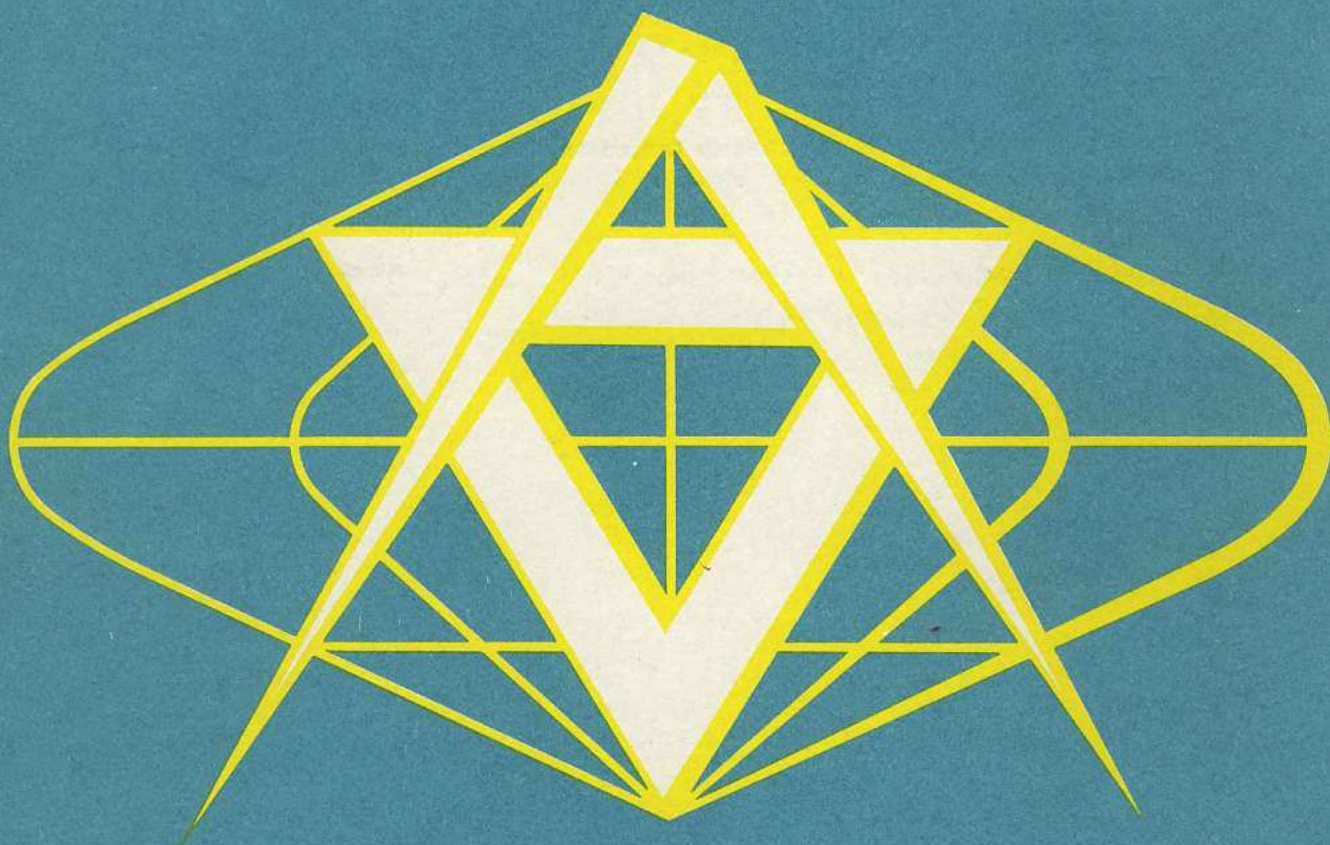


**SBORNÍK
TOPOGRAFICKÉ
SLUŽBY
MNO**



**VOJENSKÝ
TOPOGRAFICKÝ OBZOR**

1/79

OBSAH

	strana
Prof. ing. Dr. Bedřich Chrastil, ing. Jaroslav Matonoha, ing. Vlastislav Procházka: Přejít na jednotku tlaku pascal v barometrické nivelaci a zkušenosti s optickými mikrobarometry	2
Ing. Jan Pokorný, pplk. ing. Dalibor Vondra, CSc.: Příspěvek k problému transformace sítě uzlových bodů digitálního modelu terénu	12
<i>Recenzent: plk. doc. ing. František Miklošik, CSc.</i>	
Ing. Libor Filipský: Poloautomatické vyhodnocení viditelnosti na digitálním modelu terénu	21
<i>Recenzent: pplk. ing. Dalibor Vondra, CSc.</i>	
Pplk. ing. Jiří Kánský, pplk. ing. Dimitrij Pago: K problémům a výsledkům automatizace tvorby a obnovy topografických map v ČSSR	37
<i>Recenzent: kpt. ing. Bohumil Vavřina</i>	
Plk. ing. Vladimír Martinák, CSc.: Perspektivy vývoje a využití topografických a geodetických připojovačů	42
<i>Recenzent: pplk. ing. Drahomír Dušátko, CSc.</i>	
Plk. doc. ing. Erhart Srnka, CSc., doc. ing. Lubomír Lauermann, CSc.: Příprava a odborná redakce Vojenského zeměpisného atlasu	46
<i>Recenzent: plk. ing. František Kučera</i>	
Npor. RNDr. Jaroslav Fiedler: Lokalizace zdrojů seismických vln	57
<i>Recenzent: pplk. ing. Drahomír Dušátko, CSc.</i>	

SBORNÍK TOPOGRAFICKÉ SLUŽBY MNO

VOJENSKÝ TOPOGRAFICKÝ OBZOR

Č Í S L O
1 9 7 9 1

Zemřel prof. RNDr. Emil BUCAR, DrSc. - bývalý příslušník VZÚ

Narodil se 4. srpna 1901 v Horní Nové Vsi u Lázní Bělohradu v početné dělnické rodině. Po maturitě na státní reálce v Nové Pace v r. 1921 studoval na přírodovědecké fakultě University Karlovy, kde v r. 1927 dosáhl doktorátu přírodních věd z nebeské mechaniky, oboru, který zůstal jeho nejmilovanějším po celý život. V letech 1925-27 pracoval na hvězdárně v Alžíru.

V letech 1929-1946 byl zaměstnán jako astronom - občanský pracovník - u Vojenského zeměpisného ústavu a u Zeměměřického úřadu v Praze. Jeho zásluhou mají astronomická měření zeměpisných souřadnic na území ČSSR vysokou kvalitu a celý tento operát dodnes spolehlivě slouží řešení astronomicko-geodetických úkolů, často svou důležitostí daleko přesahujících rámec našeho státního území.

V r. 1945 se na ČVUT v Praze habilitoval z astronomie. Od r. 1946 byl řádným profesorem astronomie a geofyziky a vedoucím Astronomické observatoře na ČVUT. V r. 1952 byl zvolen členem korespondentem ČSAV. Vědecká hodnost doktora fyzikálně matematických věd mu byla udělena v r. 1955. Až do r. 1961 byl vedoucím katedry vyšší geodézie na ČVUT.

Prof. Buchar vyřešil řadu fundamentálních úloh z oboru nebeské mechaniky. Jeho objev planety č. 1055, kterou nazval „Tynka“ po své mamince, je prvním československým objevem tohoto druhu. Jeho světová priorita je mu přiznávána v odvození velikosti zploštění Země na základě čsl. pozorování prvních dvou sovětských SPUTNIKŮ v r. 1957 a 1958.

Prof. Buchar pro svou světovou autoritu byl jmenován členem velké řady domácích i mezinárodních vědeckých institucí astronomicko-geodetických. V letech 1963, 1964 a 1966 pracoval jako expert vládní delegace ČSSR v subkomisi pro mírové využití kosmického prostoru při OSN. Zejména na této půdě a v této funkci se silně projevil stránky jeho osobnosti: pokrokovost smýšlení, hluboká oddanost myšlenke socialismu a citlivý smysl pro spravedlnost.

Jeho celoživotní práce byla po zásluze oceněna řadou státních a jiných mezinárodních vyznamenání a poct.

Zemřel 20. září 1979.

Naše i celosvětová astronomie a geodézie v něm ztratila významného vědce-badatele, který zasáhl zejména do vývoje družicové astrodynamiky a astronomie.

Naše vysoké školství ztratilo skvělého učitele, který s pedagogickým mistrovstvím uměl zpřístupnit i velmi složité problémy teoretické astronomie, ztratilo tvůrce české školy geodetické astronomie. Řadě generací inženýrů-geodetů a vědeckých pracovníků byl vzorem svou pílí, pracovním zaujetím, vytrvalostí a skromností. U těch, kdož ho ve spolupráci poznali, zůstane v živé paměti nejen jako člověk neobyčejně svědomitý, který pro vědu cele žil a nezištně jí sloužil, ale i jako člověk, který uměl rozdávat radost z práce a pohodu v osobním životě.

Prof. Buchar zůstává nadále s námi ve svém vědeckém díle, v našich srdcích a na čestném místě historie Vojenského zeměpisného ústavu v Praze.

Redakční rada

Sborníku Topografické služby MNO

Přechod na jednotku tlaku pascal v barometrické nivelaci a zkušenosti s optickými mikrobarometry

Úvod

Zavádění soustavy jednotek SI (Système International d'Unités) bylo v Československu zahájeno v roce 1972. Od 1. ledna 1975 se jednotky SI používají přednostně a od 1. ledna 1980 se mají používat výlučně [11]. Na tom nic nemění možnost používat i vedlejší dovolené jednotky.

Nová jednotka tlaku pascal (Pa) patří k odvozeným jednotkám se zvláštním pojmenováním. Jeden pascal je tlak, který vyvolává síla jednoho newtonu (N), rovnoměrně rozložená na rovinné ploše s obsahem jednoho čtverečního metru, kolmé ke směru síly:

$$\text{Pa} = \text{N} \cdot \text{m}^{-2} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}. \quad (1)$$

Ve vzorci [1] figurují jednotky základní: metr (m), kilogram (kg) a sekunda (s); newton (N) je jednotka odvozená se zvláštním pojmenováním:

$$\text{N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}. \quad (2)$$

Vztah mezi novou jednotkou tlaku pascal a dřívější jednotkou torr plyne z jejich definicí. Budiž připomenuto, že jeden torr byl definován jako hydrostatický tlak 1 mm vysokého svislého sloupce čisté rtuti při teplotě tuhnutí vody 0 °C a při normálním tíhovém zrychlení $g_n = 9,806 65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Podle toho je tedy

$$1 \text{ torr} = g_n \cdot \rho_{\text{Hg}} \cdot 0,001 \text{ m} = 9,806 65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 13 595,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot 0,001 \text{ m} = 133,322 39 \text{ Pa}. \quad (3)$$

$\rho_{\text{Hg}} = 13 595,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ je hustota rtuti za normálních podmínek. Z rovnice 3) vyplývá, že

$$1 \text{ Pa} = 7,500 62 \cdot 10^{-3} \text{ torr}. \quad (4)$$

Československá povětrnostní služba nadále používá podle mezinárodních dohod jednotku vzdušného tlaku milibar (mbar):

$$1 \text{ mbar} = 0,75 \text{ torr} = 100 \text{ Pa}. \quad (5)$$

1. Barometrické vzorce a vliv přechodu na pascal při jejich aplikaci

Podle požadavků přesnosti a časových možností se používají k výpočtu barometricky určovaného převýšení zpravidla tyto vzorce [2], [4]:

$$H_I = K \cdot \log \frac{p_1}{p_2} (1 + \alpha \cdot t). \quad (6)$$

$$H_{II} = \frac{2M \cdot K (1 + \alpha \cdot t)}{p_1 + p_2} \Delta p \approx \frac{M \cdot K (1 + \alpha \cdot t)}{p} \Delta p = \delta H \cdot \Delta p. \quad (7)$$

$$H_{III} = K \cdot \log \frac{p_1}{p_2} (1 + \alpha \cdot t) \left(1 + 0,377 \frac{e}{p}\right) \cdot (1 + \beta \cdot \cos 2\varphi) \cdot \left(1 + \frac{2H}{r}\right). \quad (8)$$

$$H_{IV} = \left[K \cdot \log \frac{p_0}{p_2} (1 + \alpha \cdot t_2) - K \cdot \log \frac{p_0}{p_1} (1 + \alpha \cdot t_1) \right] \cdot \left(1 + 0,377 \frac{e}{p}\right) [1 + \beta \cdot \cos 2\varphi] \left(1 + \frac{2H}{r}\right). \quad (9)$$

V uvedených vzorcích je

$K = \frac{h \cdot \rho_{\text{Hg}}}{M \cdot \rho_0} \approx 18 400 \text{ m}$ barometrická konstanta, udávající rozměr výsledného převýšení v metrech (m),

$h \approx 0,760 \text{ m}$ normální výška rtuťového sloupce barometru,

$q_{Hg} = 13\,595,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ hustota rtuti za normálních podmínek,

$M = 0,434\,295$ logaritmický modul k převodu dekadických logaritmů na přirozené a naopak

$\rho_0 = 1,293 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ normální hustota vzduchu,

$\alpha = 0,003\,665 \text{ deg}^{-1} \approx \frac{1}{273} \text{ deg}^{-1}$ koeficient roztažnosti vzduchu,

p_1, p_2 hodnoty vzdušného tlaku, naměřené na dolní a horní stanici,

$$\Delta p = p_1 - p_2$$

t_1, t_2 teplota vzduchu na dolní a horní stanici,

$$t = \frac{1}{2} (t_1 + t_2),$$

$e = E - 78,66 \cdot (t_s - t_v)$ napětí vodních par v ovzduší v době měření vzdušného tlaku,

t_s, t_v údaje Assmannova psychrometru „suchý“, „vlhký“,

$\beta = 0,002\,64$ druhý tíhový součinitel [2], [4],

φ střední zeměpisná šířka mezi stanicemi,

$\delta H = \frac{M \cdot K}{p} (1 + \alpha t)$ barický stupeň (barometrický výškový stupeň),

$H = \frac{1}{2} (H_1 + H_2)$ střední nadmořská výška mezi stanicemi,

r střední poloměr zemské koule.

Vzorec 6) je standardně používán při měření vzdušného tlaku běžnými aneroidy.

Vzorec 7) je Babinetovou obměnou vzorce 6). Postačí však jen v menších nadmořských výškách a pro menší převýšení [2], [4], [12].

Vzorec 8) je tak zvaný **úplný barometrický vzorec Laplaceův**. Přihlíží k tlaku vodních par v ovzduší

$\Delta H' \left(1 + 0,377 \frac{e}{p} \right)$, ke změnám tíhového zrychlení se zeměpisnou šířkou $\Delta H' (1 + \beta \cdot \cos 2\varphi)$

a s nadmořskou výškou $\Delta H' \left(1 + \frac{2H}{r} \right)$. Při měření vzdušného tlaku obyčejnými aneroidy není třeba uvedené korekce uvažovat.

Vzorec 9) nejlépe přihlíží k nejistotě **vertikálního teplotního gradientu**

$$\Gamma_t = - \frac{dt}{dH} \quad (10)$$

Výrazy $K \cdot \log \frac{p_0}{p_1}$ jsou takzvané **hrubé nadmořské výšky** a jsou tabelovány [2].

Veličina $p_0 = 101\,591,4 \text{ Pa} = 762 \text{ torr}$ je přibližná hodnota vzdušného tlaku v nulové nadmořské výšce ve stredo-evropském rovnoběžkovém pásmu $\varphi \approx 48^\circ$ až 50° s. š.

V barometrické nivelaci jsme dosud definovali **barický stupeň** jako výškový rozdíl na tížnici, odpovídající změně vzdušného tlaku o 1 torr, tedy změně výšky rtuťového sloupce barometru o 1 mm. Po přechodu na jednotku tlaku pascal bylo třeba definovat nový adekvátní barický stupeň. Úloha je celkem prostá. Jelikož povětrnostní služba vyjadřuje barický stupeň v m.mbar⁻¹, plyne ze vztahu 5)

$$\delta H = \text{m} \cdot \text{mbar}^{-1} = \text{m} \cdot (100 \text{ Pa})^{-1} \quad (11)$$

Této relace bylo využito při výpočtu nových tabulek hrubých nadmořských výšek vzhledem k jednotce tlaku pascal [2].

Podle vzorce

$$H' = 18\,400 \text{ m} \cdot \log \frac{101\,591,4}{p} \quad (12)$$

byly zpracovány tabulky hrubých nadmořských výšek H' s krokem argumentu

$$\Delta p = 100 \text{ Pa} \quad (13)$$

Tím se sjednocuje aplikace barického stupně na stejných hodnotách, i když argument (vzdušný tlak) je v barometrické nivelaci v Pa a v povětrnostní službě v mbar.

Definice barického stupně pro barometrickou nivelaci je tedy následující: **barický stupeň je výškový rozdíl na tížnici, odpovídající změně vzdušného tlaku o 100 Pa.**

Z tabulek hrubých nadmořských výšek lze odečíst hodnoty „hrubého“ barického stupně $\delta H'$. Jeho upřesnění podle teploty vzduchu vyplývá ze vzorce 7). Vydělíme-li tento vzorec Δp , dostaneme

$$\frac{\Delta H_{II}}{\Delta p} = \delta H = \frac{M \cdot K}{p} (1 + \alpha \cdot t) = \delta H' (1 + \alpha t). \quad (14)$$

Vztah 14) je důležitý a výhodný při výpočtu převýšení za použití barického stupně. Dosadíme-li totiž 14) do 7), dostaneme jednoduchý vzorec

$$\Delta H = \delta H' (1 + \alpha t) \cdot \Delta p = \delta H \cdot \Delta p. \quad (15)$$

Další důsledky přechodu na Pa jsou v přepočtu kalibračních tabulek optických mikrobarometrů a ve změně grafů oprav vzdušného tlaku z teploty přístroje [3], [7]. Konečně je to přepočet tabulky napětí nasycené vodní páry E , které je třeba také vyjádřit v Pa [7]. Všechny ostatní faktory úplného barometrického vzorce zůstávají beze změny. Barometrická konstanta K zůstává stejná.

Poměr ($e : p$) je nepojmenované číslo a veličiny $e : p$ mohou být vyjádřeny v libovolných (stejných) jednotkách tlaku (Pa, torr, mbar).

Korekce ze změny tíhového zrychlení $\Delta H' (1 + \beta \cdot \cos 2\varphi)$ a $\Delta H' \left(1 + \frac{2H}{r}\right)$ se rovněž nemění.

Otevřena zatím zůstává otázka těch barometrů a aneroidů, jejichž tlakoměrné stupnice odpovídají jednotce torr. Nejjednodušší řešení je zatím dáno přepočtem údajů na Pa podle vztahu 3).

2. Barický gradient a isobarická korekce převýšení

Barometrické vzorce umožňují řešit tři základní úlohy [12]:

- určit výškový rozdíl mezi dvěma isobarickými hladinami
 - určit tlak vzduchu v dané výšce, je-li známa hodnota tlaku vzduchu na výchozí stanici a převýšení stanic
 - redukovat naměřený tlak vzduchu na hladinu moře.
- První úloha a) je dostatečně známa a popsána v [2], [4] atd.
Druhou úlohu b) charakterizuje vertikální barický gradient [12]

$$\Gamma_H = - \frac{dp}{dH} \text{ (Pa} \cdot \text{m}^{-1}\text{)}. \quad (16)$$

Vertikální barický gradient vyjadřuje pokles vzdušného tlaku dp při jednotkové změně výšky dH . Řešení druhé úlohy b) je tedy následující:

$$p_2 = p_1 + \Gamma_H \cdot \Delta H. \quad (17)$$

Reciproká hodnota vertikálního barického gradientu je barický stupeň:

$$\delta H = \frac{1}{\Gamma_H} = - \frac{dH}{dp} \text{ (m} \cdot \text{Pa}^{-1}\text{)}. \quad (18)$$

O barickém stupni jsme již hovořili v části 1.

Třetí úloha c) má toto řešení:

$$p_{red} = p_H - \frac{Hm}{\delta H} = p_H - H_m \cdot \Gamma_H. \quad (19)$$

p_H je hodnota vzdušného tlaku v nadmořské výšce H . Vertikální barický gradient Γ_H určíme podle vzorce 16):

$$\Gamma_H \approx - \frac{p_0 - p_H}{H'} = - \frac{101\,591,4 - p_H}{K \cdot \log \frac{101\,591,4}{p_H}} \quad (20)$$

Měřený vzdušný tlak p_H nutno předem redukovat na nulovou teplotu přístroje [vzorce 25) a 26)].

Tabulka I.

Vertikální barický gradient (100 Pa/100 m)					Barický stupeň δH (m/100 Pa.)						
Tlak (Pa)	Teplota (°C)				Tlak (Pa)	Teplota (°C)					
	-40	-20	0	+20		+40	-40	-20	0	+20	+40
100 000	14,7	13,5	12,5	11,6	10,9	100 000	6,8	7,4	8,0	8,6	9,2
80 000	11,8	10,7	10,2	9,3	8,8	80 000	8,5	9,3	9,8	10,7	11,4
60 000	8,8	8,1	7,5	7,0	6,6	60 000	11,4	12,3	13,3	14,3	15,2
40 000	5,9	5,4	5,0	4,7	4,4	40 000	17,1	18,6	20,0	21,4	22,9
10 000	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	10 000	67,2	73,6	80,0	86,4	92,8

Z tabulky vyplývá rychlejší pokles vzdušného tlaku při nižších teplotách.

V tabulce I. jsou uvedeny některé hodnoty Γ_H a δH při výrazně odlišných teplotách vzduchu [12].

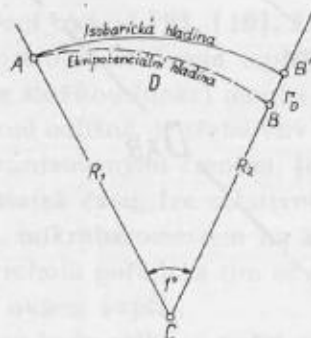
Izobarická korekce barometricky určeného převýšení je funkcí horizontálního barického gradientu. Tento je dán vztahem

$$\Gamma_D = - \frac{dp}{dD} \quad (21)$$

Horizontální barický gradient je definován jako rozdíl hodnot vzdušného tlaku ve stejné nadmořské výšce (na téže ekvipotenciální hladině) v obloukové vzdálenosti jednoho šedesátinného stupně (obr. 1). Je tedy

$$D_{km} \approx \rho'' \frac{R_{km}}{3600''} \approx 111,4 \text{ km} . \quad (22)$$

Teoreticky by měly odpovídající ekvipotenciální, izotermické a izobarické hladiny splývat. Ve skutečnosti je to však jinak. Značné anomálie teplotního gradientu mají za důsledek i anomálie barického gradientu a tedy i chyby v barometricky měřených převýšeních.



Obr. 1.

O metodách určování horizontálního barického gradientu byla napsána řada studií. Vliv rychlosti a směru větru na Γ_D zkoumá např. R. A. Golovčin v článku „Určení sklonu izobarické hladiny v daném směru“ (Geodezija i kartografija, ročník 1971/2).

V běžné praxi barometrické nivelace se spokojíme s hodnotou Γ_D určenou

- podle izobarických map,
- na základě denních hlášení povětrnostní služby,
- z výsledků vlastního měření klimatických faktorů (p, t).

Ad a). Izobarické mapy jsou pro účely barometrické nivelace nejméně vhodné. Mají velmi malá měřítka a jejich přehledný charakter (např. pro Evropu) neumožňuje přesněji lokalizovat potřebné údaje. Také izobary odpovídají průměrným (statistickým) hodnotám vzdušného tlaku, které se mohou od skutečných poměrů v době a místě měření podstatně lišit. Hodnota horizontálního barického gradientu Γ_D , vyšetřená na podkladě izobarické mapy, bude proto málo spolehlivá pro redukci konkrétního převýšení, určeného barometricky.

Ad b). Hydrometeorologický ústav v Praze vydává „Denní přehled počasí“, z něhož mají pro určení izobarické korekce převýšení význam údaje o vzdušném tlaku, redukovaném na hladinu moře a na 0 °C. Vzdušný tlak se měří čtyřikrát denně (v 00, 06, 12, 18 hod.) a v denním přehledu je udáván pro 20 stanic v ČSSR. Lineární interpolací údajů (mbar) ve vhodném směru dostaneme hodnotu horizontálního barického gradientu na danou vzdálenost (obr. 2). A, B jsou stanice povětrnostní služby ve vzdálenosti D_{AB} . S je počátek barometrického pořadu, C je koncový bod pořadu ve vzdálenosti D_{SC} . Hodnota horizontálního barického gradientu pro měřený pořad bude

$$\Gamma_D = \frac{p_B^{(red)} - p_A^{(red)}}{D_{AB}} \cdot D_{SC} \quad (23)$$

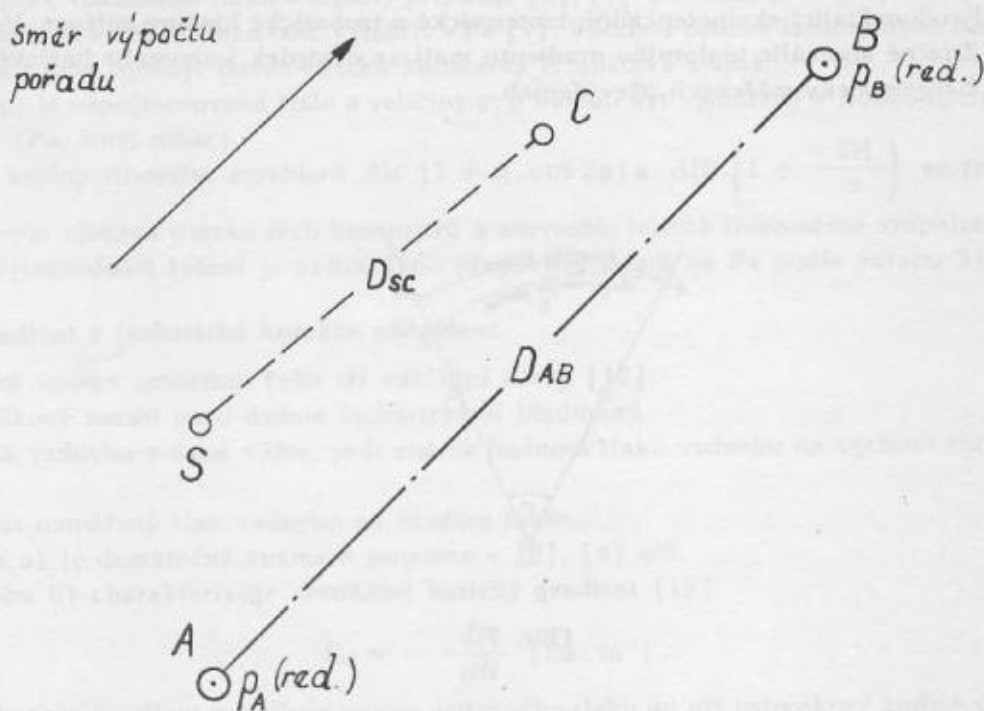
Znaménko rozdílu v čitateli vzorce 23) udává znaménko gradientu a současně znaménko izobarické korekce převýšení. Proto je třeba tento rozdíl tvořit ve směru výpočtu pořadu.

Izobarická korekce převýšení určeného barometricky se počítá podle vzorce

$$K_{\Gamma_D} = \Gamma_D \cdot \delta H. \quad (24)$$

Poněvadž Γ_D je vyjádřeno v mbar a barický stupeň δH je počítán pro $\Delta p = 100$ Pa, dostaneme podle vzorce 24) korekci v metrech.

Z údajů povětrnostní služby použijeme ty, které byly zjištěny v době, nejbližší barometrickému měření. Lze také použít průměry sousedních údajů, bylo-li barometrické měření provedeno v mezilehlém čase. Stejným způsobem lze použít rozhlasového hlášení povětrnostní služby.



Obr. 2

Ad. c). Redukcí vlastních měření pro $H = 0$ a $t = 0^\circ\text{C}$ dostaneme srovnatelné údaje, jejichž rozdíl opět dává hodnotu horizontálního barického gradientu na známou vzdálenost. Redukce vzdušného tlaku na nulovou teplotu přístroje (optického mikrobarometru Askania) je dána rovnicí

$$p_{\text{red}}^{(T)} = p + \alpha (T - 293) \quad (25)$$

když $T = 273 + tp.$ (26)

Součinitel α se odečte na grafu; t je měřená teplota ve $^\circ\text{C}$.

Redukci vzdušného tlaku na hladinu moře provedeme podle vzorce 19). Rozdíl redukováných hodnot vzdušného tlaku na koncových bodech hledaného převýšení dává opět horizontální barický gradient na danou vzdálenost. Další výpočet izobarické korekce převýšení je stejný, jak v případě b).

Hrubé nadmořské výšky H' koncových bodů pořadu určíme podle vztahu

$$H' \approx K \frac{\log p_o}{\log p_{\text{red}}^{(T)}}. \quad (27)$$

Tyto „hrubé nadmořské výšky“ jsou sestaveny v tabulkách [2]. V tomto případě třeba do vzorce 24) zavést $0,01 \delta H$, neboť Γ_D je určen v Pa. Bude tedy

$$K_{\Gamma_D} \frac{\Gamma_D}{100} \cdot \delta H_m. \quad (28)$$

δH_m určíme jako prostý aritmetický průměr z hodnot, odpovídajících nadmořským výškám koncových bodů pořadu:

$$\delta H_m = \frac{1}{2} (\delta H_m^{(1)} + \delta H_m^{(2)}). \quad (29)$$

Chybová analýza této aproximace [2] ukazuje, že ji lze k výpočtu izobarické korekce převýšení ve všech případech akceptovat.

3. Relativní indexová chyba přístrojů

Při srovnání údajů mikrobarometrů a teploměrů Assmannova psychrometru na počátečním a koncovém bodu hledaného převýšení počítáme průměr a rozdíl daných čtení. Opravená čtení jsou dána změnou průměru čtení o poloviční rozdíl [1], [8], [13]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\check{c}'_I + \check{c}'_{II}}{2} &= \check{c}_p \\ \check{c}_I - \check{c}_{II} &= \Delta \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

$$\check{c}_I = \check{c}_p + \frac{\Delta}{2}; \quad \check{c}_{II} = \check{c}_p - \frac{\Delta}{2} \quad (31)$$

Vzorce 30) a 31) se vztahují na korekci údajů mikrobarometrů i na korekci údajů teploměrů na barometrech i v Assmannově psychrometru.

Korekce údajů na mezilehlých vrcholech výškového pořadu určíme lineární interpolací podle doby měření.

Rozbor provedených pokusných měření ukázal [8], [10], že relativní indexová chyba optických mikrobarometrů roste s vnitřní teplotou přístrojů. Změnami teploty přístrojů se mění celkový fyzikální stav každého jednotlivého přístroje, který je složitou funkcí mnoha proměnných faktorů. A poněvadž tyto změny probíhají u každého přístroje poněkud odlišně, je třeba vliv relativní indexové chyby snížit na minimum jednak zkrácováním doby mezi synchronizovanými čteními, jednak výše popsanou redukcí údajů. V případě, že k provedení měření bude dostatek času, lze relativní indexovou chybu podstatně snížit tím, že 2. mikrobarometr bude srovnáván s 1. mikrobarometrem na každém vrcholu pořadu. Relativní indexová chyba bude pak určována na každém vrcholu pořadu a tím se přesnost výsledků výrazně zvýší. Počet měření a tedy i celková doba měření se ovšem zvýší.

Při postupu mikrobarometrů za sebou bude celkový počet měření $(n + 1)$, při setkání mikrobarometrů na každém vrcholu bude počet měření $(2n - 1)$, když n značí počet vrcholů pořadu.

Vlivu vnitřní teploty přístroje na velikost relativní indexové chyby odpovídá reciproká závislost na vzdušném tlaku, tj. s rostoucím vzdušným tlakem se velikost relativní indexové chyby zmenšuje [10].

4. Výsledky experimentálních měření

V tabulce II. jsou sestaveny výsledky měření a výpočtu převýšení v několika variantách barometrické nivelace výškového pořadu. Vrcholy pořadu představují výškové značky státní niveláčnické sítě o známých normálních výškách. Proto rozdíly mezi barometrickými výškami a normálními výškami můžeme považovat za skutečné chyby barometrické nivelace.

Charakteristiky výškového pořadu

Vrchol pořadu	D_k m	$\Delta H_{\text{nivel.}}$	φ
1	7,4	- 130,65 m	49°17'
2			49°16'
3	6,2	+ 63,27 m	49°14'
4	6,7	- 201,81 m	49°12'
Σ	20,3	- 269,19 m	

Srovnávací tabulka
výsledků barometrické nivelace ve výškovém pořadu.

$$(\Delta = \overline{\Delta H} - \Delta H_{\text{nivel.}})$$

Tabulka II.

Metoda	ΔH	K_{r_D}	ΔH	Δ	Střední chyba dvakrát měřeného převýšení
	Naměřená převýšení	Izobarická korekce	Výsledné převýšení	Skutečná chyba	
	m	m	m	m	m
Postup mikrobarometrů za sebou (přístroje na zemi)	-203,04	-0,15	-203,19	+1,65 m	
	+61,77	+0,09	+61,86	-1,41	
	-128,86	-0,14	-129,00	+1,65	
Postup mikrobarometrů za sebou (přístroje ve výšce asi 1 m)	-201,19	-0,21	-201,40	+0,41	
	+63,99	+0,01	+64,00	+0,73	
	-130,31	-0,14	-130,45	+0,20	
Postup 1. mikrobarometru a potom 2. mikrobarometru (přístroje na zemi)	-199,90	-0,28	-200,18	+1,63	± 1,20
	+60,93	+0,08	+61,01	-2,26	± 3,44
	-132,22	0,00	-132,22	-1,57	± 1,59
Postup 1. mikrobarometru a potom 2. mikrobarometru (přístroje ve výšce asi 1 m)	-200,17	-0,29	-200,46	+1,35	± 0,64
	+62,66	+0,13	+62,79	-0,48	± 0,08
	-130,89	+0,02	-130,87	-0,22	± 0,94
Postup tam a zpět s 1. mikrobarometrem (přístroje na zemi)	-197,43	-0,51	-197,94	+3,87	± 1,35
	+60,25	+0,19	+60,44	-2,83	± 0,73
	-130,78	-0,21	-130,99	-0,33	± 2,04
Postup tam a zpět s 1. mikrobarometrem (přístroje ve výšce asi 1 m)	-197,70	-0,57	-198,27	+3,56	± 1,75
	+60,94	+0,19	+61,13	-2,16	± 0,22
	-130,56	-0,15	-130,71	-0,06	± 0,85

Z tabulky II. vyplývají tyto hlavní poznatky:

1. Postup mikrobarometrů za sebou snižuje na minimum vzdálenost přístrojů při měření a tím také vliv anomálií teplotního gradientu.

2. Poloha přístrojů ve výšce asi 1 m nad terénem zhruba zdvojnásobuje přesnost ve srovnání s výsledky, docílenými při umístění přístrojů na terénu (na sférické misce). Výšku mikrobarometru nad terénem třeba ovšem měřit na 1 cm.

Toto tvrzení je ilustrováno středními chybami dvakrát měřených převýšení, jak plyne z posledního sloupce tabulky II.

3. Snižuje se na minimum časový rozdíl mezi měřeními a tím také rozdíl mezi hodnotami denních variací teplotního a barického gradientu.

4. Postup s mikrobarometry za sebou optimalizuje také určení izobarické korekce převýšení z vlastních měření (viz čl. 2c).

5. Relativní indexová chyba mikrobarometrů a teploměrů (rozdíly čtení při poloze přístrojů vedle sebe) je objektivnější, neboť z počáteční polohy na výchozím bodu pořadu se přístroje přemísťují na koncový bod stejnou rychlostí a po stejné trase (přes mezilehlé vrcholy pořadu). Další možnosti snížení vlivu relativní indexové chyby byly naznačeny v čl. 3.

Absolutní hodnoty indexových chyb lze ovšem určit jen srovnáním s etalony (optické mikrobarometry s normálním rtuťovým barometrem, teploměry s odporovým platinovým teploměrem).

6. Postup s mikrobarometry za sebou je časově nejehospodárnější. Obě skupiny buď současně měří nebo se přemísťují. V bojových podmínkách usnadňuje tento postup také lepší spojení skupin a jejich bojové zabezpečení.

7. Zvýšenou zátěž měřičů (stojany na postavení mikrobarometrů a na zavěšení Assmannových psychrometrů) třeba tolerovat vzhledem k podstatně vyšší přesnosti výsledků.

