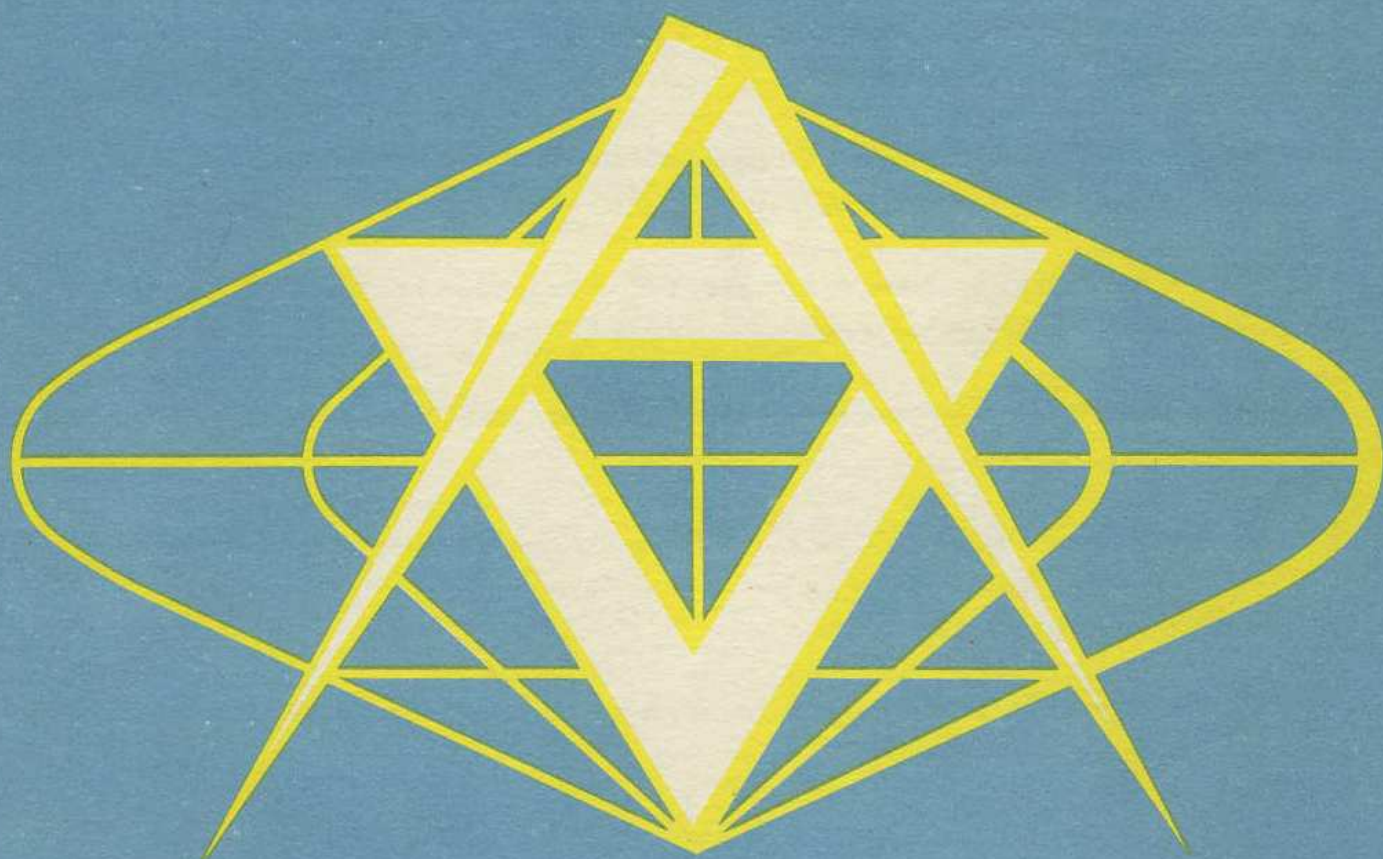


**SBORNÍK
TOPOGRAFICKÉ
SLUŽBY
MNO**



**VOJENSKÝ
TOPOGRAFICKÝ OBZOR**

2/77

OBSAH

	Strana
Plk. ing. Vladimír Vahala, CSc.: Odvození parametrů referenčních elipsoidů pro jednotlivé kontinenty z družicových a pozemních údajů	1
<i>Recenzent: ing. Milan Burša, DrSc.</i>	
Mjr. ing. Drahomír Dušátko, CSc.: Informace o vývoji a současném stavu globálních geodetických systémů v armádě Spojených států	14
<i>Recenzent: pplk. ing. Jaroslav Prachař, CSc.</i>	
Pplk. ing. Dalibor Vondra, CSc., ing. Jan Pokorný: Příspěvek k problematice tvorby jednodušších digitálních modelů terénu	20
<i>Recenzent: doc. ing. Lubomír Lauermann, CSc.</i>	
Pplk. ing. Josef Franěk, CSc.: K přesnosti fotogrammetrického zhušťování metodou VAAZ	35
<i>Recenzent: pplk. ing. Radlm Kudělásek, CSc.</i>	
Pplk. ing. Josef Franěk, CSc.: Eliminace chyb při analytické aerotriangulaci metodou VAAZ	47
<i>Recenzent: pplk. ing. Radlm Kudělásek, CSc.</i>	
Mjr. ing. Bohuslav Haltmar: Perspektiva rozvoje ofsetového tisku v ČSSR	63
<i>Recenzent: pplk. ing. Karel Havlín</i>	
Pplk. ing. Otakar Krásný: Optimalizace počtu, velikosti a rozmístění zásobovacích míst podle zadaných kritérií	69
<i>Recenzent: plk. ing. František Miklošik, CSc.</i>	
Mjr. ing. Libor Filipský: Digitalizace záznamových křivek	78
<i>Recenzent: npr. RNDr. Jaroslav Fiedler</i>	

SBORNÍK TOPOGRAFICKÉ SLUŽBY MNO

VOJENSKÝ TOPOGRAFICKÝ OBZOR

Č I S L O
1 9 7 7 2

Plk. ing. Vladimír V a h a l a, CSc.

ODVOZENÍ PARAMETRŮ REFERENČNÍCH ELIPSOIDŮ PRO JEDNOTLIVÉ KONTINENTY Z DRUŽICOVÝCH A POZEMNÍCH ÚDAJŮ

Ú v o d

Ve Vojenském topografickém obzoru č. 1/1974, viz [6], jsme se zabývali určením parametrů obecného zemského geocentrického elipsoidu, vhodného pro řešení úloh v rozsahu celého zemského tělesa.

Mnohé úlohy se však často řeší pouze na kontinentech; z toho důvodu je účelné znát i nejvhodnější parametry místních elipsoidů, které by se nejlépe přimykaly k částem geoidu v rozsahu jednotlivých kontinentů. Kromě toho parametry nejvhodnějších místních elipsoidů vyjadřují celkový charakter plochy geoidu v příslušné oblasti a jsou tudíž významné i pro řešení úloh vědecké geodézie a geofyziky.

Řešení problému provedeme ve dvou základních koncepcích:

V první budeme polohu středu odvozovaného elipsoidu definovat předem, a to tak, že je totožná s polohou hmotného středu zemského tělesa; půjde tedy o parametry elipsoidů geocentrických.

V koncepci druhé nebude poloha středů odvozovaných elipsoidů *à priori* dána a bude spolu s rozměrovými parametry místních elipsoidů předmětem určení.

1. Určení parametrů nejvhodnějších elipsoidů pro jednotlivé kontinenty
s danou polohou jejich středů v geocentru

Vymezení oblastí jednotlivých kontinentů pro řešení dané úlohy je patrné z přílohy 1. Výchozími podklady jsou výšky geoidu $\zeta_{i0-1,2,3}$ nad přijatým geocentrickým elipsoidem pro jednotlivé kontinenty, při čemž výšky

ζ_{i0-1} jsou určeny z družicového pozorování,

ζ_{i0-2} jsou určeny z pozemního měření,

ζ_{i0-3} jsou určeny z kombinace družicových a pozemních údajů

a jejich průběh v rozsahu celého zemského tělesa je uveden v [6, příl. 14, 13, 15] Schématický přehled výšek $\zeta_{i0-1,2,3}$ je uveden v [6, příl.16]; odtud byly vyjmuty hodnoty ζ_{i0-1} , ζ_{i0-2} a ζ_{i0-3} . Prostor oceánů a moří nebyl uvažován.

Rovnice oprav pro odvození rozměrových parametrů místních elipsoidů a, α /velká poloosa, zploštění/, resp. jejich korekcí $\Delta a, \Delta \alpha$, byly již uvedeny v [6, rovnice (6) - (14)]. Rovněž teorie hodnocení přesnosti řešení úlohy byla aplikována podle výkladu v práci [6].

V každém jednotlivém případě bylo řešení uskutečněno ve třech variantách: ① z družicových pozorování, ② z pozemního měření a ③ ze spojení obou pozorování.

Výpočty byly provedeny metodou přímou, viz [2]. Přehled všech výsledků řešení obsahuje příloha 2, v níž použitá symbolika znamená:

a_0, α_0 - parametry výchozího geocentrického elipsoidu

$$/a_0 = 6\,378\,139 \text{ m}, \alpha_0 = 1:298,258 = 0,003\,352\,80/,$$

$\Delta a_0, \Delta \alpha_0$ - opravy parametrů výchozího geocentrického elipsoidu,

a', b', α' - parametry odvozovaného elipsoidu

$$/a' = a_0 + \Delta a_0, \alpha' = \alpha_0 + \Delta \alpha_0/,$$

m_0 - jednotková střední chyba,

$m_{\Delta a_0}$ - střední chyba veličiny Δa_0 ,

$m_{\Delta \alpha_0}$ - střední chyba veličiny $\Delta \alpha_0$.

Z přílohy 2 lze především konstatovat, že parametry jednotlivých elipsoidů, odvozených jednak jen z družicových údajů /varianta ①/ a jednak jen z údajů klasických /varianta ②/, jsou od sebe poměrně velmi málo odlišné. Maximální rozdíl ve velké poloose činí u Evropy 27 m. Prakticky úplná shoda v hodnotách velké poloosy je u Severní Ameriky /rozdíl 1 m/.

Z této skutečnosti lze formulovat následující poznatek:

Při předem dané poloze středu odvozovaného místního elipsoidu se jeho lokální zvlnění, podchycená pozemními měřeními a neobsažená v družicových podkladech, prakticky neuplatní.

Mohli bychom činit i závěry o lepší či horší homogenitě astronomicko-geodetických údajů na jednotlivých kontinentech, o jejich přesnosti či deformacích, avšak lokální zvlnění geoidu, která vždy obecně existují, to znemožňují.

Výsledné hodnoty parametrů elipsoidů, odvozených ve variantě ①, tj. na základě údajů družicových, jsou přehledně sestaveny v tabulce 1.

Tabulka 1

Poř. čís.	Kontinent	a'	b'	α'
1	Evropa	6 378 188 m	6 356 772 m	1: 297,83
2	Asie	6 378 114	6 356 750	298,54
3	Afrika	6 378 140	6 356 872	299,90
4	Austrálie	6 378 188	6 356 638	295,99
5	Sev. Amerika	6 378 113	6 356 746	298,50
6	Již. Amerika	6 378 138	6 356 786	298,71
Maximální rozdíl		75 m	234 m	

Analogické výsledky z řešení ve variantě ②, tj. na základě pozemního měření, udává tabulka 2.

Tabulka 2

Poř. čís.	Kontinent	a'	b'	α'
1	Evropa	6 378 215 m	6 356 756 m	1: 297,22
2	Asie	6 378 100	6 356 749	298,73
3	Afrika	-	-	-
4	Austrálie	6 378 175	6 356 681	296,75
5	Sev. Amerika	6 378 114	6 356 739	298,38
6	Již. Amerika	-	-	-
Maximální rozdíl		115 m	75 m	

Pozn.: U Afriky a Jižní Ameriky výpočet nebyl proveden pro malý počet pozemních údajů.

A konečně výsledky z řešení ve variantě ③, tj. na základě kombinace družicových a pozemních údajů, jsou v tabulce 3.

Tabulka 3

Poř. čís.	Kontinent	a'	b'	α'
1	Evropa	6 378 191 m	6 356 769 m	1 : 297,73
2	Asie	6 378 113	6 356 745	298,49
3	Afrika	6 378 140	6 356 871	299,88
4	Austrálie	6 378 186	6 356 643	296,09
5	Sev. Amerika	6 378 114	6 356 745	298,47
6	Již. Amerika	6 378 138	6 356 786	298,71
Maximální rozdíl		78 m	228 m	

Zajímavé je i porovnání jednotkových středních chyb m_o /tj. rozdílů geodetických výšek/; m_o je menší u jednotlivých kontinentů a roste při kombinaci kontinentů. Výsledky podává tabulka 4.

Tabulka 4

Varianta	①	②	③
Kontinent / jednotk. stř. chyba	m_o	m_o	m_o
Severní Amerika	$\pm 7,7$ m	$\pm 9,2$ m	$\pm 9,8$ m
Evropa	10,2	12,8	13,4
Jižní Amerika	13,2	-	14,4
Sev.+ Již. Amerika	13,3	11,8	14,6
Afrika	16,6	-	16,5
Austrálie	18,0	15,6	17,4
Asie	21,2	21,2	22,7
Všechny kontinenty	22,8	24,5	23,9
Evropa + Asie	23,7	28,6	25,5
Evropa+Asie+Afrika+Austrálie	25,5	28,5	26,8

Z tabulky 4 vyplývá, že výsledky z pozemního měření jsou sice poněkud menší přesnosti, mají však zhruba blízké hodnoty. Poměrně velké jednotkové střední chyby

jsou pravděpodobně způsobeny à priori danou geocentricitou elipsoidů, která nedovolí, aby se odvozovaná elipsoidická plocha ke geoidu lépe přimkla.

Z přílohy 2 lze udělat další pozoruhodný závěr:

Parametry nejvhodnějšího geocentrického elipsoidu, vypočtené pouze pro oblast EVROPA + ASIE + AFRIKA + AUSTRÁLIE, jakož i pro oblast EVROPA + ASIE + AFRIKA + AUSTRÁLIE + SEVERNÍ AMERIKA + JIŽNÍ AMERIKA / = všechny kontinenty/, jsou prakticky shodné s parametry nejvhodnějšího geocentrického elipsoidu pro celé zemské těleso.

To tedy znamená, že zvlnění geoidu v oblastech oceánů a moří se prakticky neprojeví.

Přehled o tom podává tabulka 5.

Tabulka 5

Geocentrický elipsoid pro	vari- anta	a'	α'	b'	m_0	počet bodů
		[m]	-	[m]	[m]	
celé zemské těleso [5]	①	6 378 138	1 : 298,29	6 356 756	$\pm 22,8$	2268
	②	6 378 138	298,16	6 356 747	24,4	203
	③	6 378 139	298,28	6 356 756	24,1	2268
kontinenty Evr.+Asie+Afr. +Austrálie	①	6 378 142	1 : 298,22	6 356 755	25,5	543
	②	6 378 139	298,58	6 356 777	28,5	99
	③	6 378 142	298,16	6 356 751	26,8	543
všechny kont. (Evr.+Asie+Afr. +Austr.+Sev. a Již. Amerika)	①	6 378 140	1 : 298,18	6 356 750	22,8	794
	②	6 378 139	298,15	6 356 747	24,5	201
	③	6 378 140	298,14	6 356 747	23,9	794

2. Určení parametrů nejvhodnějších referenčních elipsoidů a polohy jejich středů vzhledem ke geocentru pro jednotlivé kontinenty

Podívejme se, jak bude vypadat situace, budeme-li odvozovat elipsoid místní, nejlépe se přimykající ke geoidu, např. v oblasti určitého kontinentu, a nebudeme-li definičně klást $\Delta X_0 = 0$, $\Delta Y_0 = 0$, $\Delta Z_0 = 0$. Pak splnění podmínky $[p \zeta'_{i0} \zeta'_{i0}] = \min$. bude dosaženo nejen změnou parametrů elipsoidu Δa_0 , $\Delta \alpha_0$, ale i změnou polohy jeho středu vzhledem ke geocentru, tedy obecně nenulovými elementy translačními ΔX_0 , ΔY_0 , ΔZ_0 .

2.1. Teorie a metodický postup řešení

Při výpočtu vyjdeme ze známé rovnice pro transformaci výšek geoidu při přechodu s jednoho elipsoidu na druhý :

$$(1) \quad \zeta_{ir_2} = \zeta_{ir_1} + \cos B_i \cos L_i \Delta X_{r_1 r_2} + \cos B_i \sin L_i \Delta Y_{r_1 r_2} + \sin B_i \Delta Z_{r_1 r_2} - \\ - \sqrt{1 - e_{r_1}^2 \sin^2 B_i} \Delta a_{r_2 r_1} + \frac{\sin^2 B_i}{\sqrt{1 - e_{r_1}^2 \sin^2 B_i}} a_{r_1} (1 - \alpha_{r_1}) \Delta \alpha_{r_2 r_1} ,$$

v níž jsou

ζ_{ir_1} - výšky geoidu /určené z družicového pozorování/ nad přijatým /výchozím/ geocentrickým elipsoidem,

ζ_{ir_2} - výšky geoidu nad nově odvozovaným místním elipsoidem,

$\Delta X_{r_1 r_2}, \Delta Y_{r_1 r_2}, \Delta Z_{r_1 r_2}$ - souřadnicové rozdíly středů obou referenčních elipsoidů.

Jelikož $\Delta X_{r_1 r_2} = \Delta X_{r_1} - \Delta X_{r_2}$ a $\Delta X_{r_1} = 0$,

je $\Delta X_{r_1 r_2} = -\Delta X_{r_2}$

a podobně $\Delta Y_{r_1 r_2} = -\Delta Y_{r_2}$,

$\Delta Z_{r_1 r_2} = -\Delta Z_{r_2}$;

a_{r_1}, a_{r_2} - velké poloosy elipsoidů,

$\alpha_{r_1}, \alpha_{r_2}$ - zploštění elipsoidů,

$\Delta a_{r_2 r_1} = a_{r_2} - a_{r_1}$, takže $a_{r_2} = a_{r_1} + \Delta a_{r_2 r_1}$,

$\Delta \alpha_{r_2 r_1} = \alpha_{r_2} - \alpha_{r_1}$, takže $\alpha_{r_2} = \alpha_{r_1} + \Delta \alpha_{r_2 r_1}$.

Vzhledem k tomu, že symbol „ r_1 “ je v tomto případě použitý pro geocentrický elipsoid, označovaný v našich dřívějších pracích symbolem „ o “, můžeme symbol „ r_2 “ - označující místní referenční elipsoid - nahradit symbolem „ r “, takže rovnice (1) nabude tvaru

$$(2) \quad \zeta_{ir} = \zeta_{io} - \cos B_i \sin L_i \Delta X_{or} - \cos B_i \sin L_i \Delta Y_{or} - \sin B_i \Delta Z_{or} - \\ - \sqrt{1 - e_o^2 \sin^2 B_i} \Delta a_{ro} + \frac{\sin^2 B_i}{\sqrt{1 - e_o^2 \sin^2 B_i}} a_o (1 - \alpha_o) \Delta \alpha_{ro} .$$

Výšky geoidu ζ_{ir} představují vlastně v našem výpočtu opravy v_i , takže rovnici oprav můžeme psát přímo z rovnice (2):

$$(3) \quad v_i = \zeta_{io} - \cos B_i \cos L_i \Delta X_{or} - \cos B_i \sin L_i \Delta Y_{or} - \sin B_i \Delta Z_{or} - \\ - \sqrt{1 - e_o^2 \sin^2 B_i} \Delta a_{ro} + \frac{\sin^2 B_i}{\sqrt{1 - e_o^2 \sin^2 B_i}} a_o (1 - \alpha_o) \Delta \alpha_{ro} .$$

Označíme-li dále

$$\begin{aligned}
 (4) \quad & -\cos B_i \cos L_i = A_i, \\
 & -\cos B_i \sin L_i = B_i, \\
 & -\sin L_i = C_i, \\
 & \sqrt{1 - e_o^2 \sin^2 B_i} = D_i, \\
 & + \frac{\sin^2 B_i}{\sqrt{1 - e_o^2 \sin^2 B_i}} a_o (1 - \alpha_o) = E_i, \\
 & \zeta_{io} = l_i,
 \end{aligned}$$

pak rovnice (3) dostane tvar

$$(5) \quad v_i = A_i \Delta X_{or} + B_i \Delta Y_{or} + C_i \Delta Z_{or} + D_i \Delta a_{ro} + E_i \Delta \alpha_{ro} + l_i$$

Z podmínky pro vyrovnaní $[p v v] = \min.$ plynou normální rovnice pro výpočet neznámých ΔX_{or} , ΔY_{or} , ΔZ_{or} , Δa_{ro} , $\Delta \alpha_{ro}$:

$$\begin{aligned}
 (6) \quad & [p_{AA}] \Delta X_{or} + [p_{AB}] \Delta Y_{or} + [p_{AC}] \Delta Z_{or} + [p_{AD}] \Delta a_{ro} + [p_{AE}] \Delta \alpha_{ro} + [p_{Al}] = 0 \\
 & [p_{AB}] \Delta X_{or} + [p_{BB}] \Delta Y_{or} + [p_{BC}] \Delta Z_{or} + [p_{BD}] \Delta a_{ro} + [p_{BE}] \Delta \alpha_{ro} + [p_{Bl}] = 0 \\
 & [p_{AC}] \Delta X_{or} + [p_{BC}] \Delta Y_{or} + [p_{CC}] \Delta Z_{or} + [p_{CD}] \Delta a_{ro} + [p_{CE}] \Delta \alpha_{ro} + [p_{Cl}] = 0 \\
 & [p_{AD}] \Delta X_{or} + [p_{BD}] \Delta Y_{or} + [p_{CD}] \Delta Z_{or} + [p_{DD}] \Delta a_{ro} + [p_{DE}] \Delta \alpha_{ro} + [p_{Dl}] = 0 \\
 & [p_{AE}] \Delta X_{or} + [p_{BE}] \Delta Y_{or} + [p_{CE}] \Delta Z_{or} + [p_{DE}] \Delta a_{ro} + [p_{EE}] \Delta \alpha_{ro} + [p_{El}] = 0
 \end{aligned}$$

Váhu p položíme /v souladu se závislostí velikosti plošných elementů na šířce B / rovnou hodnotě $\cos B_i$.

Řešením soustavy rovnic (6) vypočteme všechny neznámé ΔX_{or} , ΔY_{or} , ΔZ_{or} , Δa_{ro} , $\Delta \alpha_{ro}$.

Parametry odvozovaného elipsoidu pak budou

$$(7) \quad \boxed{
 \begin{aligned}
 a_r &= a_o + \Delta a_{ro} \\
 \alpha_r &= \alpha_o + \Delta \alpha_{ro}
 \end{aligned}
 }$$

a jeho polohu vzhledem ke geocentru vyjádří vypočtené hodnoty translačních elementů ΔX_{or} , ΔY_{or} , ΔZ_{or} .

Podle rovnic (5) vypočteme všechny opravy v .

