho$ (26). Vhodnou volbou excentrického stanoviska můžeme snížit nepříznivý vliv jedné z obou chyb. Například očekáváme-li, že střední chyba m_e excentricity e bude příliš velká, snažíme se zvolit excentrické stanovisko tak, aby směr excentricity byl přibližně kolmý ke směru původní centrické délky, protože $\cos \varepsilon$ ve vzorci (23) má malou hodnotu. Podobně při očekávané velké chybě $e m\sigma_e : \rho$ volíme excentrické stanovisko blízko prodloužené strany, aby $\sin \varepsilon$ ve vzorci (23) dosahoval malé hodnoty. Tento závěr, vyplývající z chybového rozboru, je pro praktické měření velmi důležitý, zejména při měření jednoduchého trilateračního řetězce.

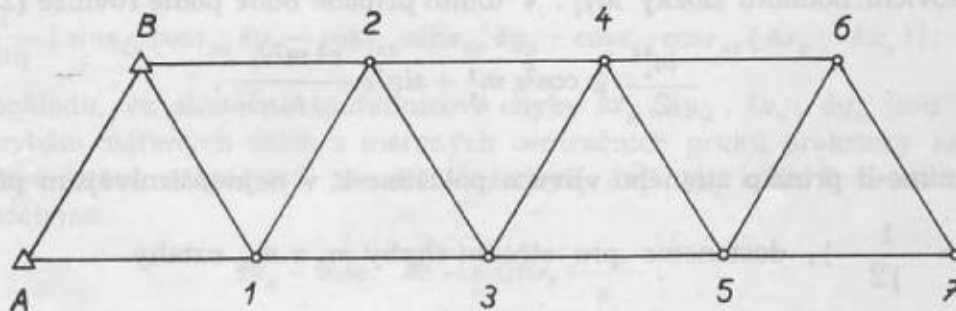
2. 3. Přesnost jednoduchých trilateračních řetězců

Skutečné a střední souřadnicové chyby δx , δy , m_x , m_y bodu P byly odvozeny pro trilaterační trojúhelník M, N, P s jednou excentricky měřenou délkou a s jedním excentrickým stanoviskem za předpokladu, že vliv skutečných chyb v poloze známých bodů M, N je prakticky zanedbatelný. V trilateračním řetězci (obr. 8) tento předpoklad není splněn. Jednotlivé body řetězce počítáme postupně protínáním vpřed z délek a skutečné a střední chyby bodů $i, i+1$, sloužících jako výchozí body pro určení bodů $i+2$, se budou postupně zvětšovat. Narůstají budou také skutečné a střední chyby směrniců $\sigma_{i,j}$ jednotlivých stran trojúhelníků. V důsledku toho poroste i nejistota úhlu ε' (obr. 6) a tím i vliv chyb centračních prvků na polohu určeného bodu $i+2$ a dalších bodů řetězce. Abychom mohli posoudit přesnost úhlu ε' , musíme znát očekávané souřadnicové chyby jednotlivých bodů řetězce a zejména očekávané chyby směrniců. K odvození těchto chyb použijeme vzorců pro výpočet skutečných souřadnicových chyb (15), (17) a (20). Z rovnice pro výpočet směrníku σ_{ij} spojnice bodů i, j

$$\operatorname{tg} \sigma_{ij} = \operatorname{arctg} \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i} \quad (28)$$

odvodíme pomocí totálního diferenciálu skutečné chyby směrníku $\delta \sigma_{ij}$

$$\delta \sigma_{ij} = \frac{\rho}{s_{ij}} [\sin \sigma_{ij} (\delta x_i - \delta x_j) - \cos \sigma_{ij} (\delta y_i - \delta y_j)]. \quad (29)$$



Obr. 8

K zjednodušenému výpočtu skutečných chyb $\delta x_i, \delta y_j, \delta \sigma_{ij}$ použijeme modelu jednoduchého trilaterálního řetězce s rovnostrannými trojúhelníky (obr. 8) a směr řetězce ztotožníme se souřadnicovou osou y . Pro skutečné souřadnicové chyby δx_i a δy_i odvodíme rovnice v obecném tvaru

$$\delta x_i = \sum_0^i (-1)^j \frac{i-j}{\sqrt{3}} \delta s_{j-1, j+1} + \sum_0^{i-1} (-1)^{j+1} \frac{2}{\sqrt{3}} \delta s_{j, j+1},$$

$$\delta y_i = \sum_0^{j < 0,5i} \delta s_{i-2j-2, i-2j},$$
(30)

kde indexy -1 a 0 u délkových chyb jsou totožné s body A, B na obr. 8.

Z rovnice (29), (30) vypočteme skutečné chyby $\delta \sigma_{i-2, i}, \delta \sigma_{i-1, i}$ směrniců vnějších stran trojúhelníků $\sigma_{i-2, i}$ a vnitřních stran trojúhelníků $\sigma_{i-1, i}$

$$\delta \sigma_{i-1, i+1} = \frac{\rho}{s \sqrt{3}} \left[\sum_0^{i-1} 2(-1)^{j+1} \delta s_{j-1, j+1} + (-1)^{i+1} \delta s_{i-1, i+1} + \right.$$

$$\left. + 2(-1)^i \delta s_{i, i+1} + 2(-1)^{i+1} \delta s_{i-1, i} \right],$$
(31)

$$\delta \sigma_{i-1, i} = \frac{\rho}{s \sqrt{3}} \left[\sum_0^{i-1} 2(-1)^{j+1} \delta s_{j-1, j+1} + (-1)^{j+1} \delta \sigma_{i-1, i} \right].$$

Podle zákona hromadění středních chyb budou střední souřadnicové chyby m_{x_i}, m_{y_i}

$$m_{x_i} = \pm m_s \sqrt{\frac{(2i^2 + 3i + 25) i}{18}}$$
(32)

$$m_{y_{i-1}} \equiv m_{y_i} = \pm m_s \sqrt{\frac{i}{2}} \text{ pro } i = 2, 4, 6, 8, \dots,$$

kde m_s je střední chyba metody měření délek.

Kvadratickým součtem středních souřadnicových chyb získáme střední polohovou chybu

$$M_{P_i} = \sqrt{m_{x_i}^2 + m_{y_i}^2} (\equiv \pm m_s k_{P_i}).$$
(33)

Z rovnic (31) vypočteme střední chyby $m_{\sigma_{i-2, i}}$ a $m_{\sigma_{i-1, i}}$ směrniců stran trojúhelníků

$$m_{\sigma_{i-1, i+1}} = \pm m_s \frac{\rho}{s} \sqrt{\frac{4i-9}{3}} (\equiv \pm m_s \frac{\rho}{s} k_{\sigma_{i-1, i+1}}),$$

$$m_{\sigma_{i-1, i}} = \pm m_s \frac{\rho}{s} \sqrt{\frac{4i+1}{3}} (\equiv \pm m_s \frac{\rho}{s} k_{\sigma_{i-1, i}}).$$
(34)

Přehled o velikostech středních polohových chyb M_{P_i} a středních chyb směrniců $m_{\sigma_{j-1, j+1}}, m_{\sigma_{i-1, i}}$ poskytuje tabulka 2.

Tabulka 2. Pomocné koeficienty $k_{P_i}, k_{\sigma_{i-1, i+1}}, k_{\sigma_{i-1, i}}$ pro výpočet středních chyb $m_{P_i}, m_{\sigma_{i-1, i+1}}, m_{\sigma_{i-1, i}}$

Tabulka 2

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
k_{P_1}	1,63	2,31	3,27	4,16	5,29	6,43	7,75	9,09	10,58	12,11	13,76	15,45
$k_{\sigma_{i-1, i+1}}$	2,08	2,38	2,65	2,89	3,11	3,32	3,51	3,70	3,87	4,04	4,20	4,36
$k_{\sigma_{i-1, i}}$	1,29	1,73	2,08	2,38	2,65	2,89	3,11	3,32	3,51	3,70	3,87	4,04

Příklad: Délky jednoduchého trilaterálního řetězce s rovnostrannými trojúhelníky byly měřeny rádiovým dálkoměrem GET B1. Je-li délka stran trojúhelníků 10 km, dosahuje střední chyba měření délek přibližně velikosti $m_s = \pm 0,08$ m. Očekávaná střední polohová chyba $M_{P_{10}}$ bodů $i = 10$ je podle vzorce (33) vyjádřena hodnotou $\pm 0,97$ m. Střední chyby směrníků stran $s_{9,10}$ a $s_{8,10}$ jsou $m_{\sigma_{9,10}} = \pm 6,1''$, $m_{\sigma_{8,10}} = \pm 6,4''$.

Z příkladů a vzorců (34) je zřejmé, že střední chyby směrníků jsou závislé na velikosti délek a na střední chybě metody měření délek. Pro dlouhé délky stran trojúhelníků v řetězci nad 10 km jsou střední chyby směrníků zpravidla nižší než střední chyba směrníku excentricity, určeného gyrotheodolitem. Pouze u dlouhých řetězců a řetězců s kratšími délkami stran trojúhelníků mohou očekávané střední chyby směrníků dosáhnout střední chyby směrníku excentricity nebo ji převýšit. V těchto případech je třeba doporučit, aby excentrické stanovisko bylo voleno v blízkosti prodloužené původní centrické délky. Tím se sníží vliv velké chyby směrníku této strany na polohovou chybu M_{P_i} určovaného bodu i řetězce při excentrickém měření délek.

3. Závěr

V článku byla věnována hlavní pozornost výpočetním metodám při excentrickém měření délek v trilaterálních sítích a řetězcích a rozboru přesnosti trilaterálních trojúhelníků s excentricky měřenými délkami. V trojúhelnících s délkami měřenými z excentrických stanovisek a s určením směru excentricit gyrotheodolitem je výhodné použít nepřímého výpočtu centrických délek pomocí rajónů. Rajóny řeší jednoduchým způsobem jakékoli případy excentricit nezávisle na poloze excentrických stanovisek a na jejich vzdálenosti od vrcholů trojúhelníka. Uvedená výpočetní metoda je rychlá a neomezuje volbu excentrických stanovisek v terénu. Tato okolnost je velmi důležitá při měření trilaterálních řetězců v geodetickém zabezpečení vojsk, protože měřická skupina není omezována při výběru excentrického stanoviska metodou a technologií výpočtu. Pomocí rajónů lze řešit trilaterální trojúhelník s jednou nebo oběma excentricky měřenými délkami; excentrická stanoviska mohou být zvolena na obou koncích měřených délek.

Chybový rozbor trojúhelníků s excentricky měřenými délkami je důležitý zejména pro stanovení podmínek a přesnosti měření centračních prvků a volbu excentrických stanovisek, aby se podstatně nesnížila polohová přesnost zaměřovaného bodu protínáním vpřed a tím i tuhost řetězce nebo délkové sítě. Pomocí zákona hromadění středních chyb a střední polohové chyby byly odvozeny základní požadavky na přesnost měření centračních prvků a na polohu excentrického stanoviska vůči příslušné centrické délce.

Z chybového rozboru plynou některé důležité závěry pro praxi:

1. Jestliže střední chyba excentricity m_e a vliv střední chyby směrníku m_{σ_e} na délku excentricity e nepřekročí 71 % střední chyby metody měření délek (27), je vliv těchto chyb na určení polohy bodu protínáním vpřed z délek zanedbatelný.

2. Je-li střední chyba m_e mnohem vyšší než vliv střední chyby m_{σ_e} na délku excentricity e , volíme směr excentricity kolmý k původní centrické délce. V obráceném případě, kdy vliv chyby m_{σ_e} je příliš velký, volíme směr excentricity ve směru centrické délky.

3. V jednoduchém trilaterálním řetězci postupně vzrůstají střední chyby směrniců jednotlivých stran trojúhelníků (34) a tím vzrůstá i střední chyba úhlu ϵ' , který svírá směrnic excentricity σ_e , určený gyroteodolitem, s odpovídajícím výpočteným směrnicem σ_{ij} původní centrické délky. Vliv této chyby bude tím menší, čím delší jsou strany trilaterálních trojúhelníků a čím blíže k výchozí základně AB (obr. 8) leží excentricky měřená délka. Dosahuje-li průměrná délka stran trojúhelníků velikosti nad 10 km, je také tato chyba prakticky zanedbatelná i u delších řetězců.

Uvedené závěry platí i pro trilaterální trojúhelníky a řetězce s několika excentrickými stanovisky.

Literatura:

- [1] Jordan, Eggert, Kneissl: Handbuch der Vermessungskunde, VI. díl. Stuttgart 1966.
- [2] Martinák V.: O vhodném použití gyroteodolitu v trilaterálním řetězci rozvíňovaném pro geodetické zabezpečení. Vojenský topografický obzor 1969, č. 1.
- [3] Nevosád Z.: K polohové přesnosti bodů určených protínáním vpřed a zpět. Brno 1965.
- [4] Nevosád Z.: Rádiové a světelné dálkoměry, I. díl. Brno 1968.
- [5] Nevosád Z.: Souřadnicové výpočty v geodézii, I. díl. Brno 1970.

Radiointerferometrická metoda měření úhlů

1. Úvod

Měření úhlů v geodézii je spjato s použitím optických teodolitů, které pracují v oblasti viditelného světla. Měření úhlů je proto závislé na dobré viditelnosti a příznivých meteorologických podmínkách. Zhoršená viditelnost způsobuje nutné prostoje a tím ekonomické ztráty při běžném provozu, při geodetickém zabezpečení bojové činnosti pak může být příčinou značného zpoždění nebo dokonce nesplnění úkolu.

V podmínkách geodetického zabezpečení se proto často nahrazuje měření úhlové délkovým. Např. při zaměření trilaterálního řetězce rádiovým dálkoměrem má špatná viditelnost minimální vliv na vlastní proces měření vzdáleností v řetězci. Jestliže tedy místo polygonových pořadů o dlouhých stranách se zaměřují trilaterální řetězce, vyloučí se sice nepříznivý vliv špatné viditelnosti, ale celý problém nelze pokládat za vyřešený, neboť trilaterální metoda klade zvýšené požadavky na konfiguraci terénu.

Má tedy své opodstatnění další výzkum měření úhlů v geodézii za špatné viditelnosti. Jedním z řešení je přechod z oblasti viditelného světla do oblasti rádiových vln. Rádiový interferometr ve spojení s úhloměrným zařízením dává v principu možnost měření úhlů za špatné viditelnosti.

V článku je uveden princip radiointerferometrické metody, některé výsledky měření úhlů s vlastním funkčním modelem rádiového interferometru*) a problémy dalšího vývoje.

2. Princip rádiového interferometru

Interferometr (obr. 1) tvoří dvě antény napájecí jeden přijímač. Antény jsou od sebe vzdáleny na větší počet vlnových délek. Při příjmu vyzařování od vzdáleného bodového zdroje je výkon signálu $P(\alpha)$ na výstupu interferometru dán podle Hansena [3] vztahem

$$P(\alpha) = P_0 \left[1 + \cos \left(2\pi \frac{d}{\lambda} \alpha \right) \right],$$

kde P_0 je vstupní výkon přijatý na konci každé anténní části,

d ... vzdálenost antén,

λ ... délka pracovní vlny,

α ... úhel mezi směrem na zdroj vyzařování a rovinou kolmou ke spojnici obou antén.

Vztah platí pro malé úhly α .

Výkon $P(\alpha)$ je závislý na úhlu α a je maximální pro hodnotu

$$\alpha = \frac{n \cdot \lambda}{d} \quad (\text{pro } n = 0, 1, 2, \dots)$$

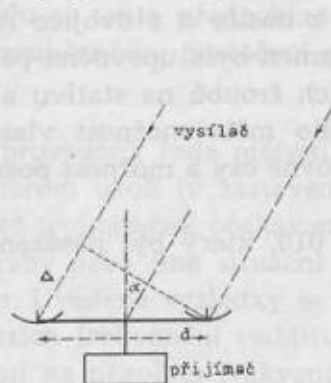
a minimální pro úhel

$$\alpha = \frac{m \cdot \lambda}{d} \quad (\text{pro } m = 1/2, 3/2, 5/2 \dots)$$

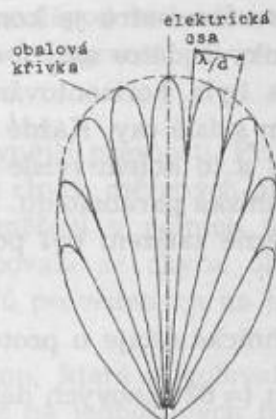
*) Odborný termín není dosud stanoven. Doc. Zdeněk Nevošád navrhuje zahrnout obdobný přístroj do skupiny rádiových teodolitů a blíže jej rozlišit podle způsobu měření směrů nebo úhlů.

Signál od zdroje projde před dopadem na antény různou dráhu, která se liší o Δ . Je-li přijímač propojen s anténami stejně dlouhými kanály, pak pro směr, pro nějž rozdíl drah Δ se rovná celistvému násobku vln λ , vlny z obou antén se sečítají a nastává maximum příjmu. Ve směru, pro nějž Δ se rovná lichému násobku půlvlny, se vlny vzájemně ruší a citlivost je minimální.

Horizontální vyzařovací diagram rádiového interferometru má potom tvar poměrně ostře směrový a je rozdroben na úzké laloky s úhlovým rozměrem λ/d rad. Úhel mezi dvěma sousedními minimy je roven λ/d rad.



Obr. 1



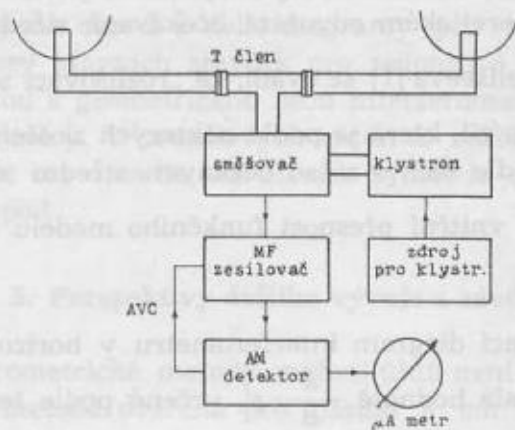
Obr. 2

Měření úhlů spočívá v tom, že interferometr se střídavě navádí na dva vysílače umístěné v zaměřovaných směrech. V okamžiku, kdy rozdíl fází registrovaný interferometrem po zamíření na první vysílač je nulový, odečítá se na vodorovném kruhu v úhlové míře první směr. Měření se opakuje pro druhý vysílač a hledaný úhel se určí jako rozdíl naměřených směrů na oba vysílače.

Pomineme-li chyby v děleném kruhu, bude chyba úhlu záviset především na chybě v určení nulového fázového rozdílu, dále na elektrické a mechanické stabilitě interferometru v intervalu mezi zaměřením na první a druhý vysílač.

3. Funkční model rádiového interferometru s úhломěrným zařízením

Pro praktické měření úhlů byl zhotoven funkční model rádiového interferometru v pásmu 3 cm vln podle návrhu ing. R. Hovorky. Pásmo 3 cm vln nebylo voleno z hlediska optimálních výsledků, ale z hlediska ekonomického. Aparatura byla konstruována na základě stan-



Obr. 3

dardních stanic rádiového dálkoměru OG-1. Celé zařízení sestává ze dvou vysílačů a přijímače (vlastního interferometru) se dvěma anténami. Jako vysílače bylo použito odrazové stanice OG-1, z níž byla využita hlavně vysílací část, tvořená zdrojem cm energie, zářičem a oříznutým

parabolickým zrcadlem. Směšovač, mezifrekvenční zesilovač a detektor usnadňují nasměrování vysílací stanice.

Vlastní interferometr má dvě přijímací antény, jejichž vstupy jsou od sebe vzdáleny 2 m. Vzájemné propojení s T členem je provedeno vlnovody. Vlnodový T člen je připojen na držák klystronu a držák směšovací diody. Dále následuje směšovač, 5 stupňový mezifrekvenční zesilovač, amplitudový detektor a detekční měřicí přístroj. Blokové schéma interferometru je na obr. 3.

Základna interferometru je konstrukčně složena z nosiče a z dvojice ramen tvořených příhradovými nosníky o délce asi 75 cm. Na koncích ramen byla upevněna parabolická zrcadla antén. Základna byla horizontována pomocí stavěcích šroubů na stativu a byla otočná ve středu nosiče kolem svislé osy. Každé parabolické zrcadlo mělo možnost vlastního pootočení vzhledem k rameni a to kolem svislé osy, kolem vodorovné osy a možnost posunu ve vodorovné rovině kolem ohniska paraboloidu.

Jako úhломěrné zařízení byl použit teodolit TH 010, který byl nasazen shora na střed nosiče.

Některé technické údaje o prototypu:

délka základny 2 m (≈ 62 vlnových délek λ), pracovní frekvence 9100 – 9600 MHz, šířka oříznutého paraboloidu 40 cm, dosah interferometru asi 10 km.

4. Výsledky zkušebních měření

Ověřovací měření bylo provedeno v terénu s cílem zjištění vnitřní a vnější přesnosti. Stanice byly umístěny buď v zastavěném prostoru, charakteristickém na reflexní jevy při odrazu od země a od okolních předmětů, nebo ve volném terénu, kde lze předpokládat difúzní odraz od země. K měření bylo použito výhradně stativů (přístroje nebyly umístěny na trigonometrických věžích ve větší výšce nad okolním terénem). Vysílací stanice byly vzdáleny 1–4 km od interferometru. Měření se uskutečnilo za takových podmínek viditelnosti, aby změny v poloze elektrické osy interferometru mohly být sledovány při kontrolním zamíření dalekohledem teodolitu na střed vysílače.

Z výsledků měření byly vyvozeny některé závěry:

a) vnitřní přesnost interferometru se zjišťovala z opakovaného nasměrování na vysílací stanici. Střední chyba směru m určená z odchylek jednotlivých měření od aritmetického průměru se rovnala $\pm 40''$. Při teoretickém odvození očekávané střední chyby jsme vycházeli ze statistických údajů. V článku Jeliseeva [1] se uvádí, že „rozlišovací schopnost“ $\Theta = \frac{\lambda}{d} \rho''$ není totožná s přesností navedení na cíl, která je podle některých zkušeností asi $80 \times$ vyšší. U našeho interferometru bylo možné podle těchto zásad očekávat střední chybu nasměrování na cíl $m \approx \pm \frac{\Theta}{80} = \pm 41''$. Zjištěná vnitřní přesnost funkčního modelu odpovídá teoreticky předpokládané hodnotě.

b) byl změřen vyzařovací diagram interferometru v horizontální rovině. Úhlová šířka smyčky (přibližně 55°) odpovídala hodnotě $\frac{\lambda}{d} \rho'$, určené podle teoretického předpokladu. Při změně pracovní frekvence v rozsahu asi 500 MHz se potvrdil teoretický předpoklad o zmenšení úhlové šířky vyzařovacích smyček při zvyšování frekvence.

c) byl ověřován zásadní problém interferometrické metody, tj. jednoznačné zaměření hlavního maxima (elektrické osy interferometru) na vysílače. Ve většině případů bylo možno identifikovat elektrickou osu interferometru podle maximální intenzity příjmu. V ojedinělých

případech, pravděpodobně vlivem reflexních jevů, nebylo řešení nejednoznačnosti reálné. „Maximální“ příjem bylo možno odečíst na hlavní i na levé nebo pravé první vedlejší smyčce a následkem toho určení polohy elektrické osy nebylo jednoznačné.

Při řešení nejednoznačnosti lze použít i druhý způsob, který spočívá v tom, že poloha elektrické osy hlavní smyčky se nemění při změně pracovní frekvence, zatímco poloha vedlejších smyček se mění se změnou frekvence. Podmínkou pro stabilní polohu elektrické osy nezávisle na frekvenci je elektrická identičnost obou přijímacích kanálů interferometru. U našeho funkčního modelu se tento předpoklad neuskutečnil. Pravděpodobně vlivem vnitřních odrazů docházelo k rovnoměrnému pootočení celého vyzařovacího diagramu při změně pracovní frekvence.

d) byla provedena řada měření s cílem zjištění vnější přesnosti. Při měření visur s reflexním charakterem okolí (v zastavěných trasách) byla chyba měřených úhlů ve více než 50 % případů větší než trojnásobek očekávané chyby m . Při měření v polních trasách, kde se nevyskytovaly stavby nebo jiné situační předměty, pohybovala se chyba úhlů kolem hodnoty střední chyby m . Uvedené výsledky se týkají měření úhlů provedených na jedné přibližně stálé frekvenci (v mezích frekvenční stability přístroje).

Při měření na několika frekvencích v celém pásmu, které dovolovalo vzájemné ladění přijímače i obou vysílačů, kolísaly hodnoty chyb zjištěné na jednotlivých frekvencích. Ve většině případů jejich hodnoty klesaly jen do poloviční velikosti maximální chyby. K žádoucí změně znaménka, která by přispěla k částečné kompenzaci výsledné chyby při měření na několika frekvencích došlo jen v ojedinělých případech. Lze předpokládat, že příčinou tohoto nepříznivého jevu byl poměrně úzký frekvenční rozsah, který nedovoloval provést měření na podstatně odlišných frekvencích.

e) z konstrukčního hlediska měla aparatura o délce základny 2 m dostatečnou stabilitu, která byla ověřena hodnotou vnitřní přesnosti interferometru. Měření bylo obtížné při silnějším větru, pokud směr větru nebyl přibližně totožný se směrem základny. Měření bylo obtížné také tehdy, jestliže v blízkém okolí vizury pošlo k pohybu (např. chvění korun stromů, pohyb vozidel). Vliv kroucení konstrukce nesoucí antény lze z větší části kompenzovat vhodnou technologií při měření úhlů v řadách a skupinách.

f) měření, která jsme dosud s funkčním modelem provedli, se vztahovala na měření horizontálních úhlů, při nichž stanoviště obou vysílacích stanic i stanice přijímací měla přibližně stejnou nadmořskou výšku. U funkčního modelu nebyl dořešen způsob měření horizontálních úhlů při různém sklonu záměr. Proložíme-li vyzařovací pole interferometru svazkem rovin, které procházejí základnou interferometru, dostaneme ve vodorovné rovině obvyklý vyzařovací diagram znázorněný na obr. 2 a další diagramy pro roviny skloněné pod určitým úhlem. Elektrické osy, tj. osy hlavních smyček pro jednotlivé roviny, nemusí ležet v jedné svislé rovině. Mezi elektrickou a geometrickou osou interferometru tak vzniká odchylka, která je různá pro různý sklon záměry. U zrcadlových antén to může být způsobeno posunem druhotného zářiče z geometrické osy zrcadla, narušením symetrie odrazného zrcadla, vlivem odrazů od zemského povrchu apod.

5. Perspektivy dalšího vývoje a závěr

Výzkum radiointerferometrické metody měření úhlů není ukončen a stojí před ním řada problémů. V principu byla metoda ověřena pro pásmo 3 cm vln s nadějným výsledkem. V dalším vývoji při přechodu k 8 mm pásmu rádiových vln lze očekávat zvýšení přesnosti i vyřešení jednoznačného zaměření hlavního maxima na vysílač. U 8 mm interferometru podle údajů publikovaných v [2] byla základna o délce asi 1 m rovna 102 vlnovým délkám λ . Vnitřní přesnost tohoto interferometru byla vyšší než $\pm 10''$. Potlačení první vedlejší smyčky u uvedeného 8 mm interferometru je nejméně o 3 decibely lepší než u našeho funkčního modelu, a lze očekávat, že toto zlepšení pomůže vyřešit jednoznačnost zaměření hlavního maxima.

Další možnosti skýtají konstrukční úpravy aparatury: Zvětšení rozsahu frekvence může přinést částečnou kompenzaci chyb podmíněných reflexem. Identický charakter obou kanálů přijímací trasy v celém rozsahu frekvence zajistí stabilní polohu osy hlavní smyčky nezávisle na změně frekvence. Některé úpravy nosiče antén mohou vyřešit problém měření úhlů při různém sklonu záměr.

