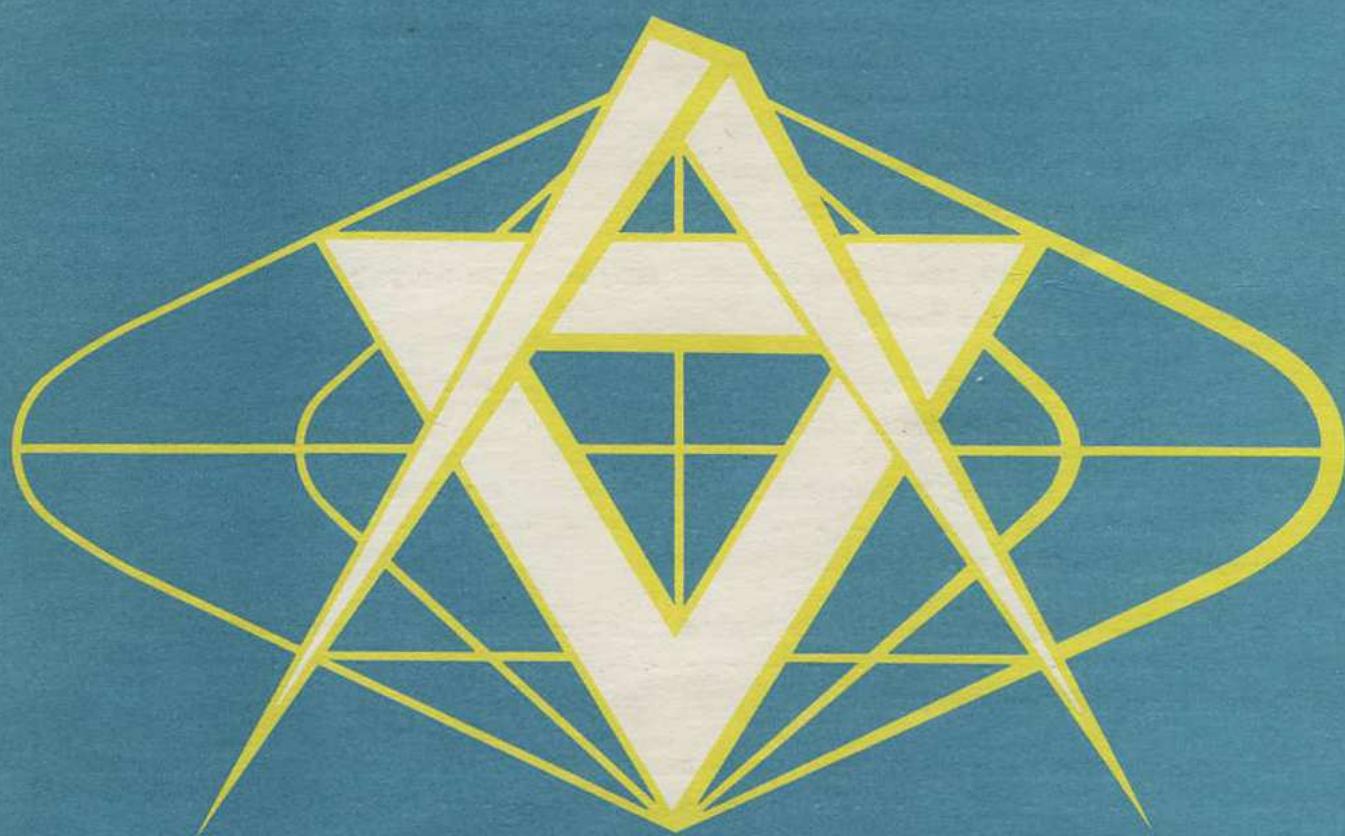


**SBORNÍK
TOPOGRAFICKÉ
SLUŽBY
MNO**



**VOJENSKÝ
TOPOGRAFICKÝ OBZOR**

1/84

O B S A H

	strana
Plk. Ing. Ladislav Kebísek: Aktuální úkoly vědeckotechnického rozvoje topografické služby ČSLA ve svět- le jednání a závěrů 8. zasedání ÚV KSČ	1
Mjr. Ing. Karel Raděj, CSc.: Spolupráce geodetických služeb socialistických států v oblasti dopplerov- ských pozorování UDZ	7
<i>Recenzent: pplk. Ing. Drahomír Dušátko, CSc.</i>	
Pplk. Ing. Drahomír Dušátko, CSc., Ing. Petr Němeček, mjr. Ing. Karel Raděj, CSc., mjr. Ing. Vladimír Šil- han, Ing. Miloš Tůma: Perspektivní metody a postupy při určování transformačních vztahů mezi geo- detickými systémy (část II)	11
<i>Recenzent: Ing. Jan Říkal, CSc.</i>	
Pplk. Ing. Drahomír Dušátko, CSc.: Význam údajů o převýšení kvazigeoidu pro geodetické zabezpečení .	25
<i>Recenzent: mjr. Ing. Karel Raděj, CSc.</i>	
Mjr. Ing. Karel Raděj, CSc., Ing. Miloš Tůma, pplk. Ing. Drahomír Dušátko, CSc.: Vytvoření podrobného pole složek tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu v S-JTSK pro redukce výsledků geodetických měření	31
<i>Recenzent: kpt. Ing. Vlastimil Kratochvíl</i>	
Kpt. Ing. Vlastimil Kratochvíl: Kvantový topografický dálkoměr KTD-1	37
<i>Recenzent: plk. Ing. Vladimír Martínák, CSc.</i>	
Plk. Ing. Vladimír Martínák, CSc.: K přesnosti měření délky kvantovým topografickým dálkoměrem KTD-1	41
<i>Recenzent: pplk. Ing. Jaroslav Novotný</i>	
Kpt. Ing. František Hebnar: Gyrokompas Gi-E1	45
<i>Recenzent: plk. Ing. Vladimír Martínák, CSc.</i>	
Ing. Jaroslav Mňuk, pplk. Ing. Drahomír Dušátko, CSc.: Informace o technologii tvorby speciální mapy tížnicových odchylek	49
<i>Recenzent: Ing. Jan Říkal, CSc.</i>	
Kpt. Ing. Viliam Vatrť, pplk. Ing. Drahomír Dušátko, CSc.: Zpracování speciální gravimetrické mapy mě- řítka 1 : 200 000	57
<i>Recenzent: mjr. Ing. Karel Raděj, CSc.</i>	
Mjr. RNDr. Jaroslav Fiedler, pplk. Ing. Drahomír Dušátko, CSc.: Tvorba speciální mapy deklinačních údajů	63
<i>Recenzent: pplk. Ing. Bohumil Hanák</i>	
Mjr. RNDr. Jaroslav Fiedler: Detekční a lokalizační schopnosti modelových středoevropských sítí sei- smických stanic	74
<i>Recenzent: pplk. Ing. Drahomír Dušátko, CSc.</i>	

Plk. Ing. Ladislav Kebísek, TO-GŠ

Aktuální úkoly vědeckotechnického rozvoje topografické služby ČSLA ve světle jednání a závěrů 8. zasedání ÚV KSČ

8. zasedání ÚV KSČ, konané v červnu 1983, projednalo aktuální problémy spojené s urychleným uplatňováním výsledků vědy a techniky při realizaci usnesení XVI. sjezdu KSČ. Na tomto zasedání byly zhodnoceny výsledky, kterých bylo až doposud ve vědeckotechnickém rozvoji, jakožto hlavní strategické linie strany, dosaženo. Byly vyzvednuty pozitivní momenty a kriticky poukázáno i na vážné nedostatky, jejich příčiny a stanoveny úkoly, které je nutno v příštím období řešit. Bylo konstatováno, že i přes řadu pozitivních výsledků se doposud nedaří v žádoucí míře uplatňovat vědeckotechnický pokrok jako hlavní faktor intenzifikace ekonomiky. Příčiny spočívají zejména v tom, že prosazování vědeckotechnického rozvoje není dosud základním obsahem řídicí a organizační práce a přežívají extenzivní přístupy k rozvojovým procesům.