Příslušné střední chyby m_o , $m_{\Delta\lambda_{or}}$, $m_{\Delta\gamma_{or}}$, $m_{\Delta z_{or}}$, $m_{\Delta a_{ro}}$, $m_{\Delta\alpha_{ro}}$ určíme podle rovnic

$$(8) \quad m_o = \pm \sqrt{\frac{[p\ v\ v]}{n-5}}, \quad m_{\Delta\lambda_{or}} = \pm m_o \sqrt{Q_{11}}, \quad m_{\Delta a_{ro}} = \pm m_o \sqrt{Q_{44}}, \\ m_{\Delta\gamma_{or}} = \pm m_o \sqrt{Q_{22}}, \quad m_{\Delta\alpha_{ro}} = \pm m_o \sqrt{Q_{55}}, \\ m_{\Delta z_{or}} = \pm m_o \sqrt{Q_{33}}.$$

Váhové koeficienty $Q_{11}, Q_{22}, Q_{33}, Q_{44}, Q_{55}$ vypočteme z vyrovnávacího počtu známým postupem s obvyklým využitím číselných hodnot součtových znaků rovnic (6):

$$(9) \quad Q_{11} \dots\dots\dots [p_{AA}]Q_{11} + [p_{AB}]Q_{12} + [p_{AC}]Q_{13} + [p_{AD}]Q_{14} + [p_{AE}]Q_{15} = 1 \\ [p_{AB}]Q_{11} + [p_{BB}]Q_{12} + [p_{BC}]Q_{13} + [p_{BD}]Q_{14} + [p_{BE}]Q_{15} = 0 \\ [p_{AC}]Q_{11} + [p_{BC}]Q_{12} + [p_{CC}]Q_{13} + [p_{CD}]Q_{14} + [p_{CE}]Q_{15} = 0 \\ [p_{AD}]Q_{11} + [p_{BD}]Q_{12} + [p_{CD}]Q_{13} + [p_{DD}]Q_{14} + [p_{DE}]Q_{15} = 0 \\ [p_{AE}]Q_{11} + [p_{BE}]Q_{12} + [p_{CE}]Q_{13} + [p_{DE}]Q_{14} + [p_{EE}]Q_{15} = 0,$$

$$(10) \quad Q_{22} \dots\dots\dots [p_{AA}]Q_{21} + [p_{AB}]Q_{22} + [p_{AC}]Q_{23} + [p_{AD}]Q_{24} + [p_{AE}]Q_{25} = 0 \\ [p_{AB}]Q_{21} + [p_{BB}]Q_{22} + [p_{BC}]Q_{23} + [p_{BD}]Q_{24} + [p_{BE}]Q_{25} = 1 \\ [p_{AC}]Q_{21} + [p_{BC}]Q_{22} + [p_{CC}]Q_{23} + [p_{CD}]Q_{24} + [p_{CE}]Q_{25} = 0 \\ [p_{AD}]Q_{21} + [p_{BD}]Q_{22} + [p_{CD}]Q_{23} + [p_{DD}]Q_{24} + [p_{DE}]Q_{25} = 0 \\ [p_{AE}]Q_{21} + [p_{BE}]Q_{22} + [p_{CE}]Q_{23} + [p_{DE}]Q_{24} + [p_{EE}]Q_{25} = 0,$$

$$(11) \quad Q_{33} \dots\dots\dots [p_{AA}]Q_{31} + [p_{AB}]Q_{32} + [p_{AC}]Q_{33} + [p_{AD}]Q_{34} + [p_{AE}]Q_{35} = 0 \\ [p_{AB}]Q_{31} + [p_{BB}]Q_{32} + [p_{BC}]Q_{33} + [p_{BD}]Q_{34} + [p_{BE}]Q_{35} = 0 \\ [p_{AC}]Q_{31} + [p_{BC}]Q_{32} + [p_{CC}]Q_{33} + [p_{CD}]Q_{34} + [p_{CE}]Q_{35} = 1 \\ [p_{AD}]Q_{31} + [p_{BD}]Q_{32} + [p_{CD}]Q_{33} + [p_{DD}]Q_{34} + [p_{DE}]Q_{35} = 0 \\ [p_{AE}]Q_{31} + [p_{BE}]Q_{32} + [p_{CE}]Q_{33} + [p_{DE}]Q_{34} + [p_{EE}]Q_{35} = 0,$$

$$\begin{aligned}
 Q_{44} \dots\dots\dots [r_{AA}] Q_{41} + [r_{AB}] Q_{42} + [r_{AC}] Q_{43} + [r_{AD}] Q_{44} + [r_{AE}] Q_{45} &= 0 \\
 [r_{AB}] Q_{41} + [r_{BB}] Q_{42} + [r_{BC}] Q_{43} + [r_{BD}] Q_{44} + [r_{BE}] Q_{45} &= 0 \\
 (12) [r_{AC}] Q_{41} + [r_{BC}] Q_{42} + [r_{CC}] Q_{43} + [r_{CD}] Q_{44} + [r_{CE}] Q_{45} &= 0 \\
 [r_{AD}] Q_{41} + [r_{BD}] Q_{42} + [r_{CD}] Q_{43} + [r_{DD}] Q_{44} + [r_{DE}] Q_{45} &= 1 \\
 [r_{AE}] Q_{41} + [r_{BE}] Q_{42} + [r_{CE}] Q_{43} + [r_{DE}] Q_{44} + [r_{EE}] Q_{45} &= 0,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{55} \dots\dots\dots [r_{AA}] Q_{51} + [r_{AB}] Q_{52} + [r_{AC}] Q_{53} + [r_{AD}] Q_{54} + [r_{AE}] Q_{55} &= 0 \\
 [r_{AB}] Q_{51} + [r_{BB}] Q_{52} + [r_{BC}] Q_{53} + [r_{BD}] Q_{54} + [r_{BE}] Q_{55} &= 0 \\
 (13) [r_{AC}] Q_{51} + [r_{BC}] Q_{52} + [r_{CC}] Q_{53} + [r_{CD}] Q_{54} + [r_{CE}] Q_{55} &= 0 \\
 [r_{AD}] Q_{51} + [r_{BD}] Q_{52} + [r_{CD}] Q_{53} + [r_{DD}] Q_{54} + [r_{DE}] Q_{55} &= 0 \\
 [r_{AE}] Q_{51} + [r_{BE}] Q_{52} + [r_{CE}] Q_{53} + [r_{DE}] Q_{54} + [r_{EE}] Q_{55} &= 1
 \end{aligned}$$

2.2. Číselné řešení

Oblasti jednotlivých kontinentů pro určení rozměrových parametrů místních referenčních elipsoidů jsou vymezeny v příloze 1.

Pro výpočet jsme použili jako výchozí plochy geocentrický elipsoid o parametrech

$$a_0 = 6\,378\,139 \text{ m,}$$

$$\alpha_0 = 1 : 298,258 = 0,003\,352\,80,$$

$$e_0^2 = 0,006\,694\,373.$$

K tomuto elipsoidu jsou vztaženy výchozí výšky geoidu $\zeta_{10-1,2,3}$, vyjmuté ze [6, příl. 16]. Úloha byla řešena opět ve třech variantách jako úloha předcházející.

Přehled všech výsledků řešení podává příloha 3.

Výsledné hodnoty parametrů a_r, b_r, α_r místních referenčních elipsoidů, odvozených ve variantách ①, ② a ③ jsou uvedeny v tabulkách 6, 7, 8.

Tabulka 6

Poř. čís.	Kontinent	a_r	b_r	α_r
1	Evropa	6 378 043 m	6 356 737 m	1:299,35
2	Asie	6 378 272	6 356 830	297,47
3	Afrika	6 378 060	6 356 808	300,11
4	Austrálie	6 378 127	6 356 714	297,87
5	Sev. Amerika	6 378 221	6 356 886	298,96
6	Již. Amerika	6 378 109	6 356 635	297,02
Maximální rozdíl		229 m	251 m	varianta ①

Tabulka 7

Poř. čís.	Kontinent	a_r	b_r	α_r
1	Evropa	6 378 051 m	6 356 806 m	1:300,22
2	Asie	6 378 303	6 356 674	294,90
3	Afrika	-	-	-
4	Austrálie	6 378 344	6 357 007	298,93
5	Sev. Amerika	6 378 361	6 356 824	296,15
6	Již. Amerika	-	-	-
Maximální rozdíl		310 m	333 m	varianta ②

Tabulka 8

Poř. čís.	Kontinent	a_r	b_r	α_r
1	Evropa	6 378 087 m	6 356 736 m	1:298,73
2	Asie	6 378 287	6 356 847	297,49
3	Afrika	6 378 062	6 356 808	300,08
4	Austrálie	6 378 177	6 356 768	297,92
5	Sev. Amerika	6 378 264	6 356 863	298,03
6	Již. Amerika	6 378 086	6 356 624	297,19
Maximální rozdíl		225 m	239 m	varianta ③

Parametry referenčního elipsoidu, který se nejlépe přimyká ke geoidu v oblasti všech kontinentů jako celku podává tabulka 9.

Tabulka 9

Kontinent	Varianta	a_r	b_r	α_r	m_o	Počet bodů
		[m]	[m]	-	[m]	
Evr. + Asie + + Afr. + Austr.	①	6 378 136	6 356 776	1:298,61	± 21,9	794
Sev. Amerika	②	6 378 135	6 356 808	299,06	± 21,1	201
Již. Amerika	③	6 378 136	6 356 774	298,58	± 22,9	794

Přehled odchylek /posunů/ středů místních elipsoidů od geocentra udává tabulka 10.

Tabulka 10

Kontinent	Varianta	ΔX_{or}	ΔY_{or}	ΔZ_{or}
Evropa	①	+131,4 m	- 33,8 m	+ 17,0 m
	②	+164,5	- 43,7	- 64,3
	③	+ 96,1	- 72,2	+ 28,1
Asie	①	- 30,1 m	-153,4 m	- 49,2 m
	②	- 25,8	-230,5	+111,2
	③	- 33,5	-166,6	- 66,2
Afrika	①	+102,9 m	- 29,9 m	- 7,3 m
	②	-	-	-
	③	+101,0	- 30,6	- 7,7
Austrálie	①	-118,5 m	- 22,0 m	+ 62,8 m
	②	+ 8,0	-161,5	+217,1
	③	- 81,4	- 55,2	+ 80,2
Evropa + Asie	①	- 20,2 m	-152,3 m	- 66,1 m
	②	- 24,4	-160,1	+ 10,9
	③	- 23,8	-169,2	- 83,6
Severní Amerika	①	+ 3,3 m	+ 72,4 m	-115,6 m
	②	+ 25,9	+223,2	- 26,3
	③	+ 13,8	+121,3	- 84,1
Jižní Amerika	①	- 37,0 m	- 48,8 m	- 90,3 m
	②	-	-	-
	③	- 30,6	- 71,0	- 90,2
Sev. + Již. Amerika	①	- 9,0 m	+ 18,5 m	- 30,7 m
	②	+ 21,8	+204,0	+ 15,2
	③	- 9,4	+ 20,0	- 30,8
Evr. + Asie + Afr. + Austr.	①	- 27,0 m	-101,3 m	- 6,6 m
	②	- 27,4	-156,1	+ 4,6
	③	- 28,4	-107,0	- 8,4
Všechny kontinenty	①	+ 6,8 m	- 1,1 m	- 22,6 m
	②	+ 31,5	+ 4,9	- 49,5
	③	+ 6,6	- 2,4	- 24,0

Porovnání jednotkových středních chyb m_0 ve všech variantách je patrné z tabulky 11:

Tabulka 11

Varianta	①	②	③
Kontinent / jednotk. stř. chyba	m_0	m_0	m_0
Evropa	$\pm 1,6$ m	$\pm 4,1$ m	$\pm 2,8$ m
Afrika	3,7	-	3,7
Austrálie	4,2	1,2	4,0
Jižní Amerika	5,3	-	6,6
Severní Amerika	5,6	5,5	7,2
Sev. a Již. Amerika	9,9	7,5	11,5
Asie	12,7	10,4	12,6
Evropa + Asie	12,9	10,3	12,6
Evr.+Asie+Afr.+Austr.	15,4	10,4	15,9
Všechny kontinenty	21,9	21,1	22,9

Z údajů uvedených v tabulkách 6 - 11 plynou tyto závěry:

- a/ Jestliže poloha středu odvozovaného elipsoidu pro omezenou oblast zemského povrchu /jednotlivý kontinent/ není předem dána, pak rozptyl hodnot rozměrových parametrů místních referenčních elipsoidů v porovnání s řešením úlohy předchozí, je podstatně větší /srovnej tabulky 1, 2, 3 a 6, 7, 8/.
- Zvláště z tabulky 7 je patrné, že parametry odvozené na základě klasických, tj. pozemních údajů, mohou být značně deformovány /maximální rozdíly přesahují až 300 m/.
- b/ Je pozoruhodné, že parametry elipsoidu, který se nejlépe přimyká ke geoidu v oblasti všech kontinentů jako celku /vyjma prostoru moří a oceánů/ jsou téměř shodné s parametry nejvhodnějšího geocentrického elipsoidu pro celé zemské těleso /srovnej tabulky 5 "pro všechny kontinenty" a 9/. Také hodnoty $\Delta\chi_0$, $\Delta\gamma_0$, ΔZ_0 jsou minimální /tabulka 10/.
- c/ Odchytky /posuny/ poloh středů místních referenčních elipsoidů od geocentra jsou značné, přesahují až 200 m /tab. 10/.
- d/ Jednotkové střední chyby m_0 , které vyjadřují stupeň přimknutí odvozovaných

místních referenčních elipsoidů pro jednotlivé kontinenty ke geoidu, jsou - jak bylo lze očekávat - zřetelně menší, než v řešení úlohy předchozí. Pouze u m_0 pro oblast "všechny kontinenty" je rozdíl minimální, což je v souladu se závěrem ad b/.

L I T E R A T U R A

- [1] A. A. Izotov: Forma i rozměry Zemli po sovremennym dannym. Trudy CNIIGAIK 73, Moskva 1950
- [2] V. Vahala: Geodetické sítě malého rozsahu, jejich transformace a transformace světových referenčních geodetických systémů. /Kandidátská disertační práce/, Praha 1971
- [3] V. Vahala: Transformace světových referenčních geodetických systémů. Voj. topografický obzor 1/1972
- [4] V. Vahala: Světový referenční geodetický systém. /2. dílčí výzkumná zpráva k úkolu XXV-C-5/, Praha 1972
- [5] V. Vahala: Světový referenční geodetický systém. /3. dílčí výzkumná zpráva k úkolu XXV-C-5/, Praha 1973
- [6] V. Vahala: Transformace světových referenčních geodetických systémů /dokončení/, Voj. topografický obzor 1/1974
- [7] V. Vahala: Světový referenční geodetický systém. /4. dílčí výzkumná zpráva k úkolu XXV-C-5/, Praha 1974
- [8] V. Vahala: Světový referenční geodetický systém. /5. dílčí výzkumná zpráva k úkolu XXV-C-5/, Praha 1975

Došlo dne 10. 5. 1975

Mjr. ing. Drahomír Dušátko, CSc.

**Informace o vývoji a současném stavu
globálních geodetických systémů v armádě Spojených států**

Ú v o d

Vzhledem ke globální úloze Spojených států ve světové politice jsou v americké armádě realizována odpovídající opatření v oblasti geodézie. Pozornost je věnována především základním otázkám a je patrná snaha po komplexním přístupu a periodické aktualizaci globálních geodetických údajů.

Tato informace má za cíl upozornit na oblast, v níž probíhá skrytá soutěž o maximální zabezpečení zájmového prostoru. Nelze proto podceňovat úkoly včasné přípravy a všestranného geodetického zabezpečení předpokládaného válčiště v době míru.

Vývoj v posledním období

V průběhu padesátých let byl na zakázku departementu obrany USA vytvořen první globální geocentrický systém. Podílely se na něm pozemní, námořní a letecké síly, při tvorbě spolupracovali přední odborníci. Výsledkem bylo spojení kontinentálních geodetických sítí za použití a kombinace gravimetrických, astronomicko-geodetických údajů, výsledků měření délek technologiemi hiran a shoran. Pro použitý elipsoid byly odvozeny tyto parametry:

- zploštění α z poruchových drah UDZ z roku 1958

$$\alpha = 1 : 298,3 \pm 0,1$$

- velká poloosa $a = 6\,378\,165 \pm 50$ m.

Tento systém byl nazván World Geodetic System 1960 /WGS 60/.

V roce 1966 byl departementem obrany ustaven Výbor pro světový geodetický systém. Výbor nese odpovědnost za rozvoj a udržování světového systému, tj. zajišťuje, aby tento systém neustále uspokojoval geodetické, mapovací a navigační požadavky armády.

Všechna nová globální povrchová měření tíhová, nově rozvinuté trigonometrické a trilaterální sítě i výsledky z dopplerovských a optických pozorování UDZ byly průběžně shromažďovány a po zhodnocení zahrnuty do zpracování. V roce 1966 byl překonaný WGS 60 nahrazen WGS 66. Z družicových údajů bylo nově určeno zploštění elipsoidu WGS 66 / $\alpha = 1 : 298,25 \pm 0,02$ /. Velká poloosa tohoto elipsoidu / $a = 6\,378\,145 \pm 20$ m/ byla určena z kombinace dopplerovských pozorování UDZ a astronomicko-geodetických údajů s využitím map průběhu geoidu. Zároveň byly definovány další fyzikální charakteristiky modelu Země WGS 66, jako např. koeficienty rozvoje potenciálu do 24. stupně /odvozeny harmonickou analýzou globálního anomálního tíhového pole vyjádřeného středními hodnotami anomálií ve volném vzduchu pro plochy $5^\circ \times 5^\circ$ /. Koeficienty tohoto rozvoje byly využity k definici průběhu světového geoidu vzhledem k elipsoidu systému WGS 66. Pro transformační účely byly určeny translační prvky systémů NAD 27 /North American Datum 1927/, European Datum /ED - geodetický základ pravoúhlého souřadnicového systému organizace NATO - UTM/ a pro Tokio Datum /TD/.

Světový geodetický systém WGS 1972

V roce 1970 byly zahájeny práce na přípravě nového globálního geocentrického systému, kterým byl již v roce 1972 nahrazen systém WGS 66. Výbor pro světový geodetický systém departementu obrany USA /jeho přední vědečtí pracovníci jsou R. Anderle, B.L. Decker, E. Rutscheidt, T.O. Seppelin jako vedoucí pracovník/ koordinoval činnost resortních a mimoresortních složek. Byly využity průběžně soustřeďované a v poslední fázi pečlivě vybírané dopplerovské údaje a výsledky optického pozorování UDZ, povrchová tíhová měření, triangulační a trilaterální měření, řetězce vysoké přesnosti i výsledky astronomických měření.

Na vlastním měření a poskytování údajů se mj. podílely:

- námořní síly se svým družicovým navigačním systémem /Navy Navigational Satellite System/,

- departement obrany dodal výsledky z určování souřadnic bodů stanicemi geociever z období let 1971-72 /geodetic receiver - dopplerovské určování polohy bodů transportabilní soupravou/,

- pozemní armáda poskytla údaje z rovníkové sítě SECOR /Sequential Collocation of Range/ s výsledky od roku 1970,

- americká pobřežní a geodetická služba předala výsledky z celosvětové družicové sítě /Worldwide Geometric Satellite Triangulation Program/, zaměřené družicovými komorami BC-4,

- Smithsonian Astrophysical Observatory dala k dispozici údaje ze sítě SAO stanic Baker-Nunn, především materiály Standardní Země II.

V podstatě byly k výběru použity všechny oficiální zdroje departementu obrany a samozřejmě i údaje mimoresortní. Výpočetní zpracování proběhlo na velkokapacitních počítačích. Byly rozvinuty výzkumné práce v oblasti programování, metodiky vyrovnání a v chybové analýze vstupních údajů. Výsledkem vyrovnání byla také korekce údajů na základních bodech triangulace hlavních kontinentálních geodetických systémů, nové určení koeficientů rozvoje potenciálu Země a zpracování nové mapy globálního geoidu. U použité metody zpracování je oceňována její jednoduchost. Moderní a progresivní přístup k atraktivnímu tématu vyvolal u řady odborníků ve světě zájem, o kterém svědčily ohlasy v západním tisku. Tento zájem byl náležitě propagačně i prakticky využit.

Následující tabulka ukazuje, jakých bylo u jednotlivých specifických řešení dosaženo středních chyb v poloze bodů vzhledem k výslednému kombinovanému řešení WSG 72:

Tabulka 1

dopplerovské údaje	$\pm 2,2$ m
sítě stanic s kamerami BC-4	$\pm 5,4$ m
sítě SECOR	$\pm 10,0$ m
údaje SAO /SE II/	$\pm 9,0$ m
klasická triangulace	$\pm 0,6$ m

Parametry elipsoidu WGS 72:

geocentrická konstanta Země GM	398 600,5 km ³ S ⁻² ± 0,4
úhlová rychlost rotace	0,7292 1151 47.10 ⁻⁴ rad s ⁻¹ ± 0,1.10 ⁻¹³
velká poloosa a	6 378 135 m ± 5 m
zploštění	1 : 298,26 ± 0,6.10 ⁻⁷
normální tíhové zrychlení na rovníku γ_e	978 033,26 mGal ± 1,8 mGal

V tabulce 2 jsou uvedeny translační prvky některých hlavních kontinentálních geodetických referenčních systémů vzhledem k systému WGS 72 /v metrech/:

Tabulka 2

Systém	ΔX_0	ΔY_0	ΔZ_0
NAD 27 severoamerický	- 22	+ 157	+ 176
ED 50 evropský	- 84	- 103	- 127
TD japonský	-140	+ 516	+ 673
AG australský	-122	- 41	+ 146
Ordonance Survey britský	+368	-120	+425
South American jihoamerický	- 77	+ 3	- 45
South Asia jihoasijský	+ 21	- 61	- 15
Nanking 1960 čínský	-131	-347	0
Adindan africký	-152	- 26	+212
Mercury 1960 /oblast ED 50/ modifikovaný Mercury 1968 /oblast ED 50/	- 13 - 3	- 88 + 1	- 5 - 6

Připojení systému ED 50 /určení translačních prvků/ k WGS 72 bylo uskutečněno prostřednictvím 8 stanic /4 stanice družicové, 4 stanoviště geociever/. Hodnoty uvedené v tabulce 2 jsou průměrem z osmi řešení. Nejistota v určení translačních prvků je udávána veličinou ± 5 m pro oblast NAD 27, pro oblast ED pak ± 10 m.

Systémové údaje WGS 72 mají v blízké budoucnosti sloužit jako výchozí pro převyrovnání severoamerické triangulace. Pro budování nových geodetických systémů, zpřesňování stávajících a připojování systému izolovaných se přisuzuje perspektiva přenosným stanicím na určování polohy geociever, a to zvláště v meziná-

rodní kooperaci. V současné době se zejména oceňuje transportabilnost stanice a krátkost pobytu operátorů na stanovišti.

Srovnání translačních prvků WGS 27 s některými československými výsledky

Polohy středů referenčních elipsoidů soustav ED 50, NAD 27 v geocentrickém systému byly upřesněny na základě výpočtu potenciálu w_0 pomocí relativních výšek geoidu v práci [2]. Stejná úloha byla řešena na základě znalosti příslušných ploch geoidu a rozdílů potenciálu v práci [3]. Dosažené výsledky lze posoudit srovnáním se systémem WGS 66 a WGS 72 v tabulce 3.

Tabulka 3

Vztah referenčního systému ke geocentrickému	V ý s l e d k y ř e š e n í											
	WGS 66			WGS 72			podle [2]			podle průměru z [3]		
	ΔX_0	ΔY_0	ΔZ_0	ΔX_0	ΔY_0	ΔZ_0	ΔX_0	ΔY_0	ΔZ_0	ΔX_0	ΔY_0	ΔZ_0
ED 50	-78	- 82	-119	- 84	-103	-127	- 80	-101	-119	-83	-113	-113
NAD 27	-24	+154	+118	- 22	+157	+176	- 10	+182	+202	-11	+156	+189

Je třeba vzít v úvahu, že o výsledku řešení ve velké míře rozhoduje také množství a kvalita vstupních údajů. Přesto z uvedeného srovnání vyplývá, že při použití výsledků řešení podle [2], [3] by chyba při transformaci souřadnic mezi uvedenými systémy nepřesáhla 0"3. Při řešení geodetických úloh na velké vzdálenosti nemá tato chyba prakticky význam.

L I T E R A T U R A

- [1] Seppelin, T. O.: The Departement of Defense World Geodetic System 1972, International Symposium on the Redefinition of North American Geodetic Networks, Fredericton, Canada 1974
- [2] Burša, M.: Geopotential, Geoidal Surface and Earth's Figure Parameters as Determined from Satelllite and Terrestrial Data. *Studia geoph. et geod.*, No 2, 1970
- [3] Vahala, V.: Transformace světových referenčních geodetických systémů. *Vojenský topografický obzor č. 1, 1972.*

Došlo dne 1. 3. 1976.

Pplk. ing. Dalibor Vondra, CSc.

Ing. Jan Pokorný

Příspěvek k problematice tvorby jednodušších digitálních modelů terénu

Ú v o d

Řada úkolů plněných některými složkami ČSLA vyžaduje specifickou topografickou přípravu, která musí být zpravidla provedena v krátké době. Nejčastěji se topografická příprava provádí s použitím dostupných topografických map a různých popisů, tabulek a dalších grafických nebo textových dokladů. Nároky na podrobnost obsahových informací map jsou rozdílné a závislé na řadě faktorů. Možnosti dalšího zdokonalování stávajícího koncepčního řešení vojenských map jsou však limitovány z hledisek technických, grafických i fyziologických. Naproti tomu požadavky vojsk a štábů neustále rostou. Z tohoto hlediska je třeba hledat zcela nová řešení.

Rozvoj a uplatňování výpočetní techniky, budování informačních systémů o území a vytváření souborů údajů o jednotlivých prvcích mapy umožňují přiblížení k novým, kvalitativně vyšším řešením.

Nové progresivní disciplíny kartografie se kromě jiného také zabývají teoretickými a praktickými otázkami tvorby digitálních modelů terénu na moderní výpočetní technice. Příspěvkem v této oblasti je následující článek.

1. Současné mapy a úprava těchto map pro použití v automatizovaných systémech velení

Grafické zobrazovací prostředky spolu s číselnými a textovými údaji představují soubor informací, který obsahuje současná topografická mapa. Tyto prostředky, vzhledem ke své názornosti a přehlednosti, vytvářejí předpoklady pro závažná a do jisté míry rychlá rozhodnutí. Výhody grafické formy jsou nesporné a proto se tato forma i v budoucnu bude využívat a zdokonalovat.

Použití grafické formy má však svoje hranice vyplývající z omezené kapacity a rychlosti lidského myšlení. Je to forma sice vhodná a přizpůsobená možnostem člověka, ale jakmile grafický obraz obsahuje příliš mnoho údajů, přestávají jeho výhody působit.

Charakter soudobého ozbrojeného zápasu vyžaduje rychlé reagování na změny situace a tato skutečnost nedovoluje zdlouhavé studium a vyhodnocování grafického záznamu informací na mapách. Proto je třeba zkoumat možnosti jiného, z tohoto hlediska vhodnějšího zobrazovacího prostředku.