Literatura:

- [1] Jeliseev: „Novyje napravlenija razvitija geodezičeských priborov“. IVUZ Geodezija a aerofotosjemka No 5/1967.
- [2] Griffin M. D.: „Microwave Azimuth Measuring System“. IEE Transactions on Aerospace and electronic Systems No 1/1966.
- [3] Hansen J.: „Microwave Scanning Antenas“.

Fotolaboratorní proces jako část technologického postupu při výrobě leteckých měřických snímků a odvozených snímkových podkladů

1. Úvod

Výsledná jakost negativních fotogrammetrických snímků a tím i jakost odvozených snímkových podkladů je určována mnoha faktory. Některé z nich působí konstantně a vytvářejí hranici, ke které se mohou praktické výsledky pouze maximálně přiblížit. K těmto faktorům patří: možnosti použitého fotografického objektivu, kvalita fotografické emulze, rozměry, tvar a rozdíly jasů fotografovaného předmětu, tj. terénu v daném ročním období. Vliv těchto faktorů je předem znám, v pracovním postupu se s ním počítá. Druhou skupinu tvoří soubor variabilních faktorů, které velmi výrazně ovlivňují kvalitu leteckých snímků. Patří k nim atmosférické podmínky, funkce letecké komory, vedení letadla po projektované dráze letu, expoziční doba a podmínky fotolaboratorního zpracování. Cestou stabilizace těchto proměnných faktorů, zejména správným určováním expozičních a dokonalým fotolaboratorním zpracováním, bude položen základ k produkci standardních výrobků při zachování optimální fotogrammetrické využitelnosti (maximální obrysová ostrost a kontrast rozlišených detailů v terénu).

Předkládaná stať pojednává o možnostech objektivizace fotolaboratorního zpracování fotogrammetrického negativu a odvozených snímkových podkladů. Jako vodítko budou sloužit zkušenosti filmových laboratoří a zpracovatelských pracovišť fotochemického průmyslu, z nichž je zřejmé, že každý stupeň technologického postupu musí být reprodukovatelný. Do pracovního procesu musí být zapojeny objektivní kontrolní metody, reprezentované zajišťováním fyzikálních podmínek fotolaboratorního procesu, chemickou kontrolou používaných chemikálií a opotřebování pracovních roztoků v součinnosti s kontrolou senzimetrickou.

2. Přípravné práce ve fotolaboratoři

Přejímka chemikálií

Počet různých fotolučebnin používaných při výrobě a zpracování fotografických materiálů dosahuje již dnes několika tisíc. Praxe se tomuto přivalu pochopitelně brání a snaží se nepřehledný výběr zjednodušovat a pro daný druh práce vybírat pouze ty nejosvědčenější. Chemikálie používané ve fotolaboratořích musí vyhovovat kvalitě „čistý“ podle ČSN 65 0190. Podstatnou roli hraje zejména jakost používaného siřičitanu sodného, uhličitanu sodného a draselného, zejména bezvodých solí, neboť ovlivňují správnou funkci a trvanlivost vývojek. Při výrobě fotolučebnin pro účely MNO se v n. p. Fotochema, závod Český Brod do roku 1967 na uvedenou normu nedbalo [4] a konfekční vývojkové sady III, IV a ustalovače se vyráběly z chemikálií technických. Jednotlivé lázně se vyznačují nestandardním obsahem, vysokým podílem nerozpustných součástí a mechanických nečistot.

V současné praxi zásobování fotolučebninami běžný systém několika mezičlánků mezi dodavatelem chemikálií a jejich spotřebitelem situaci ještě komplikuje. Každá dodávka zejména volných chemikálií by měla být vybavena osvědčením o jakosti podle zkušebních metod ČSN, vystaveným výrobcem a překontrolovaným v příslušném skladu MNO. Nadále není možno souhlasit s dodávkami fotolučebnin v pytlích bez řádného označení. Vzhledem k tomu, že uživatel dosud neprovádí kvalitativní přejímku chemikálií, mohou být některé nevysvětlitelné příčiny snížené kvality přičteny i na vrub této okolnosti.

Z praxe velkých profesionálních fotolaboratoří je zřejmé, že přejímka chemikálií tvoří podstatnou součást práce kontrolní chemické laboratoře, že tento nutný článek technologie není ponechán náhodě.

I když příprava lázní nepředstavuje zvláště obtížný úkon, je třeba jí věnovat patřičnou péči a dodržovat určité zásady. Často může chybně připravená vývojka, použitá k vyvolávání negativních materiálů, způsobit nenahraditelné ztráty. Pečlivé navažování a ve správném pořadí rozpouštění (pořadí je udáno recepturou) jednotlivých chemikálií v čisté, do 50° C teplé vodě je samozřejmostí. Velmi důležitým faktorem je doplňování roztoků na konečný objem až po vytemperování na 20° C. Filtrace fotografických lázní je nejen běžná, ale i nutná. Mechanizace přípravy větších množství pracovních lázní je v současné době umožněna používáním mixérů lázní (výrobce Filmový průmysl Barrandov); pro tento účel lze použít i nerezavějící pračku WM-66 z NDR.

Provozní voda

Tvrdość vody a drobné částice ve vodě nepříznivě působí na zbobtnalou želatinovou vrstvu při mokré části fotolaboratorního procesu. Filtrace vody přes plátěné nebo keramické filtry je v našich podmínkách zavedena. Eliminace tvrdosti vody vhodnými „změkčovadly“, jejichž přídavek do vody nebo fotografické lázně komplexně váže vápenaté a hořečnaté ionty, a brání tak vylučování nerozpustných sraženin, se již začíná používat. Podle literatury [3] je vhodné přidat na 1° N (vyjádření tvrdosti vody ve stupních německých, kde 1° N = 10 mg CaO/litr nebo 1° N = 7,2 mg MgO/litr) a 1 litr lázně množství:

- 0,2 g hexametfosforečnanu sodného (= M 19, Calgon),
- 0,1 g kyseliny etyléndiamintetraoctové (= Chelaton II),
- 0,05 g dihydrátu etyléndiamintetraoctanu sodného (= Chelaton III, Trilon BS).

Podle provedených rozborů má voda VTOPÚ 20,2° N. Na 1 litr vývojky je vhodné přidat 4,04 g M 19.

3. Faktory ovlivňující fotolaboratorní zpracování

Rychlost vyvolávání a fyzikálně-chemické podmínky vyvolávání

Z kinetiky vyvolávání je nejdůležitější právě rychlost vyvolávání a ta je ovlivněna:

- a) rychlostí chemické reakce, jež je udána složením pracovního roztoku, teplotou, rozměry a stavem vyvolávacích center,
- b) rychlostí difúze složek pracovního roztoku do vrstvy a reakčních zplodin z vrstvy; ta je dána především tloušťkou vlastní zbobtnalé citlivé vrstvy.

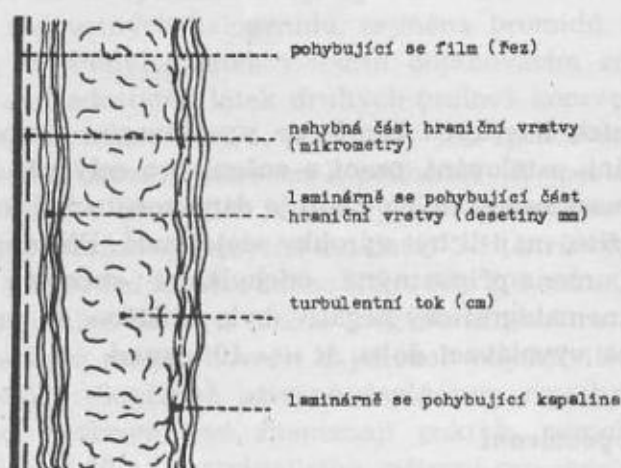
Různé fotografické materiály podle svého určení jsou opatřovány rozdílnými citlivými vrstvami co do tloušťky i co do obsahu halogenidu stříbra. V mokré části fotolaboratorního procesu fotografická vrstva nabobtná. Příklad různých tlouštěk citlivých vrstev je uveden v tabulce 1 [2].

Rychlost difúze je určena vzdáleností, kterou musí projít difundující částice, a hodnotami difúzních součinitelů daných částic v daném prostředí. Vzdálenost, kterou musí částice vyvo-

Tabulka 1

Tloušťka nabobtnalé vrstvy (mikrometry)	Fotografické materiály			
	černobílé pozitivní kinematogr. filmy	černobílé negativní kinematogr. filmy	vícevrstvé barevné kinematogr. filmy	vrstvy k zachycování jaderných záření
	30—60	80—120	170—200	400—3000

lávací látky urazit, je tvořena tloušťkou citlivé vrstvy a tloušťkou hraniční vrstvy na jejím povrchu. Tloušťka hraniční vrstvy závisí na rychlosti pohybu citlivé vrstvy vůči kapalině a na povaze pohybu kapaliny. Poměry jsou nejlépe zřejmé z obr. 1 [2].



Obr. 1

Difúze částic ve vlastní citlivé vrstvě je nižší než ve vodném roztoku vývojky, protože ve vrstvě jsou suspendována zrna halogenidu stříbra, která musí difundující částice vyvolávací substance obcházet. Tím se prodlužuje její dráha. Difúze se zmenšuje tím více, čím je vrstva bohatší stříbrem a čím jsou částice halogenidu stříbra větší. Dochází ke zpomalení procesu, zřetelně se projevuje vliv meziproduktů, zvětšuje se rozdíl koncentrací pracovního roztoku ve vrstvě a mimo ni. Zrychlení difúze a tím i chemické reakce v citlivé vrstvě je dáno zmenšením hraniční vrstvy kapaliny na minimum. Způsoby rozrušení hraniční vrstvy a tím zvýšení rychlosti a rovnoměrnosti vyvolávání jsou:

- a) vytvoření turbulentního pohybu veškeré vývojky v kádi za pomoci výkonných míchadel;
- b) sprchové nebo tryskové působení vývojky na citlivou vrstvu, zajišťující sice účinné působení vývojky, ale také její zvýšenou oxidaci;
- c) použití mechanických stěračů, které je velmi účinné, ale též nebezpečné pro možnost poškrábání citlivé vrstvy.

Všechny uvedené způsoby rozrušení hraniční vrstvy platí samozřejmě pro poměry ve vyvolávacím automatu. Při statickém vyvolávání v miskách a vanách jsou poměry jiné, ale ani zde by tato problematika neměla být zanedbávána.

Teplotní podmínky vyvolávání

Ve všech fotolaboratorních procesech záleží na přesném dodržování teploty jak lázni, tak i pracovních prostor. V provozních i vědeckých fotolaboratořích jsou zařízení pro automatickou regulaci teploty lázni i vzduchu již zcela běžná. Účinná klimatizace všech prostor je řešena ve fotolaboratořích VTOPŮ, u FLS perspektivně. Pro udržení správných teplotních podmínek vyvolávacích roztoků během pracovního cyklu nebyly dosud učiněny žádné kroky ani u výroby leteckého negativního materiálu, ani u výroby odvozených snímkových podkladů, zejména diazopozitivů. Perspektivně tento problém vyřeší plánovaný vyvolávací automat MVS 240 (Filmový průmysl Barrandov). Tento vyvolávací stroj zajišťuje průběžnou temperaci všech roztoků, včetně prací vody, s přesností $\pm 0,2^\circ\text{C}$, přispívá tak k zachování rozměrové stálosti, důležité u leteckého filmu pro fotogrammetrické využití. Temperace lázni při výrobě diazopozitivů (statický způsob vyvolávání) bude vyřešena po dodání temperačního zařízení z NSR.

Nutnost standardizace výsledků vyvolávání vyžaduje reglementaci teplotních podmínek. Teplota podstatně ovlivňuje povahu vyvolávání, zejména rychlost a tím i strmost. V kinematografické praxi platí pro černobílý negativní film [2] pro $\Delta G = \pm 0,03$ změna teploty $\Delta T = \pm 0,2^\circ\text{C}$. Tyto přísné teplotní podmínky nebylo dosud možno na našich pracovištích dodržovat.

Časové podmínky vyvolávání

Při zpracování negativních leteckých filmů ve vyvolávacím automatu jsou zajištěny konstantní podmínky vyvolávání, ustalování, praní a sušení pro celý pás filmu. Reprodukovatelnost těchto podmínek (přesnost nastavených časů) je dána konstrukcí stroje. Časové podmínky vyvolávání jsou velmi důležité, mají-li být výrobky stejnorodé. Přesnost, s jakou se stanoví a dodržuje vyvolávací doba, je určena přípustnými odchylkami strmosti (ΔG) nebo optické hustoty (ΔD). Pro černobílý kinematografický negativ bylo zjištěno že pro $\Delta G = \pm 0,05$ nebo $\Delta D = \pm 0,05$ musí být dodržena vyvolávací doba $\Delta t = \pm 10$ sekund.

Hydromechanické podmínky vyvolávání

Rychlost a rovnoměrnost vyvolávání závisí na podmínkách pohybu vývojky v pracovní nádobě, zejména pak u povrchu citlivé vrstvy. Čím rychleji se pohybuje vývojka, tím tenčí je laminárně se pohybující část hraniční vrstvy (viz obr. 1) a tím rychleji probíhá vyvolávání. Turbulentní pohyb se zajišťuje buď vrtulovými vířidly ve všech nádobách vyvolávací soustavy, nebo dále použitím sprechového způsobu vyvolávání, nebo konečně prostým přečerpáváním vývojky. Při vyvolávání negativu leteckého filmu ve vyvolávacím automatu P-80-1 je míchání lázní nedostačující a pouze u dna kyvet. Zavedení barrandovského vyvolávacího automatu tuto problematiku vyřeší. U výroby diapozitivů tento problém dosud zůstává otevřen, vyvolávání se provádí ve vývojce bez míchání.

Čistota vyvolávacích roztoků

Vývojka se při práci znečišťuje:

- a) tvorbou nerozpustných organických sloučenin, např. polymerizací oxidačního produktu hydrochininu, nazvaného oxychinon, vzniká hnědá sraženina; u vývojek s větším obsahem siřičitanu je tento jev omezen, při dlouhém používání vývojky se může též vyskytnout;
- b) suspendovaným kovovým stříbrem, které se do roztoku vývojky dostane v některých případech tak, že koncentrované siřičitanové vývojky rozpouštějí halogenid stříbra a ten se v roztoku redukuje na stříbro. Stříbro se usazuje na částech stroje, při velkém množství může vznikat stříbrný závoj;
- c) prachem a otřepem z hran filmu;
- d) nerozpustné sedimenty soli vápníku a hořčíku z použité vody.

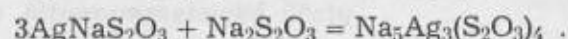
Nečistoty nejsou v roztoku rovnoměrně rozloženy, i při intenzivní turbulenci vývojky dochází k sedimentaci. Vývojka se má proto odvádět ze dna kádě nebo vyvolávací kyvety na filtraci. Odstraňování nečistot se děje buď průběžnou filtrací nebo periodicky mimo činnost vývojky. Vhodné filtrační materiály jsou: čistý písek, infuzoriová hlinka, bavlna, pórovitý porcelán atd. Vhodné je i odstřeďování při 2000 ot/min [2], neboť tak lze snadno dosáhnout stupně čistoty vývojky, který je filtrací nedosažitelný. Důsledné dodržování čistoty vyvolávacích roztoků, běžné zejména v kinematografických laboratořích, bude třeba postupně zavést i na našich pracovištích. Ani průběžné, ani periodické čištění vývojek není u dosud používaného zařízení možné. Nové vyvolávací stroje tuto problematiku automaticky vyřeší.

Změna složení vývojky během používání vede k rychlé změně jejich fotografických vlastností. Při vyvolávání se spotřebovávají vyvolávací substance, siřičitan a alkálie, naopak dochází k hromadění rozpustných halogenidů, zejména bromidů. Složení doplňovacího roztoku musí být takové, aby se přebytek látek v tomto doplňovacím roztoku rovnal jejich spotřebě při vyvolávání a aby se nedostatek látek druhých (nulová koncentrace) rovnal jejich hromadění ve vývojce. Vyvolávací automat P-80-1, používaný pro zpracování černobílého fotogrammetrického negativu není konstrukčně uzpůsoben k průběžné či periodické regeneraci pracovních roztoků, zejména vývojky. V dřívějších letech bylo ke kompenzování úbytku vývojky, způsobeného únosem filmem, jednorázově doléváno množství 5-10 litrů vývojky původního složení včetně bromidů na množství asi 100 bm zpracovaného filmu šíře 200 mm. Celkem bylo po dobu životnosti vývojky doléváno maximálně 50 litrů tohoto „regeneračního“ roztoku. Je nesporné, že při tomto způsobu vyvolávání nebylo možno hovořit o jakékoli objektivitě, když se ještě přiřadily vlivy vzdušné oxidace vývojky. Současně užívané doplňovací roztoky, obsahující zvýšené navážky vyvolávacích substancí, bezbromidové, znamenají pokrok, nemohou však vyvážit nedostatky vyvolávacího automatu P-80-1, postrádajícího zařízení pro regeneraci a ochranu vývojky před vzdušnou oxidací (plovoucí víka).

Očekávané vyvolávací automaty z FP Barrandov by měly všechny tyto nedostatky odstranit a být společně s chemickou a senzimetrickou kontrolou vyvolávacího procesu rozhodným krokem k stabilizaci a standardizaci výroby leteckého negativu.

Chemismus a rychlost ustalování

Po vyvolání je druhým nejdůležitějším procesem v černobílé fotografii ustálení, tj. upevnění získaného obrazu a zrušení fotografické citlivosti vrstvy. Docílí se toho odstraněním halogenidu stříbra z vrstvy. Pak zůstane ve vrstvě jen želatina a kovové stříbro; takováto vrstva může zůstat nezměněna i desítky let. K odstranění ve vodě nerozpustného halogenidu stříbrného, který nebyl exponován a při vyvolávání zredukován na Ag, se v praxi ustálilo používání thiosíranu sodného. Chemismus ustalování probíhá ve dvou stupních:



Uvedená komplexní sodnostříbrná sůl byla v roztocích použitých ustalovačů izolována jako hydrát se dvěma molekulami vody. Tato vysokomolekulární sloučenina je dobře rozpustná ve vodě, vhodnou délkou praní se dobře odstraní z vrstvy. U vyvolávacího automatu závisí doba ustalování na rychlosti chodu stroje, tj. na vyvolávací době a na délce dráhy filmu v ustalovači. Zpomalení ustalovací schopnosti poklesem koncentrace thiosíranu je třeba se bránit. Ustalovací rychlost závisí na:

- difúzních činitelích, tj. na tloušťce zbobtnalé citlivé vrstvy, množství Ag halogenidů ve vrstvě a jeho disperznosti;
- hydromechanických podmínkách, tj. na intenzitě míchání ustalovačem a rozrušování hraniční vrstvy stejně jako ve vývojce;
- vlivech chemických. Zpomalující účinky má pokles koncentrace thiosíranu, hromadění NaCl, NaBr a hlavně rozpuštěné stříbro ve formě komplexních solí. Stopy těžkých kovů Cu, Zn a Pb silně brzdí ustalování. Zrychlující účinky mají sloučeniny amonné, disociující za vzniku NH_4^+ , proto thiosíran amonný je ideální, avšak velmi drahý ustalovač. Přídavek 50–100 g NH_4Cl nebo NH_4NO_3 na litr ustalovače běžného složení znamená trojnásobné zkrácení ustalovací doby. Užití rychlost ustalovačů při zpracování negativu leteckého filmu bude možno zavést až po ověření jejich vlivu na fotogrammetrickou kvalitu vrstvy.

Z kinematografické praxe vyplývá, že 65–97 % stříbra, původně obsaženého v emulzní vrstvě se nezúčastňuje tvorby obrazu a přechází do ustalovače. Ustalovač se tak znehodnocuje a výrazně se zpomaluje jeho ustalovací rychlost. Pro zachování stále ustalovací rychlosti je třeba učinit tyto kroky:

- odstranit hromadící se stříbrné komplexní soli,
- doplnit thiosíran sodný na původní koncentraci,
- zabránit zalkalizování ustalovače předřazením kyselé přerušovací lázně, dále pak úpravou pH vlastního ustalovače,
- účinně ustalovač zfiltrovat buď průběžně nebo periodicky a odstranit tak zanesené mechanické částice z hran filmu, želatinu atd.

Filmové laboratoře tuto problematiku řeší uzavřeným cirkulačním obvodem, jehož součástí jsou:

- a) ustalovací kyvety s protiproudým uspořádáním, kde ustalovač z první kyvety odchází k regeneraci, z druhé kyvety přichází ustalovač buď kontinuálně nebo periodicky do první, z třetí do druhé a do třetí kyvety je přiváděn čistý regenerovaný ustalovač;
- b) elektrolyzér, který z ustalovače elektrolyticky vyloučí kovové stříbro a zbaví tak ustalovač rozpuštěných stříbrných komplexních solí;
- c) regenerační stanice, doplňující do ustalovače chybějící thiosíran sodný, pyrosiřičitan draselný, a zajišťující tak jejich stálou koncentraci;
- d) průběžné filtrační zařízení.

V našich podmínkách není regenerace ustalovačů zavedena, u jedné složky se ustalovač po použití dokonce vylévá. Zavedení elektrolytického odstranění stříbra z ustalovače znamená značný ekonomický přínos, neboť prodejem stříbra lze uhradit podstatnou část výdajů za foto-lučebniny a stříbra zbavený ustalovač po doplnění je znovu schopen práce.

Rychlost praní fotografických vrstev

Úkolem praní je odstranit z citlivé vrstvy ty látky, které ruší svým působením výsledky předcházejícího zpracování a znemožňují dlouhodobou archivaci snímků. Negativ kinematografického filmu, stejně tak i letecký negativ představují velkou hodnotu, a je proto snaha je dlouhodobě uchovat. Doba úschovy černobílých negativů je podmíněna vznikem skvrn sirníku stříbrného, změnami želatinové vrstvy a podložky. Hranice obsahu thiosíranu sodného, jehož zbytkový obsah ve vrstvě způsobuje posléze vznik hnědých skvrn sirníku stříbrného, je pro archivované kinematografické negativy 0,3 mg na metr šíře 35 mm, tj. 0,08 mg/dm² [5]. Jak již bylo uvedeno, podmínkou je dokonalé ustálení, spotřeba prací vody je druhořadá vzhledem k značné hodnotě negativů. Archivy, uchovávající dnes místo vlastních dokumentů jejich mikrodokumentární negativy šíře 35–70 mm, musí mít na zřeteli jejich archivovatelnost. Trvanlivost těchto jemnozrných zmenšených obrazů musí být velká, norma zbytkového obsahu thiosíranu sodného se pohybuje od 0,05 do 0,01 mg/m šíře 35 mm [5]. I kopie na fotografickém papíře musí vykazovat dobrou uchovatelnost, zajištěnou u kartonů maximálním obsahem 4 mg/dm², u tenkých papírů (Dokument) pouze 2mg/dm² [5]. Všechny materiály určené k archivaci musí uchovat dobrý fotografický obraz 20–80 let.

Při strojovém zpracování filmů probíhá praní stejně jako vyvolávání a ustalování ve stanovené době, dané konstrukcí stroje, je tedy nejdůležitější charakteristikou rychlost, s jakou probíhá. Faktory určující rychlost praní jsou:

- difúzní odpor, překonávaný částicemi vypírané látky, tj. thiosíranu,
- vzájemné chemické působení mezi vypíranými částicemi a želatinou,
- pH prací vody a její teplota.

Tloušťka hraniční vrstvy silně ovlivňuje všechny uvedené faktory. Čím je hraniční vrstva kapaliny u povrchu emulze silnější, tím delší je difúzní dráha a tím volněji probíhá difúze. Proto i zde rozrušování hraniční vrstvy zrychluje praní. Čím rychleji se vyměňuje voda v pracích nádobách, tím nižší je koncentrace vypírané látky u povrchu zpracované vrstvy a tím rychleji probíhá její odstraňování. Zvyšování rychlosti přítoku vody je účelné pouze do určité hranice, po jejím překročení již změna koncentrace vypírané látky je nepatrná, kdežto spotřeba vody je abnormálně velká. Minimální prací doby pro negativní filmy jsou 20 minut, pro papírové kopie 30 min. za intenzivního přítoku a pohybu prací vody. Pro materiály určené k archivaci je vždy lépe prací dobu zdvojnásobit.

V praxi se usiluje o používání vody s $\text{pH} = 6 - 8$, pro usnadnění vypírání částic thiosíranu sodného; pH vodovodní vody obvykle leží v tomto rozmezí. Disociované ionty obsažené v prací vodě zrychlují vypírání thiosíranu z citlivé vrstvy. Patrné rozdíly jsou v rychlosti praní v říční a mořské vodě. Rychlejší praní v mořské vodě souvisí se zjevem zrychlení difúze jedné látky látkou druhou, nalézající se v prostředí, jímž probíhá difúze, přičemž obě látky mají společný iont. V našem případě Na^+ . Někteří autoři [2] doporučují použít 3 % roztok NaCl nebo Na_2CO_3 jako první prací vodu k zrychlení odchodu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ z vrstvy. Praní se pak dokončuje v čisté vodě. Optimální teplota prací vody leží obecně v rozsahu $14 - 20^\circ \text{C}$. Zpomalení praní při teplotě pod 14°C je způsobeno zmenšením bobtnáním želatiny, zúžením micelárních kanálek, čímž je snížen pohyb vypíraných částic thiosíranu. Při teplotách nad 20°C roste bobtnání želatinového gelu, je provázeno zvětšením průřezu kanálek a prodloužením dráhy, již musí vypírané částice urazit. Při zpracování leteckého negativu přistupuje k požadavku dokonalého fotolaboratorního zpracování a snaze o dlouhodobou archivovatelnost ještě nutnost zachovat rozměrovou stálost fotomateriálu během zpracování. Vyžaduje se proto teplota prací vody stejná nebo blízká teplotě ostatních zpracovatelských lázní. Vyvolávací automat FP Barrandov tuto podmínku zaručuje.

Sušení leteckých filmů pro fotogrammetrické účely

Závěrečnou fází fotolaboratorního zpracování leteckého filmu pro měřické účely je jeho sušení. Sušení musí probíhat velmi šetrně, aby nedošlo k nepříznivému ovlivnění rozměrové stálosti. Provádí se obvykle dvoustupňově. V první fázi - sušení - jsou maximální teploty do 40°C , ve druhé fázi - dosoušení - je film temperován na teplotu pracovního prostředí (kondicionování vzduchem stejných parametrů - teplota - relativní vlhkost). V první fázi sušení nesmí docházet k místnímu přehřívání, působení teplého vzduchu musí být zcela rovnoměrné na celou plochu snímku. Nevhodným sušením může dojít k ovlivnění optických hustot, které se mohou změnit až o hodnotu $D = 0,4$.

4. Chemická kontrola fotografických roztoků

Nezbytným doplňkem reprodukovatelného chodu vyvolávacího automatu je chemická kontrolní laboratoř. Zajišťuje kontrolu přejímaných fotolučebnin a hlavně sleduje stabilitu celého zpracovatelského procesu.

Chemická kontrola vývojek

Z hlediska co nejvyšší účinnosti chemické kontroly by bylo třeba provádět celý kvantitativní rozbor zkoumané lázně. Z hlediska co nejnižší pracnosti je naopak snaha redukovat počet

analyticky kontrolovaných látek na minimum. Ve velkých fotolaboratořích fotochemického průmyslu se proto ustálila praxe určovat pouze ty substance, jejichž přítomnost ve vývojkách má rozhodující vliv na jejich fotografickou účinnost a jejichž kontrola je proto nezbytně nutná. Z mnoha analytických metod, uváděných v odborné literatuře různými autory jsou voleny ty metody, které zabezpečují kromě reprodukovatelnosti i rychlost a jednoduchost, dále pak co největší unifikaci metod. Prakticky to znamená, že většina analytických metod si je blízká, využívá stejného nebo podobného přístrojového vybavení. V současné praxi jde většinou o metody volumetrické (titrační) s indikací buď vizuální, pomocí indikátorů, nebo poteciometrickou.