Proto 8. zasedání ÚV KSČ stanovilo, aby úsilí ve vědeckotechnické oblasti bylo zaměřeno na racionalizaci a zkvalitňování výroby, úspory materiálů, surovin a energie, zamezování ztrát, urychlování technologické a výrobní inovace a zabezpečování efektivních a nadějných rozvojových směrů národního hospodářství. K tomu orientovat, prozíravě rozvíjet a intenzivně využívat vlastní vědeckotechnický potenciál, prohloubit zapojení našeho národního hospodářství do procesu socialistické ekonomické integrace včetně rozšíření vědeckotechnické spolupráce, prohloubit centrální řízení vědeckotechnického rozvoje posílením dlouhodobého prognózování a širším uplatněním cílově programového přístupu.

Problémy a úkoly vědeckotechnického rozvoje v národním hospodářství projednávány na 8. zasedání ÚV KSČ se nutně promítají i do ČSLA a do topografické služby. Jde zejména o posilování intenzifikačních tendencí a maximálně efektivního využívání zdrojů, materiálů všeho druhu a lidské práce, komplexní přístupy k řešení různých stránek rozvoje, přípravy a zabezpečení armády, všestranné prosazování progresivních technologií. Maximální využití nejnovějších výsledků vědy a techniky je základem intenzifikace všech vojenských činností, výstavby a bojové síly moderní armády. Vědeckotechnický rozvoj v současné době ovlivňuje všechny oblasti výstavby a přípravy ozbrojených sil, v tom i topografického zabezpečení. Ne náhodou jsou hlavní úkoly vědeckotechnického rozvoje zapracovány v příslušných plánech výstavby. Jako prozíravé se ukázalo i zřízení samostatného výzkumného střediska topografické služby v roce 1972, které významně napomáhá rozvoji jednotlivých oblastí služby.

Složitost řešených problémů si vyžaduje čím dále tím více kvalitnější organizaci a řízení vědecké činnosti, vytváření předpokladů pro soustředění sil a prostředků a k jejich lepšímu využívání pro efektivnější a kvalitnější plnění úkolů výzkumu a vývoje. Spolu s tím vystupuje naléhavá potřeba systematického řešení i kádrových problémů výzkumné a vývojové základny. Jde o odpovědný výběr, přípravu lidí, kteří se podílejí na výzkumné nebo vývojové činnosti, přičemž nemáme na mysli pouze příslušníky výzkumných a vývojových pracovišť.

Významnou roli při řízení vědeckovýzkumné práce sehrává kolektivnost, zejména pro složitost řešených problémů, které již zpravidla nemůže obsáhnout pouze jeden člověk. Proto je kladen důraz na kolektivní, ale přitom fundované posuzování při: sestavování plánů, anotacích, oponenturách, kontrolních dnech. Zkušenost nám ukázala, že výsledky výzkumu a vývoje jsou nejkvalitnější tam, kde se v průběhu řešení projevuje hluboký zájem a spolupráce budoucích uživatelů.

Významnou úlohu sehrávají kolektivní poradní orgány, které mají své opodstatnění i na nižších stupních řízení. Při posuzování klíčových problémů vědeckotechnického rozvoje topografické služby se osvědčila vědeckotechnická rada náčelníka topografické služby ČSLA, složená z funkcionářů, kteří rozvoj služby nejvíce ovlivňují.

Zkvalitnilo se plánování výzkumu a vývoje, posílila se jeho centralizace. Do řešení úkolů jsou ve větší míře zapojovány vojenské školy, i když v našem případě možnosti katedry geodézie a kartografie VAAZ a topografických specialistů ostatních vojenských vysokých škol nejsou ještě plně využity. I v naší službě se žádoucím směrem prohlubuje sepětí úkolů vědeckotechnického rozvoje s potřebami výstavby a hlavními úkoly topografického zabezpečení ČSLA. Zdokonalilo se vědeckoinformační zabezpečení a materiálně technické zabezpečení výzkumu a vývoje.

V celé ČSLA i naší topografické službě se prohloubilo využívání výsledků výzkumu a vývoje Sovětské armády i ostatních spřátelených armád a vzájemná spolupráce. Připomeňme nové vyrovnání Jednotné astronomickogeodetické sítě, přijetí a realizaci jednotné koncepce tvorby speciálních map, zavedení nových kvantových dálkoměrů a prostředků autonomní orientace, rozvíjející se spolupráci v oboru automatizovaného zpracování kartografických informací. Lze očekávat, že nová opatření k prohloubení spolupráce přinese porada náčelníků VTS/ASVS v roce 1984. Rozsáhlá je rovněž spolupráce v rámci geodetických služeb socialistických států, kde má TS/ČSLA zastoupení ve 4 komisích, ale kde jsou ještě nevyužité rezervy z hlediska zájmů služby.

Ve vnitrostátní vědeckotechnické spolupráci byla přijata opatření k širšímu využívání výsledků základního výzkumu v ČSLA. S tímto cílem byla uzavřena dohoda mezi MNO a ČSAV (SAV).

V rámci dohody mezi MNO a ČSAV (SAV) se realizují konkrétní programy spolupráce jednotlivých složek TS/ČSLA s Astronomickým ústavem, Geofyzikálním ústavem a Geografickým ústavem ČSAV. Úspěšně pokračuje spolupráce s matematicko-fyzikální fakultou UK v oblasti výzkumu ftopolymerů a s řadou dalších ústavů a podniků čs. průmyslu, a to jak při vývoji nové techniky, tak pro řešení náhrady surovin a materiálů dovážených dosud z KS. Kriticky je třeba říci, že dosud málo účinná je spolupráce s ČÚGK a SÚGK, zejména v oblasti automatizace a rozvoji mapového díla středních měřítek.

Prohloubilo se zevšeobecňování zkušeností vojsk ze cvičení, k čemuž významnou měrou přispěly i vojenskovědecké konference, v nich i naše konference k rozvoji topografického zabezpečení v roce 1982. Dosud méně využíváme možnosti ověřovat výsledky vědeckotechnického rozvoje při cvičeních topografických útvarů i součinnostních cvičeních.

Při stanovování rozhodujících směrů vědeckotechnického rozvoje topografické služby ČSLA na další období musíme vycházet z vlivu vojenskopolitického vývoje a vědeckotechnické revoluce ve vojenství. Je třeba sledovat rozvoj způsobů použití druhů vojsk, speciálních vojsk a služeb, vedení manévru, úderu a paleb, vedení protitankové obrany, bojové činnosti v noci, boje s novými prostředky na bojišti apod.

V souladu s tím je možno rozhodující směry a potřeby vědeckotechnického rozvoje topografické služby ČSLA charakterizovat takto:

- rozpracovávat a realizovat opatření k jednotnému topografickému zabezpečení spojeneckých uskupení vojsk,
- rozhodující část opatření topografického zabezpečení realizovat zavčas v míru, s využitím nejnovějších možností vědy a techniky tak, aby vojska měla z celého prostoru válčiště svěží, kvalitní a homogenní topografické mapy, s obsahem ne starším 5—7 let, jednotné i národní speciální mapy, dostatečně přesné geodetické podklady s potřebnou hustotou,
- vyvinout a vypracovat formou i obsahem nové druhy informací o území válčiště, odpovídající potřebám topografického zabezpečení nových automatizovaných velitelských a zbraňových systémů,
- podílet se na vývoji a zavedení inerciálních prostředků autonomní orientace a navigace a v souvislosti s tím zpřesňovat obsah a úkoly topografického zabezpečení vojsk,
- vyvinout nové postupy a metody plnění vojenskoodborných úkolů k topografickému zabezpečení ČSLA, jež by vedly ke snížení spotřeby práce i materiálu, ke zkrácení lhůt plnění úkolů, k důslednému překonání závislosti na dovozu z NSZ,
- nové úkoly a problémy promítnout do systému základní, postgraduální i vědecké přípravy kádrů topografické služby, zvážit i otázku zavedení atestačního řízení, jež by prokázalo kvalifikační úroveň a růst vysokoškolských kádrů.

Všechny tyto úkoly a cíle ve své konkretizaci a realizaci musí vycházet z hluboké a vědecké analýzy

důsledků, jež pro topografické zabezpečení ČSLA vyplývají z rozvoje vojenství a vojenské vědy, z potřeb výstavby ČSLA a jejího předurčení v ozbrojeném zápase.