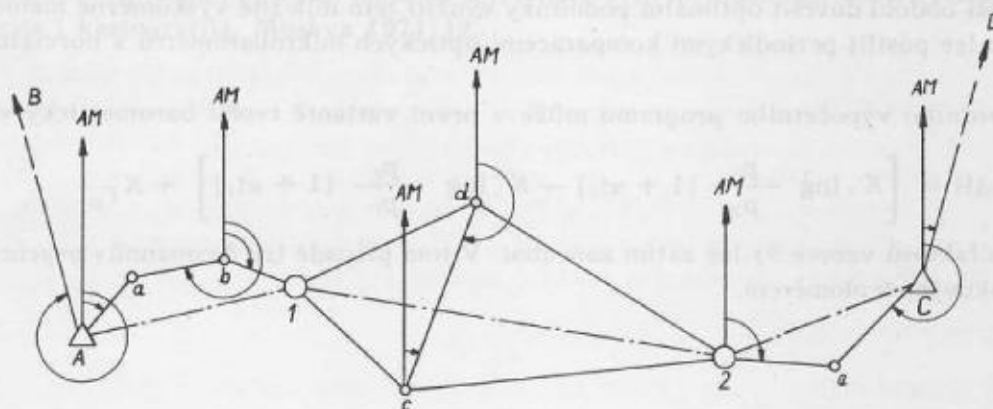
5. Komplexní polygonové pořady

Při topografickém zabezpečení bojové činnosti bude výškový pořad nezřídka spojován s přenosem souřadnic. V těch případech se osvědčilo (SSSR) spojení barometrické nivelace s měřením vzdáleností rádiovými dálkoměry a s gyroskopickým měřením astronomických azimutů. Vzhledem k značným vzdálenostem barometrických stanic v pořadu bude pak nutné zajistit orientaci stran pořadu vloženými polygonovými pořady mezi barometrickými stanicemi (obr. 3) nebo zaměřením „délkového paralaktického řetězce“ (obr. 3).

Spojení barometrické nivelace s měřením délek rádiovými dálkoměry a s gyroskopickou orientací představuje zatím optimum poloautonomního určování prostorové polohy bodů v polních podmínkách.

- A, 1, 2, C - výškový pořad
- A, a, b, 1 - vložený polygonový pořad
- 1, d, c, 2 - délkový paralaktický řetězec
- 2, e, C - vložený polygonový pořad

Strany vložených polygonových pořadů a délky $\overline{1d}$, $\overline{1c}$, \overline{dc} , $\overline{d2}$, $\overline{c2}$ měřeny rádiovým dálkoměrem. Vyznačené astronomické azimuty zaměřeny gyroteodolitem, AM = astronomický meridián.



Obr. 3

6. Možnosti a cesty zpřesnění barometrické nivelace

Rostoucí požadavky na přesnost barometrické nivelace a s tím spojená aplikace optických mikrobarometrů vedou k úvaze, které faktory mohou výsledky barometrické nivelace výrazně zlepšit. Vnitřní přesnost optických mikrobarometrů dovoluje odečítat vzdušný tlak na 1,33 Pa, což odpovídá převýšení asi 11 cm. Tato přesnost je však velmi negativně snižována nejistou hodnotou vertikálního barického gradientu. S rostoucí vzdáleností barometrických stanic narůstá negativní vliv horizontálního barického gradientu.

Pokud jsme barometrickou nivelaci prováděli obyčejnými aneroidy, nebylo nutné k vlivu horizontálního

barického gradientu přihlížet, neboť jeho chybové důsledky na měřené převýšení byly skryty v přesnosti přístrojů i dosavadních metod. Při aplikaci optických mikrobarometrů je však výpočet izobarické korekce převýšení nezbytný, neboť hodnoty této korekce mohou již na vzdálenost 200 m ležet na hranici vnitřní přesnosti mikrobarometrů [4]. Průměrná hodnota horizontálního barického gradientu kolísá v intervalu (100 Pa; 200 Pa) na 111 km. Maximální hodnoty se objevují při nízkém vzdušném tlaku a dosahují velikosti 1500 Pa až 2000 Pa [12].

Dalším krokem k využití vysoké vnitřní přesnosti optických mikrobarometrů je důsledná synchronizace měření na koncových bodech měřeného převýšení. Synchronizace čtení údajů mikrobarometrů a teploměrů je základním metodickým principem.

Při aplikaci běžných aneroidů se tyto zpravidla pokládaly na terén nebo na nízkou podložku. Důvody k tomu byly jednak pracovní (minimální zátěž měřičů), jednak kvalitativní. Vliv mikroklimatu na přesnost údajů byl vždy menší, než přesnost těchto přístrojů. Při aplikaci optických mikrobarometrů je však situace podstatně jiná a srovnání měření, provedených při zemi a ve výšce kolem 1 m (tabulka II.) potvrzuje uvedené závěry. Optimální výška přístrojů (mikrobarometr a psychrometr) je limitována potřebou čistých údajů přístrojů bez použití stupátka a činí přibližně 1 m ± 0,2 m podle terénu a podle výšky postavy měřiče. Návrhy v tomto směru jsou formulovány v [9].

Závěr

Pokusné práce s optickými mikrobarometry byly prováděny na K23/VAAZ v období 1972 - 77 ve všech potřebných směrech. Byly určovány konstanty přístrojů, prováděna srovnávací měření ve výškových pořadech o dlouhých stranách a se značným převýšením vrcholů a analyzována i opakovaná staniční měření. Shodou okolností byl ve stejném období zahájen v ČSSR přechod na novou mezinárodní soustavu jednotek SI. Všechny tyto práce našly výraz v jedné učebnici [2], ve dvou odborných studiích [1], [3], ve třech pracích vědeckých kroužků posluchačů [6], [7], [10] a ve třech diplomových pracích [5], [8], [9]. Dá se říci, že celkový výsledek tohoto úsilí je přínosný. Byl realizován přechod na novou jednotku tlaku pascal v barometrické nivelaci [2], [3], [7], prověřeny nové možnosti dalšího zpřesnění barometrické nivelace s plným zřetelem k potřebám TS/ČSLA a k rozhodujícím faktorům (čas, přesnost) [8], [9].

Bude účelné prozkoumat a případně konkretizovat navrhovaná opatření [8], [9] v rámci TS/ČSLA. Zajisté bude velmi účelné zpracovat a vyzkoušet ještě standardní program řešení na samočinném počítači a tím pro nejbližší období dovršit optimální podmínky využití této důležité výškoměrné metody. Její autonomní charakter lze posílit periodickými komparacemi optických mikrobarometrů s normálním rtuťovým barometrem.

Základ standardního výpočetního programu může v první variantě tvořit barometrický vzorec

$$\Delta H = \left[K \cdot \log \frac{p_0}{p_2} (1 + \alpha t_2) - K \cdot \log \frac{p_0}{p_1} (1 + \alpha t_1) \right] + K_{r_D} \quad (32)$$

Vliv ostatních faktorů vzorce 9) lze zatím zanedbat. V tom případě lze Assmannův psychrometr nahradit přesným prakovým teploměrem.

Literatura

- [1] Čejka Vladimír: Optické mikrobarometry v měřické praxi. Geodetický a kartografický obzor. Ročník 1975, strana 255-263.
- [2] Chrastil Bedřich: Trigonometrická a barometrická nivelace. Učebnice. VAAZ Brno 1975.
- [3] Chrastil Bedřich: Nová jednotka tlaku a barometrická nivelace. Geodetický a kartografický obzor. Ročník 1976, strana 71-73.
- [4] Jordan Wilhelm, Eggert Otto, Kneissl Max: Handbuch der Vermessungskunde. Band III. Höhenmessung. Tachymetrie. J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart 1956.
- [5] Lukovský Daniel: Analýza možností využití mikrobarometrů při určování převýšení, Diplomová práce. VAAZ Brno 1974.
- [6] Matonoha Jaroslav, Procházka Vlastislav, Říha Milan: Určení konstant optického mikrobarometru Askania Gb 5. Studentská vědecká práce. VAAZ Brno 1975.
- [7] Matonoha Jaroslav, Procházka Vlastislav: Metodika a pomůcky barometrické nivelace po přechodu z jednotky tlaku torr na jednotku pascal. Studentská vědecká práce. VAAZ Brno 1977.^{x)}
- [8] Matonoha Jaroslav: Optimalizace užití trigonometrické a barometrické nivelace při geodetickém zabezpečení bojové činnosti vojsk. I. část. Chybová analýza metod. Diplomová práce. VAAZ Brno 1977
- [9] Procházka Vlastislav: Optimalizace užití trigonometrické a barometrické nivelace při geodetickém zabezpečení bojové činnosti vojsk. II. část. Návrh optimálních technologií. Diplomová práce. VAAZ Brno 1977.
- [10] Nguyen-hun-Binh, Nguyen-dinh-Duong, Tran-Arong-Khanh: Vliv mikroklimatu na výsledky barometrické nivelace. Studentská vědecká práce. VAAZ Brno 1977.
- [11] Šindelář Václav a kolektiv: Metrologie a zavedení soustavy jednotek SI. (Převodní vztahy a tabulky) Státní nakladatelství technické literatury. Praha 1976.
- [12] Táborský Zdeněk: Základy meteorologie. Skriptum. VAAZ Brno 1969.
- [13] V. V. Zlotin: Opredelenije vysot punktov seti trilateraciji metodom barometričeskogo nivelirovanija. Geodezija i kartografija. Moskva 1971/12.

x) Odměněna 3. cenou v celostátním kole soutěže o nejlepší studentskou vědeckou práci v oblasti geodézie v roce 1977.

Příspěvek k problému transformace sítě uzlových bodů digitálního modelu terénu

1. Úvod

V současné etapě rozvoje automatizace některých procesů v oboru kartografie je, s ohledem zvláště na potřeby uživatelů z jiných resortů, aktuální otázka tvorby digitálních modelů terénu (DMT). Jde především o DMT určitého stupně zjednodušení, pro které se také používá označení „DMT středního měřítká“. Základním elementem tohoto modelu zůstává, stejně jako v modelech přesnějších (velkého měřítká), výška uzlového bodu. Otázkou možnosti přechodu od jednoho systému uzlových bodů k jinému a očekávané přesnosti při tomto přechodu, ve speciálním případě rozmístění uzlových bodů, se zabývá tento příspěvek.

2. Rozmístění uzlových bodů jako významná charakteristika modelu

Pro stanovení přesnosti vytvářeného DMT je nezbytné znát odpovědi na to, z jakých podkladů resp. jakými metodami budou výšky uzlových bodů určovány (geodeticky, fotogrammetricky či v nějaké kombinaci těchto metod) a jaké rozmístění uzlových bodů bude zvoleno.

Odpověď na první otázku vede u DMT středního měřítká většinou na metody kartometrické. To dále vyvolává potřebu stanovení vhodného grafického podkladu, topografické nebo jiné mapy, která obsahuje výškopis v potřebné přesnosti.

Rozmístění uzlových bodů na terénní ploše je v podstatě možno provést těmito způsoby:

- a) Pravidelné rozmístění,
 - uzlové body se zde volí ve vrcholech stejně nebo různě velkých obrazců (např. čtverců nebo rovnostranných trojúhelníků), které tvoří síť na terénní ploše.
- b) Morfologické rozmístění,
 - uzlové body se volí:
 - v lokálních extrémech,
 - na čarách terénní kostry a to ve změnách směru těchto čar ve vodorovném a svislém smyslu,
 - volně rozložené po ploše tam, kde jsou vzájemné vzdálenosti lokálních extrémů a čar terénní kostry větší než průměrné vzdálenosti odpovídající zvolené hustotě bodů.
- c) Rozmístění po vrstevnicích.
- d) Rozmístění po profilech.

V tomto příspěvku se budeme zabývat zkoumáním DMT, který používá pravidelné rozmístění uzlových bodů a to ve vrcholech čtverců, jejichž velikost je proměnná v závislosti na typu výškové členitosti zkoumaného reliéfu.

Zdánlivě nevýznamná je v tomto případě orientace sítě. V případech, kdy jsou vyžadovány nějaké polohové údaje, jako relace mezi vstupními údaji a výsledky aplikačních programů, což je dosti časté, je účelné, když síť uzlových bodů je orientována shodně se sítí pravoúhlých souřadnic systému uplatněného na používaných topografických nebo jiných podkladových mapách. Obdobně je tomu i v otázce digitalizace uzlových bodů, která se snáze provede při použití sítě rovinných souřadnic zakreslené v podkladové mapě.

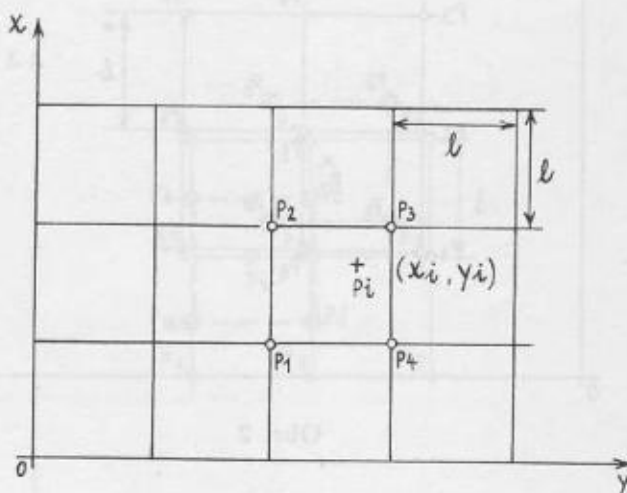
V zásadě existuje ovšem i možnost provést digitalizaci výšek uzlových bodů v systému např. A a převést pole těchto výšek do systému B, jehož orientace je jiná. K tomu je možno použít několika přístupů. Limiujícím je požadavek úrovně výsledné přesnosti takto transformovaného modelu.

3. Transformace pravidelného pole výšek uzlových bodů systému „A“ do systému „B“ při použití lineární a kvadratické interpolace

Pro zjištění výšek uzlových bodů systému *B* na základě výšek uzlových bodů systému *A* se jeví jako nejjednodušší použití plošné lineární interpolace.

Obecně budeme očekávat, že orientace sítí uzlových bodů obou systémů budou vzájemně různé, různá bude i poloha počátků obou systémů. V úvahu nebudeme brát deformace sítí související s použitým zobrazením.

Za předpokladu čtvercové sítě systému je možno stanovit výšku mezilehlého bodu při použití plošné lineární interpolace podle vztahu (1), odvozeného na základě obr. č. 1 (indexace bude dále zjednodušena, místo označení výšky bodu P_1, Z_{P_1} bude používáno zjednodušeně Z_1 atd.)



Obr. 1

$$Z_i = Z_1 + (Z_2 - Z_1) \frac{x_i - x_1}{l} + (Z_4 - Z_1) \frac{y_i - y_1}{l} + (Z_1 - Z_2 + Z_3 - Z_4) \frac{x_i - x_1}{l} \cdot \frac{y_i - y_1}{l}, \quad (1)$$

kde Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 jsou výšky uzlových bodů ve vrcholech sítě systému *A* označených P_1, P_2, P_3, P_4 , l je krok sítě (nejkratší vzdálenost mezi uzlovými body), Z_i je výška mezilehlého bodu o souřadnicích x_i, y_i .

Pomocí vztahu (1) lze také provést transformaci výšek uzlových bodů systému *A* do systému *B* bez ohledu na vzájemnou polohu obou systémů.

Každá transformace (ať lineární nebo vyššího typu) má však za následek chyby ve výškách nově určených uzlových bodů a tyto výšky zase ovlivní přesnost určování výšek mezilehlých bodů. Chybu vzniklou vlivem transformace je možno obecně vyjádřit jako

$$\Delta = Z'_i - Z_i \quad (2)$$

kde Z'_i je výška bodu v původním systému a Z_i výška téhož bodu v novém systému, jehož výšky uzlových bodů vznikly jako produkt zvolené transformace.

Uvažme nyní případ, kdy plošnou lineární interpolací:

- byla v systému *A* určena výška Z'_i bodu P_i ,
- byly určeny výšky uzlových bodů systému *B*,
- z výšek uzlových bodů systému *B* určena výška Z_i bodu P_i .

Potom rozdíl Δ určuje chybu, ke které dojde při zjišťování výšky bodu P_i , vlivem transformace uzlových bodů systému *A* do systému *B* plošnou lineární interpolací. Můžeme také říci, že Δ představuje chybu transformace pro daný bod.

Na obr. č. 2 je uveden příklad vzájemného umístění systému *A* a systému *B*. Uzlové body systému *A* jsou označeny indexy 1 ÷ 9 a uzlové body systému *B* indexy a ÷ d.

Vztah pro výpočet chyby transformace Δ bude dále odvozen za zjednodušujících předpokladů, vyplývajících z obr. č. 2

- Pravoúhlé systémy *A, B* jsou proti sobě pouze posunuty.

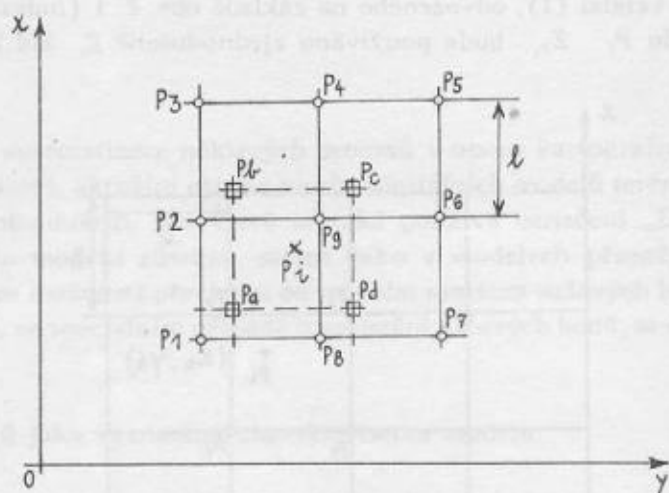
b) Krok sítě l je stejný v obou systémech.

c) Chyba bude určována v mezilehlém bodě P_i , který leží uprostřed čtverce sítě systému B , tzn., že

$$x_i - x_a = \frac{l}{2}, \quad y_i - y_a = \frac{l}{2}.$$

d) Pro bod P_a platí, že

$$0 \leq [x_a - x_1] \leq \frac{l}{2}, \quad 0 \leq [y_a - y_1] \leq \frac{l}{2}.$$



Obr. 2

Na základě vztahu (1) a toho, že platí

$$x_a - x_1 = x_b - x_2 = x_c - x_3 = x_d - x_4,$$

$$y_a - y_1 = y_b - y_2 = y_c - y_3 = y_d - y_4,$$

$$x_i - x_a = y_i - y_a = \frac{l}{2},$$

$$x_i - x_1 = x_a - x_1 + \frac{l}{2},$$

$$y_i - y_1 = y_a - y_1 + \frac{l}{2},$$

lze po úpravách získat

$$Z_i = \frac{1}{4} \left[Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + (Z_5 + Z_6 - Z_1 - Z_4) \right. \\ \left. - \frac{x_a - x_1}{l} + (Z_7 + Z_8 - Z_1 - Z_2) \frac{y_a - y_1}{l} + \right. \\ \left. + (Z_1 + Z_5 - Z_3 - Z_7) \frac{x_a - x_1}{l} \cdot \frac{y_a - y_1}{l} \right], \quad (3)$$

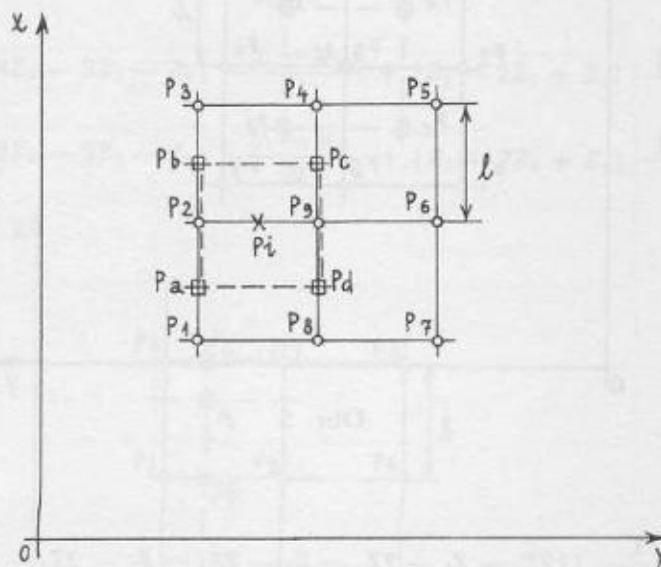
$$Z'_i = \frac{1}{4} \left[Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + 2(Z_5 - Z_1 + Z_6 - Z_4) \right. \\ \left. - \frac{x_a - x_1}{l} + 2(Z_7 - Z_1 + Z_8 - Z_2) \frac{y_a - y_1}{l} + \right. \\ \left. + 4(Z_1 + Z_6 - Z_2 - Z_4) \frac{x_a - x_1}{l} \cdot \frac{y_a - y_1}{l} \right]. \quad (4)$$

Dosazením do vztahu (2) za Z_i, Z'_i podle (3) a (4) a po úpravách dostáváme

$$\Delta = \frac{1}{4} \left[(2Z_2 - Z_1 + 2Z_9 - Z_8 - Z_3 - Z_4) \frac{x_a - x_1}{l} + \right. \\ \left. + (2Z_8 - Z_1 + 2Z_9 - Z_2 - Z_6 - Z_7) \frac{y_a - y_1}{l} + \right. \\ \left. + (3Z_1 + 4Z_9 - 4Z_2 - 4Z_8 - Z_3 + Z_3 + Z_7) \cdot \frac{x_a - x_1}{l} \cdot \frac{y_a - y_1}{l} \right]. \quad (5)$$

Posuďme dále tyto mezní případy:

1. $x_a - x_1 = \frac{l}{2}, y_a - y_1 = 0,$

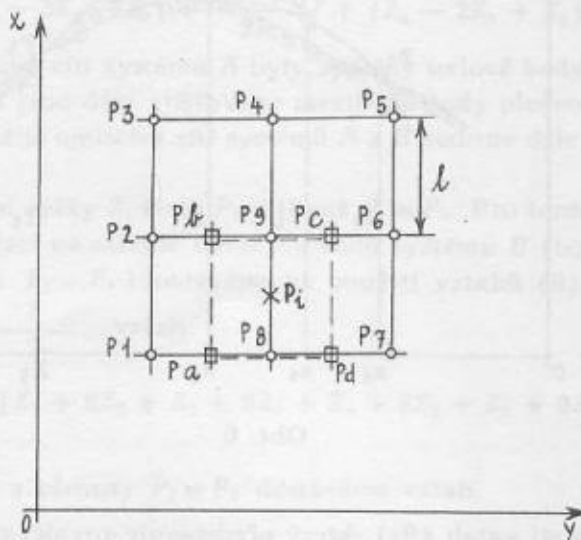


Obr. 3

potom ze vztahu (5) dostaneme

$$\Delta = \frac{1}{8} (2Z_2 - Z_1 + 2Z_9 - Z_8 - Z_3 - Z_4). \quad (6)$$

2. $x_a - x_1 = 0, y_a - y_1 = \frac{l}{2},$

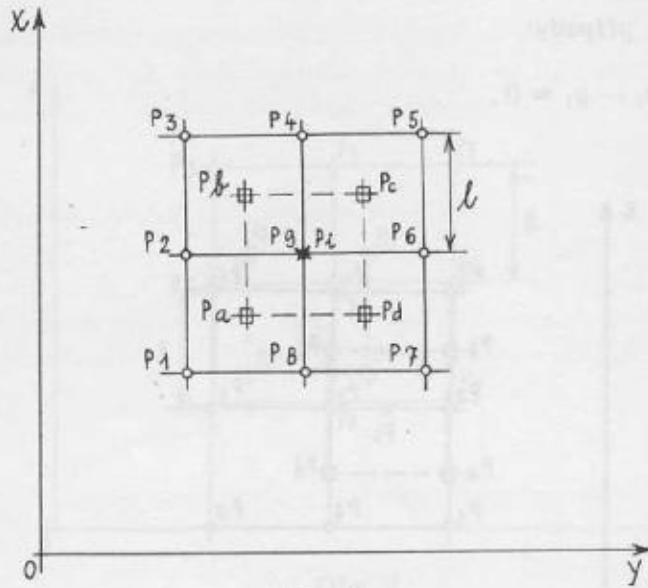


Obr. 4

ze vztahu (5) dostaneme

$$\Delta = \frac{1}{8} (2Z_8 - Z_1 + 2Z_9 - Z_2 - Z_6 - Z_7). \quad (7)$$

$$3. \quad x_a - x_1 = \frac{l}{2}, \quad y_a - y_1 = \frac{l}{2},$$

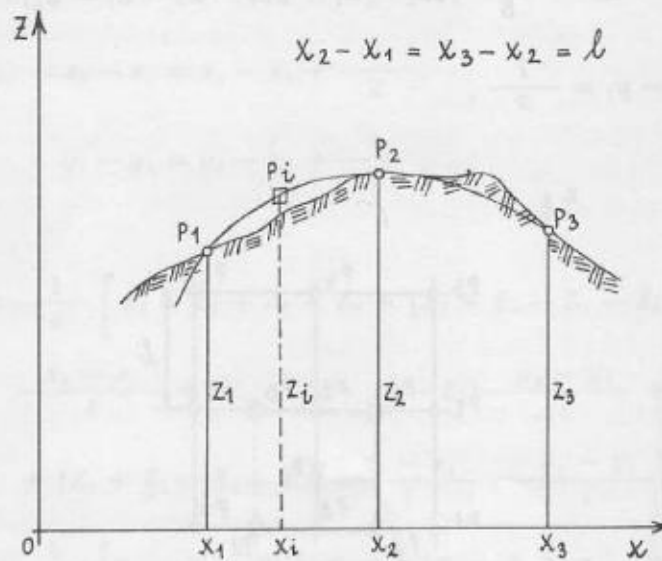


Obr. 5

podle vztahu (5)

$$\Delta = \frac{1}{16} (12Z_9 - Z_1 - 2Z_2 - Z_3 - 2Z_4 - Z_5 - 2Z_6 - Z_7 - 2Z_8). \quad (8)$$

Na obr. č. 6 je uveden příklad použití kvadratické interpolace na hraně čtvercové sítě. Kvadratická interpolace představuje zjištění interpolované hodnoty výšky Z_i bodu P_i na základě paraboly proložené třemi známými body P_1, P_2, P_3 .



Obr. 6

Pro hodnotu Z_i zřejmě platí vztah (9a), který představuje rovnici paraboly s koeficienty a_0, a_1, a_2 ,

$$Z_i = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_i^2. \quad (9a)$$

Dosadíme-li do rovnice (9a) za x_i postupně $0, l, 2l$ a tím tedy za Z_i postupně Z_1, Z_2, Z_3 , můžeme z takto vzniklé soustavy zjistit koeficienty a_0, a_1, a_2 . Dosazením těchto koeficientů do vztahu (9a) a vztažením souřadného systému k bodu P_1 , který je prvním bodem trojice bodů P_1, P_2, P_3 , dostaneme vztah (9)

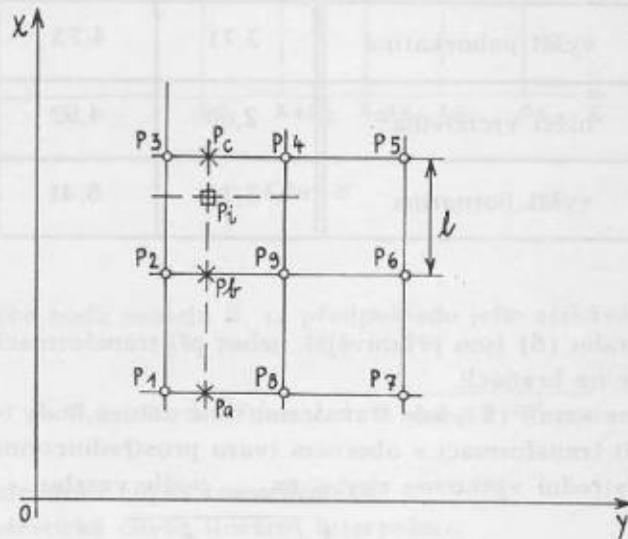
$$Z_i = Z_1 + [4Z_2 - 3Z_1 - Z_3] \frac{x_i - x_1}{2l} + [Z_1 - 2Z_2 + Z_3] \frac{(x_i - x_1)^2}{2l^2} \quad (9)$$

Odvození plošné kvadratické interpolace je za použití vztahu (9) obdobné jako u plošné lineární interpolace. Na obr. 7 je opět znázorněna čtvercová síť s uzlovými body $P_1 + P_9$. Hodnoty výšek bodů P_a, P_b, P_c se zjistí na základě vztahu (9).

$$Z_a = Z_1 + [4Z_8 - 3Z_1 - Z_4] \frac{y_i - y_1}{2l} + [Z_1 - 2Z_8 + Z_7] \frac{(y_i - y_1)^2}{2l^2} \quad (10)$$

$$Z_b = Z_2 + [4Z_9 - 3Z_2 - Z_6] \frac{y_i - y_1}{2l} + [Z_2 - 2Z_9 + Z_6] \frac{(y_i - y_1)^2}{2l^2} \quad (11)$$

$$Z_c = Z_3 + [4Z_4 - 3Z_3 - Z_5] \frac{y_i - y_1}{2l} + [Z_3 - 2Z_4 + Z_5] \frac{(y_i - y_1)^2}{2l^2} \quad (12)$$



Obr. 7

Hodnota výšky bodu P_i se nyní zjistí za použití vztahu (9) na základě trojice bodů P_a, P_b, P_c .

$$Z_i = Z_a + [4Z_b - 3Z_a - Z_c] \frac{x_i - x_1}{2l} + [Z_a - 2Z_b + Z_c] \frac{(x_i - x_1)^2}{2l^2} \quad (13)$$

Předpokládejme, že ve čtvercové síti systému A byly zjištěny uzlové body systému B plošnou kvadratickou interpolací. V systému B jsou dále zjišťovány mezilehlé body plošnou lineární interpolací.

Jako speciální případ vzájemného umístění sítí systémů A a B budeme dále uvažovat případ znázorněný na obr. 5.

Dále budeme zjišťovat hodnotu výšky Z_i bodu P_i , přičemž $P_i \equiv P_9$. Pro tento bod, jehož výška Z_i je zjišťována plošnou lineární interpolací na základě uzlových bodů systému B (body $P_a + P_d$ zjištěné plošnou kvadratickou interpolací z bodů $P_1 + P_9$) dostáváme za použití vztahů (8), (10) ÷ (13) a podmínek

$$x_a - x_1 = \frac{l}{2}, \quad y_a - y_1 = \frac{l}{2} \quad \text{vztah}$$

$$Z_i = \frac{1}{64} [Z_1 + 6Z_2 + Z_3 + 6Z_4 + Z_5 + 6Z_6 + Z_7 + 6Z_8 + 36Z_9] \quad (14)$$

Na základě vztahů (2), (14) a identity $P_i \equiv P_9$ dostáváme vztah

$$\Delta = \frac{1}{64} [28Z_9 - Z_1 - 6Z_2 - Z_3 - 6Z_4 - Z_5 - 6Z_6 - Z_7 - 6Z_8] \quad (15)$$

Rozdíl Δ potom vyjadřuje chybu transformace při použití plošné kvadratické interpolace.

4. Výsledky experimentálního stanovení přesnosti transformace

Pro stanovení přesnosti transformace uzlových bodů systému *A* do systému *B* bylo použito dostupných experimentálních materiálů, které byly původně určeny především pro ověření technologie a časových nároků na tvorbu DTM. Přitom bylo pochopitelně uváženo, že chyba transformace Δ závisí na typu výškové členitosti reliéfu a hustotě sítě uzlových bodů.

K dispozici byly údaje výšek uzlových bodů ze dvou areálů v typu výškové členitosti vyšší pahorkatiny (krok sítě zde byl 200 m) z jednoho areálu v typu nižší vrchoviny a v jednom případě šlo o areál v typu vyšší hornatiny (v těchto případech byl krok sítě 100 m). V každém areálu bylo k dispozici 40 bodů.

Na základě vztahů (6) a (8) byly vypočteny hodnoty rozdílů Δ . Průměrné hodnoty rozdílů (v absolutních hodnotách) ukazuje tabulka 1.

tab. 1

typ reliéfu	Δ [m] podle vztahu	
	(6)	(8)
vyšší pahorkatina	3,71	4,73
nižší vrchovina	2,60	4,92
vyšší hornatina	3,70	6,41

Výsledky získané podle vztahu (6) jsou příznivější, neboť při transformaci ze systému *A* do systému *B* se provádí interpolace pouze na hranách.

Pro další zkoumání zvolíme vztah (8), kde transformované uzlové body leží mimo hrany původní sítě a je tedy třeba na ně uplatnit transformaci v obecném tvaru prostřednictvím plošné lineární interpolace. Dále stanovíme empirickou střední výškovou chybu $m_{\text{transf.}}$ podle vztahu

$$m_{\text{transf.}} = \pm \sqrt{\frac{l}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i^2}, \quad (16)$$

kde n je počet zkoumaných bodů.

Tento přístup je oprávněný, protože známe skutečnou výšku bodu P_i z původního systému uzlových bodů a Δ_i je tedy skutečnou chybou.

Výsledné empirické střední výškové chyby bodů (na obr. 5 označených P_i a P_j) jsou uvedeny v tab. 2

tab. 2

typ reliéfu	$m_{\text{transf.}}$ [m]
vyšší pahorkatina	6,50
nižší vrchovina	5,97
vyšší hornatina	8,52

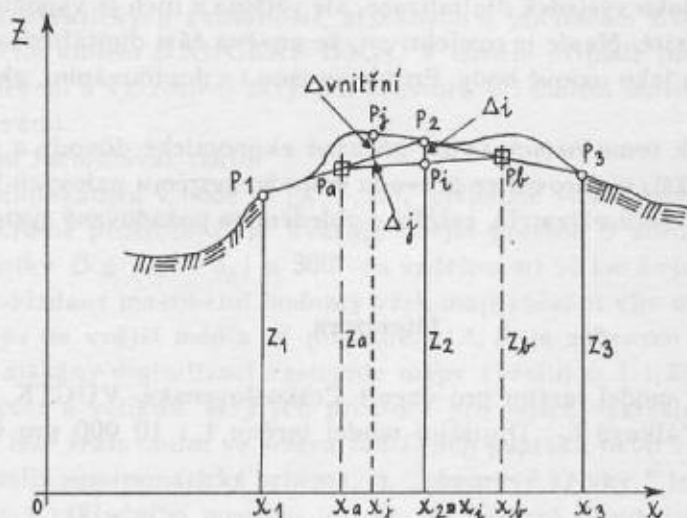
tab. 3

typ reliéfu	$m_{\text{transf.}}$ [m]
vyšší pahorkatina	3,50
nižší vrchovina	3,17
vyšší hornatina	4,45

Pokud zvolíme náročnější transformaci uzlových bodů nového systému, prostřednictvím kvadratické interpolace, je možno očekávat příznivější výsledky. Pro stejný soubor bodů jako v předchozím případě pak dostaneme výsledné empirické střední výškové chyby v hodnotách, které ukazuje tabulka 3.

Na obrázku 8 je znázorněn případ zjišťování mezilehlého bodu v systému A i B a vznikající chyby. Chyba Δ_i znázorněná na obr. 8 představuje chybu transformace. Tato chyba v uvedeném speciálním případě, kdy uzlový bod systému A je totožný se zjišťovaným mezilehlým bodem P_i v systému B, je stejná jako celková chyba modelu, odhlédneme-li od chyby uzlového bodu (viz dále $m_{\text{vnější}}$).

Chyba Δ_j představuje chybu transformace pro bod P_j . Tato chyba však není celkovou chybou, jak je zřejmé i z obr. 8.



Obr. 8

Celkovou chybu mezilehlého bodu modelu B, za předpokladu jeho získávání lineární interpolací, nutno stanovit podle vztahu

$$m_{\text{celk.}} = \pm \sqrt{m_{\text{transf.}}^2 + m_{\text{vnitřní}}^2 + m_{\text{vnější}}^2} \quad (17)$$

kde

$m_{\text{transf.}}$ - je střední kvadratická chyba transformace,

$m_{\text{vnitřní}}$ - je střední kvadratická chyba lineární interpolace,

$m_{\text{vnější}}$ - je střední kvadratická chyba interpolace výšek uzlových bodů a výškopisu podkladové mapy.

Pro model A, který nebyl transformován, platí

$$m_{\text{celk.}} = \pm \sqrt{m_{\text{vnitřní}}^2 + m_{\text{vnější}}^2} \quad (18)$$

V našem případě byla

$m_{\text{transf.}}$ - odvozena z rozdílů podle vztahu (2) a dalších vztahů pro určení hodnoty Δ ,

$m_{\text{vnitřní}}$ - určena jako průměr podle výsledků [1],

$m_{\text{vnější}}$ - určena podle [1] při použití mapy 1 : 10 000.

Získané hodnoty chyb jsou přehledně uspořádány v tabulce 4.

tab. 4

chyby [m] typ reliéfu	$m_{\text{transf.}}$ (lin. int.)	$m_{\text{transf.}}$ (kv. int.)	$m_{\text{vnitřní}}$	$m_{\text{vnější}}$	$m_{\text{celk. B}}$ (lin. int.)	$m_{\text{celk. B}}$ (kv. int.)	$m_{\text{celk. A}}$
	vyšší pahorkatina	6,5	3,5	3,5	1,1	7,5	5,1
nižší vrchovina	6,0	3,2	3,5	1,2	7,0	4,9	3,7
vyšší hornatina	8,5	4,5	3,5	2,0	9,4	6,0	4,0

5. Závěr

Z dosažených výsledků vyplývá, že každá transformace jednoho systému uzlových bodů do systému nového výrazně zvyšuje celkovou střední chybu. To platí zvláště při transformaci pomocí lineární interpolace. Transformace pomocí kvadratické interpolace přináší výsledky lepší, ale za cenu náročnějšího a dražšího výpočetního zpracování.

Nebezpečí dalšího růstu středních chyb se zvětšuje v případě, kdy všechny uzlové body (definitivní) původního modelu nevznikly jako výsledek digitalizace, ale většina z nich je vypočtena lineární interpolací, směřující k jednotné hustotě sítě. Navíc je neefektivní, že značná část digitalizovaných bodů takto nepřechází do definitivního modelu jako uzlové body. Problémy jsou i s doplňováním, aktualizací a dokumentací tohoto modelu.