Zjišťování okamžité koncentrace všech důležitých složek vývojky umožní operativní změny jak v rychlosti přítoku regeneračního roztoku, tak i v jeho koncentraci.

Rozsah tohoto článku nedovoluje uvést podrobný popis stanovení jednotlivých důležitých substancí vývojek, omezím se proto pouze na jejich vyjmenování. Jsou to: vyvolávací substance, reprezentované především metolem a hydrochinonem (černobílé vývojky), siřičitan sodný a bromid draselný. Pravidelná kontrola těchto látek ve vývojkách, směřující k zajištění jejich standardní koncentrace pomocí vhodné regenerace, dále pak kontrola pH a součinnost s kontrolou senzimetrickou již v současné době tvoří nezbytný předpoklad neproměnných vlastností fotografických vývojek.

Chemická kontrola ustalovačů

Pro provádění chemických rozborů ustalovacích lázní platí stejné zásady jako pro vývojky. Je proto pravidelná kontrola obsahu thiosíranu sodného, pyrosiřičitanu draselného a obsah stříbra v základním kyselém ustalovači nutná, zejména jde-li o regeneraci ustalovače ve vyvolávacím automatu se včleněnou elektrolytickou rekuperací stříbra.

Chemická kontrola kvality vypírání

Analyzujeme buď poslední prací vodu, stékající s materiálu do zkumavky, nebo suchý materiál vymýváme (vyluhujeme vodou) a analyzujeme výluh. V obou případech jde o zjištění zbytkového obsahu thiosíranu sodného. Existují jak metody kvalitativní, tak kvantitativní, schopné vyjádřit obsah $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ na jednotku plochy zpracovávaného materiálu. Jak již bylo uvedeno u chemické kontroly vývojek, není v rozsahu tohoto článku místo na uvedení této velmi obšírné tematiky.

5. Senzimetrická kontrola vyvolávacího procesu v návaznosti na kontrolu chemickou.

Veškeré technologické zásahy, vyplývající ze zjištění změn ve složení lázní a jejich kompenzace regeneračními roztoky je třeba ještě kontrolovat cestou fotografickou. Provádí se to pravidelným vyvoláváním senzimetrických klínů. Densitometrické vyhodnocování hustot, sledování strmosti klínů a důsledná evidence jak měření senzimetrických, tak výsledků z chemických rozborů tvoří pak důležitou provozní dokumentaci. Její pomocí je možno zvládnout veškeré výkyvy v technologickém procesu a zajistit tak jeho stabilizaci (standardizaci) a reprodukovatelnost.

6. Závěr

V článku jsou ve stručnosti zhodnoceny fyzikální podmínky vyvolávacího procesu, dále chemické pochody ovlivňující kinetiku vyvolávání, ustalování a praní, chemická kontrola zpracovatelských lázní a senzimetrická kontrola vyvolávacího procesu v návaznosti na kontrolu chemickou. Článek byl zamýšlen jako příspěvek k objasnění problematiky stabilizace fotolaboratorních prací při zpracování leteckých měřických negativů a obvozených snímkových podkladů.

Současná koncepce topografických map ve světové kartografii

Topografické mapy patří k základním kartografickým dílům každého státu. Jejich tvorbě, obnově a koncepčnímu zdokonalování se také ve všech zemích věnuje mimořádná pozornost. Rovněž čs. topografické mapy jsou v posledních letech podrobovány rozborům, sledujícím jejich zkvalitnění a zvýraznění vojenské účelovosti. Vhodným výchozím podkladem pro úvahy o koncepci čs. vojenského mapového díla jsou studie mapových děl zahraničních.

V článku jsou uvedeny některé výsledky komplexního rozboru topografických map států s vyspělou geografii, geodézií a kartografií. Rozbor map není jejich zevrubným popisem (zájemce o podrobnosti odkazujeme na užitá a citovaná prameny), nýbrž srovnávací studií, zaměřenou zejména na ty aspekty, které nejsou jednoznačně řešeny. Sledována jsou především moderní a progresivní mapová díla a to i v případech, že v některých státech se dosud současně využívají i mapy starších soustav.

Do studie jsou zahrnuty rovněž mapy souřadnicového systému 1942, zpracované podle jednotné koncepce zemí Varšavské smlouvy (včetně čs. topografických map prvního a druhého vydání) a vojenské mapy států NATO, vyhotovované v souř. systému UTM. Práce vychází především z vojenského využití topografických map, a je proto zaměřena na rozsah měřítek 1 : 20 000 až 1 : 500 000.

Matematické zobrazení

Pro současnou kartografickou tvorbu na úseku topografických map je charakteristické užití konformních zobrazení. Převládá konformní příčné válcové zobrazení, označované podle modifikace nebo tradice jako zobrazení Gaussovo, Gaussovo - Krügerovo, Gaussovo - Boagovo apod. Referenční plochou je převážně mezinárodní elipsoid Hayfordův (systém UTM aj.), Krasovského (systém 1942), Clarkův (USA, Francie, Švédsko aj.) a Besselův (NSR, Rakousko, Švýcarsko, Nizozemí aj.).

Přehled nejčastěji užívaných zobrazení u novějších mapových děl ukazuje tab. 1.

Tabulka 1

Zobrazení		Užití		
Konformní	válcové	v příčné poloze	s nezkresleným středním poledníkem pásu	systém 1942, NSR, Rakousko, Finsko, Švédsko, Norsko, V. Británie aj.
			s konstantním zkreslením středního poledníku pásu	systém UTM
		v šikmé poloze	s nezkresleným kartogr. rovníkem	Švýcarsko
	kuželové	v norm. poloze	o dvou nezkreslených rovnoběžkách	Francie, Belgie aj.
	azimutální (stereografická projekce)	v norm. poloze	s nezkreslenou kartografickou rovnoběžkou	systém UPS aj.
v šikmé poloze		Nizozemí aj.		

Kromě uvedených konformních zobrazení se ovšem stále ještě v některých státech využívají a někdy i vyhotovují mapy starších nekonformních zobrazovacích soustav.

Měřítková soustava

Používaná měřítková škála topografických map je poměrně rozmanitá. V řadě států se dosud prolinají starší, avšak stále ještě užívané měřítkové soustavy, s novými. Přehled o této skutečnosti poskytuje tab. 2. Měřítko map postupně vyřazovaných z používání jsou uvedena v závorce. Do souhrnu jsou zařazeny i tematické mapy, mají-li převážně všeobecně geografický charakter (část silničních a leteckých map). Měřítko vojenských map systému UTM jsou zařazena u příslušných států.

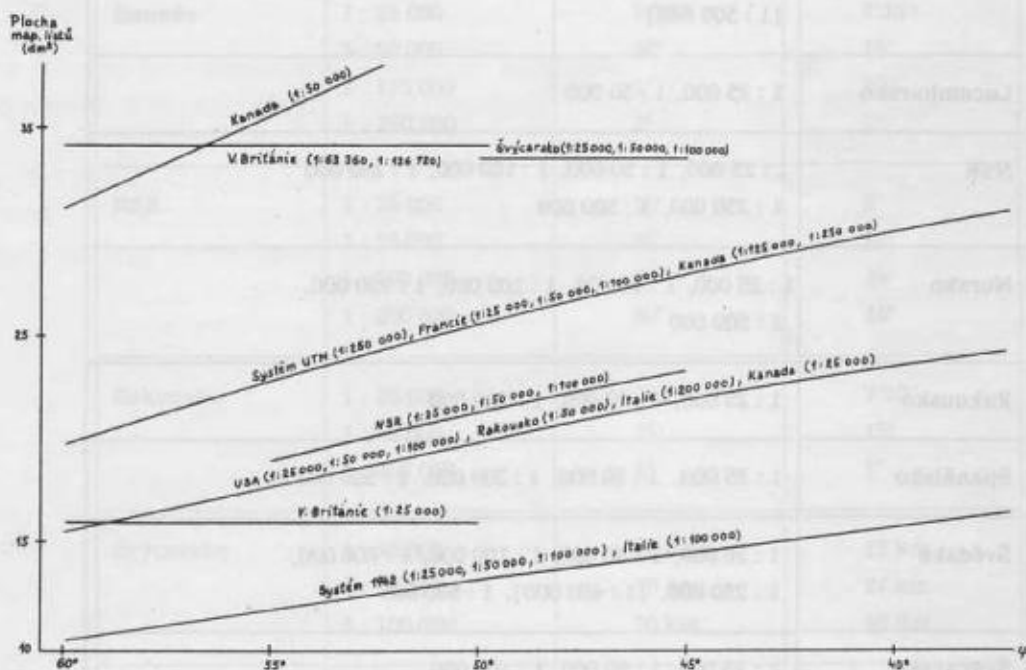
Celkově je možno konstatovat, že na mapách vydávaných po druhé světové válce se stále více projevuje standardizace měřítek ve škále 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000 nebo 1 : 250 000, 1 : 500 000, 1 : 1 000 000.

Vymezení mapových listů

Mapové listy jsou převážně vymezeny zeměpisnou souřadnicovou sítí. Zvláštností je vymezení mapových listů zeměpisnými souřadnicemi vyjádřenými v setinném dělení, které je užito u francouzských map. Ohraničení mapových listů rovnoběžkami s osami pravouhlé rovinné soustavy souřadnic se vyskytuje pouze ojediněle, např. u švýcarských map měř. 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, u anglických map měř. 1 : 25 000, 1 : 63 360, 1 : 126 720, 1 : 633 600, u starších francouzských map měř. 1 : 20 000, 1 : 40 000, 1 : 80 000 apod.

V tabulce 3 jsou uvedeny rozměry listů novějších mapových děl některých států.

V tabulce nejsou uvedeny mapy měř. 1 : 500 000, které mají vesměs rozměry $\Delta\lambda = 3^\circ$, $\Delta\varphi = 2^\circ$



Obr. 1

Rozměry mapových listů, uvedené v tabulce, jsou v některých případech podle potřeby měněny (dvoulisty, rozšířené listy). Platí to zejména u map severských států, kde se zeměpisné rozměry mapových listů s růstem zeměpisné šířky podstatně mění.

Na obr. 1 je graficky vyjádřeno srovnání plošných rozměrů map různých států. V obraze je současně znázorněna závislost velikosti mapové plochy na rozmezí zeměpisných šířek území, které příslušné mapy zobrazují.

Z obrazu je patrné, že rozměry čs. topografických map jsou jedny z nejmenších ve světové kartografii.

Tabulka 2

Stát	Užívaná měřítka
Belgie	(1 : 20 000), 1 : 25 000, (1 : 40 000), 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000
ČSSR a další soc. státy	1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000
Dánsko	1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000
Francie	(1 : 20 000), 1 : 25 000, (1 : 40 000), 1 : 50 000, (1 : 80 000), 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 250 000, (1 : 320 000), 1 : 500 000
Nizozemí	1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 250 000, 1 : 400 000
Itálie	1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000
Japonsko	1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 200 000, 1 : 250 000
Kanada	1 : 25 000, 1 : 50 000, (1 : 63 360), 1 : 125 000, (1 : 126 720), 1 : 250 000, (1 : 253 440), 1 : 500 000 (1 : 506 880)
Lucembursko	1 : 25 000, 1 : 50 000
NSR	1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000 1 : 250 000, 1 : 500 000
Norsko	1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 250 000, 1 : 500 000
Rakousko	1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 200 000
Španělsko	1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000
Švédsko	1 : 20 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 250 000, (1 : 400 000), 1 : 500 000
Svýcarsko	1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000
USA	(1 : 20 000), (1 : 21 120), (1 : 24 000), 1 : 25 000 (1 : 30 000), (1 : 31 680), 1 : 50 000, (1 : 62 500), 1 : 64 000), 1 : 100 000, 1 : 125 000, 1 : 250 000, 1 : 500 000
V. Británie Irsko	1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 63 360, 1 : 100 000, 1 : 126 720, 1 : 250 000, 1 : 253 440, 1 : 500 000, 1 : 625 000, (1 : 633 600)

Klady a nomenklaturní označování mapových listů

System kladu a označování mapových listů je u jednotlivých států často dosti rozdílný.

Mapové listy měř. 1 : 500 000 vznikají vesměs rozdělením tzv. mezinárodní mapy světa měř. 1 : 1 000 000 na 4 díly. Jejich označování také vychází z mapy 1 : 1 000 000 a je doplněno bližším údajem o poloze v rámci této mapy. Užívá se buď začátečních písmen názvů

Tabulka 3

Stát	Měřítko	$\Delta\lambda$ (Δx)	$-\Delta\varphi$ (Δy)
Francie	1 : 25 000	20' (10')	10'
	1 : 50 000	40'	20'
	1 : 100 000	80'	40'
ČSSR a další soc. státy	1 : 25 000	7'30''	5'
	1 : 50 000	15'	10'
	1 : 100 000	30'	20'
	1 : 200 000	1°	40'
Itálie	1 : 25 000	7'30''	5'
	1 : 50 000	15'	10'
	1 : 100 000	30'	20'
Kanada	1 : 25 000	7'30''	7'30''
	1 : 50 000	30'	15'
	1 : 125 000	1°	30''
	1 : 250 000	2°	1°
NSR	1 : 25 000	10'	6'
	1 : 50 000	20'	12'
	1 : 100 000	40'	24'
	1 : 200 000	80'	48'
Rakousko	1 : 25 000	7'30''	7'30''
	1 : 50 000	15'	15'
	1 : 200 000	1°	1°
Švýcarsko	1 : 25 000	17,5 km	12 km
	1 : 50 000	35 km	24 km
	1 : 100 000	70 km	48 km
USA	1 : 25 000	7'30''	7'30''
	1 : 50 000	15'	15'
	1 : 100 000	30'	30'
	1 : 250 000	2°	1°
V. Británie	1 : 25 000	10 km	10 km
	1 : 63 360	45 km aj.	30,5 km aj.
	1 : 126 720	90 km aj.	61 km aj.
	1 : 253 440	různé	různé

světových stran v příslušném jazyku (Kanada, NSR aj.) nebo počátečních písmen abecedy (systém 1942).

Mapové listy měř. 1 : 200 000, 1 : 250 000 (1 : 253 440) vznikají převážně přímým dělením mapy 1 : 1 000 000. Nejčastější způsoby rozdělení jsou vyjádřeny v tab. 4.

Tabulka 4

Počet			Příklady užití
sloupců	vrstev	dílů	
3	4	12	Systém UTM 1 : 250 000
4	4	16	Kanada 1 : 250 000
2	4	8	
4	6	24	Itálie 1 : 200 000
6	6	36	ČSSR a další soc. státy 1 : 200 000
4½	5	20 + 5 polovičních	NSR 1 : 200 000

Zajímavé je řešení užití u nového mapového díla NSR, kde mapa 1 : 1 000 000 obsahuje 20 celých a 5 polovičních dílů mapy 1 : 200 000. Ucelený počet listů 1 : 200 000 obsahují teprve dvě sousední mapy 1 : 1 000 000.

Kromě uvedených způsobů existuje ovšem i dělení, která na mapu 1 : 1 000 000 nenavazují (mapy V. Británie měř. 1 : 253 440 s nepravidelným kladem, mapy Francie 1 : 200 000 aj).

Označování map měř. 1 : 200 000, 1 : 250 000 a 1 : 253 440 navazuje na systém kladu listů. Je řešeno různými způsoby, z nichž nejvýznamnější jsou shrnuty v tab. 5.

Tabulka 5

Označení			Příklady užití
průběžné	počínaje od severozápadu po řadách	arabskými čísly	Francie 1 : 200 000 V. Británie 1 : 253 440
		římskými čísly	Systém UTM 1 : 250 000
v rámci mapových listů 1 : 1 000 000	přínaje od jihovýchodu po řadách	velkými písmeny	Kanada 1 : 250 000
		při šířce sloupců a vrstev odpovídajících rozměrům mapy 1 : 200 000	Itálie 1 : 200 000
systémem sloupců a vrstev	v modifikaci kladu listů map NSR		NSR 1 : 200 000

Mapové listy s průběžným číslováním jsou označeny pouze příslušným pořadovým číslem. Jsou-li číslovány v rámci map 1 : 1 000 000, je nejdříve uvedena příslušná nomenklatura mapy 1 : 1 000 000 a pak teprve vlastní číslo (písmeno) určující bližší polohu. Mapy značené podle systému sloupců a vrstev již nomenklaturu map 1 : 1 000 000 neuvádějí. Méně obvyklá je modifikace užitá u map NSR, kde mapový list 1 : 200 000 je označen římskou číslicí CC a čtyřčíslicím, ve kterém první dvojčíslí značí sloupec a druhé dvojčíslí vrstvu mapy měř. 1 : 25 000, ležící v jihozápadním rohu mapy měř. 1 : 200 000.

Mapové listy měř. 1 : 1 000 000, 1 : 125 000 (1 : 126 720) jsou téměř zásadně vytvářeny rozdělením map předchozích měřítek na ucelený počet dílů. Zřetelně převládá dělení na 4 části (NSR, Kanada, systém 1942 aj.).

Označování map je opět řešeno v různých variantách, přičemž zejména převládají řešení uvedená v tab. 6.

Tabulka 6

Označení		Příklady použití	
průběžné	počínaje od severozápadu	arabskými čísly	Švýcarsko, Itálie 1 : 100 000
	počínaje od jihozápadu		V. Británie 1 : 126 720
v rámci mapových listů 1 : 1 000 000	počínaje od severozápadu po řadách		Systém 1942 1 : 100 000
v rámci mapových listů 1 : 250 000	podle světových stran	velkými písmeny	Kanada 1 : 250 000
systémem sloupců a vrstev	při šířce sloupců a vrstev odpovídajících rozměrům mapy 1 : 100 000	sloupce i vrstvy arabskými čísly	Systém UTM 1 : 100 000
		sloupce písmeny, vrstvy arab. čísly	Francie 1 : 100 000
	v modifikaci kladu listů map NSR		NSR 1 : 100 000

Při průběžném číslování jsou mapy označeny opět pouze příslušným pořadovým číslem. V řešení, kdy mapy navazují na mapu 1 : 1 000 000 nebo též na mapu 1 : 250 000, je před vlastní číslo předsunuta nomenklatura těchto map. Mapové listy označované systémem sloupců a vrstev uvádějí jako první dvojčíslí číslo (písmeno) sloupce, jako druhé číslo vrstvy. Sloupce jsou zásadně číslovány ve směru od západu k východu. Při číslování vrstev se uplatňuje jak směr od severu k jihu (například Francie měř. 1 : 100 000), tak i směr opačný od jihu k severu (např. USA měř. 1 : 100 000 nebo systém UTM měř. 1 : 100 000 užitý v Evropě). V modifikaci kladu mapových listů NSR jsou mapy měř. 1 : 100 000 označeny číslem sloupce a vrstvy mapy měř. 1 : 25 000, ležící v jihozápadním rohu mapy 1 : 100 000. Před číslo je předsunuta římská číslice C.

Mapové listy měř. 1 : 50 000 (1 : 63 360) vznikají zpravidla rozdělením map předchozího měřítko na 4 díly. Nejčastější způsoby označování mapových listů jsou uvedeny v tab. 7.

Zajímavá jsou zejména označování map v rámci a s vazbou na mapový list měřítko 1 : 100 000, eventuálně 1 : 250 000. Tak např. u map USA měř. 1 : 50 000 značí římská jednotka mapový list ležící v severovýchodní čtvrtině mapy 1 : 100 000. Číslování pak pokračuje v pravotočivém směru. U map Kanady měř. 1 : 50 000 označuje číslo jedna mapu ležící v jihovýchodní šestnáctině mapy 1 : 250 000. Číslování pak postupuje po řadách střídavě ve směru východ-

západ a naopak, takže při přechodu od jedné řady ke druhé sousední mapové listy na sebe svými čísly plynule navazují.

Systém označení mapových listů podle sloupců a vrstev je obdobný jako u map předchozích měřítek. Platí to zejména pro modifikaci listů map NSR, kde se v tomto případě před číslo mapy předsunuje římská číslice L. Řešení užitá u francouzských map 1 : 50 000 je obdobné jako u map 1 : 1 mil., avšak sloupce a vrstvy mají opět samostatné označení.

Tabulka 7

O z n a č e n í			Příklady užití
průběžné	počínaje od severozápadu	arabskými čísly	Rakousko, Švýcarsko 1 : 50 000
v rámci mapových listů 1 : 250 000	počínaje od jihozápadu po řadách		Kanada 1 : 50 000
v rámci mapových listů 1 : 100 000	počínaje od severovýchodu pravotočivě	římskými čísly	USA 1 : 50 000
	počínaje od severozápadu ve dvou řadách	velkými písmeny	Systém 1942 1 : 50 000
systém sloupců a vrstev	při šifce sloupců a vrstev odpovídajících rozměrům mapy 1 : 50 000	sloupce římskými čísly, vrstvy arabskými čísly	Francie 1 : 50 000
	v modifikaci kladu listů mapy NSR		NSR 1 : 50 000

Mapové listy měř. 1 : 25 000 jsou opět nejčastěji čtvrtinami map předchozích měřítek. Vyskytuje se však i rozdělení na 8 dílů - 4 sloupce, 2 vrstvy (Kanada, Francie). Takto dělené mapové listy bývají však podle potřeby často spojovány do dvoulistů.

V nomenklatuře map 1 : 25 000 se již prakticky nevyskytuje průběžné číslování a tyto mapy jsou vesměs označovány v rámci a s vazbou na příslušné mapy menších měřítek. Pro vlastní označení polohy mapy 1 : 25 000 v mapě 1 : 50 000 se užívá malých písmen (systém 1942, Kanada), arabských čísel (Francie) nebo začátečních písmen světových stran (USA).

Výjimečně mívají mapy 1 : 25 000 samostatné označení systémem sloupců a vrstev. Tohoto způsobu se používá hlavně tehdy, jsou-li mapové listy vymezeny rovnoběžkami s osami pravouhlé rovinné soustavy souřadnic (Švýcarsko, V. Británie). Zajímavé je řešení kladu listů u map V. Británie, kde každá mapa je označena čtyřčíslím, ve kterém první dvojčíslí značí polohu mapového listu ve čtvercové síti 100 × 100 km (první číslo sloupec, druhé vrstva) a druhé dvojčíslí vlastní polohu listu ve čtvercové síti 10 × 10 km (první číslo sloupec, druhé vrstva).

Jsou-li mapy 1 : 25 000 vymezeny zeměpisnou sítí, používá se pro jejich označení systému sloupců a vrstev jen výjimečně a zpravidla s určitou vazbou na mapy dalších menších měřítek (NSR).

Zobrazení souřadnicových sítí na mapách

U všech moderních mapových děl jsou zeměpisné souřadnice vztaženy k poledníku Greenwiche (0°). Jiného nultého poledníku je použito ojedinele, např. u italských topografických map - M. Mario (0°), francouzských - Paříž (0g) aj. V těchto případech je však téměř vždy na mapách vynesena současně síť vztažena ke Greenwiche a nebo je aspoň uveden rozdíl v ze-

Tabulka 8

Zobrazení	Užití	Poloha souřadnicových os		Adiční konst.
		X	Y	
Konformní příčné válcové zobrazení	<p>systém 1942, systém UTM, NSR, Rakousko, Finsko aj.</p>	střední poledník každého pásu	rovník	<p>Y + 500 km (severní polokoule) Y + 500 km X + 10 000 (jižní polokoule)</p>
	V. Británie	poledník $\lambda_0 = 2^\circ$ z. d.	kolmice na osu X v počátku souřadnic $\varphi_0 = 49^\circ$	<p>Y + 400 km X - 100 km</p>
Konformní šikmé válcové zobrazení	Švýcarsko	bernský poledník $\lambda_0 = 7^\circ 26' 22'', 50$	ortodroma kolmá na bernský poledník v počátku souřadnic $\varphi_0 = 46^\circ 57' 08'', 66$	<p>Y + 200 km X + 600 km</p>
Konformní nor- mální kuželové zobrazení	Francie	kolmice na pařížský poledník ve třech počátcích souřadnic $\varphi I = 49^\circ 30' (55\text{g})$ $\varphi II = 46^\circ 48' (52\text{g})$ $\varphi III = 44^\circ 06' (49\text{g})$	pařížský poledník $\lambda_0 = 2^\circ 20' 13'', 98$ ($\cong 0^\circ$)	<p>v každé zoně Y + 200 km X + 600 km</p>
	Belgie	kolmice na bruselský poled- ník v počátku souřadnic (vrchol kužele)	bruselský poledník $\lambda_0 = 4^\circ 22' 05'', 91$	<p>Y + 5400 km X + 150 km</p>
Konformní azi- mutální zobrazení	Nizozemí	kolmice na amersfoortský poledník v počátku souřadnic $\varphi_0 = 52^\circ 09' 22'', 178$	amersfoortský poledník $\lambda_0 = 5^\circ 23' 15'', 5$	<p>Y + 483 km X + 155 km</p>
	systém UPS	poledník $\varphi_0 = 90^\circ$	poledník $\varphi_0 = 0 - 180^\circ$	<p>Y + 2000 km X + 2000 km</p>

měpisné délce obou nultých poledníků. Ve způsobu zákresu a popisu zeměpisných sítí na topografických mapách různých států jsou některé odlišnosti.

Zeměpisné sítě jsou zpravidla zakreslovány v celém průběhu u map měřítek menších než 1 : 200 000. Celkem ojediněle jsou případy průběžného zakreslování zeměpisných sítí i na mapách měřítek větších (V. Británie měř. 1 : 126 720 v intervalu 10' aj.). U map měřítek 1 : 200 000 a větších jsou zeměpisné souřadnice vyjádřeny vesměs pouze v rozích mapových listů a příslušným dělením rámu.

Uspořádání a zobrazení pravoúhlých rovinných souřadnicových sítí na mapách souvisí s užitým druhem zobrazení. V tab. 8 jsou přehledně sestaveny základní údaje o soustavě pravoúhlých rovinných souřadnic v některých nejvyspělejších mapových dílech.

Společným znakem všech soustav je užití adičních konstant, umožňujících zobrazit celé území v prvním kvadrantu.

Pravoúhlé rovinné souřadnicové sítě jsou vykresleny vesměs pouze na mapách měř. 1 : 250 000 a větších. Převládá průběžné vykreslení kilometrových čar přes celou mapu, někdy jsou však vyznačeny pouze rysky v rámu (Francie měř. 1 : 25 000, 1 : 50 000 a 1 : 100 000, některé mapy NSR v měř. 1 : 50 000, 1 : 100 000 a 1 : 200 000 podle toho, který zemský zeměměřický úřad mapy vydal) nebo chybí síť vůbec (Rakousko měř. 1 : 50 000).

Popis kilometrových čar v rámu je zpravidla řešen obdobně jako u map souřadnicového systému 1942. Úplné souřadnice se uvádějí jenom při okrajích rámu, jinak většinou pouze souřadnice zkrácené. Y-ové souřadnice v konformním příčném válcovém zobrazení jsou uváděny včetně čísla pásu. Výjimkou jsou mapy zpracované v systému UTM, na kterých se číslo pásu uvádí v mimorámcových údajích a mapy jsou doplněny zvláštní orientační (hlásonu) sítí.

Vyjádření situačního obsahu

Rozbor obsahu topografických map různých států ukazuje na určitou standardizaci v grafickém vyjádření jednotlivých geografických prvků.