Přizpůsobení mapy těmto novým podmínkám je nevyhnutelné z toho důvodu, že jejím uživatelem má být nejen člověk /velitel, štáb/, ale i stroj - v souhrnu automatizovaný systém.

Vzhledem k předpokládanému využití počítačů a další techniky pro sběr, zpracování a uchování informací v automatizovaném systému, je žádoucí vyjádřit sledované jevy kvantitativně, tj. nějakou měrnou jednotkou a číslem. Pro toto vyjádření se používá pojmů "digitální", "digitalizovaný". Takto zpracovaný soubor dat o přírodních podmínkách z určitého, předem vymezeného prostoru je označován pojmem "strojová" nebo "digitální mapa".

Činitelem limitujícím rozsah zobrazených informací ve strojové mapě jsou parametry použitého počítače a dalších technických prostředků. Je možno očekávat, že úměrně se zdokonalováním výpočetní techniky bude tento vliv čím dále méně podstatný.

Při tvorbě strojové mapy je dále velmi závažný přístup ke způsobům digitalizace jednotlivých prvků jejího obsahu. Z hlediska potřeb vojsk je velmi významným prvkem strojové mapy reliéf terénu. Soubor digitálních údajů o reliéfu terénu, pravidla pro interpolaci a stanovování různých charakteristik v tomto modelu se označuje jako "digitální model terénu" /dále DMT/. Způsob digitalizace reliéfu terénu je značně závislý na jeho grafickém vyjádření na současných mapách.

2. Vyjádření výškopisu v soudobých mapách z hlediska jeho digitalizace

Reliéf terénu /výškopis/ je v současných topografických a geografických mapách vyjadřován různými základními zobrazovacími způsoby.

Jsou to:

- výškové body a kóty,
- vrstevnice,
- barevná hypsometrie,
- stínování.

Kromě vyjádření převážné části reliéfu těmito zobrazovacími způsoby jsou některé další terénní tvary, např. násypy, výkopy, rokle, hráze, terénní stupně, skály, ledovcové a písečné útvary vyjadřovány mapovými značkami.

2.1 Výškové body a kóty

je možno z mapy číst velmi snadno. Jsou již obvykle i v té podobě, která vyhovuje pro digitální zpracování. Nevýhodou je to, že dosud není v praxi při tvorbě topografických map plně doceněna potřeba rozmísťovat výškové body tak, aby co nejlépe vyjadřovaly jak vertikální tak i horizontální členitost reliéfu.

Výškové údaje jsou uváděny především u vrcholových tvarů, sedel, vodní hladiny řek, jezer a rybníků a u trigonometrických nebo pevných bodů, které však jsou mnohdy mimo vrcholové tvary. Volbu rozmístění výškových bodů ovlivňuje často hustota ostatní náplně mapy, především situační, a přirozené i měřítko mapy.

Jejich hustota na současných topografických mapách se pohybuje v silně členitém reliéfu od 15 do 20 bodů, v méně členitém od 5 do 10 bodů na dm^2 .

2.2 Vrstevnice

jsou nejpoužívanějším základním zobrazovacím způsobem pro vyjádření reliéfu terénu, zvláště v topografických mapách. Vrstevnice mají samostatný tiskový podklad s ostatními prvky reliéfu terénu a jsou v tisku i barevně odlišeny. Práce na takto odděleném podkladu jsou potom přehlednější, přesnější a vhodnější pro různé kartometrické práce i pro následnou digitalizaci.

Na současných topografických mapách větších měřítek se pohybuje výška vrstvy základních vrstevnic od 5 do 20 m.

Nelze-li při použití základních vrstevnic vyjádřit charakteristické tvary a důležité podrobnosti reliéfu terénu, používají se vrstevnice doplňkové a pomocné.

2.3 Barevná hypsometrie

má obdobné konstrukční zákonitosti jako vrstevnice, ale navíc jsou jednotlivé vrstvy odlišeny barevně. Tato vlastnost umožňuje na základě srovnání barvy v okolí určitého bodu mapy s barevným etalonem přiřadit tomuto bodu příslušnou výšku.

Nedostatkem tohoto způsobu vyjádření reliéfu terénu je jeho používání převážně na topografických mapách malých měřítek a geografických mapách. Výšky vrstev jsou potom značně veliké, odečítané výškové údaje málo přesné.

2.4 Stínování

reliéfu terénu nemá prakticky žádnou kartometrickou hodnotu. Slouží především ke zvýšení názornosti při celkovém pohledu na mapu.

2.5 Závěry ke zhodnocení výškopisu

Kartometrické vyhodnocování reliéfu terénu a digitalizace jeho prvků jsou závislé na zvoleném základním zobrazovacím způsobu, na přesnosti vyjádření reliéfu terénu v mapě /měřítku mapy/ a na zvolených způsobech a prostředcích digitalizace.

Z uvedeného vyplývá, že potřebám kartometrie a digitalizace nejlépe vyhovují výškové body a vrstevnice. Výškové body tehdy, pokud jejich hustota a rozmístění může samostatně charakterizovat reliéf terénu nebo jeho charakteristiku vhodně doplňovat. Vrstevnice zvláště v tom případě, kdy jsou zakresleny v konstantní ekvidistanci v ploše celého mapového listu /nebo originálu výškopisu/.

Obou těchto zobrazovacích prostředků je možno využít jednak automatizované tvorbě DMT pomocí příslušné techniky, jednak k jejich poloautomatizovanému nebo i manuálnímu zpracování. Při nedostatečném vybavení příslušných odborných pracovišť kartometrickou automatizační technikou je třeba sledovat i druhou, pracnější a méně pohodlnou cestu.

3. Návrh digitálního modelu terénu, vhodného pro tvorbu různých podkladů pro rozhodnutí velitelů a štábů

Na základě teoretických rozborů, praktických ověření, rozsáhlého experimentálního materiálu, získaného se značně zjednodušeným DMT, řady požadavků praxe a zhodnocení současného stavu kartometrické a výpočetní techniky, bylo přistoupeno k návrhu tvorby vhodnějšího DMT. Navrhovaný model by měl odstranit zjištěné nedostatky a zabezpečovat potřebnou přesnost pro řadu aplikačních úloh, dále by měl být relativně jednoduše zpracovatelný, ne příliš náročný na výpočetní techniku a měl by tak vyhovovat řadě různých uživatelů.

Se zvýšením přesnosti DMT však velmi narůstá množství šetřených údajů, zvětšují se problémy s interpolací údajů v modelu atd. To vše má za následek náročnější programové zabezpečení a vyšší požadavky na strojový čas. Zvláště časový faktor je třeba z hlediska současných potřeb citlivě posoudit. Není totiž únosné pro nepodstatné zvýšení přesnosti neúměrně zvýšit spotřebu strojového času na zpracování aplikačních úloh. Proto je nutno přistoupit na takový kompromis, který může zabezpečit vyšší přesnost, ale také únosný nárůst času na zpracování příslušného DMT a jeho využívání v aplikačních programech.

3.1 Způsob digitalizace terénu v navrhovaném modelu a posouzení přesnosti tohoto modelu

Každý DMT je výrazně závislý na volbě poloh uzlových bodů. Nejvýhodnější je morfologické rozložení poloh. Získání výškových údajů těchto bodů však vyžaduje značně náročné geodetické, fotogrammetrické nebo kartometrické měření nebo vyhodnocování. Rozhodně je třeba šetřit pro každý bod nejméně 3 údaje - 2 souřadnice polohy a výšku. Vzhledem k možnostem dostupné výpočetní techniky /rychlosti, kapacitě vnitřní i vnějších pamětí atd./, k možnostem a zvláště dostupnosti výkonné kartometrické techniky a potřebám kvalifikovaných kádrů pro zpracování bylo zvoleno pravidelné rozložení uzlových bodů. I zde je ještě v podstatě dvojí možnost:

- uzlové body ve vrcholech rovnostranných trojúhelníků, což může vést i k šestiúhelníkové síti, nebo
- uzlové body ve vrcholech obdélníků nebo čtverců.

Uvažovaná varianta předpokládá rozmístění uzlových bodů ve vrcholech čtverců. K této variantě bylo přikročeno ze dvou důvodů:

a/ pravidelné rozložení uzlových bodů ve vrcholech čtverců umožňuje šetření pouze jednoho údaje pro každý uzlový bod - výšky, souřadnice polohy jsou nahrazeny vhodným uspořádáním údajů;

b/ pokud síť čtverců je ve vhodném vztahu k síti pravoúhlých souřadnic na topografických mapách /např. k jejímu dalšímu zhuštění/, je možno tvořit model poměrně snadno i bez nároků na kartometrickou techniku.

Nevýhodou tohoto způsobu je poněkud nižší přesnost interpolovaných výšek než v obdobně početném poli uzlových bodů rozmístěných tak, aby odpovídaly morfologickým zvláštnostem území.

Protože pravidelné rozložení uzlových bodů nepostihne často extrémy /hlavně vrcholové tvary/, je pro tyto případy navrhováno zhuštění doplňkovými uzlovými body. Jejich polohy budou buď na polovičních vzdálenostech mezi základními body, nebo v nepravidelné poloze se zjednodušeným popisem souřadnic polohy.

Zhušťující /doplňkové/ uzlové body a údaje o nich bude vhodné uchovávat v paměti počítače nebo ve vnějších paměťových médiích pokud možno co nejúsporněji.

Obdobně je možno, pokud by to řešené úlohy vyžadovaly, zhustit základní síť i v případech vhloubených tvarů, především úzkých údolí.

Vzorek navrhovaného DMT byl vytvářen podle těchto zásad:

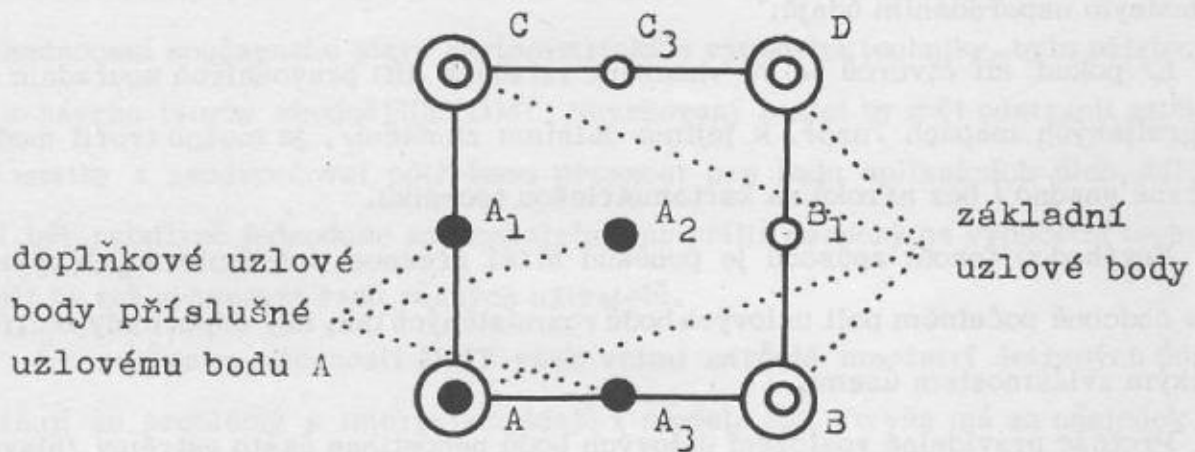
a/ síť čtverců pro stanovení základních uzlových bodů odpovídá síti pravoúhlých souřadnic, použité na topografických mapách,

b/ délka strany sítě základních uzlových bodů je 250 m, délka strany sítě doplňkových uzlových bodů je 125 m /je použito opět pravidelné rozložení/,

c/ maximální počet doplňkových uzlových bodů uvnitř jednoho čtverce základní sítě je roven třem, jejich poloha a označení jsou uvedeny na obr. 1.

Jako podklad pro zhodnocení přesnosti tohoto vzorku byly zjištěny ve zvolených prostorech výšky uzlových bodů z map měřítek 1:50 000 a uskutečněn jejich záznam do vhodného formuláře, s přesností na metry. Vlastní zhodnocení bylo provedeno porovnáním modelových výšek s výškami odečtenými z map ve vhodně zvolených profilech. V každé lokalitě bylo možno volit tři ze šesti profilů, jejichž délky a polohy byly stálé ve všech lokalitách. Použité profily pak byly vybrány tak,

aby co nejlépe postihly zkoumanou lokalitu a aby pokud možno minimálně procházely obcemi a jinými úseky s velkým množstvím terénních předmětů. Modelové body v těchto profilech byly lineárně interpolovány z výšek sousedních uzlových bodů.



Obr. 1

4. Výběr prostorů pro posouzení přesnosti modelu

Vertikální členitost území ČSSR je značně různorodá a závisí na geomorfologických zvláštностech jednotlivých typů reliéfu. Otázkami morfologické typizace pro kartografické účely se podrobně zabýval M. Martínek v [8] a [9]. Při kvantitavním šetření morfometrických charakteristik typů reliéfu popsaném v těchto pracích vycházel z orografického třídění prof. Hromádky. Dosažené výsledky později zpřesňoval a konfrontoval s novým Regionálním členěním ČSR zpracovaným v Geografickém ústavu ČSAV v rámci výzkumného úkolu Fyzikogeografické regionalizace ČSSR. Výsledkem aplikace statistických metod v lokalizaci územních celků je Mapa morfografických typů reliéfu ČSSR, ve které jsou rozlišeny typy reliéfu podle stupnice:

- 1a rovina - tabule,
- 1b rovina - svažité,
- 2a pahorkatina nižší /plochá/,
- 2b pahorkatina vyšší /členitá/,
- 3a vrchovina nižší /plochá/,
- 3b vrchovina vyšší /členitá/,
- 4a hornatina nižší /plochá/,

4b hornatina vyšší /členitá/,

5a^x vysokohoří tatranského typu,

5b^x vysokohoří alpského typu.

Podle uvedené stupnice a Mapy morfografických typů reliéfu ČSSR byly zvoleny vhodné lokality /vždy po dvou z každého typu kromě typů 4b, 5a, 5b, rovina byla pojata jako jeden typ/. Přitom bylo předpokládáno, že je možno posoudit vhodnost a přesnost navrhovaného DMT v jednotlivých typech České vysočiny a výsledky zkoumání chápat jako reprezentující i zhodnocení větší části Karpat.

Každá lokalita byla také identifikována z hlediska Mapy regionálního členění reliéfu ČSR a porovnána s údaji Mapy typologického členění reliéfu ČSR a Mapy výškové členitosti reliéfu ČSR, které byly vytvořeny v rámci výzkumného úkolu Fyzickogeografické regionalizace ČSSR Geografickým ústavem ČSAV v Brně.

Z uvedeného porovnání bylo možno vyvodit závěr, že zvolené lokality postihují v zásadě celou stupnici typologického členění i výškové členitosti území ČSR v provincii České vysočiny.

5. Dosažené výsledky při hodnocení přesnosti modelu

Hodnocení přesnosti modelu v rámci zkoumaného vzorku bylo provedeno na základě výše uvedených zásad. Jako charakteristika přesnosti modelových výškových bodů byla určována empirická střední výšková chyba v jednotlivých profilech /rozlišených indexem ρ /,

$$m_{\rho} = \pm \sqrt{\frac{1}{N_{\rho}} \sum_{i=1}^{N_{\rho}} (z_i - z'_i)^2}, \quad [m]$$

kde

N_{ρ} je počet zkoumaných bodů v daném profilu příslušného typu reliéfu,

z_i jsou výšky bodů profilu stanovené z mapy,

z'_i jsou výšky těchto bodů určené lineární interpolací ze vzorku DMT.

x Podle doporučení některých odborníků by bylo vhodnější použití termínu velehory.

Pro posouzení přesnosti modelu v typu reliéfu jako celku /v obou lokalitách, ve všech zkoumaných profilech/ byla určována empirická střední výšková chyba typu reliéfu m_t , podle vztahu

$$m_t = \pm \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (z_i - z'_i)^2}, \quad [m]$$

kde

$$N = \sum_{j=1}^6 N_p$$

Dvě následující tabulky ukazují výsledné empirické střední výškové chyby, a to v případě úvahy doplňkových uzlových bodů /tabulka 1/, nebo bez jejich úvahy /tabulka 2/.

Tabulka 1

typ reliéfu	m_p						m_t
	1. lokalita			2. lokalita			
	profily						
	A	B	C	D	E	F	
rovina	1,3	0,9	1,0	1,4	0,7	0,9	1,1
pahorkatina nižší	2,2	1,9	3,5	3,3	2,5	3,0	2,8
pahorkatina vyšší	4,0	3,5	2,8	2,6	2,3	1,9	2,9
vrchovina nižší	2,7	2,5	3,3	4,1	3,2	3,7	3,3
vrchovina vyšší	4,9	3,7	4,1	4,1	4,0	4,8	4,3
hornatina nižší	4,3	5,5	6,3	4,8	4,8	5,2	5,2

Tabulka 2

typ reliéfu	m_p						m_t
	1. lokalita			2. lokalita			
	profily						
	A	B	C	D	E	F	
rovina	1,3	0,9	1,0	1,4	0,7	0,9	1,1
pahorkatina nižší	4,7	1,9	6,0	3,9	2,5	3,0	3,9
pahorkatina vyšší	6,0	5,5	6,5	2,6	2,3	1,9	4,5
vrchovina nižší	2,7	2,5	4,1	5,2	4,2	7,7	4,7
vrchovina vyšší	6,6	5,2	4,3	4,1	4,0	4,8	4,8
hornatina nižší	5,3	6,3	7,5	6,5	9,2	5,9	7,0

Chyby jednotlivých výšek byly dále podrobeny zkoumání, zda se jedná pouze o náhodné chyby, nebo zda existuje také nějaký systematický vliv. Zkoumání bylo provedeno zkouškou aritmetickým průměrem skutečných chyb. Získané výsledky ukázaly, že jistý systematický vliv skutečně existuje. Jeho kladný smysl /více kladných rozdílů $z_i - z'_i$ než záporných/, je patrně způsoben tím, že ve skutečném reliéfu plošně převládají tvary konvexní, jejichž nahrazení navrhovaným modelem, v němž jsou výšky bodů lineárně interpolovány, vede k vyšší četnosti případů, kdy skutečný terén je výše než modelový.

Konečně byl, obdobně jako jednotlivé hodnoty m_t , určen odhad střední výškové chyby modelu /nebo metody, jakou je model a jeho vzorek vytvářen/, s označením M_m . Přitom pro každý typ reliéfu byl stanoven poměr plochy tohoto typu v rámci České vysočiny k ploše celé této provincie, jako váhový koeficient.

Pro případ úvahy doplňkových uzlových bodů byla takto získána hodnota

$$M_{m_z} = \pm 3,0 \text{ m ,}$$

pro případ opačný

$$M_{m_g} = \pm 4,3 \text{ m .}$$

Získané střední empirické výškové chyby pochopitelně neberou v úvahu chyby způsobené v průběhu měření výškopisu, v průběhu kresby a generalizace v odvozených mapách. Bez důkazu bylo předpokládáno, že kartometricky zpracovaný výškopis je ideální.

Proto je třeba očekávat, že např. při zpracování tohoto modelu z mapy měřítko 1:50 000 by jejich absolutní velikosti byly vyšší. Tento přístup se však nepředpokládá, jako podklad při tvorbě modelu je nutno použít co možná nejpřesnějších podkladů.

6. Některé názory na možnost realizace modelu z hlediska nároků na výpočetní techniku

Při realizaci každého DMT je nutné respektovat možnosti dostupné výpočetní techniky, která je výrazným limitujícím faktorem. V současné době jde o techniku JSEP. Značně rozšířeným typem počítače této řady je R-30, který budeme mít na mysli v dalších úvahách.

Jde o počítač třetí generace umožňující multiprogramování, který má v základní konfiguraci:

- 6 mechanismů magnetických diskových pamětí,
- 6 mechanismů magnetických páskových pamětí,
- 2 snímače děrných štítků,
- 1 snímač děrné pásky,
- 1 děrovač děrných štítků,
- 1 děrovač děrné pásky,
- 2 řádkové tiskárny,
- 1 elektrický psací stroj,
- 2 selektorové a 1 multiplexní kanál.

Kapacita operační paměti je 256 kB a průměrná operační rychlost 10^5 operací/s.

Jestliže uvážíme požadavky, které klade navrhovaný DMT /viz 3.1/ na výpočetní techniku, je zřejmé, že jde o uložení a manipulaci s rozsáhlou maticí, jejíž některé prvky jsou nulové.

Přitom je třeba mít stále na zřeteli využití DMT. Znamená to vhodně zvolit především přístupové mechanismy tak, aby výpočetní časy aplikačních programů byly v souladu s požadavky uživatelů.

Jedná se tedy o dvě protichůdná omezení, se kterými se při automatizaci různých činností pomocí výpočetní techniky setkáváme často.

Je proto nutné vhodně zvolit organizaci uložení údajů, vhodná paměťová média a z hlediska zpracování návaznost na členění stávajícího mapového díla. Předpokládá se, že nejvyšší zpracovatelskou jednotkou by byla mapa měřítko 1:200 000, nejnižší mapa měřítko 1:10 000. To by mělo umožnit dobrou orientaci při zpracování údajů a zabezpečit organickou návaznost celého DMT. Z hlediska volby média pro trvalé uložení údajů se po předchozích analýzách a zkušenostech jeví jako vhodná magnetická páska. Pro operativní použití v rámci aplikačních programů bude prováděn výběr žádaného prostoru na magnetický disk, který považujeme za přechodné paměťové médium.

Z hlediska ukládání se jeví jako vhodná základní jednotka opět mapa měřítko 1:10 000. Protože tato základní jednotka bude mít, jak již bylo uvedeno, značné množ-

ství nulových prvků, bylo by účelné realizovat jejich zakódování. Protože v DMT pracujeme pouze s kladnými výškovými údaji, je možné vyjádřit příslušnou matici jako posloupnost kladných a záporných čísel, kde záporné číslo udává počet nulových prvků. Před vlastním použitím se provede úprava matice do normálního tvaru.

Teprve s touto maticí je možno provádět další operace. Půjde především o interpolaci mezilehlých bodů a vytváření profilů. Z časového hlediska je nejpříznivější situace při rozbalování údajů do matice normálního, z paměťového hlediska neúsporného tvaru. Bude proto nutné zabezpečit takový způsob zpracování, aby se potřeba opakování této operace snížila na minimum.

Na základě informací, specifikujících současně předpokládané požadavky na aplikované využití navrhovaného DMT, je možno konstatovat, že výpočetní technika typu R-30 je schopna tyto kladené požadavky plnit.

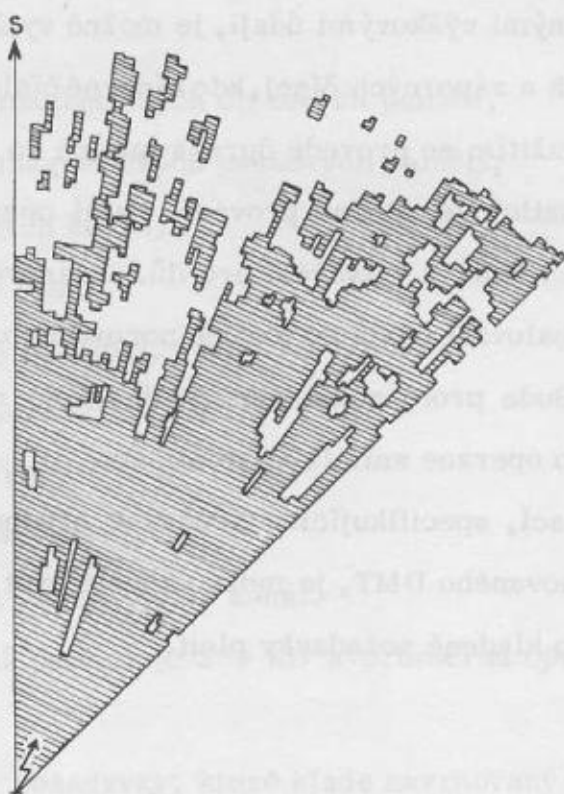
Z á v ě r

Složitost vedení soudobého boje a operace si vynucují nové přístupy nejen ve všech oblastech vojenské teorie a praxe, ale i v řadě dalších vědních disciplín. Nedočtena nezůstává ani problematika kartografie a kartografické tvorby.

Některé dosud existující pohledy a nároky na stávající grafické i textové materiály z této tvorby se s rozvojem mechanizační a automatizační techniky mění. To se týká například grafického znázornění obsahu mapy, které má omezené možnosti. Proto se stává aktuální tvorba digitální mapy a digitalizace jednotlivých prvků obsahu mapy. Přístup k těmto otázkám je vždy ovlivněn řadou faktorů, jako jsou požadavky uživatelů, parametry dostupné výpočetní techniky, stav vývoje a realizace kartometrické techniky a další.

Uplatnění některého typu DMT bude přínosem při řešení řady úkolů topografické přípravy vojsk, majících vztah k reliéfu terénu. Za všechny uveďme např. aplikace spojovací, které vyžadují velký rozsah profilování pro zjištění překážkovosti reliéfu na šíření elektromagnetické energie v pásmu VKV a UKV.

Vhodný aplikační program z tohoto oboru, v návaznosti na programové vybavení DMT a masív příslušných výšek, umožňuje řešit tento úkol rychle, přehledně a bez chyb. Významné je i uplatnění dostupné kreslicí techniky.