Stupňující se dynamika politického, ekonomického, sociálního, vědeckotechnického a vojenského vývoje však bude vyžadovat periodické hodnocení stanoveného zaměření vojenskovědecké práce k zajištění jeho trvalého souladu s měnícími se potřebami praxe a rozšiřujícími se možnostmi našeho poznání. I pro nás platí jeden z nejdůležitějších požadavků současnosti propojení integrace vědy s výrobou, se společenskou praxí. Z toho pro nás vyplývají požadavky posilovat takové formy výzkumu a rozvíjení tvůrčího vojenskoteoretického myšlení, kde spojení vědy s praxí je nejefektivnější a vede k nejrychlejšímu zavedení výsledků do praxe, či už do výroby, nebo ke zkvalitnění celkového topografického zabezpečení vojsk a štábů.

Je třeba otevřeně říci, že zde máme značné rezervy, a to jak v oblasti plánovací a organizační, tak vztahové. Vyjádřeno konkrétně jde o to, aby priority a úkoly vědeckotechnického rozvoje vždy odpovídaly aktuálním potřebám a možnostem služby, aby zadání úkolů byla promyšlená, komplexní a zdůvodněná, aby předurčený uživatel cítil spoluzodpovědnost a aktivně se podílel na řešení a zavádění v praxi, aby nedocházelo k rozptylu sil a prostředků, jež ve svých důsledcích vedou k neúnosně dlouhým lhůtám řešení a tím zastarání výsledků dřív, než jich je dosaženo.

Vztahové rezervy je třeba vidět v tom, že se k vědeckotechnickému rozvoji verbálně hlásíme, avšak málo účinně organizujeme přípravu kádrů a pracovišť na nové úkoly, technologie, málo účinně překonáváme rutinní návyky.

Je třeba, aby se do vědeckovýzkumné a vývojové práce zapojil v příslušné úrovni a rozsahu široký aktiv zkušených příslušníků ústavů a útvarů z praxe spolu s pracovníky výzkumu a vojenských vysokých škol s cílem dosažení vysoké praktické využitelnosti výsledků vojenskovědecké práce. Velký objem různých výzkumů, jejich specifikace a vzrůstající tempo vědecké práce v dnešních podmínkách ani nelze zajistit pouze samotnými výzkumnými a vývojovými pracovníky. Kromě toho velká část problémů technického rozvoje a racionalizace vzniká bezprostředně z praxe činnosti ústavů, útvarů, zařízení i vojsk a může být nejkvalitněji řešena především úsilím těchto orgánů.

Proto zdůrazňujeme význam ústavních a útvarových plánů technického rozvoje a socialistické racionalizace jako nástroje, jenž v souladu s celkovou koncepcí a hlavními úkoly vědeckotechnického rozvoje služby umožňuje pohotově a mnohotvárnými formami řešit vzniklé dílčí technické a technologické problémy.

Závažným směrem realizace závěrů XVI. sjezdu KSČ a 8. zasedání ÚV KSČ, který zabezpečí zkvalitnění a zefektivnění vědecké práce v ČSLA, je prohlubování mezinárodní spojenecké a vnitrostátní spolupráce ve výzkumu.

Současný a budoucí podíl topografické služby na společných vědeckovýzkumných a vývojových pracích v rámci členských států Varšavské smlouvy bude se vzrůstajícím rozsahem spočívat v následujícím:

- podíl na zpracování vojenských norem RVHP, unifikačních a standardizačních opatřeních v oboru působnosti TS/ČSLA,
- využití výsledků vyrovnání JAGS ke zkvalitnění geodetických a geofyzikálních podkladů ze zájmového prostoru válčiště,
- výzkum a zdokonalování metod topografického využití DPZ, zdokonalování kosmické geodézie a speciálních geofyzikálních metod,
- vývoj a zdokonalování topografických a speciálních map,
- výzkum a vývoj nových forem a druhů informací o území,
- výzkum a vývoj prostředků a metod uplatnění automatizace v oboru působnosti topografických služeb,
- vývoj nové techniky, materiálů a technologií.

Pro současné období i příští pětiletku lze očekávat, že tato spolupráce bude realizována na dvoustranném i mnohostranném základě. Konkrétní spolupráce probíhá postupně ve vztahu k bratrským topografickým službám. Zásadně má být tato otázka posouzena na poradě náčelníků VTS ASVS v roce 1984.

Ve vnitrostátní vědecké spolupráci předpokladem pro perspektivní rozvoj spolupráce s orgány základního a aplikovaného výzkumu i vývoje a technického rozvoje je prohloubení prognostických prací, přesnější vymezení a formulace požadavků na výzkum a vývoj, prohlubování bezprostředních forem spolupráce opírající se o konkrétní dohody.

V tomto směru vzrůstá úloha a odpovědnost těch příslušníků topografické služby, kteří se podílejí na spolupráci s čs. vědeckou, průmyslovou vývojovou základnou a příslušnými státními orgány. Jde o to, usnesení stranických a státních orgánů účinněji využívat jako nástroje při prosazování zájmů a potřeb obrany ČSSR. Přitom nehledat nové úkoly za každou cenu, ale na základě hluboké analýzy přijatých úkolů a opatření kvalitněji, rychleji a důsledněji zabezpečovat jejich realizaci.

Významným nástrojem pro intenzifikaci vědeckotechnického rozvoje je včasné, kvalifikované a účinné vědeckoinformační zabezpečení, zejména hlavních úkolů. K tomuto cíli je postupně rozvíjena činnost vědeckoinformačního pracoviště TS/ČSLA při VS 090, kde je v současnosti dosahováno dobrých výsledků. Jsou pohotově zabezpečovány nejnovější knižní a časopisecké informace, jsou vydávány vojenskotechnické informace a informace pro vedoucí funkcionáře; práce příslušníků služby jsou vydávány ve Sborníku TS/ČSLA. Je však třeba se zamyslet nad využitím vědeckotechnických informací, na jejichž zabezpečení vynakládá VS 090 více než 6000 hodin ročně. Informační fond je aktivně využíván jen minimálně, práce s vědeckotechnickými informacemi se dosud nestala nedílnou součástí práce a osobního rozvoje inženýrských i části výzkumných kádrů. Odpovědně je třeba se zamyslet nad úrovní a rozvojem jazykových znalostí příslušníků, protože nízká znalost světových jazyků je jednou z příčin nevyužívání VTEI.

Podstatně pohotověji bude třeba využívat i nové informace, poskytované nám spřátelenými armádami, zejména armádou sovětskou.

8. zasedání ÚV KSČ zdůraznilo, že zavádění výsledků výzkumu do realizace se musí uskutečňovat jako plynulý proces podmíněný těsným spojením a účelným překrýváním činnosti výzkumu, vývoje a vlastní technologické, organizační a kádrové přípravy uživatele — realizačního pracoviště. Dosavadní zkušenosti ukazují, že tento problém je jedním z nejslabších článků naší činnosti — ukázala to ostatně i příprava plánu na rok 1984.

Počet a připravenost kvalifikovaných kádrů u topografické služby opravňuje k požadavku, aby funkcionáři na úrovni ZH-HI, náčelníků středisek a odborů se v rozhodující míře aktivně a s konkrétní odpovědností podíleli na řešení a realizaci výsledků vědeckotechnického rozvoje. K tomu je žádoucí zpřesnit úkoly a osobní rozvoj uvedených funkcionářů. Přitom je třeba odstraňovat institucionální bariéry a prosadit komplexní chápání i realizaci vědeckotechnického rozvoje topografické služby.

Ve zrychlování cyklu výzkum — vývoj — užití nejsou dosud plně využity existující možnosti rozvoje pracovní iniciativy, zejména vynálezeckého a zlepšovateľského hnutí. Přitom zkušenosti posledních let ukazují, že právě touto formou mohou vzniknout unikátní, potřebná řešení. Jako příklad je možno uvést stroj na ovrstvování fólií — KOS I, čpavková vyvolávací zařízení, pasívní grafický displej a další. Je třeba, aby řídicí orgány cílevědoměji a konkrétněji orientovali iniciativu příslušníků k hlavním potřebám a problémům rozvoje.

Nedílnou součástí vědeckotechnického rozvoje je i celý systém materiálně technického zabezpečení a úroveň péče o techniku. Nasycování vojsk novou, moderní technikou znamená rozvíjet celý systém technického zabezpečení ČSLA a jeho materiálně technickou základnu, sloužící k technické přípravě, ošetřování a opravám techniky, k jejímu garážování a ukládání. Zvládnout složitou techniku a udržovat ji v pohotovosti a naprosté provozní spolehlivosti, představuje mnoho práce, úsilí a obětavosti všech příslušníků. Rok od roku však vznikají nové problémy a složitosti, zejména v údržbě této techniky.