Velmi malé rozdíly jsou zejména ve vyjádření a generalizaci tekoucího a stojatého vodstva. Z hlediska vojenské účelovosti jsou předností mapy souř. systému 1942 podrobné popisné údaje o vodních tocích a zařízeních na nich. Méně přesné je zobrazeno vodstvo na čs. topografických mapách 1 : 500 000 prvního vydání, odvozených ze sovětských podkladů stejného měřítká. Ve druhém vydání těchto map, které se začínají realizovat, je věnována zvýšená pozornost volbě hodnotných podkladů a stupni výběru vodních toků, aby nebyly setřeny rozdíly v hustotě a charakteru vodní sítě.

Obdobně je na mapách různých států řešeno i zobrazení železniční sítě. Předností map 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000 Švýcarska, NSR a Rakouska je velmi podrobné situační vyjádření větších nádraží a železničního zařízení. Švýcarské mapy 1 : 100 000, na rozdíl od všech map jiných států, nerozlišují jednokolejné a vícekolejné železnice.

Silnice jsou na mapách jednotlivých států klasifikovány především různou smluvnou značkou podle úředního třídění daného státu (NSR, Rakousko, V. Británie, ČSSR a další soc. státy). Na italských a francouzských mapách značka silnice současně vyjadřuje šířkové rozpětí vozovky, na mapách systému UTM vydávaných AMS USA (série M 642) signatura určuje kvalitu vozovky, sjízdnost a počet dopravních pásů. Mapy 1 : 250 000 států NATO nejsou v tomto směru jednotné. Klasifikace silnic je vesměs shodná s topografickými mapami příslušného státu.

Pro zvýraznění a kvalitativní rozlišení silnic se běžně užívá barevné výplně. Barevnou výplň nemají pouze mapy 1 : 25 000 NSR a Švýcarska, některé listy 1 : 50 000 a 1 : 100 000 NSR, Švýcarska, Itálie, Rakouska atd. Italská mapa 1 : 200 000 rozlišuje různobarevnou výplní kvalitu vozovky (asfaltová a neasfaltová). Francouzské mapy 1 : 100 000, italské mapy 1 : 200 000 a mapy 1 : 250 000 systému UTM uvádějí i vzdálenosti mezi sídly a uzlovými křižovatkami.

Předností map systému 1942 jsou opět podrobné popisné údaje o kvalitě silniční sítě a různých provozních charakteristikách. Mezi čs. topografickými mapami prvního a druhého

vydání jsou podstatné rozdíly v podrobnosti vyjádření silnic, což je dáno zejména změnou jejich grafického znázornění.

Způsoby znázornění komunikací nižších řádů (nezpevněné cesty, polní a lesní cesty atd.) se na různých mapách liší pouze v detailech (různá kresba značky). Větší rozdílnosti jsou ovšem v kritériích, podle kterých jsou klasifikovány zejména nezpevněné cesty.

Mnohem podstatněji se na mapách různých států liší vyjádření a stupeň generalizace sídel. Mapy Švýcarska, NSR, Rakouska se vyznačují jemnou kresbou a detailním vyjádřením okrajových i vnitřních částí sídel. Výrazné jsou zejména významné budovy, tovární objekty atd. Při této podrobnosti však často zaniká základní struktura sídla. Opakem jsou čs. mapy prvního vydání, kde příliš hrubé - schematické blokování a nevýhodné vyjádření rastrem černé barvy zkresluje charakter městských a venkovských sídel, zejména při posuzování poměru zastavěné a nezastavěné plochy. Zlepšení v tomto směru umožňuje jemnější kresba a oranžová výplň bloků v mapách druhého vydání.

Tabulka 9

Prvek obsahu	Barevnost
situace a popisy	černá, šedá
vodní toky včetně názvosloví	modrá
vodní plochy	světlemodrá (rastr)
lesy	zelená
ostatní porosty	světlezelená (rastr)
výplň silnic	červená, žlutá
výplň bloků sídel	žlutá, červená, oranžová
rastr hranic	fialová
vrstevnice	hnědá
stínování	šedá (hnědá)

Velmi schematicky jsou znázorněna sídla na mapě systému UTM 1 : 100 000 (série M 642). Okrajové části sídel jsou znázorněny jednotlivými budovami bez blokování, centra větších sídel pak plnou jednolitou barevnou plochou, kterou protínají jen hlavní průjezdní komunikace.

Rozdílné je i vyjádření sídel na mapách NATO 1 : 250 000 (série M 501). Na mapách vydaných ve Francii jsou půdorysem znázorněna všechna sídla s počtem obyvatel 3000 a větším. Menší sídla jsou vyjádřena kruhovou signaturou. Na mapách vydaných v NSR a Nizozemí je půdorysné vyjádření sídel stanoveno až pro města s počtem obyvatel 25 000 a větší. Také klasifikace sídel podle počtu obyvatel je na mapách různých států rozdílná.

S výjimkou francouzských map 1 : 100 000, které udávají u každého sídla počet obyvatel v tisících, nejsou na ostatních zahraničních mapách žádné jiné doplňující údaje, jako na mapách systému 1942 (počet domů, poštovní úřad, administrativní význam sídla atd.).

Na většině map jsou z porostů barevnou plochou rozlišeny hlavně lesy. Většina ostatních porostů je vyjádřena značkami v černé barvě, rovnoměrně rozloženými uvnitř daného areálu. Jen výjimečně, pro rozsáhlejší plochy, je použito barevného rastru (vinice). Velmi vhodně např. řeší znázornění porostů mapy 1 : 50 000 NSR. Všechny plošné značky (skupiny stromů a keřů, louky, pastviny, vinice, sady atd.) jsou tištěny zeleně, na některých listech je použito i plošné žluté barvy pro louky a pastviny.

Výběr a znázornění všech ostatních situačních prvků závisí na charakteru území, účelu mapy a vojenském významu prvků. Na zahraničních mapách a mapách systému 1942 nejsou velké rozdíly. Obvykle se zobrazují tyto prvky (hranice, dálková vedení vysokého napětí, vysílací stanice, naftovody, doly, průmyslové podniky, přístavy, letiště, orientačně důležité budovy a předměty, zdroje pitné vody, podzemní prostory atd.) s takovou podrobností, jaká odpovídá účelu mapy.

Barevnost topografických map různých států se ustálila zpravidla na 6–10 barvách, jak je zřejmé z tabulky 9.

Od této ustálené barevné škály se mapy odlišují jen výjimečně. Topografické mapy NSR, vydávané jednotlivými spolkovými zeměmi, mají např. jednotný pouze značkový klíč, barevně jsou však řešeny různě (listy 1 : 25 000 jsou vydávány v jednobarevné až čtyřbarevné úpravě, řada listů 1 : 50 000 není stínována nebo je bez barevné výplně silnic atd.). Vojenská vezze mapy NSR 1 : 50 000 (série M 745) byla zpočátku pětibarevná, od r. 1965 se přešlo na tisk čtyřbarevný (vrstevnice v červené barvě). Anglické mapy 1 : 25 000 mají některé situační prvky vytištěny v olivově zelené barvě (hranice pozemků, značky porostů). Italské mapy 1 : 200 000 mají vyjádřenu základní situaci hnědě (kromě železnic), vrstevnice jsou šedé. Mapy NATO v systému UTM (série M 501) se svou barevností přibližují topografickým mapám státu, který je vydává. Mapy zpracovávané Vojenskou zeměpisnou službou NSR jsou šestibarevné, přičemž červená barva je použita nejen pro výplně silnic, ale též pro vyjádření a popis vrstevnic, písků, lemovku státních hranic atd. Na obdobných mapách zpracovávaných jinými státy (Francie, Nizozemí) jsou vrstevnice vyjádřeny v barvě hnědé. Žlutá barva je využívána pro výplň vedlejších silnic a půdorysů sidel městského typu. Souřadnicové sítě jsou na mapách 1 : 250 000 vytištěny modře (NSR, Nizozemí) nebo fialově (Francie).

V celkovém stupni generalizace nejsou na mapách stejného měřítka v jednotlivých státech podstatnější rozdíly. Menší difference v hustotě jednotlivých prvků jsou ovlivněny různými rozměry značek a bohatostí značkového klíče. U čarových prvků, jako jsou neuzpevněné cesty (sjízdné, neudržované cesty), polní a lesní cesty, stezky, pěšiny, železniční síť všeho druhu, vedení vysokého napětí, naftovody, jednočaré a dvoučaré vodní toky, je zaplnění map prakticky stejné. Určité rozdíly se projevují v podrobnosti zobrazení silniční sítě na mapách menších měřítek, jako důsledek různé šířky zvolených značek. Mapy 1 : 25 000 NSR mají výrazně hustší síť polních a lesních cest, což je patrně ovlivněno způsobem hospodaření na rozdrobenějších plochách a celkově značnou jemností kresby. V měř. 1 : 50 000 se však již mapy NSR v hustotě cest neliší od map ostatních států.

Vyjádření reliéfu

Základním vyjadřovacím způsobem jsou vesměs výškové body a vrstevnice. Tab. 10 dává přehled o užití ekvidistancí vrstevnic na mapách některých států. V prvním řádku tabulky je vždy interval základních vrstevnic v metrech, ve druhém řádku interval zesílených vrstevnic, pokud jsou užívány. Doplňující a pomocné vrstevnice mají obvykle poloviční a čtvrtinovou ekvidistanci vrstevnic základních. K lepšímu vyjádření různých typů reliéfu se často využívá dvou základních intervalů vrstevnic. V těchto případech jsou v tabulce uvedeny oba intervaly.

Z tabulky vyplývá, že mapy souřadnicového systému 1942 odpovídají svým koncepčně promyšleným systémem ekvidistance vrstevnic všem současným vojenským i technickým požadavkům na vyjádření reliéfu. Považujeme-li ekvidistanci základních vrstevnic za jedno z hlavních kritérií detailního vyjádření tvarové rozmanitosti reliéfu; pak mapy 1 : 25 000, 1 : 50 000 a nové mapy 1 : 200 000 systému 1942 jsou nesporně nad světovým průměrem, mapy 1 : 100 000 jsou na stejné úrovni s ostatními zeměmi.

Rozdílná je generalizace průběhu vrstevnic. Minimální generalizací se vyznačují zvláště švýcarské a francouzské mapy 1 : 25 000 až 1 : 100 000. V důsledku toho je v některých případech částečně narušena i souvislost drobnějších terénních tvarů. Mapy souřadnicového systému 1942 mají naopak na některých listech průběh vrstevnic až příliš zjednodušen a vyhlazen, takže zcela nevystihují geomorfologické zvláštnosti jednotlivých typů reliéfu. Poměrně dobře je generalizován průběh vrstevnic na mapách NSR a Rakouska.

Většina map (s výjimkou map Švýcarska) dodržuje zásadu, že číslování vrstevnic je čitelné vždy ve směru stoupání reliéfu. Na zahraničních mapách jsou na rozdíl od map systému 1942 číslovány převážně vrstevnice zesílené.

Na mapách souřadnicového systému 1942 je proti zahraničním mapám zobrazeno velké množství relativních výškových údajů u terénních stupňů, výkopů, náspů a strží. Předností těchto map je i kresba spádnic na vrcholových vrstevnicích, které velmi usnadňují čitelnost

terénu. Při podrobném zkoumání čs. map prvního vydání je však třeba konstatovat, že mapy mnohdy nevyužívají bohatosti znaků pro zvláštní terénní tvary (zákres svažitého terénu, morén, atd.).

Na všech mapách jsou základní způsoby doplněny dalšími výrazovými prostředky (šrafy, klínky vyjadřující terénní stupně, strže, skály, značky kamenných polí, závrtů atd.). Švýcarské, francouzské i německé mapy používají pro vhloubené tvary (závrty) krátkou šipku, směřující do uzavřené vrstevnice.

Tabulka 10

Měřítko Stát	1 : 25 000	1 : 50 000	1 : 100 000	1 : 200 000	1 : 250 000
ČSSR	5	10	20	20 (40)*	
	25	50	100	100 (200)*	
NSR	10	10,20	20	25,50	20,50
	20,50	20,100	100	50,200	100,250
Švýcarsko	10,20	20	50		
	100	200	200		
Francie	10	10	20	20	50
	50	50	100	100	250
Itálie	25	25	50	100	
	100	100	200	200, 500, 1000 1500, 2000	
Rakousko	20	20		100	
	100	100		500	
V. Británie	25 stop	(1 : 63 360)	(1 : 126 720)	(1 : 253 440)	
	100 stop	50 stop 250 stop	100 stop	200 stop	

* Mapy druhého vydání

Pro zvýraznění reliéfu je na mnoha mapách velkého měřítka použito stínování (Švýcarsko 1 : 25 000 až 1 : 100 000, Francie 1 : 100 000, Itálie 1 : 100 000, NSR 1 : 50 000. Stínovány jsou i všechny mapy NATO 1 : 250 000 série M 501. U stínovaného terénu převládá severozápadní až severní směr osvětlení. Méně obvyklé je zvýraznění výškových rozdílů barevnou hypsometrií (anglické mapy 1 : 126 720 až 1 : 235 440).

Častým případem, zvláště na mapách malých měřítek, je kombinace hypsometrického vyjádření se stínováním.

Úroveň a účinnost všech těchto doplňujících způsobů je velmi rozdílná a je ovlivněna snahou co nejpodrobněji vyjádřit převládající charakter reliéfu dané země. Značnou roli zde hraje i vyspělost kartografické produkce jednotlivých států. Nejpodrobněji jsou v tomto směru zpracovány švýcarské mapy. Dosahují vysoké plastické účinnosti tím, že převrácené svahy jsou na nich zdůrazněny žlutým barevným tónem. Tento tón není použit jen na svazích bez vegetace a ve skalách. Tím výrazně vynikají zejména oblasti vysokohorského reliéfu. Odvrácené svahy jsou výrazně stínovány šedomodrým tónem. Grafickému výrazu těchto map se přibližují nově vydávané listy map 1 : 50 000 NSR.

Celkově však plastické zvýraznění terénních tvarů zůstává u map velkých a středních měřítek většiny států dosud otevřeným problémem.

Mimorámové údaje

V mimorámových údajích uvádějí všechny mapy vždy nomenklaturu mapového listu, název největšího sídla, číselné a grafické měřítko a údaj o ekvidistanci vrstevnic. Na anglických mapách je kromě grafického měřítka v kilometrech (u map 1 : 25 000 nahrazuje toto měřítko rám mapy dělený po 100 m) zakresleno ještě grafické měřítko v yardech, stopách a mílich. Obdobné řešení mají i mapy systému UTM - : 100 000 a 1 : 250 000.

Součástí mimorámových údajů jsou dále údaje o kartografickém zobrazení, magnetické deklinaci, meridiánové konvergenci, textové nebo grafické přehledy o použitých podkladech a klady mapových listů. Na mapách systému 1942 je kromě uvedených údajů vhodně řešeno i označení nomenklatury sousedních listů přímo v rámu mapy. Na všech mapách je možno zjistit i rok zpracování a vytištění příslušného listu.

Na mapách větších měřítek je častým doplňkem i sklonový nomogram (mapy systému 1942, mapy NSR) nebo sklonové měřítko (mapy 1 : 50 000 Rakouska). Účelně je vyřešen sklonový nomogram na nových mapách NSR 1 : 50 000, umožňující určit sklon terénu nejen ve stupních, ale i v procentech a ve formě spádu 1 : x.

Na mnohých mapách je v mimorámových údajích vysvětlen význam nejdůležitějších smluvených znaků a zkratk (NSR, Rakousko, Francie, Itálie, vojenské mapy NATO, mapy 1 : 200 000 a 1 : 500 000 souř. systému 1942). K těmto vysvětlivkám bývají připojeny i grafické přehledy administrativního členění orografických názvů, hypsometrických vrstev atd.

Na mapách systému UTM 1 : 50 000, 1 : 100 000 a 1 : 250 000 na německých, italských a anglických mapách je v mimorámových údajích vysvětleno i užití souřadnicových sítí s praktickým příkladem určení souřadnic bodu. Mapy zpracované v systému UTM pro potřebu armád NATO mají mimorámové údaje rovněž v angličtině a francouzštině.

Velkou předností mimorámových údajů na mapách souřadnicového systému 1942 1 : 200 000, je stručný vojenskogeografický popis zobrazovaného území. Zatím však převládají textové údaje, které nemohou vždy zcela přesně charakterizovat rozložení jevů na celém listě. Jde o údaje o průměrné hustotě silniční sítě, o průměrné klimatické charakteristiky atd. Graficky je vyznačeno pouze schéma půdních poměrů.

Srovnávací studie topografických map různých států umožňuje vyvozovat závěry o převládajících tendencích v koncepčním řešení mapových děl. Poskytuje řadu námětů pro další zkvalitňování čs. topografických map, a může být proto vhodným výchozím podkladem pro řešení nových typů map, určených výhradně pro vojenské využití.

Literatura:

- Appelt G.: Die Topographische Karte 1 : 100 000. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten č. 1/1969.
- Beck W.: Neuere Entwicklung und gegenwärtige Stand der topographischen Kartographie in der Bundesrepublik. Kartographische Nachrichten č. 3/1964.
- Beck W.: Die Topographische Karte 1 : 50 000. Allgemeine Vermessung-Nachrichten č. 1/1969.
- Bernhardt G.: Vergleich topographischer Karten 150 000. Vermessungstechnik č. 9/1966.
- Bormann W.: Was bedeuten dem Kartographen die Masstäbe 1 : 200 000 und 1 : 250 000? Kartographische Nachrichten č. 5/1957.
- Čencov V. N.: Vysoty sečenija reljefa na topografičeskich kartach zarubežnych stran. Geodezija i kartografija č. 9/1956.
- Die Generalstabskarten von Grossbritannien. Allgemeine Vermessungstechnische Nachrichten č. 2/1963.
- Finsterwalder R.: Die neue Landeskarte Schweiz 1 : 100 000. Zeitschrift für Vermessungswesen č. 3/1955.
- Finsterwalder R.: Das Musteblatt für die Topographische Karte 1 : 100 000. Zeitschrift für die Vermessungswesen č. 2/1953.
- Flötner H. A.: Der gegenwärtige Stand der Kartographie in Kanada. Kartographische Nachrichten č. 5/1963.
- Griffith S. V.: Surveing and Mappir in the United States of America. Surveying and Mapping č. 3/1962.
- Heller E.: Zehn Jahre Deutscher Mil Geo Dienst. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten č. 10/1967.

- Katzenberger L.: Die neue Topographische Karte 1:50 000 in Bayern. Zeitschrift für Vermessungswesen č. 10/1963.
- Klasen J.: Bemerkungen zur britischen und irischen Kartenwerken. Kartographische Nachrichten č. 5/1964.
- Klíma J.: K vydání nových topografických map ČSSR měřítka 1:50 000 a 1:100 000. Vojenský topografický obzor č. 2/1961.
- Knorr H.: Zur Frage der Masstabsfolge des Blattchnittes und der Blattbezeichnung bei amtlichen deutschen Kartenwerken 1:200 000 bis 1:1 000 000. Zeitschrift für Vermessungswesen č. 3/1956.
- Knorr H.: Die Topographische Übersichtskarte 1:200 000. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten č. 1/1969.
- Konšin M. D.: Raboty, vypolnjajemyje Nacionalnym geografičeskim institutom Francii. Geodezija i kartografija č. 7/1967.
- Krauss G.: Die Topographische Karte 1:25 000. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten č. 1/1969.
- Lundqvist G.: Die nordische Kartographie. Kartographische Nachrichten č. 2/1959.
- Komkov A. M.: Gosudarstvennaja kartografija SSSR. Geodezdat 1961.
- Komkov A. M.: Kartografičeskije učrežđenija i predprijatija Velikobritanii. Geodezija i kartografija č. 7/1965.
- Komkov A. M.: Sovetskije topografičeskije karty. Geodezija i kartografija č. 10/1967.
- Maling D.: Sovremennye aspekty britanskoj kartografii. Geodezija i kartografija č. 8/1965.
- Mešalov N. M.: Ob izmenenii razgrafki topografičeskich kart. Geodezija i kartografija č. 10/1962.
- Meynen E.: Official and private cartography in Germany. Geograph. Journal č. 3/1960.
- Militärtopographie. Min. Für Nationale Verteidigung 1960.
- Müller T.: Die Entwicklung des neuen deutschen militärischen Kartenwerkes 1:50 000. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten č. 10/1967.
- Müller T., Miny H.: Die Landschaftsdurchmusterdung topographischer Karten am Beispiel der Blätter Gummeersbach, Waldbröl und Bonn der Topographischen Karte 1:50 000. Kartographische Nachrichten č. 3/1967.
- Naumienko T.: XX lat pracy služby Topograficznej Wojska Polskiego. Przegląd Geodezyjny č. 7/1964.
- Nittinger J.: Der jetzige Stand der amtlicher deutschen Kartographie. Kartographische Nachrichten č. 1/1968.
- Podobedov N. S.: Sovremennye topografičeskije karty i puti ich dalnějšego soveršenstvovanija. Trudy MIIGAIK sv. 31/1959.
- Saastomoinen J.: A Canadian Grid System in 3° Transverse Mercator Zones. The Canadian Surveyor č. 2/1964.
- Selichanovič V. G.: O izobraženii reljefa na zarubežnych topografičeskich kartach. Geodezija i kartografija č. 2/1957.
- Schilling H.: Die topographischen Kartenwerke der Deutschen Demokratischen Republik. Vermessungstechnik č. 6/1958.
- Schmid H.: Der gegenwärtige Stand der topographischen Karten und Katastralpläne in Österreich, in der Schweiz und der EGV-Staaten. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen č. 3/1965.
- Topographic maps. Surveying and Mapping č. 3/1961.
- Weber P.: Entwicklung und Stand der amtlichen Kartographie in Frankreich. Kartographische Nachrichten č. 3/1966.
- Witkege F. L.: The National Topographic Map Series. Surveying and Mapping č. 4/1965.

„Určení parametrů reprodukční schopnosti mikronegativů topografických map“

V tomto článku jsou shrnuty výsledky kandidátské disertační práce „Mikrodokumentace topografických map“ zpracované autorem v roce 1969.

Mikrodokumentace je obor fotografie, který se ve srovnání s reprodukční fotografií vyznačuje určitými zvláštnostmi. Hlavním znakem je zde rozměr obrazu čar snimané předlohy. Zatímco v reprodukční fotografii při poměrech reprodukce blízkých poměru 1 : 1 lze tloušťku obrazu čar vyjádřit v desetinách milimetru a v milimetrech, jde při mikrodokumentaci o rozměr daný mikrometry a desítkami mikrometrů. Přitom se dostáváme do oblasti tzv. detailů, při jejichž zobrazení dochází ke snížení kvality jejich obrazu vlivem určitých jevů, jimiž jsou optické vlastnosti citlivé fotografické vrstvy. Je to rozptyl světla ve vrstvě a odraz světla od podložky citlivé vrstvy. Na fotografický obraz mají kromě toho vliv i vlastnosti optické soustavy - aberace a difrakce světla, které způsobují rozmytí optického obrazu.

Kdybychom snímali předlohu obsahující detaily rozměru od milimetrů až po mikrometry, pak bychom na negativu zjistili, že od určité velikosti detailů se začínají optické vlastnosti citlivé vrstvy projevovat zvýšením optické hustoty obrazu čar a snížením optické hustoty obrazu mezer mezi čarami. Citlivá fotografická vrstva není homogenní, je složena ze zrn halogenidů stříbrných rozptýlených v želatině. Průměr těchto zrn u jednotlivých druhů citlivých fotografických vrstev je různý. U některých speciálních vrstev (Lippmann) má zrno průměr několik tisíců mikrometrů, u jiných (Mikrat) několik setin mikrometru. Citlivé vrstvy 10° DIN až 17° DIN se vyznačují průměrem zrn v hodnotě několika desetin mikrometru. Vysoce citlivé vrstvy - 21° DIN a více - mají zrno o průměru několika mikrometrů. Zrna halogenidů stříbrných mají různý tvar a jsou nepravidelně rozptýlena ve vrstvě. V některých místech dochází k jejich zhuštění, jinde k jejich „zředění“.

Část paprsků světla, odražených při snímání od předlohy, které dopadnou na povrch citlivé vrstvy, narazí na zrna halogenidů stříbrných a je jimi absorbována. Jiná část paprsků se od zrn odrazí a vnikne do té části vrstvy, která nebyla přímo osvětlena. Tato část paprsků světla vytváří latentní obraz i v místech obrazu čar snimané předlohy. Některé paprsky projdou vrstvou, aniž narazily na zrna, a odrazí se od rozhraní podložky a vzduchu. Při zpáteční cestě narazí na zrna a jsou zrna absorbována i v těch místech, která nebyla přímo osvětlena a kde by po vyvolání mělo vzniknout jen zčernání rovné zčernání závoje.

Rozptyl světla a jeho odraz od podložky se projevuje ve zvýšení optické hustoty obrazu čar a ve snížení optické hustoty obrazu mezer, čili ve snížení kontrastu obrazu. Toto snížení kontrastu může jít tak daleko, že od určitého rozměru nemůžeme obraz čar rozeznat, poněvadž kontrast spadá pod mez rozlišení oka, nebo zanikne v zrnitosti vrstvy.

Abychom mohli při mikrodokumentaci použít vhodný citlivý materiál, tj. takový materiál, při němž by snížení kontrastu obrazu nejmenších detailů předlohy nekleslo až pod tu mez, kdy obraz ztrácí reprodukční schopnost, musíme znát mikrosenzitometrické vlastnosti citlivých materiálů. Pro určení těchto vlastností existuje řada metod a kritérií, které se mezi sebou značně liší. Všeobecně se požaduje, aby takové kritérium bylo objektivní, matematicky definovatelné, teoreticky i prakticky snadno určitelné a aby bylo vztaženo nejen na celý fotografický proces, ale i na jeho jednotlivé části: vznik optického obrazu, vytvoření fotografického obrazu, zvětšení negativního obrazu.

Ke kritériím používaným v současné době, která charakterizují schopnost citlivých vrstev reprodukovat detaily, patří:

- rozlišovací schopnost,
- informační schopnost,
- hranová ostrost,
- Frieserova konstanta,
- Istominův difúzimetrický koeficient,
- funkce přenosu modulace.

Rozlišovací schopnost udává rozměr nejtěsnější čáry, kterou citlivá vrstva reprodukuje s kontrastem ležícím nad prahem rozlišení oka. Zjišťuje se snímáním speciálních testů na zkoumaný materiál. Na negativu se vybere obraz té skupiny čar, které se oku jeví ještě jako oddělené. Tloušťka těchto čar je pak mírou rozlišovací schopnosti. Rozlišovací schopnost je kritériem subjektivní povahy, na její hodnotu má vliv kontrast použitého testu, jeho osvětlení, podmínky vyvolání a podmínky pozorování obrazu testu. Někdy je údaj rozlišovací schopnosti nespolehlivý a neposkytne správnou informaci o schopnosti vrstvy reprodukovat detaily. Rozhodně neposkytuje informaci o kvalitě obrazu čar toho rozměru, který při mikrodokumentaci přichází v úvahu. Je prokázáno, že vrstvy se stejnou rozlišovací schopností poskytují různou ostrost obrazu a že vrstva s nižší hodnotou rozlišovací schopnosti může poskytovat lepší ostrost než vrstva s vyšší rozlišovací schopností. Podle Istomina je tento nesouhlas způsoben vlivem odrazu světla od podložky; vrstvy o stejné rozlišovací schopnosti se vyznačují různou ostroťou obrazu v závislosti na stupni antihalační ochrany.