Obr. 2

Pro ilustraci je na obrázku č. 2 vyjádřen výsledek stanovení spojové zóny /šrafované plochy/ rádiového vysílače, pracujícího v pásmu VKV, v sektoru $0-45^\circ$ zeměpisného azimutu, s úvahou refrakce a zakřivení Země i difrakce na překážkách. Tento příklad byl zpracován s použitím velmi jednoduchého DMT /max. výška v elementu o ploše 1 km^2 / na počítači ZPA 600, zákres byl proveden na zařízení DIGIGRAF.

Předkládaný článek je příspěvkem k řešení jedné z výše uvedených otázek, tvorbě jednodušších DMT. Neklade si za cíl postížení celé šíře problematiky /např. je velmi potřebné podrobně rozpracovat návazné otázky digitalizace popisu řady terénních předmětů, jako zástavby, porostů apod., i mnohé další/. To však již přesahuje rámec tohoto příspěvku.

L I T E R A T U R A

- [1] Carthographic scanner turns maps into data for computer processing. Computer Desing, May 1967.
- [2] Christ, F.: Untersuchung zur Automation der kartographischen Bearbeitung von Landkarten. Nachrichten a. d. Karten und Vermessungsw., 1969, č. 41.
- [3] Gussov, D. W. a kolektiv: Surface techniques, Annotation and Mapping Programs for Exploration, Development and Engineering. IBM Canada Laboratory, Ontario 1968.
- [4] Herda, M.: Digitální mapa jako další etapa vývoje technických map měst. GaKO 1970, č. 9.
- [5] Herda, M.: Tvorba digitálních účelových map velkého měřítka a hlavní oblasti jejich využití. GaKO 1975, č. 6.
- [6] Kuzněcov, A. A.: Sostojanije avtomatizaciji kartografičeskich rabot za ruběžom. Geodezija i kartografija 1970, č. 11.
- [7] Miklošík, F., Chmelík, M.: Příspěvek k automatizaci kartografického vyhodnocování reliéfu terénu. Brno 1971.
- [8] Martinek, M.: Aplikace statistické metody při morfologické typizaci. GaKO 1969, č. 10.
- [9] Martinek, M.: Některé základní kvantitativní údaje získané při morfologické typizaci reliéfu ČSSR. GaKO 1970, č. 12.
- [10] Neumann, J.: K otázce automatizace procesu zpracování grafické informace v kartografii. GaKO 1967, č. 3.
- [11] Numerical Surface Techniques and Contour Map Plotting. IBM Data Processing Application.
- [12] Petrenko, A. I. a kolektiv: Obrabotka grafičeskoj informaciji na EVM. Charkov 1974.

- [13] Shepferd, W. H.: Automatic Contour Digitizer. Photogrammetric Engineering 1968, č. 1.
- [14] Šilar, F.: Interpolace výšek pomocí digitálního modelu terénu. GaKO 1972, č. 10.
- [15] Vasmuť, A. S. a kolektiv: Automatizace procesa čtení kartografičeskoj informacii. Geodezija i kartografija 1970, č. 6.

Došlo dne 7. 2. 1977

Pplk. ing. Josef Franěk, CSc.

K přesnosti fotogrammetrického zhušťování metodou VAAZ

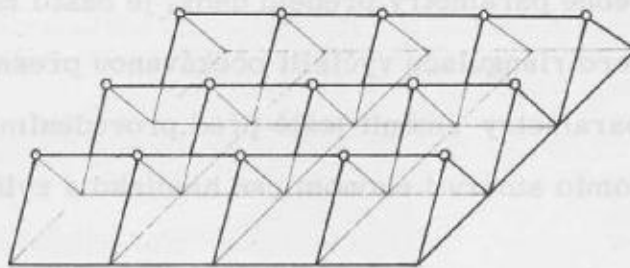
Analytická aerotriangulace dnes postupně nahrazuje klasickou aerotriangulaci a používá se pro různé druhy prací, které mají často značně rozdílné požadavky na počty a rozložení zhušťovaných bodů a především na výslednou přesnost zhušťovaných souřadnic. Pro praktické řešení zhuštění bodového pole analytickou aerotriangulací je často nezbytné - na základě požadovaných výsledků zhuštění - stanovit předem optimální parametry, které umožní dané požadavky /s určitou rezervou/ splnit. Budou-li potřebné parametry předem dány, je často žádoucí ještě před provedením analytické aerotriangulace vyčíslit očekávanou přesnost zhuštění a bude-li to nutné, pak dané parametry změnit ještě před provedením snímkového letu. Nemalý význam má v tomto směru i ekonomické hledisko a zvláště pak vojenské hledisko.

Je zřejmé, že pro stanovení přesnosti analytické aerotriangulace půjde o odvození matematických vztahů v závislosti na určitých parametrech, které jsou pro výslednou přesnost rozhodující. Uvedenou problematikou se dnes zabývá celá řada autorů a z různých publikací, např. [1], [2], [3], [6], [7], [8], je vidět, že vypracování obecných metod řešení dané úlohy není ještě zcela ukončeno. Zpravidla jde o odvození vztahů, které jsou aplikovány na konkrétní metodu analytické aerotriangulace a není možné je zcela použít pro jinou metodu používající odlišný algoritmus při řešení základních vztahů analytické aerotriangulace. V tomto článku budou aplikovány některé poznatky uvedené v pracích [7] a [8] na odvození vztahů pro stanovení přesnosti analytické aerotriangulace metodou VAAZ.

Metoda VAAZ patří s ohledem na používaný algoritmus řešení základních vztahů analytické aerotriangulace do skupin metod spojených transformací, kdy za

samostatné, tvarově věrné celky jsou považovány dílčí modely vytvořené ze snímkových dvojic po předběžném řešení dílčích modelů. Postup výpočtu u této metody je uspořádán tak, že jsou ze všech snímkových dvojic vypočteny /řešením vzájemné orientace pořadovým připojováním/ dílčí modely s přibližně zvolenou základnou a přibližnou vnější orientací. Vypočtené modely jsou pak brány jako tvarově nejuvěrnější celky a jsou transformovány prostorovou podobnostní transformací tak, aby byl zajištěn souřadnicový soulad bodů na stycích modelů i vůči danému geodetickému podkladu podle podmínky nejmenšího součtu čtverců odchylek.

Jestliže si uvědomíme, že u metody VAAZ jde v podstatě o spojování jednotlivých modelů jako prostorových dílčích sekcí, jejichž součástí jsou i středy projekce /obr. 1/, pak vidíme, že souřadnice podrobných bodů zhušťované sítě obdržíme jako výsledek odpovídajících průseků paprsků, orientovaných v souřadnicovém systému tvořeném daným geodetickým podkladem.



Obr. 1

Při řešení vzájemné orientace pořadovým připojováním a při výpočtu jednotlivých modelů se současně iteračním postupem určí i prvky vnější orientace $(X_s, Y_s, Z_s, \alpha, \varphi, \omega)$ každého snímku vzhledem k orientaci prvního snímku v každé snímkové řadě. Prostorové modelové souřadnice bodu $P(x, y, z)$ na stycích modelů v jednotlivých snímkových řadách jsou při 60% podélném překrytu mezi snímky určeny jako průměr dvojího protínání. Při zhušťování bodového pole v bloku několika snímkových řad pak existuje ještě vícenásobné určení prostorových modelových souřadnic stykového bodu P . V případě 30% překrytu mezi řadami,

jako je tomu u metody VAAZ, může být bod zobrazen maximálně na šesti snímcích a jeho prostorové modelové souřadnice mohou být určeny celkem čtyřikrát.

Označíme-li l počet obrazů stejného bodu P v jednotlivých modelech tvořených z dvojic snímků v podélných řadách, potom po výpočtu vyrovnaných souřadnic metodou VAAZ lze očekávat, že body hraničící se sousedními modely budou určeny přesněji než z dvojího protínání podle vztahů

$$m_x = \frac{m_x}{\sqrt{l}} \quad ; \quad m_y = \frac{m_y}{\sqrt{l}} \quad ; \quad m_z = \frac{m_z}{\sqrt{l}} \quad , \quad (1)$$

kde

m_x, m_y, m_z - střední chyby modelových souřadnic určených z dvojího průseku paprsků

m_x, m_y, m_z - střední chyby modelových souřadnic určených z l průseků paprsků.

Při matematickém řešení vzájemné orientace pořadovým připojováním platí obdobné zásady pro přenášení chyb jako u přístrojové aerotriangulace. Jestliže prvky vnější orientace jednotlivých snímků jsou určeny jako součást výsledků vzájemné orientace provedené pořadovým připojováním, potom chyby vzájemné orientace předcházejících modelů budou mít vliv na přesnost určení jak modelových souřadnic zhušťovaných bodů, tak na přesnost určení prvků vnější orientace následujících snímků v řadě.

Provádíme-li zhušťování v bloku r řad a v každé řadě bude n snímků, potom chyby v jednotlivých modelech se budou hromadit jak v jednotlivých podélných řadách snímků, tak i napříč bloku. Vyjdeme-li od prvního modelu v bloku, pak největší chyby se projeví v koncovém modelu, který bude v podélném směru vzdálen od počátku o $(n-1)$ základen a o $(r-1)$ základen napříč bloku. Jestliže přesnost určení modelových souřadnic v jednotlivých modelech budeme považovat za stejnou v libovolném místě bloku a budeme-li ji charakterizovat střední chybou m_m , pak pro vyjádření maximální střední chyby v bloku platí podle zákona hromadění středních chyb vztah

$$\begin{aligned} M_{n,r} &= m_m \sqrt{1^2 + 2^2 + \dots + (n-1)^2 + 1^2 + 2^2 + \dots + (r-1)^2} = \\ &= 0,41 m_m \sqrt{n^2(2n-3) + r^2(2r-3)} \end{aligned} \quad (2)$$

a v souřadnicových složkách modelových bodů m_x, m_y, m_z platí

$$\begin{aligned} M_x &= 0,41 m_x \sqrt{n^2(2n-3) + r^2(2r-3)}, \\ M_y &= 0,41 m_y \sqrt{n^2(2n-3) + r^2(2r-3)}, \\ M_z &= 0,41 m_z \sqrt{n^2(2n-3) + r^2(2r-3)}, \end{aligned} \quad (3)$$

kde

M_x, M_y, M_z - střední chyby souřadnic zhušťovaných bodů u libovolně velkého bloku.

Jestliže je blok zabezpečen čtyřmi danými geodetickými body umístěnými v rožích bloku, potom po vyrovnání bloku budou největší chyby v modelu, který je vzdálen od počátečního modelu o $1/2 (n-1)$ základen podél řad a o $1/2 (r-1)$ základen napříč řad.

Abychom v tomto případě mohli určit maximální střední chyby v určovaných souřadnicích, je třeba do vztahu (2) na místo $(n-1)$ a $(r-1)$ dosadit $1/2 (n-1)$ a $1/2 (r-1)$ a výsledek dělit $\sqrt{4}$, jelikož souřadnice bodů modelu uprostřed bloku mohou být určeny nezávisle od daných geodetických bodů. Pak obdržíme

$$\begin{aligned} M_x &= 0,125 m_x \sqrt{n^3 + r^3}, \\ M_y &= 0,125 m_y \sqrt{n^3 + r^3}, \\ M_z &= 0,125 m_z \sqrt{n^3 + r^3}, \end{aligned} \quad (4)$$

kde

M_x, M_y, M_z - střední chyby v určení souřadnic zhušťovaných bodů uprostřed bloku.

Velmi častým případem je, kdy blok kromě rohových bodů je geodeticky zabezpečen i uprostřed bloku jedním bodem. Podle předcházejících odvození je vidět, že za tohoto předpokladu budou největší chyby v modelu, který je vzdálen o $1/4 (n-1)$ základen podél a o $1/4 (r-1)$ napříč řad od daného bodu. V tomto případě mohou být souřadnice zhušťovaných bodů nejpřesněji určeny vždy jen od dvou daných bodů. Střední chyby budou pak dány vztahy

$$\begin{aligned}
 M_x &= 0,05 m_x \sqrt{n^3 + 3n^2 + r^3 + 3r^2}, \\
 M_y &= 0,05 m_y \sqrt{n^3 + 3n^2 + r^3 + 3r^2}, \\
 M_z &= 0,05 m_z \sqrt{n^3 + 3n^2 + r^3 + 3r^2}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Při větším počtu daných geodetických bodů než bylo dosud uvedeno, je zapotřebí pro stanovení přesnosti zhuštění ve vztazích (3) na místo n, r dosadit nejmenší počet základů podél i napříč řad od nejbližších daných geodetických bodů k modelu, který je v těžišti daných bodů. Výsledek je pak nutno dělit \sqrt{N} , kde N je počet geodetických bodů stejně vzdálených od uvedeného modelu.

U metody VAAZ se podle předpisu dosavadní technologie požaduje, aby byl blok zabezpečen geodetickými body nejen v rozích, ale i na stycích jednotlivých řad. V tomto případě se ve vztazích (3) položí $r = 1$.

Aby bylo možno podle vztahů (3 - 5) vypočítat střední chyby určovaných souřadnic v daném místě bloku, je třeba znát střední chyby vypočítaných modelových souřadnic m_x, m_y, m_z .

Podle [5] jsou u metody VAAZ modelové souřadnice zhušťovaných bodů v jednotlivých modelech dány vztahy

$$\begin{aligned}
 x &= X_s + \mu'x', \\
 y &= Y_s + \mu'y', \\
 z &= Z_s + \mu'z',
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

kde

x, y, z - modelové souřadnice

X_s, Y_s, Z_s - souřadnice středu projekce

μ' - měřítkový koeficient.

Přitom

$$\mu' = \frac{bz x'' - bx z''}{z' x'' - x' z''},
 \tag{7}$$

kde

bx, bz - základnové složky

x', z', x'', z'' - přetvořené snímkové souřadnice snímkové dvojice levého a pravého snímku.

Za předpokladu vyloučení všech systematických vlivů, působících na přesnost snímkových souřadnic /zůstanou jen náhodné chyby/, pak střední chyby počítaných modelových souřadnic u jednotlivých modelů určíme ze vztahů (6), kdy

$$\begin{aligned} m_x &= \sqrt{m_{x_s}^2 + m^2 m_s^2 + x'^2 m_{\mu'}^2}, \\ m_y &= \sqrt{m_{y_s}^2 + m^2 m_s^2 + y'^2 m_{\mu'}^2}, \\ m_z &= \sqrt{m_{z_s}^2 + m^2 m_f^2 + f^2 m_{\mu'}^2}, \end{aligned} \quad (8)$$

kde

- $m_{x_s}, m_{y_s}, m_{z_s}$ - střední chyby v určení souřadnic středu projekce
- m_s - střední chyby udávající přesnost měření snímkových souřadnic
- m_f - střední chyby udávající přesnost v určení konstanty komory
- m - měřítkové číslo snímku
- $m_{\mu'}$ - střední chyby udávající přesnost určení měřítkového koeficientu.

Měřené snímkové souřadnice x'_0, y'_0, x''_0, y''_0 jsou u metody VAAZ přetvářeny ortogonální transformací, kde matice ortogonální transformace je definována třemi nezávislými parametry α, φ, ω podle vztahu

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\alpha & \varphi \\ \alpha & 1 & -\omega \\ -\varphi & \omega & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} x'_0 \\ y'_0 \\ z'_0 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Při pořadovém připojování se při řešení vzájemné orientace /podle[5]/ přetvářejí vždy jen souřadnice pravého snímku dané podmínky průseku funkce F , kdy pro funkci F platí

$$F = \begin{bmatrix} bx & by & bz \\ x' & y' & z' \\ x'' & y'' & z'' \end{bmatrix} \quad (10)$$

Základní rovnice vzájemné orientace (10) obsahuje pro řešení 5 neznámých ($bx, bz, \alpha, \varphi, \omega$). Podle [5] a [8] můžeme ve vztahu (7) položit

$$\begin{aligned} bx &= b'm & z' &= -f' \\ bz &= b'mv & x'' &= x''_0 - y''_0 + f \\ & & z'' &= -f + y''_0 + x''_0, \end{aligned} \quad (11)$$

kde

- x_0'' , y_0'' - měřené snímkové souřadnice na pravém snímku
 b' - základna fotografování v měřítku snímku
 ν - úhel sklonu základny fotografování vzhledem k levému snímku.

Dosadíme-li vztahy (11) do (7), obdržíme

$$\mu' = m \left[\frac{b' \nu' (x_0'' - y_0'' \kappa + f \varphi) - b' (-f + x_0'' \varphi + f \omega)}{-f (x_0'' - y_0'' \kappa + f \varphi) - x_0'' (-f + x_0'' \varphi + y_0'' \omega)} \right] \quad (12)$$

Pro určení prvků vzájemné orientace je nutné stejně jako u přístrojového řešení vzájemné orientace vybrat nejméně 5 vhodně rozložených bodů, na kterých se měří snímkové souřadnice. V případě nadbytečného množství bodů se vyrovnáním zvýší přesnost určení prvků vzájemné orientace. Podle provedených výzkumů, např. [5], [6] se při počtu proměřovaných bodů od 6 do 12 může zvýšit přesnost určovaných prvků vzájemné orientace až o 50 %. Větší počet bodů má již malý vliv na zvyšování přesnosti, navíc značně zvětšuje objem měřických a početních operací. Z toho důvodu se jeví jako optimální určovat prvky vzájemné orientace z 9 - 12 proměřovaných bodů na jedné stereodvojici.

V naší fotogrammetrické praxi se výhradně používají tzv. svislé měřické snímky, u nichž lze předpokládat, že úhly κ , φ , ω budou veličiny malé a kde i vertikální paralaxa $q = y - y''$ bude veličinou malou. Jestliže navíc pro zjednodušení budeme předpokládat, že na jedné stereodvojici budeme proměřovat 6 standardně rozložených bodů, podle obr. 2, potom můžeme ve vztahu (12) položit

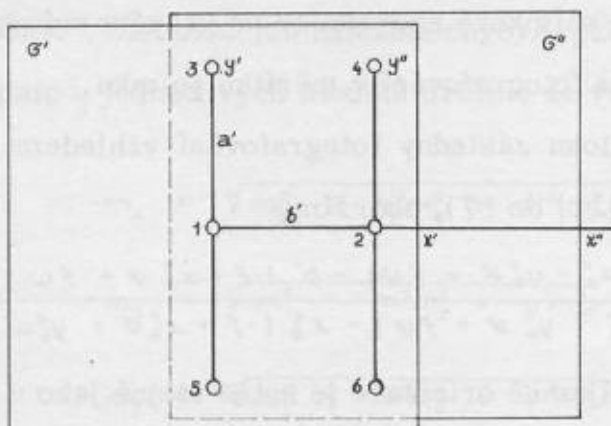
$$\begin{aligned}
 y_0' &\doteq y_0'' \doteq y_0, \\
 x_0'' &\doteq x_0 - p \doteq x_0' - b'.
 \end{aligned}$$

Po dosazení do (12) a po úpravě obdržíme

$$\mu' = m \left[1 + \frac{f^2 + b'^2 + x_0'^2 - 2b'x_0'}{b'f} \varphi + \frac{x_0' - b'}{b'f} y_0 \omega - \frac{y_0}{b'} \kappa + \frac{x_0' - b'}{f} \nu \right] \quad (13)$$

a střední chyba m_{μ} je dána vztahem

$$\begin{aligned}
 m_{\mu} = m \left[\frac{(f^2 + b'^2 + x_0'^2 - 2b'x_0')^2}{b'^2 f^2} m_{\varphi}^2 + \frac{(x_0' - b')^2}{b'^2 f^2} y_0^2 m_{\omega}^2 + \frac{y_0^2}{b'^2} m_{\kappa}^2 + \right. \\
 \left. + \frac{(x_0'^2 - b')^2}{f^2} m_{\nu}^2 \right]^{\frac{1}{2}}.
 \end{aligned} \quad (14)$$



Obr. 2

Např. podle [5] a obr. 2 střední chyby prvků vzájemné orientace můžeme položit

$$\begin{aligned} m_{\varphi} &= \frac{f}{a'b'} m_s, & m_{\omega} &= \frac{f}{2a'} m_s, \\ m_{\alpha} &= \frac{2}{b'} m_s, & m_{\nu} &= \frac{f}{2a'b'} m_s, \end{aligned} \quad (15)$$

kde

a', b' - délky standardních úseček mezi proměřovanými body na snímku

m_s - střední chyba udávající přesnost proměření snímkových souřadnic.

Máme-li stanovit přesnost určení modelových souřadnic v jednotlivém modelu, pak nás zpravidla zajímá, jaké budou největší chyby. Ze vztahů (14) a (15) je vidět, že to bude v případě, bude-li

$$x'_0 = y'_0 = a' = b'; \quad m_f = m_s.$$

Vezmeme-li spolu s tímto v úvahu vztahy (15), pak pro střední chybu měřítkového koeficientu obdržíme

$$m_{\mu} = m \frac{m_s}{b'^2} \sqrt{f^4 + 3b'^2}. \quad (16)$$

Podle výzkumů autorů [7], [8] střední chyby souřadnic středů projekce při řešení prostorovým protínáním zpět lze nalézt podle vztahů

$$\begin{aligned} m_{x_s}^2 &= m_x^2 + m^2 m_s^2, \\ m_{y_s}^2 &= m_y^2 + m^2 m_s^2, \\ m_{z_s}^2 &= m_z^2 + m^2 m_s^2, \end{aligned} \quad (17)$$

kde

m_x, m_y, m_z - jsou střední chyby souřadnic bodů, ze kterých se určují středy projekce. V případě jednotlivých modelů jsou to přetvořené snímkové souřadnice zhušťovaných bodů.

Dosadíme-li vztahy (16) a (17) do vztahů (8), pak obdržíme

$$\begin{aligned} m_x^2 &= m_x^2 + m^2 m_s^2 \left(\frac{f^4}{b'^4} + 5 \right), \\ m_y^2 &= m_y^2 + m^2 m_s^2 \left(\frac{f^4}{b'^4} + 5 \right), \\ m_z^2 &= m_z^2 + m^2 m_s^2 \left(\frac{f^6}{b'^6} + \frac{2f^2}{b'^2} + 3 \right) \end{aligned} \quad (18)$$

Jestliže budeme chtít určit výslednou očekávanou přesnost souřadnic zhušťovaných bodů jak v jednotlivých řadách, tak i v libovolně velkém bloku několika řad, je podle vztahů (1 - 5), (18) nezbytné rozlišovat jednotlivé konkrétní případy v závislosti na počtu a rozložení daných geodetických bodů, a to

1. je-li blok zabezpečen čtyřmi geodetickými body umístěnými v rozích bloku:

$$\begin{aligned} M_{x,y} &= 0,125 \sqrt{\frac{n^3 + r^3}{l}} \sqrt{m_{x,y}^2 + m^2 m_s^2 \left(\frac{f^4}{b'^4} + 5 \right)}, \\ M_z &= 0,125 \sqrt{\frac{n^3 + r^3}{l}} \sqrt{m_z^2 + m^2 m_s^2 \left(\frac{f^6}{b'^6} + \frac{2f^2}{b'^2} + 3 \right)}; \end{aligned} \quad (19)$$

2. je-li blok zabezpečen pěti geodetickými body, tj. v rozích a jedním bodem uprostřed:

$$\begin{aligned} M_{x,y} &= 0,05 \sqrt{\frac{n^3 + 3n^2 + r^2 + 3r^2}{l}} \sqrt{m_{x,y}^2 + m^2 m_s^2 \left(\frac{f^4}{b'^4} + 5 \right)}, \\ M_z &= 0,05 \sqrt{\frac{n^3 + 3n^2 + r^2 + 3r^2}{l}} \sqrt{m_z^2 + m^2 m_s^2 \left(\frac{f^6}{b'^6} + \frac{2f^2}{b'^2} + 3 \right)} \end{aligned} \quad (20)$$

3. je-li blok zabezpečen větším počtem geodetických bodů:

$$\begin{aligned} M_{x,y} &= 0,41 \sqrt{\frac{\bar{n}^2 (2\bar{n} - 3) + r^2 (2\bar{r} - 3)}{p}} \sqrt{m_{x,y}^2 + m^2 m_s^2 \left(\frac{f^4}{b'^4} + 5 \right)}, \\ M_z &= 0,41 \sqrt{\frac{\bar{n}^2 (2\bar{n} - 3) + \bar{r}^2 (2\bar{r} - 3)}{p}} \sqrt{m_z^2 + m^2 m_s^2 \left(\frac{f^6}{b'^6} + \frac{2f^2}{b'^2} + 3 \right)}, \end{aligned} \quad (21)$$

kde

\bar{n}, \bar{r} - počet základen od pevných bodů podél i napříč řad k počítanému modelu

P - počet daných geodetických bodů.

Odvozené vztahy pro předpokládanou přesnost ukazují, že přesnost zhuštění podrobného bodového pole metodou VAAZ závisí na:

- rozměru bloku (n, r)
- měřítkovém čísle rozpracovaných snímků (m)
- na poměru konstanty komory k základně fotografování (f/b)
- na přesnosti proměrování snímkových souřadnic (m_s)
- na přesnosti určení přetvořených snímkových souřadnic, případně na přesnosti daných geodetických bodů (m_x, m_y, m_z)
- na hustotě a rozložení daných geodetických bodů
- na podélném a příčném překrytu mezi snímky a řadami
- na počtu měřených bodů na každém snímku.