Dnes už je každému, kdo chápe všechny důsledky technické revoluce ve vojenství a důsledky využívání vědeckotechnického rozvoje ve vztahu k vojenství, jasné, jak složitě a pracně se trvalá bojeschopnost a spolehlivost techniky zajišťuje. Rozhodující vliv tu má zabezpečování technické přípravy z hlediska správného používání techniky při výcviku, vytváření podmínek pro ošetřování, opravy a ukládání techniky, a to časových, pracovních, investičních apod.

Druhým závažným problémem je úzká spojitost úrovně kázně a pořádku, úrovně uvědomění příslušníků o kázní technologické. Tu představuje přísné dodržování technických podmínek při používání a obsluze techniky a předepsané technologie a norem při údržbě a opravách techniky.

Naším cílem, vedle udržování trvalé, vysoké provozuschopnosti techniky, musí být i účelné prodlužování její životnosti. Je třeba si uvědomit, že na obměnu a modernizaci topografické techniky se vynakládají velké prostředky, značné jsou ztráty zaviněné neodborným ošetřováním techniky.

Zamyslíme-li se nad obsahem 8. zasedání ÚV KSČ, najdeme nemálo podnětů i pro kádrovou práci a přípravu kádrů. Vyhledávání, získávání a příprava mladých talentovaných kádrů, pro výzkumnou a vývojovou práci, přes relativně dobrý stav v naší službě, je i nadále aktuálním úkolem. Rozkaz ministra národní obrany č. 02/1978 a následná nařízení ukládají k roku 1990 dosáhnout patřičné

naplněnosti plánovaných počtů kvalifikovaných kádrů vědeckých i vědeckopedagogických. Tento úkol je v našich podmínkách třeba vidět v souvislosti s tím, že do roku 1990 podstatná část dnešních kádrů dosáhne důchodového věku.

Příznivá je situace v dosažení vědecké kvalifikace. Topografická služba ČSLA má v současnosti:

- 2 příslušníky nositele vědecké hodnosti DrSc.
- 18 příslušníků s kvalifikací kandidáta věd
- 3 příslušníky zařazené do řádné aspirantury
- 7 příslušníků zařazených do externí aspirantury
- 7 nositelů vědeckotechnického atestačního stupně.

Pro zvláště nadané posluchače K 304 VAAZ bylo zřízeno mezioborové studium geodézie — aplikovaná kybernetika, jehož první absolventi již ukončili studium v roce 1983.

Přes tento příznivý stav je třeba intenzivněji vyhledávat schopné kádry pro absolvování řádné a zejména externí aspirantury. Zvážit bude třeba i systém postgraduálního studia a vhodnost zavedení periodických atestací (případně formou třídnosti) pro inženýrské kádry tak, aby vytvářely účinné podněty pro trvalý růst kvalifikace, znalostí příslušníků služby.

Přitom ovšem je nezbytné naplňovat požadavek, aby výchovně vzdělávací proces byl důsledněji spjat s rozvojem ozbrojených sil, vojenské vědy a vojenské techniky. To vyžaduje směleji než dosud vyřazovat z výuky zastaralá, nepotřebná témata a nahrazovat je poznatky, které budou aktuální pro vojáky z povolání za 4—5 let s přihlédnutím k tomu, že absolventům VAAZ musí jejich vědomosti umožnit výkon služby na dalších 5—7 let. Ke stejnému cíli je třeba orientovat praxe posluchačů a více využívat zadávání vhodných, perspektivních témat diplomových prací. Rovněž témata disertačních (habilitačních) prací musí být centrálně koordinována a zpravidla součástí plánů vědeckovýzkumné práce.

Plnění úkolů vojenskovědecké práce bude i nadále spojeno s úsilím a hledáním nových forem v hospodárném a efektivním vynakládání materiálních a finančních prostředků, a to na všech stupních, které tuto práci ovlivňují.

Pochopení, rozpracování a realizace závěrů 8. zasedání ÚV KSČ je politicky vysoce závažný a aktuální úkol.

Při rozpracování a realizaci závěrů zasedání ÚV KSČ je nezbytné, aby byla hluboce pochopena strategická orientace strany na vědeckotechnický rozvoj. Dosáhnout je třeba většího vědomí, že míra využívání vědeckotechnického pokroku představuje v současných podmínkách jednu z rozhodujících oblastí třídního zápasu sil socialismu a imperialismu. Vědeckotechnický rozvoj je svou podstatou spojen s celkovou přeměnou podmínek lidského života v současné epoše přechodu od kapitalismu k socialismu. Navíc výklad jeho podstaty, obsahu v současných podmínkách zostřování ideologického boje tvoří jednu z hlavních oblastí konfrontace marxismu-leninismu s nepřátelskými ideologiemi.

Při vytyčování a realizaci úkolů vědeckotechnického rozvoje topografické služby musíme mít neustále na zřeteli zejména tyto cíle a podmínky: Vědeckotechnický rozvoj TS/ČSLA musí cílevědomě vycházet z rozvoje vojenství, vojenské techniky a konkrétních úkolů a potřeb ČSLA tak, aby topografické zabezpečení bylo vždy na úrovni požadavků doby. Přitom je třeba reálně vidět nadále trvající vysokou závislost na dovozu topografické techniky a materiálů ze zemí socialistického tábora, omezené možnosti čs. výzkumné a výrobní základny. Kategorickým požadavkem je překonání závislosti na dovozu z kapitalistických států.

Za těchto podmínek vyniká nutnost a odpovědnost vlastními silami vypracovat progresivní metody a postupy, jež umožní s limitovanými prostředky a kádry optimálně plnit úkoly topografického zabezpečení ČSLA.

K tomu musí být orientována řídicí a organizátorská práce všech funkcionářů služby. V ní, ve vztahu k vědeckotechnickému rozvoji je třeba, aby se zajišťování a uplatňování VTR stalo základním a nedílným obsahem řídicí, plánovací a organizátorské práce. Je třeba, abychom v krátké době měli pro rozhodující směry rozvoje zpracovány a potvrzeny kvalifikované a reálné koncepce, jež by se staly pro všechny složky top. služby řídicí direktivou. Zvláště naléhavá je tato potřeba pro oblast tvorby a obnovy topografických map, topogeodetické zabezpečení automatizovaných systémů, zásobování vojsk mapami a dále pro rozvoj automatizace vojenskoodborné činnosti služby. Je třeba důsledněji překonávat lokální přístupy a zájmy, důsledně a jednotně prosazovat a zabezpečovat úkoly VTR ve stanoveném pořadí priorit. K jejich řešení pak cílevědomě soustřeďovat nejkvalifikovanější příslušníky a tak dosahovat zkrácení cyklu od zadání do realizace na 2—3 roky.

Provedeme-li kritickou analýzu konkrétního stavu a potřeb vědeckotechnického rozvoje topografické služby, máme řadu dobrých výsledků, ale i rezerv. Dobrá situace a dynamika rozvoje je v oblasti geodézie a geofyziky, vývoje a modernizace pojízdnych souprav, v tvorbě topografických předpisů a pomůcek. Byla schválena reálná koncepce tvorby jednotných a národních speciálních map, její realizace však dosud není ve všech případech cílevědomá. Projevují se nežádoucí tendence přehlížet uživatelskou hodnotu a užitnost a necitlivě nadřazovat hlediska automatizace.

V tvorbě a obnově topografických map nežádoucím směrem narůstá technologická roztržitost, jejímž důsledkem je stále vysoká spotřeba dovozních materiálů. V nežádoucím rozsahu je nadále používána technologie kartografické kresby v pracovním měřítku jako převažující, na úkor progresivní technologie rytí.

Nežádoucím tempem se řeší náročný úkol uplatnění automatizace zpracování kartografických informací pro potřeby tvorby topografických map. Zde bude třeba zkvalitnit práci tvůrčího týmu a v nezbytných případech ho posilovat kvalifikovanými kádry a podstatně zvýšit aktivní účast výrobních útavů na řešení i zavádění nových technologií.

S náročnou cílevědomostí bude třeba urychlit řešení úkolů topografického využití dálkového průzkumu Země a metod fotogrammetrického vyhodnocování s digitálním výstupem, s jednoznačnou orientací ve prospěch tvorby a obnovy topografických a speciálních map, při dosahování maximální unifikace technické základny i metod jak pro DPZ, tak pro fotogrammetrii.