Je tedy oprávněné, pokud k tomu nejsou velmi závažné ekonomické důvody a pokud nároky uživatelů na přesnost nejsou značně nižší, vyvarovat se převodu jednoho systému uzlových bodů do jiného. Vyplácí se proto náročný rozbor požadavků uživatelů, zvláště s ohledem na požadovaný systém rovinných souřadnic.

Literatura

- [1] Neumann J.: Digitální model terénu pro území Československa. VÚGTK, Praha 1977.
- [2] Uhlíř J., Meissler A., Válková E.: Digitální model terénu 1 : 10 000 pro území ČSSR. VÚGTK, Praha 1977.

Typ interpolace	Střední chyba (m)		Přesnost (%)
	Lineární	Kvadratická	
1	0,8	0,4	100
2	1,2	0,6	100
3	1,6	0,8	100
4	2,0	1,0	100
5	2,4	1,2	100
6	2,8	1,4	100
7	3,2	1,6	100
8	3,6	1,8	100
9	4,0	2,0	100
10	4,4	2,2	100
11	4,8	2,4	100
12	5,2	2,6	100
13	5,6	2,8	100
14	6,0	3,0	100
15	6,4	3,2	100
16	6,8	3,4	100
17	7,2	3,6	100
18	7,6	3,8	100
19	8,0	4,0	100
20	8,4	4,2	100
21	8,8	4,4	100
22	9,2	4,6	100
23	9,6	4,8	100
24	10,0	5,0	100

Poloautomatické vyhodnocení viditelnosti na digitálním modelu terénu

Cílem článku je podat návrh metody a postupu řešení problému určování viditelnosti v terénu z daného prostorového bodu s efektivním využitím samočinného počítače, digitalizátoru a automatického kreslicího stolu. Vychází se z praktických zkušeností, získaných s počítačem EC 1030, 1033, digitalizátorem ARISTOGRID a kreslicím stolem DIGIGRAF D3G1. V daném případě jde o konkrétní jednoúčelovou úlohu, zaměřenou na nalezení a vykreslení skrytých prostorů při daném umístění stanoviště, např. pozemního radiolokátoru, v terénu.

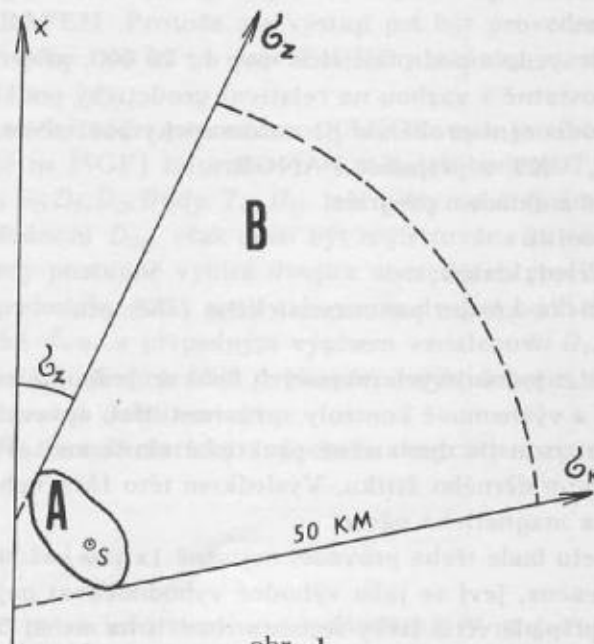
Všeobecně lze problém formulovat takto:

Je dáno stanoviště radiolokátoru v bodě $S(X, Y, H)$, případně více takovýchto stanovišť v omezeném nevelkém prostoru A . Kromě prostoru A se uvažuje vnější prostor B zhruba ve tvaru kruhové výseče (obr. 1.), omezené směrnicí $0 \leq [\delta_K - \delta_Z] \leq 360^\circ$ do vzdálenosti 50 km i více. Velikost prostoru B není a priori omezena, předpokládané maximální hodnoty však mají zásadní vliv na rozdělení polí operační paměti a volbu délky zápisu na vnější média. V prostorech A, B je zobrazen terén nespojitě polem bodů, jejichž souřadnice byly získány digitalizací vrstevnic mapy (většinou 1 : 25 000).

Počítačem se určuje tvar a velikost skrytých prostorů pro jejich vykreslení DIGIGRAFEM, přičemž se jejich plocha vyznačí buď šrafováním ve směru radiálních paprsků nebo vykreslením obvodu. Poměrně jednoduše lze také vykreslit panoramatické schéma, tj. „obzorové křivky“ jednotlivých terénních útvarů. Možností úprav a aplikací základního postupu je více, na některé je upozorněno v závěru práce.

Při více vyhodnocovaných polohách (variantách) bodu S lze získané výsledky posuzovat buď subjektivně vizuálně nebo k tomu dále využít počítače, např. pro určení a srovnání velikostí celkových ploch skrytých prostorů atd. V některých částech navrhované metodiky je navržena subjektivní činnost člověka tam, kde se zdá být výhodnější než použití počítače. Tyto otázky mohou být diskutabilní.

Problematickým článkem metody je způsob provedení digitalizace. Pro dané vymezení problému se jeví jako přijatelný, pro širší a obecnější použití zřejmě neefektivní a bylo by vhodné přejít k rozsáhlému souvislému pravidelnému poli digitálních bodů. Tento způsob lze zatím jen těžko realizovat, v nedaleké budoucnosti však k tomu bezpochyby dojde.



obr. 1

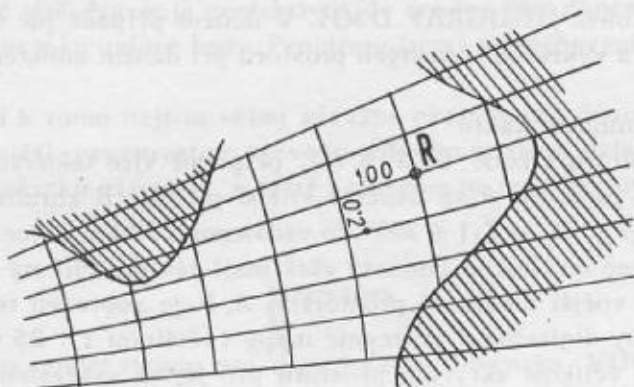
Omezíme-li se pouze na řešení dané varianty, tj. na danou polohu S , pak cílem řešení je zejména:

- nalézt hranice viditelnosti, tj. skryté prostory, v oblastech A, B s přesností cca 100 m;
- automaticky vykreslit tvar těchto skrytých prostorů;
- v osvětlených (viditelných) částech vypočítat charakteristiky plochy (např. výšky H_i , podélný sklon s_i ,

příčný sklon w_i atd) pro body R_i , které tvoří pravidelný rastr s krokem $0,2^0$ ve směru a 100 m v délce (obr. 2);

- automaticky vykreslit panoramatické schéma.

Tento úkol je plně řešitelný a je v současných možnostech digitalizační a výpočetní techniky. Protože jde o problém náročný, jsou v dalším uvedeny jen zásadní vztahy a postupy. Ostatní postupy, které jsou rutinní záležitostí programátora, jsou pouze naznačeny. Vzhledem k charakteru úkolu nelze dosti dobře oddělovat problematiku geodetickou a počítačovou, a proto jsou obě tyto stránky popisovány současně.



obr. 2

1. Všeobecná koncepce řešení:

Vzhledem k rozsáhlosti vstupních souborů se předpokládá použití počítače EC 1030 s kapacitou minimálně 256 kbyte (lépe 512 kbyte) nerozdělené operační paměti, automatického digitalizátoru (ARISTOGRID, CODIMAT) a automatický kreslicí stůl DIGIGRAF.

Předpokládá se následující praktický postup:

- Prostory A, B se nejprve zakreslí do soulepu map 1 : 50 000 a provede se povšechné subjektivní zhodnocení výškových poměrů s využitím graficko-početních metod. Přitom se zakreslí jednoznačně nevhodné skryté prostory na odvrácených svazích, které se z digitalizace vyloučí. Odpovědným a pozorným provedením těchto přípravných prací lze podstatně omezit celkové množství registrovaných vstupních informací a urychlit výpočet počítačem.

- Vlastní digitalizace se provede z podrobnějších map 1 : 25 000, přičemž každý mapový list bude digitalizován a registrován samostatně s vazbou na relativní geodetický podklad, tj. v podstatě na libovolnou kilometrovou síť. Další vyhodnocení proběhne již automaticky počítačem. K tomu jsou určeny 3 navazující programy - KUP, URP, VKT a případně PANOR:

KUP - kontrolní a ukládací program

URP - určení profilů

VKT - vyhodnocení, kresba, tisk

PANOR - automatická kresba panoramatického schématu

Program KUP:

Provede spojení souborů dat jednotlivých mapových listů do jednotné relativní souřadné soustavy X, Y. Přitom proběhnou formální a významové kontroly správnosti dat, opravy o srážky listů a potřebné transformace. S těmito metodami jsou již dostatečné praktické zkušenosti. Parametry pro činnost programu KUP se zadají prostřednictvím děrného štítku. Výsledkem této fáze vyhodnocení je soubor dat (model) uložený ve vnější paměti na magnetické páse.

Vlastní vyhodnocení modelu bude třeba provádět nejméně 1x pro každou volbu středu S. Protože kapacita operační paměti je omezena, jeví se jako výhodné vyhodnocovat najednou sektor o maximální šířce 60^0 , tj. $|\tau_k - \tau_z| \leq 60^0$. V případě větší šířky se tento rozdělí na menší části a každá z nich se vyhodnotí samostatně. Zadání parametrů konkrétní varianty, tj. hodnot $X_s, Y_s, H_s, \tau_z, \tau_k$, se provede opět děrným štítkem.

Program URP:

Relativní geodetické souřadnice X, Y se pro každou danou variantu transformují do nové soustavy x, y, orientované z S do směru τ_k . Tato transformace se na prvý pohled může zdát zbytečná, pro další výpočty však přináší zásadní výhody, jak bude ukázáno dále.

Po provedení transformace jsou určovány průsečíky P_i vrstevnic s jednotlivými radiálními paprsky ve směrech δ_j a vypočtena vždy vodorovná vzdálenost $D_i = \overline{S, P_i}$, která spolu s výškou dané vrstevnice H_v se uloží jako dvojice hodnot do pole rezervovaného vektoru pro směr τ_j . Protože nelze současně uchovávat v operační paměti všechny tvořící se profily v plné délce, bude třeba registrovat je po částech. V důsledku obecného tvaru a průběhu vrstevnic budou se naplňovat pole vektorů nerovnoměrně a při naplnění některého z nich se toto pole přepokopíruje do vnější paměti a uvolní tak pro další záznam. Protože později bude třeba jednotlivé části (bloky) vektoru sestavit v jediný celek a pořadí bloků je neutříděné, je nutné použít metody přímého přístupu k blokům a to jednoznačně vede k použití magnetického disku. Tímto řešením je počet bodů každého profilu a pořadí bloků prakticky neomezeno, naproti tomu body nejsou registrovány uspořádaně. Tato okolnost však není na závadu, protože setřídění podle D lze provést u každého profilu později před jeho vyhodnocením programem VKT.

Zásadní výhodou tohoto postupu je skutečnost, že celý digitální model prochází operační paměti p o u z e j e d n o u pro každou variantu! Této jednoduchosti je dosaženo tím, že jsou vždy hledány průsečíky jediné vrstevnice s radiálními paprsky, nikoliv opačně průsečíky daného paprsku s vrstevnicemi.

Program VKT

Oproti programu URP bude program VKT vždy pracovat pouze s jediným profilem, pouze při určení příčných spádů se 3 profily:

Na magnetickém disku se vyhledají všechny části (bloky) příslušného profilu, převedou se do vnitřní paměti a setřídí se prvky (body P) podle stoupající vzdálenosti D_i . Chybějící extrémní body (vrcholy) se vypočtou a doplní řešením zakružovacího parabolického oblouku vloženého mezi tečny.

Testováním výškového úhlu ε_T prostorové tečny se určí hraniční body skrytých prostorů, zařadí se do profilu a zároveň se tam indikuje výskyt skrytého prostoru, jehož všechny vnitřní body se vynechají.

Automaticky se provede zakres skrytého prostoru DIGIGRAFEM ve směru radiálního paprsku. Výskyt skrytého prostoru je impulsem pro spuštění písátka, jeho ukončení pro zdvih písátka. Je-li DIGIGRAF zapojen v režimu on-line, provede se zakres přímo, při režimu off-line se děruje povelová děrná páska. Ovládání kresby se řídí přímo programem VKT voláním kreslicích procedur DIGIGRAFU prostřednictvím jazyka FORTRAN.

Protože i v setříděném profilu je krok v délce ΔD obecně různý (vzdálenost vrstevnic je různá), je žádáno provést přepočet výšek ve viditelných (osvětlených) částech terénu pro pravidelný hektometrový krok v D se současným určením spádů (sklonů) s, w . Pro daný účel stačí provést lineární interpolaci výšek, pouze pro oblasti v blízkosti vrcholů pak interpolaci kvadratickou.

Tím je každý profil v podstatě vyhodnocen a bylo by možno vytisknout všechny údaje o profilu, případně provést jeho vykreslení DIGIGRAFEM. Protože ale výstup má být proveden ve formě dvourozměrných tabulek pro τ, D , je vhodné realizovat tisk až po naplnění šířky stránky, tj. matice o rozměrech většinou 500x15 slov.

Bude-li dále kreslen panoramatický náčrt procedurou PANOR, pak je třeba, aby program VKT uložil do rezervovaného pole (případně na MGP) informaci o hraničních bodech T, U skrytých prostorů, tj. po jednotlivých profilech j hodnoty ε_T, D_T, D_U . Body T_{ij}, U_{ij} leží vždy na stejném radiálním paprsku a jejich průměty ve schematu splývají. Hodnota D_{Uij} však musí být registrována za účelem testování (25) hloubky skrytého prostoru. Procedura tedy postupně vybírá dvojice sousedních profilů $j, j + 1$, jednotlivé body vzájemně testuje a při splnění podmínky (25) spojí takovouto dvojici bodů úsečkou po předchozím přepočtu souřadnic α, ε na grafické ξ, η s případným výpisem vzdálenosti D_T .

Po tomto vyhodnocení a vykreslení všech profilů je ukončeno vyhodnocení dané varianty a řízení je předáno programu URP pro vyhodnocení další varianty.

Celkový průběh a postup práce je schematicky znázorněn diagramem na obr. 3.

2. Vstupní a výstupní informace

Problematika vstupních a výstupních informací není jednoduchá. V následujícím jsou uvedeny jen hlavní zásady, které poskytnou pouze všeobecnou představu o způsobu řešení.

Vstupní informace:

Vstupními informacemi jsou parametry, definující činnost jednotlivých programů a soubor dat digitálních bodů. Každá z vrstevnic je registrována řadou digitálních bodů G_i nespojitě, přičemž vzdálenost mezi dvěma body může být buď konstantní nebo proměnlivá. Protože nejde o práce vyšší přesnosti, předpokládá se využití možnosti automatického kroku $dx' + dy' = \text{konst.} \approx 3 \text{ mm}$. Je možno provádět digitalizaci také

OBECNÝ VÝVOJOVÝ DIAGRAM:

Připravné práce:

Slepení map 1:50000, zákres zájm. prostorů

mapa 1:50000

Subjektivní posouzení, vyloučení nevhod. prostorů, příprava mapy, výběr variant výpočtu

Překreslení do mapových listů 1:25000

mapy 1:25000

Vstupní informace:

digitalisace

ARISTOGRID

Program KU**P**:

Čtení děrné pásky, kontroly správnosti dat

DP

zadání parametrů

Transformace digitálních x,y na geodetické X,Y, uložení modelu na MGP

MGP

Program UR**P**:

zadání variant

Transformace X,Y na místní x,y

Určení průsečíků P_i na vrstevnicích s výpočtem D_i

Postupné ukládání po blocích na disk

disk

Seřazení profilů dle D_i s doplněním výšek bodů T_i

Určení skrytých prostorů a jejich zákres DIGIGRAFEM

DIGIGRAF

Přepočítání pro pravidelné pole bodů R_i s event. výpočtem spádů s_i, w a tiskem tabulek výsledků

tisk

Vykreslení panoramatického schématu v daném měřítku procedurou PANOR

DIGIGRAF

konec?

další varianta

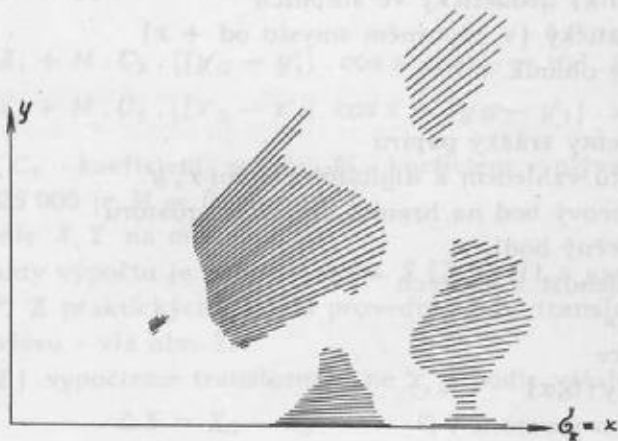
K

OBR. 3

bez automatického kroku a v takovém případě se snažíme respektovat zásadu, aby vzdálenost registrovaných bodů byla zhruba nepřímo úměrná křivosti vrstevnice v daném elementu. V našem případě je prvý způsob podstatně výhodnější. Převážná většina současných digitalizátorů v ČSSR však dosud nemá možnost zápisu dat na magnetickou pásku, proto se využívá děrné pásky. Protože operační systém DOS u počítače EC 1030 neumožňuje zatím čtení děrné pásky, je tento problém řešen v rámci programu KUP samostatnou procedurou v ASSEMBLERU.

Kresba skrytých prostorů:

Znázornění skrytých prostorů se předpokládá šrafováním ve směru radiálních paprsků, nikoliv kresbou hranice. Tento princip je dostatečně názorný a z hlediska programového velmi jednoduchý, protože kresbu možno realizovat pro každý profil samostatně. Hraniční čáru lze jednoduše získat spojením koncových bodů - obr. 4. Přitom se předpokládá měřítko kresby 1 : 100 000, může však být jednoduše měněno.

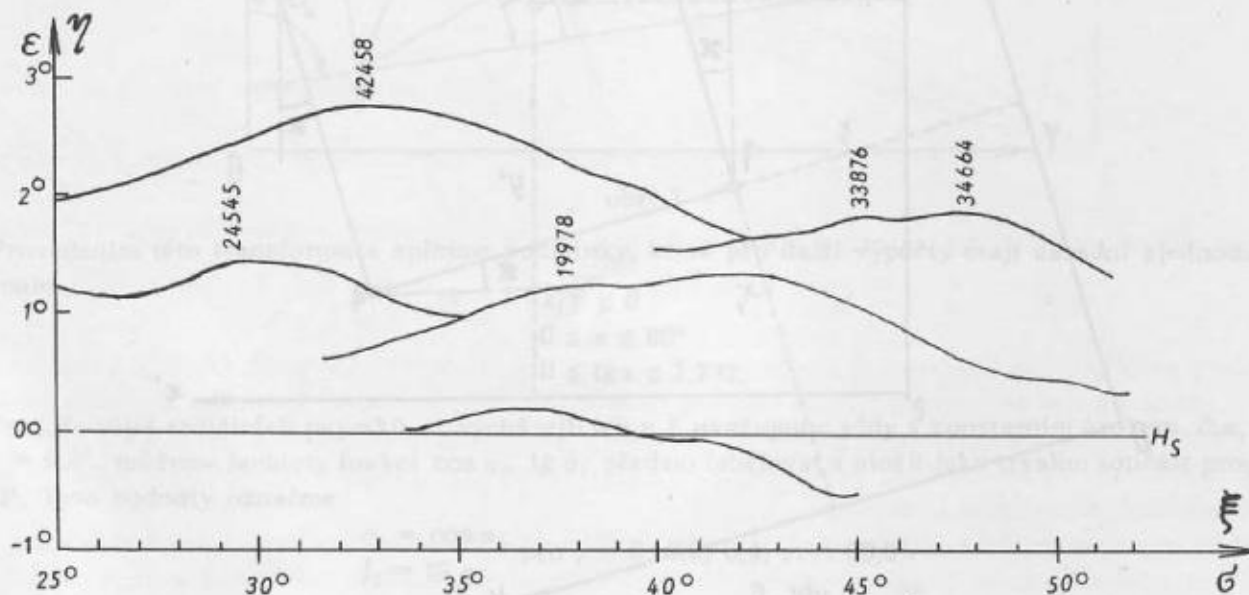


obr. 4.

Tisk výsledků:

Výsledky vystoupí ve formě přehledných tabulek pro argumenty τ, D . Tak se tiskne např. tabulka výšek, tabulka podélných spádů atd. Body ve skrytém prostoru jsou simulovány tiskem smluveného znaku, Panoramatické schéma:

V podstatě jde o průměty bodů hranic skrytých prostorů $\{Z_i\}$ na svislou válcovou plochu ve směru radiálních paprsků. Na vodorovné ose probíhá směrnik α , na svislé ose výškový úhel ε . Pro praktické provedení kresby jsou zavedeny grafické souřadnice ξ, η s měřítky $1_\alpha^\circ = 1 \text{ cm}$ a $1_\varepsilon^\circ = 5 \text{ cm}$. Kresba se realizuje DIGIGRAFEM buď lomeným polygonem nebo hladkou křivkou pomocí systémových procedur XDUSEK, případně XDXE3. Protože schéma je plošné a nedává dostatečnou prostorovou představu, je možno vykreslené horizonty doplnit např. kótami vzdálenosti D_T atd. Rovněž je možno namísto úhlu α označovat jednotlivé směry směrničky τ - obr. 5.



obr. 5

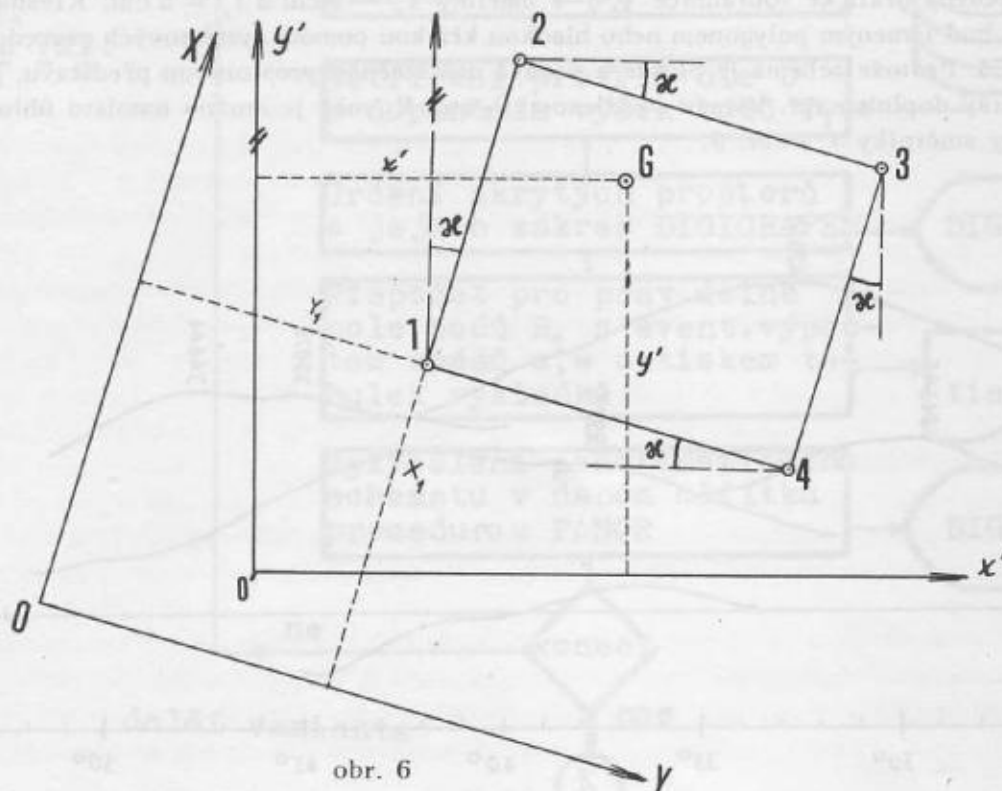
3. Matematický model

Použitá symbolika:

- S - stanoviště pozorovatele
- G_i - bod získaný digitalizací z mapy
- P_i - bod profilu, vypočtený jako průsečík s vrstevnicí
- R_i - bod profilu, získaný interpolací pro pravidelný hektometrový krok v D
- x', y' - digitální souřadnice naměřené v 0,01 bez zápisu desetinné čárky
- \bar{x}, \bar{y} - digitální souřadnice opravené (o srážku)
- X, Y - relativní geodetické souřadnice v metrech
- x, y - místní souřadnice transformované vzhledem k sektoru
- H - výška v metrech
- τ - směrnik (severník) geodetický ve stupních
- α - směrnik matematický (v záporném smyslu od $+x$)
- ε - výškový úhel (v oblouk. míře)
- M - měřítko
- C_x, C_y - opravné koeficienty srážky papíru
- $\bar{\alpha}$ - úhel stočení listu vzhledem k digitálním osám x', y'
- Z, U - počáteční a koncový bod na hranici skrytého prostoru
- T - vrchol krytu (tečný bod)
- D - vodorovná vzdálenost v metrech
- p - pomocná přímka
- r - poloměr kružnice
- k - směrnice přímky ($\tan \alpha$)
- z - hloubka skrytého prostoru v D
- ξ, η - panoramatické grafické souřadnice
- f_j - konstanta $\tan \alpha_j$
- c_j - konstanta $\cos \alpha_j$
- s, w - podélný a příčný spád v %
- t - tangenta výškového úhlu ε_T krytu

Převod digitálních souřadnic x', y' na relativní geodetické X, Y :

Cílem je spojit jednotlivé mapové listy do jednotného souřadného systému X, Y a k tomu s výhodou využijeme vytištěnou kilometrovou síť.



obr. 6

Zvolíme proto 4 body 1, 2, 3, 4 v průsečících kilometrových čar tak, aby tvořily co největší obdélník. Při digitalizaci je mapový list v obecné poloze a měříme digitální souřadnice x', y' . Geodetické souřadnice X, Y identických bodů jsou známy a jednoduše lze zkontrolovat, zda dvojice bodů leží na stejných km čarách testováním:

$$X_1 = X_4, X_2 = X_3, Y_1 = Y_2, Y_3 = Y_4 \quad ?$$

Z digitálních souřadnic x', y' identických bodů vypočteme pro každou dvojici bodů délku strany a úhel stočení α . Po kontrolních porovnáních vypočteme průměrné hodnoty, testujeme přípustnost rozdílů (oprav) a vypočteme koeficienty srážky C_x, C_y ve směrech os X, Y . Výpočet je jednoduchý a není třeba ho rozvádět. Problém lze řešit i jinak, např. afinní transformací. Tomuto postupu však byla dána přednost zejména proto, že je jednoduchý a že byl už použit u nejméně 30 mapových listů s dobrými výsledky. Nepřípustná diferenciální srážka se dosud nevyskytla. Pro daný účel tato metoda svou přesností postačuje.

Pro libovolný digitální bod G_i vypočteme relativní (tj. zkrácené) souřadnice geodetické X, Y , přičemž bereme v úvahu

$$\begin{aligned} X_G &= X_1 + M \cdot C_x \cdot [(y'_G - y'_1) \cdot \cos \bar{\alpha} + (x'_G - x'_1) \cdot \sin \bar{\alpha}] \\ Y_G &= Y_1 + M \cdot C_y \cdot [(x'_G - x'_1) \cdot \cos \bar{\alpha} + (y'_G - y'_1) \cdot \sin \bar{\alpha}] \end{aligned} \quad (1)$$

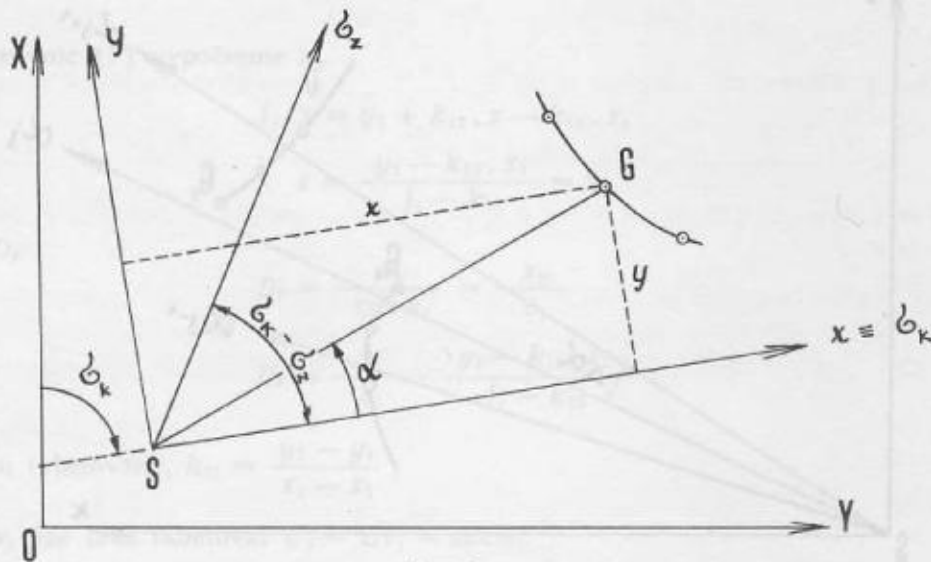
$\bar{\alpha}$ - střední úhel stočení, C_x, C_y - koeficienty srážky, M - koeficient vyplývající z měřítka mapy a přechodu na metry. Pro mapu 1 : 25 000 je $M = 0,25 = 1/4$.

Převod geodetických souřadnic X, Y na místní x, y :

Po zadání konkrétní varianty výpočtu je známa poloha $S (X, Y, H)$ a vymezen sektor směrnic τ_1, τ_2 , přičemž $0 < (\tau_2 - \tau_1) \leq 60^\circ$. Z praktických důvodů provedme další transformaci tak, že osu $+x$ položíme do směru τ_2 a osu y vlevo - viz obr. 7.

Pro libovolný bod $G (X, Y)$ vypočteme transformované x, y podle vztahů

$$\begin{aligned} \Delta X &= X_G - X_S \\ \Delta Y &= Y_G - Y_S \\ x_G &= \Delta X \cdot \cos \tau_k - \Delta Y \cdot \sin \tau_k \\ y_G &= \Delta X \cdot \sin \tau_k + \Delta Y \cdot \cos \tau_k. \end{aligned} \quad (2)$$



obr. 7

Provedením této transformace splníme podmínky, které pro další výpočty mají zásadní zjednodušující význam:

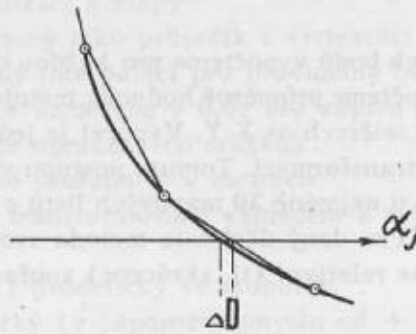
$$\begin{aligned} x, y &\geq 0 \\ 0 &\leq \alpha \leq 60^\circ \\ 0 &\leq \text{tg} \alpha \leq 1,732. \end{aligned} \quad (3)$$

Protože vějíř radiálních paprsků α_j vycházejících z S uvažujeme vždy s konstantním krokem $\Delta\alpha$, např. $\Delta\alpha = 0,2^\circ$, můžeme hodnoty funkcí $\cos \alpha_j, \text{tg} \alpha_j$ předem tabelovat a uložit jako trvalou součást programu URP. Tyto hodnoty označme

$$\begin{aligned} c_j &= \cos \alpha_j \\ f_j &= \text{tg} \alpha_j \end{aligned} \quad \text{pro } j = 0; 0,2; 0,4; \dots 60,0^\circ. \quad (4)$$

Testování polohy průsečíků P_i s vrstevnicemi:

Každá z vrstevnic je dána výškou H_v a řadou bodů G_1, G_2, \dots v soustavě x, y . Hladký průběh vrstevnice nahradíme lomeným polygonem a předpokládáme, že digitalizace byla provedena natolik dobře, že chyba v délce ΔD a z ní vyplývající chyba dH ve výšce jsou v přijatelných mezích.



obr. 8.

Svazek paprsků α_j je v podstatě pevně dán a definován a cílem je najít takové dvojice bodů G_i, G_{i-1} , jejichž spojnicí protíná některý z paprsků α_j . Pro první bod G_1 najdeme snadno takový směr α_j , který prochází nejbližše vpravo.

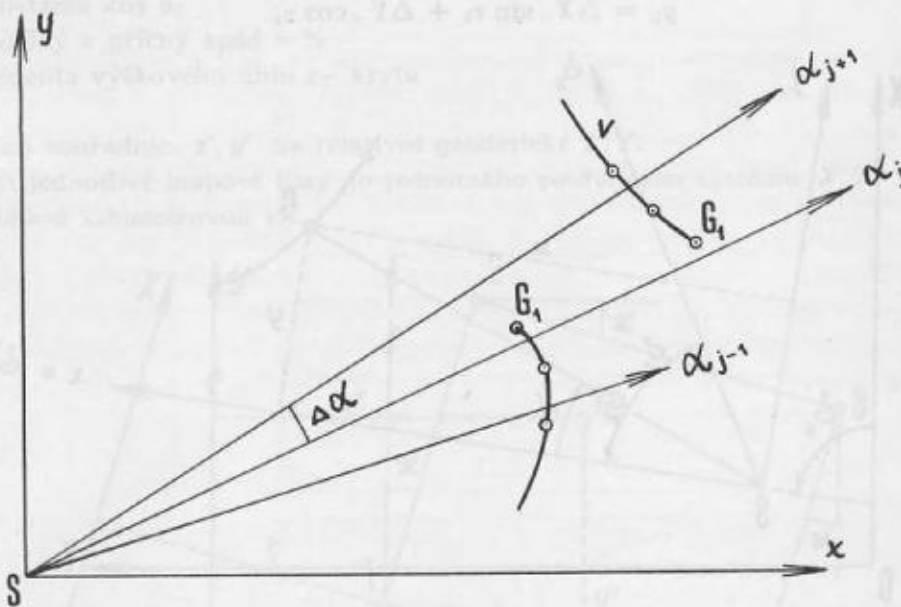
$$\alpha_{G_1} = \arctg \frac{y_{G_1}}{x_{G_1}} \cdot \rho^\circ$$

a index $j = \left[\frac{\alpha_{G_1}}{\Delta \alpha} \right]$ zaokrouhlit dolů. (5)

Dále vypočteme pro následující bod G_2 hodnotu $\text{tg } \alpha$

$$\text{tg } \alpha_{G_2} = \frac{y_{G_2}}{x_{G_2}} \quad (6)$$

Je-li $\text{tg } \alpha_{G_2} > \text{tg } \alpha_{G_1}$, pak leží G_2 vlevo od G_1 , v opačném případě vpravo. Podle vzájemné polohy bodů hledáme dále v cyklu dvojici digitálních bodů, jejichž spojnicí protíná směr α_j , případně α_{j-1} .



obr. 9.

Za tím účelem realizujeme testování tangent:

$$\text{tg } \alpha_{G_{1+m}} \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} f_n \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} \text{tg } \alpha_{G_{1+m+1}} \quad \begin{matrix} m = 0, 1, 2, \dots \\ n = 0, -1 \end{matrix}$$

Uvedený princip lze snadno obecně rozšířit na libovolnou dvojici digitálních bodů G_i, G_{i-1} s testováním směrů v cyklu. Přitom se netestují přímo hodnoty úhlů α , ale vždy jen jejich tangenty. Z tohoto důvodu jsou v programu tabelovány hodnoty $\text{tg } \alpha_j = f_j$. Protože se předpokládá digitalizační krok cca 3 mm, tj. na mapě 1 : 25 000 asi 75 metrů, bude počet smyček v cyklu velmi malý. Programové řešení je poměrně dost logicky náročné. Algoritmus je původní.

Uvedeným postupem bude výpočet probíhat velmi rychle a každá vrstevnice bude takto testována a vyhodnocována pouze jednou. Z programového hlediska bude účelné zavádět informace o vrstevnicích do

operační paměti po blocích po 50 bodech. Tyto přesuny proběhnou velmi rychle, protože digitální model je uložen a čten z magnetické pásky sekvenčně.