Uvedené faktory, na kterých závisí přesnost metody VAAZ, v podstatě souhlasí s výsledky výzkumů zahraničních autorů prováděných u obdobných metod /modelových komplexních metod/.

Odvozené výsledné vztahy (19 - 21) byly v práci [9] ověřovány při různých variantách výpočtu zhuštění metodou VAAZ, a to jak matematických maket řad a bloků, tak i skutečných výpočtů zhuštění bodových polí /cvičného fotogrammetrického bodového pole/. Přitom byly rovněž voleny různé kombinace parametrů, na kterých závisí přesnost metody VAAZ.

Z procentuálního vyjádření odchylek mezi předpokládanou a skutečně dosaženou přesností zhuštění je ukázáno, že odchylky v celém rozsahu počítaných řad a bloků nepřesahují v průměru hustotu 30 %.

Na základě dosažení konkrétních výsledků uvedených podrobně v práci [9] lze pro praktické využití odvozených vztahů stanovit následující závěry:

1. Teoretické odvození vztahů pro stanovení přesnosti zhuštění metodou VAAZ vcelku dobře odpovídá výsledkům praktických výpočtů zhuštění, a to jak u matematických maket, tak i u skutečných případů.

2. Odvozené vztahy mohou být na základě požadované přesnosti výsledků zhuštění použity pro stanovení potřebných parametrů při zpracování projektu zhuštění. Ve svých závěrech ovlivní tak nezbytně projekci a rozsah polních a kancelářských prací a prací spojených s přípravou a provedením snímkového letu.
3. Na základě daných parametrů pro zhuštění bodového pole, které jsou velmi často předem známy /jako např. počet a rozložení daných geodetických bodů, přesnost měření snímkových souřadnic, měřítko snímku apod./ umožňují uvedené vztahy stanovit předem očekávanou přesnost zhuštění v libovolném místě zhušťovaného prostoru. Toto může mít značný význam zvláště v těch případech, kdy dané parametry nemůžeme změnit a potřebujeme předem znát, jakých výsledků lze za daných okolností při zhuštění v řadě či v bloku dosáhnout. Značný význam může mít tato skutečnost při požadavcích na fotogrammetrické zabezpečení bojové činnosti vojsk.

L I T E R A T U R A

- [1] Ackermann F.: Ergebnisse kontrollierter Streifen und Blockausgleichungen
- [2] Burštynskaja V.: Issledovanije statističeskim metodom vlijanija slučajnych ošibok v maršrutnoj seti prostranstvennoj fototrianguljaciji, Geodezija i kartografija, 12, 1973
- [3] Ebner H.: Die Theoretische Genauikeitsleistung der räumlichen Blockausgleichung
- [4] Franěk J.: Analytická aerotriangulace, skripta VAAZ, 1974
- [5] Lobanov A. N.: Analitičeskaja fotogrammetrija, Moskva, 1972
- [6] Lobanov A. N. a kol.: Fototrianguljacija s primenijem elektronnoj cifrovoj vyčislitelnoj mašiny, Moskva, Nedra 1973
- [7] Makejev V. M.: Očeňka točnosti postrojenija i uravnivanija bločnoj fotogrammetričeskich seťej, Geodezija i kartografija
- [8] Tarakonov B. G.: Prognozirovanije točnosti postrojenija bločnych seťej prostranstvennoj fototrianguljaciji, Geodezija i aerofotosjomka 5, 1974
- [9] Franěk J.: Rozbor přesnosti a použití početních metod aerotriangulace s aplikací v ČSLA, kandidátská disertační práce, VAAZ, 1976.

Došlo dne 27. 1. 1978

Pplk. ing. Josef Franěk, CSc.

Eliminace chyb při analytické aerotriangulaci metodou VAAZ

Ú v o d

V současné době je analytická aerotriangulace všeobecně uznávána jako nej-
přesnější a současně perspektivní metoda zhušťování bodového pole snímkovými
triangulacemi.

Dosavadní výsledky a zkušenosti z využití analytické aerotriangulace v ČSSR
a poznatky ze zahraničí ukazují, že metody analytické aerotriangulace, ve srovnání
s metodami přístrojové aerotriangulace, se stále více uplatňují v praxi a to i pro
náročnější práce s ohledem na přesnost zhuštění. Rostoucí požadavky na fotogram-
metrii však vyžadují další rozšíření oblasti analytických metod aerotriangulace
a to i na práce s extrémními nároky na přesnost, což by umožnilo nahradit v řadě
oblastí doposud používané geodetické metody.

Při použití početních metod ve fotogrammetrii lze očekávat, že se projeví
přednosti tohoto způsobu oproti analogovému vyhodnocování především v tom, že
lze exaktněji vyloučit systematické snímkové chyby, zavést opravy ze zkreslení
objektivu měřické komory, z refrakce a zakřivení Země, a že odpadne vliv strojo-
vých chyb v měření na složitých univerzálních přístrojích.

Na přesnost analytické aerotriangulace má vliv i celá řada dalších faktorů,
které se dříve nebraly v úvahu a které mohou podstatně ovlivnit výslednou přesnost
zhušťovaných souřadnic. V posledních letech se začalo s intenzívním studiem těchto
vlivů a byla v tomto směru publikována celá řada prací, např. [3], [4], [8], [9].
Na základě prováděných výzkumů a studia různých vlivů na přesnost zhuštění jsou
určovány optimální podmínky pro dosažení potřebné přesnosti výsledků zhuštění.
Algoritmy konkrétních způsobů řešení analytické aerotriangulace jsou tak doplňová-
ny množstvím logických a matematických operací, umožňujících úplnější vylučování

systematických chyb, zabezpečení automatizace analýzy vztahů v procesu výpočtů, automatizaci kontrol výchozích a proměnných hodnot, sledování základních kritérií přesnosti výpočtů v uzlových místech apod. Na VAAZ byla rovněž tato problematika sledována a výsledky jsou uvedeny v práci [6].

Cílem tohoto článku je stručně ukázat na význam studia chybových jevů pro zvýšení přesnosti analytické aerotriangulace, ukázat na možné zdroje chyb, působících na přesnost zhuštění a možnosti jejich vylučování aplikací na metodu VAAZ.

1. Význam studia chybových jevů při analytické aerotriangulaci

Chybové rozbory a studium vlivů, které působí na přesnost analytické aerotriangulace, se provádějí s cílem vypracovat exaktní teorii vzniku a šíření chyb při analytické aerotriangulaci.

Chybové rozbory a vypracování exaktní teorie chyb analogové aerotriangulace narážely v minulosti na těžkosti, které vyplývaly ze samotné technologie metody, používaných přístrojů a možností eliminace zdrojů chyb. Studium vlivů a provádění chybových rozborů při analogové aerotriangulaci je rovněž ztíženo vzájemnou závislostí jednotlivých orientačních prvků a značným množstvím zdrojů různých systematických a náhodných chyb, které se v analogové aerotriangulaci od sebe velmi těžce oddělují. Přes uvedené potíže byla teorie vzniku šíření a eliminace chyb u analogové aerotriangulace poměrně dobře vypracována a v praxi tak umožňovala alespoň částečnou eliminaci chyb, případně zavádění oprav některých rušivých vlivů a umožnila tím poměrně široké využití metod aerotriangulace v praxi.

Výhodou analytických metod ve fotogrammetrii je mimo jiné i ta skutečnost, že umožňují zcela nový přístup k chybovým rozborům. To plně platí i pro analytickou aerotriangulaci. Chybové rozbory analytické aerotriangulace se velmi výhodně provádějí na systematických modelech, které lze poměrně snadno k tomuto účelu vytvořit. Navíc na takto vytvořených modelech je možno sledovat buď vliv celých skupin systematických chyb společně, nebo vliv jednotlivých faktorů odděleně, což umožňuje zcela přesně stanovit velikost a průběh jejich působení v různých částech zhušťovaného prostoru a ověřit si tak jejich teoretické zdůvodnění.

Na základě studia a rozborů chybových jevů analytické aerotriangulace při zhušťování matematických modelů jak jednotlivých snímkových řad tak i bloků je pak možno vypracovat obecné zásady a optimální požadavky na výchozí parametry, které bude nutné v daném zhušťovaném prostoru dodržet. Po ověření těchto obecných zásad je pak možno při zhuštění skutečného bodového pole, kde jsou geodetické souřadnice zhušťovaných bodů známé /evičné fotogrammetrické bodové pole/, stanovit pro určitou metodu analytické aerotriangulace zcela konkrétní požadavky na dodržení výchozích parametrů /jako jsou např. přesnost měření snímkových souřadnic, počet a rozložení daných geodetických bodů, překryty mezi snímky a řadami, konstanta komory a další/ pro daný případ zhuštění.

2. Zdroje chyb a možnosti jejich vyloučení

Zhušťování podrobného bodového pole metodami analytické aerotriangulace doprovází, stejně jako u metod analogových, výskyt hrubých, systematických a náhodných chyb. Hrubé chyby jsou zpravidla vylučovány v první fázi výpočtu a to na základě dvojího nezávislého měření snímkových souřadnic /měření ve dvou různých polohách snímků/. V případě, že se přesto dostanou do výpočtů větší chyby, jsou pak u jednotlivých bodů odhaleny při řešení vzájemné orientace v procesu přetváření snímkových souřadnic.

Na přesnost zhušťování podrobného bodového pole působí celá řada vlivů, jako jsou chyby v zobrazení bodů na snímcích, chyby v souřadnicích daných geodetických bodů, chyby v orientačních prvcích snímků, chyby měřických přístrojů, měřické chyby a rovněž případné nedostatky v algoritmu jednotlivých metod analytické aerotriangulace.

Chyby v zobrazení bodů na snímcích jsou způsobeny především v procesu leteckého snímkování, při fotolaboratorním zpracování snímků, podmínkami a délkou uskladnění snímků před proměřováním aj.

V procesu leteckého snímkování působí na přesnost zobrazení zkreslení objektivu měřické komory, atmosférická refrakce, zakřivení Země, nepřesné urovnání filmu v okamžiku expozice, případně i změny prvků vnitřní orientace měřické komo-

ry. Při fotografickém zpracování a skladování snímků dochází k deformaci snímků a následkem toho i k deformaci obrazu.

Takové zdroje chyb, jako jsou symetrické zkreslení objektivu, refrakce, zakřivení Země a pravidelná srážka fotografického materiálu způsobují radiální posuny zobrazených bodů, jejichž vliv na změnu snímkových souřadnic lze vyjádřit vztahy

$$dx' = dr' \frac{x'}{r'} \quad , \quad dy' = dr' \frac{y'}{r'} \quad , \quad (1)$$

kde

dr' - radiální změna polohy bodu ve směru průvodiče r' zobrazeného bodu,

dx', dy' - průmět změny dr' na souřadnicové osy x', y' .

Hodnota změny dr' je funkcí snímkových souřadnic x', y' daného bodu. Konkrétní tvar této funkce bude záviset na určitém zdroji chyby. Např. zkreslení objektivu způsobuje změnu v zobrazení v důsledku proměnného zvětšení optického systému v různých místech zobrazovací plochy. Tyto změny v zobrazení jsou funkcí /ne však lineární/ průvodiče /radiálního vektoru/ r' a poměr dr'/r' pro různé body není proto konstantní.

Pro dobře centrované optické systémy leží změny ze zobrazení bodu ve směru průvodiče, který prochází hlavním bodem snímku. Všechny body se stejným zkreslením se nacházejí na kružnici se středem v hlavním bodě snímků a takové zkreslení označujeme jako rotačně symetrické.

Praxe ukazuje, že každý fotografický objektiv splňuje jen přibližně požadavky matematicky exaktního středového promítání. Důsledkem toho je, že v závislosti na použitém typu objektivu a v menší míře také na individuálních vlastnostech každého jednotlivého objektivu vznikají chyby v zobrazení na snímku. Hodnota zkreslení dr' je dána výrazem

$$dr' = r' - c_k \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

kde

r' - průvodič v obrazové rovině mezi hlavním bodem a zobrazeným bodem,

c_k - kalibrovaná konstanta komory,

α - úhel v prostoru předmětovém.

U moderních leteckých komor dosahuje zkreslení maximální hodnoty $\pm 5 \div 6 \mu\text{m}$, přesto u přesných prací nelze jeho vliv zanedbat.

Při analytickém vyhodnocování leteckých snímků můžeme zkreslení komory korigovat v podstatě dvěma způsoby:

a/ podle empiricky odvozené funkce odpovídající průběhu zkreslení zjištěného při kalibraci komory,

b/ interpolací v tabulce oprav dr' pro argument r' , který udává vzdálenost snímkového bodu od hlavního bodu.

Vliv atmosférické refrakce /obr. 1/ na zkreslení zobrazených bodů je obdobný jako u zkreslení objektivu, tj. způsobuje radiální změny. Letecké snímkování se uskutečňuje v zemské atmosféře, která není opticky izotropním prostředím. S rostoucí výškou fotografování klesá tlak, hustota a teplota vzduchu, což má vliv na změnu indexu lomu paprsků, procházejících tímto prostředím. Šikmý paprsek procházející tímto prostředím se zakřivuje a obraz terénního bodu je na snímku radiálně posunut o dr' , kdy

$$dr' = \frac{n' - n''}{2} f \operatorname{tg} \alpha (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)$$

a po úpravách /viz [7]/ obdržíme

$$dr' = kr' + k \frac{r'^3}{f^2}, \quad (3)$$

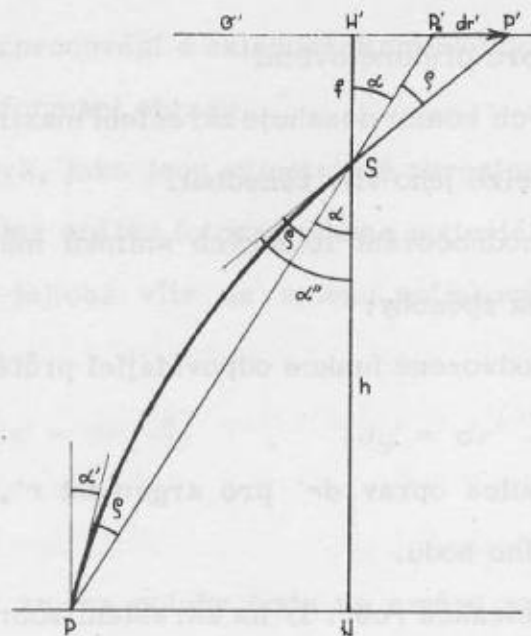
kde

$$k = \frac{n' - n''}{2}, \quad (4)$$

n' - index lomu v bodě P ,

n'' - index lomu v bodě S ,

Ze vztahu (3) je vidět, že dr' je nelineární funkcí radiální vzdálenosti. Při odvozování hodnoty φ a z toho koeficientu k je nutno vycházet z určitých předpokladů /jako je rozdělení atmosféry na vrstvy o stejné hustotě, rovnoběžnost těchto vrstev s povrchem Země apod./, které neodpovídají vždy přesně skutečnosti. Proto výsledné odvozené vztahy, vyjadřující vliv refrakce na přesnost zobrazených bodů, nelze považovat za exaktní, i když podle dosavadních zkušeností jejich aplikace dobře zlepšuje výsledky zhuštění zvláště u menších měřítek snímků.



Obr. 1

Vliv zakřivení Země na zkreslení zobrazených bodů lze odvodit podle obr. 2. Při zobrazení zakřiveného povrchu Země na rovinu snímku vznikají chyby ze zobrazení, kdy pro radiální posun snímkového bodu P' lze podle [5] odvodit vztah

$$dr' = - \frac{hr'^3}{2Rf^2} \quad (5)$$

kde

R - poloměr Země,

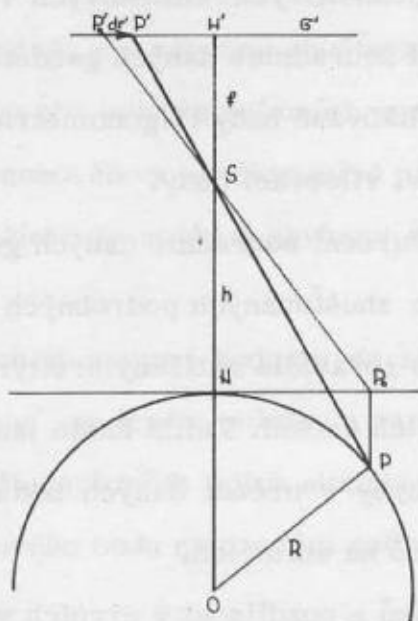
h - výška letu,

takže pro $R = 6\,380$ km platí

$$dr' = -7,85 h \frac{r'^3}{f^2} \cdot 10^{-5} \quad (6)$$

Z obr. 1 a 2 je vidět, že vlivy refrakce a zakřivení Země mají opačný účinek na zobrazení snímkového bodu. Oba tyto vlivy působí proti sobě a dá se dokázat, že mají obdobný rotačně symetrický charakter jako zkreslení objektivu měřické komory a mohou být tedy vlivy zakřivení Země, refrakce a zkreslení měřické komory posuzovány společně.

Deformací měřického snímku rozumíme změny polohy bodů na snímku v době mezi pořízením snímku a jeho proměřováním. Ze zkušenosti je známo, že v této době dochází ke zmenšení měřítka snímku, což se často označuje jako srážka snímku.



Obr. 2

Změny polohy bodů na snímku způsobené rovnoměrnou deformací filmové podložky a citlivé fotografické vrstvy jsou úměrné radiálním vzdálenostem snímkových bodů. Pro tento zdroj chyb je poměr dr'/r' veličinou stálou. Při afinní deformaci jsou změny dr' úměrné snímkovým souřadnicím x', y' zobrazeného bodu a odstraňují se odděleně. Koeficienty úměrnosti se určují ze skutečných a ze změřených vzdáleností rámových značek snímku.

Ze srážkových vlastností snímku je nejvíce nebezpečná nepravidelná srážka místní a celková. K vyloučení vlivu této srážky se při početních metodách aerotriangulace nejčastěji používá rovinná, kolineární transformace daná vztahy (12). Pro možnost vyloučení místní nepravidelné srážky se mohou používat tzv. mřížkové komory s vestavěným podložným sklem, na němž je vyryta jemná a přesně kalibrovaná síť křížků v pravidelných intervalech. Současným proměřováním souřadnic snímkových bodů a vrcholů sítě mřížky je možno matematicky kompenzovat vlivy místních srážek v rámci elementárních ploch dané mřížky. Tímto způsobem lze odstranit i místní chyby ze zobrazení vzniklé nepřesným urovnáním filmu do roviny v okamžiku expozice. Rovněž pro vyloučení celkové nepravidelné srážky snímku lze použít kolineární transformaci, kdy transformační koeficienty se určí ze znalosti ideálních souřadnic rámových značek, určených při kalibraci komory a jejich současným proměřením.

Pro absolutní orientaci jednotlivých snímkových řad nebo celých bloků se v naší praxi nejčastěji využívají souřadnice daných geodetických bodů. Jako geodetické body jsou používány signalizované body trigonometrických sítí, případně body dodatečně geodeticky určené, tzv. vlícovací body.

Je zřejmé, že přesnost v určení souřadnic daných geodetických bodů má vliv na celkovou přesnost souřadnic zhušťovaných podrobných bodů. Souřadnice daných geodetických určených bodů jsou zpravidla zatíženy určitými chybami, jejichž velikost je závislá na způsobech jejich určení. Velmi často jsou souřadnice daných bodů nestejně přesné, přičemž chyby v určení daných bodů jsou zpravidla zvětšeny chybami v identifikaci těchto bodů na snímcích.

Vliv chyb v orientaci snímků a rozdílnost v prvcích vnější orientace jednotlivých snímků způsobují změny snímkových souřadnic v důsledku pootočení souřadnicového systému každého snímku. Odstranění těchto chyb se provádí při výpočtu analytické aerotriangulace přetvářením každého snímku, a to buď do souřadnicového systému daného prvním snímkem v každé snímkové řadě, nebo přetvořením každého snímku na tzv. normální případ.

V analytické aerotriangulaci se pro měření snímkových souřadnic zhušťovaných a daných bodů využívají přístroje typu komparátor a to buď stereo nebo monokomparátor. Pro přenos a značkování bodů na snímcích se pak používají tzv. přenosové a značkovací přístroje, které jsou konstruovány na principu stereokomparátoru. Všechny tyto přístroje jsou v podstatě nejpřesnějšími fotogrammetrickými přístroji /nejméně o jeden řád přesnější než univerzální přístroje/, přesto však i ony jsou zatíženy některými chybami, které mohou mít vliv na přesnost snímkových souřadnic. Jde především o chyby, které způsobuje nekolmost a nepřímost pravítkových systémů, měřítkové chyby stupnic nebo vodicích vřeten, případně chyby v nulových polohách stupnic. Jednotlivé chyby se u každého přístroje určují po každé justáži přístroje a po kontrolním měření na etalonu. Zjištěné chyby se zpravidla vyjadřují ve formě matematické funkce v závislosti na radiálním vektoru snímkového bodu, nebo ve formě tabelovaných oprav snímkových souřadnic dx' , dy' v závislosti na hodnotách souřadnic x' , y' . Měřené snímkové souřadnice lze pak při výpočtu v procesu zpracování vstupních dat o uvedené chyby opravit.

Předpokládáme-li měření snímkových souřadnic pouze na monokomparátoru, pak je bezpodmínečně nutné, aby všechny zhušťované a dané body byly buď přednáletově signalizovány, nebo aby byly ve snímcích vyznačeny. Budou-li body ve snímcích značeny pomocí přenosového a značkovacího přístroje, pak se zde plně projeví případné chyby tohoto přístroje spolu s chybami stereoskopického pozorování vyhodnocovatele.

Jestliže budeme měřit vstupní hodnoty na stereokomparátoru, kdy měříme snímkové souřadnice x', y' na levém snímku a paralaxy p, q na pravém snímku, potom chyby z rozdílu nulových poloh stupnic x' a p, y' a q způsobují chyby v souřadnicích snímkového bodu na pravém snímku, dané vztahy

$$\begin{aligned} dx'' &= dx' - dp \\ dy'' &= dy' - dq \end{aligned} \quad (7)$$

Celkové chyby v měřených snímkových paralaxách p, q jsou způsobeny, kromě chyb v určení nulových poloh paralaxových stupnic, rovněž chybami ze stereoskopického pozorování. Chyby ze stereoskopického pozorování mají zpravidla systematický charakter a ve svém důsledku jsou obdobné jako chyby v nulových polohách paralaxových stupnic.

Chyby v identifikaci zhušťovaných i daných bodů se výrazně projeví zvláště při zpracování snímků menších měřítek. Vyloučení, nebo alespoň zmírnění těchto chyb umožňují některé typy přístrojů, které jsou k tomuto účelu konstruovány. Jsou to jednak třísnímkové stereokomparátory /např. stereokomparátor NISTR TA-3/, nebo stereokomparátory doplněné speciální větví pozorovacího systému pro pozorování zobrazeného bodu ze snímku většího měřítka než jsou snímky základní /např. sovětský stereokomparátor SKA-18/.

Na přesnost zhušťování má vliv i přesnost určení prvků vnitřní orientace měřické komory, kterou byly snímky pořízeny. Jde především o určení polohy hlavního bodu a s tím související ideální souřadnice rámových značek vzhledem k hlavnímu bodu a o určení konstanty komory. Chyby v poloze hlavního bodu a konstanty komory je možno považovat pro všechny snímky pořízené stejnou komorou za konstantní. Při tom poloha hlavního bodu snímku bude rovněž ovlivněna chybami z fotografického zobrazení.

Početní řešení aerotriangulace spočívá ve využití vztahů analytické geometrie. Jde o vyjádření všech prostorových geometrických vztahů platných mezi leteckými snímky a zobrazeným terénem k následujícímu odvození všech neznámých prvků vnější orientace i neznámých terénních souřadnic zhušťovaných bodů. Algoritmus metody, která uvedenou úlohu řeší, musí být volen tak, aby v průběhu výpočtu byla přesnost všech veličin, získaných jako mezivýsledky, udržena nejméně na úrovni přesnosti měřených vstupních údajů. Chyby ve zhušťovaných souřadnicích, způsobené iterativním řešením výpočtů s případným zjednodušením přibližných vztahů, musí být pro dosažení požadované přesnosti zhuštění zanedbatelné.

Na výslednou přesnost zhuštění může mít vliv i nesouhlas fotogrammetrického pravoúhlého systému souřadnic s geodetickým systémem a to zvláště u výšek, které jsou nejčastěji limitujícím kritériem pro dodržení stanovené přesnosti zhuštění.

Jestliže po horizontaci, vyloučení zkroucení a prohnutí zhušťované snímkové řady připustíme maximální nesouhlas mezi fotogrammetricky určenými výškami a geodetickými výškami hodnotou dZ_{\max} , potom podle [8] platí

$$dZ_{\max} = \frac{1}{8R} S^2 \quad (8)$$

kde

R - poloměr Země

S - šířka řady

Šířka zobrazeného pásu snímkové řady S závisí na formátu a měřítku snímků. Jestliže např. použijeme formát snímků 18 x 18 cm, potom užitečnou šířku zobrazeného snímkového pásu počítáme podle vztahu

$$S = 150 \frac{h}{f}$$

Položíme-li ve vztahu (8) za $R = 6380$ km, pak obdržíme

$$dZ_{\max} = 4 \cdot 10^{-7} \frac{h}{f} m_{\sigma} \quad (9)$$

kde m_{σ} - měřítkové číslo snímků.