V oboru kartoreprodukce stoupající nedostupnost halogenstříbrných materiálů, zákaz použití zdraví škodlivých látek a dosud neúnosná závislost na dovozu některých limitních materiálů z KS vyžadují, aby všichni správně pochopili a aktivně podpořili vývoj československých technologických i světlocitlivých materiálů a iniciativně řešili jejich uplatnění v technologiích.

V rozvoji topografické techniky bude nezbytné v součinnosti s dalšími pracovišti VVZ/ČSLA intenzivně řešit vývoj a zdokonalování prostředků autonomní orientace a navigace a tomu odpovídající topogeodetické podklady.

Současná situace vyžaduje odpovědně přehodnotit a zpřesnit význam a tempo výstavby Digitálního modelu území. Již teď se ukazuje potřeba sjednocení přístupů ke koncepci, obsahu, určení a požadované přesnosti DMÚ v rámci spojeneckých armád.

Jak již bylo uvedeno, pochopení a zabezpečení dynamického a intenzivního vědeckotechnického rozvoje je krajně naléhavým politickým i vojenským úkolem. Na konkrétních přístupech a výsledcích každý z příslušníků topografické služby ČSLA prokáže svou ochotu, schopnost a způsobilost činy naplňovat vojenskopolitickou linii strany v podmínkách naší služby. Úspěchů se dosáhne tím, že všichni vedoucí funkcionáři i další odborníci služby tyto problémy vezmou za své, konkrétní práci, přístupy a opatřeními.

Spolupráce geodetických služeb socialistických států v oblasti dopplerovských pozorování UDZ

Úvod

Mezinárodní socialistická integrace probíhá ve všech oblastech: ekonomické, vědeckotechnické, vojenské a politicko-ideologické. Nedílnou součástí tohoto vývojového proudu je mezinárodní spolupráce geodetických služeb, která má dlouhou a osvědčenou tradici a s kterou je spjat přechod ke koaličnímu geodetickému systému S-1942.

V současné době se tato spolupráce nejvýrazněji projevila při společném vyrovnání Jednotné astronomicko-geodetické sítě Evropy (JAGS).

V oblasti geodézie a gravimetrie pokračuje průběžná spolupráce geodetických služeb v rámci 4. tématu mnohostranné vědeckotechnické spolupráce GSSS „Budování velmi přesných geodetických a gravimetrických sítí“.

Na základě usnesení XI. konference GSSS v Havaně r. 1980 proběhlo v Moskvě od 28. 3. do 2. 4. 1983 setkání představitelů GSSS pro řešení úkolů tématu č. 4. Na tomto pracovním setkání byly řešeny otázky spjaté s hodnocením a využitím výsledků vyrovnání JAGS, s modernizací geodetických sítí, využití dopplerovské technologie pro modernizaci sítí, problematika modernizace gravimetrických sítí a zavádění slapových oprav, činnost v oblasti velmi přesných nivelačních sítí a současných pohybech zemské kůry. Představitelé jednotlivých služeb referovali o dosažených výsledcích v uvedených oblastech. Na závěr setkání byly přijaty společné programové dokumenty a pracovní plány. [1]

V hodnocení současných metodik pro modernizaci geodetických sítí získává s vývojem dopplerovské technologie svůj význam kombinace povrchových klasických a družicových (dopplerovských) údajů. GSSS, vedeny snahou o využití nových technologií, zabezpečily v rámci vzájemné spolupráce projekční a poloprovozní ověření technologie. Článek informuje o současném stavu a předpokládaných společných pracích.

1. Projekt dopplerovských pozorování v provozní síti kosmické triangulace

Vzhledem ke zkušenostem v praktických aplikacích dopplerovské technologie v rámci prací observatoře kosmické geodézie (Penc, MLR) byla první verze projektu společných dopplerovských pozorování zpracována GS MLR. Na základě této varianty a výsledků společných kalibračních měření v MLR zpracovala GS SSSR „Projekt 1. etapy dopplerovských pozorování v provozní síti kosmické triangulace“.

Realizace projektu přinese jednak další zkušenosti v této oblasti a vytvoření základní sítě, kterou bude možné v dalším průběhu prací zhušťovat jak vcelku, tak i na území jednotlivých zemí.

Projekt GS SSSR předpokládá využití 5 UDZ navigačního systému NNSS (Navy Navigation Satellite System) s polární oběžnou dráhou ve výšce 1100 km nad povrchem Země. Dopplerovské UDZ vysílají stabilní frekvenci o 150 a 400 MHz, časové signály, dráhové elementy (efemeridy), tzv. „komerční“, v systému WGS 72, charakterizované střední chybou $\pm 20-30$ m. Dráhové korekce těchto efemerid jsou zaváděny každých 12 hodin.

Systém souřadnic WGS 72 (World Geodetic System 1972) je definován elipsoidem o parametrech:

$$a = 6\,378\,145 \text{ m}$$

$$\alpha = 1 : 298,25,$$

geocentrickými souřadnicemi X, Y, Z injektážních stanic s absolutní přesností $\pm 3-5$ m, parametry tíhového pole Země, které vstupují do výpočtu prognózovaných efemerid. Kromě odkrytých (komerčních) efemerid jsou dráhy UDZ systému ± 2 m. Tyto efemeridy však nejsou dostupné.

Dopplerovské pozorování může probíhat za jakéhokoli počasí a v kterékoli denní době. Na základě zkušeností dopplerovské kampaně WEDOC (West-East Doppler Observation Campaign) a maďarských ověřovacích výpočtů se předpokládá, že na každém bodu provozní sítě kosmické triangulace PSKT lze registrovat denně 15–25 průchodů v rozmezí úhlů 20° – 70° nad horizontem. Při současném pozorování na několika bodech bude dosaženo 60–70% vícenásobné synchronnosti (multilokační metodika).

2. Přístrojové vybavení, metoda pozorování a zpracování výsledků

Pro velmi přesná dopplerovská měření bude využito několika typů pozemních přijímačů: JMR 1A, JMR 4A, CMA-722B, CMA-751, CMA-761 a MX-1502. Uvedené přijímače jsou v užívání geodetických služeb a institucí akademií věd socialistických států. GS PLR vyvinula vlastní dopplerovský přijímač, který byl zkonstruován na družicové stanici Borowiec a již pracoval v rámci mezinárodního geodynamického projektu. Celkově může však být nasazeno 8–12 přijímačů.

Metody určení polohy bodů jsou

- a) neorbitální,
- b) orbitální.

V **neorbitálních metodách** jsou komerční (vysílané, odkryté) efemeridy považovány za definitivní, a proto nevstupují do vyrovnání za účelem jejich zpřesnění. Lze použít těchto postupů:

– **připojení izolovaného bodu**, při kterém se souřadnice každého bodu určují nezávisle na bodech ostatních; dosažitelná přesnost absolutních určení polohy je 2–3 m, přesnost ve vzájemné poloze bodů 4–8 m; tento postup není vhodný v dostatečně geodeticky zabezpečených územích;

– **translokace**, kdy 2 přijímače registrují signály z téže (společné) dráhy UDZ; přesnost absolutního určení polohy je 2–3 m, vzájemná poloha stanic, určená z totožných úseků drah UDZ, je 0,5–1,5 m v závislosti na počtu pozorování; jestliže není dosaženo exaktní translokace, pak je vzájemná přesnost 1–2 m;

– **multilokace** je obdobou translokace, ovšem pozorování (registrace) společného úseku dráhy se zúčastní více stanic než dvě, v závislosti na počtu pozorování je absolutní připojení s přesností 1,5 až 3 m, vzájemná poloha stanic pak s přesností 0,4–1,0 m při dodržení exaktní translokace, tj. každá společná část dráhy UDZ je registrována minimálně 2 stanicemi.

Při **orbitálních metodách** určení polohy se do vyrovnání zahrnují kromě určovaných souřadnic pozemních bodů také dráhové souřadnice (efemeridy) UDZ.