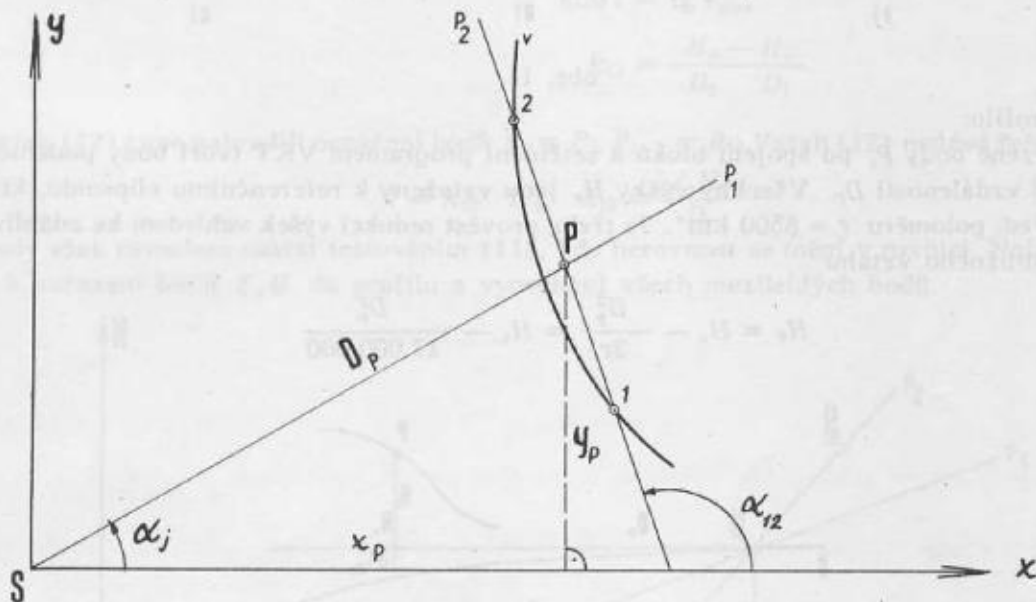
Určení bodů P_i profilu:

Pomocí předchozích testů je pro určenou dvojici bodů G_i, G_{i-1} stanoven směr α_j , který protíná spojnici $\overline{G_i G_{i-1}}$. Pro jednoduchost symboliky označme tyto body dále jako G_1, G_2 , resp. 1, 2.

Cílem dalšího výpočtu je určit radiální vzdálenosti $D_p = \overline{SP}$. Hledaný bod P leží v průsečíku přímk p_1, p_2 :

$$\begin{aligned} p_1 &\equiv y = \operatorname{tg} \alpha_j \cdot x = f_j \cdot x \\ p_2 &\equiv y = y_1 + k_{12} \cdot x - k_{12} \cdot x_1 \end{aligned} \quad (7)$$

$$k_{12} = \operatorname{tg} \alpha_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$



obr. 10

Řešením soustavy rovnic (7) vypočteme x_p

$$\begin{aligned} f_j \cdot x &= y_1 + k_{12} \cdot x - k_{12} \cdot x_1 \\ x &= \frac{y_1 - k_{12} \cdot x_1}{f_j - k_{12}} = x_p \end{aligned}$$

a dále vzdálenost D_p

$$\begin{aligned} D_p &= \frac{x_p}{\cos \alpha_j} = \frac{x_p}{c_j} \\ D_p &= \frac{1}{c_j} \cdot \frac{y_1 - k_{12} \cdot x_1}{f_j - k_{12}} \end{aligned} \quad (8)$$

Hodnoty c_j, f_j jsou tabelovány, $k_{12} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$.

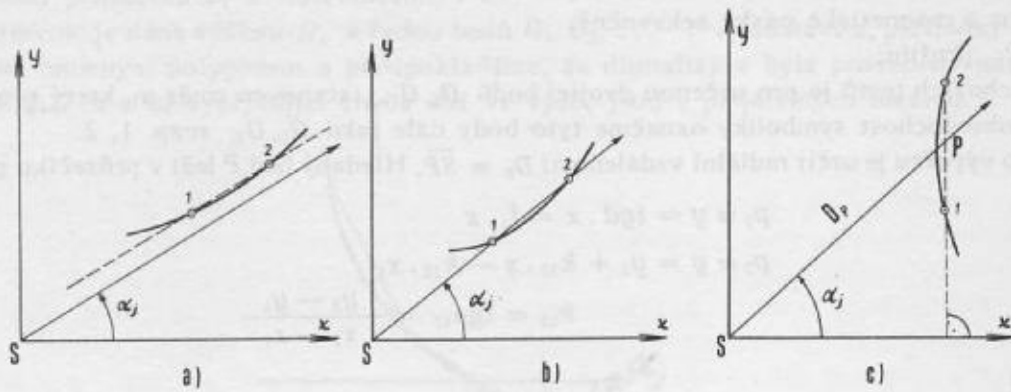
Namísto $c_j = \cos \alpha_j$ lze také tabelovat $c'_j = 1/c_j = \sec \alpha_j$.

Vzorec (8) nedává řešení v těchto případech:

- $f_j = k_{12}$ — t. j. p_2 je rovnoběžná s α_j ,
- $y_1 = k_{12} \cdot x_1$ — t. j. přímka p_2 splývá s α_j ,
- $x_2 = x_1$ — hodnota $k_{12} = \operatorname{tg} \alpha_{12}$ není definována.

Případy a), b) nemohou nastat v důsledku provedených testů, při nichž je třeba testovat nejen nerovnosti, ale i rovnosti tangent. Pro případ c) vypočteme podle obr. 11 c

$$D_p = \frac{x_1}{\cos \alpha_j} = \frac{x_1}{c_j} \quad (9)$$

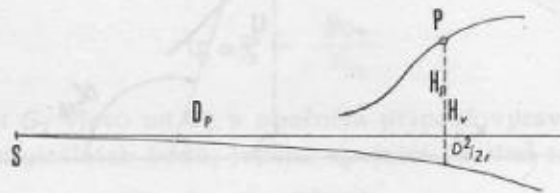


obr. 11

Vyhodnocení profilu:

Všechny nalezené body P_i po spojení bloků a setřídění programem VKT tvoří body podélného profilu podle stoupající vzdálenosti D_p . Všechny výšky H_v jsou vztaženy k referenčnímu elipsoidu, který nahradíme koulí o střed. poloměru $r = 8500 \text{ km}^*$. Je třeba provést redukci výšek vzhledem ke zdánlivému horizontu podle přibližného vztahu

$$H_p = H_v - \frac{D_p^2}{2r} = H_v - \frac{D_p^2}{17\,000\,000} \quad (10)$$



obr. 12

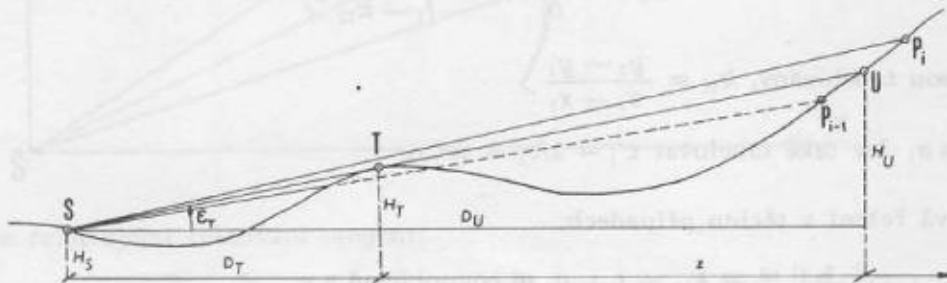
Po této redukci počítáme pro všechny body P_1, P_2, \dots, P_n profilu postupně poměr

$$\text{tg } \varepsilon_p = \frac{H_p - H_s}{D_p}$$

Největší z dosud vypočtených $\text{tg } \varepsilon_p$ je $\text{tg } \varepsilon_{\max} = t$ a pro všechny následující P_i testujeme nerovnost vzhledem k vrcholu T

$$t \equiv \frac{H_T - H_s}{D_T} \begin{matrix} < \\ \geq \end{matrix} \frac{H_p - H_s}{D_p} \quad (11)$$

Při relaci $<$ je bod P_i viditelný z S , při \geq leží ve skrytém prostoru - obr. 13.



obr. 13.

Skrytý prostor leží mezi body T a U . Výskyt bodu U_i je signalizován tehdy, dojde-li ke splnění podmínky

$$\frac{H_p - H_s}{D_p} \geq t$$

Pozn.: Hodnota poloměru $r = 8500 \text{ km}$ je zavedena vzhledem k existenci refrakce radiolokačních vln.

V takovém případě vypočteme interpolací hodnoty H_U, D_U dle obr. 14:

$$p_1 \equiv H = t \cdot D$$

$$p_2 \equiv H = \Delta H_1 + k_{12} \cdot D - k_{12} \cdot D_1, \quad \Delta H_1 = H_1 - H_S$$

a řešením této soustavy je

$$t \cdot D = \Delta H_1 + k_{12} \cdot D - k_{12} \cdot D_1$$

$$D = \frac{\Delta H_1 - k_{12} \cdot D_1}{t - k_{12}} = D_U$$

$$H_U = t \cdot D_U + H_S$$

kde $t = \operatorname{tg} \varepsilon_{\max}$

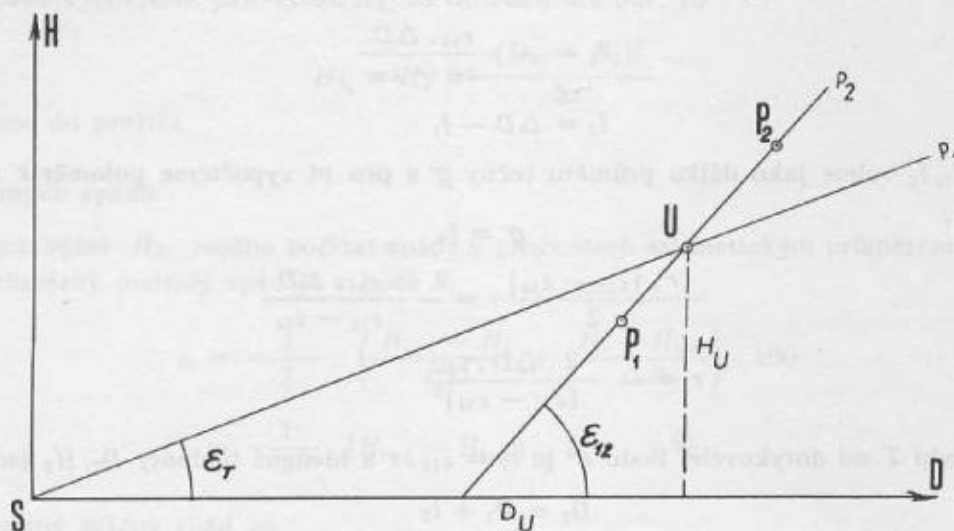
$$k_{12} = \frac{H_2 - H_1}{D_2 - D_1}$$

(12)

Ve vzorcích (12) jsme nahradili označení bodů $P_1 = P_2, P_{1-1} = P_1$. Vztah (12) nedává řešení v případě

$$t = k_{12} \quad \text{t. j.} \quad k_{12} = \frac{\Delta H_1}{D_1}$$

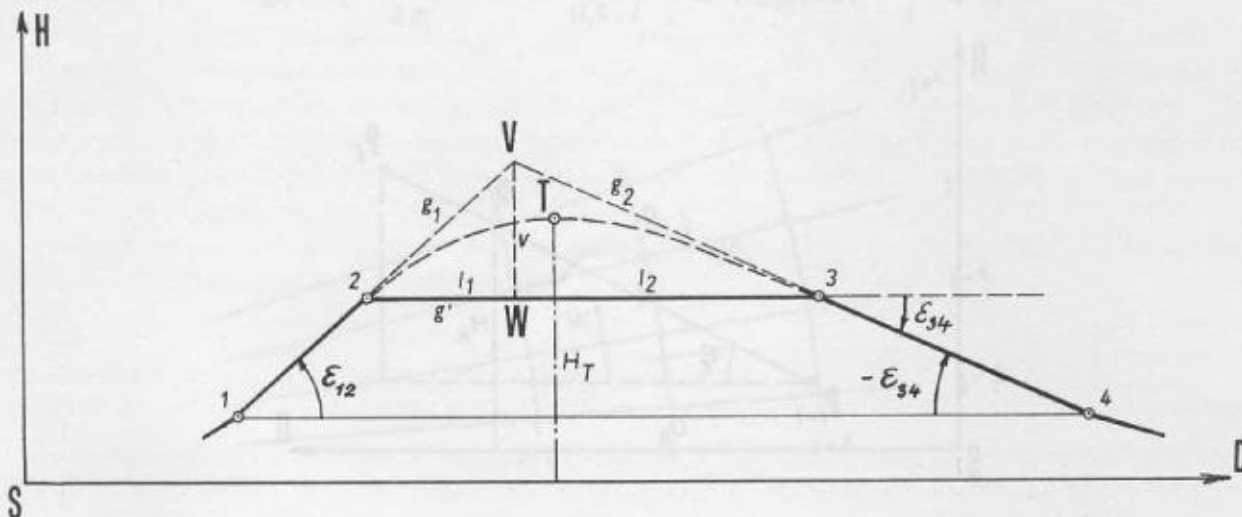
Tyto případy však nemohou nastat testováním (11), kdy nerovnost se mění v rovnici. Nalezení bodu U je impulsem k zařazení bodů T, U do profilu a vynechání všech mezilehlých bodů.



obr. 14

Určení vrcholů T_i krytu:

V předchozím jsme uvažovali vrcholy T_i , které při digitalizaci nejsou většinou určeny. Digitalizací vrs-tevnic jsou vrcholy vyvýšených tvarů v podstatě „useknuty“. Chybějící vrcholový útvar lze většinou dosti dobře nahradit zakružovacím parabolickým obloukem, vloženým mezi tečny g_1, g_2 - obr. 15.



obr. 15

Výskyt vrcholu T nastává splněním podmínek

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varepsilon_{12} &= \frac{H_2 - H_1}{D_2 - D_1} > 0 \\ \operatorname{tg} \varepsilon_{23} &= \frac{H_3 - H_2}{D_3 - D_2} = 0 \\ \operatorname{tg} \varepsilon_{34} &= \frac{H_4 - H_3}{D_4 - D_3} < 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Namísto označení P_1, \dots, P_{i+3} jsme použili P_1, P_2, \dots, P_4 . Dále označíme $\overline{P_2W} = l_1, \overline{P_3W} = l_2, \overline{VW} = v$ a pak je

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varepsilon_{12} &= \frac{v}{l_1} \\ \operatorname{tg} \varepsilon_{34} &= \frac{v}{l_2} \end{aligned}$$

a protože půjde většinou o malé úhly ε , lze použít po eliminaci v

$$l_1 \cdot \varepsilon_{12} = -l_2 \cdot \varepsilon_{34}$$

A protože je $l_1 + l_2 = D_3 - D_2 = \Delta D$, pak je

$$l_1 \cdot \varepsilon_{12} = -\varepsilon_{34} \cdot (\Delta D - l_1) \quad (14)$$

$$l_1 = -\frac{\varepsilon_{34} \cdot \Delta D}{\varepsilon_{12} - \varepsilon_{34}}$$

$$l_2 = \Delta D - l_1$$

Menší z úseků l_1, l_2 volme jako délku průmětu tečny g' a pro ni vypočteme poloměr r oskulační kružnice, např.

$$g' = l_1$$

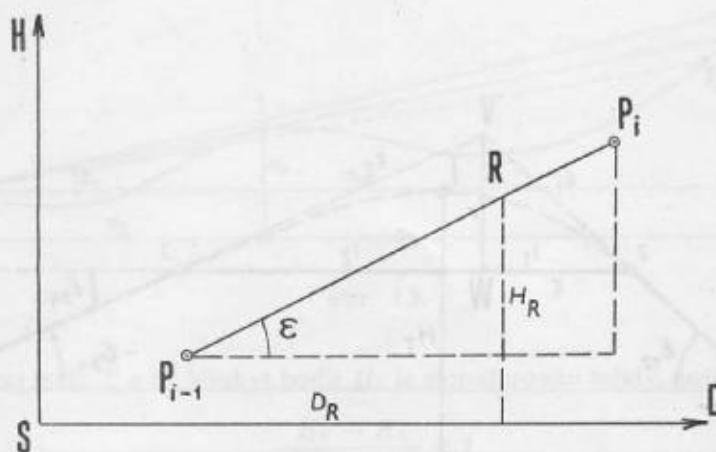
$$\begin{aligned} \frac{r \cdot (\varepsilon_{12} - \varepsilon_{34})}{2} &= -\frac{\varepsilon_{34} \cdot \Delta D}{\varepsilon_{12} - \varepsilon_{34}} \\ r &= -\frac{2 \cdot \Delta D \cdot \varepsilon_{34}}{(\varepsilon_{12} - \varepsilon_{34})^2} \end{aligned} \quad (15)$$

Vzdálenost l_T bodu T od dotykového bodu P^2 je $l_T = \varepsilon_{12} \cdot r$ a hledané hodnoty D_T, H_T jsou

$$\begin{aligned} D_T &= D_2 + l_T \\ H_T &= H_2 + \frac{l_T^2}{2r} \end{aligned} \quad (16)$$

Takto vypočtený bod T zařadíme do profilu, jak již bylo řečeno. Uvedený postup je jednoduchý a byl úspěšně programově vyzkoušen, včetně kresby oblouku.

Pro výpočet oblouku je nutno znát ε_{34} tj. je nutno vždy digitalizovat 2 vrstevnice za hřbetnicí!



obr. 16

Výpočet interpolovaných bodů R_i

Výsledkem výpočtu má být mimo jiné tabulka výšek H pro body R_i , pro něž platí $D_{R_i} - D_{R_{i-1}} = 100$ metrů, přičemž body R_i leží ve viditelné části terénu.

Dle obr. 16 vypočteme lineární interpolací D_R, H_R :

$$D_R = \left[\frac{D_{i-1} + 100}{100} \right] < D_i \quad \text{zaokr. dolů} \quad (17)$$

a v kladném případě pak výšku

$$H_R = H_{i-1} + \text{tg } \varepsilon \cdot (D_R - D_{i-1}) = H_{i-1} + \frac{(D_R - D_{i-1}) \cdot (H_i - H_{i-1})}{(D_i - D_{i-1})} \quad (18)$$

Vypočtenou H_R uložíme do příslušného vektoru matice v paměti; délku D_R není třeba ukládat, protože při pravidelném uspořádání vektoru ji lze vyjádřit pomocí indexu i :

$$D_{R_i} = 100 \cdot i \quad \text{v metrech} \quad (19)$$

Pokud bod R_i leží v blízkosti hřebetnice (t. j. T_i), počítáme ho zároveň při určování T_i na oblouku s testováním

$$D_2 < D_{R_i} < D_{T_i}$$

V kladném případě vypočteme pak výšku H_{R_i} na oblouku dle obr. 15

$$H_{R_i} = H_2 + \frac{(D_{R_i} - D_2)^2}{2r} \quad (20)$$

a bod R_i zařadíme do profilu.

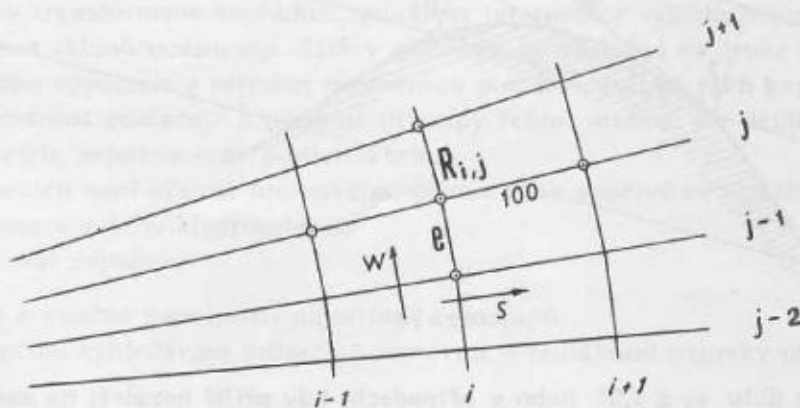
Výpočet průměrných spádů:

Po určení všech výšek H_{R_i} možno počítat spády v procentech aritmetickým průměrem s využitím vždy trojice bodů. Průměrný podélný spád je v bodě R_i

$$\begin{aligned} s_i &= \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{H_{i+1} - H_i}{\Delta D} + \frac{H_i - H_{i-1}}{\Delta D} \right) \cdot 100 \\ &= \frac{1}{2} \cdot (H_{i+1} - H_{i-1}) \quad \text{v \%} \end{aligned} \quad (21)$$

a podobně průměrný příčný spád w_i

$$\begin{aligned} \Delta H &= H_{i,j+1} - H_{i,j-1} \\ e &= \text{tg } \Delta \alpha \cdot D = \frac{\Delta \alpha^\circ \cdot \Delta D \cdot i}{\rho^\circ} = \frac{20 i}{\rho^\circ} \\ w_i &= \frac{100 \cdot \Delta H}{2 e} = \frac{\rho^\circ \cdot \Delta H}{0,4 \cdot i} = 143,2394 \cdot \frac{\Delta H}{i} \text{ v \%} \end{aligned} \quad (22)$$



obr. 17

Pro větší vzdálenosti D je však určení příčných spádů w_i tímto způsobem dosti nespolehlivé, protože vzdálenost e paprsků je již dosti značná. Zlepšení lze dosáhnout zhuštěním kroku $\Delta\alpha$.

Panoramatická kresba horizontů:

Body T_i na hřbetnicích tvoří viditelné horizonty při pohledu ve směru radiálních paprsků. Body T_i jsou dány cylindrickými souřadnicemi D_T, α, H_T a jejich promítnutím na svislou válcovou plochu lze určit jejich grafické souřadnice ξ, η v měřítkách M_e, M_α

$$\begin{aligned}\xi_T &= M_e \cdot \operatorname{arctg} \frac{H_T - H_S}{D_T} \cdot \rho^\circ = M_e \cdot \rho^\circ \cdot \operatorname{arctg} \varepsilon_T \\ \eta_T &= M_\alpha \cdot (60^\circ - \alpha) \quad t = \operatorname{tg} \varepsilon_T\end{aligned}\quad (23)$$

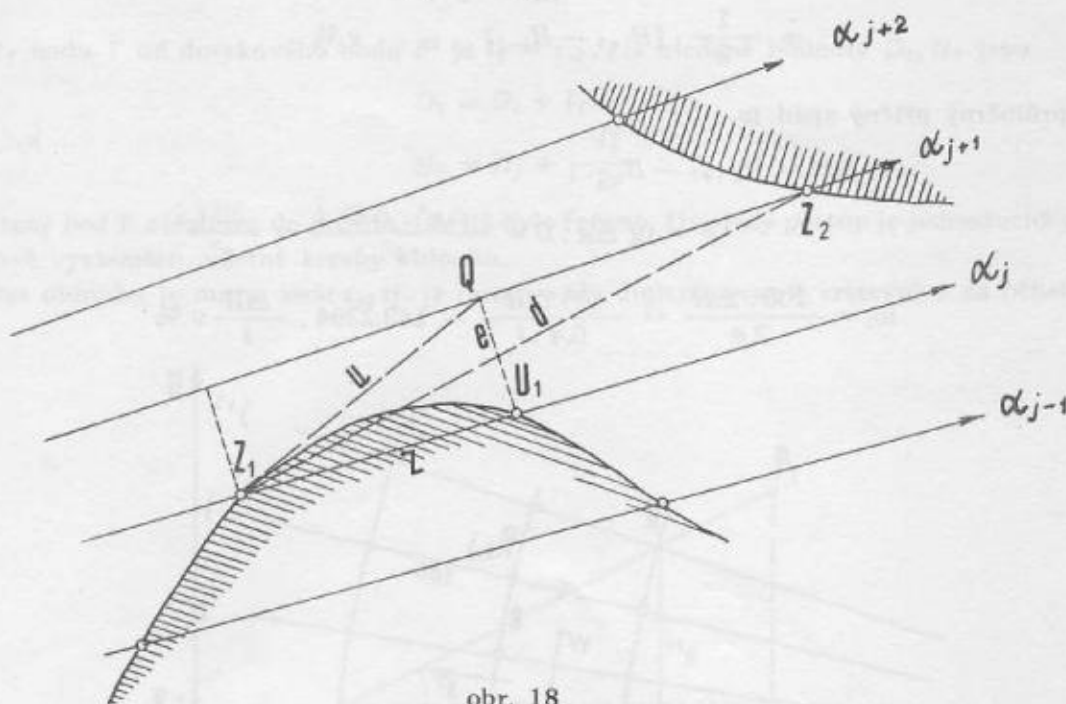
Zvolíme-li měřítko $1^\circ_e = 5 \text{ cm}$, $1^\circ_\alpha = 1 \text{ cm}$, pak je

$$\begin{aligned}\xi_T &= 2864,789 \cdot \operatorname{arctg} t_i \quad \text{v mm} \\ \eta_T &= 2 \cdot (300 - j)\end{aligned}\quad (24)$$

Hodnoty t_i je vhodné ukládat do paměti současně s vyhodnocováním profilu. Indexy j značí jednotlivé radiální paprsky a vyhodnocují se postupně pro $j = 0, 1, 2, 3, \dots, 300$, tj. pro $\alpha = 0, 0,2, 0,4, \dots, 60^\circ$ pro každé $i = 1, 2, \dots, n$.

Pomocí vypočtených souřadnic ξ_T, η_T lze jednotlivé body $T_{i,j} = Z_{i,j}$ graficky vynést a zakreslit. Pro lepší přehlednost schématu však bude vhodnější je spojovat souvislou čarou a vykreslit tak jednotlivé horizonty. Dvojici sousedních bodů $Z_{i,j}, Z_{i,j+1}$ spojíme čarou tehdy, je-li podle obr. 18 splněna podmínka

$$\begin{aligned}\overline{Z_1 Z_2} &\leq \overline{Z_1 Q}, \text{ t. j. } d \leq u \\ d^2 &\leq u^2 \\ e^2 + (D_{z_2} - D_{z_1})^2 &\leq e^2 + z^2 \\ |D_{z_2} - D_{z_1}| &\leq z \\ \text{Obecně} \quad |D_{z_{i,j}} - D_{z_{i,j \pm 1}}| &\leq z\end{aligned}\quad (25)$$



Při malých hodnotách úhlu $\varepsilon_T \leq 1,5^\circ$ nebo v případech, kdy příliš nezáleží na zachování přesné proporce ve výškových poměrech vykresleného schématu, je možno velmi výhodně použít namísto (23) zjednodušeného vztahu

$$\xi_T = M_e \cdot \rho^\circ \cdot t_i \quad (23a)$$

V takovém případě pak není v celém průběhu výpočtu programově použita ani jediná volená goniometrická funkce, což znamená jednoduchost a urychlení výpočtu.

Testování podmínky (25) zabezpečuje, že nebudou na grafu spojeny body vzdálených horizontů navzájem a současně se uvažuje i vyhodnocuje tendence hloubky skrytého prostoru z.

Některé další aspekty a aplikace metody:

V předchozím bylo popsáno řešení jednorázové úlohy za určitých omezujících podmínek, zejména pak byla volena šířka sektoru do 60° a vzdálenosti do 50 km. Tato omezení byla zavedena pouze z důvodu velikosti předpokládané operační paměti počítače, použité principy vyhodnocení jsou na této skutečnosti nezávislé.

Po určitých nepříliš náročných úpravách výpočetního algoritmu lze uvažovat např. o dalších následujících modifikacích:

a) Rozšířit šířku sektoru až na 90° a vzdálenosti až do 100 i více km. To by nutně vedlo k požadavku zkrácení délky bloku při zápisu na disk, což není podstatné. Zavedení sektoru šířky 90° by umožnilo snadný přechod k digitalizaci v pravidelném bodovém poli.

b) Digitalizace vrstevnic tak, jak byla naznačena, je nepříliš ekonomická a je také nejnáročnější a nejnákladnější částí realizace. Existence souvislého, jednotného a značně rozsáhlého digitálního pole, uspořádaného pravidelně (např. podrobná čtvercová síť) a systematicky podobně jako klad listů, by celý problém podstatně zjednodušila. Úpravou algoritmu lze hledat dosti jednoduše průsečky radiálních paprsků se stranami čtverců a s interpolací výšek. Vyhledání a výběr bloků vstupních informací na vnějších médiích je dnes plně řešitelný, přesahuje však rámec tohoto článku.

c) V případě, že je k dispozici souvislý digitální model na rozsáhlých územích, bylo by možno řešit další obdobné úlohy, vycházející ze základního algoritmu, např.:

- vyhledání optimálního umístění radiolokátoru, přičemž výběr vhodných prostorů je účelné zadat subjektivně;

- vyhodnocení skrytých prostorů jakožto prostorových útvarů s cílem vyhledání vhodných koridorů pro nízkolétající letadla;

- vyhodnocení skrytých prostorů pro letouny, kopírující letem ve výšce v nad terénem terénní reliéf;
- vyhodnotit skryté prostory pro celou soustavu radiolokátorů, jejichž sektory se vzájemně překrývají;
- použít částí programů pro jiné účely, např. procedury PANOR při různých druzích průzkumu, v architektuře a stavebnictví při projektování komunikací, při pohledových studiích atd.

Všechny uvedené aplikace jsou poměrně snadno řešitelné úpravou a doplněním základního algoritmu. Hlavní obtíž praktického provedení nespočívá v možnostech programového řešení, ale jediné v problémech pořízení vstupních informací o terénním reliéfu - tj. v praktickém provedení digitalizace a v koncepci příslušné banky dat.

4. Z á v ě r

Navrženému postupu lze jistě mnohé vytknout, zejména pokud jde o přesnost. Bylo by snadno možné volit přesnější druhy transformace souřadnic, používat interpolace vyššího stupně, diskutovat o hodnověrnosti určení hodnot sklonů terénu atp. Zisk v přesnosti by však byl na druhé straně znevážen komplikovaným a pomalejším výpočtem a zejména neúměrnou potřebou paměťových kapacit. Pro potřeby radio-techniky uvedená přesnost postačuje a uvedené principy řešení mohou, ale nemusí být dobře použitelné v podobných aplikacích, zejména ryze geodetických.

Na použitých vzorcích není zřejmě nic nového, přínos však spočívá ve způsobu programového řešení pro počítače 3. generace a jeho algoritmizaci.

Výhody lze spatřovat zejména:

- v jednoduchosti a značné úspornosti algoritmů a postupů
- v původním principu vyhledávání průsečků vrstevnic s radiálními paprsky při jediném průchodu počítačem
- v původním plně automatizovaném způsobu grafického výstupu jak pro skryté prostory, tak pro panoramatické schéma
- v použitelnosti v jiných podobných aplikacích.

Jistým nedostatkem je skutečnost, že „rozišovací schopnost“ osnovy radiálních směrů se vzdáleností klesá, což však pro předpokládané použití v radiotechnice není na závadu.

Nedořešeným problémem, souvisejícím s předchozím, je okolnost, že je vyšetřován a vyhodnocován pouze tvar obecné topografické plochy (reliéfu) s vynecháním všech situačních a terénních předmětů, objektů a porostů. Problém nespočívá ve způsobu registrace a vyhodnocení, ale v možnostech získání těchto informací, zejména pak výšek porostů a výšek v zastavěných územích.

Hlavním kritériem byla zvolena vysoká efektivnost výpočtu s vysokým stupněm automatizace. Vzhledem k tomu, že často bude třeba propočíst značné množství variant, může mít tato okolnost význam zásadní.

Literatura:

- [1] Ing. Dr. J. Ryšavý: Nižší geodézie I, II, SNTL.
- [2] Ing. Libor Filipický: K problémům třírozměrné digitalizace, VTO 1976.
- [3] Systémová literatura JSEP - EC 1030, 1033, K Snp.

K problémům a výsledkům automatizace tvorby a obnovy topografických map v ČSSR

1. Úvod

Konfrontace potřeb a dosavadních možností tvorby a obnovy topografických map vede k závěrům, že dosavadními tradičními způsoby nelze potřebu topografických map uspokojit. Limitující vliv dosavadních způsobů tvorby a obnovy map je třeba překonat jejich mechanizací a automatizací.

Automatizace tvorby a obnovy map je motivována především

- nedostatkem a naléhavou potřebou topografických map s aktuálním obsahem,
- potřebou opakující se tvůrčí, převážně rukodělné činnosti,
- nedostatkem pracovních sil potřebné profese a kvalifikace,
- možnostmi soudobé techniky.

Od automatizace tvorby a obnovy topografických map v ČSSR se požaduje

- a) zkrácení cyklu tvorby a obnovy mapy,
- b) snížení spotřeby pracovního času (především snížením počtu pracovníků provádějících pomalou ruční řemeslnou práci),
- c) objektivizace procesu tvorby a obnovy mapy,
- d) zvýšení polohové přesnosti mapy.

Přitom je třeba připustit použití takových výrazových prostředků, které možnostem mechanizované a automatizované kresby odpovídají lépe než ty, které ve stávajících značkových klíčích nesou vedle pozitivních i negativní důsledky tradic kartografické tvorby.

Automatizace kartografické tvorby se poměrně rychle uplatňuje při náhradě opakujících se činností, především při konstrukci a kresbě nebo rytí rámu a sítě mapy, při kresbě resp. rytí jednotlivých mapových značek, spojnic, izočar, rastrů apod. Je však obtížné uplatnit automatizaci při řešení a vyjadřování souvislostí a vazeb mezi prvky obsahu mapy. Tyto vztahy jsou velmi rozmanité. Jejich závislost na konkrétní tvářnosti terénu, na účelu a měřítku mapy vyžaduje řešení, které je náročné na rozsah vstupních informací, na parametry použité techniky i na důmyslnost a efektivnost programového vybavení.

2. Konkrétní možnosti automatizace tvorby map v ČSSR

V ČSSR jsou v současné době příznivé podmínky a předpoklady pro automatizaci tvorby a obnovy topografických map, speciálních a velkoměřítkových map. V letech 1974 - 1975 byly v **topografické službě ČSLA** vypracovány požadavky na vývoj zařízení pro automatizaci tvorby map. Na základě těchto požadavků byl v ČSSR v letech 1976 - 1977 uskutečněn z podnětu a za podpory a aktivní účasti TS-ČSLA vývoj automatizovaného kartografického systému DIGIKART. Závěry porad uskutečněných v rámci vědeckotechnické spolupráce geodetických služeb socialistických států potvrdily správnost jeho zaměření. Prototyp DIGIKARTU byl od prosince 1977 podroben zkouškám, které byly uzavřeny k 30. 9. 1978. Podle výsledků zkoušek bude po úpravách a zdokonalení prototypu a jeho programového vybavení zahájena sériová výroba DIGIKARTU ještě v roce 1979 tak, aby DIGIKART mohl být zaveden do provozu na významnějších pracovištích v ČSSR v průběhu let 1979 až 1980.

Současně s vývojem prototypu DIGIKARTU přistoupila TS-ČSLA k vývoji technologie automatizované tvorby a obnovy topografických a speciálních map a odpovídajícího aplikačního programového vybavení. Vývoj technologií některých speciálních tematických map je už v zásadě ukončen, zkouškami ověřen a jejich efektivnost je prokázána. Vývoj technologie topografických map není ještě ukončen. Je ověřována technologie automatizované tvorby a obnovy základní mapy v měřítku 1 : 25 000, technologie automatizované tvorby topografických map odvozených měřítek se dále rozpracovává. Má být dokončena, ověřena a předána k provoznímu využití podle plánu v co nejkratší době.

Paralelně s těmito opatřeními je řešeno vybudování informační základny pro automatizovanou tvorbu a obnovu topografických a speciálních tematických map. Směřuje k tomu, aby z jediné datové báze bylo možno vytvářet mapová díla různého speciálního zaměření při co nejširším vícenásobném a co nejefektivnějším využití dat. Pro vytváření této datové základny a pro její systematickou aktualizaci je nezbytné spojit úsilí všech složek geodetické služby ČSSR i využít dalších informačních zdrojů.

K vývoji potřebného zařízení, programového vybavení a technologií bylo možno přistoupit díky výsledkům vývoje a výroby počítačů a počítačové grafiky v ČSSR a díky současnému ovládnutí počítačů JSEP 3. generace. Průběh a výsledky tohoto vývoje, který byl zařazen a zabezpečován jako úkol státního plánu rozvoje vědy a techniky, chápeme jako součást zápasu o vědeckotechnický rozvoj podnícený a usměrněný závěry XV. sjezdu KSČ.

3. Hlavní parametry DIGIKARTU

O DIGIKARTU byla už zmínka na III. kartografické konferenci v Brně. Tehdy zástupce Novoborských strojů stručně informoval o požadavcích a předpokládaných parametrech, s nimiž se k vývoji přistupovalo. Tyto parametry však nemohly plně uspokojit naše požadavky na přesnost, rychlost a grafickou kvalitu. Dnes však už můžeme hovořit nikoliv jen o požadavcích a předpokladech, ale o ověřených funkcích a skutečných parametrech. Uvedeme ve stručnosti jen ty nejdůležitější.

DIGIKART, který je schematicky znázorněn na obr. č. 1, je systémovým uspořádáním technických prostředků, výpočetní techniky a programů vytvořených v ČSSR resp. ve státech RVHP. Jeho funkce spočívá:

- v přijímání různorodých grafických a číselných informací a dat o území,
- v jejich převodu, výběru a uspořádání vhodném pro výpočetní zpracování,
- ve výpočetním řešení komplexu kartografických úloh a v uspořádání výsledků řešení do efektivního sledu povelů pro automatický kreslicí stůl a
- ve vytvoření výsledné grafické informace ve formě kartografického originálu mapy, resp. jejího tiskového podkladu.

DIGIKART pozůstává z následujících modulů:

1. z řídicího minipočítače ADT 4100 s řadou periférií a s následujícími paměťmi:

- vnitřní operační paměť feritová o kapacitě 32 k 16-bitových slov uspořádaných na 32 stránkách po 1024 slovech,
- vnější kazetová magnetická disková paměť KDP 720 o 4 diskových jednotkách s celkovou kapacitou 5,2 resp. 10,4 M bytů, s disky o hustotě záznamu 1100 resp. 2200 bpi,
- vnější magnetická pásková paměť s 8 magnetofonovými jednotkami a 2 řadiči magnetických pásek, magnetické pásy o šíři 1/2, s délkou /30 m a s hustotou záznamu 32 b/mm.