Vzorec (9) je měřítkově upraven. Dosadíme-li výšku fotografování h v metrech a konstantu komory f v mm, potom dZ obdržíme v metrech.

Hodnotu dZ je možno zanedbat v případě, jestliže nebude mít vliv na snížení přesnosti zhušťovaných výšek. Jestliže připustíme uvedený nesouhlas výšek jako dZ_{dop} , potom požadujeme, aby byl splněn vztah

$$\frac{dZ_{max}}{h} = \frac{dZ_{dop}}{h} \quad (10)$$

Předpokládáme-li např., že má platit

$$\frac{dZ_{dop}}{h} = \frac{1}{5000}$$

potom podle vztahů (8) a (9) obdržíme

$$m_{\sigma} = 500 \cdot f \quad (11)$$

kde f dosazujeme v mm.

Bude-li pro daný případ splněn vztah (11), je možno učinit závěr, že nesouhlasy fotogrammetricky určených výšek vzhledem k výškám geodetickým nemají vliv na přesnost určení výšek zhušťovaných bodů a mohou být prakticky zanedbány.

Po možném vyloučení všech uvedených systematicky působících vlivů na přesnost zhuštění podrobného bodového pole, můžeme jejich zbylé části považovat za náhodné chyby a takto je také posuzovat.

Náhodné chyby při zhušťování bodového pole analytickou aerotriangulací vznikají v důsledku náhodných chyb při měření snímkových souřadnic a paralax zhušťovaných bodů, náhodných chyb působících na zobrazení snímkových bodů, náhodných chyb v souřadnicích daných bodů a v důsledku dalších náhodných vlivů. Jestliže předpokládáme, že jsme prakticky všechny systematické chyby předem výpočtem vyloučili, můžeme na základě aplikace zákonů hromadění náhodných chyb odvodit vztahy, které u konkrétní metody analytické aerotriangulace, pro daný případ zhuštění, působení náhodných chyb charakterizují. Odvozené vztahy jsou funkcí parametrů, které na výslednou přesnost zhuštění mají rozhodující vliv /viz [6]/. Na základě těchto vztahů je pak možno stanovit pro konkrétní případ zhuštění optimální parametry tak, aby chyby vzniklé v souřadnicích zhušťovaných bodů v důsledku působení náhodných chyb nepřesáhly stanovenou mez.

Vliv náhodných chyb při početním řešení analytické aerotriangulace se snažíme oslabovat také tím, že využíváme nadbytečného množství prvků pro možnost vy-

rovnání počítaných veličin. Základním předpokladem k tomu je proměřování většího počtu bodů na snímcích než je nezbytné nutné a to tak, aby byl zabezpečen optimální styk mezi modely a mezi řadami pomocí navazovacích bodů. Z tohoto hlediska je rovněž nezbytné zvolit optimální počet a vhodné rozložení daných geodetických bodů a to jak při zhušťování v jednotlivých řadách, tak i v bloku několika řad.

3. Vylučování chyb u metody VAAZ

Dosavadní technologie metody VAAZ předpokládá vylučování vlivu celkové deformace filmu, t.j. podložky a citlivé fotografické vrstvy, vlivu refrakce a zakřivení Země.

Vyloučení deformace fotografického materiálu

U měřických snímků pořízených leteckými komorami u nás běžně používanými nelze zjistit místní nepravidelné změny fotografického materiálu /filmové podložky a citlivé fotografické vrstvy/. Ze znalosti polohy rámových značek určených při kalibraci měřické komory a ze změřených souřadnic rámových značek na snímku lze určit jen celkovou nepravidelnou srážku v rámci celého snímku.

K opravě snímkových souřadnic při korekci celkové nepravidelné srážky snímku je u metody VAAZ použita rovinná kolineární transformace. Parametry této transformace jsou odvozovány z porovnání měřených snímkových souřadnic čtyř rámových značek s nominálními hodnotami těchto souřadnic určenými při kalibraci měřické komory.

Základní rovnice rovinné kolineární transformace mají tvar

$$\begin{aligned}x' &= \frac{a_1 \bar{x}' + a_2 \bar{y}' + a_3}{c_1 \bar{x}' + c_2 \bar{y}' + 1} \\y' &= \frac{b_1 \bar{x}' + b_2 \bar{y}' + b_3}{c_1 \bar{x}' + c_2 \bar{y}' + 1}\end{aligned}\tag{12}$$

kde \bar{x}', \bar{y}' - měřené snímkové souřadnice

x', y' - transformované snímkové souřadnice

a, b, c - koeficienty transformace.

Ze vztahů (12) je vidět, že rovinná kolineární transformace je dána osmi parametry. Ze změřených rovinných snímkových souřadnic \bar{x}' , \bar{y}' čtyř rámových značek vzhledem k fiktivnímu počátku souřadnic a z jejich známých ideálních souřadnic x' , y' vzhledem k hlavnímu bodu snímku, lze koeficienty transformace a , b , c určit. Při současném proměřování rámových značek a všech zhušťovaných a daných bodů na snímku lze tak určit snímkové souřadnice jednotlivých bodů vzhledem k hlavnímu bodu snímku se současným vyloučením nepravidelné srážky snímku u jednotlivých bodů v rámci celé plochy snímku.

V případě, že jsou na snímku zobrazeny jen čtyři rámové značky, jsou koeficienty kolineární transformace určeny bez vyrovnání. K přesnějšímu určení těchto koeficientů a tím i k přesnějšímu určení snímkových souřadnic by bylo vhodné, aby na snímku bylo zobrazeno více rámových značek o známých souřadnicích vzhledem k poloze hlavního bodu /toto již bylo navrhováno např. v [8]/. Rovněž skutečnost, že v naší praxi se udávají v průvodní dokumentaci o snímkovém letu pouze vzdálenosti rámových značek a ne jejich souřadnice vzhledem k hlavnímu bodu snímku, není pro uživatele příliš vhodná. Z uvedených vzdáleností mezi rámovými značkami si každý uživatel určuje polohu hlavního bodu podle vlastní metody, což často způsobuje jeho nepřesné určení a tím také nepřesné určení souřadnic všech zhušťovaných bodů. Doposud vžitá praxe určovat ideální polohu hlavního bodu jako průsečík spojníc rámových značek není z hlediska dalšího zvyšování přesnosti zhuštění bodového pole únosná.

Vyloučení vlivu refrakce a zakřivení Země

U metody VAAZ je vylučování vlivu refrakce a zakřivení Země společné. Pro výpočet vlivu zakřivení Země se používá exaktní vzorec (5) a pro výpočet vlivu z refrakce dr'_r se používá upraveného empirického vzorce odvozeného v [5], kdy

$$dr'_r = h(1,45 - 0,069 h - 0,138 z) \left(r' + \frac{r'^3}{f^2} \right) \quad (13)$$

Pro vyjádření společného vlivu refrakce a zakřivení Země je pro změnu radiální vzdálenosti dr' v [5] odvozen vztah, kdy

$$dr' = K_1 r' + K_2 r'^2 \quad (14)$$

kde

$$K_1 = -h (1,45 - 0,069 h - 0,138 z) \quad (15)$$

$$K_2 = \frac{h}{f^2} (6,4 - 0,069 h - 0,138 z)$$

kde f - konstanta komory

h - relativní výška letu

z - střední nadmořská výška terénu.

Vzorce 15 jsou měřítkově upraveny pro hodnoty

$$dr' - v \mu m$$

$$f, r' - v dm$$

$$h, z - v km.$$

Ke společnému vyloučení těchto vlivů se u metody VAAZ pro daný případ /použitá komora, výška letu, střední nadmořská výška terénu/ spočítá tabulka oprav snímkových souřadnic s takovým intervalem, který ještě dovolí lineární interpolaci pro argument radiální vzdálenosti snímkového bodu r' . Tato tabulka oprav dr' se počítá podle vztahu (14) pro krok $r' = 5$ mm a vkládá se do počítače jako vstupní informace.

Interpolaci v dané tabulce oprav provádí počítač na základě naměřených snímkových souřadnic x', y' a vypočteného snímkového průvodiče r' pro daný snímkový bod. Souřadnicové složky průvodiče jsou pak opraveny o dx' a dy' , kdy

$$dx' = \frac{dr'}{r'} x' , \quad dy' = \frac{dr'}{r'} y' \quad (16)$$

Z á v ě r

Počtení metody při fotogrammetrickém zhušťování bodového pole nejsou v naší praxi doposud plně využívány. Celá řada výhod, které poskytují metody analytické aerotriangulace ve srovnání s přístrojovou aerotriangulací /viz [5]/, ukazuje na možnost používat počtení metody i v těch případech, kde dříve fotogrammetrie nebyla schopna požadované úkoly splnit /např. požadavky na extrémně náročnou přesnost zhuštění, zhušťování v prostoru s řídkou sítí daných geodetických bodů, ohraničeností prvku vnější a vnitřní orientace měřických snímků apod./.

Metoda analytické aerotriangulace VAAZ, která se používá v topografické službě ČSLA, byla zpracována v šedesátých letech a provozně zavedena v roce 1968 na počítač MINSK 22. Podmínky pro její řešení byly stanoveny na základě poměrně malého množství praktických poznatků a zkušeností, které vycházely z tehdejších požadavků na přesnost zhušťovaných souřadnic a byly též limitovány možnostmi uvedeného počítače.

Na základě dosavadních provozních zkušeností a praktických poznatků při zhušťování bodového pole metodou VAAZ, poznatků z podrobných chybových rozborů uvedených v práci [6] lze předpokládat, že daný způsob řešení u metody VAAZ bude ve své podstatě vhodný i pro splnění vyšších požadavků na přesnost zhuštění.

Na základě uvedených systematických vlivů působících na přesnost zhuštění /viz kap. 2/ a dosavadního způsobu jejich vylučování u metody VAAZ /viz kap. 3/ je však předem zřejmé, že pro další využití metody VAAZ bude nezbytné úplněji postihnout působení a vylučování systematických chyb. Především půjde o vylučování chyb ze zkreslení objektivu komory, chyb způsobených nepřesnostmi prvků vnitřní orientace komory, chyb přístroje pro měření snímkových souřadnic, případně některých dalších vlivů. Současně bude nezbytné spolu s přepracováním výpočetního programu na nový perspektivní počítač řady EC provést některé dílčí úpravy algoritmu metody, upravit technologii přípravy vstupních dat, vhodněji zavést kontroly přesnosti v průběhu výpočtu a úplněji zavést automatizaci řízení výpočtu.

L I T E R A T U R A

- [1] Ackermann F.: Ergebnisse kontrollierter Steifen und Blockausgleichungen
- [2] Benedikt J.: Chybový rozbor AAT modelováním na SAPO, diplomová práce, VAAZ, 1967
- [3] Burštynskaja V.: Issledovanije statističeskim metodom vlijanija slučajnyh ošibok v maršrutnoj seti prostranstvennoj fototrianguljácii, Geodezija i kartografija, 12, 1973
- [4] Ebner H.: Die Theoretische Genauikeitsleistung der Räumlichen Blockausgleichung
- [5] Franěk J.: Analytická aerotriangulace, skripta, VAAZ, 1974
- [6] Franěk J.: Rozbor přesnosti a použití početních metod aerotriangulace s aplikací v ČSLA, kandidátská disertační práce, VAAZ, 1976
- [7] Gromov S. V.: O fotogrammetričeskoy refrakcii, Geodezija i aerofotosjomka, 1, 1969
- [8] Lobanov A. N.: Fototrianguljacija s primeněnijem elektronnoj cifrovoj vyčistlitélnoj mašiny, Moskva, Nědra, 1975
- [9] Tarakonov B. G.: Prognozirovanije točnosti postrojenija bločnych setěj prostranstvennoj fototrianguljaciji, Geodezija i aerofotosjomka, 5, 1974.

Došlo dne 27. 1. 1978

Mjr. ing. Bohuslav Haltmar

Perspektiva rozvoje ofsetového tisku v ČSSR

Topografická mapa vyžaduje, aby kresba ve všech čarových prvcích byla zřetelná, ostrá, s předepsanou barevností, výplně ploch stejnoměrné s přesným soutiskem jednotlivých prvků. Tím je zabezpečena dobrá čitelnost obsahu i za špatných světelných a klimatických podmínek. Nutnost přesného měření úhlů a délek tyto požadavky podtrhuje a dále rozšiřuje. Při kartoreprodukčním zabezpečení bojové činnosti vojsk navíc vyvstává požadavek pohotového a rychlého tisku za jakýchkoliv podmínek.

Splnění všech těchto požadavků lze nejlépe realizovat pouze ofsetovou tiskovou technikou.

Díky novým tiskovým vrstvám lze v ofsetu používat presenzibilizovaných tiskových desek s lehkou hliníkovou podložkou, což spolu s možností zhotovit kopii z nejjednoduššího tiskového podkladu umožňuje zkrátit přípravu před vlastním tiskem na minimum. Zvláště při dotisku změn do topografických map a doplňků jejich obsahu během vedení boje je tato přednost zárukou, že údaje dodané vojskům budou aktuální.

Rovněž tisk speciálních map klade nové nároky na kvalitu reprodukce, bohatost barevné škály a velikost tiskového formátu. Pro jejich tisk zůstává ofset jedinou možnou technikou.

Proto nás musí neustále zajímat změny, které doprovázejí vývoj této techniky v rámci polygrafické výroby, zejména v oblastech technologie a organizace. Je naší povinností provádět analýzu tohoto vývoje a vhodné metody aplikovat.

Rozvoj chemického, papírenského i strojírenského průmyslu podtrhl kvality ofsetového tisku a tak umožnil jeho další prosazení mezi ostatními tiskovými tech-

nikami. Tato skutečnost se v praxi odráží ve stálém zvyšování podílu ofsetu na celkové produkci tisku.

V ČSSR činí dnes tento podíl asi 35% a je předpoklad, že v roce 1985 dostoupí 50%.

Z toho vyplývá, že se v následujícím desetiletí požadavky na ofsetový tisk podstatně zvýší, a to kvantitativně i kvalitativně.

Splnění těchto požadavků bude zabezpečovat menší počet pracovníků a omezí se dovoz surovin z kapitalistického trhu.

Vyřešit tento problém je možné jedinec cestou, kterou ukázalo listopadové zasedání pléna ÚV KSČ v roce 1974.

V tomto duchu probíhalo i jednání III. konference o ofsetu, která se konala v dubnu 1975 a na níž se jednalo o vývoji ofsetu v následujících letech.

Dosažení stanoveného cíle je možné pouze intenzivním technologickým rozvojem a racionalizací řídicí a organizátorské práce.

Po technologické stránce sem především patří:

- rozšíření fotosazby
- přechod na kotoučový ofsetový tisk
- použití presenzibilizovaných, konfekčně vyráběných tiskových desek
- zavedení automatických zařízení do kopíren tiskových desek
- použití systému nuceného lícování
- přijetí technologie, kde negativ je základním tiskovým podkladem.

Tyto metody a technologie dávají maximální efekt při komplexním použití. Komplexnost však není nutná. Je potřeba hledat možnosti aplikace i jednotlivých metod v závislosti na konkrétních podmínkách. Jejich nerespektování by při snaze o uplatnění celého komplexu vedlo k tomu, že konečný výsledek by neodpovídal vynaloženému úsilí.

Pro získání přehledu uvádím hlavní výhody i nevýhody těchto metod.

Fotosazba

Má velkou zásluhu na prosazování ofsetové techniky tisku. V současné době je již pevnou součástí velkých polygrafických závodů. Problémem zůstává její využití v menších samostatných provozech a značná různorodost v rámci ČSSR.

Detailnější rozbor postavení fotosazby v ofsetovém tisku neuvádím, protože by svým rozsahem přesáhl rámec tohoto pojednání.

Tisk na kotoučových strojích

Výhody:

- větší kapacitní možnosti dané rychlostí tisku
- úspora pracovních sil, vyplývající z možnosti sériového navázání knihařských strojů pro další zpracování
- cena papíru v kotoučích je nižší oproti archovému a nabídka je vyšší
- konstrukce dnešních kotoučových strojů je taková, že splňují velmi vysoké nároky na kvalitu tisku.

Nevýhody:

- větší výmět papíru, což je dáno způsobem lícování barev /za chodu stroje/. Tuto nevýhodu zmenšuje používání systému nuceného lícování, který zkracuje dobu nutnou na slícování. V dnešní době již existují automatické systémy lícování, které zkracují tento čas na minimum a tím i výmět papíru. Přesto je nutné počítat s tím, že tato nevýhoda prakticky omezuje použití kotoučových strojů v nákladech od 10 000, a to pouze při nižších nárocích na soutisk. Při vysokých nárocích na kvalitu soutisku lze počítat s efektem až do nákladů nad 30 000
- vyšší hlučnost stroje
- možnost tisku je formátově omezena na jednu nebo dvě šířky /závislost na konstrukčních možnostech stroje/
- vyšší nároky na papír, a to ve smyslu provedení kvalitních soulepek v kotouči, neporušenosti v ploše, pevnosti na tah, povrchové úpravě atp.
- nutnost použití rychle schnoucích barev a jejich sušení teplem po tisku, před knihařským zpracováním. Tato nevýhoda byla prakticky vyřešena zhotovením tzv. fotopolymerních barev pro ofsetový tisk. Jejich "sušení" je prováděno světelným zářením určité vlnové délky, vyzařované z impulzních zářičů. Cena barev je však nepoměrně vyšší a vznikají další problémy při papírenském zpracování výmětu.

Prezenzibilizované desky konfekčně vyráběné

Výhody:

- úspora živé práce kopisty tiskových desek, případně i brusiče
- vyšší kvalita tiskové desky, stabilizace výsledku
- možnost použití vyvolávacího automatu na tiskové desky.

Nevýhody:

- vyšší pořizovací náklady. Tato nevýhoda je v současné době způsobena tím, že neexistuje prezenzibilizovaná tisková deska velkého formátu vyráběná konfekčně v ČSSR a nelze ji zakoupit ve státech RVHP. Po zavedení výroby lze předpokládat, že výše ceny bude v rovnováze s vyšší kvalitou a spolehlivostí této tiskové formy, oproti formám zahloubeným.

Automatické vyvolávání tiskové desky

Výhody:

- úspora práce kopisty tiskových desek
- úspora přípravků potřebných pro vyvolávání
- stabilizace procesu.

Nevýhody:

- tiskové podklady musí být dobré a stabilní kvality
- prezenzibilizované desky musí mít vrstvu, která umožňuje vizuální kontrolu kopie bez vyčernění
- kvalita tiskových desek musí být zaručena v celé ploše desky.

Systém nuceného lícování

Výhody:

- šetření živé práce v reprodukčním procesu, zejména v montážích a v přípravách u ofsetových strojů
- zvýšení kvality soutisku, odstranění chyb v montáži.

Nevýhody:

- je nutné v celém reprodukčním procesu zavést jediný systém. Zpravidla to znamená předělávat přístroje a zařízení různých výrobců s různými systémy na systém zvolený.

Použití negativu jako základního tiskového podkladu

Výhody:

- šetření času reprodukčních fotografií a tím zvýšení produktivity těchto pracovišť
- úspora materiálu /odpadá pozitivní kopie/.

Nevýhody:

- nutnost stabilizovat fotoreprodukční proces /kvalita negativu musí mít úroveň tiskového podkladu/
- změna podmínek v montáži vede zpočátku ke snížení výkonu a k chybám /tomu lze zabránit zavedením vhodné technologie, jako např. systém nuceného lícování/
- nutnost použití negativních presenzibilizovaných tiskových desek. V současné době nejsou u nás vyráběny v požadované kvalitě /nepočítám sem vrstvy z chromovaného bílku/.

Jak tento výčet výhod i nevýhod ukazuje, je vedle evidentních předností těchto technologií i celá řada nevýhod, jejichž odstranění musí být zdárně vyřešeno, aby úkoly ofsetového tisku byly splněny. Z jednání III. konference vyllynuly tyto závěry:

- do plánů papírenského průmyslu zahrnout výrobu takových druhů papíru, které vyhovují tisku na rotačních kotoučových ofsetových strojích, a to v dostatečném sortimentu
- zavedení systému nuceného lícování. Sjednotit tyto v jediný, a to čs. systém vyvinutý n.p. Grafotechna
- v nejkrtší době zahájit výrobu čs. presenzibilizované tiskové desky formátu A0 za přijatelnou cenu a dobré kvality. Perspektivně počítat s větším podílem desek negativně pracujících. Rovněž počítat s nutností vybudovat další závod /v českých zemích/ tak, aby byla poptávka plně kryta z vnitřního trhu. Desky opatřit čs. světlocitlivou vrstvou. Navázat spolupráci s polygrafií MLR
- uvážít v n.p. AAST výrobu kotoučového ofsetového stroje menšího formátu
- zavést výrobu fotopolymerních ofsetových barev
- převést v ofsetovém tisku technologii na negativní způsob /v závislosti na předchozím splnění potřebných podmínek/
- postupně zvažovat účelnost a nakoupit ze západního trhu automaty k vyvolávání tiskových forem

- omezovat nákup surovin z trhu kapitalistických států a pokud je možné nahrazovat je postupně materiály tuzemskými, nebo z vnitřního trhu států RVHP. Přitom dbát o dodržení kvality.

Z á v ě r

Z hlediska perspektivního rozvoje reprodukční výroby v rámci topografické služby mají především význam otázky spojené se snahou o prosazení systému nuceného lícování, a to systému československého, kdy n.p. Grafotechna má /na základě poptávky/ zabezpečit všechna nutná zařízení, a to za přijatelnou cenu.

Dále je to negativní technologie při zpracování tiskové formy. Tento postup je již v ČSSR užíván s dobrými výsledky. Aplikace si však vyžaduje kvalitní předlohy, fotomateriál, zavedení systému nuceného lícování a získání tiskové desky s vhodnou negativní vrstvou. Nelze to zatím vztahovat na kartoreprodukci. Jejím zavedením by se však vytvořila časová rezerva ve fotoreprodukčních procesech.

Použití presenzibilizovaných tiskových desek čs. výroby je pro nás možné v současné době u strojů typu Romayor a Dominant. Od roku 1978 se předpokládá výroba tiskových desek ve formátu A0 v ceně cca 200,- Kčs. Vzhledem k ceně by bylo vhodné použít tuto desku k tisku vyšších nákladů s požadavky na vysokou kvalitu a podložku potom obrousit, ovrstvit na bubnech a použít k tisku, kde jsou nároky nižší. Tento způsob se již dnes aplikuje u menších formátů.

Využití automatu na zpracování tiskových desek si vyžaduje dobré tiskové podklady a standardní kvalitu tiskových desek. V současné době nejsou tyto podmínky splněny. Přesto nelze tuto technologii v budoucnu vyloučit.

Užití rotačních kotoučových ofsetových strojů při struktuře naší výroby nepřípadá v úvahu. Vyplývá z toho však potřeba požadovat, aby papírny postupem času, kdy budou přecházet více na zpracování papíru do kotoučů, nesnižovaly archový sortiment.

Na konci tohoto článku podotýkám, že v prognóze rozvoje ofsetového tisku nelze nepočítat s rozvojem ofsetu v ČSSR. Ten bude v každém případě ovlivňovat i ofsetový tisk v našich podmínkách. Jde tedy především o to, abychom při respektování všech specifických podmínek drželi krok s celkovým rozvojem této tiskové techniky a navíc, abychom se sami, podle našich možností, podíleli na jejím rozvoji.

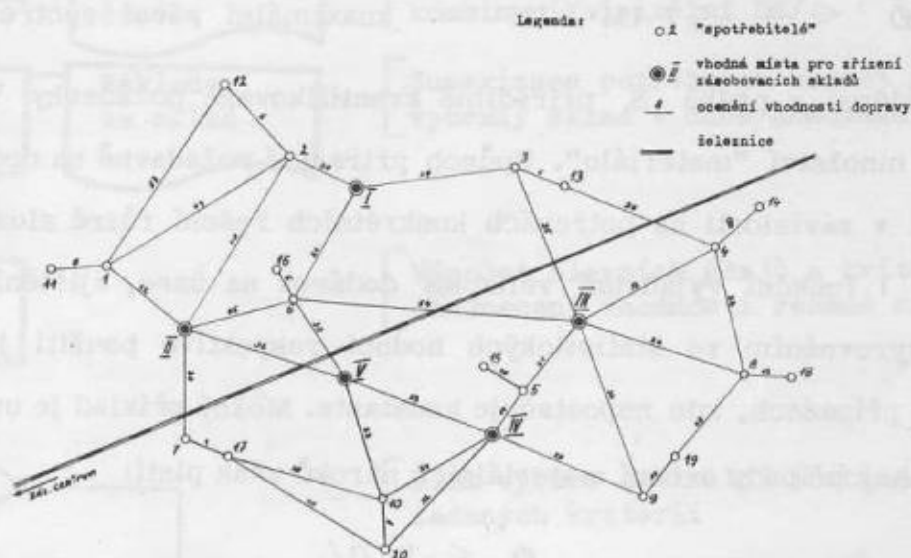
Došlo dne 15. 6. 1977

Pplk. ing. Otakar Krásný

Optimalizace počtu, velikostí a rozmístění zásobovacích míst podle zadaných kritérií

1. Úvod

Algoritmus patří svým charakterem do aplikací metod operačního výzkumu. Řeší úlohu výběru optimální kombinace vhodných míst pro zřízení skladů ze všech přípustných kombinací podle zadaných nákladových kritérií /obr. 1/. Postup má obecný charakter a tedy i obecnou aplikovatelnost danou možností vstupu libovolných kritérií prostřednictvím systému formálních parametrů.