Informační schopnost patří k subjektivním kritériím pro určení schopnosti citlivých vrstev zaznamenávat detaily. Určuje se senzitivometricko-resolvometrickou metodou, která umožňuje získat charakteristiku informační schopnosti fotografické vrstvy s ohledem na úplnost a přesnost podání detailů předmětu. Metoda spočívá v tom, že se speciální testy na transparentní podložce snímání v kontaktu s citlivou vrstvou přes stupňový klín v senzitivometru. Negativy se prohlíží v mikroskopu a zjišťuje se rozlišovací schopnost mikronegativů zhotovených pod jednotlivými políčky klínu. Současně se zjistí optické hustoty obrazu polí klínu a graficky se vyjádří závislost rozlišovací schopnosti a optické hustoty na logaritmu expozice. Z průběhu křivek lze pak vyčíst informační schopnost citlivé vrstvy jakožto rozsah logaritmu expozic, v jehož mezích se docílí nejlepší zpracovanosti obrazu detailů.

Míra hranové ostroty, tzv. acutance, je udávána číslem, vzniklým násobením nebo dělením středního gradientu křivky hranové ostroty a rozdílu nejvyšší a nejnižší optické hustoty v začátku a konci křivky. Křivka je výsledkem fotometrování obrazu ostré hrany; fotometricky se zjišťuje optická hustota v obrazu hrany a v jeho blízkém okolí a vynesou se v závislosti na vzdálenosti od obrazu hrany. Acutance je závislá na rozptylu a odrazu světla, na podmínkách expozice a vyvolání. Změnami v expozici a vyvolání se její hodnota může změnit natolik, že je pak v rozporu se skutečnými vlastnostmi filmu.

Frieserova konstanta udává v mikrometrech vliv rozptylu světla ve vrstvě. Prakticky vyjadřuje šířku obrazu velmi úzké štěrbin (její maximální rozměr 15 mikrometrů) měřenou v oboru, v němž se osvětlení na okraji jejího obrazu sníží na hodnotu 1/10 osvětlení v ose jejího obrazu. Je to tedy šířka zóny rozmytí. Velikost konstanty není závislá na osvětlení a podmínkách vyvolání, pokud se ovšem výrazněji neprojeví jevy sousedních míst. Frieserova konstanta se určuje experimentálně snímáním různých speciálních testů - štěrbin, čára, hrana - metodou, která vyžaduje speciální laboratorní vybavení.

V hodnotě Frieserovy konstanty není zahrnut vliv odrazu světla od podložky, protože uspořádání Frieserova testu vylučuje registraci odrazu světla v obrazu čáry. Maximum odrazu působí ve vzdálenosti rovné přibližně dvojnásobku tloušťky podložky, což u soudobých filmů činí okolo 200-300 mikrometrů. Test je uspořádán tak, že odraz světla působí mimo obraz čáry, protože velikost bílých polí, které ji obklopují, je pouze 80 mikrometrů.

Za předpokladu dostatečně účinné antihalační ochrany, tj. v případě, že optická hustota systému vrstva + podložka je vyšší než 2,0, je Frieserova konstanta objektivním kritériem, které správně vyjadřuje schopnost citlivých vrstev reprodukovat detaily.

Istominův difúzimetrický koeficient se zjišťuje kontaktním kopírováním speciálního testu na zkoumaný materiál přes stupňový klín v senzitivometru. Vzhledem k uspořádání testu, jehož čáry jsou odděleny desetinásobně širokými mezerami, zahrnuje tento koeficient sumární vliv rozptylu světla i jeho odrazu od podložky. Prakticky udává difúzimetrický koeficient, podobně jako Frieserova konstanta, šířku zóny rozmytí obrazu velmi úzké čáry. Registruje však současně i vliv odrazu světla od podložky vrstvy, který u některých filmů není účinně odstraněn. Je to tedy objektivní kritérium, které správně hodnotí schopnost citlivých vrstev reprodukovat detaily.

Funkce přenosu modulace udává matematicky i graficky poměr kontrastu obrazu ke kontrastu předmětu, který je vždy menší než 1,0 (s výjimkou případu, kdy se projeví jev sousedních míst). Určuje se buď složitým výpočtem pomocí Fourierových řad nebo integrálů při znalosti funkce rozmytí objektivu a funkce rozmytí vrstvy, nebo experimentálním způsobem snímáním vhodných pravouhlých testů nebo testů se sinusovým rozložením jasů. Výhodou tohoto kritéria je skutečnost, že lze určit odděleně funkci přenosu modulace optiky, vrstvy i celého fotografického procesu. Exaktní určení funkce přenosu modulace je spojeno s potížemi, vyžaduje speciální aparaturu a eliminaci vlivu objektivu, jímž byl snímán test, i objektivu mikrofotometru.

Frieser a Kramer vypracovali novou metodu pro výpočet funkce přenosu modulace pomocí jednoduchého vzorce, v němž je tato funkce určena dvěma parametry. K jejich vyčíslení lze použít veličin, které charakterizují optické vlastnosti citlivé vrstvy: tloušťka vrstvy, rozptylná optická hustota, směrovaná optická hustota a optická konstanta, vyjádřená extinkčním, absorpčním a rozptylným koeficientem vrstvy. Jelikož existuje přímá závislost mezi optickými vlastnostmi vrstvy a její funkcí přenosu modulace, lze pomocí relativně jednoduchého měření optických vlastností určit vlastnosti přenosové. Tím se vyloučí komplikované určení funkce přenosu modulace pomocí snímání testu a fotometrického vyhodnocení jeho obrazu.

V takovém případě je pak funkce přenosu modulace nejpříjemnějším kritériem, protože udává pro každý rozměr čáry stupeň snížení kontrastu jejího obrazu. Při znalosti hodnoty minimálního kontrastu, který si ještě zachovává reprodukční schopnost, můžeme pak pro daný případ mikrodokumentace (tj. pro nejmenší šířku obrazu čar) zvolit vhodný citlivý materiál.

Praktické využití mikrodokumentace topografických map naráží na určité potíže dané skutečností, že na zpětně z mikronegativu zvětšené a rozmnožené mapě musí být ostře a čitelně zobrazeny i ty nejjemnější detaily obsahu mapy. Topografická mapa obsahuje v závislosti na měřítku a značkovém klíči čáry a značky od rozměru 0,06 mm do 4,0 mm a mezery mezi nimi ve velikosti od 0,15 mm do 4,0 mm. Systém rozmnožování topografických map je u nás založen na tzv. tiskových podkladech, černých kopiích jednotlivých prvků náplně mapy zhotovených fotomechanickým a kartolitografickým způsobem na transparentních fóliích z PVC. Tyto kopie jsou vhodnou předlohou pro mikrodokumentaci průsvitem; optická hustota podkladu je velmi nízká (0,02 až 0,04), zatímco optická hustota kresby dosahuje hodnot až přes 2,0.

Z těchto tiskových podkladů se zhotovují ofsetové tiskové formy pro tisk map ofsetem. Tiskové podklady jsou archivovány běžným způsobem v archivech kartografických ústavů. Topografické mapy se tisknou již v míru a útvary armády jsou jimi zásobovány ze stabilních i mobilních skladů map. V polních podmínkách se mapy nerozmnožují, protože není možné převážet archiv tiskových podkladů. Překážkou pro to je velký počet nomenklaturních listů map jednotlivých měřítek, který by vyžadoval velké množství speciálních automobilů; takový mobilní sklad by byl těžkopádný a lehce zranitelný. Topografické mapy by se z tiskových podkladů rozmnožovaly klasickým způsobem, což je z hlediska materiálu a času značně nákladné.

Východiskem z této situace je mikrodokumentace topografických map, umožňující rozmnožování map při velké úspoře času. Mikronegativy map vyžadují zlomek skladovacího prostoru tiskových podkladů, lze je zhotovit v libovolném počtu exemplářů a při rozmnožování jejich obsahu použít moderních reprografických technik. Rozmnožování map je pak možné provádět v polních podmínkách v mobilních soupravách, a to v případě, že nebylo možné zásobit vojska mapami z důvodu zničení stabilních a mobilních skladů.

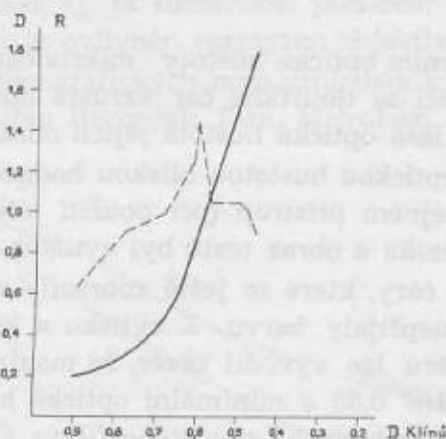
Pro realizaci mikrodokumentace topografických map je nutné určit tyto parametry:

- maximálně přípustnou optickou hustotu obrazu čar,
- minimálně přípustnou optickou hustotu obrazu mezer,
- optimální optickou hustotu mikronegativu,
- maximálně přípustné snížení kontrastu obrazu,
- velikost nejmenšího reprodukovatelného detailu na dostupných mikrofilmech,
- maximální poměr zmenšení topografických map s ohledem na formát map, formát mikrofilmů a s přihlédnutím k velikosti nejmenšího reprodukovatelného detailu.

Maximálně přípustná optická hustota obrazu čar a minimálně přípustná optická hustota obrazu mezer jsou hodnoty, při nichž si mikronegativ ještě zachovává reprodukční schopnost, tzn., že po zvětšení do původního měřítká a rozmnožení budou všechny detaily dostatečně ostré a čitelné. Ideální by byl takový stav, kdy by optická hustota obrazu čar nepřevýšila optickou hustotu závoje a optická hustota obrazu mezer by dosáhla vysoké hodnoty. Vzrůstá-li však optická hustota mikronegativu, roste současně i optická hustota obrazu čar, přitom se snižuje kontrast a rozlišovací schopnost mikronegativu.

Proto je nejprve nutné určit optimální optickou hustotu mikronegativů, při níž má mikronegativ maximální rozlišovací schopnost. K tomuto účelu byla použita Istominova senziometrická-resolvometrická metoda, která byla přizpůsobena podmínkám běžným při mikrodokumentaci a vysokému kontrastu tiskových podkladů. To znamená, že na rozdíl od uvedené metody byl snímán kontrastní test optickou soustavou. Speciální test, obsahující 21 skupin stejně širokých čar a mezer, jejichž tloušťka se mění v rozsahu od 0,5 mm do 0,05 mm, byl snímán v poměru zmenšení 1 : 10 přístrojem Microbox přes šedé optické klíny, které byly předřazeny před objektiv přístroje. Klíny měly optickou hustotu v rozsahu od 0,25 do 0,90. Ke snímání byl použit film Microbox, Fuji a DK3, optické hustoty obrazu bílé plochy testu byly změřeny vždy na stejném místě denzitometrem a s použitím optických hustot klínů byla graficky znázorněna závislost optických hustot mikronegativů na optických hustotách klínů. Obraz testu na jednotlivých mikronegativech byl prohlížen binokulárně mikroskopem při zvětšení 1 : 36. Přitom bylo určeno maximální rozlišení každého mikronegativu, tj. skupina nejúžších čar, které byly na mikronegativu rozeznány ještě jako oddělené. Získané stupně rozlišení byly vyneseny v závislosti na optických hustotách do uvedeného již grafu.

MICROBOX

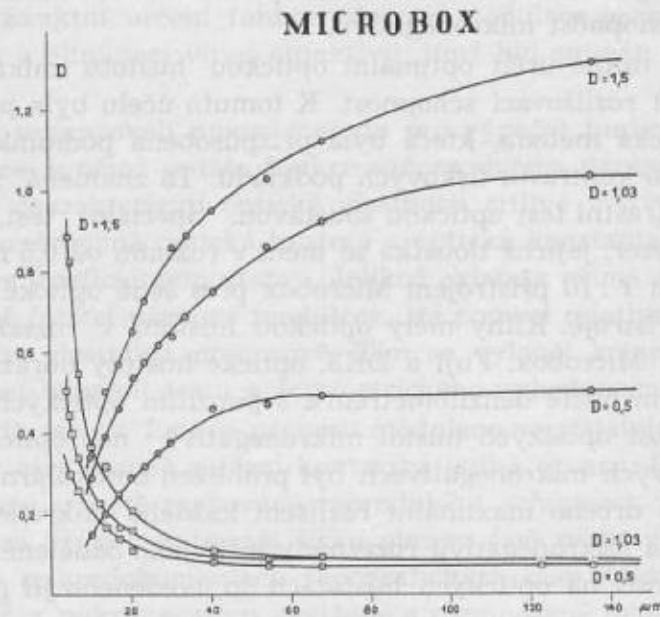


Obr. 1

Na obr. 1 je znázorněna závislost optické hustoty mikronegativu a rozlišovací schopnosti na optické hustotě klínů, a to u filmu Microbox. U tohoto filmu a i u ostatních filmů je z průběhu křivek možné zjistit, že maximální rozlišení se docílí při optické hustotě mikronegativů rovné přibližně hodnotě 1,0. Při snížení nebo zvýšení optické hustoty pod tuto hodnotu nebo nad ni dochází k podstatnému poklesu rozlišovací schopnosti. Na zjištěnou hodnotu optimální optické hustoty nemá vliv ani rozostření objektivu, které způsobí rozmytí optického obrazu a tím i snížení ostrosti a rozlišovací schopnosti fotografického obrazu. Mikronegativy budou tedy vykazovat maximální rozlišovací schopnost v tom případě, budou-li zpracovány na optickou hustotu 1,0. Dosažení této hodnoty je závislé na strmosti použitého filmu, na podmínkách expozice a vyvolání. Strmost mikrofilmu má být maximálně 3,0; vysoce strmý materiál se vyznačuje malým rozsahem expozic lineární reprodukce, a proto vyžaduje exaktní expozice.

Maximálně přípustnou optickou hustotu obrazu detailů, která je ještě reprodukovatelná, lze zjistit pomocí závislosti optické hustoty obrazu detailů na jejich rozměru. K tomuto účelu byl zhotoven čárový test, obsahující čáry a mezery totožné tloušťky jako na topografických

mapách. Test byl snímán přístrojem Microbox při různých expozicích na film Microbox, Fuji, DK 3 a Mikrat 300 v poměru zmenšení 1 : 14,8, čímž se docílilo rozměrů obrazu detailů od 4,0 do 135 mikrometrů. Z mikronegativů byly vybrány ty, jejichž optická hustota byla nejbližší hodnotě 1,0, optické hustoty v ose obrazu čar a mezer byly změřeny mikrofotometrem a vyneseny v závislosti na tloušťce čar a mezer. Z grafického vyjádření této závislosti (obr. 2, film



Obr. 2

Microbox) je zřejmé, že se zvýšením optické hustoty mikronegativů vzrůstá značně optická hustota obrazu čar. Se zmenšující se tloušťkou čar vzrůstá optická hustota jejich obrazu, se zmenšující se tloušťkou mezer klesá optická hustota jejich obrazu.

Z vybraných negativů s optickou hustotou blízkou hodnotě 1,0 byly zhotoveny zvětšeni-ny do původního měřítka na stejném přístroji (při použití téhož objektivu) na fototechnický film, byla vyhotovena tisková deska a obraz testu byl vytištěn ofsetem.

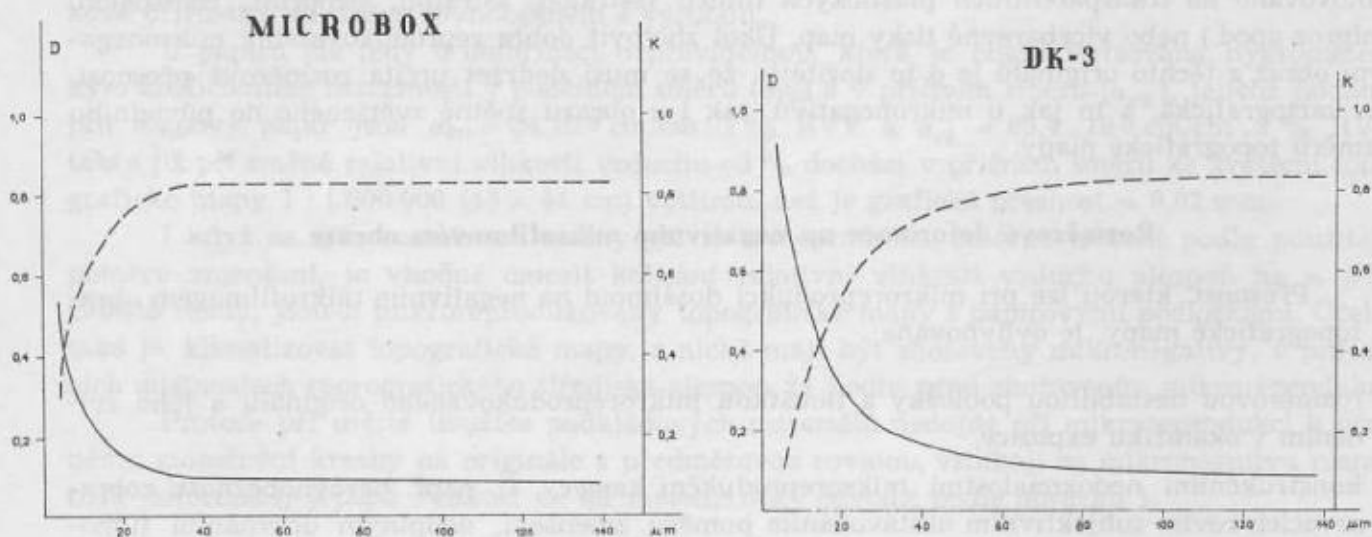
Na výtisku lze vybrat ty čáry, které se ještě zobrazily sytě a nepřerušovaně, a ty me-zery, které na tiskové desce nepřijaly barvu. Z výtisku a křivek závislosti optické hustoty obrazu detailů na jejich rozměru lze vyvodit závěr, že maximálně přípustná optická hustota čar na mikronegativu je přibližně 0,35 a minimální optická hustota obrazu mezer 0,50. Tyto výsledky jsou téměř totožné u všech druhů použitého filmu. Odchyly od těchto hodnot mají za následek, že obrazy čar a mezer na mikronegativu ztrácejí reprodukční schopnost a nemohou být zvětšeny do původního měřítka. Současně byly také získány nejmenší rozměry detailů, které lze ještě zaznamenat na mikrofilm tak, aby si jejich obraz zachoval reprodukční schop-nost. U filmu Fuji je to čára 5 μm, u filmu Microbox a Mikrat 300 čára o tloušťce 7 μm, u filmu DK 3 činí tato tloušťka 17 μm.

U použitých filmů byly dále zjištěny jejich senzimetrické vlastnosti a přibližnou me-todou i funkce přenosu modulace systému objektiv + film. Srovnáme-li křivky závislosti optické hustoty obrazu čar na jejich tloušťce s křivkami závislosti kontrastu na tloušťce čar (obr. 3, film Microbox a DK 3), pak můžeme zjistit minimální kontrast, který je třeba k tomu, aby byl detail daného rozměru ještě schopný reprodukce. Hodnota tohoto minimálního kontras-tu je přibližně 0,50. Na obr. 3 vyjadřuje plná čára závislost optické hustoty na tloušťce čar, přerušovaná čára závislost kontrastu na jejich tloušťce.

Z grafického vyjádření závislosti kontrastu na tloušťce čar (obr. 4) lze zjistit, jaký maxi-mální poměr zmenšení je možné použít při snímání tiskových podkladů topografických map.

Při minimálním kontrastu $K = 0,5$ vychází nejmenší tloušťka čáry u filmu Recordak 5 μm, u filmu Microbox 7,4 μm a u filmu DK 3 17 μm. Na použité mapě má nejtenčí čára

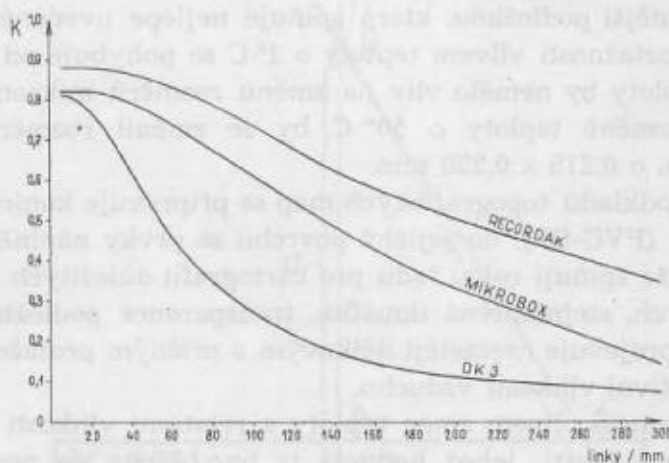
tloušťku $70 \mu\text{m}$; dělíme-li tuto tloušťku výše uvedenými hodnotami (5, 7,4 a 17), dostaneme maximální poměr zmenšení. U filmu Recordak je to 1 : 14, u filmu Microbox 1 : 9 a u filmu DK 3 1 : 4. Tyto poměry zmenšení byly ověřeny při praktickém snímání tiskového podkladu topografické mapy při použití různého stupně zmenšení. Mikronegativy byly pak zvětšeny do původního měřítka na film, zhotovena tisková forma a výřez mapy byl vytištěn ofsetem.



Obr. 3

Veškeré experimentální práce byly uskutečněny za podmínek totožných s podmínkami obvyklými při mikrodokumentaci, tj. za sumárního působení optiky a citlivé vrstvy, kdy výsledný obraz na mikronegativu je ovlivněn rozmytím objektivu a rozmytím vrstvy.

Pro mikrodokumentaci topografických map vzhledem k formátu map a rozměru vyráběných mikrofilmů při použití filmu Recordak, Fuji, Microbox, Mikrat 300, nebo filmů s podob-



Obr. 4

nými mikrosenzitometrickými vlastnostmi, je vhodný pouze neperforovaný 70mm film, který obsáhne při poměru zmenšení 1 : 8 celou mapu včetně mimorámových údajů. Při tomto poměru zmenšení bude u filmu Recordak a Fuji ještě dostatečná rezerva v ostrosti.

Pro rozmnožování topografických map v polních podmínkách jsou přijatelné pouze moderní reprografické metody, a to přímá nebo nepřímá elektrografie.

Výsledky práce dokazují, že mikrodokumentaci topografických map lze realizovat při splnění těch parametrů, které v ní byly stanoveny.

Rozměrové deformace topografických map při mikroreprodukcí a zpětném zvětšení

Při mikroreprodukcí topografických map se zmenšují buď tiskové podklady, nejčastěji zhotovované na transparentních plastických fóliích (astralon, astrafoil, sicoprint, transpalon, viniproz apod.) nebo vícebarevné tisky map. Úkol zhotovit dobře reprodukovatelný mikronegativní obraz z těchto originálů je o to složitější, že se musí dodržet určitá rozměrová přesnost, tzv. kartografická, a to jak u mikronegativů, tak i u obrazu zpětně zvětšeného do původního rozměru topografické mapy.

Rozměrové deformace na negativním mikrofilmovém obraze

Přesnost, kterou lze při mikroreprodukcí dosáhnout na negativním mikrofilmovém obraze topografické mapy, je ovlivňována:

- rozměrovou nestabilitou podložky a tloušťkou mikroreprodukováného originálu a jeho zvlněním v okamžiku expozice,
- konstrukčními nedokonalostmi mikroreprodukční kamery, tj. např. nerovnoběžností zobrazovacích rovin, subjektivním nastavováním poměru zmenšení, neúplným urovnáním filmového materiálu v okamžiku expozice,
- rozměrovou nestálostí použitého citlivého 70 mm dokumentárního materiálu.

Ad a) Rozměrová nestabilita podložek použitých originálů (předloh)

Od materiálů, které se používají jako podkladový materiál pro práce v oblasti geodézie a kartografie, se požadují především dostatečná rozměrová stálost, transparence, určitá jakost povrchu (tvrdost a hladkost) a trvalost proti jevům stárnutí.

Rozměrově nejstabilnější podložkou, která splňuje nejlépe uvedené požadavky, je sklo, neboť koeficient lineární roztažnosti vlivem teploty o 1°C se pohybuje od $8,0$ do $10 \cdot 10^{-6}$ cm/cm, takže ani větší kolísání teploty by nemělo vliv na změnu rozměrů mikronegativu topografické mapy, neboť teprve při změně teploty o 50°C , by se změnil rozměr topografické mapy $1 : 1\,000\,000$, tj. 43×44 cm, o $0,215 \times 0,220$ mm.

Většina tiskových podkladů topografických map se připravuje kopírováním na vinylchloridové směsné polymeráty (PVC-SP), do jejichž povrchu se prvky náplně mapy zaleptávají.

Tyto fólie, i přesto, že splňují celou řadu pro kartografii důležitých požadavků, jako jsou hladký a rovnoměrný povrch, stejnoměrná tloušťka, transparence podložky apod., mají menší rozměrovou stálost, což se projevuje nejčastěji délkovým a příčným protažením nebo smrštěním při změnách teploty a relativní vlhkosti vzduchu.

Velikost těchto deformací vlivem změn teploty a relativní vlhkosti vzduchu charakterizuje lineární koeficient roztažnosti, jehož hodnota je bez ohledu na podélný a příčný směr průměrně $65-78 \cdot 10^{-6}$ cm/cm. 1°C a hygrometrický koeficient roztažnosti v průměru $6-7 \cdot 10^{-6}$ cm/cm. 1% RVV.

Ukazuje se tedy, že pro rozměrovou stálost plastických fólií PVC je nejdůležitější kontrola teploty, neboť při změně teploty o 5°C by rozměr topografické mapy $1 : 1\,000\,000$ vykazoval deformaci $0,204$ mm, kdežto vliv kolísání relativní vlhkosti vzduch je přibližně desetkrát menší, takže by rozměr uvedené topografické mapy při změně relativní vlhkosti vzduchu o 5% vykazoval hodnotu deformace $0,016$ mm, kterou je možno zanedbat.

Naproti tomu u topografických map, které se zhotovují buď na mapový nebo vícegramový ofsetový papír, vyvolávají podstatnější rozměrové deformace těchto papírů nejen klimatické poměry skladovacího prostoru a místnosti zpracování, ale i jejich hygroskopičnost, která způsobuje, že surovinová vlákna pro výrobu papíru (celulózová vlákna) buď přijímají atmosféric-

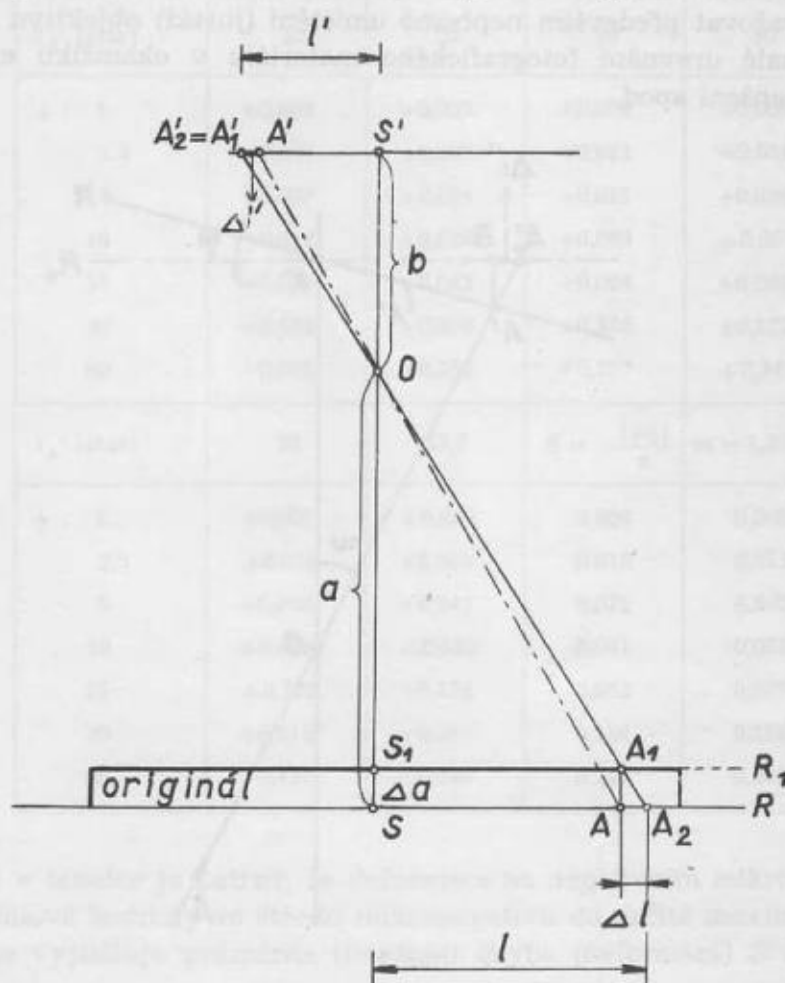
kou nebo okolní vlhkost místnosti nebo svou vlastní vlhkost okolní vlhkosti odevzdávají, což způsobuje jejich bobtnání nebo smršťování.