Z periférií, které jsou vyznačeny na blokovém schématu, je třeba připomenout alfanumerický displej s mozaikovou tiskárnou, širokořádkovou rychlotiskárnou ACERT, snímač děrných štítků, snímač děrné pásky FS 1500 a děrovače děrné pásky s rychlostí 110 zn./s.

2. Z odečítací jednotky DIGIPOS s těmito parametry:

- pracovní plocha odečítacího stolu 1200 x 800 mm, pracovní poloha stolu vodorovná, pevná, pracovní deska rovinná umožňující prosvětlení předloh i jejich osvětlení odraženým světlem,
- základní odměřovací krok 0,01 mm, opakovatelnost nastavení jednotlivých bodů se střední chybou $\pm 0,03$ mm, střední chyba měření souřadnic jednotlivých bodů (včetně osobní chyby operátora) $\pm 0,10$ mm, střední chyba měření souřadnic bodů liniových prvků (včetně osobní chyby operátora) $\pm 0,12$ mm,
- pozorování odečítaných bodů a čar pomocí televizního řetězce, zorné pole snímací kamery 43 x 43 mm, obrazovka monitoru o uhlopříčce 59 cm. Obraz je tedy zvětšen osminásobně,
- registrace odečtených souřadnic na půlpalcové magnetické pásce, eventuálně děrné pásce a možnost zápisu elektrickým psacím strojem,
- možnost činnosti v režimu off-line i on-line s řídicím minipočítačem.

3. Ze zobrazovací jednotky DIGIGRAF s následujícími hlavními parametry:

- pracovní plocha kreslicího stolu 1200 x 800 mm, pracovní poloha vodorovná, pevná; pracovní deska rovinná,
- základní odměřovací krok 0,01 mm, opakovatelnost nastavení jednotlivých bodů se střední chybou $\pm 0,03$ mm, střední chyba v poloze jednotlivých bodů $\pm 0,07$ mm, střední chyba v poloze bodů liniových prvků pořízených v dynamickém režimu je závislá na rychlosti a pohybuje se od 0,10 do 0,15 mm,
- rychlost kresby podle zvolené techniky zobrazování (kresba pisátkem, perem, rytí, řezání do slupovací folie, exponování světelným paprskem) od 20 mm/s do 250 mm,
- možnost činnosti v režimu off-line i on-line s řídicím minipočítačem.

3. Z programového vybavení tvořeného

- diskovým operačním systémem DOS III, který m. j. obsahuje kompilátory FORTRANU IV, BASICU, ALGOLU a ASSEMBLERU,

- základním softwarem obsahujícím soubor testovacích diagnostických a obslužných programů,
- knihovnou obsahující více než 300 standardních matematických programů,
- speciálním funkčním softwarem na úrovni obecného kreslicího programu,
- souborem nestandardních matematických programů a podprogramů zejména pro řešení aproximací a transformací,
- programovými generátory mapových značek a symbolů,
- aplikačním programovým vybavením pro tvorbu jednotlivých druhů map.

Programové vybavení je dále rozšiřováno i zdokonalováno v závislosti na dalším zdokonalování hardwaru, které po dokončení prototypu DIGIKARTU dále zvyšují jeho parametry. To umožňuje např. zařazení minipočítače ADT 4500, kreslicího stolu s vlastním mikroprocesorem, polovodičovou pamětí a hardwarovým generátorem symbolů aj.

4. Technologie automatizované tvorby a obnovy topografických map

Technologie automatizované tvorby a obnovy topografických map vychází ze základního schématu uvedeného na obr. č. 2. Její hlavní zásady a požadavky jsou následující:

- a) důsledné dodržení značkového klíče pro topografické mapy měřítka 1 : 25 000 až 1 : 200 000,
- b) použití vstupních dat získaných v digitální formě z banky dat ISÚ, digitalizací grafických podkladů nebo stereofotogrammetrickým vyhodnocením leteckých snímků s digitálním výstupem;
- c) automatizace sestavitelných a kartografických úloh výpočetním zpracováním dat při využití DIGIKARTU (podle potřeby i počítače vyššího typu) až po grafický výstup originálů s výjimkou originálu výškopisu a popisu mapy, které budou v počáteční etapě zhotovovány fotomechanicky a ručně z důvodů technických a ekonomických,
- d) hlavním médiem pro přenos dat je magnetická páska 1/2",
- e) soustředění tvůrčího vlivu lidského faktoru do redakční přípravy a do vývoje programového vybavení,
- f) maximální objektivizace a minimalizace živé lidské práce v průběhu tvorby mapy od přijetí vstupních informací až po tisk čtyřbarevným ofsetem,
- g) použití polyesterových folií jako podložek pro všechny rycí, slupovací, světlocitlivé a podkladové materiály při tvorbě originálů, jakož i všech negativů a odvozených kopií, soukopií, diapozitivů apod.,
- h) použití lícovacího systému v průběhu tvorby mapy od prvního grafického výstupu ve formě kartografického originálu až po ofsetový tisk.

Technologií automatizované tvorby topografických map s použitím DIGIKARTU má být průměrná doba potřebná pro zpracování 1 listu topografické mapy zkrácena nejméně o 100 hodin. To by mělo být komplexními zkouškami, které v současné době probíhají, ověřeno.

S konkrétními výsledky zkoušek po jejich ukončení a vyhodnocení odbornou veřejnost rádi seznámíme.

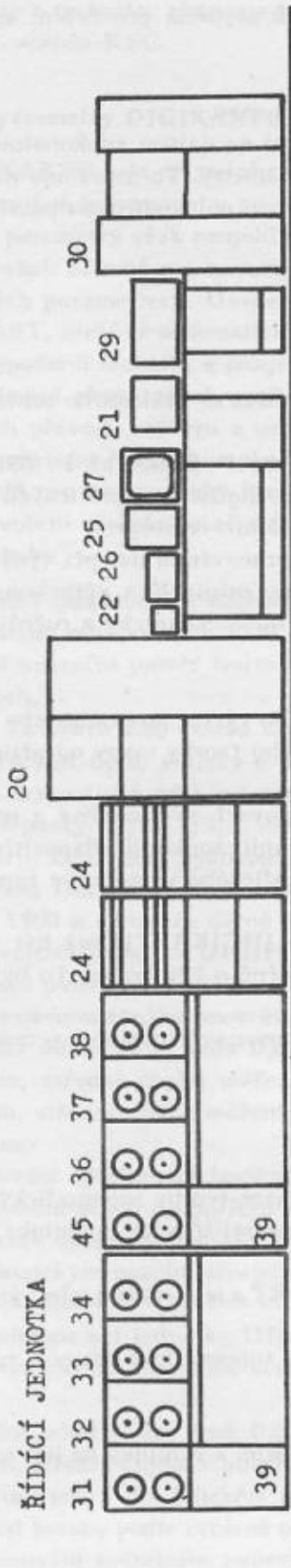
5. Závěr

Závěrem je tedy možno připomenout, že potřeba a nutnost automatizace tvorby topografických a speciálních tematických map je nejen zřejmá a uznávaná, ale jsou cílevědomě zajišťovány podmínky a přístup k této automatizaci:

- je vyvinut a ověřován automatizovaný kartografický systém DIGIKART a je zajištěna jeho výroba,
- je vytvořeno a dále rozvíjeno potřebné programové vybavení,
- je rozvinuta technologie automatizované tvorby a obnovy základní topografické mapy a speciálních map; rozvíjí se technologie pro mapy odvozených měřítek,
- je připravováno vybudování účelné kartografické banky dat.

Tím se možnosti automatizace tvorby a obnovy map stávají dokonalejšími a vyhlídky na její technickou a ekonomickou efektivnost reálnějšími.

SCHEMATICKE ZNAZORNENI "DIGIKARTU"

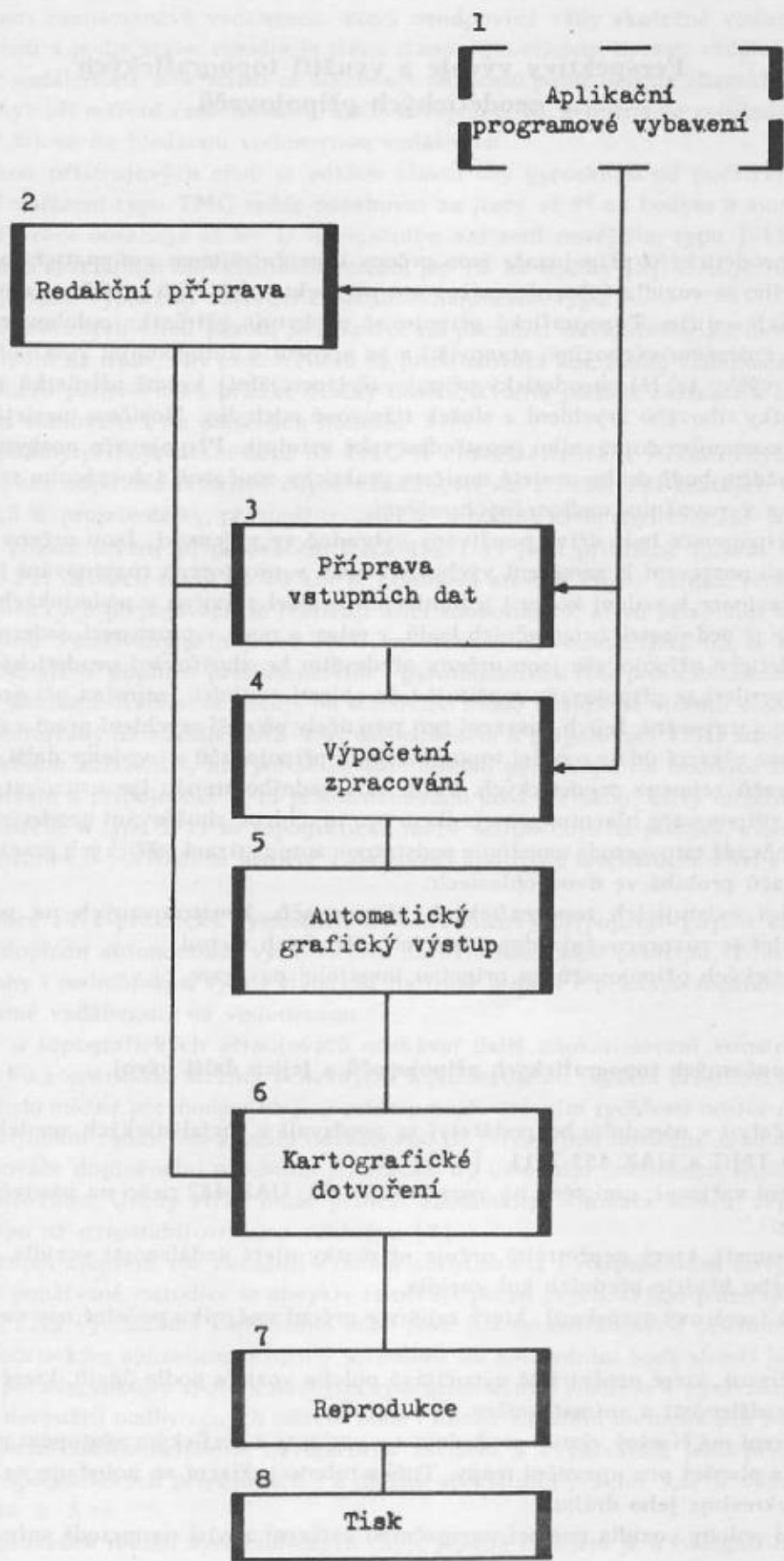


ODEČÍTACÍ JEDNOTKA

ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKA

- Legenda:**
- | | | | |
|---|-------------------------------------|--|--|
| 10 DIGIPOS 1208 s řídicí | 20 Minipočítač ADT 4100 | 27 Alfanumerický displej | 40 DIGIGRAF 1208 D3G.19 |
| 11 Televizní mikrokamera
ITV 11.12 | 21 El.přací stroj CONSUL
253.4 | 29 Mozaiková tiskárna | 41 Elektronika DIGIGRAFU |
| 12 Monitor | 22 Snímač děrné pásky
FS 751 | 30 Širokořádková tiskárna
EC 7034 ACERT | 42 Magnetopásková jednotka
PT-105.1 |
| 13 Řídící skříňka s klávesnicí | 24 Kasetová magn.disková | 31 Magnetopáskové jednotky
PT-105.1 | 43 Snímač děrné pásky
FS 1501 |
| 14 El.přací stroj CONSUL
253.4 | 25 Snímač děrných štítků
EC 6112 | 38 Řadič magnetických pásek | 44 Snímač děrné pásky
45 Kreslicí resp. rycí nebo
pikýrovací hlava |
| 15 Magnetopásková jednotka
ka PT-105.1 | 26 Děrovač děrné pásky
DT-105-S | 39 | |
| 16 Děrovač děrné pásky
DT-105-S | | | |

Obr.č. 1



Obr. č. 2

Perspektivy vývoje a využití topografických a geodetických připojovačů

Úvod

Topografické (geodetické^x) připojovače jsou určeny k nepřetržitému automatickému určování polohy a směru pohybujícího se vozidla (obecně nosiče) a u perspektivních typů také k automatickému určování dalších geodetických veličin. Topografický připojovač poskytuje přírůstky polohových souřadnic (Δx , Δy) vzhledem ke známému výchozímu stanovišti a ve spojení s autonomním výškoměrem [5] také přírůstek nadmořské výšky (ΔH); geodetický připojovač (inerciální) kromě přírůstků souřadnic Δx , Δy a ΔH také přírůstky tíhového zrychlení a složek tížnicové odchylky. Nosičem geodetického připojovače může být kromě pozemního dopravního prostředku také vrtulník. Připojovače poskytují uvedené geodetické veličiny v každém bodě dráhy projeté nosičem prakticky současně s dosažením stanoviště, pokud se nepoužije metoda s vyrovnáním nadbytečných měření.

Topografické připojovače byly dříve používány výhradně ve vojenství. Jsou určeny k topografickému připojení palebných postavení k zaměření výchozích bodů v prostorech rozvinování jednotek nebo jako systém pozemní navigace k vedení kolon i jednotlivých vozidel zejména v podmínkách ztížené orientace, např. v terénu, kde je nedostatek orientačních bodů, v mlze, v noci, v prostorech jaderných výbuchů apod. Perspektivní geodetické připojovače jsou určeny především ke zhušťování geodetických sítí.

V posledním desetiletí se připojovače rozšiřují i do oblastí civilních, zejména při geologickém a geofyzikálním mapování a trasování. Jejich nasazení pro tyto účely přináší zrychlení prací a ekonomické úspory.

V článku shrneme některé údaje o práci topografických připojovačů a uvedeme další perspektivy vývoje a využití připojovačů zejména geodetických. Podle dosavadního trendu lze usuzovat, že v budoucnosti budou geodetické připojovače hlavním prostředkem pro urychlené zhušťování geodetických sítí pro topografické účely, poněvadž tato metoda umožňuje podstatnou automatizaci měřických prací v terénu [7].

Vývoj připojovačů probíhá ve dvou oblastech:

1. Zdokonalování existujících topografických připojovačů, konstruovaných na principu směrového gyroskopu. Aktuální je rozpracování odpovídajících měřických metod.
2. Vývoj geodetických připojovačů na principu inerciální navigace.

Charakteristika současných topografických připojovačů a jejich další vývoj

Pro vojenské účely i v národním hospodářství se používají v socialistických zemích sovětské topopřipojovače GAZ-69-TMG a UAZ-452-T-11 [4, 5].

Vlastní navigační zařízení, umístěné na vozidle GAZ-69, UAZ-452 nebo na pásovém vozidle, má tyto základní přístroje:

- snímač vzdálenosti, který nepřetržitě určuje přírůstky ujeté vzdálenosti vozidla. Vzdálenost je snímána z kardanového hřídele předních kol vozidla,
- snímač směru (směrový gyroskop), který zajišťuje určení směrníku podélné osy vozidla v kterémkoliv okamžiku,
- výpočetní zařízení, které nepřetržitě vypočítává polohu vozidla podle údajů, které do tohoto zařízení předává snímač vzdálenosti a snímač směru.

Navigační zařízení má číselný výstup souřadnic a u varianty s grafickým výstupem má kromě toho ještě kreslicí zařízení a planšet pro upevnění mapy. Tužka tohoto zařízení se pohybuje na mapě, ukazuje polohu vozidla a vykresluje jeho dráhu.

Přesnost určení polohy vozidla pomocí navigačního zařízení závisí na metodě snímání projeté vzdále-

x) Termín „geodetický“ připojovač není dosud ustálen. Doporučujeme používat název geodetický pro inerciální připojovač určující polohu s přesností v metrech, případně určující i další geodetické veličiny. Termín „topografický“ připojovač doporučujeme užívat i nadále pro navigační zařízení pracující s polohovou přesností v desítkách metrů.

nosti, na přístrojových chybách a na chybách v určení výchozích údajů. Chyby narůstají s délkou dráhy i s časem a mají pro danou trasu převážně systematický charakter.

Snímač vzdálenosti zaznamenává vzdálenost, která neodpovídá vždy skutečné vodorovné vzdálenosti. Pro každý druh terénu a podle stavu vozidla je třeba stanovit koeficient opravy vzdálenosti a nastavit jej na stupnici korekce vzdálenosti. Koeficient se stanovuje odhadem podle obecné charakteristiky terénu a je zdrojem hlavních chyb při měření vzdálenosti. Dalším zdrojem chyb, zejména ve zvlněném terénu, je obtížná redukce měřené šikmé na hledanou vodorovnou vzdálenost.

Podstatnou složkou přístrojových chyb je odklon hlavní osy gyroskopu od počátečního směru, který narůstá s časem. U zařízení typu TMG může dosahovat za jízdy až 2° za hodinu a sumární odchylka za 7 hodin nepřetržité práce dosahuje až 8° . U navigačního zařízení novějšího typu T-11 dosahuje odklon gyroskopu opatřeného speciálním korekčním zařízením jen $15'$ za hodinu [5]. Zdrojem srovnatelně menší přístrojové chyby je také výpočetní zařízení elektromechanického typu.

Kromě uvedených obecných vlivů působí nepříznivě na přesnost navigačního zařízení existence prudkých poklesů a stoupání na trase, vliv mikroreliefu na prokluzování kol, různé vlastnosti půdy, prudké vychýlení nosiče ze směru pohybu nebo prudké otáčky nosiče, kvalita justáže zařízení a horizontace připojovače na výchozím stanovišti i na měřených bodech.

Chyba v určení polohy připojovačem GAZ-69-TMG je charakterizována střední chybou rovnou 0,7 % délky projaté trasy, což odpovídá relativní chybě vzdálenosti asi 1 : 150. Při krátkých trasách (1 - 3 km) dosahuje hodnoty 0,5 % projaté délky, při jízdě trvajících 3 - 4 hodiny roste chyba na 1,5 - 2 % celkové délky.

Střední chyby v poloze určené připojovačem UAZ-452-T-11 jsou přibližně 1,5krát menší než u typu GAZ-69-TMG [5]. Při délkách trasy do 10 km je polohová střední chyba zřídka větší než ± 10 m.

Ve vývoji topografických připojovačů se realizují dílčí zdokonalení, která přispívají k částečnému zvýšení přesnosti zařízení. Používaný připojovač TMG, montovaný na vozidle GAZ-69, se konstrukčně neliší od staršího typu TM, ale je doplněn příslušenstvím - gyroteodolitem AG pro autonomní určování výchozího (počátečního) azimutu. Azimut se určuje na stanovišti mimo vozidlo se střední chybou 1 dílce ($3,6'$). Připojovač T-11, montovaný na vozidle UAZ-452, má vzhledem k připojovači TMG zdokonalený gyroskop se speciálním korekčním zařízením, kterým se snižuje odklon gyroskopu na hodnotu $15'$ za hod. Kromě toho úhломěrné zařízení u připojovače T-11 je konstruováno jako periskop, který umožňuje záměru i přes střechu vozidla. Konečně u typu T-11 se topografická mapa neupevňuje na planšet, ale na válcový buben, který se otáčí synchronně s počítadlem projaté vzdálenosti a snižuje mechanické chyby zařízení pro grafický výstup.

V SSSR byl v roce 1974 prakticky vyzkoušen třísouřadnicový připojovač [5], u kterého připojovač GAZ-69-TMG byl doplněn autonomním výškoměrem na barometrickém principu. Toto řešení umožňuje určovat kromě polohy i nadmořskou výšku stanovišť na trase a dává v principu možnost zavedení přesné redukce projaté šikmé vzdálenosti na vodorovnou.

Perspektivně lze u topografických připojovačů očekávat další zdokonalování konstrukce a rozpracování metod měření. Po konstrukční stránce je nezbytné k podstatnému zvýšení přesnosti zdokonalit snímač vzdálenosti. To by bylo možné přechodem na jiný princip např. určením rychlosti nosiče na principu Dopplerova efektu při přijímání rádiového signálu odraženého od terénu pod nosičem. Obdobně řešení třísouřadnicového připojovače doplněného palubním počítačem by umožnilo průběžnou redukci projaté šikmé vzdálenosti na vodorovnou. Určitý efekt může přinést zdokonalení snímače směru, zejména při uložení směrového gyroskopu na gyrostabilizovanou základnu [8].

Kromě konstrukčních zlepšení má aktuální význam zdokonalení i rozpracování nových metod měření s připojovačem. Při používané metodice se obvykle zaměřuje pořad „výchozí bod-jeden nebo více měřených bodů-kontrolní bod“. Na výchozím i kontrolním bodě jsou známy souřadnice i orientační směry nebo se nezávisle určují geodetickým způsobem. Rozdíly souřadnic na kontrolním bodě slouží jen ke kontrole dopustných odchylek pořadu, nikoliv spolu s nadbytečným orientačním směrem k vyrovnání. Lze předpokládat, že tato metoda nevyužití nadbytečných měření bude i nadále základní metodou pro většinu praktických uživatelů. S postupným zdokonalováním navigačního zařízení a zvyšováním jeho přesnosti se naskytá možnost nasazení topografických připojovačů i k dalším speciálním pracím, kde je vyžadována polohová přesnost bodů okolo ± 5 m.

V práci [6] byl proveden rozbor systematických chyb, jejichž zdrojem je u navigačního zařízení TMG odklon směrového gyroskopu, nedokonalost snímače vzdálenosti a výpočetního zařízení. Byly stanoveny praktické vzorce pro výpočet oprav, využívající časový průběh pořadu měřeného připojovačem a nadbytečné hodnoty souřadnic i orientace získané na kontrolním stanovišti. Po zavedení příslušných oprav se snížila polohová chyba měřených bodů dva až třikrát a dosahovala hodnoty okolo ± 6 m. V práci [1] při za-

vedení oprav jen z odklonu směrového gyroskopu u zařízení TMG se snížila polohová chyba na ± 8 m při střední délce pořadu 8,2 km. Tento výsledek se opírá o rozbor 372 pořadů s celkovým počtem okolo 5000 bodů.

Z uvedených výsledků lze usuzovat, že při nasazení přesnějšího připojovače typu T-11 a s využitím početních metod ke snížení systematických chyb lze dosáhnout polohové přesnosti lepší než ± 5 m.

Inerciální geodetické připojovače a jejich další perspektivy

Inerciální geodetický připojovač je navigační systém vyvíjený v posledním desetiletí pro geodetické účely. Dovoluje automaticky a nezávisle na okolních podmínkách a viditelnosti určovat změnu polohy nosiče (přírůstky souřadnic Δx , Δy , ΔH) vzhledem k výchozímu bodu a u posledních typů také přírůstky tíhového zrychlení a složek tížnicové odchylky na povrchu Země. Uvedené geodetické veličiny se určují pro jednotlivá stanoviště na dráze projeté nosičem.

Inerciální geodetický připojovač je odvozen od inerciálních navigačních systémů užívaných v letectví a v námořní navigaci, ale liší se od nich vyšší přesností i metodou využití.

Základním prvkem inerciálního navigačního systému je gyroskopicky stabilizovaná základna, jejíž poloha je neustále řízena palubním počítačem tak, aby zachovávala neměnnou polohu vůči otáčejícímu se zemskému tělesu. Na základně jsou umístěny 3 snímače zrychlení-akcelerometry, orientované ve 3 základních směrech, jimiž jsou obecně svislice, směr sever-jih a východ-západ. Akcelerometry snímají zrychlení udílené systému při pohybu nosiče. Výstupní signály akcelerometrů po dvojnásobném integrování podle času dávají přírůstky dráhy nosiče v základních směrech a z nich se určuje počítačem poloha nosiče v prostoru.

Ve výchozím bodu, kde jsou známy souřadnice x , y , H , tíhové zrychlení a tížnicová odchylka, se připojovač orientuje v přijatém souřadnicovém systému vztaženém na určitý referenční elipsoid. Při pohybu nosiče snímají akcelerometry zrychlení nosiče, palubní počítač určuje průběžně integrací rychlost a přírůstky souřadnic a v souřadnicích vydává průběžně polohu nosiče v prostoru. Ze souřadnic se určuje poloha normály k referenčnímu elipsoidu a řídí se korekce polohy gyroskopické základny vyplývající z vlastního pohybu nosiče na povrchu zemském.

Během každých 5 minut (pro větší přesnost během 3 minut) se nosič zastaví a v průběhu krátké přestávky (1 min.) se provede přístrojová korekce systému. Po dobu zastávky má být rychlost nosiče - vypočítaná palubním počítačem - vzhledem k povrchu zemskému nulová. Odchylka svědčí o chybách integrování, které počítač registruje a vyloučí formou příslušných oprav. Podle odchylky čtení od nuly u obou horizontálních akcelerometrů se určuje poloha tížnice a přírůstek tížnicové odchylky. Čtení na vertikálním akcelerometru po dobu zastávky je úměrné tíhovému zrychlení na daném stanovišti.

Tímto způsobem se inerciální systém přesunuje na nosiči od jednoho určovaného bodu ke druhému a během přesunu jsou krátké zastávky k provedení přístrojových korekcí systému. V určovaném bodě se opakují všechny operace provedené v bodech pro korekci. Výsledky měření, tj. souřadnice x , y , H , složky tížnicové odchylky a tíhové zrychlení se odečítají na displeji a současně se automaticky zapisují. Délka trasy může být několik desítek km a doba nepřetržité práce systému několik hodin.

Je žádoucí, aby pořad byl zakončen na pevném geodetickém bodě o známých souřadnicích (parametrech). Trasu je výhodné projet ve směru tam a zpět a výsledky dvojic měření se vyrovnají na počítači. Druhý pevný geodetický bod na konci trasy podobně jako metoda zaměření pořadu i zpět nejsou nutné, ale dovolují značně zvýšit přesnost měření.

Jako příklad realizovaného inerciálního připojovače uvedeme připojovač fy Litton Systems Inc. označený jako RGSS (Rapid Geodetic Survey System), který je modifikací navigačního systému IPS (Inertial Positioning System) [3].

Hlavní složky systému RGSS jsou

- inerciální základna, kterou tvoří kardanův závěs se 4 prstenci nesoucí vlastní základnu. Její stabilizace je dána dvojicí gyroskopů se dvěma stupni volnosti. Na základně je ve směru tří pravouhlých os umístěna trojice akcelerometrů, které měří zrychlení ve směru svislé, severní a východní osy souřadnic. Snímané hodnoty zrychlení jsou v digitální formě zaváděny do palubního počítače;

- palubní počítač obsahuje 12 228 paměťových slov. Řídí signály pro korekci polohy inerciální základny vzhledem k zemskému tělesu; ze zrychlení počítá integrací přírůstky souřadnic a s využitím počátečních hodnot určuje průběžně souřadnice nosiče a jeho nadmořskou výšku, hodnotu tíhového zrychlení a složky tížnicové odchylky; určuje přístrojové korekce základny z registrovaného odklonu gyroskopů; ukládá naměřené hodnoty na magnetickou pásku a provádí vyrovnání jednotlivých pořadů;

- ovládací pult a display, které umožňují operátorovi řízení systému a průběžné odečítání výsledků;
- magnetická pásková jednotka, která slouží k uložení hrubých i vyrovnaných hodnot pro 40 souborů měření;
- palubní zdroj (26 V), který je spojen přímo s nosičem (vozidlem).

Připojovač RGSS byl ověřován v průběhu 3 let v různých terénních podmínkách, v létě, v zimě, na vozidle i ve vrtulníku. Přesnost určení polohových souřadnic byla ± 50 cm při délce trasy 30-50 km; přesnost ve výšce 30-50 cm, tížnicové odchylky 1" a tížového zrychlení několik desetin miligalu. Tyto údaje se vztahují na uzavřené pořady opírající se o dva výchozí geodetické body.

Produktivita práce s aparaturou je vysoká. Za 12 hodin může být určeno 40-50 bodů. Metoda vyžaduje pružnou organizaci práce, aby pomocné práce, jako rekognoskace, stabilizace, topografie bodu, nezdržovaly pohyb připojovače. Produktivita se zvyšuje díky značné rychlosti při přesunu mezi body, krátké době pobytu na bodě, komplexnosti měření a plně automatizaci při zpracování výsledků. Produktivitu ovlivňuje také nezávislost měření na povětrnostních podmínkách a na denní době.

Závěr

Již současné výsledky dokumentují značný význam topografických a geodetických připojovačů nejen ve vojenství, ale i při mapování a trasování pro účely geofyziky a geologie, při projektování rozsáhlých energetických tras apod. Perspektivní geodetické připojovače najdou použití při zhušťování geodetických sítí pro topografické účely, při určování souřadnic vřícovacích bodů ve vhodných terénních podmínkách, k určování souřadnic letadla nebo vrtulníku při leteckém měřickém snímkování apod. Vzhledem k rychlému rozvoji techniky a možností plně automatizace lze předpokládat, že metoda inerciální navigace vhodně doplní a případně v budoucnosti zamění dosavadní metody zhušťování geodetických podkladů pro topografické mapování středních a malých měřítek. Podle odhadu amerických geodetů [7] by mohly inerciální geodetické připojovače nahradit kolem roku 2000 dosavadní geodetickou techniku včetně elektronické, používané pro zhušťování geodetických podkladů.

Perspektivní metodou se jeví použití inerciální navigace současně s družicovými geodetickými metodami [2]. S pomocí zejména rádiových družicových metod lze rozvinout síť základních bodů o stranách dlouhých asi 100 km a vyplňující síť se zaměří pořady proloženými geodetickými připojovači.

Tento výhled je oprávněný na základě současného rozvoje techniky a kromě plného využití ve vojenství bude mít podstatný význam pro rozvoj autonomních měřických metod v geodézii.

Literatura

- [1] Baranovskij G. M., Čerepanov J. A.: „Uraŋnivanije chodov, proložennyh topoprivjazčikom tipa TMG“, Geodezija i kartografija č. 8/1976
- [2] Čeremisenov G. V.: „Inercialnyje geodezičeskije sistemy“, Geodezija i kartografija č. 8/1978
- [3] Fishel N., Roof E.: „Results of tests using an inertial Rapid Geodetic Survey System (RGSS)“. Proceedings of the ACSM, 1977
- [4] Nikolajev A. S.: „Vojennaja topografija“, Moskva 1977
- [5] Polevoj V. A.: „Rabota s trjochkoordinatnym topoprivjazčikom“, Moskva 1978
- [6] Polevoj V. A.: „Isklučenijsistematičeskich ošibok puti i kursa iz rezultatov koordinatnyh izmerenij vpolňajemyh s topoprivjazčikami“. Geodezija i kartografija č. 5/1976
- [7] Thompson M.: „Surveying and Mapping in the year 2000“. Proceedings of the ACSM, 1975
- [8] Toročkov V. J.: „Giroscopy v geodezii i aerosjomke“, Moskva 1969.

Příprava a odborná redakce Vojenského zeměpisného atlasu

Úvod

Koncepční příprava Vojenského zeměpisného atlasu (VZA), jako aktualizované geografické části Československého vojenského atlasu (ČSVA), začala na jaře 1972.

Výchozím postulátem bylo rozhodnutí, že VZA bude vydán jako služební pomůcka pro potřeby ČSLA. Dále bylo stanoveno, že celková koncepce geografické části ČSLA nebude měněna a práce se omezí především na opravu chyb a nezbytnou aktualizaci obsahu map. Uvedené rozhodnutí vycházelo jednak z kapacitních možností vojenských kartografických ústavů a také ze skutečnosti, že koncepce ČSVA byla vytvořena vcelku s dostatečným politicko-geografickým perspektivním výhledem.

Přes uvedené skutečnosti bylo již při započetí studijních prací na VZA zřejmé, že budou nezbytné určité minimální zásahy do struktury některých mapových souborů. Žádoucí byla výraznější aktualizace úvodních map atlasu, zařazení několika nových všeobecně zeměpisných i tématických map, spojení mapové části a seznamu názvů v jeden celek. Podle tohoto ideového zámyslu zpracovali odborní redaktori VZA několik variant pozměněné koncepce atlasu. Tyto varianty byly projednány v Redakční radě a na zasedání 21. 6. 1972 schváleno konečné řešení, podle kterého byl atlas zpracován.

Při tvorbě obsahu nových map i aktualizace stávajících map byla navázána spolupráce s celou řadou odborných pracovníků z různých civilních pracovišť. Spolupráce byla požadována především od těch specialistů, kteří se již podíleli na vydání ČSVA. Na recenzích maximálně spolupracovali i pracovníci TS ČSLA, což se ukázalo jako velmi prospěšné a významně přispělo k úspěšnému zvládnutí první fáze tvorby VZA.

V průběhu prací rozhodla redakční rada vydat atlas zvlášť v české a slovenské verzi. Ke splnění tohoto úkolu byla vykonána řada dalších rozborů a studií. K zabezpečení překladu textů a názvosloví do slovenštiny byla pak navázána spolupráce s dalšími specialisty.

V příspěvku jsou uvedeny hlavní poznatky odborných redaktorů VAAZ získané při přípravě tvorby atlasu a nejvýznamnější teoretické i praktické výsledky činnosti celého autorského a recenzního kolektivu.

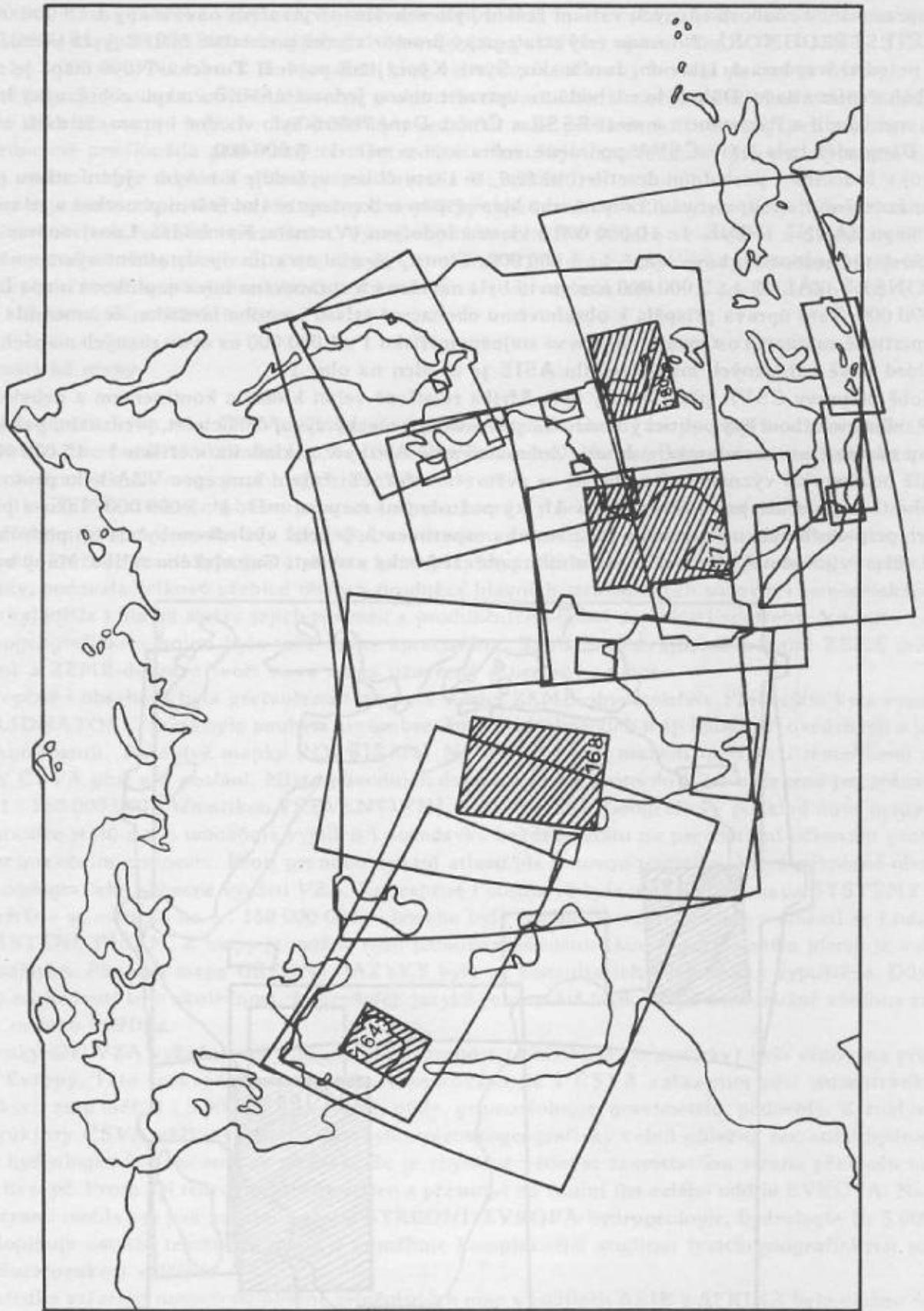
1. Rozbor a zdůvodnění změn v koncepci atlasu

1.1 Všeobecně zeměpisné mapy

Rozbor všeobecně zeměpisných map ČSVA, zařazených v oddílech ZEMĚ a EVROPA potvrdil, že přehledné, podrobné i doplňkové mapy plně vyhovují jak volbou příslušných území a účelově vymezenými klady mapových listů, tak svými měřítky a podrobností znázornění obsahu. Zejména v Evropě a zvláště ve střední Evropě vyhovují mapy vojenskogeografickým požadavkům na znázornění válčičtích, strategických a operačních prostorů i směrů. Nebylo proto důvodu původní koncepci těchto map měnit. Nutné byly pouze změny názvů některých map, vyplývající z odlišnosti v politickém uspořádání (místo názvů ČECHY, MORAVA, SLOVENSKO bylo použito nových oficiálních názvů ČESKÁ SOCIALISTICKÁ REPUBLIKA, SLOVENSKÁ SOCIALISTICKÁ REPUBLIKA). Také suverénnímu postavení NDR neodpovídalo již politicky neúnosné označení map společným názvem NĚMECKO. Proto byl všude použit oficiální název NĚMECKÁ DEMOKRATICKÁ REPUBLIKA a analogicky i NĚMECKÁ SPOLKOVÁ REPUBLIKA.