Obr. 1.1: Schematický náčrt rozmístění "skladů a spotřebitelů".

Obr. 1

Podstata problému spočívá v rozdílech mezi jednotkovými náklady na dovoz, skládku, úpravu, skladování, nakládku a rozvoz hmot při zřizování různého počtu

různě umístěných skladů. Při zmenšování počtu skladů rostou dopravní náklady; při budování většího počtu menších skladů dopravní náklady sice klesají, rostou však zpravidla náklady skladovací. Při sloučení vlivů obou těchto hlavních tendencí a nalezením optima je možné dosáhnout značného ekonomického efektu vyplývajícího z objektivní kvantifikace rozhodovacího procesu. Možný průběh hlavního kritéria optimálnosti je znázorněn na obr. 3. Algoritmus současně vybere v každé řešené kombinaci nejvhodnější sklad každému spotřebiteli na základě kritéria minimálních rozvozních nákladů /např. podle minimální vzdálenosti/.

2. Popis funkce algoritmu

Funkce algoritmu a stručný popis řešení jsou vyjádřeny vývojovým diagramem.

Funkci algoritmu lze zdůvodnit takto /obr. 1/:

Existuje množina spotřebitelů $S/I/$, kde I je indexem seřazených prvků této množiny. Platí:

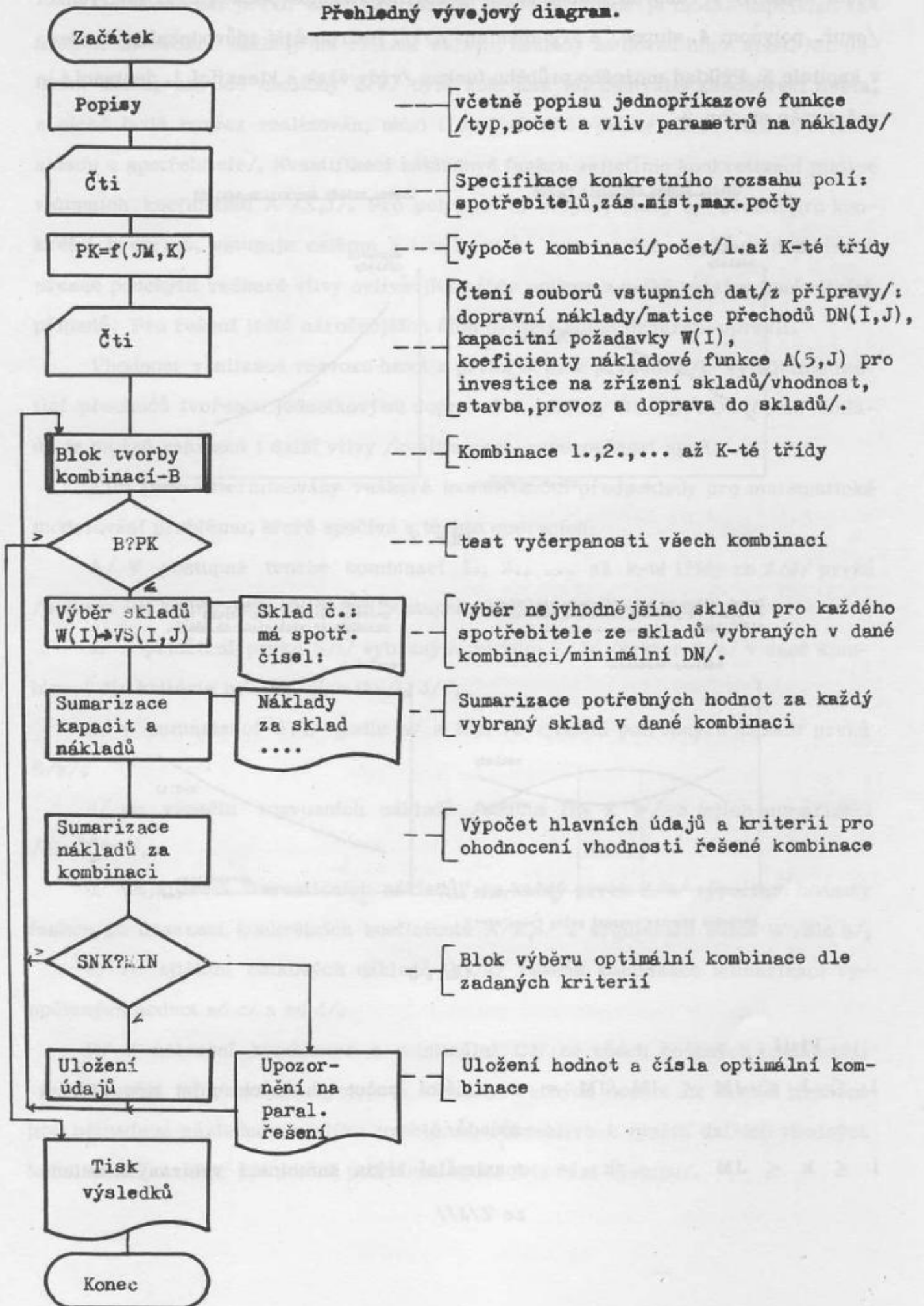
$$\emptyset < I \leq IM / IM = \text{maximální počet spotřebitelů/}.$$

Každému z prvků S přiřadíme kvantifikované požadavky $W/I/$ na dodávku určitého množství "materiálu". Způsob přiřazení požadavků na dodávku materiálu může být v závislosti na potřebách konkrétních řešení různě složitý. Algoritmus připouští i funkční vyjádření velikosti dodávek na čase, zjištění perspektivního nároku vyrovnáním ze statistických hodnot respektive použití jiných složitých určení v případech, kde nepostačuje konstanta. Možný příklad je uveden na obr. 3. Pro všechny případy určení materiálních nároků však platí:

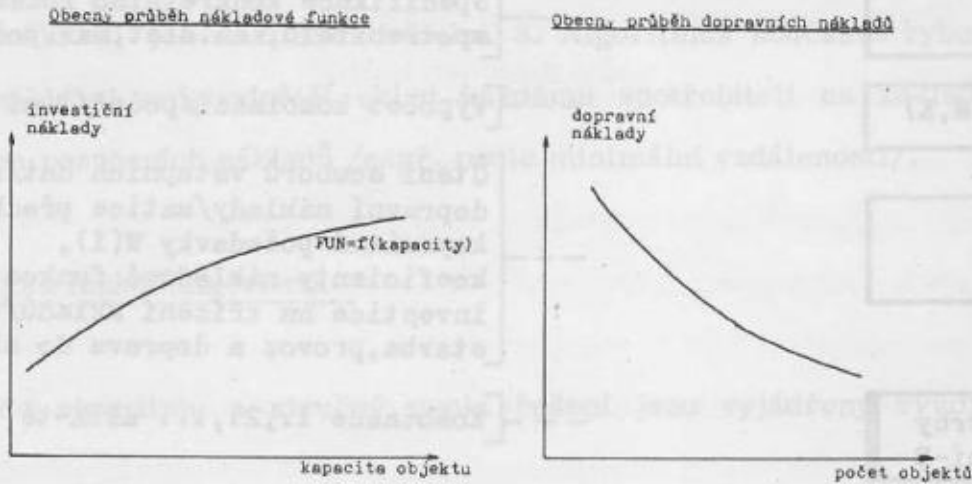
$$\emptyset \leq W / I/.$$

Realizaci požadavků $W / I/$ algoritmus předpokládá prostřednictvím 1, 2, 3 ... až maximálně k -skladů, které lze zřídit na některých z prvků množiny $Z / J/$ s vhodnými předpoklady pro tuto funkci. Prvky $Z / J/$ určíme výběrem v daném prostoru a jeho blízkosti /obr. 1/. Současně kvantifikujeme jejich vhodnost v relaci k jejich budoucí "kapacitě" /suma požadavků $W / I/$. Vzhledem k proměnlivosti bu-

Přehledný vývojový diagram.



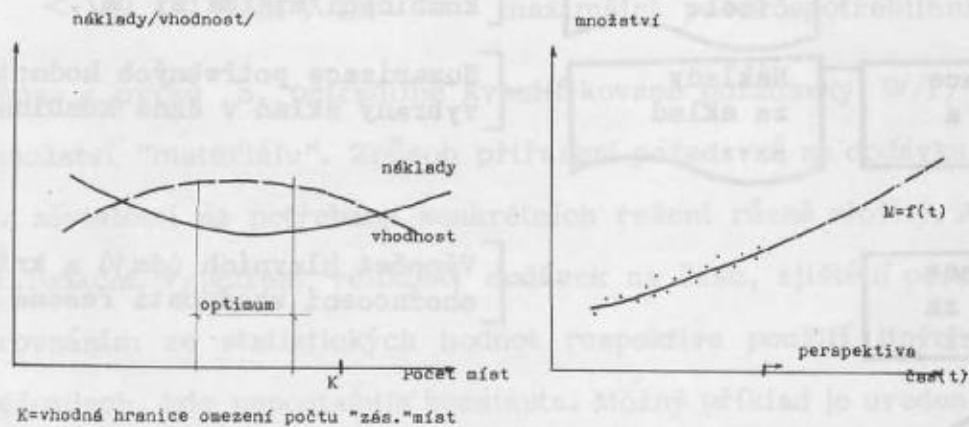
doucí kapacity v různých kombinacích vyjádříme vhodnost skladu Z/J/ jako funkci /např. polynom 4. stupně/ s argumentem W/I/. Podrobnější zdůvodnění je uvedeno v kapitole 5. Příklad možného průběhu funkce /vždy však s klesající 1. derivací/ je znázorněn na obr. 2.



Obr. 2

Trend celkových nákladů/vhodnosti/ dlehy v relaci na počet zřizovaných "zásobovacích" míst.

Příklad zjištění perspektivního průběhu materiálních nároků vyrovnaním ze statistických údajů.



Obr. 3

Platí

$1 \leq J \leq JM \leq IM / JM =$ maximální počet vhodných míst pro zřízení skladů/

$1 \leq k \leq JM$ /k = maximální třída kombinací vybíraných skladů ze Z/J//

Do vhodnosti prvků $Z/J/$ pro plnění uvedené funkce je možné například zahrnout: investiční náklady na zřízení skladu, náklady za dovoz hmot apod. Nic nebrání tomu, aby do množiny $Z/J/$ byla zahrnuta též centrální zásobovací místa, z nichž bude rozvoz realizován, nebo i spotřebitelé /přímé zásobování či zřízení skladu u spotřebitele/. Kvantifikaci nákladové funkce zajistíme konkretizací matice vstupních koeficientů $A /X,J/$. Pro polynom 4. stupně, který byl zvolen pro konkrétní program, vstupuje celkem 5 koeficientů. Tento počet umožňuje dostatečně přesně podchytit veškeré vlivy ovlivňující výběr optima u velké většiny konkrétních případů. Pro řešení ještě náročnějších úloh by bylo nutné program upravit.

Vhodnost realizace rozvozu hmot z prvků $Z/J/$ k prvkům $S/I/$ vyjádříme maticí přechodů tvořenou jednotkovými dopravními náklady $DN/I,J/$. Do těchto nákladů je možné zahrnout i další vlivy /kvalita cest, nebezpečnost apod./.

Tím jsou determinovány veškeré kvantifikační předpoklady pro matematické modelování problému, které spočívá v těchto operacích:

A/ V postupné tvorbě kombinací 1., 2., ... až k -té třídy ze $Z/J/$ prvků /celkem PK kombinací/ a v jejich postupném řešení spočívajícím:

a/ v přidělení prvků $S/I/$ vybraným prvkům $Z/J/$ /vektor $Z/k/$ v dané kombinaci dle kritéria minimálních $DN/I, J//$,

b/ v sumarizaci $W/I/$ podle a/ a tím ve zjištění potřebných kapacit prvků $Z/k/$,

c/ ve výpočtu rozvozních nákladů /součin $DN \times W/$ a jejich sumarizaci /dle $Z/k//$,

d/ ve zjištění "investičních nákladů" za každý prvek $Z/k/$ výpočtem hodnoty funkce po dosazení konkrétních koeficientů $A/X,J/$ a argumentu suma W /dle b/,

e/ ve zjištění celkových nákladů $CN/k/$ řešené kombinace sumarizací vypočtených hodnot ad c/ a ad d/.

B/ V nalezení kombinace s minimální CN ze všech řešených kombinací.

Výpočet je provázen výstupem všech potřebných hodnot na široké tiskárně pro případnou následnou analýzu problému, respektive k využití dalších vhodných kombinací /variant/ při změně podmínek apod. /viz část výstupu/.

Vzor výstupu programu/optimální kombinace/:

KOMBINACE CÍSLA: 6

SKLAD CÍSLA 2 MA SPOTŘEBITELÉ:

CÍSLA:	1	POTŘEBY	HMOT:	325	DOPR.	NAKL:	22=	7150
CÍSLA:	2	POTŘEBY	HMOT:	623	DOPR.	NAKL:	40=	24920
CÍSLA:	6	POTŘEBY	HMOT:	803	DOPR.	NAKL:	25=	20075
CÍSLA:	7	POTŘEBY	HMOT:	258	DOPR.	NAKL:	20=	5160
CÍSLA:	10	POTŘEBY	HMOT:	259	DOPR.	NAKL:	55=	14245
CÍSLA:	11	POTŘEBY	HMOT:	236	DOPR.	NAKL:	30=	7080
CÍSLA:	12	POTŘEBY	HMOT:	354	DOPR.	NAKL:	45=	15930
CÍSLA:	16	POTŘEBY	HMOT:	585	DOPR.	NAKL:	30=	17550
CÍSLA:	17	POTŘEBY	HMOT:	735	DOPR.	NAKL:	24=	17640
CÍSLA:	20	POTŘEBY	HMOT:	653	DOPR.	NAKL:	63=	41139

SUM. ZA SKLAD; KAPACITA= 4831 ROZVOZ. NAKLADY CELKEM: (V TISICICH) 167

INVESTICE NA SKLAD= .72E 02 CELKEM NAKLADY= .24E 03 V TIS.

SKLAD CÍSLA 3 MA SPOTŘEBITELÉ:

CÍSLA:	3	POTŘEBY	HMOT:	125	DOPR.	NAKL:	35=	4375
CÍSLA:	4	POTŘEBY	HMOT:	489	DOPR.	NAKL:	33=	16137
CÍSLA:	5	POTŘEBY	HMOT:	253	DOPR.	NAKL:	21=	5313
CÍSLA:	8	POTŘEBY	HMOT:	1092	DOPR.	NAKL:	26=	28392
CÍSLA:	9	POTŘEBY	HMOT:	158	DOPR.	NAKL:	34=	5372
CÍSLA:	13	POTŘEBY	HMOT:	802	DOPR.	NAKL:	41=	32882
CÍSLA:	14	POTŘEBY	HMOT:	623	DOPR.	NAKL:	41=	25543
CÍSLA:	15	POTŘEBY	HMOT:	952	DOPR.	NAKL:	31=	29512
CÍSLA:	18	POTŘEBY	HMOT:	342	DOPR.	NAKL:	38=	12996
CÍSLA:	19	POTŘEBY	HMOT:	921	DOPR.	NAKL:	44=	40524

SUM. ZA SKLAD; KAPACITA= 5757 ROZVOZ. NAKLADY CELKEM: (V TISICICH) 196

INVESTICE NA SKLAD= .52E 02 CELKEM NAKLADY= .25E 03 V TIS.

CELKOVY NAKLAD KOMBINACE CÍSLA: 6= 49E 03 TIS. = 490 /v tisících/

3. Popis programu a výpočtu zkušebního příkladu

Program je zpracován stavebnicově se systémem vstupujících volitelných formálních parametrů /IM, JM, K, DN /I,J/, W /I/, A /X,J// v programovacím jazyku FORTRAN IV. Přijatý postup umožňuje snadné provedení případných úprav a rozšíření dle konkrétních podmínek a požadavků. Program je jednoduchý, obsahuje 107 výkonných instrukcí. Značné rychlosti výpočtu bylo dosaženo především neobvyklým vyřešením bloku tvorby kombinací /viz stať 4/.

K odladění programu a k získání potřebných ekonomických údajů z výpočtu byl řešen menší zkušební příklad /obr. 1/. Vstupující data byla zvolena tak, aby byly zachovány nutné hodnotové relace mezi základními hodnotícími kritérii. Rozsah příkladu: $IM = 20$, $JM = 5$, $X = 5$ /polynom 4. stupně/. Výpočet jedné kombinace trval na samočinném počítači Minsk 22 /malý, II. generace/ v průměru asi 8 sekund /prakticky tuto dobu určují pomalé periférie/. Jako optimální byla vypočtena kombinace 2. třídy /z 25 řešených/ číslo 6, ve které jsou zařazeny sklady č. 2 a 3 /viz obr. 1 a kopii výstupu/.

Programovací jazyk FORTRAN IV umožňuje téměř přímé použití programu na systémy řady JSEP. Hrubé paměťové nároky úlohy činí $2 \times IM \times JM$ slov /čtyřciferných/. Celkový náklad na přípravu a výpočet zkušebního příkladu činil asi 300 Kčs.

4. Popis algoritmu tvorby kombinací

V průběhu řešení úlohy se podařilo nalézt velmi jednoduchý a pro samočinné počítače výhodný postup tvorby kombinací 1., 2., ... až K-té třídy z dané množiny prvků. Obvyklé matematické postupy vedou k značně složitým analytickým pracím. Postup výhodně využívá hardverových instrukcí pracujících ve dvojkové soustavě. Popis algoritmu:

Mějme množinu J prvků, jejichž počet nepřesahuje maximální bitový rozsah slova daného samočinného počítače /rozsah lze programově rozšířit/. Naplněné slovo představuje hodnotu $(2^J - 1)$, což je právě počet kombinací 1., 2., ... až K-té třídy z daných J prvků. Naplnujeme-li postupně toto slovo v cyklu přičítáním jedničky a v každém kroku testujeme existenci jedničky v jednotlivých bitech slova, pak obsazené bity nám v pořadí určují přímo kombinace. Nechceme-li kombinace vyšších tříd, stačí testovat již při tvorbě kombinací /naplňování slova/ počet jedniček a nevhodné kombinace vyloučit. V určitém místě řešení úlohy již dochází ke tvorbě kombinací jen vyšších tříd. Poslední kombinace K-té třídy z J prvků představuje hodnotu:

1111111...111110000000...0000

K-míst /J-K/míst

Tuto hodnotu lze lehce předem vypočítat a testem vyloučit zbytečné výpočty. Navíc je vhodné předem vypočítat i počet přípustných kombinací a využít je ke kontrole bloku jejich tvorby.

Rychlost postupu je dána přímým využitím hardverových instrukcí včetně instrukce "načítání jedniček ve slově". Některé /především tzv. vyšší/ programovací jazyky nedovolují snadné programování v dvojkové soustavě. Při aplikaci uvedeného postupu na desítkovou soustavu dojdeme k překvapivému závěru, že stejnou funkci plní postup, ve kterém načítané číslo dělíme dvěma /v cyklu/, načítáme pořadí a testujeme zbytek dělení na jedničku. Na celé řešení bloku ve FORTRANU stačí několik instrukcí.

5. Matematizace složitějších vlivů investičních nákladů i jiných kritérií vstupujících do řešení

K přesnému vyjádření těch nákladových kritérií, které nestačí vyjádřit konstantou, je možné použít složitějšího funkčního vyjádření. Pro stanovení druhu funkce vyjdeme ze známých zákonitostí, nebo použijeme obvyklý postup - vyrovnání ze statistických údajů na vhodný typ funkce. U některých typů funkcí /např. exponenciálních/ se doposud používá metoda vyrovnání funkce v logaritmickém tvaru, která vede k nepřesnostem. Použití výpočetní techniky umožňuje přímé vyrovnání i složitých funkcí aproximativními postupy, které při značné rychlosti počítačů vedou rychle k cíli.

Možný tvar nákladové funkce je znázorněn na obr. 3. Jejím argumentem bude vždy kvantifikovaný údaj vycházející z konkrétní úlohy. Koeficienty funkce určují v závislosti na argumentu míry vlivu všech kritérií na hodnotu funkce. K objasnění problému použijme příkladu:

Budeme řešit nákladovou funkci pro vyjádření jednotkových investičních nákladů zřizovaného skladu. Tyto náklady přímo závisí na kapacitě zřizovaného skladu, která tedy bude argumentem funkce. Na hodnotu funkce však působí ještě další vlivy, a to různou měrou a v závislosti nejen na kapacitě, ale i na místních podmínkách /vhodnost místa, vhodnost dopravy hmot do skladu, provozní náklady apod./. K podchycení těchto vlivů použijeme koeficientů funkce.

Z uvedeného vyplývá, že objektivní vyřešení úlohy si vynucuje objektivní stanovení vlivu všech ekonomických kritérií, která ovlivňují výsledek. V tomto směru navržený postup vhodně rozděluje tvůrčí lidskou práci od mechanické práce stroje.

6. Z á v ě r s popisem některých možných aplikací

Popsaný postup má obecné použití, které není vázáno na řešení pouze prostorových úloh, jako jsou například: rozvoz pohonných hmot, potravin, map, stře-liva apod. Postup umožňuje řešit i úlohy inverzní /svoz hmot/. Je použitelný i pro úlohy značně odtržené od klasického zásobovacího problému. Může to být problém výběru nejvhodnějších typů /i jejich optimálního procentuálního nasazení/ určitých prostředků na plnění daného úkolu. Speciální složitější aplikace by si pravděpodobně vynutily úpravy programu, které jsou, vzhledem k jeho stavbě, proveditelné. Důležité je pochopení postupu a jeho možností příslušnými odborníky a vhodné přizpůsobení algoritmu na konkrétní podmínky různých úloh.

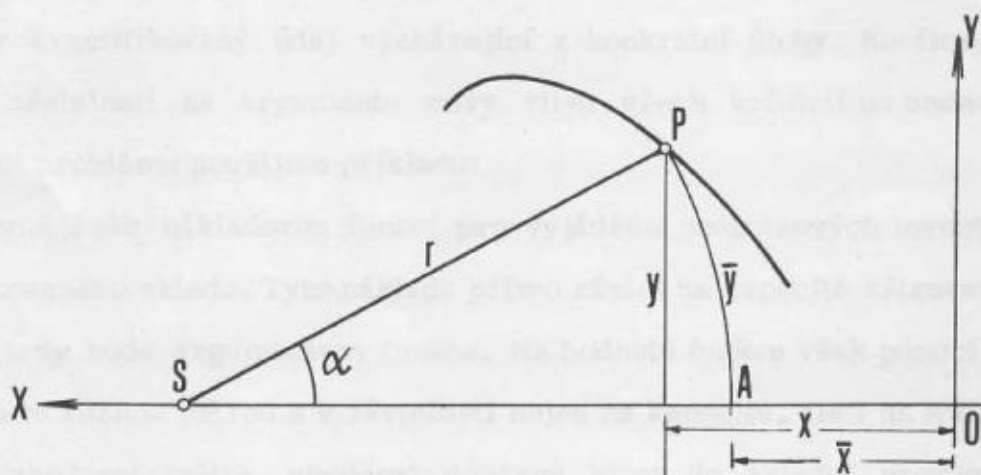
Došlo dne 3. 6. 1977

Mjr. ing. Libor Filipický

Digitalizace záznamových křivek

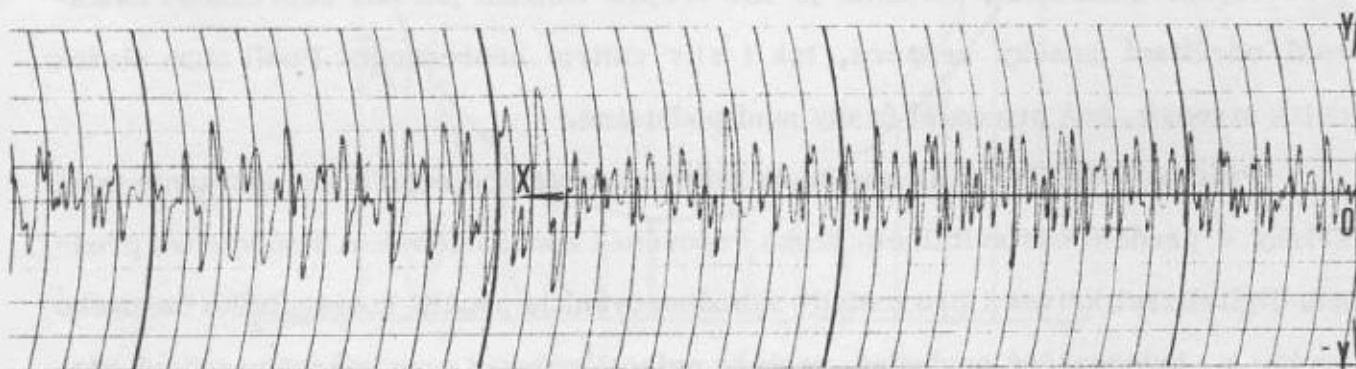
Záznamovou křivkou zde všeobecně rozumíme graf, který byl nakreslen pohyblivým pisátkem registračního zařízení měřicího přístroje. Jde tedy o grafické záznamy pořízené např. seismografem, barografem, elektrokardiografem atd. Posouzení takového grafického záznamu se dříve dělo většinou subjektivně na základě vizuálního zhodnocení nebo v nejlepším případě použitím jednoduchých graficko-početních metod. Moderní výpočetní a digitalizační technika však umožňuje zachytit průběh takových grafů v číselné souřadnicové formě, analyticky je vyjádřit a dále zkoumat ryze matematickými metodami. Cílem tohoto článku není podrobně popisovat používané metody a postupy vyhodnocování, ale upozornit a poukázat na některé problémy a zkušenosti v souvislosti s číselným bodovým zobrazováním těchto již nakreslených grafů, tj. s jejich číselnou digitalizací.