Používají se dva postupy:

– **zjednodušená metoda „krátkého oblouku“**, při níž se ke každému registrovanému oblouku (úseku dráhy UDZ) určují v průběhu vyrovnání tři opravy souřadnic UDZ. Přesnost vzájemné polohy při multilokaci je 0,3–0,8 m. Metoda je efektivní pro sítě o rozměru do 1000 km;

– **metoda krátkého oblouku**, při níž se kromě tří oprav připojovaných k souřadnicím UDZ k počáteční epoše určují další tři opravy, které upřesňují orientaci dráhy UDZ. Přesnost vzájemného určení polohy touto metodou dosahuje při multilokaci 0,3–0,7 m.

Předmětem dalšího výzkumu budou otázky vlivu rozměrů prostorové konstrukce sítě na přesnost určení bodů sítě, vliv podmínek prostředí na šíření elektromagnetického rádiového signálu UDZ, které mají velký význam při neorbitálních metodách. Předpokladem společných měření je provedení kalibračních měření s přijímači, které budou použity v rámci těchto měření.

Kalibrační měření tohoto typu již proběhlo v r. 1982 v MLR (observatoř Penc) pod mezinárodním označením DCCP (Doppler Calibration Campaign Penc). Smyslem tohoto měření bylo vzájemné porovnání přijímačů geodetických služeb a Akademií na srovnávacím mikropolygonu Penc (Interkosmos). Pozorování proběhla ve 4 variantách, jejichž výsledky byly zpracovány různými postupy, tj. mikroprocesory, které jsou součástí přijímačů, a programem MLR „SADOSA“. Výsledkem zpracování jsou tyto závěry:

– přesnost určení dopplerovského počtu N je přibližně stejná pro všechny zúčastněné přijímače a pohybuje se v mezích 0,1–0,3;

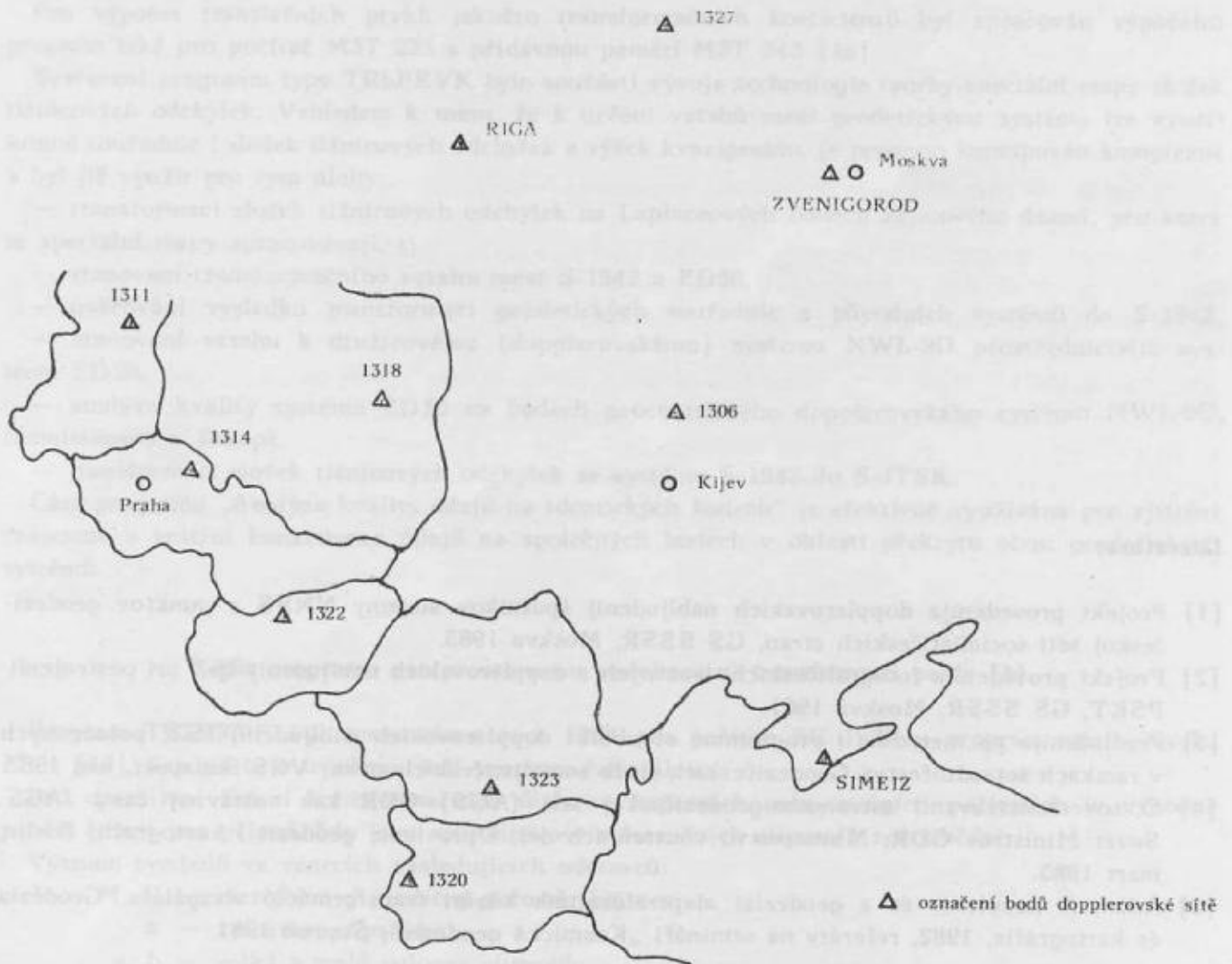
- časové zpoždění přijímačů je cca 100 mikrosekund, v analýze tohoto jevu se bude pokračovat;
- bude pokračovat výzkum systematických rozdílů ve fázových centrech antén;
- zúčastněné přijímače se mohou vzhledem ke svým technickým parametrům zúčastnit společných měření pro geodetické cíle;
- snahou bude dosáhnout max. počet synchronních pozorování při vyloučení těch drah, které mají kulminační bod větší než 70° a menší než $15^\circ - 20^\circ$;
- nejvhodnější metodou pro společná pozorování bude metoda multilokace a pro zpracování pak multilokační programy, zatímco výsledky mikroprocesorových zpracování jsou vhodné pro kontrolu výsledků v poli;
- pro zpracování výsledků měření je vhodné zabezpečit komplex programů pro předběžná zpracování a standardní tok informací pro příjem a předání údajů v rámci společného zpracování.

Společná kalibrace přijímačů je předpokladem dosažení decimetrové přesnosti. Projekt GS SSSR předpokládá postup výpočetního zpracování ve dvou etapách:

1. dekódování a filtrace počáteční informace,
2. souborné vyrovnání souřadnic dopplerovských bodů.

Vyrovnání výsledků multilokace a translokace se předpokládá na počítačích. Vzhledem ke zkušenostem GS MLR a vyvinutým programům, které lze adaptovat na nejvíce používané formáty, je účelné jejich zavedení jakožto standardů pro práce v PSTK.

Pro úspěšné řešení úloh je třeba, aby vyrovnání proběhla různými a nezávislými metodami a výpočetními programy. K dispozici jsou programy firem JMR a CMS, komplex programů MLR „SADOSA“ a dále programy GS NDR pro určení dráhových elementů POTSDAM-4.



Obr. 1. První etapa budování dopplerovské sítě pro kontrolu a zpevnění JAGS.

Cílem společných dopplerovských pozorování GSSS je zvládnutí nových technických prostředků a metod družicové geodézie, dále pak získání geodetických informací, které umožní kontrolu a zpevnění (dosažení vyššího stupně vnitřní konzistence) Jednotné astronomicko-geodetické sítě. Dopplerovská technologie v současné době jako jediná umožňuje řešení úlohy stanovení a sjednocení měřítka, orientace a polohy JAGS v prostoru, v geocentrickém systému souřadnic. Společná měření se předpokládají v r. 1984 (absolutní přesnost $\pm 1-2$ m, relativní přesnost $\pm 0,3-0,7$ m v systému WGS-72), zpracování výsledků měření pak v r. 1985-86.

Popsaný projekt prací svědčí o cílevědomé orientaci GSSS na progresivní metodiky budování a modernizace klasických geodetických sítí a o perspektivě dalšího vývoje JAGS ke geocentrickému prostorovému geodetickému systému. K využití dopplerovské technologie pro zpřesnění národních částí JAGS jsou připravovány projekty a již realizovány předběžné práce v GS MLR, NDR, BLR a PLR [2], [3], [4], [5].