Sovětský svaz, který tvoří v atlasu samostatný díl, je ve všech důležitých oblastech zobrazen na podrobných mapách měř. 1 : 3 000 000 a 1 : 5 000 000. Hospodářsky perspektivní oblasti severní a severovýchodní Sibiře jsou v prvním vydání znázorněny pouze na přehledné mapě celého SSSR v měř. 1 : 15 000 000. V rámci studijních a experimentálních prací byla proto zpracována a redakčně připravena varianta, počítající s dodatečným zařazením jedné dvoustránkové mapy se záložkou pro oblast Čukotky a Kamčatky. Tím by byla celá východní část SSSR znázorněna v měř. 1 : 5 000 000. Z podrobnějšího zhodnocení však vyplynulo, že časové nároky na tvorbu těchto nových map by nebyly úměrné jejich využití. Proto byla koncepce celého oddílu SOVĚTSKÝ SVAZ ponechána beze změny.

Mezinárodně politické vztahy v Asii jsou v posledním období charakterizovány na jedné straně dovršováním národně osvobozenického hnutí a bojem národů proti neokolonialismu, na druhé straně úsilím impe-



Obr. 1

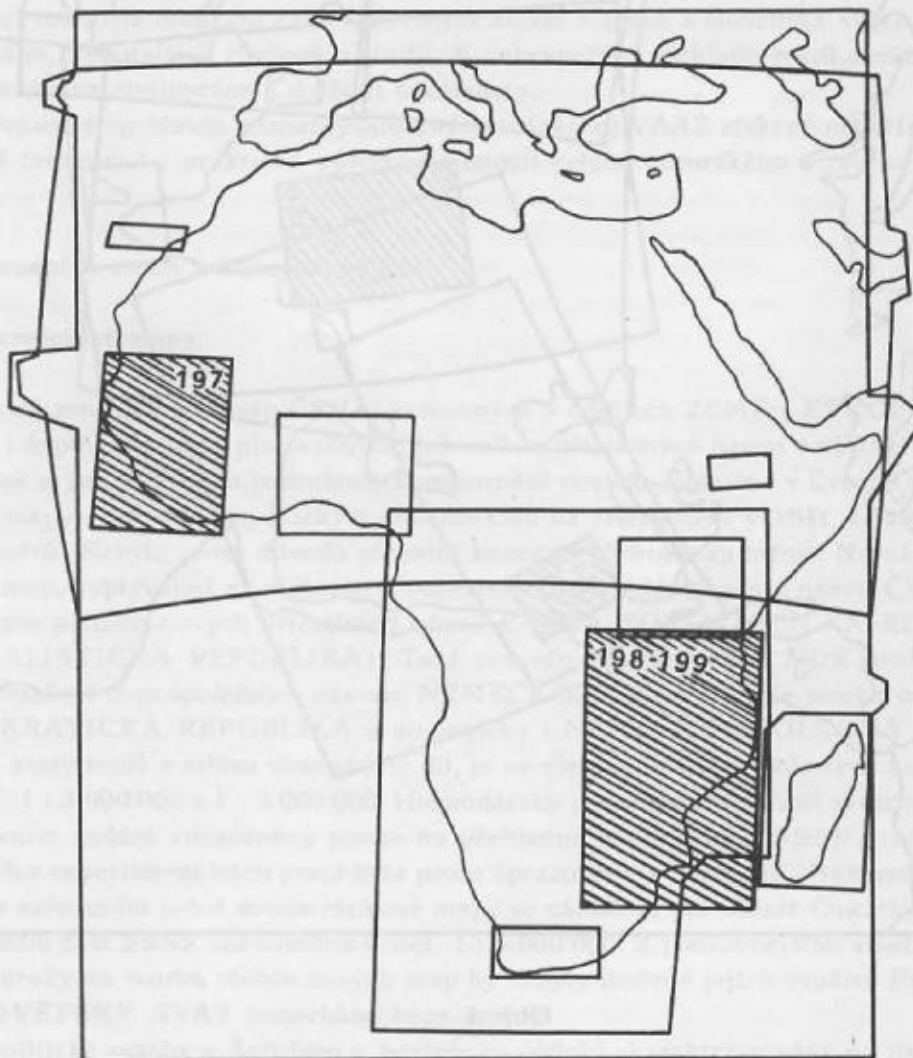
rialismu tento vývoj zvrátit. V Asii tak vznikla četná ohniska napětí, která několikrát přerostla do ozbrojených střetnutí. Posuzujeme-li z tohoto hlediska mapy ČSVA, je zřejmé, že v některých oblastech již nevyhovují potřebám podrobnější vojenskogeografické informace.

Po zpracování a rozboru různých variant řešení bylo schváleno vytvoření nové mapy 1 : 3 000 000 VÝCHODNÍ STŘEDOMOŘÍ. Zahrnuje celý strategický prostor včetně podstatné části Egypta včetně Sinajského poloostrova, Izrael, Libanon, Jordánsko, Sýrii, Kypr, jižní pobřeží Turecka. Nová mapa je nesporným obohacením atlasu. Dále bylo rozhodnuto vytvořit novou jednostránkovou mapu zobrazující hraniční oblasti mezi Indií a Pákistánem a mezi SSSR a Čínou. Dané řešení bylo vhodné i proto, že další zájmová oblast Bangladéš byla již v ČSVA podrobně zobrazena v měř. 1 : 3 000 000.

Vývoj v Indočíně v posledním desetiletí ukázal, že i tato oblast vyžaduje v novém vydání atlasu podrobnější znázornění. Po rozpracování řady návrhů bylo přijato celkem optimální řešení ponechat v atlasu dosavadní mapu ZADNÍ INDIE 1 : 10 000 000 a vlastní Indočínu (Vietnam, Kambodža, Laos) zobrazit navíc na samostatné jednostránkové mapě 1 : 5 000 000. Tímto řešením ztratila opodstatnění významná oblast TONKINSKÝ ZÁLIV 1 : 3 000 000 a místo ní byla navržena a zpracována nová doplňková mapa LUZON 1 : 5 000 000. Tato úprava přispěla k obsahovému obohacení atlasu i z toho hlediska, že umožnila vyřešit problematické zobrazení ostrova Chaj-nan ve stejném měřítku 1 : 3 000 000 na dvou různých mapách ČSVA.

Přehled nově zařazených map v oddílu ASIE je uveden na obr. 1.

V době přípravy ČSVA před 20 lety byla Afrika relativně velmi klidným kontinentem a nebylo možno přesně odhadnout bouřlivý politický a národnostně osvobozenecký vývoj dalších let, především pak výrazný vzestup národně osvobozeneckého hnutí. Zobrazení celé Afriky v základním měřítku 1 : 15 000 000 dnes však již neodpovídá významu této oblasti ve světovém dění. Při řešení koncepce VZA bylo proto přijato rozhodnutí doplnit alespoň některé části Afriky podrobnými mapami měř. 1 : 5 000 000. Jako v předcházejících případech byla uskutečněna řada studií a experimentů, jejichž výsledkem byl návrh podrobně znázornit oblast východní Afriky a dále západního pobřeží Afriky v oblasti Guinejského zálivu. Mapy byly kon-



Obr. 2

cipovány tak, aby současně navazovaly na stávající doplňkové mapy stejného měřítka (VIKTORIINO JEZERO, ÚSTÍ NIGERU, JIŽNÍ POBŘEŽÍ AFRIKY). Nejde o řešení ideální, ale v daných kapacitních a časových možnostech na tvorbu map VZA přispělo k nezbytnému obohacení atlasu. Při komplexním posouzení této otázky je třeba vidět i to, že celé severní pobřeží kontinentu je podrobně zobrazeno na mapě STŘEDOMOŘÍ 1 : 6 000 000 a rozhodující část Egypta pokrývá i nová mapa VÝCHODNÍ STŘEDOMOŘÍ 1 : 3 000 000. Na obr. 2 je vyznačen klad obou nově zařazených map na území Afriky.

Stejně jako Afrika byla v ČSVA částečně poddimenzována i Jižní Amerika. Potřebné studie a návrhy na doplnění několika map v měř. 1 : 5 000 000 byly redakční radě předloženy. Protože jejich realizace by časově neúnosně prodloužila plánovaný termín vydání atlasu, bylo rozhodnuto tyto otázky zatím neřešit. Jedinou změnou bylo doplnění plánu města Brasília 1 : 250 000.

Závěrem je možno konstatovat, že změny a doplňky realizované ve VZA byly v daných časových a kapacitních možnostech řešením optimálním. Vývoj vojenskopolitické situace ve světě v sedmdesátých letech potvrdil správnost volby prostorů, v nichž byly při tvorbě VZA provedeny úpravy. Současně se prokázalo, že koncepční řešení mapových souborů, výběr měřítek i výřezy základních a doplňujících map v ČSVA snesou i dnes náročná kritéria času.

1.2 Tématické mapy

Analýza tématických map ČSVA jednoznačně prokázala, že všechny mapy mají v atlasu i nadále plně opodstatnění. Současně se však ukázalo, že vědecko-informační hodnota atlasu dále vzroste přepracováním některých tématických map, popř. jejich doplněním.

V oddílu ZEMĚ citelně chyběla syntetická mapa, která by podávala přehledné informace o světovém hospodářství a přitom neopakovala tematiku, zobrazenou na mapách průmyslu a zemědělství jednotlivých kontinentů. Po řadě studií byla proto přijata koncepce, aby nová mapa znázornila převládající způsoby využití půdy, podávala celkový přehled těžby a produkce hlavních strategických surovin i zemědělských produktů a vyjádřila i hlavní směry jejich rozvozu z produkčních oblastí do oblastí spotřeby. V tomto výrazně vojenskogeografickém pojetí byla také mapa zpracována. Spolu se stávajícími mapami ZEMĚ-politické rozdělení a ZEMĚ-doprava tvoří nová mapa uzavřený a ucelený soubor.

Koncepčně i obsahově byla přetvořena i mapová strana ZEMĚ-obyvateľstvo. Především byla vypuštěna mapka LIDNATOST, která byla pouhým zevšeobecněním podrobnějších map lidnatosti uvedených u jednotlivých kontinentů. Také dvě mapky ROZŠÍŘENÍ NEMOCÍ svými malými měřítky i tematikami nesplňovaly v ČSVA plně své poslání. Místo původních dvou map byla proto do VZA zařazena jen jedna mapa v měř. 1 : 150 000 000 s tematikou PREVENTIVNÍ OČKOVÁNÍ. Geografický podklad nové mapy obsahuje i hranice států a tím umožňuje vyjádřit i požadavky každého státu na preventivní očkování proti hrozným infekčním nemocem. Proti prvnímu vydání atlasu jde o novou tematiku, která nesporně obohatila vojenskogeografické i obecné využití VZA. Koncepčně i obsahově byla upřesněna i mapa SYSTÉMY PÍSMĚ. Zvětšilo se měřítko na 1 : 150 000 000, v obsahu byly doplněny státní hranice a změnil se i název na ROZMÍSTĚNÍ PÍSEM. Z mapy je možno nyní jednoznačně identifikovat, jaký systém písma je v daném státě používán. Původní mapa ÚŘEDNÍ JAZYKY byla po konzultacích s odborníky vypuštěna. Důvodem pro toto rozhodnutí byla skutečnost, že úředních jazyků je ve světě tolik, že již není možné všechny rozlišit v mapě malého měřítka.

Vojenský účel VZA vyžaduje, aby maximální pozornost (měřítkově i tematicky) byla věnována prostoru střední Evropy. Tato správná tendence byla respektována již v ČSVA zařazením pěti jednostránkových tématických map měř. 1 : 5 000 000 (geologie, půdy, geomorfologie, gravimetrie, podnebí). Z analýzy celkové struktury ČSVA však vyplynulo, že chybí vojenskogeograficky velmi důležitá tematika hydrogeologická a hydrologická. Současně se ukázalo, že je zbytečné věnovat samostatnou stranu přehledu map ve střední Evropě. Proto byl tento přehled zmenšen a přesunut na titulní list celého oddílu EVROPA. Na uvolněnou stranu mohla být pak zařazena mapa STŘEDNÍ EVROPA-hydrogeologie, hydrologie 1 : 5 000 000. Mapa doplňuje ostatní tématické mapy a umožňuje komplexnější studium fyzikogeografických poměrů na středoevropském válečnickém území.

V důsledku zařazení nových všeobecně zeměpisných map v oddílech ASIE a AFRIKA bylo možno doplnit tyto oddíly i o několik nových tématických map. Výběr nových tematik byl veden snahou dále zlepšit koncepci atlasu a pokud možno odstranit některé anomálie z prvního vydání. V ČSVA bylo např. možno uvést geomorfologické mapy jen u evropského a amerického kontinentu. Ve VZA byla geomorfologická tematika doplněna i u Asie a Afriky. Tím bylo současně předurčeno, že i druhé tématické mapy na příslušných stranách musí mít tematickou náplň. Na obou kontinentech jsou velice rozmanité klimatické a vegetační oblasti,

jak o tom svědčí mapy PRŮMĚRNÉ ROČNÍ SRÁŽKY, KLIMATICKÉ OBLASTI, ROSTLINSTVO. Pro komplexnější posouzení fyzickogeografických podmínek životního prostředí je účelné znát i poměry hydrologické. Proto byla do VZA tato tematika zařazena ve formě map REŽIM ŘEK, které poskytují důležité informace zejména o oblastech, každoročně postihovaných ničivými záplavami.

2. Odlišnosti struktury VZA a ČSVA

Úpravami, rozvedenými v předcházející kapitole, byla vlastní mapová část atlasu zvětšena z původních 224 stran na 236 stran. Nedílnou součástí VZA se současně staly seznamy užitých zkratk a nejběžnějších druhových zeměpisných názvů, vlastní seznam názvů a rozvedení legendy k mapě ASIE-jazykové rozdělení.

Vzhledem k tomu, že přírůstek všeobecně zeměpisných a tematických map ve VZA byl relativně totožný, není většího rozdílu mezi ČSVA a VZA z hlediska vzájemného podílu map obou základních druhů.

Velmi malé jsou též rozdíly mezi VZA a ČSVA, posuzujeme-li vnitřní členění všeobecně zeměpisných map. Lze pouze konstatovat menší procentuální přírůstek počtu základních map ve VZA na úkor doplňkových map a plánů měst. V ploše map se tento přírůstek neprojevuje v důsledku určitého snížení celkového podílu všeobecně zeměpisných map ve VZA, vzhledem k mapám tematickým (tab. 1).

Mapy		Počet	%	Plocha dm ²	%
Základní	VZA	71	18,3	1138,3	58,2
	(ČSVA)	(66)	(17,4)	(1086,5)	(58,3)
Doplňkové	VZA	90	23,3	199,1	10,2
	(ČSVA)	(90)	(23,8)	(199,9)	(10,7)
Plány měst	VZA	115	29,7	60,1	3,1
	(ČSVA)	(114)	(30,2)	(59,3)	(3,2)
Tematické	VZA	111	28,7	558,2	28,5
	(ČSVA)	(108)	(28,6)	(517,6)	(27,8)
C e l k e m		387	100	1955,7	100
		(378)	(100)	(1863,3)	(100)

Tab. 1

Porovnáme-li celkovou plochu (v %) jednotlivých oddílů ve VZA s hodnotami platnými pro ČSVA, je patrné, že ve VZA došlo k určitému posílení oddílů AFRIKA, ASIE a ZEMĚ (tab. 2).

Oddíl	(ČSVA) %	VZA %
ZEMĚ	(5,3)	5,9
EVŘOPA	(46,9)	45,1
SSSR	(11,9)	11,4
ASIE	(14,9)	15,9
AFRIKA	(5,0)	6,6
AMERIKA	(12,6)	12,0
AUSTRÁLIE	(3,4)	3,1
Celkem	(100)	100

Tab. 2

Sled základních oddílů atlasu byl zachován. V zájmu zkvalitnění koncepce VZA však bylo přijato několik změn v pořadí mapových listů. V oddílu ZEMĚ byla mapa ZEMĚ-vzdálenosti předsunuta před všechny všeobecně zeměpisné i tematické mapy. Důvodem byla skutečnost, že poskytuje ucelený, přirozený a obsahově nenáročný pohled na zeměkouli jako celek.

K dalším změnám došlo v souboru tematických map střední Evropy. V souvislosti se zařazením nové mapy STŘEDNÍ EVROPA-hydrogeologie, hydrologie bylo možno sled map pozměnit tak, aby nejdříve byly uvedeny všechny tematické mapy a pak teprve mapy všeobecně zeměpisné. U ČSVA jsou tematické mapy střední Evropy prokládány všeobecně zeměpisnými mapami Československa, českých zemí a Slovenska. I když zvolené řešení v ČSVA nepůsobilo příliš rušivě, je nový sled map ve VZA vhodnější.

Prolínání všeobecně zeměpisných map s tematickými bylo v ČSVA užito ještě u oddílu AFRIKA. Zařazením dvou nových tematických map v tomto oddílu bylo možno i zde dosáhnout vhodnějšího přechodu od map tematických k všeobecně zeměpisným.

K menším změnám v pořadí došlo i u všeobecně zeměpisných map zobrazujících prostor Asie. Po zařazení nové mapy INDOČINA bylo možno sled map upravit tak, aby lépe odpovídal celkovému postupu mapových listů od západu k východu po vrstvách.

Beze změn zůstala ve VZA měřítková soustava map, která svou jednoduchostí a vhodnou posloupností patřila k nesporným přednostem ČSVA. Měřítko nově zařazených map byla volena v plném souladu s touto soustavou.

3. Základní redakční příprava nových map

3.1 Příprava nových všeobecně zeměpisných map

Projekční příprava nových všeobecně zeměpisných map byla podřízena těmito základními východiskům:

- nové mapy mají umožnit podrobnější studium oblastí současného nebo budoucího možného střetu různých třídních a mocenských zájmů. Jde tedy o mapy s komplexním a podrobným vyjádřením území (mapy typu "C");

- obsah nových map musí být v plném souladu s obsahem stávajících a aktualizovaných map menšího měřítka (rovněž typu "C") zobrazujících tentýž prostor;

- zároveň je nutno, aby nové mapy svým grafickým řešením i stupněm a charakterem generalizace organicky zapadly mezi ostatní mapy stejného typu a měřítka, na kterých jsou ve VZA zobrazena jiná území.

Všechny tyto skutečnosti měly vliv na specifiku jednotlivých fází projekční a redakční přípravy nových map. Redakční řízení přitom prolínalo celým cyklem tvorby map. Bylo charakterizováno úzkou spoluprací odborných redaktorů s technickou redakcí ve VKÚ. Základní etapy přípravy, zejména úpravy struktury atlasu posuzovala a schvalovala redakční rada VZA.

Součástí projekčních prací byla i příprava návrhu matematického zobrazení nových map a jejich výpočet. V souladu s jednotnou koncepcí zobrazení v ČSVA bylo pro nové mapy zvoleno pólové ekvidistantní kulečové zobrazení o dvou nezkreslených rovnoběžkách.

Odborně i časově nejnáročnější byla redakční příprava vlastního obsahového znázornění a generalizace jednotlivých prvků obsahu map. Vyžadovala podrobné studium geografických zvláštností zobrazovaných území. Současně bylo třeba konfrontovat zobrazení daných území na stávajících mapách menšího měřítka a na podkladových mapách, které pro tvorbu nových map přicházely v úvahu.

Jako základní podklady pro zpracování nových všeobecně zeměpisných map byly vybrány:

- mapy 1 : 2 500 000 a 1 : 5 000 000 druhého vydání ATLASU MIRA v anglické verzi (Moskva, 1967),
- příslušné listy MAPY SVĚTA (KARTA MIRA, WORLD MAP) měř. 1 : 2 500 000,
- mapy ČSVA většího nebo stejného měřítka, zobrazující daná území,
- aktualizované mapy ČSVA menšího měřítka (ke sjednocení obsahu).

Kromě toho bylo vyhledáno a vyhodnoceno velké množství doplňujících a pomocných materiálů (atlas, jednotlivé mapy, materiály Kartografické informační služby, CARTACTUAL, statistické ročenky, geografické publikace aj.). S přihlédnutím k charakteru území byl u každého podkladového materiálu určen způsob jeho využití.

Poznatky o typických zvláštnostech zobrazovaných území a způsobech jejich vyjádření v podkladových mapách byly začleněny do konkrétních pokynů pro tvorbu nových map.

K zobrazení reliéfu na mapách bylo v pokynech konkrétně a věcně upozorňováno na vhodný způsob znázornění geomorfologických zvláštností jednotlivých území.

Na mapě 164 VÝCHODNÍ STŘEDOMOŘÍ 1 : 3 000 000 šlo o tvary typické pro aridní geomorfologický cyklus (pouštní tvary, lávová pole, suchá koryta řek, příkopové propadliny, korálové útesy aj.).

Mapa 168 INDIE-severní část, PAKISTÁN-severní část 1 : 5 000 000 je typická pouští Thár, která se postupně posouvá do Indie a ve které byly v posledních letech vybudovány četné strategické komunikace jako důsledek napětí mezi Indií a Pákistánem. V severní části mapy se pokyny týkaly náročného zobrazení velehorských oblastí (skály, ledovce, náhorní planiny).

V mapě 177 INDOČÍNA 1 : 5 000 000 bylo zvláště upozorněno na zvláštní skalnaté kuželovité kopce a hřbety vypínající se prudce z roviny Rudé řeky, na četné korálové útesy v Jihočínském moři a na nutnost správného vystižení náhorních planin v Centrální vrchovině Laosu.

Obdobně byly podrobně rozvedeny zvláštnosti reliéfu na mapách 197 ZÁPADNÍ AFRIKA 1 : 5 000 000 a 198-199 VÝCHODNÍ AFRIKA 1 : 5 000 000. Šlo zde zejména o vystižení semiaridních území (přechodů stepí k pouštím), východoafrických příkopových propadlin a sopečných kuželů podél těchto zlomových linií, bezodtokových pánví, zvláštních typů pobřeží apod.

Společně s problematikou znázornění reliéfu na mapách bylo v pokynech řešeno i příslušné orografické názvosloví.

Obdobným způsobem byly zpracovány pokyny i pro vyjádření dalších prvků na mapách. Zvláště komplikovaná byla redakční rozhodnutí v otázce znázornění průběhu sporných hranic v některých oblastech.

Typický je např. prostor VÝCHODNÍHO STŘEDOMOŘÍ. Sovětské mapové prameny uvádějí důsledně hranice Izraele tak, jak vznikly rozhodnutím OSN v roce 1947 po rozdělení Palestiny. První vydání atlasu i všechny mapové materiály n. p. Kartografie zachycují hranici podle stavu do roku 1967 (jde v podstatě o linii příměří). Při posuzování tohoto problému došli odborní redaktoři k závěru, že mezi arabskými státy a Izraelem je vlastně pouze demarkační čára. Protože oficiální dokumenty OSN hovoří o nutnosti navrácení všech území okupovaných Izraelem, bylo rozhodnuto zobrazit ve VZA stav před rokem 1967.

Obdobně složité bylo rozhodnutí o zákresu hranic mezi Indií a Pákistánem a dále mezi ČLR a Indií, kde se indické a čínské nároky diametrálně liší. V ČSVA byly znázorněny hranice „ve prospěch Číny“. Protože se v uplynulých letech projevila šovinistická tendence maoistického vedení a jeho nároky na území sousedních států, byly ve VZA hranice vyjádřeny v souladu se skutečnou hranicí kontroly orgány Indické republiky.

Všechny redakční problémy spojené se zákresem státních hranic byly řešeny s přihlédnutím k třídním principům rozděleného světa. I přes toto úsilí se nepodařilo správně znázornit čáru dělicí Korejskou lidově demokratickou republiku od jižní části Koreje.

Na všech nových mapách bylo nutno zcela samostatně řešit i orientální názvosloví. K tomu byla navázána spolupráce s pracovníky Orientálního ústavu ČSAV v Praze.

Projekční příprava nové doplňkové mapy LUZON 1 : 5 000 000 probíhala souběžně s aktualizací základních všeobecně zeměpisných map a nebyly při ní větší problémy.

Určité redakční potíže se vyskytly při přípravě nového plánu města BRASÍLIA 1 : 250 000, kdy se přes usilovnou snahu nepodařilo získat podklad pro vrstevnicové znázornění reliéfu. Problém byl nouzově vyřešen převzetím vrstevnic z map menších měřítek.

3.2 Příprava nových tematických map

Redakční příprava nových tematických map byla založena na těsné spolupráci s autory odborného obsahu. Přitom tvůrčí podíl odborných redaktorů na koncepci i obsahu map byl značný. Redakční příprava proto splývala u většiny map s prací autorskou.

Jak bylo uvedeno v kapitole 1.2, je účelem nové mapy 22-23 ZEMĚ-hospodářství 1 : 60 000 000 podat celkový přehled produkce a rozvozu hlavních surovin a zemědělských produktů. V obsahu mapy byly sdruženy dvě relativně samostatné tematiky. První tematika znázorňuje barevnými areály převládající využití půdy. Malé měřítko mapy dovolilo znázornit jen velké a obrysově silně generalizované oblasti. Generalizace se týká i kvalitativních charakteristik jednotlivých způsobů využití půdy. I když jde o velmi zjednodušené pojetí dané problematiky, podává mapa zajímavé základní informace o způsobech a intenzitě využívání půdního fondu v různých částech Země. Redakčně náročné bylo i kartografické ztvárnění druhé tematické složky. Znázorňuje významná centra těžby železné rudy, černého uhlí, nafty a směry rozvozu těchto strategických surovin. Z mapy lze dále zjistit hlavní směry i relativní objemy přepravy vybraných potravin (maso, rýže, káva, kakao, čaj) a důležitých technických plodin (kaučuk, bavlna, vlna). Náhorně uspořádanými grafy se dobře podařilo vyjádřit míru soběstačnosti jednotlivých oblastí a jejich závislost na dovozu.

Dobře byly zpracovány autorské koncepty obou nových map na straně 28 ZEMĚ-obyvateľstvo (ROZ-

MÍSTĚNÍ PÍSEM 1 : 150 000 000, PREVENTIVNÍ OČKOVÁNÍ 1 : 150 000 000). Redakční řešení se zde týkalo zpřesnění grafického znázornění a úpravy legendy.

Koncepce nové mapy 49 STŘEDNÍ EVROPA-hydrogeologie, hydrologie 1 : 5 000 000 je výsledkem společného tvůrčího úsilí odborných redaktorů a autorů hydrologické i hydrogeologické tematiky. Složitým problémem bylo navržení a vyzkoušení nejvhodnějšího znázornění obou tematik na jedné mapě. Autoři obou tematik zpracovali své koncepty odděleně a nezávisle na druhé tematice. Po řadě experimentů byl zvolen areálový způsob znázornění režimu řek s barevným odlišením oblastí různé charakteristiky odtoků. Náročná byla i redakční úprava legendy hydrologie. Původní návrh autorů byl příliš široký, nevyrovnaný, vysvětlující texty byly příliš dlouhé, nejasné a často se překrývaly. Odborná redakční úprava spočívala v zevšeobecnění kvalitativních charakteristik, zjednodušení vnitřní struktury i vysvětlujících textů, volbě vhodné barevnosti. Pro znázornění hydrogeologické tematiky mapy (převládající typy zvodnění v horninách s různou propustností) byly zvoleny různé typy rastrů. Propustnost se odlišila jejich různou barevností. Tím se podařilo znázornit všechny možné varianty zvodnění v různých propustných horninách.

Z hlediska odborné redakce byla složitá i příprava nových map 153 ASIE-režim řek 1 : 60 000 000 a 189 AFRIKA-režim řek 1 : 50 000 000. Podkladová tematická mapa (převzatá z publikace FIZIKOGEOGRAFICKÝ ATLAS), ze které autoři vycházeli, měla poněkud jiný účel (převládaly vegetační aspekty). V autorských konceptech se projevil stejné nedostatky jako u tematiky hydrologické, tj. velký počet oblastí a podoblastí, nepřehlednost, dlouhé a překrývající se texty. Na překrytových místech Asie a Afriky měla stejná území různou legendu. To vše vyžadovalo odborné studium problematiky, celkové přepracování obsahu map i legend. Bylo nutné také sjednotit barevnost obdobných oblastí na všech třech nově zařazených mapách s hydrologickou tematikou. Součástí redakční přípravy byly i návrhy na doplnění hydrogramů vybraných toků. S tím souvisely problémy jejich znázornění a grafické úpravy.

Podstatně jednodušší byla redakční příprava nových map 153 ASIE-geomorfologie 1 : 60 000 000 a 189 AFRIKA-geomorfologie 1 : 50 000 000. Projevila se zde předcházející zkušenost autora mapy ze spolupráce na tvorbě geomorfologických map ČSVA. Zodpovědně bylo zpracováno i obsahové a formální sjednocení nových map se stávajícími geomorfologickými mapami střední Evropy, Evropy, Severní a Jižní Ameriky. Redakčně bylo třeba na těchto mapách dořešit navázání překrytových oblastí Asie a Afriky, sjednotit legendy stávajících a nových map a upřesnit barevnost.

4. Recenzní práce při aktualizaci dosavadních map

4.1 Recenze všeobecně zeměpisných map

Organizace, řízení a kontrola recenzí všeobecně zeměpisných map byly stěžejními činnostmi při přípravě VZA. Příprava, řízení a koordinace prací několika desítek recenzentů různých institucí celé ČSSR (celkem 68 vojenských i civilních odborníků) vyžadovala soustředěného úsilí a pracovního vypětí. K tomu přistupovala kontrola a zhodnocení recenzí po stránce obsahové, metodické i grafické a celá řada dalších odborných a organizačně technických úkolů.

Náročné byly zejména rozsáhlé úpravy a často celková přepracování došlých elaborátů v případech, kdy recenze neodpovídaly požadované kvalitě po stránce odborné nebo technické. Často nebyly při recenzi využity nejnovější podklady, recenzní nálezy se týkaly jen určitého prvku a ostatní byly pominuty nebo opraveny jen zcela nahodile. V mnohých případech byly recenze předepsány pouze textově a ne graficky na mapě. Nedostatkem byla i nízká grafická úroveň mnohých recenzí, takže bylo nutno opravy zcela překreslit. Úspěšné dořešení recenzí přitom vyžadovalo trvalý osobní styk odborných redaktorů s recenzenty.

Před vlastním započítáním prací bylo nutno vyřešit celkový systém a časový harmonogram recenzí, vyjasnit jejich obsah, rozsah i formu.

Z hlediska charakteru recenzních prací byly rozlišeny recenze základní, překrytové a nadstavbové.

Z á k l a d n í r e c e n z e byly organizovány důsledně podle územního principu. Všeobecně zeměpisné mapy byly rozděleny podle států (skupin států, kontinentů) a každý recenzent odpovídal za úplnou recenzi vymezeného území na základních mapách. Základními mapami byly všechny všeobecně zeměpisné mapy největšího měřítka, na kterých byl daný stát (skupina států, kontinent) uceleně zobrazen. Do této recenze spadaly rovněž příslušné doplňkové mapy významných oblastí a plány měst. Každý recenzent zodpovídal za přenesení nálezů z doplňkových map většího měřítka do základních map.

Před zadáním map recenzentům byl vymezen rozsah a obsah základních recenzí a byly zpracovány směrnice pro recenzi. Ve směrnících byly zakotveny podrobné a konkrétní zásady pro aktualizaci jednotlivých prvků obsahu map.

K problematice zobrazení reliéfu bylo přijato rozhodnutí ponechat průběh vrstevnic, barevnou hypso-metrii a stínování beze změny. Vycházelo se přitom z poznatku, že nepřesnosti a změny v průběhu vrstevnic jsou vzhledem k měřítkům map a informačnímu poslání atlasu nepodstatné.

Výškové kóty měly být opravovány pouze na mapách z území ČSSR tak, aby byly v souladu s mapami, vydanými v posledních letech civilní československou kartografií. U map ostatních států měly být výškové kóty opraveny jen v případě zcela evidentní chyby.

Břehová čára moří, jezer a vodních nádrží měla být oproti ČSVA měněna pouze ve zcela výjimečných případech v důsledku rozsáhlejších změn v přírodě (Ijselské moře).

V mořích se opravy týkaly jen prokazatelně nesprávných hloubkových kót, které nebyly v souladu s baty-metrií. Relativně větší množství oprav a doplňků se týkalo názvů a popisu mořského dna. Jako podklad zde byly využity zejména nové oceanografické materiály a seznamy vžitých názvů, které zpracovala Ná-zvoslovná komise v souladu s mezinárodním úsilím o standardizaci geografických názvů.

Recenzní nálezy u tekoucího vodstva měly být zaměřeny k doplnění nových přehrad, plavebních a zavod-ňovacích kanálů, k podchycení změn splavnosti toků. V několika případech byl změněn původně nesprávný charakter jezer (slané na sladké a naopak).

Opravy železničních tratí se měly týkat změn v klasifikaci tratí (hlavní a vedlejší), doplnění nových tras a vypuštění tratí zrušených. Doplněny měly být i tratě ve stavbě, jejichž dokončení bylo plánováno do roku 1975.

Obdobným způsobem měly být opravovány i silniční komunikace. Poměrně malý rozsah změn v klasifi-kaci silnic (hlavní a vedlejší) dokázal, že v tomto směru byla silniční síť zpracována již ve ČSVA velmi kvalitně.

Největší rozsah změn a recenzních oprav byl předpokládán u sídel. To se plně při recenzích potvrdilo a sídla se stala nejčastěji opravovaným prvkem obsahu map. Deset let od vydání ČSVA bylo poznamenáno především značným růstem počtu obyvatel ve městech. Ve stanoveném časovém termínu nebylo možno pro-věřovat všechna sídla. Proto byla ve směrnících přijata tato omezující opatření:

- vzhledem k důležitosti přesného zobrazení území ČSSR prověřit a opravit všechna sídla znázorněná na mapách 1 : 500 000 a na doplňkových mapách i plánech měst,
- na mapách 1 : 1 000 000 až 1 : 6 000 000 prověřit a opravit všechna sídla s počtem obyvatel 5000 a větším; z menších sídel jen ta, která leží na křižovatkách komunikací,
- na mapách 1 : 10 000 000 až 1 : 20 000 000 prověřit a případně opravit jen sídla s počtem obyvatel 10 000 a větším, z menších pouze sídla ležící na křižovatkách komunikací.

Názvy sídel v Asii a Africe byly nezávisle na geografické recenzí prověřovány po stránce jazykové od-borníky z Orientálního ústavu ČSAV.

Při recenzích měly být dále prověřovány všechny hranice, názvy státních celků a politicko-správních oblastí, hlavní města států a správních celků. Někteří recenzenti právě tento důležitý a politicky velmi citlivý obsahový prvek podcenili nebo nezískali vhodné podklady. Této problematice proto museli odbor-ní redaktoři věnovat značnou pozornost.

Směrnice pro recenzí předepisovaly rovněž doplnit nová letiště, přehodnotit klasifikaci přístavů, do-kreslit nové vojenské základny, naftovody atd.

Při odhadech rozsahu recenzních oprav u názvosloví bylo zřejmé, že počet změn neúměrně vzroste, budou-li změněny zásady tvorby názvosloví přijaté pro ČSVA. Bylo proto přijato důležité rozhodnutí ne-měnit zásady transkripce a transliterace, použité v prvním vydání atlasu. Opraveny měly být pouze gra-matické chyby a změny v názvech v důsledku přejmenování. Změny v orografických a územních názvech byly předpokládány jen v předem vymezených oblastech.

Tak např. na území ČSSR byly koncepčně přepracovány i orografické územní názvy tak, aby byly v sou-ladu s posledními závěry obou národních Ná-zvoslovných komisí a se změnami názvů na obnovovaných topografických mapách. Při recenzích byly opraveny i vžité české a slovenské názvy na všeobecně země-pisných přehledných mapách a ujednoceny s elaboráty Ná-zvoslovných komisí v rámci standardizace geo-graphického názvosloví.