Vzhledem k tomu, že surovinová vlákna jsou při výrobě papíru orientována většinou rovnoběžně se směrem výroby papíru a jejich smrštění nebo bobtnání jsou větší v průřezu vláken než v jejich délce, budou v tomto smyslu odpovídat i deformace rozměrů papírových archů, tj. délková zvětšení v příčném směru jednotlivých archů papírů budou podstatně větší než délkové přírůstky ve směru rovnoběžném s výrobou.

U papíru jde tedy o deformaci nepravidelnou, která je charakterizována hygrometrickým koeficientem roztažnosti v podélném směru (α_{pO}) a v příčném směru (α_{pR}), jejichž hodnoty pro mapový papír jsou $\alpha_{pO} = 34,10 \cdot 10^{-6} \text{ cm/cm} \cdot 1\%$ RVV a $\alpha_{pR} = 85,4 \cdot 10^{-6} \text{ cm/cm} \cdot 1\%$ RVV, takže již při změně relativní vlhkosti vzduchu o 5% dochází v příčném směru ke zvětšení topografické mapy 1 : 1 000 000 (43 x 44 cm) většinu, než je grafická přesnost = 0,02 mm.

I když se tyto rozměrové změny při mikroreprodukcí úměrně zmenší podle použitého poměru zmenšení, je vhodné omezit kolísání relativní vlhkosti vzduchu alespoň na $\pm 5\%$, zvláště tehdy, jsou-li mikroreprodukovány topografické mapy s papírovými podložkami. Účelné také je, klimatizovat topografické mapy, z nichž mají být zhotoveny mikronegativy, v pracovních místnostech reprografického střediska alespoň 24 hodin před zhotovením mikroreprodukce.

Protože při určité tloušťce podkladových materiálů nedojde při mikroreprodukcí k přesnému ztotožnění kresby na originále s předmětovou rovinou, vznikají na mikronegativu rozměrové deformace, jejichž velikost se dá matematicky odvodit podle obrázku 1.



Obrázek 1

Z podobnosti zobrazovacích trojúhelníků AA_1A_2 , A'_1OS' ; A_2OS , $A'_1S'O$; AA_2O , $A'A_1O$ postupně platí, že

$$\Delta l = \frac{l \cdot \Delta a}{b} ; l' = \frac{b \cdot l}{a} ; \Delta l' = \frac{\Delta l \cdot b}{a}$$

Po matematické úpravě se obdrží vzorec pro výpočet rozměrové deformace na mikronegativu

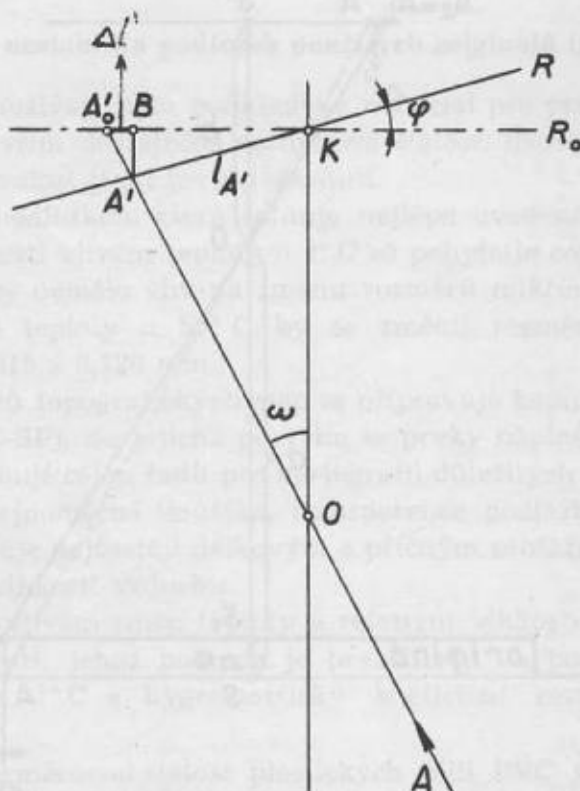
$$\Delta l' = \frac{1}{a} l m \Delta a .$$

Výpočtem podle tohoto vztahu lze zjistit, že se poloviční délka úhlopříčky topografické 1 : 1 000 000, tj. přibližně 300 mm, při poměru zmenšení 1 : 7 zvětší o více než 0,2 mm teprve při tloušťce podložky 0,4 mm.

Stejný matematický vztah se dá odvodit i pro výpočet rozměrových deformací na negativním mikrofilmovém obraze, které vyvolává zvlnění originálu v okamžiku expozice. Zvlnění je způsobeno tím, že vertikální krokové mikroreprodukční kamery nejsou vybaveny k vyrovnání zvlněných předloh během expozice přísavnou transparentní fólií a nebo přísavná zařízení, jsou-li ve vybavení kamery, urovňají zvlněné originály jen s určitou přesností, a to většinou s chybou $\pm 0,02$ mm.

Ad b) Nedokonalosti mikroreprodukční kamery a jejich vliv na vznik rozměrových deformací negativu

Z nedokonalostí mikroreprodukční kamery, které způsobují změnu rozměrů na mikronegativu, je třeba uvažovat především nepřesné umístění (justáž) objektivu v mikroreprodukční kameře, nedokonalé urovnání fotografického materiálu v okamžiku expozice, nepřesné nastavení poměru zmenšení apod.



Obr. 2

Nepřesné umístění (chybná justáž) objektivu v mikroreprodukční kameře

Chybná justáž objektivu v mikroreprodukční kameře se projeví především v nerovnoběžnosti objektivové roviny, které potom spolu svírají určitý úhel φ (viz obrázek 2), čímž dochází ke vzniku deformací v rozměrech mikrofilmového negativního obrazu.

Tuto deformaci lze určit jako rozdíl úseček $\Delta l' = \overline{KA_0'} - \overline{KA}'$, jestliže se bod A z předmětové roviny zobrazí v „ideální“ rovině mikrofilmového obrazu R_0 , tj. při správné justáži objektivu, do bodu A_0' a v reálné obrazové rovině R , tj. při chybné justáži objektivu, do bodu A' . Pro délku úsečky platí KA_0' platí, že

$$KA_0' = KB + A_0'B = l_A \cdot \cos\varphi + A'B \cdot \operatorname{tg}\omega = l_A \cdot \cos\varphi + l_A \cdot \sin\varphi \cdot \operatorname{tg}\omega.$$

Po dosazení do rovnice pro $\Delta l'$ a po úpravě obdržíme, že

$$\Delta l' = l_A \cdot \cos\varphi + l_A \cdot \sin\varphi \cdot \operatorname{tg}\omega - l_A.$$

Protože úhel φ je malý, bude $\cos\varphi = 1$ a $\sin\varphi = \varphi$, takže velikost deformace určuje vztah $\Delta l' = \frac{l_A \cdot \varphi'}{\rho'}$ $\cdot \operatorname{tg}\omega$, podle něhož deformace mikronegativu vzrůstá pro tutéž hodnotu φ , zvětšuje-li se vzdálenost l_A a úhel ω . Pro poměry zmenšení 1 : 7 – 1 : 10 je obrazový úhel $\omega = 26^\circ$ konstantní. Rozměrové deformace vypočtené podle předcházejícího vztahu pro tento obrazový úhel a různé úhly sklonu φ jsou shrnuty do tabulky 1.

Tabulka 1

l_A' (mm)	10	20	30	40
$\varphi : 1$	+0,001	+0,003	+0,004	+0,006
2,5	+0,004	+0,007	+0,011	+0,014
5	+0,007	+0,014	+0,021	+0,029
10	+0,014	+0,029	+0,043	+0,057
15	+0,021	+0,043	+0,064	+0,086
30	+0,043	+0,076	+0,128	+0,172
60	+0,085	+0,152	+0,257	+0,343
l_A' (mm)	50	57,7	$S = \frac{[\epsilon]}{n}$	$m = 1,25 \cdot S$
$\varphi : 1$	+0,007	+0,008	0,004	0,005
2,5	+0,018	+0,021	0,010	0,013
5	+0,036	+0,041	0,021	0,026
10	+0,071	+0,082	0,041	0,051
15	+0,107	+0,124	0,062	0,077
30	+0,214	+0,247	0,124	0,154
60	+0,427	+0,494	0,247	0,309

Z výsledků v tabulce je patrné, že deformace na negativním mikrofilmovém obraze mohou narůstat od nulové hodnoty ve středu mikronegativu do určité maximální hodnoty na jeho okraji, což nejlépe vyjadřuje průměrná (lineární) chyba (deformace) S a střední kvadratická chyba m .

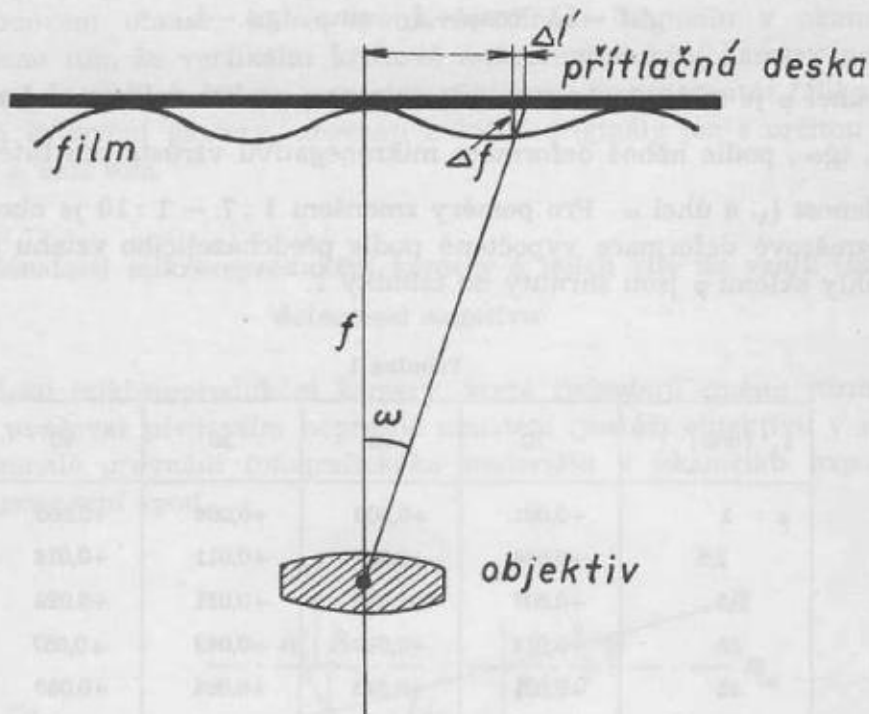
Nedokonalé vyrovnání fotografického materiálu v okamžiku expozice

Vliv nedokonalého vyrovnání fotografického materiálu v okamžiku expozice na rozměrové deformace mikronegativu lze odvodit podle obrázku č. 3, v němž se vždy část povrchu citlivé vrstvy fotografického materiálu neztotožní s obrazovou rovinou.

Podle obrázku lze snadno sestavit výsledný vzorec pro výpočet deformace (chyby) $\Delta l'$ ve vzdálenostech l' : $\frac{l' + \Delta l'}{f} = \frac{\Delta l'}{\Delta f} \Rightarrow \Delta l' = \frac{l'}{f - \Delta f} \cdot \Delta f$.

Protože $\frac{l'}{f - \Delta f} = \text{tg} \omega$, bude $\Delta l' = \Delta f \cdot \text{tg} \omega$.

Jestliže moderní mikroreprodukční kamery s odsávacím zařízením urovňují film v okamžiku expozice s chybou $\pm 0,02$ mm, potom deformace na okraji mikrofilmového obrazového pole (pro úhel $\omega = 26^\circ$) bude: $\Delta l' = \pm 0,01$ mm.



Obr. 3

Pro polovinu negativního mikrofilmového obrazu budou jeho deformace ve vzdálenostech l' nabývat hodnot od 0,0 do $\pm 0,01$ mm, takže průměrná deformace potom bude $S = \pm 0,005$ mm a střední kvadratická chyba $m = \pm 0,006$ mm.

Nepřesné zastavení určitého poměru zmenšení

Zastavování na požadovaný poměr zmenšení se u většiny mikroreprodukčních kamer provádí subjektivním nastavováním pohyblivé rysky, která se ztotožňuje s ryskami pevnými, jež vyznačují poměry zmenšení. Tato skutečnost dovoluje při zastavování určitého poměru zmenšení malé difference, zejména tehdy, budou-li mít tyto rysky odlišnou tloušťku a nepodaří-li se vždy ztotožnit středy uvedených značek, jak to znázorňuje obrázek 4.

Toto nepřesné zastavení, tj. nastavení pohyblivé rysky mimo střed pevné rysky vede k tomu, že se buď zkrátí nebo prodlouží předmětová nebo obrazová vzdálenost pro jednotlivé poměry zmenšení. To potom vyvolává změnu poměru zmenšení a také rozměrové deformace na mikronegativu topografické mapy.

Jak se změní poměr zmenšení (m) tímto nepřesným ztotožněním dvou rysek, lze odvodit derivací vztahu pro poměr zmenšení $m = \frac{b - f}{f}$ podle b , čímž dostaneme vztah $dm = \frac{db}{f}$.

U použité mikroreprodukční kamery Microbox může docházet při nepřesném zastavení ke zkrácení nebo prodloužení výtahu kamery až o hodnotu $\pm 0,11$ mm, což vyvolává změnu

poměru zmenšení $dm = \pm 0,0010476$. Z těchto údajů lze potom určit, že maximální změna rozměru na negativním mikrofilmovém obraze, vyvolaná nepřesným zastavením rysek na poměr zmenšení 1 : 7 až 1 : 10, dosahuje pro poloviční délku úhlopříčky topografické mapy 1 : 1 000 000, tj. 1 = 300 m, až hodnoty $\pm 0,3$ mm, což je hodnota poměrně velká a musí být omezena na co nejmenší míru.

Ad c) Rozměrová nestálost citlivého dokumentního materiálu

Mezi činitele, kteří vyvolávají smršťování nebo prodlužování 70 mm dokumentního fotografického filmu v určitém okamžiku, můžeme zařadit: chemické složení a sílu podložky a citlivé vrstvy, zacházení s filmem při výrobě a při zpracování, podmínky skladování a zejména teplotní a vlhkostní poměry před jeho laboratorním zpracováním a po něm. Vznikající změny rozměrů fotografického filmu jsou buď dočasné (reverzibilní) nebo trvalé (permanentní).

Dočasné změny rozměrů fotografického filmu, vyvolávané kolísáním relativní vlhkosti vzduchu a teploty a trvalé změny v rozměrech triacetátové podložky a citlivé vrstvy, vyvolané zpracováním fotografického materiálu a jeho stárnutím, způsobují pravidelnou celkovou deformaci rozměrů fotografického filmu v podélném a příčném směru, dále nepravidelnou místní deformaci a rozdíly mezi příčnou a podélnou deformací (diferenční srážku).

Podle znalostí těchto deformací se posuzuje rozměrová stálost fotografického materiálu. Proto se před každým použitím fotografického materiálu určují jeho rozměrové změny.

Metody určování pravidelných (systematických) a nepravidelných rozměrových deformací fotografického materiálu vycházejí z toho, že určitá vzdálenost mezi dvěma body na fotografickém materiálu před jeho laboratorním zpracováním má být stejná i po jeho zpracování a usušení. Vlivem výše uvedených rozměrových změn je však vzdálenost mezi uvažovanými body po zpracování fotografického materiálu odlišná.

Rozměrové změny se však neurčují pouze pro jeden libovolný směr, ale nejméně pro dva vzájemně kolmé směry, nejčastěji pro směry pravouhlých souřadnicových os. Tak např. Alexapolský doporučuje k určení deformace fotografického materiálu tento postup: Čtvercová síť na skleněné desce se nakopíruje na zkoumaný fotografický materiál v podmínkách, za jakých má být zpracován a usušen. K určení rozměrových deformací se potom zvolí na čtvercové síti na skleněné podložce v podélném směru např. s úseček stejné délky $l_x (A_1B_1, A_2B_2, \dots, A_nB_n)$



a ve směru příčném z úseček stejné délky $l_y (C_1D_1, C_2D_2, \dots, C_nD_n)$ a porovnají se s délkami odpovídajících úseček (ve směru podélném $l'_{x_1}, l'_{x_2}, \dots, l'_{x_n}$, ve směru příčném $l'_{y_1}, l'_{y_2}, \dots, l'_{y_n}$ na zhotovených filmových kopiích (viz obr. 5).

Nejpravděpodobnější hodnoty deformací fotografického materiálu v podélném a příčném směru se naleznou vyrovnáním zprostředkujících měření podle metody nejmenších čtverců, protože lze pro libovolný pár úseček l_x a l'_x nebo l_y a l'_y napsat vztahy:

$$l_x \cdot \mu'_x = l'_x \text{ a } l_y \cdot \mu'_y = l'_y, \text{ kde}$$

$\mu'_x = 1 + \mu_x$ a $\mu'_y = 1 + \mu_y$, budou-li úsečky změřeny s absolutní přesností.

Protože však úsečky l'_x a l'_y nelze změřit s absolutní přesností, lze sestavit rovnice oprav.

$$\begin{array}{rcl} 1_x \cdot \mu'_x - l'_{x_1} & = & v_{x_1} \\ 1_x \cdot \mu'_x - l'_{x_2} & = & v_{x_2} \\ \vdots & & \vdots \\ 1_x \cdot \mu'_x - l'_{x_s} & = & v_{x_s} \end{array} \quad \begin{array}{rcl} 1_y \cdot \mu'_y - l'_{y_1} & = & v_{y_1} \\ 1_y \cdot \mu'_y - l'_{y_2} & = & v_{y_2} \\ \vdots & & \vdots \\ 1_y \cdot \mu'_y - l'_{y_z} & = & v_{y_z} \end{array}$$

Povůžují-li se hodnoty 1_x a 1_y , určené na etalonu čtvercové sítě za přesné, určí se řešením systému normálních rovnic deformace fotografického materiálu.

Koeficienty v normálních rovnicích

$$[aa] \cdot \mu'_x + [ab] \cdot \mu'_y + [al] = 0$$

$$[ab] \cdot \mu'_x + [bb] \cdot \mu'_y + [bl] = 0$$

se vypočtou z rovnic oprav: $[aa] = s \cdot 1_x^2$, $[ab] = 0$, $[al] = -1_x \cdot [l'_{x_i}]$

$$[bb] = z \cdot 1_y^2, [bl] = -1_y \cdot [l'_{y_i}]$$

Po dosazení těchto koeficientů do systému dvou normálních rovnic se pro určení μ'_x a μ'_y obdrží tyto vztahy:

$$\mu'_x = \frac{[l'_{x_i}]}{s \cdot 1_x}, \quad \mu'_y = \frac{[l'_{y_i}]}{z \cdot 1_y},$$

Nejpravděpodobnější hodnoty relativní (systematické) deformace fotografického materiálu se vypočtou ze vztahů:

$$\mu_x = \mu'_x - 1, \quad \mu_y = \mu'_y - 1$$

Dosazením vypočtených hodnot μ'_x a μ'_y do rovnic oprav se snadno určí hodnoty oprav v a střední kvadratické chyby ($m\mu_x$, $m\mu_y$) deformace fotografického materiálu při váze rovno jedné.

$$m\mu_x (\mu_y) = \pm \sqrt{\frac{[v_x v_x] ([v_y v_y])}{n - k}} \left[1 \pm \frac{1}{\sqrt{2(n-1)}} \right]$$

a střední kvadratické chyby vyrovnaných hodnot μ'_x a μ'_y :

$$m\mu_x = \pm \frac{m\mu'_x}{\sqrt{p_x}}, \quad m\mu_y = \pm \frac{m\mu'_y}{\sqrt{p_y}}, \quad \text{kde } p_x = s \cdot l_x^2, \quad p_y = z \cdot l_y^2.$$

Celková střední kvadratická chyba vyrovnaných veličin se vypočte ze vztahu:

$$m\mu = \pm \frac{[vv]}{n - k}, \quad \text{kde } n = s + t, \quad k = 2.$$

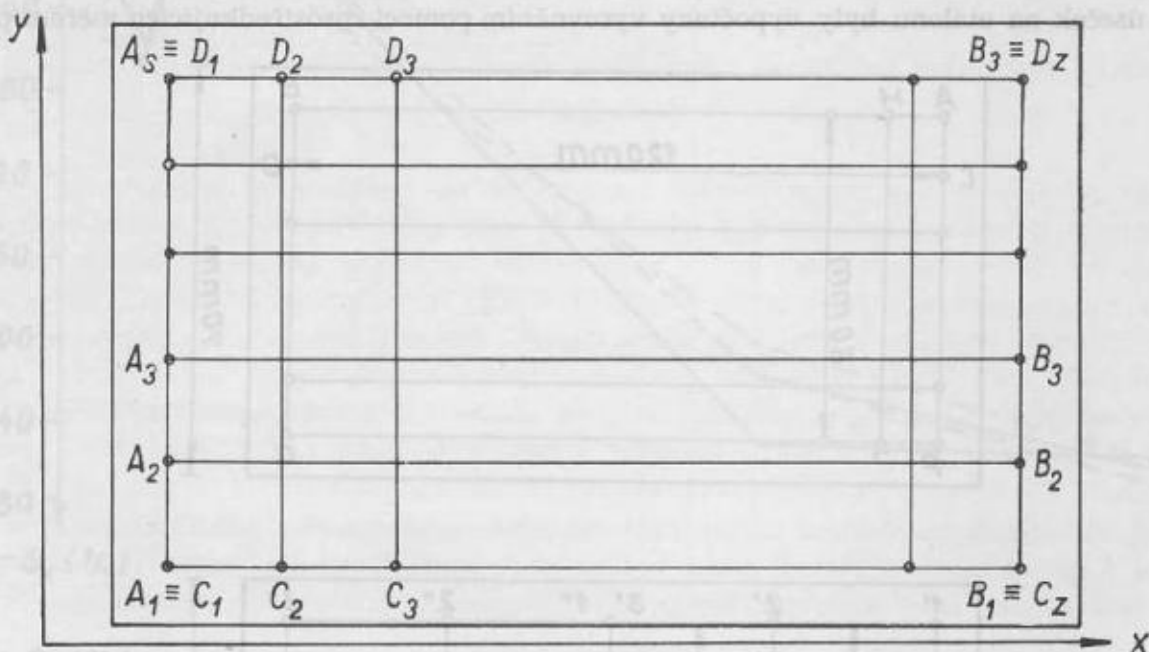
Jiný způsob při zkoumání leteckého filmu volí Fomin se svými spolupracovníky. Podle jeho metody se na etalonu zvolí šest úseček v podélném směru (12, 23, 45, 56, 78, 89) a šest úseček v příčném směru (74, 41, 85, 52, 96, 63) a porovná s odpovídajícími úsečkami (1'2', 2'3', ... 8'9', 7'4', 4'1', ... 6'3') na kopiích, zhotovených na zkoumaném fotografickém materiálu (viz obr. 6).

Z rozdílů úseček ($l'_x - l_x$; $l'_y - l_y$) se určují „koeficienty systematické deformace“ v podélném a příčném směru (S_x , S_y) a rozdíl mezi podélnou a příčnou deformací $S_N = S_x - S_y$, tj. koeficient nerovnoměrné (nepravidelné) systematické deformace, tedy tzv. diferenční srážka.

Kromě uvedených koeficientů systematické deformace určují se ještě hodnoty středních chyb m_x a m_y jako hodnoty nepravidelných místních deformací podle těchto vztahů:

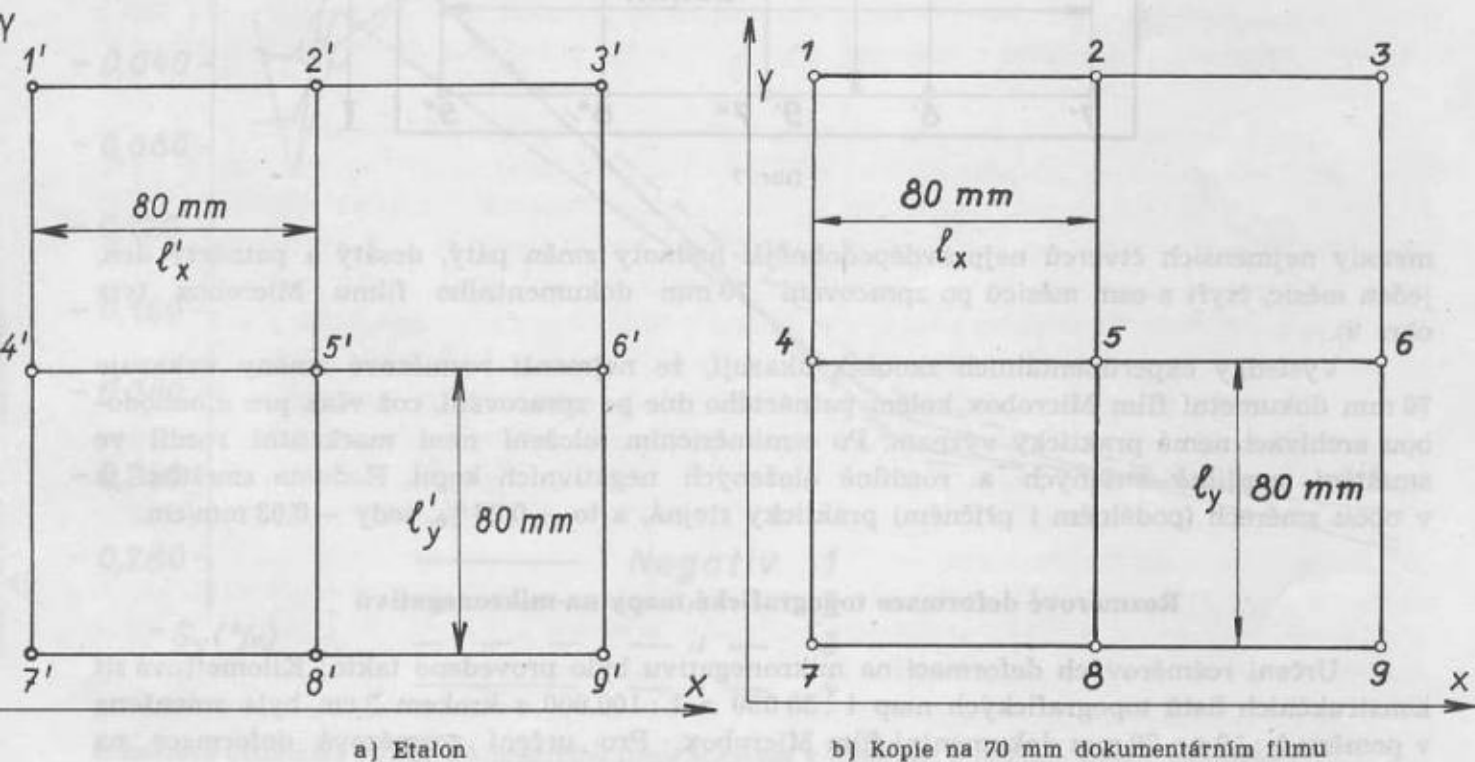
$$m_x = \pm \sqrt{\frac{[\Delta x_i \Delta x_i]}{n-1}}, \quad m_y = \pm \sqrt{\frac{[\Delta y_i \Delta y_i]}{n-1}},$$

kde $x_i = Sx_i - \frac{[S_x]}{n}$ $y_i = Sy_i - \frac{[S_y]}{n}$ a $n = 6, i = 1, 2, \dots, 6$.