Literatura:

- [1] Projekt provedení dopplerovských nabljudenij sputnikov sistemy NNSS s punktov geodezičeskoj seti socialističeskich stran, GS SSSR, Moskva 1983.
- [2] Projekt provedení fotografičeskich, lazernych a dopplerovskich nabljudenij ISZ pri postrojenii PSKT, GS SSSR, Moskva 1981.
- [3] Predloženiya po metodike i programme obrabotki dopplerovskich nabljudenij ISZ, polučennyh v ramkach sotrudničestva Geodezičeskich služb socialističeskich stran, VGS Budapešť, maj 1982.
- [4] O soveršenstvovanii astronomo-geodezičeskoj seti (AGS) GDR kak sostavnoj časti JAGS, Sovet Ministrov GDR, Ministerstvo vnutrennich del, Upravlenie geodezii i kartografii, Berlin, mart 1983.
- [5] Ádám A doppleres és a geodéziai alaptrálozatunk közöti transformáció vizsgálata, Geodézia és kartográfia, 1982, referáty na seminári „Kosmická geodézie“, Šoproň 1981.

Perspektivní metody a postupy pro určování transformačních vztahů mezi geodetickými systémy (část II)

Úvod

V první části článku, která vyšla ve Sborníku topografické služby MNO č. 1/83, jsme se zabývali popisem prostorové podobnostní ortogonální transformace. Ukázány byly dva nejdůležitější modely této transformace a popsány její základní vlastnosti.

Pro tuto transformaci byl ve VTOPÚ zpracován výpočetní program TRL-PRVK pro počítač EC-1033, který řeší úlohy:

- výpočet translačních prvků z geodetických souřadnic obou systémů,
- výpočet translačních prvků ze složek tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu obou systémů,
- výpočet translačních prvků, rotačních prvků a měřítka vyrovnáním z geodetických souřadnic a výšek kvazigeoidu v obou systémech,
- výpočet translačních prvků, rotačních prvků a měřítka vyrovnáním z tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu v obou systémech.

Pro výpočet translačních prvků jakožto transformačních koeficientů byl zpracován výpočetní program také pro počítač M3T 225 s přídatnou pamětí M3T 243 [16].

Sestavení programu typu TRLPRVK bylo součástí vývoje technologie tvorby speciální mapy složek tížnicových odchylek. Vzhledem k tomu, že k určení vztahů mezi geodetickými systémy lze využít kromě souřadnic i složek tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu, je program koncipován komplexně a byl již využit pro tyto úlohy:

- transformaci složek tížnicových odchylek na Laplaceových bodech zájmového území, pro které se speciální mapy zpracovávají, tj.
- stanovení transformačního vztahu mezi S-1942 a ED50,
- ověřování výsledků transformací geodetických souřadnic z původních systémů do S-1942,
- stanovení vztahu k družicovému (dopplerovskému) systému NWL-9D prostřednictvím systému ED50,
- analýzu kvality systému ED50 na bodech geocentrického dopplerovského systému NWL-9D, rozmístěných v Evropě,
- transformaci složek tížnicových odchylek ze systému S-1942 do S-JTSK.

Část programu „Analýza kvality údajů na identických bodech“ je efektivně využívána pro zjištění vzájemné a vnitřní konzistence údajů na společných bodech v oblasti překrytu obou geodetických systémů.

Popis programu pro prostorovou podobnostní transformaci podle [1]

Program TRLPRVK byl zpracován v roce 1981 pro počítač EC 1033 v programovacím jazyku PL/1 [12]. Jak již bylo uvedeno, řeší program řadu úloh.

Pro operativní řešení transformačních úloh na kapesních nebo stolních počítačích je výhodné použít řešení pro případ, kdy jsou souřadné osy referenčních elipsoidů rovnoběžné.

Význam symbolů ve vzorcích následujících odstavců:

- M, N – meridiánový a příčný poloměr křivosti
- a – zploštění elipsoidu
- a, b – velká a malá poloosa elipsoidu
- e – první excentricita elipsoidu
- $\delta x_o, \delta y_o, \delta z_o$ – translační prvky

ξ_o, η_o, ν_o — rotační prvky
 μ_o — měřítko
 B_i, L_i — geodetické souřadnice i -tého bodu
 H_i — elipsoidická výška i -tého bodu
 h_i — normální (niveleovaná, nadmořská) výška i -tého bodu
 X_{oi}, Y_{oi}, Z_{oi} — pravouhlé prostorové souřadnice v původním systému
 ξ_i, η_i — složky tížnicových odchylek
 ζ_i — výška kvazigeoidu (přičemž $H_i = h_i + \zeta_i$)
 $\nu_{xi}, \nu_{yi}, \nu_{zi}$ — opravy k aritmetickému průměru pro translační prvky

$$\nu_{xi} = \delta x_o - \delta x_{oi}$$

$$\nu_{yi} = \delta y_o - \delta y_{oi}$$

$$\nu_{zi} = \delta z_o - \delta z_{oi}$$

Veličiny s pruhem náleží ke geodetickému systému, do něhož transformujeme:

$$\begin{aligned} \delta a &= \bar{a} - a & \delta \alpha &= \bar{\alpha} - \alpha & \delta e^2 &= \bar{e}^2 - e^2 \\ \delta B_i &= \bar{B}_i - B_i & \delta \xi_i &= \bar{\xi}_i - \xi_i & \delta \xi_i &= -(B_i - \bar{B}_i) \\ \delta L_i &= \bar{L}_i - L_i & \delta \eta_i &= \bar{\eta}_i - \eta_i & \delta \eta_i &= -(\bar{L}_i - L_i) \cos B_i \end{aligned}$$

$$\delta B = -\delta \xi_i$$

$$\delta L_i = -\frac{\delta \eta_i}{\cos B_i}$$

$$\delta \zeta_i = \bar{\zeta}_i - \zeta_i = \bar{H}_i - H_i = (h_i - \bar{\zeta}_i) - (h_i - \zeta_i)$$

1. 1. Rotační osy elipsoidů jsou rovnoběžné (explicitní řešení)

Program vypočte translační prvky (posuny) $\delta x_o, \delta y_o, \delta z_o$ pro každý identický bod z geodetických souřadnic nebo ze složek tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu. Výsledné posuny ve směru souřadných os jsou aritmetickým průměrem hodnot translačních prvků určených pro každý identický bod.

Použité vztahy:

a) Výpočet translačních prvků z geodetických souřadnic $\bar{B}_i, \bar{L}_i, \bar{H}_i, B_i, L_i, H_i$

$$\begin{aligned} \delta x_{oi} &= \frac{1}{\rho''} (M_i + H_i) \sin B_i \cos L_i \delta B_i + \frac{1}{\rho''} (N_i + H_i) \cos B_i \sin L_i \delta L_i - \delta H_i \cos B_i \cos L_i - \\ &- \frac{N_i}{a} \delta a \cos B_i \cos L_i - \frac{M_i \sin^2 B_i}{1 - e^2} \cos B_i \cos L_i \delta \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta y_{oi} &= \frac{1}{\rho''} (M_i + H_i) \sin B_i \sin L_i \delta B_i - \frac{1}{\rho''} (N_i + H_i) \cos B_i \cos L_i \delta L_i - \delta H_i \cos B_i \sin L_i - \\ &- \frac{N_i}{a} \delta a \cos B_i \sin L_i - \frac{M_i \sin^2 B_i}{1 - e^2} \cos B_i \sin L_i \delta \alpha \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta z_{oi} &= -\frac{1}{\rho''} (M_i + H_i) \cos B_i \delta B_i - \delta H_i \sin B_i - \frac{N_i}{a} (1 - e^2) \sin B_i \delta a - \\ &- (M_i \sin^2 B_i - 2 N_i) \sin B_i \delta \alpha \end{aligned}$$

b) Výpočet translačních prvků ze složek tížnicových odchylek $\bar{\xi}_i, \bar{\eta}_i, \xi_i, \eta_i$, a výšek kvazigeoidu $\bar{\zeta}_i, \zeta_i$ dvou systémů:

$$\delta x_{oi} = -\frac{1}{\rho''} (M_i + H_i) \sin B_i \cos L_i \delta \xi_i - \frac{1}{\rho''} (N_i + H_i) \cos L_i \cdot \delta \eta_i - \delta H_i \cos B_i \cos L_i - \\ - \frac{N_i}{a} \delta a \cos B_i \cos L_i - \frac{M_i \sin^2 B_i}{1 - e^2} \sin B_i \cos L_i \delta \alpha$$