Při celkovém hodnocení recenzí všeobecně zeměpisných map lze konstatovat, že organizace prací podle územního principu byla velmi účelná a přispěla ke zkvalitnění práce. Umožnila snazší kontrolu a hodno-cení zpracovaných elaborátů i jejich obsahové a formální sjednocení. Podstatné bylo, že recenzní práce byly zakončeny v relativně krátké době a doplněné mapy po redakčních úpravách mohly být předány do VKÚ v požadovaných lhůtách.

Mimořádně prospěšné bylo, že mapy největších měřítek z prostoru střední Evropy a Evropy byly svěřeny pracovníkům TS ČSLA. Výsledky jejich práce byly po obsahové stránce i grafické úrovni vysoce kvalitní.

Recenzenti mohli využívat nejnovější podklady včetně vojenských topografických a speciálních map a tím bylo dosaženo maximálně sjednocené aktualizace recenzovaných map i sjednocení jejich obsahu s obsahem map topografických. Z hlediska účelového studia prostoru válčičtě v zájmové oblasti byl tak výrazně posílen vojenskogeografický charakter VZA.

Recenze ostatních oblastí zpracovali převážně odborníci civilního sektoru. Po odborné stránce byly jejich práce vcelku na úrovni. Technická a grafická kvalita recenzí dosti kolísala. Z hlediska odborné redakce bylo nutno tyto recenze dále upřesňovat, doplňovat a často celkově graficky i obsahově přepracovat.

Po prověření a případném přepracování recenzí byly příslušné mapy a podklady předávány do VKÚ k dalšímu zpracování.

Překrytové recenze organizoval a řídil hlavní redaktor VKÚ a podíleli se na nich vybraní pracovníci VKÚ. Překrytové recenze spočívaly v přenosu změn a oprav vyznačených při základní recenzi v rámci jednoho státu (skupin států, kontinentu) na celou plochu daného mapového listu. Znamenaly vlastně kompletizaci celé mapy a sehrály i důležitou funkci koordinační při sjednocení a navázání oprav mezi jednotlivými státy nebo oblastmi. I tato etapa technické redakce byla odborně náročná.

Nadstavbové recenze tvořily třetí skupinu recenzních prací. Byly při nich přenášeny změny ze základních recenzovaných map do přehledných map menších měřítek s příslušným stupněm generalizace. Byly organizovány rovněž přímo ve VKÚ. K problematice překrytových a nadstavbových recenzí byly organizovány pravidelné pracovní porady odborných a technických redaktorů.

Ke geografickým recenzím patřily i opravy geografického obsahu tematických map. Tyto práce v rámci nadstavbových recenzí zajišťoval též VKÚ.

4.2 Recenze tematických map

Recenze tematických map byly vesměs svěřeny jejich původním autorům z prvního vydání atlasu. Přitom všichni recenzenti plně respektovali výchozí požadavek redakční rady, neměnit původní koncepci tematických map.

Změny a úpravy v tematickém obsahu vycházely z nových poznatků příslušných vědních oborů. U map s fyzikogeografickou tematikou šlo zejména o upřesnění hranic areálu a aktualizaci legend. Největší rozsah úprav byl na mapách průmyslu a zemědělství. U těchto map byla recenzní činnost organizována také podle územního principu. Změny v rozložení zemědělských oblastí byly pouze ojedinělé. Podstatně byly přepracovány pouze areály zemědělské výroby v SSSR a musely být opraveny i v překrytových oblastech na mapách Evropy a Asie.

Poměrně velké množství změn se týkalo průmyslové výroby a těžby surovin. Dostí oprav bylo i v zákrese energetických zdrojů, kde se projevila tendence soustředování výroby energie do velkých zařízení. Nově byly ve značkovém klíči rozlišeny elektrárny atomové. Účel ekonomických map rovněž vyžadoval doplnit nové dálnice, železnice, naftovody. U většiny přístavů bylo nutno zvětšit vyznačení jejich současné kapacity.

Recenze politických map těsně souvisely s úpravami geografických podkladů. Podobně jako u všeobecně zeměpisných map bylo třeba postihnout nové nezávislé státy (změny barevnosti, oficiální názvy států, hlavní města). Podstatné byly změny názvů u mnohých sídel a některých dalších zeměpisných objektů. Práce byly často ztěžovány tím, že často nebyly k dispozici všechny recenze všeobecně zeměpisných map z daného prostoru. Podstatné bylo i to, že v době recenzí nebyly ještě zcela dořešeny v Názvoslovné komisi vžité české názvy a v odborné literatuře se vyskytovala různá znění (např. Zaire, Zair apod.).

Celkově lze výsledky recenzí tematických map hodnotit velmi pozitivně. Aktualizace tematických map přispěla k vyšší informační a odborné úrovni atlasu.

5. Základní redakční příprava slovenské verze atlasu

V průběhu prací na VZA rozhodla redakční rada, že se zřetelem k významu atlasu pro příslušníky ČSLA bude kromě dosavadní české verze zpracována i verze slovenská. Obě verze měly být z hlediska celkové koncepce, rozsahu i obsahu map totožné.

Pro práci na slovenské verzi atlasu bylo rozhodující, že neměla být měněna základní koncepce názvosloví na mapách. To znamenalo, že všechny původní geografické názvy nebudou úpravou postiženy.

V první etapě redakčních prací bylo uskutečněno rozsáhlé kartometrické šetření na atlasových mapách k určení předpokládaného rozsahu změn českých názvů na slovenské. Tato šetření sloužila ke stanovení optimální technologie celé práce. Vyplývalo z nich, že ve VZA je asi 20 000 českých názvů, z nichž se 42 %

při slovenské mutaci změnil. Navíc bylo nutné počítat s překlady textů legend, vysvětlivek, titulních stran a s úplným přepracováním všech částí rejstříku (v důsledku jiného řazení písmen české a slovenské abecedy).

Souběžně byly navázány odborné kontakty se slovenskými jazykovými odborníky, kterým pak byly zadány všeobecně zeměpisné a tematické mapy k předběžné jazykové úpravě. Po vyhodnocení těchto zkoušek a upřesnění rozdílných názorů byly zpracovány směrnice pro jazykovou recenzi slovenské verze VZA, podle nichž probíhaly všechny další práce. V jejich průběhu bylo nutno řešit průběžně některé specifické problémy v důsledku odlišnosti platných přepisů z ruštiny do češtiny a slovenštiny, diferencí v seznamech vžitých českých a slovenských názvů schválených národními Názvoslovnými komisemi apod.

Vydání VZA v české i slovenské úpravě je politicky velmi prospěšné a dále zvýšilo užitnou hodnotu atlasu.

Z á v ě r

Řešení úkolu přineslo cenné poznatky v oblasti organizace prací i vlastního zpracování druhého vydání komplexního zeměpisného atlasu.

Vcelku se ukázalo, že použitý systém organizace redakčních, autorských i recenzních prací se osvědčil a významně přispěl ke skutečnosti, že druhé vydání atlasu bylo možno zpracovat za 3 roky.

Současně se znovu potvrdilo (obdobně jako při tvorbě ČSVA), jak důležitý je správný výběr autorů a recenzentů map. Významně mohou přispět jen ti specialisté, kteří si uvědomují hranice možností kartografické interpretace a kteří již mají určité zkušenosti se zpracováním map. Není-li tento předpoklad splněn, rozrůstá se nutnost dodatečných úprav autorských nebo recenzních předloh nad únosnou míru. Podíl redaktorů na zpracování takových map pak daleko převyšuje podíl autorů nebo recenzentů. Z tohoto hlediska lze konstatovat, že se vcelku podařilo vytvořit dělný a schopný kolektiv autorů a recenzentů. Všichni patřili k našim nejpřednějším specialistům ve svém oboru a většina z nich již spolupracovala na vydání ČSVA.

Přes uvedenou skutečnost bylo nutno se strany odborné redakce vyvinout značné úsilí při dokončování autorských nebo recenzních předloh tak, aby byly jednotné i schopné kartografického zpracování a aby neobsahovaly závažné chyby. Řada předloh musela být zcela nově graficky zpracována.

Velmi se osvědčil výběr některých recenzentů z řad specialistů TS ČSLA. Jejich práce měla vesměs vysokou profesionální úroveň. Ukázalo se, že v armádě je dostatek odborně zdatných pracovníků, schopných recenzovat všeobecně zeměpisné mapy. Poněkud jiná situace je u map tematických, kde spolupráce specialistů v příslušných vědních odvětvích bude i nadále nezbytná.

Mezi významné klady spolupráce nesporně patřil i otevřený a soudružský vztah mezi odbornými redaktory a všemi autory i recenzenty. To nesporně přispělo k dalšímu upevnění odborné autority TS ČSLA u civilních pracovníků oborů geografie a kartografie.

Pro realizaci odborných řešení měl mimořádný význam trvalý a soudružský styk odborných redaktorů s technickými redaktory VKÚ a VZÚ. Tato spolupráce, vzniklá již při vydání ČSVA, se v průběhu tvorby VZA dále rozvinula a měla optimální charakter spojení teorie s praxí. Byla jedním z rozhodujících faktorů úspěšného dokončení VZA.

Ke splnění úkolu rovněž významně přispěl i velmi plodný styk odborných redaktorů s odborným zástupcem předsedy redakční rady. Byl vždy charakterizován snahou věcného řešení problémů v rámci daných časových a kapacitních možností. Účinnost tohoto styku byla značná v důsledku dokonalé znalosti řešené problematiky u všech pracovníků.

V průběhu řešení úkolu byla odbornými redaktory zpracována řada dokumentů, obsahujících předběžné návrhy nebo definitivní směrnice či pokyny pro zpracování atlasu. Návrhy řešení byly projednávány na zasedáních redakční rady. Tato zasedání měla charakter dílčích oponentních řízení a jejich průběh měl vždy vysokou odbornou úroveň. Podařilo se zde postupně dořešit všechny problémy a vybrat nejvhodnější řešení z několika předložených variant.

V průběhu práce se vyskytlo nemálo problémů koncepčního, organizačního i věcného charakteru. Mnohé problémy bylo možno vyřešit jen s krajním vypětím sil všech pracovníků, zúčastněných na tvorbě atlasu. Je možno proto s uspokojením konstatovat, že se podařilo splnit zadaný úkol včas a kvalitně. Lze právem předpokládat, že VZA svou koncepcí, odborným obsahem i vysokou grafickou úrovní významně přispěje ke zvýšení znalostí příslušníků ČSLA v oblasti vojenské geografie.

Lokalizace zdrojů seismických vln

Seismické vlny jsou generovány přirozenými i umělými zdroji a s velmi malými ztrátami se šíří Zemí rychlostmi od 5 do 11 km.s⁻¹. Například podzemní dobře utěsněná jaderná exploze o ekvivalentu 20 kt TNT generuje seismické vlny, které lze zaznamenat vhodnými přístroji a při vhodných geologických podmínkách v místě pozorování prakticky po celé Zemi.

Článek se zabývá problematikou výpočtu souřadnic zdroje zaznamenaných seismických vln a času jejich vzniku. Obsahuje odvození algoritmu pro lokalizaci vzdálených zdrojů seismických vln sítí blízkých seismických stanic a ukázky výsledků výpočtů provedených podle zjednodušené varianty algoritmu na počítači.

1. Úvod

Jednou ze základních úloh seismologie je výpočet souřadnic zdroje seismických vln a času jejich vzniku.

Jedna z prvních metod výpočtu azimutu spojnice místa pozorování a zdroje byla založena na znalosti směrů a velikostí prvních amplitud skutečného pohybu půdy. Tyto údaje se zjišťovaly ze záznamů velmi intenzivních seismických vln s ostrým nasazením a získávaných na jediné stanici vertikálním a dvěma horizontálními seismometry zpravidla orientovanými do směrů východ-západ (EW) a sever-jih (NS). Epicentrální vzdálenost se na stanici počítala ze znalosti času příchodu zaznamenaných, správně interpretovaných dalších vlnových skupin generovaných stejným zdrojem. Podmínkou použitelnosti je širokopásmový záznam všech tří složek pohybu půdy s dostatečnou efektivní citlivostí, která je především dána úrovní seismického neklidu v místě pozorování. Přesnost výsledku závisí na použité rychlosti registrace, její časové stabilitě a na znalosti zvětšení, se kterým byly všechny tři složky zaznamenány.

I když lokalizace seismických zdrojů patří k nejstarším problémům seismologie, není dosud uzavřena. Je dále zdokonalována nejen zpřesňováním parametrů charakterizujících šíření vln Zemí, ale vznikají a jsou dále rozvíjeny nové metody lokalizace seismických zdrojů. Dnes se již lokalizace neprovádí na jednotlivých stanicích, ale v mezinárodních vyhodnocovacích centrech. Z jednotlivých stanic jsou dálkopisně dvakrát týdně odesílány výsledky pozorování do světových center v Newbery (Anglie), Strasbourgu (Francie), Boulderu (USA) a v Moskvě, kde se údaje zpracují na počítači. K tomu mají centra k dispozici podklady jak z blízkých tak vzdálených stanic a různě azimutálně rozložených vzhledem ke zdroji. Rovněž mají údaje ze záznamů prostorových i povrchových vln všech zdrojů generovaných fází. Je zřejmé, že tímto způsobem získáme výsledky s největší možnou přesností. Výsledky lokalizace jsou pak rozesílány na jednotlivé stanice sítě ve formě předběžných a měsíčních bulletinů, ovšem s několikaměsíčním zpožděním. Nevýhodou je mimo velké časové zpoždění z hlediska jednotlivých účastníků sítě i závislost na zahraničních centrech.

2. Lokalizace sítí stanic obklopujících zdroj seismických vln

Na zjednodušeném případě si objasníme princip metody lokalizace seismických zdrojů rozsáhlou sítí stanic, které zdroj obklopují.

Předpokládejme, že se Zemí šíří například *P* vlna, že známe její časy příchodu na 10 stanic, přibližnou polohu ohniska *E* a přibližný čas vzniku vlny, viz obr. 1. Chceme zpřesnit polohu ohniska a čas vzniku vlny. Budeme postupovat následujícím způsobem:

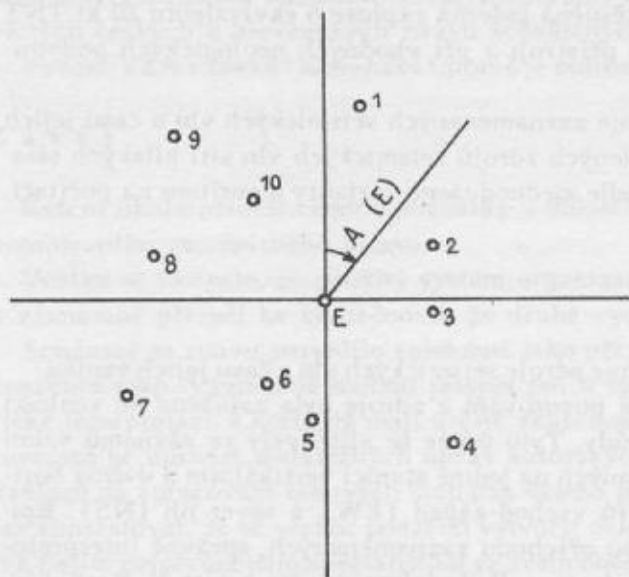
a) Ze souřadnic přibližného ohniska *E* a stanic vypočteme pro každou stanici epicentrální vzdálenost Δ , což je úhlová vzdálenost epicentra od seismické stanice.

b) Pro každou stanici vypočteme z času příchodu *P* vlny a z přibližného času vzniku vlny pomocí hodochrony odpovídající epicentrální vzdálenosti E_0 . Hodochrona vyjadřuje závislost mezi epicentrální vzdáleností a časem, který vlna potřebuje k jejímu překonání.

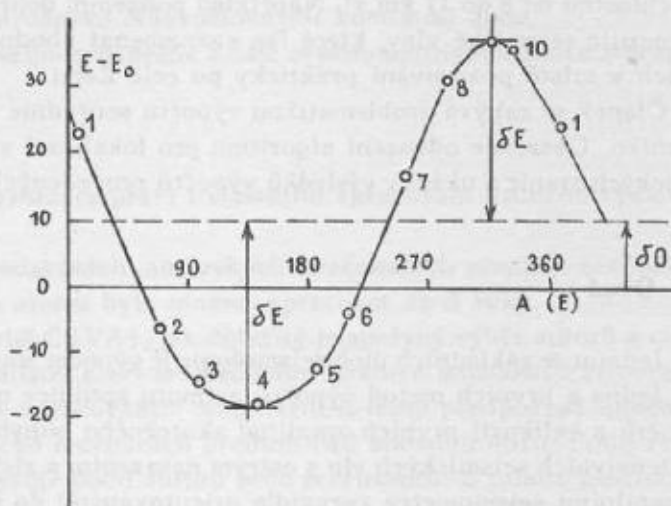
c) Vyneseme graf závislosti diference $E - E_0$ na azimutu $A(E)$ měřeném z bodu *E* na každou stanici, viz obr. 2. Protože epicentrum *E* je přibližné, dostaneme charakteristický sinusový průběh. Až dosáhneme správného řešení, tato azimutální variace vymizí, čili $\delta E = 0$.

d) Opravíme čas vzniku vlny tak, že přibližný zmenšíme o hodnotu $\delta \theta$ odpovídající odchylce skutečné nulové polohy sinusovky od původní nulové polohy, viz obr. 2.

e) Posuneme polohu epicentra E o vzdálenost odpovídající amplitudě δE ve směru, který přísluší kladnému maximum sinusovky. V našem případě vystiženém na obr. 2 to je ve směru $A(E) = 315^\circ$. Celý postup opakujeme tak dlouho, dokud difference $E-E_0$ nejsou dostatečně malé a dokud nevymizí azimutální variace δE . V praxi je rozdíl $E-E_0$ malý ve srovnání se vzdálenostmi ke stanicím, proto je rozdílová křivka téměř přesně sinusovkou.



Obr. 1. Poloha stanic vzhledem k ohnisku E



Obr. 2. Graf závislosti $E-E_0$ na azimutu

K výpočtům podle této metody se používá počítač. Jako předběžnou polohu ohniska buď bereme údaj z nejbližší stanice u ohniska, nebo vycházíme ve všech případech ze stejného místa na Zemi, např. o souřadnicích $\varphi = 0^\circ$, $\lambda = 0^\circ$. Postupné zpřesňování probíhá velmi rychle.

Další metoda lokalizace pomocí počítače je založena na řešení soustavy nelineárních rovnic s neznámými φ_0 , λ_0 , h , t_0 :

$$t_{qi} - t_0 - T(\varphi_0, \lambda_0, h, \varphi_i, \lambda_i) = 0, \quad i = 1, \dots, N.$$

Zde φ_0 , λ_0 , h jsou elipsoidické souřadnice a hloubka ohniska,

t_0 je světový čas vzniku seismické vlny,

φ_i , λ_i jsou elipsoidické souřadnice i -té stanice, kterých je N ,

t_{qi} je skutečný světový čas příchodu q -té seismické vlny (fáze) na i -tou stanici. Odečítá se ze seismogramu,

T je čas, který potřebuje q -tá seismická vlna (fáze), aby dorazila z ohniska na i -tou stanici.

Funkční závislost $T = T(\Delta, h)$ (hodochrona) je pro průměrnou Zemi tabelována.

Soustava bývá řešena Gauss-Newtonovou iterační metodou. Aby řešení soustavy konvergovalo, musí stanice opět obklopovat ohnisko a to pokud možno v přibližně stejných epicentrálních vzdálenostech. Dále je třeba, aby ohnisko, ze kterého vychází iterační proces, nebylo příliš vzdálené od skutečného.

Mimo numerické metody lokalizace, z nichž některé zde byly naznačeny, existují ještě metody grafické, které sice nevyžadují použití počítače, ale jsou podstatně méně přesné. Přípravu podkladů pro jejich rychlé použití je třeba provést předem na počítači.

3. Lokalizace seismických zdrojů erejí

V souvislosti s požadavkem okamžitého zjišťování podzemních jaderných explozí seismickými metodami byly na některých územích vybudovány tak zvané ereje. Na ploše až několika desítek tisíc km^2 jsou v několika stovkách vrtů hlubokých kolem 100 m uloženy speciální širokopásmové tříslůžkové snímače, jejichž nulová poloha se dá zjišťovat a nastavovat na dálku, což platí i o jejich kalibraci. Údaje ze všech snímačů jsou v reálném čase přenášeny do vyhodnocovacího pracoviště na magnetický záznam. Pomocí

číslicového počítače se automaticky provádí vyhledávání užitečného signálu z neklidu (detekce), užitečný signál se analogově zpracovává a zaznamenává na registračním zařízení. Tento záznam je k dispozici v reálném čase. Provádí se jeho digitalizace a aplikuje se celý komplex procedur na zpracování údajů ze všech snímačů s cílem lokalizovat zdroj všech typů zaznamenaných fází a zjistit, zda je umělého nebo přirozeného původu (identifikace zdroje). Počítají se parametry charakterizující zdroj, jako např. časová a prostorová funkce, které souvisí s průběhem uvolnění seismické energie.

Podle času příchodu stejné fáze na jednotlivé snímače je počítán azimut spojnice střed ereje-epicentrum. Erej přímo měří velikost derivace hodochrony $dT/d\Delta$. Ze znalosti této veličiny a časů příchodu téže fáze na jednotlivé snímače se počítá i epicentrální vzdálenost. Erej pracuje zcela automaticky. Nevýhodou jsou velké finanční náklady na její vybudování i provoz a snadná zranitelnost v případě válečného konfliktu. V poslední době se objevují v odborné literatuře zprávy, že vědecké výsledky získávané ereji neodpovídají vynaloženým finančním, technickým a kádrovým prostředkům, jejichž použití v klasické seismologii a seismometrii by mělo větší přínos. Je třeba připomenout, že ereje jsou vlastně jednoúčelové národní prostředky imperialistických států ke sledování aktivity jaderných mocností ve zdokonalování těchto prostředků.

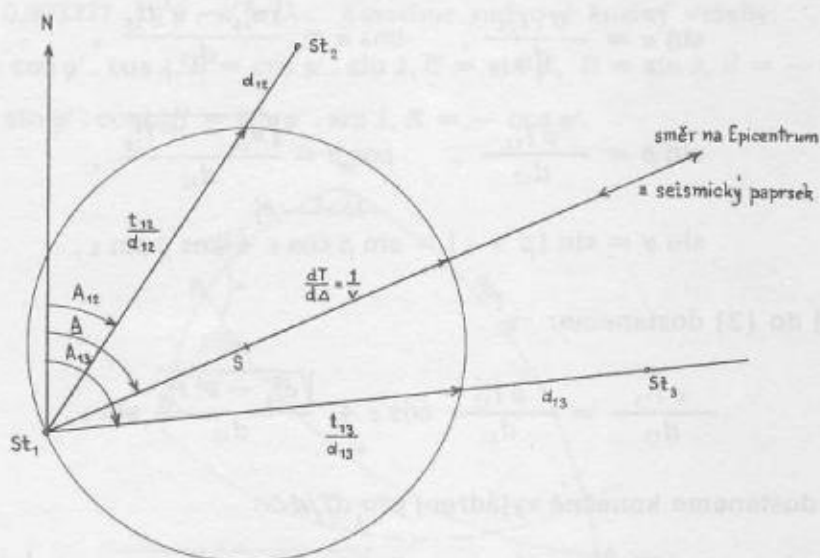
V podmínkách střední Evropy se jeví jako nejvhodnější síť stanic vzdálených od sebe až několik set kilometrů s dálkopisným spojením na vyhodnocovací pracoviště vybavené počítačem. K lokalizaci přitom využívat především časy příchodu stejných fází na jednotlivé stanice sítě, které však vzdálený zdroj nebudou obklopotvat a budou se nacházet od něho jen ve velmi malém intervalu epicentrálních vzdáleností a tudíž nebudou zaznamenávat všechny fáze generované zdrojem. Pro tento speciální případ, kdy se nejedná ani o velkou síť obklopující zdroj, ani o erej, se jeví jako nejvhodnější následující metoda lokalizace.

4. Lokalizace seismických zdrojů sítí blízkých stanic

Algoritmus na lokalizaci zdrojů silných seismických vln sítí stanic, vzdálených od sebe maximálně několik set kilometrů a od zdroje vzdálených alespoň 10^0 , je založen na znalosti časů příchodů stejné seismické vlny (fáze) alespoň na tři stanice sítě. Nejpřesnější výsledek dostaneme pro epicentrální vzdálenosti od 10^0 do 100^0 , kdy k výpočtu užíváme časy příchodu P, nebo PP vln. Pro epicentrální vzdálenosti od 100^0 do 180^0 dostáváme výsledky s menší přesností, což souvisí s vlastnostmi PKP vln, které jsou pro tyto vzdálenosti nejintenzivnější a jejichž časy příchodu na stanice budeme užívat k lokalizaci těchto velmi vzdálených zdrojů.

a) Označení a předpoklady:

Z časů příchodu stejné fáze na tři stanice sítě a z geometrie sférického trojúhelníka tvořeného stanicemi vypočteme azimut spojnice těžiště trojúhelníka-ohnisko a převrácenou hodnotu zdánlivé rychlosti šíření užité fáze $dT/d\Delta$ po povrchu Země. Epicentrální vzdálenosti Δ jsou měřeny v úhlové míře se šedesátiným dělením. Protože hodochrona vyjadřuje funkční závislost $T = T(\Delta)$, je $dT/d\Delta$ její derivací. Rozměr je sekunda na stupeň.

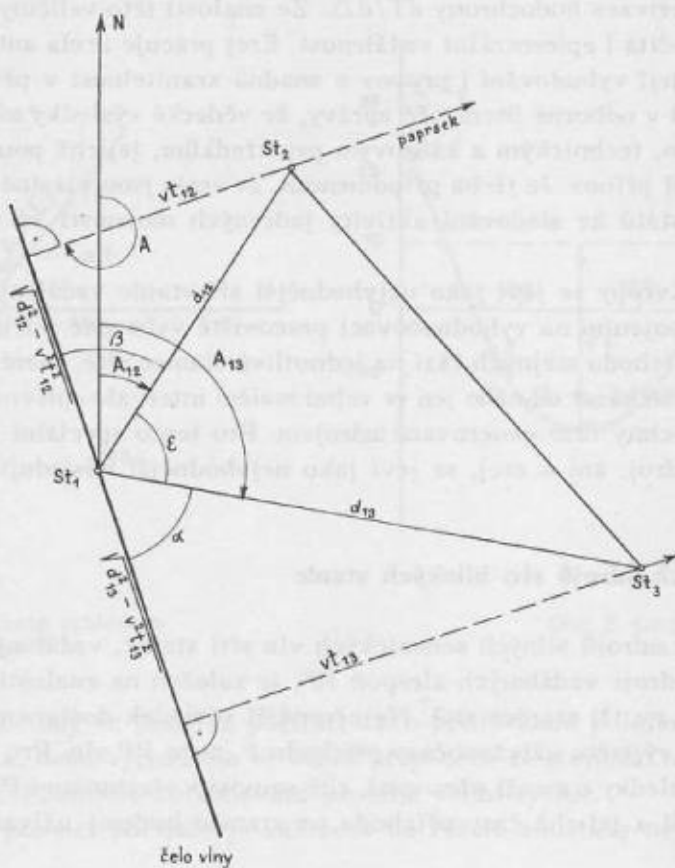


Obr. 3. Grafické řešení lokalizace vzdáleného zdroje sítí blízkých stanic

Z obr. 3 je patrný význam veličin $A_{12}, A_{13}, A, d_{12}, d_{13}$. Zaveďme $t_{12} = t_1 - t_2, t_{13} = t_1 - t_3$, kde t_1, t_2, t_3 jsou časy příchodu stejné fáze na stanice číslo 1, 2, 3. Přiřazení čísel stanic je takové, aby vždy pro lokalizovaný zdroj platilo $t_1 > t_2 > t_3$. Definujeme $x = t_{12}/t_{13}, y = d_{13}/d_{12}, z = x \cdot y$.

Dostatečně daleko od zdroje můžeme vlnu považovat za rovinnou. Hodochronu budeme v našem trojúhelníku považovat za lineární.

b) Náznak odvození analytických výrazů pro $dT/d\Delta$ a pro $\text{tg } A$:



Obr. 4. Příchod rovinné vlny na tři blízké seismické stanice

Podle obr. 4 je $\varepsilon = A_{13} - A_{12}$, $\alpha + \beta + \varepsilon = \pi$,

$$\sin \alpha = \frac{v \cdot t_{13}}{d_{13}}, \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{d_{13}^2 - v^2 t_{13}^2}}{d_{13}}, \quad (1)$$

$$\sin \beta = \frac{v \cdot t_{12}}{d_{12}}, \quad \cos \beta = \frac{\sqrt{d_{12}^2 - v^2 t_{12}^2}}{d_{12}}, \quad (2)$$

$$\sin \alpha = \sin (\beta + \varepsilon) = \sin \beta \cos \varepsilon + \cos \beta \sin \varepsilon. \quad (3)$$

Po dosazení (1), (2) do (3) dostaneme:

$$\frac{v t_{13}}{d_{13}} = \frac{v t_{12}}{d_{12}} \cos \varepsilon + \frac{\sqrt{d_{12}^2 - v^2 t_{12}^2}}{d_{12}} \sin \varepsilon.$$

Odtud po úpravách dostaneme konečné vyjádření pro $dT/d\Delta$:

$$\frac{dT}{d\Delta} = \frac{1}{v} = \frac{t_{13} \sqrt{1 + z^2 - 2z \cos \varepsilon}}{d_{13} \sin \varepsilon}. \quad (4)$$

Uvážíme-li, že $A = 3/2 \pi + A_{12} - \beta$,

$$\operatorname{tg} A = -\operatorname{cotg} (A_{12} - \beta) = \frac{\cos A_{12} + \sin A_{12} \operatorname{tg} \beta}{\cos A_{12} \operatorname{tg} \beta - \sin A_{12}} \quad (5)$$

a že podle obr. 4 je

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v t_{12}}{\sqrt{d_{12}^2 - v^2 t_{12}^2}} = \frac{z \sin \varepsilon}{1 - z \cos \varepsilon}, \quad (6)$$

dostaneme po dosazení (6) do (5) a úpravách konečný výraz pro výpočet azimutu A :

$$\operatorname{tg} A = \frac{z \cos A_{13} - \cos A_{12}}{\sin A_{12} - z \sin A_{13}}. \quad (7)$$

c) Grafické řešení

Z obr. 3 je rovněž patrné grafické řešení problému. Ve směru spojnice stanice 1 a 2 vyneseme vektor s počátkem ve stanici 1 a o velikosti úměrné ve zvoleném měřítku poměru t_{12}/d_{12} . Ve směru spojnice stanice 1 a 3 vyneseme vektor s počátečním bodem ve stanici 1 a o velikosti úměrné ve zvoleném měřítku poměru t_{13}/d_{13} . Trojúhelníku vytvořenému stanicí 1 a koncovými body obou vektorů opišeme kružnici. Potom azimut A spojnice stanice 1-střed opsané kružnice S je totožný s azimutem spojnice stanice 1-epicentrum a velikost průměru opsané kružnice je ve zvoleném měřítku úměrná $dT/d\Delta$. Známe-li velikost převrácené hodnoty zdánlivé fázové rychlosti $dT/d\Delta$ šíření seismické vlny po povrchu Země, můžeme podle Jeffreys-Bullenových nebo Herrinových tabelovaných hodochron, které obsahují i vyjádření závislosti $dT/d\Delta$ na Δ , zpětně najít k vypočtené hodnotě $dT/d\Delta$ odpovídající epicentrální vzdálenost Δ .

Vzhledem k tomu, že vypočtená hodnota $dT/d\Delta$ odpovídá středu trojúhelníka tvořeného stanicemi, je výpočet epicentrální vzdálenosti vztažen rovněž k jeho středu. Pro trojúhelníky s delšími stranami se provede zpřesnění epicentrálních vzdáleností pro všechny stanice sítě v další etapě odlišnou metodou.

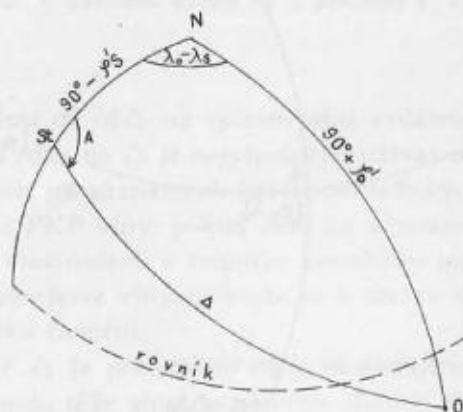
d) Hloubka ohniska

Jestliže ze záznamu alespoň jedné stanice známe časový rozdíl v příchodu pP a P vlny, vypočteme z něho hloubku ohniska h . V případě, že nemůžeme hloubku ohniska vypočítat, bereme při prvním výpočtu epicentrální vzdálenosti z tabulek hodnoty $dT/d\Delta$ pro povrchové ohnisko.

e) Výpočet elipsoidických souřadnic ohniska

Z předchozích výpočtů známe azimut A spojnice střed trojúhelníka-ohnisko a vzdálenost Δ ohniska od tohoto středu. Za střed sférického trojúhelníka tvořeného stanicemi 1, 2, 3 považujeme buď jeho těžiště, nebo střed opsané kružnice, nebo bod o souřadnicích rovných průměru ze souřadnic vrcholů. Jeho elipsoidické souřadnice označme φ_s, λ_s . Chceme spočítat elipsoidické souřadnice ohniska φ_o, λ_o . Od elipsoidických souřadnic φ, λ přejdeme centrálním průmětem elipsoidu na kouli ke sférickým souřadnicím φ', λ' transformací $\operatorname{tg} \varphi' = 0,993277 \cdot \operatorname{tg} \varphi, \lambda' = \lambda$. Zaveďme směrové kosíny vztahy:

$$\begin{aligned} A &= \cos \varphi' \cdot \cos \lambda, B = \cos \varphi' \cdot \sin \lambda, C = \sin \varphi', D = \sin \lambda, E = -\cos \lambda, \\ G &= \sin \varphi' \cdot \cos \lambda, H = \sin \varphi' \cdot \sin \lambda, K = -\cos \varphi'. \end{aligned} \quad (8)$$



Obr. 5. Sférický trojúhelník k výpočtu souřadnic ohniska

Ze sférického trojúhelníka tvořeného stanicí St o souřadnicích φ'_s, λ'_s , epicentrem O o souřadnicích φ'_o, λ'_o a severním pólem N , viz obr. 5, dostaneme užitím sinové a kosinové věty následující soustavu tří lineárních rovnic pro neznámé A_0, B_0, C_0 :

$$\begin{aligned} A_s \cdot A_0 + B_s \cdot B_0 + C_s \cdot C_0 &= \cos \Delta \\ D_s \cdot A_0 + E_s \cdot B_0 + O \cdot C_0 &= -\sin A \cdot \sin \Delta \\ G_s \cdot A_0 + H_s \cdot B_0 + K_s \cdot C_0 &= -\cos A \cdot \sin \Delta \end{aligned} \quad (9)$$

Po dosazení vypočtených hodnot A_0, B_0, C_0 do prvních tří goniometrických rovnic v (8) a po jejich vyřešení dostáváme φ'_o, λ'_o . Od sférických souřadnic přejdeme opět k elipsoidickým.

f) Definice parametru δ a času vzniku jevu t_0 :

Pro všechny stanice sítě vypočteme ze znalosti souřadnic ohniska a stanic epicentrální vzdálenosti $\Delta_1, \dots, \Delta_N$. Z Jeffreys-Bullenových tabelovaných hodochron vyhledáme časy T_1, \dots, T_N potřebné k překonání vypočtených epicentrálních vzdáleností z ohniska na jednotlivé stanice sítě použitou fází seismických vln. Zavedme $T_{ij} = T_i - T_j$, $t_{ij} = t_i - t_j$. Odtud je patrné, že $T_{ij} = -T_{ji}$, $T_{ii} = 0$. Totéž platí i pro t_{ij} . Definujeme standardní odchylku δ vztahem:

$$\delta = \left[\frac{1}{N(N-1)} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N [T_{ij} - t_{ij}]^2 \right]^{1/2} = \left[\frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N [T_{ij} - t_{ij}]^2 \right]^{1/2} \quad (10)$$

Celý postup zopakujeme pro všechny možné různé trojúhelníky tvořené stanicemi sítě, ze kterých máme potřebné údaje. Jako výsledek řešení bereme ten případ, kde je δ ze všech hodnot nejmenší. Souřadnice ohniska vypočtené z trojúhelníka s nejmenší hodnotou δ bereme jako první aproximaci ohniska, která bude dále zpřesněna jinou metodou.

Čas vzniku vlny t_0 vypočteme ze vzorce $t_0 = \sum_{i=1}^N [t_i - T_i^*] / N$, kde T_i^* jsou časy T_i příslušné minimální hodnotě δ .