Obr. 5

Obě popsané metody byly upraveny pro určení rozměrových deformací 70 mm dokumentního filmu Microbox, pro určení rozměrových deformací na negativním mikrofilmovém obraze a po určení deformací na obraze zvětšeném z mikronegativu.



a) Etalon

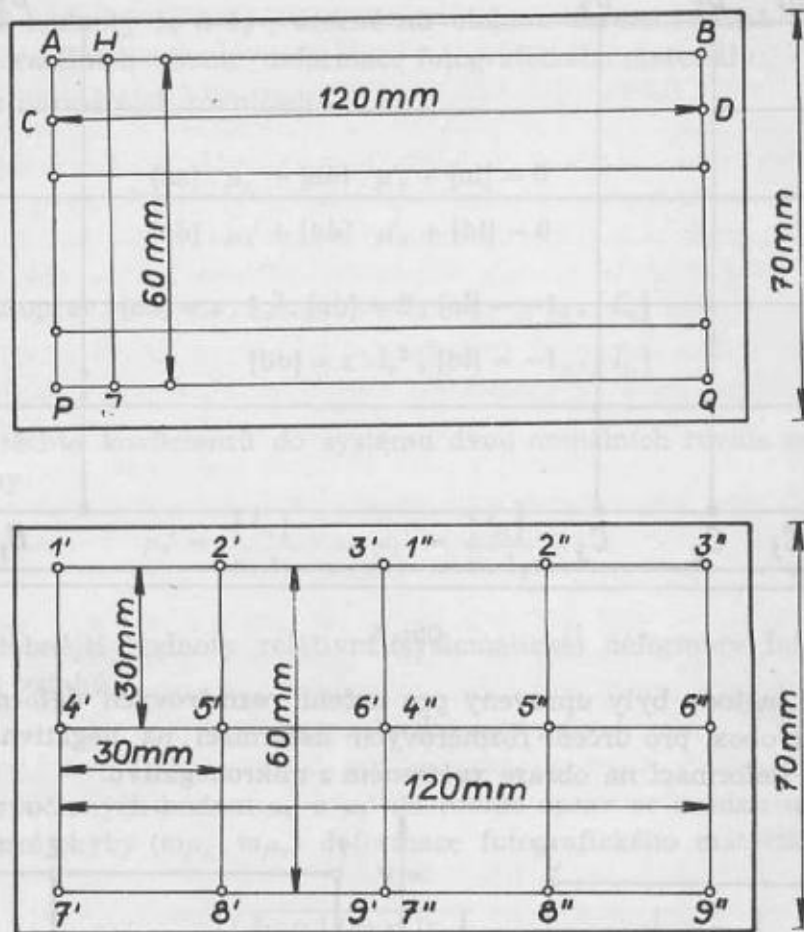
b) Kopie na 70 mm dokumentárním filmu

Obr. 6

Deformace 70 mm dokumentního filmu Microbox

Deformace 70 mm dokumentního filmu Microbox byla stanovena tak, že se nejprve na zkoumaný film nakopírovala část čtvercové sítě skleněné mřížky s krokem 1 cm, takže se po jeho laboratorním zpracování a usušení dvou vzorků volně na vzduchu a dvou vzorků v elektrické sušící skříni získalo na každé kopii ve směru souřadnic x sedm úseček délky 180 mm a devatenáct úseček délky 60 mm ve směru souřadnic y .

Z rozdílů zvolených úseček na negativních kopiích v podélném a příčném směru (viz obr. 7) a úseček na etalonu byly vypočteny vyrovnáním pomocí zprostředkujících měření podle



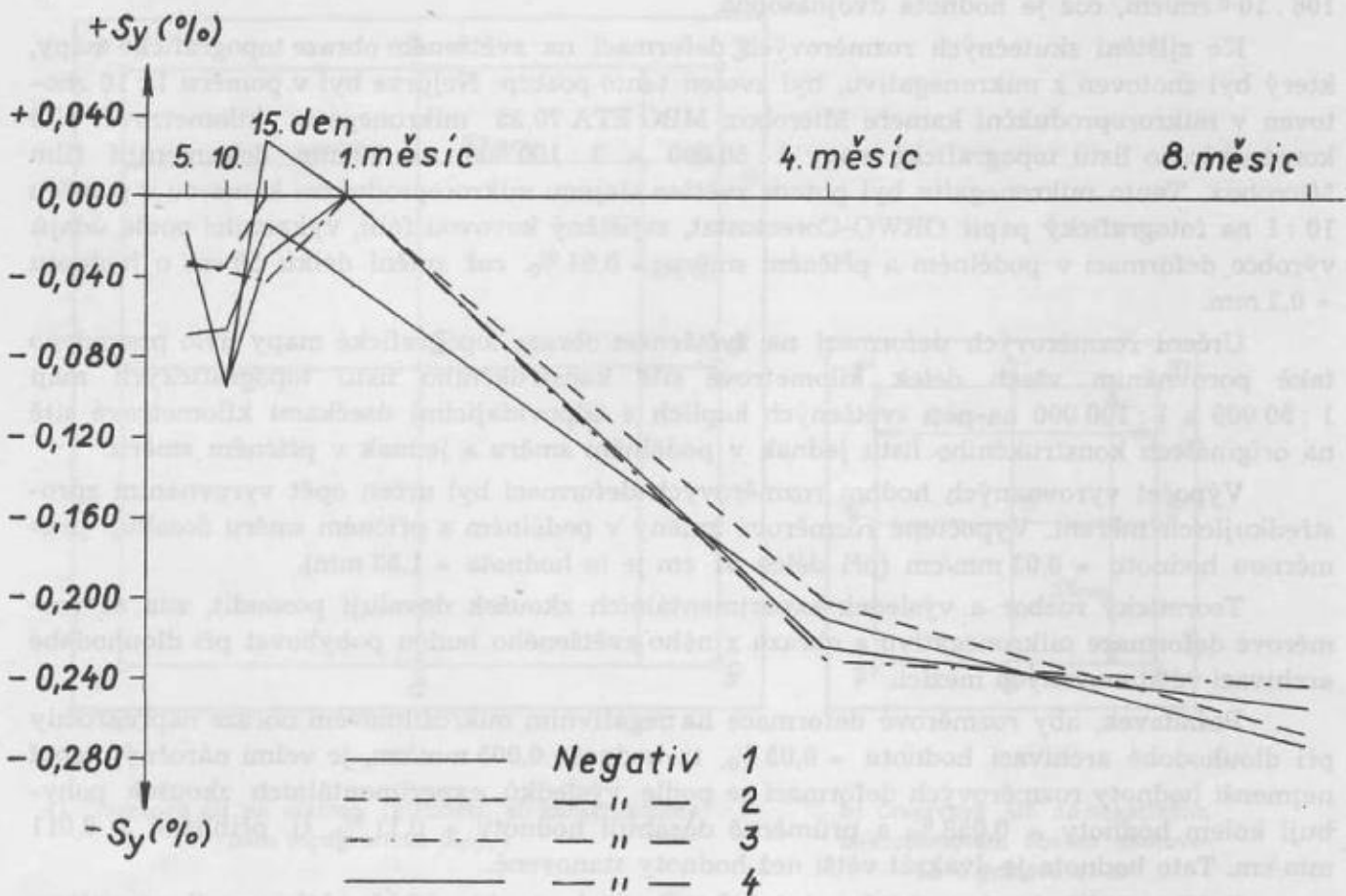
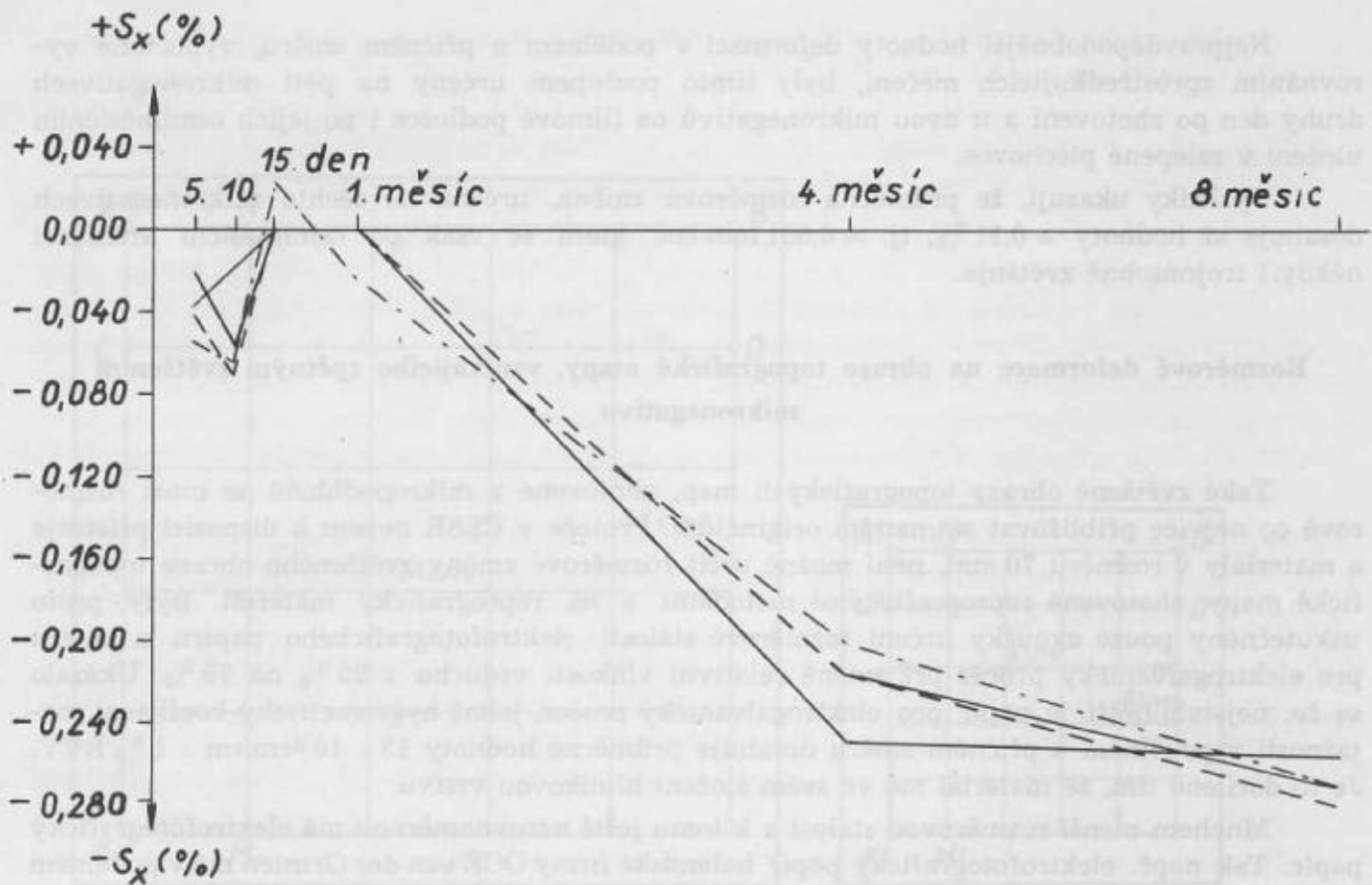
Obr. 7

metody nejmenších čtverců nejpravděpodobnější hodnoty změn pátý, desátý a patnáctý den, jeden měsíc, čtyři a osm měsíců po zpracování 70 mm dokumentního filmu Microbox (viz obr. 8).

Výsledky experimentálních zkoušek ukazují, že nejmenší rozměrové změny vykazuje 70 mm dokumentní film Microbox kolem patnáctého dne po zpracování, což však pro dlouhodobou archivaci nemá praktický význam. Po osmiměsíčním uložení není markantní rozdíl ve smrštění rozdílně sušených a rozdílně uložených negativních kopií. Hodnota smrštění je v obou směrech (podélném i příčném) prakticky stejná, a to $-0,26\%$, tedy $-0,03$ mm/cm.

Rozměrové deformace topografické mapy na mikronegativu

Určení rozměrových deformací na mikronegativu bylo provedeno takto: Kilometrová síť konstrukčních listů topografických map 1 : 50 000 a 1 : 100 000 s krokem 3 cm byla zmenšena v poměru 1 : 10 na 70 mm dokumentní film Microbox. Pro určení rozměrové deformace na mikronegativu byla porovnávána teoreticky vypočtená 1/10 úseček zvolených na kilometrové síti v obou směrech s odpovídajícími úsečkami na mikronegativu (viz obrázek 9).



Rozměrové deformace 70 mm dokumentního filmu Microbox v podélném a příčném směru, vyjádřené v %

Nejpravděpodobnější hodnoty deformací v podélném a příčném směru, vypočtené vyrovnáním zprostředkujících měření, byly tímto postupem určeny na pěti mikronegativech druhý den po zhotovení a u dvou mikronegativů na filmové podložce i po jejich osmiměsíčním uložení v zalepené plechovce.

Výsledky ukazují, že průměrná rozměrová změna, určená na těchto mikronegativech dosahuje až hodnoty $\pm 0,11\%$, tj. $\pm 0,001$ mm/cm, která se však po osmiměsíční archivaci někdy i trojnásobně zvětšuje.

Rozměrové deformace na obraze topografické mapy, vznikajícího zpětným zvětšením mikronegativu

Také zvětšené obrazy topografických map, zhotovené z mikropodkladů se musí rozměrově co nejvíce přibližovat snímaným originálům. Protože v ČSSR nejsou k dispozici přístroje a materiály v rozměru 70 mm, není možné určit rozměrové změny zvětšeného obrazu topografické mapy, zhotovené reprografickými metodami a na reprografický materiál. Byly proto uskutečněny pouze zkoušky určení rozměrové stálosti elektrofotografického papíru a papíru pro elektrogalvanický proces při změně relativní vlhkosti vzduchu z 25 % na 75 %. Ukázalo se že, nejstabilnější je papír pro elektrogalvanický proces, jehož hygrometrický koeficient roztažnosti v podélném a příčném směru dosahuje průměrné hodnoty $13 \cdot 10^{-6}$ cm/cm $\cdot 1\%$ RVV. Je to docíleno tím, že materiál má ve svém složení hliníkovou vrstvu.

Mnohem menší rozměrovou stálost a k tomu ještě nerovnoměrnou má elektrofotografický papír. Tak např. elektrofotografický papír holandské firmy OCE van der Grinten má v podélném směru hygrometrický koeficient roztažnosti $50 \cdot 10^{-6}$ cm/cm $\cdot 1\%$ RVV, ale v příčném směru již $106 \cdot 10^{-6}$ cm/cm, což je hodnota dvojnásobná.

Ke zjištění skutečných rozměrových deformací na zvětšeném obraze topografické mapy, který byl zhotoven z mikronegativu, byl zvolen tento postup: Nejprve byl v poměru 1 : 10 zhotoven v mikroreprodukční kameře Microbox MBO ETA 70,35 mikronegativ kilometrové sítě konstrukčního listu topografické mapy 1 : 50 000 a 1 : 100 000 na 70 mm dokumentní film Microbox. Tento mikronegativ byl potom zvětšen stejnou mikroreprodukční kamerou v poměru 10 : 1 na fotografický papír ORWO-Corectostat, zajištěný kovovou fólií, vykazující podle údajů výrobce deformaci v podélném a příčném směru $\pm 0,04\%$, což změni délku 50 cm o hodnotu $\pm 0,2$ mm.

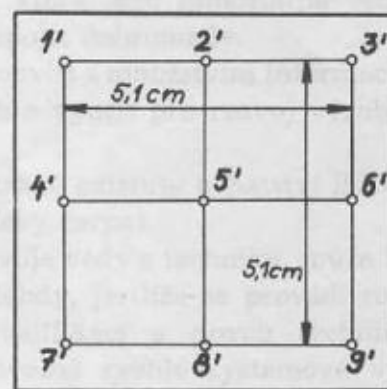
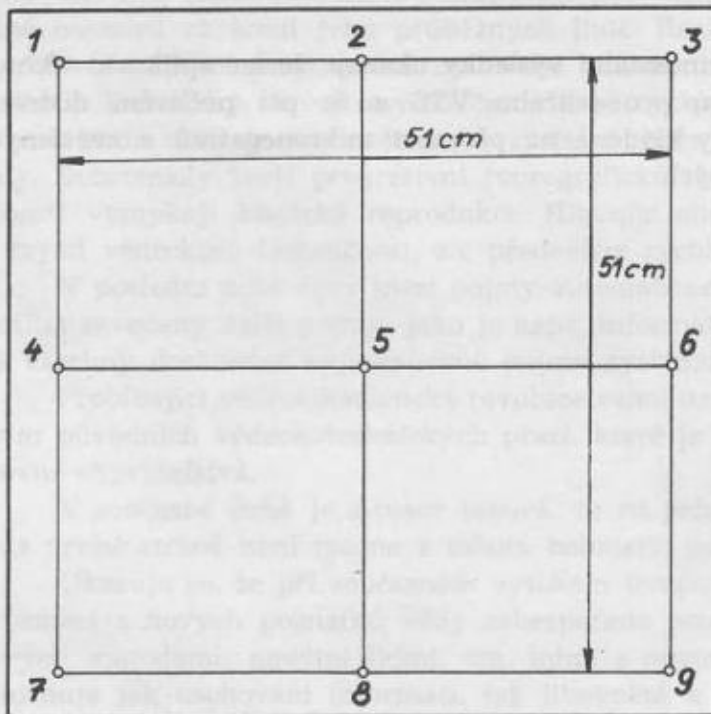
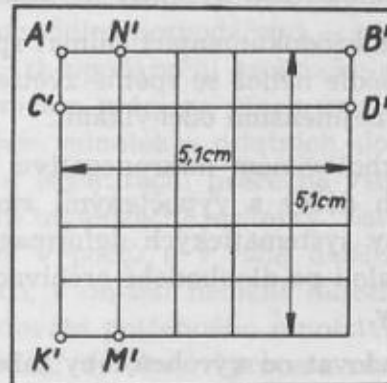
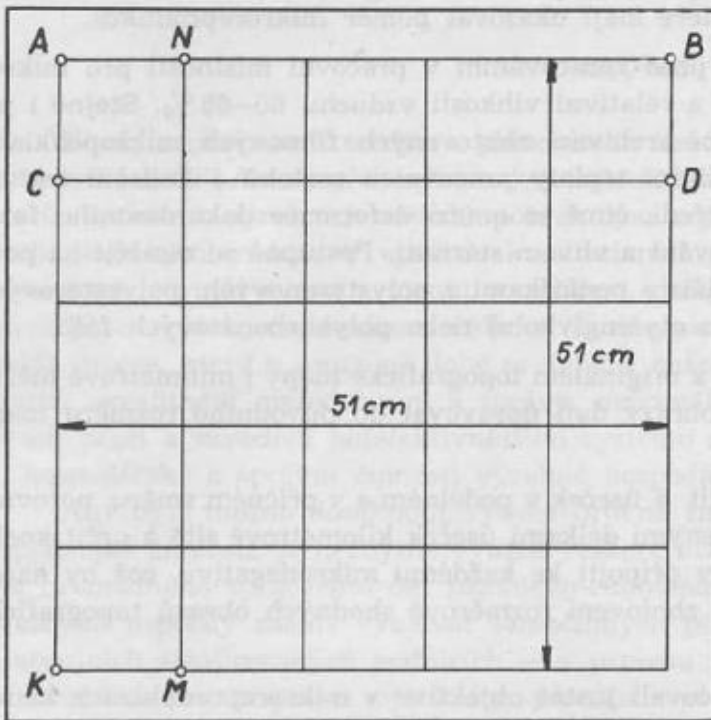
Určení rozměrových deformací na zvětšeném obraze topografické mapy bylo provedeno také porovnáním všech délek kilometrové sítě konstrukčního listu topografických map 1 : 50 000 a 1 : 100 000 na pěti zvětšených kopiích s odpovídajícími úsečkami kilometrové sítě na originálech konstrukčního listu jednak v podélném směru a jednak v příčném směru.

Výpočet vyrovnaných hodnot rozměrových deformací byl určen opět vyrovnáním zprostředkujících měření. Vypočtené rozměrové změny v podélném a příčném směru dosahují průměrnou hodnotu $\pm 0,03$ mm/cm (při délce 51 cm je to hodnota $\pm 1,53$ mm).

Teoretický rozbor a výsledek experimentálních zkoušek dovolují posoudit, zda se rozměrové deformace mikronegativu a obrazu z něho zvětšeného budou pohybovat při dlouhodobé archivaci ve stanovených mezích.

Požadavek, aby rozměrové deformace na negativním mikrofilmovém obraze nepřekročily při dlouhodobé archivaci hodnotu $\pm 0,05\%$, tj. hodnotu 0,005 mm/cm, je velmi náročný, neboť nejmenší hodnoty rozměrových deformací se podle výsledků experimentálních zkoušek pohybují kolem hodnoty $\pm 0,058\%$ a průměrně dosahují hodnoty $\pm 0,11\%$, tj. přibližně $\pm 0,011$ mm/cm. Tato hodnota je dvakrát větší než hodnoty stanovené.

Další požadavek, aby rozměrové deformace na obraze, který byl zvětšen z mikronegativu, nepřekročily hodnotu $\pm 0,7\%$, tedy hodnotu $\pm 0,07$ mm/cm, je splnitelný, neboť experimentálně zjištěné průměrné rozměrové deformace na zvětšených kopiích dosahují jen hodnoty $\pm 0,03$ mm/cm.



a) Čtvercová síť na etalonu (kilometr. síť konstrukčního listu topografické mapy)

b) Čtvercová síť na negativním mikrofilmovém obraze zhotovená v poměru 1 : 10

Obr. 9

K zabezpečení stanovených rozměrových deformací i na mikronegativech je třeba zajistit splnění těchto podmínek:

1. Nastavování poměru zmenšení 1 : 7 – 1 : 10 provádět pomocí automatického zařízení bez subjektivního ztotožňování rysek, které mají ukazovat poměr mikroreprodukce.
2. Uložit 70 mm dokumentní materiál před zpracováním v pracovní místnosti pro mikrofilmování při stálé teplotě 20–21°C a relativní vlhkosti vzduchu 60–65 %. Stejně i při laboratorním zpracování a dlouhodobé archivaci zhotovených filmových mikropodkladů je třeba zabezpečit co nejmenší kolísání teploty pracovních roztoků a kolísání teploty a relativní vlhkosti pracovního prostředí, čímž se omezí deformace dokumentního fotografického materiálu vlivem zpracování a vlivem stárnutí. Postupně se zaměřit na používání dokumentního citlivého materiálu s podložkami z polystyrenových, polyesterových (polykondenzát kyseliny tereftalové a etylénglykolu) nebo polykarbonátových fólií.
3. Při mikrodokumentaci snímat spolu s originálem topografické mapy i milimetrové měřítko, podle něhož se zpětně zvětšené obrazy dají upravovat do původního rozměru mapy s co nejmenšími odchylkami.
4. Na zhotoveném mikronegativu zvolit 6 úseček v podélném a v příčném směru, porovnat jejich délky s vypočtenými zmenšenými délkami úseček kilometrové sítě a určit koeficienty systematických deformací. Ty připojit ke každému mikronegativu, což by napomáhalo i po dlouhodobé archivaci ke zhotovení rozměrově shodných obrazů topografické mapy.
5. Vyžadovat od výrobců, aby zabezpečovali justáž objektivu v mikroreprodukčních kamekách s přesností větší než je $\pm 3'$, která ještě postačuje k zachování ostrosti na mikronegativech.

Teoretický rozbor a dosažené experimentální výsledky ukazují, že lze aplikovat technologii mikrodokumentace topografických map pro potřebu VTS a že při pečlivém dodržení podmínek zpracování lze splnit i požadavky kladené na přesnost mikronegativů a zvětšených kopií topografických map z nich zhotovených.

4. 12. 1969



Reprografie zabezpečuje vysokou úroveň řízení

1. Úvod

Nová, zdokonalená soustava plánovitého řízení se musí plně uplatnit na všech stupních a pracovištích ČSLA a to především zaktivizováním rozsáhlých rezerv v ekonomice vojenských útvarů, ústavů a výrobních závodů pokrokovou organizací výroby, moderními konstrukčními a technologickými metodami, využitím kvalitativních prvků při efektivním využívání materiálně technických zdrojů, surovin, strojů a zařízení, duševní práce, výzkumné a vývojové činnosti a živé práce vůbec, racionalizací řídicích a administrativních prací. Tomuto požadavku odpovídá proces, který v současné době probíhá v našem národním hospodářství — proces racionálního zkvalitnění metod řízení a správy, maximálního zhospodárnění technicko-administrativních prací a zavedení nejefektivnějšího systému organizace práce na všech úsecích technické, hospodářské a správní činnosti výrobně hospodářských jednotek a ostatních složek ČSLA.

Aby bylo možno dosáhnout vysoké úrovně řídicí a organizační práce na všech úsecích hospodářské činnosti, je nezbytné využití veškeré moderní organizační techniky. Zatímco v oblasti hromadného zpracování dat technicko-ekonomických výpočtů a v řadě dalších prací se s velkými úspěchy začíná využívat samočinných počítačů, v oblasti neméně důležité činnosti ve zbrojních strojírenských podnicích — v procesu zajišťování potřebného množství technické dokumentace pro přípravu výrobního procesu a pro vlastní výrobu, v procesu rozmnožování dokumentace a jejího archivování se u nás dosud pracuje zastaralými metodami a většinou s nevyhovující technikou, která neodpovídá potřebám vyspělého výrobního procesu a nevyhnutelné nutnosti zkrácení jeho průběžných lhůt. Racionalizace dnešní techniky reprodukčních a archivních prací musí nutně znamenat změnu organizace a techniky celého dosavadního systému. Technický rozvoj se v současné době rychlým tempem prosazuje i v této oblasti. Vznikla řada nových rozmnožovacích systémů, byly vyvinuty přístroje a nové spotřební materiály. Dohromady tvoří progresivní reprografické techniky, které se svou ekonomickou specifičností vymykají klasické reprodukci. Hlavním cílem mechanizace a automatizace v armádě je zvýšit vědeckost, techničnost, ale především rychlost podávání informací všeho druhu.

V poslední době byly mezi pojmy automatizace, mechanizace, reprografie a aktivní mikrofilm zavedeny další pojmy, jako je např. informatika, která jako samostatné vědní odvětví má všechny dosavadní výjmenované pojmy systémově spojit dohromady.

Probíhající vědeckotechnická revoluce velmi úzce souvisí s množstvím informací a s množstvím původních vědeckotechnických prací, které je možno využít pro rozvoj výroby i životní úrovně obyvatelstva.

V současné době je situace taková, že na jedné straně existuje bohatství lidského ducha a na druhé straně není možno z tohoto bohatství prakticky čerpat.

Ukazuje se, že při současném vysokém tempu rozvoje vědy a techniky, může být využití informací a nových poznatků vědy zabezpečeno pouze tehdy, jestliže se provádí rozpracování novými metodami, novými lidmi, tzn. lidmi s novou kvalifikací a novou technikou, která umožňuje jak uschování informací, tak libovolné a libovolně rychlé systémové vyhledávání pomocí zcela automatizovaných zařízení.

2. Mikrofilmová technika

Velký význam pro zpracování celého komplexu složitých technických úkolů má vývoj optických systémů s velkou rozlišovací schopností a speciálních vysoce citlivých filmových materiálů, a zvláště dlouhodobých paměťových zařízení.