Převážná většina registračních zařízení pracuje tak, že na pruh papíru pohybujícího se rovnoměrně rychlostí v je graf kreslen pisátkem, které je volně otočné kolem středu S . Příslušná funkční hodnota, tj. okamžitá výchylka pisátka P , je dána délkou oblouku \widehat{AP} , resp. úhlem α - viz obr. 1.



Obr. 1

Značná část registrovaných jevů má charakter vlnění, kdy dochází k poměrně rychlým změnám polohy pisátka. Na obr. 2 je část záznamu pořízeného seismografem, na němž je patrné, že výchylky pisátka se dějí po kruhovém oblouku. Zvolíme-li počátek $0/0,0/$, pak pro libovolný bod P křivky je možno odečíst pravoúhlé digitální souřadnice x, y .



Obr. 2

Protože ve směru x existuje pouze závislost na času t , je tedy $\bar{x} = v \cdot t$ a funkční závislost musí být v \bar{x} neklesající. Rovněž okamžitá funkční hodnota je dána délkou kruhového oblouku \widehat{AP} a nikoliv souřadnicí y . Proto je nutno digitální souřadnice x, y přepočíst na správné \bar{x}, \bar{y} vyloučením kruhového pohybu pisátka dle vztahů

$$\begin{aligned}\bar{x} &= x - r + \sqrt{r^2 - y^2} \quad , \\ \bar{y} &= r \cdot \operatorname{arctg} \frac{y}{\sqrt{r^2 - y^2}}\end{aligned}\quad (1)$$

Záznamovou křivku tedy digitalizujeme odečtením souřadnic x, y dostatečného počtu jejích bodů. Po přepočtu všech x, y na \bar{x}, \bar{y} pomocí vztahů (1) se těmito body proloží matematicky definovaná spojitá křivka, která se podrobí další analýze. Jde o vysoce speciální problematiku, často různou případ od případu, kterou se dále podrobněji nezabýváme. Všimněme si však vlastních problémů přesné digitalizace.

K přesnému zachycení průběhu záznamové křivky včetně drobných vlněk /šumů/ je třeba ji digitalizovat dostatečně jemně, tj. značně hustou posloupností bodů. V našem případě byl k digitalizaci seismogramů použit přístroj ARISTO-GRID, který umožňuje registraci digitálních souřadnic x, y na 0,01 mm. Vnitř-

ní přesnost přístroje lze bez speciálních, vysoce přesných přístrojů stanovit velmi obtížně, protože přesnost nastavení odečítací značky je i při použití zvětšovací optiky podstatně menší. Kromě toho je tato přesnost zřejmě proměnlivá pro různé části sensorové plochy. Výrobce uvádí praktickou přesnost 0,1 mm a provedené experimenty jednoznačně prokazují, že této hodnoty lze při pečlivé práci běžně dosáhnout, přičemž je zde zřejmě zahrnut jak vliv nepřesného nastavení odečítací značky senzoru, tak i vliv vnitřní nepřesnosti. Podíl obou složek nelze stanovit, což pro další úvahy není podstatné.

Přístroj ARISTOGRID umožňuje také automatickou registraci souřadnic bodů křivky v předem nastavitelném kroku časovém i souřadnicovém. Pro vysoce přesnou digitalizaci křivek i pro metody vyhodnocování je použití konstantního časového kroku k_t jednoznačně nevhodné, protože nelze dosáhnout rovnoměrného vedení odečítací značky po digitalizované křivce. Proto byla zaměřena pozornost na problematiku automatického kroku v souřadnicích a v souvislosti s tím byly posuzovány otázky hustoty bodů, přesnosti a pravidelnosti zvoleného kroku i vhodné metodiky digitalizace.

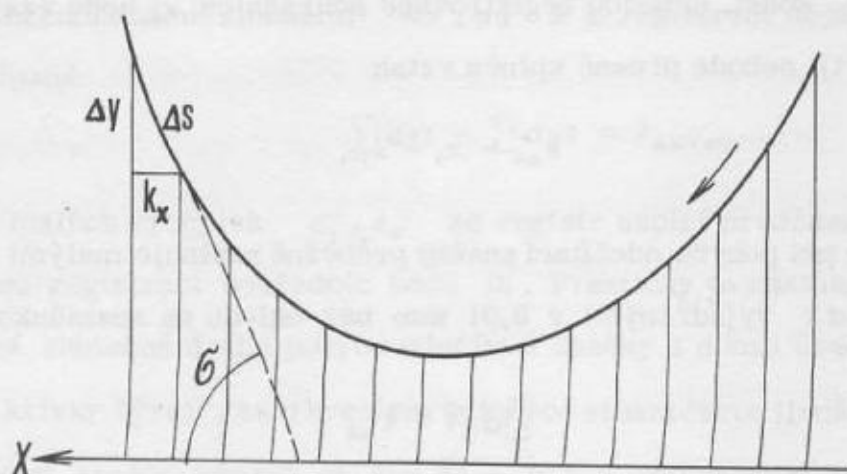
Hustota bodů

Pro vyhodnocování mnohdy stačí registrovat pouze maxima a minima dané křivky, tj. body vratu pisátka, většinou však je třeba podrobně digitalizovat křivku v celém jejím průběhu. Z praktického hlediska by mnohdy bylo účelné, aby nepravidelné a zvláště zakřivené úseky čáry byly digitalizovány hustěji než úseky přímé a pravidelné. Tento požadavek by mohl být formulován např. tak, aby velikost kroku k v daném elementu byla zhruba úměrná střednímu poloměru křivosti. Toto řešení však současné přístroje zatím neumožňují. Hustotu automaticky registrovaných bodů můžeme volit buď konstantním krokem v souřadnici x /tj. $k_{\Delta x} = \Delta x = \text{konst.}/$ nebo konstantním součtem změn v obou souřadnicích /tj. $k_{\Delta x + \Delta y} = \text{konst.}/$ Protože však hustotu bodů hodnotíme jejich vzdáleností neboli délkou přímkového elementu Δs oblouku, je třeba si ujasnit některé závislosti Δs na zvoleném kroku k .

Je-li $k_{\Delta x} = \text{konst.}$, je hodnota Δs závislá na směru σ křivky podle vztahu

$$\Delta s = \frac{k_{\Delta x}}{|\cos \sigma|} \quad (2)$$

a pro libovolné φ nabývá Δs hodnot $k \leq \Delta s \leq \pm\infty$. V důsledku toho je hustota bodů v různých částech křivky obecně různá /obr. 3/.



Obr. 3

Volíme-li $k = \Delta x + \Delta y = \text{konst.}$, hodnota Δs závisí rovněž na směru φ podle vztahů

$$\Delta s = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{\Delta x^2 + (k - \Delta x)^2} = \sqrt{2\Delta x^2 - 2k\Delta x + k^2},$$

přičemž (3)

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{k - \Delta x}{\Delta x}$$

Hodnota Δs je pak v intervalu $\frac{1}{\sqrt{2}}k \leq \Delta s \leq k$, přičemž minimum

$\Delta s = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot k \doteq 0,707 \cdot k$ je splněno pro případ $|\Delta x| = |\Delta y|$, tj. pro

$$\varphi = \frac{\pi}{4} \pm n \cdot \frac{\pi}{2}, \text{ kde } n = 1, 2, 3, \dots$$

Z uvedeného je zřejmé, že v obou případech volby kroku lze pravidelné hustoty bodů dosáhnout jedině na přímce, zatímco u křivek je hustota vždy proměnlivá a závisí na směru φ křivky, resp. na $\frac{\Delta y}{\Delta x}$. Změny hustoty pro $k_{\Delta x}$ mohou být výraznější než pro $k_{\Delta x + \Delta y}$.

Pravidelnost kroku

Jestliže nastavíme zvolený krok k na přístroji a provedeme automatickou registraci bodů křivky, obecně nebudou souřadnicové rozdíly $\Delta x, \Delta y$ vypočtené z registrovaných souřadnic přesně odpovídat předpokladům z předchozí kapitoly.

Zvolený krok k nemusí být totiž zcela pravidelný v důsledku vnitřních chyb přístroje a zejména vlivem nepřesného vedení odečítací značky po digitalizované křivce. Protože chybu přístroje nelze jednoznačně stanovit, z dalších úvah ji vyloučíme.

Pro $k_{\Delta x} = \text{konst.}$ nebudou registrované souřadnice x_i bodů vzájemně přesně ekvidistantní, tj. nebude přesně splněn vztah

$$k_{\Delta x} = x_i - x_{i-1} \quad (4)$$

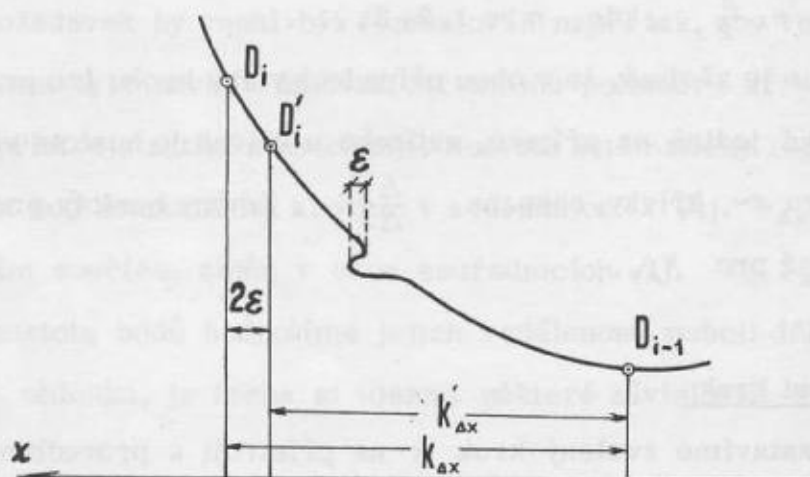
Registr kroku se při pohybu odečítací značky průběžně naplňuje malými diferenciálními změnami dx vyjádřenými v 0,01 mm bez ohledu na znaménko a v případě

$$\sum |dx| = k_{\Delta x} \quad (5)$$

je zcela naplněn a pak dojde k registraci souřadnic v předepsaném formátu s následným vynulováním registru.

Diferenciální změny dx opačného znaménka než je uvažované Δx způsobí předčasné naplnění registru kroku a tím předčasnou registraci. Např. podle obr. 4 při pohybu odečítací značky po křivce s dojde k malému místnímu vychýlení /vrácení/ o hodnotu ε_x . Chyba ε_x se uplatní dvojnásobně a v důsledku toho dojde k registraci souřadnic nikoli v bodě D_i , nýbrž v bodě D'_i a pak je

$$k'_{\Delta x} = x_{D'_i} - x_{D_{i-1}} = k_{\Delta x} - 2 \cdot \varepsilon_x \quad (6)$$



Obr. 4

Drobné výchylky ε_x mohou být způsobeny chvěním ruky nebo nepozorností a jejich působení se projevuje zvláště u strmých úseků digitalizovaných čar.

Podobně při volbě $k_{\Delta x + \Delta y} = \text{konst.}$ se registr kroku naplňuje současně malými diferenciálními změnami dx, dy a k registraci dojde při naplnění registru v případě

$$\sum |dx| + \sum |dy| = k_{\Delta x + \Delta y} \quad (7)$$

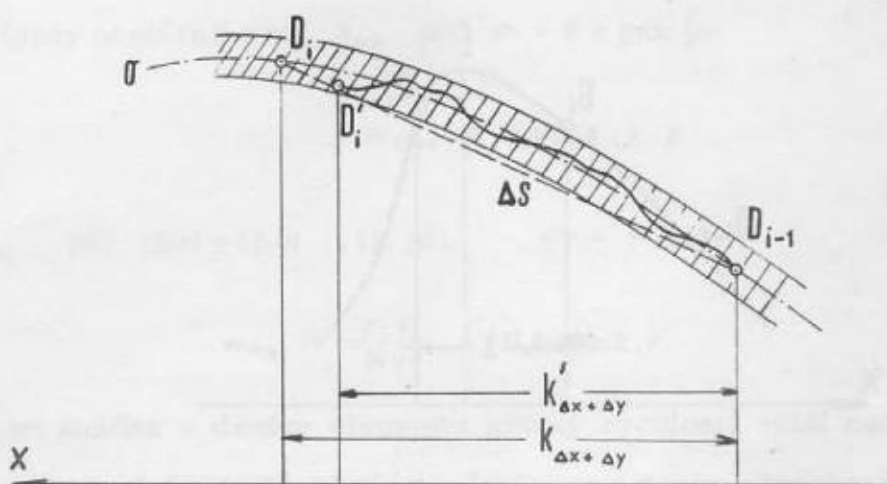
Působením malých výchylek $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ se registr naplní předčasně a tím způsobí i předčasnou registraci souřadnic bodu D'_i . Prakticky to znamená, že se integrovala celková skutečná dráha pohybu odečítací značky a nikoli úsečka Δs . Protože záznamové křivky bývají často kresleny poměrně silnou čarou tloušťky 0,2 - 0,6 mm, je obtížné vést značku přesně po ose čáry σ bez výchylek. Kromě toho je oblouk $\widehat{D_{i-1} D_i}$ vždy delší než Δs . Na obr. 5 je znázorněna část digitalizované čáry /vyšrafované/ a skutečná dráha pohybu s výchylkami mimo osu σ , která je ukončena bodem D'_i . Přitom zřejmě platí

$$k_{\Delta x + \Delta y} = \Delta x + \Delta y = \int_{D_{i-1}}^{D_i} (|dx| + |dy|) \quad (8)$$

a v důsledku toho je

$$k'_{\Delta x + \Delta y} = (x'_i - x_{i-1}) + (y'_i - y_{i-1}) \leq k_{\Delta x + \Delta y} \quad (9)$$

$$\Delta s' \leq \Delta s$$



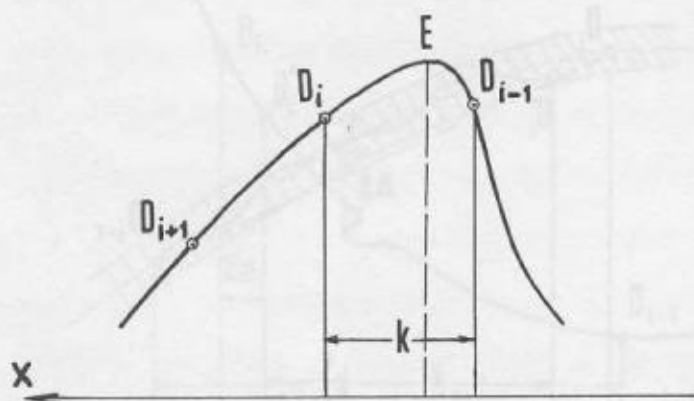
Obr. 5

Z předchozího je zřejmé, že pravidelnost zvoleného kroku v souřadnicích registrovaných bodů nemusí být zaručena ani v případě, pracuje-li registr kroku a celý přístroj absolutně přesně. Na základě čistě geometrických vztahů se nabízí závěr, že velikost skutečného kroku k' je vždy menší než velikost zvoleného kroku k . Praktická měření a experimenty však tento závěr nepotvrzují, protože se vyskytují případy $k' > k$ s rozdílem až 0,03 mm. Tuto skutečnost lze vysvětlit působením vnitřní nepřesnosti přístroje, která může být obecně různá pro každý plošný element či bod sensorové plochy.

Velikost kroku

Velikost kroku volíme vždy s ohledem na požadovaný stupeň zachycení detailu, na průběh a členitost křivky a zejména na možnou rychlost registračního záznamu souřadnic. U křivek převážně strmých /např. u seismogramů/ je možno volit krok $k_{\Delta x}$ menší než u křivek plochých a zhruba rovnoběžných s x . Naproti tomu se mohou velmi nepříznivě uplatnit v pravidelnosti kroku příčné výkyvy odečítací značky od křivky. Při volbě $k_{\Delta x + \Delta y}$ není strmost křivky příliš podstatná, protože hustota bodů se mění v závislosti na σ méně výrazně než u $k_{\Delta x}$.

Příliš velký krok však přináší nevýhody v tom, že mohou zmizet jemnější detaily v průběhu křivky a kromě toho mohou být vynechány mnohdy důležité extrémní funkční hodnoty \bar{y} . Např. na obr. 6 byl vynechán bod E mezi digitalizovanými body D_{i-1} , D_i .



Obr. 6

V takových případech je nutno registrovat tyto extrémní body nezávisle na automatickém kroku stisknutím registračního tlačítka. U zvlášť členitých křivek, zachycujících drobné šumy, je někdy výhodnější nepoužívat automatického kroku vůbec, nýbrž provádět digitalizaci bodově podle subjektivní volby nepravidelně hustě.

Důležitým a mnohdy rozhodujícím činitelem při volbě automatického kroku je rychlost registračního zařízení digitalizátoru. Je-li výstup realizován na magnetickou pásku, je registrace velmi rychlá a pak je většinou možný i značně rychlý pohyb odečítací značky po digitalizované čáře i při poměrně malém kroku. Při použití děrné pásky je rychlost registrace podstatně nižší a rozhoduje zde i formát výstupních informací. Zpravidla děrujeme pouze souřadnice x, y na 5 cifer v 0,01 mm bez zápisu desetinné čárky, tj. celkem 14 děrovaných znaků.

Je-li V skutečná rychlost děrovače vyjádřena počtem znaků za 1 s a w rychlost pohybu odečítací značky po čáře v mm/s, pak platí následující vztahy:
Maximální počet bodů registrovaných za 1 sekundu

$$B_{\max} = \frac{V}{14} \doteq 0,0714 \cdot V \quad (10)$$

Maximálně přípustná rychlost pohybu značky je obecně pro $k = k_{\Delta x}$

$$w_{\max} = \frac{k \cdot B_{\max}}{\cos \varphi} = \frac{k \cdot V}{14 \cos \varphi} \quad \text{mm/s.}$$

a v případě $k = k_{\Delta x + \Delta y}$

$$w_{\max} = \frac{V}{14} \sqrt{\Delta x^2 + (k - \Delta x)^2} \quad \text{mm/s.}$$

Extrémní případy nastávají pro $k_{\Delta x}$ při $\varphi = 0$ a pak je

$$w_{\max} = 0,0714 \cdot k \cdot V \quad (12)$$

a pro $k_{\Delta x + \Delta y}$ při $|\Delta x| = |\Delta y|$, tj. při $\varphi = \pm 45^\circ$

$$w_{\max} = \frac{k \cdot V}{14\sqrt{2}} = 0,0505 \cdot k \cdot V \quad (13)$$

Pohybuje-li se značka v daném elementu křivky rychlostí větší než w_{\max} , pak je registr kroku naplněn ještě před ukončením registrace předchozího bodu. Protože nelze registrovat dvojí souřadnice současně, je registrace souřadnic druhého

bodů vynechána, registr vynulován a přístroj to signalizuje akusticky. Praktické experimenty ukázaly, že pro děrovač ARISTOGRIDU s rychlostí $v = 50$ není vhodné volit krok $k_{\Delta x}$ nebo $k_{\Delta x + \Delta y}$ menší než 0,4 - 0,5 mm. I když se podařilo dodržet přípustnou rychlost i při kroku $k_{\Delta x + \Delta y} = 0,2$ mm, nelze to považovat za provozní možnost. Z hlediska pohodlnosti a přesnosti práce je vhodné volit velikost kroku nejméně 0,6 - 0,8 mm.

Pro předchozí vztahy (10) až (13) jsme předpokládali, že rychlost vedení značky ω je rovnoměrná, což v praxi obecně není splněno. Hodnota ω je značně proměnná v závislosti na tvaru a členitosti křivky a také na individuální dispozici obsluhy. Vždy je třeba volit krok dostatečně velký, aby pro rychlost ω byly dány dosti široké meze a jednotlivé digitální body nebyly vynechávány.

Závěr

Při digitalizaci záznamových křivek je třeba digitalizovat přesně a přitom volit značně jemný digitální krok. Pro používané metody vyhodnocování seismogramů není třeba, aby zvolený krok v souřadnicích byl přesně pravidelný. I když by se při digitalizaci podařilo tuto pravidelnost přesně dodržet, pak stejně bude porušena provedením nelineární transformace (1). Přesto však v jiných úlohách může být vznesen požadavek pravidelného digitálního kroku, např. při tabelaci graficky dané závislosti v ekvidistantním kroku argumentu atd.

V tomto článku bylo snahou podat komplexní pohled na problematiku použití automatického režimu zvoleného kroku u přístroje ARISTOGRID v souvislosti s digitalizací záznamových křivek. Na základě teoretického posouzení i výsledků praktických zkoušek lze uvést tyto závěry:

- vzhledem k vztahům (2) a (3) nelze dosáhnout zcela rovnoměrné hustoty digitálních bodů na křivce,
- vlivem nepřesností ve vedení odečítací značky po křivce nelze dosáhnout pravidelného kroku v souřadnicích x, y . V důsledku toho při volbě $k_{\Delta x}$ není možno získat digitální body v přesně ekvidistantním kroku argumentu x . Výjimečně se to může podařit u velmi plochých křivek,
- provedením transformace (1) souřadnic x, y na \bar{x}, \bar{y} se porušuje pravidelnost zvoleného kroku i hustoty bodů na křivce,

- velikost kroku je vhodné volit nejméně 0,6 mm v závislosti na tvaru křivky a rychlosti w registračního zařízení. Je-li tato velikost kroku nepostačující, je nutno registrovat důležité mezilehlé body /extrémy/ ručně stiskem registračního tlačítka,

- vnitřní přesnost použitého ARISTOGRIDU je zřejmě vyšší než 0,05 mm.

Při prováděných experimentech byly vyřešeny i některé další související problémy. Protože k vyhodnocení výsledků digitálních měření byl použit počítač MINSK-22, byla registrace zprvu realizována přes dálkopis SIEMENS s rychlostí $V = 7$ do pětistopé děrné pásky v kódu CCITT. Vhodnou úpravou programové desky i klávesnice ARISTOGRID je možno využít děrovače s rychlostí $V = 50$ v kódu CCITT, který dříve pracoval v osmistopém kódu ISO.

Pro vykreslení digitalizované křivky i v jiném měřítku byla vypracována metoda, která zcela vylučuje nutnost použití počítače. Princip řešení spočívá v tom, že digitalizátor ARISTOGRID děruje nikoli pouze digitální souřadnice x, y , ale přímo výkonné instrukce pro DIGIGRAF s možností ovládání /spouštění, zvedání/ pisátka.

L i t e r a t u r a

Prof. Dr. Jan Vojtěch: Základy matematiky, díl I.

Došlo dne 29. 8. 1975.

СОДЕРЖАНИЕ

Вагала: Установление параметров референц-эллипсоидов для отдельных континентов по данным со спутников и наземным измерениям	1
Душатко: Информация о развитии и современном состоянии глобальных геодезических систем в армии США	14
Вондра, Покорны: К проблематике создания несложных дигитальных моделей местности	20
Франек: К точности фотограмметрического сгущения методом ВААЗ	35
Франек: Элиминация ошибок при аналитической аэотриангуляции методом ВААЗ	47
Галтмар: Перспективы развития офсетной печати в ЧССР	63
Красны: Решение задачи в общем виде оптимального выбора количества, размеров и размещения пунктов снабжения по заданным критериям	69
Филипски: Дигитализация графов	78

INHALT

Vahala: Ableitung der Parameter der Referenzellipsoide für einzelne Kontinente von den Satellitendaten und den terrestrischen Daten	1
Dušátko: Information über die Entwicklung und den gegenwärtigen Stand der globalen geodätischen Systeme in der Armee der Vereinigten Staaten	14
Vondra, Pokorný: Beitrag zur Problematik der Herstellung einfacher digitaler Modelle des Geländes	20
Franěk: Zur Genauigkeit der photogrammetrischen Punktverdichtung nach der Methode MAAZ	35
Franěk: Fehlerelimination bei der analytischen Aerotriangulation nach der Methode MAAZ	47
Haltmar: Entwicklungsperspektive des Offsetdrucks in der ČSSR	63
Krásný: Optimierung der Anzahl, Größe und Dislokation der Versorgungsstellen nach den gegebenen Kriterien	69
Filipský: Digitalisierung der Diagrammkurven	78