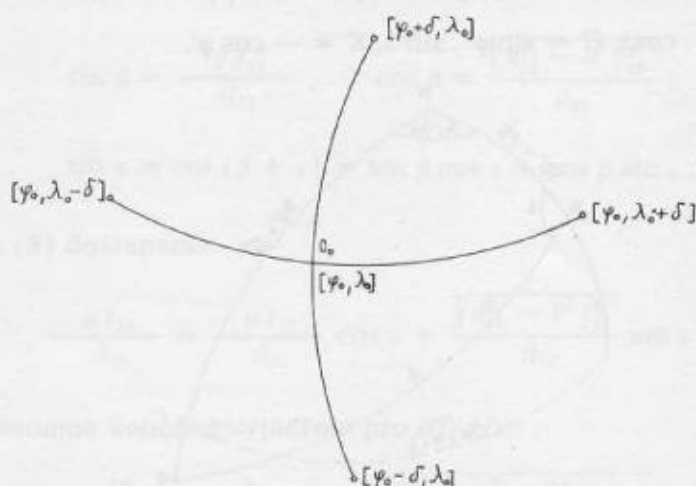
Zkoušeli jsme i jiné způsoby definice δ , například pro

$$\delta = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N [t_{oi} - t_o]^2 \right]^{1/2}, \text{ kde } t_{oi} = t_i - T_i \text{ a } t_o = \sum_{i=1}^N t_{oi} / N \quad (11)$$

jsme zjistili, že i když máme nesprávnou hodnotu souřadnic ohniska, můžeme dostat malou hodnotu δ , protože chyba souřadnic je kompenzována chybnou hodnotou t_o . Minimální hodnota takto definovaného δ neodpovídá nejlepší hodnotě φ_o, λ_o . Naopak nejlepší hodnotě $\varphi_o, \lambda_o, t_o$ odpovídají malé hodnoty δ . Proto jsme definovali δ nezávisle na znalosti času vzniku vlny vztahem (10).

Jestliže nemáme možnost vypočítat hloubku ohniska jinou metodou, bereme v prvním přiblížení hodochronu pro povrchové ohnisko. Dále postupujeme tak, že předchozí kroky zopakujeme pro řadu různých hloubek ohniska a jako řešení vezmeme to, pro které je δ nejmenší.

g) Zpřesnění předchozích výsledků minimalizací parametru δ



Obr. 6. Zpřesnění polohy ohniska metodou „jezek“

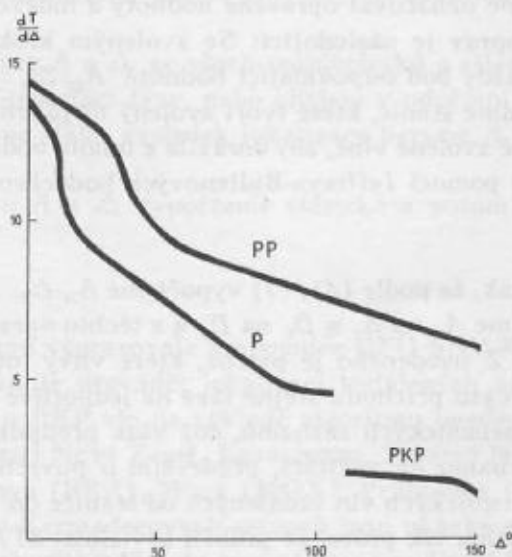
Poměrně samostatnou druhou etapou, zpřesňující polohu epicentra, je minimalizace parametru δ . Jako výchozí hodnotu iteračního procesu bereme souřadnice ohniska, pro které jsme v první etapě dostali nejmenší hodnotu δ . Měníme hodnotu prvního přiblížení elipsoidické šířky a délky ohniska a provádíme následující výpočty:

- Pro změněné souřadnice ohniska φ_0, λ_0 vypočteme epicentrální vzdálenosti Δ_i ke každé stanici sítě, ze které máme časy příchodu vlny.
- Pro vypočtenou hodnotu Δ_i a hloubku h určenou v první etapě najdeme T_i z tabelovaných hodochron.
- Pro všechny stanice sítě vypočteme hodnotu parametru δ dle (10).
- Hledání pokračuje iterační metodou „ježek“ pro další souřadnice ohniska, dokud iterace konvergují a není dosažena požadovaná přesnost v určení souřadnic ohniska a požadovaná hodnota parametru δ .
- Souřadnice ohniska a ohniskový čas, pro které je při zadané přesnosti výpočtu souřadnic $\delta = \text{minimu}$, se považují za konečný výsledek lokalizace touto sítí stanic.

Zpřesnění polohy ohniska metodou „ježek“ je patrné z obr. 6. Pro čtyři okolní body ohniska O_0 postupně vypočteme hodnoty δ . Ten bod, pro který je δ nejmenší, vezmeme za střed dalšího hledání. Jestliže při dalších krocích se už hodnoty δ nezmenšují, zjemní se krok v přírůstku souřadnice, např. z δ na $\delta/2$ a celý postup se opakuje.

h) Přesnost metody a možnosti jejího dalšího zdokonalení

Podmínkou použitelnosti metody je záznam stejné fáze seismických vln alespoň na třech stanicích sítě. Přesnost výsledku bude dána především chybou v odečtení času příchodu stejné fáze na jednotlivých stanicích. Chyba v odečtení času příchodu bude tím větší, čím budou vlny méně intenzivní s neostrým nasazením a čím větší bude na stanici seismický neklid. Po technické stránce bude záležet na vhodné a konstantní registrační rychlosti při záznamu seismických vln, správném přiřazení časové informace a na schopnosti stanic zaznamenat všechny typy vln generovaných zdrojem a vznikající při jejich průchodu Zemí. Nepříznivě se projeví i různorodost stanic z hlediska jejich efektivní citlivosti a přístrojového vybavení.



Obr. 7. Závislost $dT/d\Delta$ na Δ pro vlny P, PP, PKP

Na obr. 7 je znázorněna závislost $dT/d\Delta$ na epicentrální vzdálenosti pro P, PP, PKP vlny. Z tohoto obrázku je patrné, že k převodu $dT/d\Delta$ na Δ je nejhodnější užívat od 10° do 100° vlnu P, která je v tomto intervalu epicentrálních vzdáleností na záznamech krátkoperiodických kanálů nejintenzivnější. V delších vzdálenostech je možné užít PP a PKP vlny, pokud jsou na záznamech patrné. P vlny ve vzdálenostech přes 100° neexistují, což je dáno vlastnostmi a rozměry zemského jádra. Nejméně vhodné z hlediska této metody lokalizace jsou PKP a povrchové vlny, protože se u těchto vln v širokém rozsahu epicentrálních vzdáleností hodnota $dT/d\Delta$ takřka nemění.

Chyba vypočtených hodnot A a Δ je především dána následujícími vlivy:

- Přesností odečtení času příchodu téže vlny na všechny stanice sítě. Zdroje slabých vln s nevýraznými začátky nebude možné touto sítí lokalizovat. Bude třeba provést podrobnou analýzu vlivu chyby v odečtení času na velikost chyby výsledku lokalizace. Čím rozsáhlejší síť, tím stačí k dosažení stejné přesnosti vý-

sledku menší přesnost v odečtení času příchodu vlny. Na druhé straně se ale u rozsáhlé sítě budou negativně projevat vlivy, které je možno u malých sítí zanedbat.

- Vliv chyby v určení hloubky zdroje na chybu výsledné hodnoty A a Δ . Bude třeba jednak podrobněji provést analýzu tohoto vlivu a dále se zabývat nalezením metody k přesnějšímu výpočtu hloubky zdroje seismických vln. Tento jeden z parametrů počítaných při lokalizaci je určován i ve světových centrech s nejmenší přesností a to jen u silných jevů.

- Čelo seismické vlny není při průchodu trojúhelníkem tvořeným stanicemi sítě zcela rovinné a rychlost šíření vlny není zcela konstantní, což se projevuje zvláště u bližších zdrojů vln a rozsáhlých trojúhelníků, jakými jsou naše.

- Seismické vlny se na nehomogenitách v Zemi bočně zakřivují. To znamená, že zpětně prodloužený paprsek vlny dopadající na stanici nesměruje přesně do místa svého vzniku.

- Pro každý trojúhelník stanic je možné povrch Země rozdělit na oblasti, ze kterých daným trojúhelníkem nelze dosáhnout při lokalizaci lepší přesnosti než té, která je dána tvarem a velikostí trojúhelníka a jeho orientací na povrchu Země vzhledem ke konkrétní oblasti. Jinými slovy: určitým trojúhelníkem je možné velmi přesně lokalizovat ohniska z jedné oblasti, kdežto v jiné oblasti stejným trojúhelníkem stanic zdroje prakticky lokalizovat nelze. Především se projevuje závislost na azimutu spojnice střed trojúhelníka - ohnisko.

Dalším vlivem je volba středu trojúhelníka, vůči němuž vztahujeme veškeré výpočty. Je možné používat jak těžiště, tak střed opsané kružnice, nebo bod odpovídající aritmetickému průměru souřadnic vrcholů trojúhelníka. Se zvoleným typem středu trojúhelníka pak souvisí i nepřesnosti vyplývající z použitého matematického vyjádření problému.

- V dosavadních úvahách jsme obvykle považovali Zemi za kouli. Bylo by vhodné postihovat důsledně vliv eliptičnosti Země, rozdílnost nadmořských výšek stanic a ohnisek, vlivy geologického složení a stavby Země pod jednotlivými stanicemi.

Některé z výše uvedených vlivů lze eliminovat užitím předem zjištěných oprav vypočtených hodnot A a $D = dT/d\Delta$. Indexem g budeme označovat opravené hodnoty a indexem s neopravené hodnoty, získané seismologicky. Postup výpočtu oprav je následující: Se zvoleným krokem pro každý trojúhelník stanic měníme hodnoty A_g, Δ_g . Pro každý bod odpovídající hodnotě A_g, Δ_g vypočteme jeho elipsoidické souřadnice s využitím znalosti souřadnic stanic, které tvoří zvolený trojúhelník. Z Jeffreys-Bullenových hodochron vypočteme časy T_i potřebné zvolené vlně, aby dorazila z tohoto bodu na i -tou stanici sítě. Podle vzorců (4), (7) vypočteme A_s, D_s a pomocí Jeffreys-Bullenových hodochron $i \Delta_s$. Opravy zavedeme vztahy $\delta A = A_g - A_s, \delta D = D_g - D_s$.

Při lokalizaci probíhá výpočet tak, že podle (4), (7) vypočteme A_s, Δ_s . K těmto hodnotám najdeme odpovídající opravy $\delta A, \delta D$. Opravíme A_s na A_g a D_s na D_g a z těchto opravených hodnot spočteme výsledné elipsoidické souřadnice ohniska. Z uvedeného je patrné, které vlivy touto opravou eliminujeme.

Podstatného zlepšení v určení časů příchodu stejné fáze na jednotlivé stanice sítě lze dosáhnout užitím korelační analýzy na celé úseky seismických záznamů, což však předpokládá číslíkový záznam a digitální zpracování širokopásmového záznamu na počítači, především u povrchových vln.

K lokalizaci blízkých zdrojů seismických vln vzdálených od stanice do 10^9 výše uvedenou metodu z principiálních důvodů nelze užít. Je tomu tak proto, že průběh závislosti $dT/d\Delta$ na Δ je v tomto případě pro každou stanici individuální, na každou stanici sítě může přijít jiná fáze, dopadající vlnu není možné považovat za rovinnou a šířící se konstantní rychlostí uvnitř trojúhelníka tvořeného stanicemi. Od blízkého zdroje registrujeme sítě stanic kvalitativně odlišné typy vln, než je tomu u vzdálených zdrojů. Proto je třeba k lokalizaci blízkých zdrojů použít i kvalitativně odlišnou metodu. Tento úkol byl vyřešen v GFÚ SAV, kde K. Mrázová, prom. geof., vypracovala a odzkoušela program v jazyce Fortran na počítači CDC 3300.

5. Přibližná lokalizace vzdálených seismických zdrojů sítě střeoevropských stanic

Pro provádění rychlé přibližné lokalizace vzdálených zdrojů seismických vln přímo na stanici pomocí kapesní kalkulačky Elka 135 s funkcemi byly do vzorců (4), (7) dosazeny číselné hodnoty $d_{12}, d_{13}, A_{12}, A_{13}$ pro všechny možné trojúhelníky tvořené střeoevropskými stanicemi. Vzorce mají nyní strukturu:

$$\operatorname{tg} A = \frac{a + b \cdot x}{c \cdot x + d}, \quad dT/d\Delta = e \cdot t_{13} \cdot \sqrt{l + f \cdot x^2 + g \cdot x},$$

kde a, b, c, d, e, f, g jsou pro každý trojúhelník předem spočtené konstanty. Tím se sníží čas potřebný k výpočtu A a $dT/d\Delta$. Další zjednodušení spočívá v tom, že hodnoty $A, dT/d\Delta$ nevztahujeme ke středu trojúhelníka tvořeného stanicemi, ale ke stanici číslo 1. Chyba způsobená tímto zanedbáním se zmenšuje s rostoucí epicentrální vzdáleností.

Pomocí Jeffreys-Bullenových tabelovaných hodochron najdeme k vypočtené hodnotě $dT/d\Delta$ odpovídající epicentrální vzdálenost Δ .

K přibližnému výpočtu sférických souřadnic epicentra φ'_0, λ_0 použijeme kosinovou a sinovou větu pro příslušný sférický trojúhelník, ve kterém známe sférické souřadnice stanice 1, azimut A a vzdálenost Δ . Pro případ stanice 1 na severní a epicentra na jižní polokouli, východně od stanice 1, je příklad tohoto sférického trojúhelníka na obr. 5. Pro konkrétní stanice lze opět k urychlení výpočtů předem spočítat numerické hodnoty goniometrických funkcí argumentů φ'_1, λ_1 v kosinové a sinové větě.

Hloubku ohniska určíme buď z časového rozdílu pP a P vln, nebo z poměru amplitud prostorových a povrchových vln. V případě explozí je $h = 0$ km. Chyba výpočtu souřadnic ohniska při nesprávně určené hloubce je srovnatelná s chybou, které se dopouštíme při vztažení A a Δ ke stanici 1 místo ke středu trojúhelníka. Jestliže nemáme možnost zjistit hloubku zdroje, považujeme jej v rámci uvedených zjednodušení za povrchové.

Světový čas vzniku seismické vlny vypočteme z Jeffreys-Bullenových hodochron tak, že v nich najdeme pro vypočtenou epicentrální vzdálenost od stanice 1 a pro užitou hloubku dobu potřebnou zaznamenanému typu vln k překonání této vzdálenosti. Tuto hodnotu odečteme od světového času příchodu použité vlny na stanici 1.

Postup při přibližné lokalizaci seismických zdrojů pomocí kalkulačky s funkcemi:

a) Získáme z co největšího počtu stanic údaje o časech příchodu všech zaznamenaných fází od téhož seismického jevu.

b) Provedeme identifikaci jednotlivých fází, stanovíme hloubku ohniska.

c) Vypočteme pro všechny zaznamenané fáze a pro všechny trojúhelníky, tvořené stanicemi, které je zaznamenaly, hodnoty A a Δ .

d) Porovnáme vypočtené hodnoty A a Δ ze všech trojúhelníků s cílem nalezení případné hrubé chyby způsobené například chybnou interpretací fáze, nebo chybou v odečtení času příchodu vlny na některou stanici. Chybné výsledky vyloučíme. Jako výsledek lokalizace bereme A a Δ z trojúhelníka, pro který je nejmenší.

e) Pro takto zjištěnou hodnotu A a Δ vypočteme sférické a potom elipsoidické souřadnice ohniska a čas vzniku seismického jevu.

Postup při použití počítače:

Pomocí výše uvedeného algoritmu vypracovala pracovnice GFÚ SAV K. Mrázová, prom. geof., program v jazyce Fortran IV, který umožňuje provádět lokalizaci vzdálených zdrojů seismických vln z různých hloubek pomocí časů příchodu P a PKP vln na základě algoritmu uvedeného v této části článku. Pro naměřené časy příchodu P vln z oblastí Nová Země, Kazachstan, Severní Nevada na středoevropské seismické stanice Vídeň (VKA), Bratislava (BRA), Moxa (MOX), Průhonice (PRU), Collm (CLL), Kašperské Hory (KHC) a PKP vln z oblasti Kermadecových ostrovů jsou ukázky výsledků lokalizace uvedeny v tabulkách 1 až 4. Výpočty testovacích příkladů byly provedeny na počítači CDC 3300 ve Výzkumném výpočtovém středisku v Bratislavě. Dále se předpokládá užití počítače EC 1033.

Každá tabulka obsahuje jako vstupní údaje postupně skutečné elipsoidické souřadnice φ_0, λ_0 ohniska, název oblasti, světový čas vzniku jevu, velikost magnituda prostorových vln a hloubku ohniska. Dále vzdálenost a azimut od stanic kódově označených ke skutečnému ohnisku ve stupních. Dále den, měsíc, rok, kdy jev nastal. A nakonec jsou uvedeny časy příchodu P , nebo PKP vlny na jednotlivé stanice sítě kódově označených a odečtené s chybou, která činí maximálně 0,1 sekundy.

Každý řádek výsledku lokalizace odpovídá jednomu z trojúhelníků tvořeného kódově označenými stanicemi. Význam dalších výsledných hodnot je patrný z popisu uvedeného v tabulkách. Předposlední sloupec obsahuje světový čas vzniku jevu vypočtený pro každý trojúhelník. Poslední sloupec vyjadřuje velikost parametru δ vypočteného podle (11). Lokalizace se provádí pro všechny možné různé kombinace tří stanic z těch, které vlnu zaznamenaly. Jestliže vlnu zaznamenalo N stanic, potom je $\binom{N}{3}$ různých kombinací.

Z předběžné analýzy prvních výsledků vyplývá, že jestliže máme k dispozici časy příchodu pouze na tři stanice, dostaneme výsledek, jehož přesnost si nemáme možnost ověřit. V případě velké chyby v odečtení

DETERMINATION OF EPICENTERS OF DISTANT EARTHQUAKES

TABULKA 1

73,40N 54,90E NOVAYA ZEMLIYA .t₀=055955,4 MB=6,5 λ₀ = 0 Km

CODE	DELT(ST)	AZ(ST-EP)
VKA	30,37	20,77
BRA	30,28	20,45
MOX	29,33	23,73
PRU	29,26	22,43
CLL	28,37	23,83

STATIONS USED FOR EPICENTER DETERMINATION
DAY MONTH YEAR 27091971

CODE ARRIVAL TIME OF P

VKA	6M	10,7S
BRA	6M	9,8S
MOX	6M	1,3S
PRU	6M	0,2S
CLL	5M	52,7S

CODE	ARRIVAL TIME OF P	dT/dΔ	Δ	A	ψ ₀	λ ₀	t ₀	δ		
VKA	BRA	MOX	TR,NO, 1	DT/DELT=TA= 3,07	DELTA= 44,20	AZIMUT= 44,20	FI= 74,85N	LAM= 106,61E	055757,5	0,78
VKA	BRA	PRU	TR,NO, 2	DT/DELT=TA= 3,72	DELTA= 31,30	AZIMUT= 31,30	FI= 73,99N	LAM= 59,96E	055941,2	0,21
VKA	BRA	CLL	TR,NO, 3	DT/DELT=TA= 3,51	DELTA= 34,30	AZIMUT= 34,30	FI= 75,07N	LAM= 70,41E	055915,1	0,35
VKA	MOX	PRU	TR,NO, 4	DT/DELT=TA= 3,55	DELTA= 24,20	AZIMUT= 24,20	FI= 68,06N	LAM= 43,85E	060050,8	1,23
VKA	MOX	CLL	TR,NO, 5	DT/DELT=TA= 3,17	DELTA= 26,40	AZIMUT= 26,40	FI= 59,71N	LAM= 47,95E	060030,0	1,01
VKA	PRJ	CLL	TR,NO, 6	DT/DELT=TA= *****	DELTA= -1,30	AZIMUT= 44,73	FI= 47,55N	LAM= 15,28E	060619,5	26,93
BRA	MOX	PRU	TR,NO, 7	DT/DELT=TA= *****	DELTA= 21,30	AZIMUT= 21,30	FI= 65,86N	LAM= 39,49E	060117,8	1,63
BRA	MOX	CLL	TR,NO, 8	DT/DELT=TA= 3,20	DELTA= 26,00	AZIMUT= 26,00	FI= 59,31N	LAM= 47,87E	060032,3	1,20
BRA	PRJ	CLL	TR,NO, 9	DT/DELT=TA= 5,55	DELTA= 63,40	AZIMUT= 63,40	FI= 66,77N	LAM= 168,99E	055537,0	1,35
MOX	PRJ	CLL	TR,NO, 10	DT/DELT=TA= 3,03	DELTA= 27,30	AZIMUT= 27,30	FI= 73,15N	LAM= 47,20E	060012,4	0,78

TABULKA 2

49,79N 78,19E KAZAKH $t_0=045657,8$ MB=5,4 $\ell = 0$ Km

CODE	DELT(ST)	AZ(ST-EP)
MOX	41,30	64,31
KHC	40,82	63,50
CLL	40,22	65,65
PRU	39,88	64,92
VKA	39,58	63,78
BRA	39,15	63,98

STATIONS USED FOR EPICENTER DETERMINATION
DAY MONTH YEAR 10031972

CODE	ARRIVAL TIME OF P
MOX	5H 4M 46,2S
KHC	5H 4M 42,3S
CLL	5H 4M 37,3S
PRU	5H 4M 34,6S
VKA	5H 4M 32,1S
BRA	5H 4M 28,5S

MOX	KHC	CLL	PRU	VKA	BRA	TR,NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
							DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=	DT/DELTA=
							3,24	3,27	7,70	7,81	3,24	3,21	3,21	3,58	3,11	3,28	7,95	7,99	3,15	3,15	8,32	***	***	6,33	3,13	3,23
							DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=	DELTA=
							39,70	39,40	48,00	47,50	39,70	39,90	39,90	34,20	33,30	39,20	44,80	44,50	42,50	42,50	38,90	-1,00	56,89	42,80	39,80	
							AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=	AZIMUT=
							63,17	63,12	64,15	63,97	63,32	62,27	62,22	61,06	60,48	64,77	64,10	64,17	63,00	63,08	62,06	57,21	67,93	63,43	53,63	
							FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=	FI=
							51,16N	51,32N	46,44N	46,77N	51,08N	51,53N	51,52N	54,37N	49,95N	49,77N	47,69N	47,74N	49,38N	49,37N	51,46N	50,76N	31,74N	49,83N	50,57N	
							LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=	LAM=
							76,47E	76,07E	86,86E	86,49E	76,41E	77,15E	77,18E	68,83E	67,51E	81,32E	75,43E	83,32E	80,92E	80,74E	76,04E	11,68E	104,45E	82,77E	78,62E	
							045710,4	045712,9	045603,3	045606,4	045710,4	045708,5	045708,5	045756,5	045804,1	045643,1	045710,9	045624,9	045626,6	045642,9	045643,7	045713,5	050358,0	045342,5	045635,7	045658,1
							0,23	0,25	0,21	0,24	0,19	0,45	0,47	0,77	0,93	0,39	0,40	0,10	0,10	0,14	0,29	29,36	1,07	0,52	0,29	

37,08N 116,04W SOUTHERN NEVADA t₀=153000.2 MB=5,7 λ = 0 Km

TABULKA 3

CODE DELT(ST) AZ(ST-EP)
 BRA 85,42 324,17
 VKA 85,03 323,62
 KHC 83,24 321,66
 PRU 82,95 322,26
 MOX 81,26 320,16

STATIONS USED FOR EPICENTER DETERMINATION
 DAY MONTH YEAR 21091972

CODE ARRIVAL TIME OF P

BRA 15H 42M 40.4S
 VKA 15H 42M 38.5S
 KHC 15H 42M 30.0S
 PRU 15H 42M 28.0S
 MOX 15H 42M 19.7S

CODE	TR. NO.	ARRIVAL TIME OF P	dT/d Δ	Δ	A	%	λ_0	t ₀	δ	
BRA	VKA	KHC	1	DT/DDELTA= 4.59	DELTA= 95.20	AZIMUT= 319.96	FI= 26.46M	LAM= 117.28M	152913,4	0,61
BRA	VKA	PRU	2	DT/DDELTA= 5.04	DELTA= 83.50	AZIMUT= 325.94	FI= 39.53N	LAM= 116.87M	153009,3	0,37
BRA	VKA	MOX	3	DT/DDELTA= 5.02	DELTA= 83.80	AZIMUT= 325.71	FI= 39.25N	LAM= 116.74M	153008,3	0,36
BRA	KHC	PRU	4	DT/DDELTA= 5.11	DELTA= 83.06	AZIMUT= 330.03	FI= 41.96N	LAM= 121.23M	153012,2	0,20
BRA	KHC	MOX	5	DT/DDELTA= 5.27	DELTA= 80.40	AZIMUT= 332.39	FI= 45.33N	LAM= 122.52M	153025,9	0,40
BRA	PRU	MOX	6	DT/DDELTA= 5.05	DELTA= 83.50	AZIMUT= 326.63	FI= 39.95N	LAM= 117.59M	153009,8	0,34
VKA	KHC	PRU	7	DT/DDELTA= 5.05	DELTA= 83.50	AZIMUT= 329.70	FI= 41.20N	LAM= 122.03M	153007,2	0,10
VKA	KHC	MOX	8	DT/DDELTA= 5.31	DELTA= 80.10	AZIMUT= 333.63	FI= 46.05N	LAM= 124.75M	153025,6	0,31
VKA	PRU	MOX	9	DT/DDELTA= 5.04	DELTA= 83.50	AZIMUT= 325.88	FI= 39.44N	LAM= 117.65M	153007,3	0,30
KHC	PRU	MOX	10	DT/DDELTA= 5.24	DELTA= 80.70	AZIMUT= 326.82	FI= 41.83N	LAM= 120.15M	153013,5	0,27

 15.295 173.29W KERMADEC ISL.REG. $t_0=155633.2$ MB=5.7 $f=33$ KM *****

TABULKA 4

CODE	DELT(ST)	AZ(ST-EP)
VKA	146.18	16.82
BRA	146.11	18.20
KHC	145.79	11.85
PRU	144.81	13.19
MOX	144.51	8.17
CLL	143.72	10.30

STATIONS USED FOR EPICENTER DETERMINATION
 DAY MONTH YEAR 14011976

CODE	ARRIVAL TIME OF P	$dT/d\lambda$
VKA	16H 16M 9.0S	
BRA	16H 16M 8.9S	
KHC	16H 16M 8.3S	
PRU	16H 16M 6.6S	
MOX	16H 16M 6.1S	
CLL	16H 16M 4.6S	

	Δ	A	%	λ_0	t_0	δ
VKA BRA KHC TR.NO.	1.88	DELTA= 132.30	*****	LAM= 175.34W	155652.8	0,13
VKA PRA PRU TR.NO.	1.78	DELTA= 140.30	FI= 15.90***	LAM= 174.06W	155638.0	0,04
VKA PRA MOX TR.NO.	1.86	DELTA= 132.50	FI= 15.90***	LAM= 175.34W	155652.4	0,13
VKA PRA CLL TR.NO.	1.83	DELTA= 132.70	FI= 15.98***	LAM= 175.36W	155652.0	0,13
VKA KHC PRU TR.NO.	1.74	DELTA= 140.70	FI= 14.96	LAM= 173.23W	155637.3	0,10
VKA KHC MOX TR.NO.	1.84	DELTA= 132.70	FI= 15.61	LAM= 175.09W	155652.0	0,14
VKA KHC CLL TR.NO.	1.81	DELTA= 132.90	FI= 15.47	LAM= 174.96W	155651.7	0,15
VKA PRU MOX TR.NO.	1.68	DELTA= 146.30	FI= 13.16	LAM= 171.19W	155627.7	0,14
VKA PRU CLL TR.NO.	3.31	WRONG VALUE OF DT/DDELTA	NO SOLUTION	LAM= 173.41W	160411.5	8,22
VKA MOX CLL TR.NO.	1.80	DELTA= 140.10	FI= 15.09	LAM= 172.98W	155638.4	0,10
BRA KHC PRU TR.NO.	1.73	DELTA= 140.70	FI= 15.82	LAM= 174.79W	155637.3	0,12
BRA KHC MOX TR.NO.	1.84	DELTA= 132.70	FI= 16.29	LAM= 174.68W	155651.9	0,16
BRA KHC CLL TR.NO.	1.81	DELTA= 132.90	FI= 16.18	LAM= 170.51W	155651.6	0,17
BRA PRU MOX TR.NO.	1.63	DELTA= 146.80	FI= 13.49	LAM= 173.06W	155626.9	0,18
BRA PRU CLL TR.NO.	2.36	WRONG VALUE OF DT/DDELTA	NO SOLUTION	LAM= 173.81W	160325.7	7,31
BRA MOX CLL TR.NO.	1.80	DELTA= 140.10	FI= 15.77	LAM= 172.96W	155638.4	0,12
KHC PRU MOX TR.NO.	1.75	DELTA= 140.50	FI= 11.48	LAM= 173.81W	155636.9	0,05
KHC PRU CLL TR.NO.	1.77	DELTA= 140.30	FI= 10.12	LAM= 172.96W	155637.3	0,12
KHC MOX CLL TR.NO.	1.81	DELTA= 133.00	FI= 12.81	LAM= 175.76W	155650.7	0,09
PRU MOX CLL TR.NO.	1.83	DELTA= 132.70	FI= 12.58	LAM= 174.68W	155649.4	0,11

časů, nebo nevhodné geometrii trojúhelníka vzhledem ke zdroji, můžeme dostat chybný výsledek. V případě alespoň 4 stanic již můžeme najít případnou hrubou chybu.

Testovací příklady pro interval epicentrálních vzdáleností od 10^0 do 100^0 ukázaly v případě skutečných časů příchodu P vln na stredoevropské stanice, že úhlová vzdálenost mezi skutečným a vypočteným ohniskem je menší než 3^0 a chyba v určení času vzniku jevu je menší než 10 sekund. Souřadnice ohniska a čas vzniku jevu uvedené v americkém seismickém bulletinu PDE jsme u testovacích příkladů považovali za skutečné souřadnice ohniska a za skutečný čas vzniku jevu. V případě epicentrálních vzdáleností 110^0 až 180^0 a při užití PKP vln je chyba v určení polohy ohniska menší než 6^0 a časů vzniku jevu menší než 10 sekund. Čas příchodu vln na stanice byl odečítán s přesností na 0,1 sekundy, což je možné u jevů s magnitudem prostorových vln rovným alespoň 5,4. Jestliže budeme znát časy příchodu vlny na stanice s menší přesností, bude méně přesný i výsledek lokalizace.

Další zlepšení je možné vztahením vypočtených hodnot A , Δ ke středu trojúhelníka tvořeného stanicemi sítě, místo dosavadní zjednodušené varianty, kdy tyto hodnoty jsou vztaženy ke stanici 1. Předpokládané zlepšení by bylo zvláště významné pro kratší epicentrální vzdálenosti, kdy rozměr trojúhelníka nelze považovat za bodový vzhledem k velikosti epicentrální vzdálenosti. Toto zlepšení bude zahrnuto do dalších úprav výpočetního programu.

6. Závěr

Ve spolupráci s GFÚ SAV byl vypracován program na počítač v jazyce Fortran pro lokalizaci vzdálených seismických zdrojů sítí blízkých stredoevropských stanic. Ověřena na testovacích příkladech je jeho nejjednodušší verze, která dává rychlý výpočet s chybou maximálně 6^0 (vzdálenost mezi skutečným a vypočteným ohniskem) a 10 sekund v určení času vzniku jevu, jestliže máme k dispozici časy příchodu stejné fáze alespoň na 4 stanice sítě, odečtené s přesností na 0,1 sekundy. Tuto nejjednodušší variantu lokalizace lze provádět i na kapesní kalkulačce s funkcemi, jako je např. Elka 135.

Další zpřesnění výsledků lokalizace je možné na počítači typu EC 1033, nebo ADT, jestliže budeme minimalizovat parametr δ určený pomocí (10), což by ručně na kalkulačce z časových důvodů nebylo efektivní a např. na stolní programovatelné kalkulačce M3T nepostačuje kapacita paměti na zavedení Jeffreys-Bullenových hodochron. Jako nulté přiblížení vstupuje do této druhé etapy nejlepší výsledek první, přibližné etapy lokalizace. Druhá etapa by měla poskytovat výsledky s chybou menší než 3^0 v určení polohy ohniska, za předpokladu, budou-li údaje o čase příchodu stejné fáze alespoň na 4 stanice sítě odečteny s přesností 0,1 sekundy a nezávislým způsobem bude správně určena hloubka zdroje.

Předběžná analýza prvních výsledků ukazuje, že v případě dostatečně intenzivních seismických vln zaznamenaných větším počtem stredoevropských stanic lze vhodným zpracováním na počítači dosáhnout přesnosti v lokalizaci vzdálených seismických zdrojů srovnatelné s výsledky, které poskytují velké seismické ereje západních států.

Literatura:

- [1] Fiedler J.: Studijní zpráva VV-RZ-40-04, 1977, VTOPÚ Dobruška
- [2] Herrin E.: Introduction to „1968 Seismological tables for P phases“, BSSA, No 4, 1968, str. 1193-1241.
- [3] Jeffreys H., Bullen K. E.: Seismological Tables, 1967, London
- [4] Savarenskij E. F.: Opredělenie azimuta na epicentr po danym trjoch blizkich stancij, 1969, Fizika Zemli, No 7, str. 106-111.
- [5] Savarenskij E. F.: Elementy seismologii i seismometrii, 1955, Gostechteoretizdat.
- [6] Shapira A., Bath M.: Location of teleseisms from P-wave arrivals at the swedish stations, 1976, Seismological Institute, Uppsala, Sweden.

INHALT

Einleitung, Zusammenfassung, Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	1
1. Einleitung	2
2. Zusammenfassung	3
3. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	4
4. Einleitung	5
5. Zusammenfassung	6
6. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	7
7. Einleitung	8
8. Zusammenfassung	9
9. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	10
10. Einleitung	11
11. Zusammenfassung	12
12. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	13
13. Einleitung	14
14. Zusammenfassung	15
15. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	16
16. Einleitung	17
17. Zusammenfassung	18
18. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	19
19. Einleitung	20
20. Zusammenfassung	21
21. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	22
22. Einleitung	23
23. Zusammenfassung	24
24. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	25
25. Einleitung	26
26. Zusammenfassung	27
27. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	28
28. Einleitung	29
29. Zusammenfassung	30
30. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	31
31. Einleitung	32
32. Zusammenfassung	33
33. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	34
34. Einleitung	35
35. Zusammenfassung	36
36. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	37
37. Einleitung	38
38. Zusammenfassung	39
39. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	40
40. Einleitung	41
41. Zusammenfassung	42
42. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	43
43. Einleitung	44
44. Zusammenfassung	45
45. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	46
46. Einleitung	47
47. Zusammenfassung	48
48. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	49
49. Einleitung	50
50. Zusammenfassung	51
51. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	52
52. Einleitung	53
53. Zusammenfassung	54
54. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	55
55. Einleitung	56
56. Zusammenfassung	57
57. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	58
58. Einleitung	59
59. Zusammenfassung	60
60. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	61
61. Einleitung	62
62. Zusammenfassung	63
63. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	64
64. Einleitung	65
65. Zusammenfassung	66
66. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	67
67. Einleitung	68
68. Zusammenfassung	69
69. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	70
70. Einleitung	71
71. Zusammenfassung	72
72. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	73
73. Einleitung	74
74. Zusammenfassung	75
75. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	76
76. Einleitung	77
77. Zusammenfassung	78
78. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	79
79. Einleitung	80
80. Zusammenfassung	81
81. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	82
82. Einleitung	83
83. Zusammenfassung	84
84. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	85
85. Einleitung	86
86. Zusammenfassung	87
87. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	88
88. Einleitung	89
89. Zusammenfassung	90
90. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	91
91. Einleitung	92
92. Zusammenfassung	93
93. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	94
94. Einleitung	95
95. Zusammenfassung	96
96. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	97
97. Einleitung	98
98. Zusammenfassung	99
99. Verzeichnis der Tabellen und Abbildungen	100

СОДЕРЖАНИЕ

Храстил, Матонога, Прохазка: Переход на единицу давления «паскал» в барометрической нивелировке и опыт с барометрическими микробарометрами	2
Покорны, Вондра: Примечания к проблематике трансформации сети узловых точек цифровой модели местности	12
Филипски: Полуавтоматическая оценка видимости на цифровой модели местности	21
Кански, Паго: К проблемам и результатам автоматизации создания и обновления топографических карт в ЧССР	37
Мартинак: Перспективы развития и использования топографических и геодезических топопривязчиков	42
Срка, Лауэрманн: Составительские и редакционные работы при подготовке Военного топографического атласа	46
Физдлер: Локализация источников сейсмических волн	57

INHALT

Chrastil, Matonoha, Procházka: Übergang auf Druckeinheit Pascal in der barometrischen Nivellation und Erfahrungen mit optischen Mikrobarometern.	2
Pokorný, Vondra: Beitrag zum Problem der Transformation des Knotenpunktnetzes des digitalen Geländemodells.	12
Filipský: Halbautomatische Sichtauswertung auf dem digitalen Geländemodell.	21
Kánský, Pago: Zu den Problemen und Ergebnissen der Automatisierung der Herstellung und Erneuerung von topographischen Karten in der ČSSR.	37
Martinák: Perspektiven der Entwicklung und Ausnützung von topographischen und geodätischen Anknüpfungseinrichtungen.	42
Srnka, Lauer mann: Vorbereitung und Fachredaktion des Militärgeographischen Atlases	46
Fiedler: Lokalisation von Quellen der seismischen Wellen.	57