Zařízení s velkou pamětí, která by při poměrně malých rozměrech dovozovala zápis velkého množství informací, vyžadují optimální nositele zápisu, jako jsou: filmy s vysokou rozlišo-

vací schopností, magnetické a termoplastické vrstvy, fotochromické materiály apod. Vybrání nositelé musí mít schopnost uchovávat zapsanou informaci na prakticky neomezenou dobu bez dodatečné dodávky energie na přepis. Nesmějí potřebovat mnoho energie na automatický zápis a na selekci.

Zařízení s malou pamětí (10^{-7} bit), ale s velkou rychlostí třídění, jsou především nutná pro přepracování informací v informačních logických systémech.

V současné době se výsledky zpracování informace v konečném stadiu objevují v té nebo oné formě polygrafického zobrazení. Proto rychlost a operativnost tisku (nebo kopie) závažným způsobem ovlivňuje stupeň efektivnosti celé práce informačního systému.

Klasické metody polygrafie, nakolik jsou graficky dokonalé, pro svou pomalost nemožou řešit dané úkoly. Zde musí nastoupit moderní metody kopírování a tisku, zahrnující celou oblast reprografie.

Ukazuje se, že problémy jsou k řešení zralé, že sice ne všechno, ale značná část práce na poli teorie i praxe byla již vykonána. Ukazuje se rovněž složitost, se kterou se nutně setká každý, kdo bude realizovat systém zpracování informací.

Pro tento účel byly v posledních letech vyvinuty a prakticky zavedeny nové rozmnožovací, archivovací a vyhledávací systémy a prostředky, které splňují všechny požadavky na rychlou, obrazově dokonalou a cenově přístupnou kopii z originálu či z mikropodkladu.

Moderní reprografické metody a zařízení vytvářejí předpoklady pro včasné a vyčerpávající zvládnutí nesmírně narůstajícího množství písemností všeho druhu a stávají se nezbytným prostředkem pro účinné nasazení v oblasti řízení.

Široký sortiment těchto systémů nás nutí rozdělit reprografii na oblast využití mikrofilmové techniky (mikrodokumentace) a na vlastní rozmnožovací systémy.

Mikrofilmová technika zachycuje informace všeho druhu na speciální mikrodokumentační fotografický film. Podle potřeby slouží tento mikrofilm buď pouze ke čtení, nebo k získání zpětné zvětšeniny - kopie. Zpětné zvětšeniny se zhotovují buď s využitím konvenční fotografie nebo pomocí rychlých reprografických rozmnožovacích technik. K získání mikrofilmového záznamu je zapotřebí film s vysokou rozlišovací schopností, obrysovou ostrostití a vhodná mikrofilmovací technika s dalším přidavným zařízením, jako je vyvolávací systém.

V mikrofilmové technice se setkáváme v podstatě se třemi druhy kamer. Pro dokumentaci VTEI byly konstruovány kamery poměrně jednoduché, zabezpečující spolehlivé ofotografování dokumentů do formátu A2. Pro dokumentaci administrativní, kde jde o rychlé mikrofilmování velkého množství písemností do formátu A3, používají se převážně kamery na 16 mm neperforovaný film. Pro tyto účely se užívají většinou automatické šterbinové, průběžné kamery. Pro dokumentaci výkresů existuje řada náročných kamer vybavených pro obtížné pracovní podmínky různými automatizačními prvky zabezpečujícími kvalitní snímky i největších formátů na film 35 nebo 70 mm.

Vyvolání mikrofilmu je možno provádět ručně v jednoduchých vyvolávacích zařízeních, využívá se však ekonomického zpracování ve vyvolávacích automatech, které filmy všech šířek reprodukovatelně zpracovávají. Na světovém trhu je celá řada vyvolávacích zařízení různých systémů.

Mikrofilmová technika se kombinuje s technikou děrnoštítkovou, která umožňuje velmi rychlé třídění a zpracování dat. Nejužívanější jsou děrné štítky, kde část štítku je vymezena pro mikrofilmové poličko. Mikrofilm není statický, nýbrž dynamický organizační prostředek. Úspěšné využití mikrofilmu je nerozlučně spjato s pojmem „aktivní mikrofilm“. Mikrofilmové děrnoštítkové systémy jsou aktivní mikrofilmové systémy, jejichž úkolem je:

- poskytnout lepší a hodnotnější možnosti k dosažení informací všeho druhu,
- umožnit rychlejší, lepší a hodnotnější rozmnožování informací,
- umožnit, rychlejší, lepší a hodnotnější rozdělení informací.

Všechny přednosti včetně úspory místa a bezpečnosti se dají začlenit pod tato hlediska, která by měla stát v popředí všeho plánování a úvah. Východiskem všech mikrofilmových

děroštitkových systémů je 35 mm filmový obraz, spojený se strojovým děrným štítkem. Celkem převládá názor, aby se k děrování použil normální děrný štítek nazvaný „údajový štítek“, protože:

- zhotovení „údajového štítku“ se děje nezávisle na mikrofilmovém děrném štítku,
- chyby v popisu činí nepotřebným pouze „údajový štítek“,
- údajový lístek může zaznamenat dodatečné informace,
- údajový lístek se může použít pro statistická hodnocení, tabulky atd.

Jako hlavní činitel pro zavedení aktivního mikrofilmového systému s mikrofilmovými děroštitky je třeba jmenovat argument, který stojí při dnešním použití mikrofilmu mnohonásobně v popředí: bezpečnost docílenou mikrofilmem. Je samozřejmé, že bezpečnosti archivování se dosáhne téměř běžně jako vedlejšího produktu aktivního mikrofilmového systému. Hodnotu této bezpečnosti přirozeně možno vyjádřit v exaktních číslech.

Největší užitek aktivního mikrofilmového systému s mikrofilmovými děrnými štítky leží v obsáhlé organizaci informací. Mikrofilmovými děrnými štítky mohou být všechny informace k dispozici na všech místech, na kterých jsou zapotřebí, a to včas a vždy po ruce a lze tak zlepšit rozhodujícím způsobem výkonnost, produktivitu a tím i rentabilitu každé organizace.

Nejužívanější štítky pro mikrofilmovou techniku jsou v současné době označeny názvy: MICROSEAL MIL „D“ (pro negativ, diazo i Kalvar-film), FILMSORT STANDARD MIL-D, F nebo R (pro negativ, diazo nebo Kalvar-film), RECORDAK (pro negativ a diazo), RECORDAK-KALVAR (pro Kalvar-film), KARDEX-REMINGTON RAND (pro negativ, diazo a Kalvar-film - totožný s MICROSEAL) a SONICARD (pro diazo a Kalvar-film).

Xerografická technika pracující s negativní předlohou používá většinou štítků MICROSEAL nebo FILMSORT. CAPS-technika používá navíc štítky SONICARD.

V souvislosti se zpracováním štítků s mikrofilmem je třeba zmínit se o duplikaci snímků. Pracujeme-li s negativem, musíme mít zabezpečenou jeho ochranu. Pro tento účel zhotovujeme duplikátní negativ, v současné době všeobecně na diazofilm. Při použití techniky Caps musíme pracovat s pozitivním materiálem. Zde je automaticky ochrana zajištěna. Zásadně každá metoda mikrofilmu a reprodukce z negativního filmu bezpodmínečně vyžaduje existenci bezpečnostního a pracovního archivu. Duplikace negativu se provádí buď v pásu na diazofilm (kopírka OZAKOP firmy KALLE, nebo zařízení van der Griten) nebo duplikací archivního negativního štítku na diazošitky (zařízením fy 3M Uniprinter 086, nebo Microseal Microprinter 200). Exponované diazošitky nebo diazofilm se vyvolávají ve čpavkových parách. Proces je technicky značně náročný, i když je chemicky jednoduchý. Neexponované diazošitky nebo diazofilm mají skladovací dobu maximálně 3 měsíce.

Pro čtení mikrofilmu byla zhotovena celá paleta čtecích přístrojů v nejrůznějším provedení. V současné době převládá názor využívat tuto techniku na nejrůznějších místech lidské činnosti. Pro tento účel jsou vhodnější malé přenosné čtecí přístroje, které podávají zvětšený obraz čitelně a dostatečně kontrastně.

Automatické vyhledávání informací obsažených na mikrofilmu je velmi žádané, ale pro svoje technické parametry neobyčejně nákladné. Příkladem je systém fy KODAK označený jako MIRACODE, který vyhledává potřebnou informaci z 16 mm pásu během velmi krátkého času.

Vyhledávání určité informace se děje pomocí elektronického vyhledávacího zařízení, které je uváděno v činnost na řídicím pultu. Žádaná informace se v krátkém čase dopraví k matnici čtecího přístroje. 30 metrový svitek jednoho mikrofilmu šíře 16 mm obsahuje přibližně 3000 mikrofilmových poliček s příslušnými kódovacími znaky. Při jeho vyhledávání proběhne čtecím přístrojem během 15 sekund.

Kromě systému MIRACODE je vypracován pro jednotlivé snímky na 35 mm filmu francouzský systém FILMOREX a belgický systém fy E. T. I. Filmorex se skládá ze 3 částí: snímací kamery, jež má možnost změny zmenšení v poměru 1 : 4 až 1 : 30, která při expozici automaticky snímá kód napsaný na papírové pásce; dále se skládá z dekodery a z reprodukční-

ho zařízení, ve kterém se na rychle pracující fotografický papír přímo vyhledaná informace exponuje, vyvolává a suší.

Systém E. T. I. označený jako FILESEARCH pracuje na 35 mm filmu v pásu. Vyhledávání záznamů se provádí pomocí magnetické paměti. Snímek se vyhledá a umožní se jeho promítnutí na matnici čtecího přístroje. Podle potřeby provede se zhotovení kopie na rychle pracující fotografický papír. Všechny operace vyhledávání, promítnutí a zhotovení kopie jsou zabudovány v jednom panelu. Tuto dokonalost uvedeného systému pochopitelně uživatel musí zaplatit.

Nejzajímavějším systémem předávání informací je systém fy Remington Rand, označený jako REMSTAR. Je to složitý systém sdělování mikrofilmových dokumentů na 16 mm filmu nebo i z originálu velikosti A4 na dálku. Pracuje na principu televizního přenosu. Počet monitorů, které je možno na vysílací část systému připojit do vzdálenosti zatím 900 m, je až 25. Obraz je jasný, zřetelný a je vysílán z archívního centra, kde je materiál uchováván ve speciálních vyhledávacích skříních. Skříně pro uchovávání originálu jsou označeny jako KARDVEYER, pro mikrofilm LEKTRIVER. Mikrofilm je zasunut do štítků kapsičkovitého typu a v jednom trezoru je místo pro 24 miliónů záznamů. Systém REMSTAR je novinkou ve sdělování informací všeho druhu a bude jistě v budoucnu propracován tak, aby se vzdálenost mezi vysílačem a přijímací jednotkou ještě více zvětšila.

3. Rozmnožovací systémy

Diazotypické rozmnožování patří mezi nejstarší způsoby rozmnožování. Přesto, že se tímto způsobem nerozmnožují všechny druhy předloh, má výjimečné postavení mezi rozmnožovacími systémy, neboť umožňuje kontaktní kopírování velkých formátů, které není umožněno žádnou jinou technikou. Podmínka použití vysoce výkonných zdrojů ultrafialového záření pro kopírování diazotypických materiálů, jako jsou rtuťové výbojky, se v poslední době mění za užití moderního světelného zdroje, kterým jsou reprodukční zářivky bohaté na ultrafialové záření. Změna zdrojů vedla k zjednodušení a vylepšení strojů a v nemalé míře k úspoře elektrické energie. Přesto, že jsou tyto stroje pomalejší, produktivita se neztratila, neboť byly vynalezeny nové citlivější diazotypické materiály, které tento rozdíl vyrovnávají. Tento nový druh zdroje je stavěn jak pro čpavkový, tak pro polosuchý materiál. Novinkou jsou dále automaty zpracovávající až 2500 kopií v hodině (formát A4). Zde je citlivý materiál v zásobníku v arších. Docilovanými rychlostmi se řadí diazotypické rozmnožování mezi velmi rychlé rozmnožovací techniky.

V posledních letech došlo ve světě k rozšíření sortimentu diazotypických materiálů na nejrůznějších nosných podložkách. Citlivost u některých je rozšířena z tradiční ultrafialové oblasti do oblasti fialové a modré. Vysoká citlivost umožnila rozšířit kontaktní kopírování o zvětšování. Tím dostává diazotypie napojení na mikrofilm a nový rozmnožovací systém na svět přivádí firma CAPS-JEFREE. Zvětšování je umožněno křemennou optikou a pochopitelně i vysoce citlivými diazotypickými papíry. Vyrábějí je přední fotochemické továrny v čele s KALLE, OZALID, HAL HARDING s označením RAPID, SUPER nebo SUPERRAPID. Také náš čs. průmysl vyvinul vysoce citlivý papír, který je i v zahraničí vysoce ceněn. Tato skutečnost umožnila u nás zavedení reprodukční techniky CAPS pro rozmnožování výrobní a výkresové dokumentace ve výrobně hospodářských jednotkách.

Termografické rozmnožování nejčastěji vyžaduje pouze jeden ovrstvený papír k vyrobení kopie. Papír není citlivý na světlo, ale reaguje na teplo vyzařované v pracovním prostoru při exponování infračerveným zdrojem. Proto reprodukuje nejvíce černou tikovou barvu, tuše a pásku psacího stroje, málo nebo vůbec ne většinu kuličkových per, razítkovací tuše, barevné tužky, modré a fialové psací inkousty. Je to také nejjednodušší a nejrychlejší rozmnožovací způsob, kde zhotovení kopie formátu A4 trvá 4 vteřiny. Ačkoli kopie mohou vydržet nekonečně dlouho, nedoporučují se na trvalo pro svoji i dodatečnou citlivost k teplu a tendenci zesvětlení. Pro tento druh rozmnožování jsou konstruovány průběžné i stacionární kopírky. Je to především známá firma 3M, která v několika modelech zásobuje světový trh. V současné době se

získává přístrojová technika pro termografické rozmnožování, jekož i spotřební materiál dovozem z kapitalistické ciziny.

V ČSSR byl však také vyvinut přístroj i materiály pro tento způsob kopírování. Přístroj je označen názvem ASTRATHERM a bude vyráběn ke konci roku 1971. Z ostatních LDS vyrábí tuto techniku Polsko (typ TR-4), SSSR (model Termokopír) a Bulharsko (INFRA).

V nedávné době podařilo se zdokonalit přípravu tiskové matrice pro lihové rozmnožování. Bylo to umožněno kombinací termograficky kopírované matrice s normálním lihovým rozmnožovačem. Jsou to známé firmy ORMIG, REX ROTARY, KORES, které doplnily svůj výrobní program o termografické průběžné přístroje. Z takto připravené matrice je možno rozmnožit až 120 tisků.

Proces difúzního přenosu byl před nástupem elektrostatických rozmnožovacích technik velmi rozšířen. Tento kopírovací proces umožňuje provedení kopií též reflexním způsobem, a proto je schopen rozmnožit jakoukoli předlohu, ovšem omezeného formátu. Pro kancelářskou praxi se vyrábějí průběžné typy, jakož i přístroje pro kopírování z knih. Ke zhotovení tiskových ofsetových desek pro rozmnožování na maloformátových ofsetových strojích jsou pak konstruovány kopírky s vakuovým systémem.

V LDS vyrábí tuto techniku MLR pod názvem DOKUFO pro formát A4 a A3, které umožňuje i kopírování z knih. Fotosenzitivní papír pro difúzní proces se skládá z negativu a pozitivu. Místo pozitivního papíru může být kopie zhotovena na průsvítce, fólii nebo hliníkové kovolisty. Fotokopírovací papíry se vyrábějí v různých gradacích. Je nutno zaznamenat, že zavedení tzv. multikopírovacích papírů firmou AGFA umožňujících zhotovení více pozitivních kopií z jednoho negativu se neprosadilo. Daleko lepší vyhlídky na zavedení má nový fotokopírovací papír označený jako „DRY“. Kopie zhotovená na tomto materiálu je pouze jednostranná a mírně vlhká. V LDS se vyrábí fotokopírovací papír. V ČSSR je označen názvem FOMACOPY. Z ostatních států jej vyrábí NDR a MLR.

Stabilizovaný fotografický systém je podobný fotografickému procesu, ale je mnohem jednodušší, hlavně rychlejší. Pro negativ i pozitiv je zapotřebí jen jeden druh papíru. Vyvolávání, ustalování a praní je zahrnuto do dvou procesů rychle po sobě následujících, tj. projití exponovaného papíru nejdříve roztokem aktivátoru a pak roztokem stabilizátoru. Vyvolávání se děje v průběžném elektrickém přístroji. Značnou vyvolávací rychlost umožňují vyvolávací substance, které již obsluhuje emulze fotografického papíru. Vyvolávání nastane takřka ihned. Stabilizace obrazu je výrobcí limitována dobou cca 9 měsíců. Po této době může dojít ke žloutnutí kopií. Aby se trvanlivost kopií vyrovnala normálním fotografickým kopiím, doporučuje se i dodatečné ustálení a vypírání.

Vyvolávací přístroje se vyrábějí pro všechny formáty. Některé mají v panelu viditelně umístěné nádoby s aktivátorem a stabilizátorem. Doba vyvolávání formátu A4 po kratší straně je 6 až 8 s. Vlhká kopie však vyžaduje delší schnutí než kopie z difúzního procesu. Typickým přístrojem je výrobek fy POLYFAX, ILFORD, AGFA-GEVAERT, MICROBOX, DOKUPHOT apod. Některé firmy vkládají rychlovyvolávací přístroje do svých systémů, se kterými tvoří uzavřený výrobní celek. Jsou to např. systémy fy KODAK, ALOS, E. T. I. apod.

Elektrografické rozmnožování je založeno na fotopolovodičích, které se v posledních letech uplatnily v nejprogresivnějších reprodukčních technikách. Elektrofotografie označená často jako xerografie představuje proces založený na selektivním vybití rovnoměrně nabitě selenové vrstvy účinkem světla. Fotopolovodiče se všeobecně vyznačují vysokým odporem ve tmě, avšak jejich vodivost působením světla rychle stoupá. Tato vlastnost umožňuje vytvoření latentního elektrostatického obrazu. Podstatným rozdílem těchto materiálů v porovnání s konvenčními fotografickými vrstvy je ta okolnost, že se stávají citlivými ke světlu teprve po nabití. Zviditelnění obrazu se provádí např. kaskádovým vyvoláváním založeným na triboelektrickém efektu. Třením nosiče získá barevný prášek náboj obrácené polarity než je latentní elektrostatický obraz na exponované desce. Prášek přilne na desku a z ní je přenesen na papír nebo na hliníkový kovolist. Polovodičem bývá zpravidla selen.

Principiálně stejně se získá obraz **systemem elektrofax**, což je technika elektrostatického tisku. Kopie (tisk) je zhotovena přímo na polovodiči naneseném na nosné podložce (obvyčejně papíru). Polovodičem je většinou kysličník zinečnatý (ZnO) a v poslední době též některé organické sloučeniny.

Elektrostatické rozmnožování dosáhlo v posledních dvou letech obrovského rozmachu. Je umožněno především tím, že byly vyvinuty přístroje, které pracují velmi rychle, čistě i levně. Elektrostatické rozmnožovací přístroje mají většinou kapalinové vyvolávání, přičemž kopie vychází z přístroje zcela suchá. Barvivo je zde suspendováno v kapalině. Při suchém vyvíjení využívá se tzv. magnetického kartáče. Barvivo je smícháno s železným prachem a po nachytání na místech kresby se fixuje tepelně. U většiny těchto přístrojů se pracuje rychlostí 6–8 kopií za minutu. Přístroje jsou většinou průběžné, některé mají nástavce na kopírování z knih. Kopie jsou buď stejné velikosti, nebo se z originálu reprodukuje ve zmenšeném formátu. Starší typy jsou manuální, novější poloautomatické, případně plně automatické. U těch je možno zvolit potřebný počet kopií, a pokud zásobník není vyčerpán, zhotovuje přístroj kopie sám. Velkou výhodou některých elektrostatických rozmnožovacích přístrojů je možnost použití kopie pro rozmnožování na moloformátových ofsetových strojích. To umožňují všechny systémy se suchým vyvoláváním, jako např. BRUNING 2000, 2000 R, 2100, ALPINA, APECO - DIAL-A-COPI, IWASAKI-ELEFAX 1000, a ze systému s kapalinovým vyvoláváním např. A. B. DICK v obou typech a všechny přístroje, které používají papír OZALID (např. OCÉ 1400, DENISON, OLIVETTI II, OLYMPIA, všechny typy SCM, METOGRAPH), APÉCO, NASHUA, ECE a OCÉ.

Elektrostatické rozmnožovací přístroje pracující na principu **xerografie** jsou doménou fy RANK XEROX. Od prvního deskového typu označeného jako 1385, který pracoval rychlostí jedné kopie A4 za cca 3 minuty, se rychlost kopírování zvýšila zavedením rotačních typů. Byla vyrobena řada těchto přístrojů pro kancelářské rozmnožování a čísla u typů udávají počet tisků za hodinu. Jsou to: 660 (dříve 813), 420 (dříve 914), 720, 2400 a 3600. První typ exponuje průběžně, další umožňují kopírování i z knih. Kromě těchto kancelářských typů existují velké xerografické stroje s označením COPYFLO, které se svou produkcí blíží některým polygrafickým rozmnožovacím strojům. Pracují většinou z mikrofilmu (negativu), jako např. COPYFLO 1 A a COPYFLO 5 BC. První typ zvětšuje z 16 mm a 35 mm filmu na papír šíře 33 cm ve zvětšení 7,5násobném až 28násobném. Druhý typ zvětšuje z 35 mm filmu na papír o šíři 66 cm ve zvětšení 14,8násobném až 21násobném. Uvedenou řadu doplňuje typ 1824 SU a U, který zvětšuje z 16 mm a 35 mm filmu na formát A2.

Dříve již uvedený typ 1385 byl podkladem pro konstrukci odvozeného xerografického přístroje polské výroby označeného názvem PYLORYS.

V současné době vyrábí také SSSR celou řadu rozmnožovacích přístrojů, pracujících na principu xerografického rozmnožování. Analogií přístrojů RANK-XEROX 1385 a PYLORYS KS-2 a KS-4 jsou přístroje řady ERA: ERA-M, ERA-2, ERA-11KM a 12PM. Dalším deskovým přístrojem je VEGA 66, ELEKTROFILM, ELEKTROFOT a ELEKTROGRAF. Rotační přístroje jsou souborně označeny názvem REM: REM 420/600, REM-300 K, REM-600 K, 200KL, 400 M, 620 a 400 KL. Přístroje ERA-M, Elektrofilm, REM-600 K a VEGA 66 budou již v průběhu roku 1971 do ČSSR dováženy.

4. Závěr

Výčet reprografických technik v přehledu ukazuje na množství systémů, které se nabízejí k využití v oblasti řízení, výroby, automatizace a archivace. Aby bylo možno dosáhnout vysoké úrovně řídicí a organizační práce na všech úsecích hospodářské činnosti v ČSSR v době co nejkratší, byl v roce 1966 zřízen Poradní sbor pro rozvoj reprografie při bývalém ministerstvu těžkého průmyslu, který v souvislosti s reorganizací našeho hospodářství byl nahrazen od 1. 7. 1969 Komitétem pro rozvoj reprografie při ministerstvu průmyslu ČSR. Práce Komitétu dává záruku, že reprografie nalezne uplatnění v průmyslu, správě i ve všech dalších oblastech národního hospodářství a i v ČSLA.

Literatura:

- Frank Otto: Die Kopier- und Vervielfältigungstechnik
Frank Otto: Die Mikrofilmtechnik
Frank Otto: Die Lichtpaustechnik
Clark: Xerography, 1967
Michajlov A. I.: Osnovy informatiki, 1968
Fridkin V. M.: Fizičeskije osnovy elektrofotografičeskogo procesa, 1969
Büromaschinen Lexikon 1965/66, 1966/67, 1967/68, 1968/69 1969/70
Metody i sredstva kopirovanija dokumentov, 3/1966
Informacionno-Poiskovyje Systemy i avtomatizirovannaja obrabotka Naučno-Techičeskoj Informacij, 1.—4. dlj, 1967
I. mezinárodní kongres pro reprografii v Kolíně 1963
II. mezinárodní kongres pro reprografii v Kolíně 1967
Sborník přednášek z 1. čs. symposia o reprografii 1968

Mezinárodní symposium geodetických služeb socialistických zemí o elektronických dálkoměrech

V říjnu 1970 se konalo v Praze symposium o elektronických dálkoměrech, jehož se kromě ČSSR zúčastnily delegace BLR, MLR, NDR, PLR, RSR a SSSR.

Na symposiu byly projednány následující problémy stanovené na předcházejícím symposiu v r. 1967 ve Varšavě (viz VTO čís. 2/1968):

1. Zpřesnění fyzikální redukce délek měřených elektronickými dálkoměry a určení integrální hodnoty indexu lomu. Po podrobné diskuzi k tomuto problému se doporučuje věnovat pozornost:
 - a) atmosférickým modelům pro vrstvy blízké povrchu Země. Z údajů meteorologických pozorování, pokud jsou v jednotlivých zemích k dispozici, lze na základě matematicko-statistického studia rozložení indexu lomu a jeho časové změny stanovit pravděpodobný atmosférický model pro danou dobu a rajón. Tento atmosférický model se použije pro fyzikální redukci místo pouhé průměrné hodnoty meteorologických prvků určovaných na koncích měřené vzdálenosti;
 - b) dispersní metodě pro určení integrální hodnoty indexu lomu. Podstata dispersní metody spočívá v tom, že při měření vzdálenosti na dvou různých vlnových délkách vzniká diference v délce, jejíž velikost je závislá také na skutečné hodnotě indexu lomu podél celé visury. Pro praktická měření je třeba vyvinout vhodnou aparaturu, přičemž má být uvažováno o spojení obou funkcí v jednom přístroji, tj. měření disperse i vzdálenosti.
2. Snížení vlivu odrazů rádiových vln na přesnost měření rádiovými dálkoměry.

Z referátů vyplynulo, že jsou dostatečně teoreticky zdůvodněny a statisticky prověřeny metody analytického i grafického určení oprav z reflexních vlivů při měření vzdáleností rádiovými dálkoměry. Použití rádiových dálkoměrů s 3 cm pásmem dovoluje značné snížení vlivu odrazu na přesnost měření ve srovnání s 10 cm pásmem. Využití rádiových dálkoměrů 3 cm pásma a především 10 cm pásma v tunelech, v uzavřených nebo polouzavřených prostorech v důsledku silných reflexních jevů je značně ztížené a v řadě případů neuskutečnitelné.
3. Metodika určování přístrojových oprav a provádění přístrojových kontrol u elektronických dálkoměrů.

Zúčastněné geodetické služby používají v podstatě shodnou metodiku přístrojových kontrol, která zahrnuje komparaci modulačních frekvencí, ověření přístrojové konstanty na geodetické základně a kalibraci fázoměrné stupnice (na geodetické základně).

Kromě uvedené problematiky byli účastníci seznámeni s novými typy elektronických dálkoměrů. Byl předveden malý světelný dálkoměr fy Zeiss Jena „EOK 2000“, který svými parametry je mimořádně vhodný pro práce ve velkých měřítkách a pro speciální geodetické práce.

Symposium doporučilo zaměřit se v dalším vývoji na konstrukci malého světelného dálkoměru spojeného s teodolitem a vybaveného případně automatickou registrací naměřených hodnot.

Na symposiu bylo předneseno 29 referátů. Referáty jsou k dispozici v ruštině (případně v němčině) v odborné knihovně VZÚ.

M a r t i n á k