$$\delta y_{oi} = -\frac{1}{\rho''} (M_i + H_i) \sin B_i \sin L_i \delta \xi_i + \frac{1}{\rho''} (N_i + H_i) \cos L_i \cdot \delta \eta_i - \delta H_i \cos B_i \sin L_i - \\ - \frac{N_i}{a} \delta a \cos B_i \sin L_i - \frac{M_i \sin^2 B_i}{1 - e^2} \cos B_i \sin L_i \delta \alpha$$

$$\delta z_{oi} = \frac{1}{\rho''} (M_i + H_i) \cos B_i \delta \xi_i - \delta H_i \sin B_i - \frac{N_i}{a} (1 - e^2) \cdot \sin B_i \delta a - \\ - (M_i \sin^2 B_i - 2 N_i) \sin B_i \delta \alpha$$

c) Výsledné hodnoty translačních prvků jsou

$$\delta x_o = \frac{\sum_{i=1}^n \delta x_{oi}}{n} \quad m_x = \pm \sqrt{\frac{[v_x v_x]}{n(n-1)}}$$

$$\delta y_o = \frac{\sum_{i=1}^n \delta y_{oi}}{n} \quad m_y = \pm \sqrt{\frac{[v_y v_y]}{n(n-1)}}$$

$$\delta z_o = \frac{\sum_{i=1}^n \delta z_{oi}}{n} \quad m_z = \pm \sqrt{\frac{[v_z v_z]}{n(n-1)}}$$

1. 2. Rotační osy elipsoidů jsou v obecné poloze (implicitní řešení)

Program vypočte translační prvky ($\delta x_o, \delta y_o, \delta z_o$), rotační prvky (ξ_o, η_o, v_o) a měřítko (μ_o) z geodetických souřadnic, tížnicových odchylek a kvazigeoidu vyrovnáním MNČ. Vychází se z rovnic uvedených v [1], přičemž skladba programu umožňuje přechod z obecného sedmiprvkového řešení na zvláštní s omezeným počtem vybraných prvků:

$$(M_i + H_i) \delta B_i = (\delta x_o + v_o Y_{oi} + \xi_o Z_{oi} + \mu_o X_{oi}) \sin B_i \cos L_i + (\delta y_o - \xi_o X_{oi} + \eta_o Z_{oi} + \\ + \mu_o Y_{oi}) \sin B_i \sin L_i - (\delta z_o - \xi_o X_{oi} - \eta_o Y_{oi} + \mu_o Z_{oi}) \cos B_i + \\ + e^2 \frac{N_i}{a} \sin B_i \cos B_i \delta a + (N_i + \frac{M_i}{1 - e^2}) \sin B_i \cos B_i \delta \alpha$$

$$(N_i + H_i) \cos B_i \delta L_i = (\delta x_o + v_o Y_{oi} + \xi_o Z_{oi} + \mu_o X_{oi}) \sin L_i - (\delta y_o - v_o X_{oi} + \eta_o Z_{oi} + \\ + \mu_o Y_{oi}) \cos L_i$$

$$\delta H_i = -(\delta x_o + v_o Y_{oi} + \xi_o Z_{oi} + \mu_o X_{oi}) \cos B_i \cos L_i - (\delta y_o - v_o X_{oi} + \eta_o Z_{oi} + \\ + \mu_o Y_{oi}) \cos B_i \sin L_i - (\delta z_o - \xi_o X_{oi} - \eta_o Y_{oi} + \mu_o Z_{oi}) \sin B_i - \frac{a}{N_i} \delta a + \\ + N_i \sin^2 B_i \delta \alpha$$

Úpravou těchto rovnic byly získány rovnice oprav:

a) ze souřadnic a kvazigeoidu

$$(M_i + H_i) \delta B_i - \sin B_i \cos L_i \delta x_o - \sin B_i \sin L_i \delta y_o + \cos B_i \delta z_o - (Z_{oi} \sin B_i \cos L_i + X_{oi} \cos B_i) \xi_o - (Z_{oi} \sin B_i \sin L_i + Y_{oi} \cos B_i) \eta_o - (Y_{oi} \sin B_i \cos L_i - X_{oi} \sin B_i \sin L_i) \nu_o - (X_{oi} \sin B_i \cos L_i + Y_{oi} \sin B_i \sin L_i - Z_{oi} \cos B_i) \mu_o - e^2 \frac{N_i}{a} \sin B_i \cos B_i \delta a - (N_i + \frac{M_i}{1 - e^2}) \sin B_i \cos B_i \delta \alpha = v_i^B$$

$$(N_i + H_i) \cos B_i \delta L_i - \sin L_i \delta x_o + \cos L_i \delta y_o - Z_{oi} \sin L_i \xi_o + Z_{oi} \cos L_i \eta_o - (Y_{oi} \sin L_i + X_{oi} \cos L_i) \nu_o - (X_{oi} \sin L_i - Y_{oi} \cos L_i) \mu_o = v_i^L$$

$$\delta H_i + \cos B_i \cos L_i \delta x_o + \cos B_i \sin L_i \delta y_o + \sin B_i \delta z_o - (X_{oi} \sin B_i - Z_{oi} \cos B_i \cos L_i) \xi_o - (Y_{oi} \sin B_i - Z_{oi} \cos B_i \sin L_i) \eta_o - (X_{oi} \cos B_i \sin L_i - Y_{oi} \cos B_i \cos L_i) \nu_o + (X_{oi} \cos B_i \cos L_i + Y_{oi} \cos B_i \sin L_i + Z_{oi} \sin B_i) \mu_o + \frac{a}{N_i} \delta a - N_i \sin^2 B_i \delta \alpha = v_i^H$$

b) z tížnicových odchylek a kvazigeoidu

$$(M_i + H_i) \delta \xi_i + \sin B_i \cos L_i \delta x_o + \sin B_i \sin L_i \delta y_o - \cos B_i \delta z_o + (Z_{oi} \sin B_i \cos L_i + X_{oi} \cos B_i) \xi_o + (Z_{oi} \sin B_i \sin L_i + Y_{oi} \cos B_i) \eta_o + (Y_{oi} \sin B_i \cos L_i - X_{oi} \sin B_i \sin L_i) \nu_o + (X_{oi} \sin B_i \cos L_i + Y_{oi} \sin B_i \sin L_i - Z_{oi} \cos B_i) \mu_o + e^2 \frac{N_i}{a} \sin B_i \cos B_i \delta a + (N_i + \frac{M_i}{1 - e^2}) \sin B_i \cos B_i \delta \alpha = v_i^\xi$$

$$(N_i + H_i) \delta \eta_i + \sin L_i \delta x_o - \cos L_i \delta y_o + Z_{oi} \sin L_i \xi_o - Z_{oi} \cos L_i \eta_o + (Y_{oi} \sin L_i + X_{oi} \cos L_i) \nu_o + (X_{oi} \sin L_i - Y_{oi} \cos L_i) \mu_o = v_i^\eta$$

$$- \delta \zeta_i + \cos B_i \cos L_i \delta x_o + \cos B_i \sin L_i \delta y_o + \sin B_i \delta z_o - (X_{oi} \sin B_i - Z_{oi} \cos B_i \cos L_i) \xi_o - (Y_{oi} \sin B_i - Z_{oi} \cos B_i \sin L_i) \eta_o - (X_{oi} \cos B_i \sin L_i - Y_{oi} \cos B_i \cos L_i) \nu_o + (X_{oi} \cos B_i \cos L_i + Y_{oi} \cos B_i \sin L_i + Z_{oi} \sin B_i) \mu_o + \frac{a}{N_i} \delta a - N_i \sin^2 B_i \delta \alpha = v_i^\zeta$$

Implicitní řešení spočívá v řešení i trojice rovnic oprav, tak jak jsou uvedeny v bodech a) nebo b). K vyrovnání zprostředkujících pozorování podle metody nejmenších čtverců s určením oprav, neznámých $\delta x_o, \delta y_o, \delta z_o; \xi_o, \eta_o, \nu_o, \mu_o$ a váhových koeficientů byla použita procedura MTORTI z [11]. Procedura MTORTI podrobí vstupní blokovou matici modifikované Gram-Schmidtově ortogonalizaci, volitelně zpřesňované doortogonalizací. Vlastní ortogonalizační algoritmus spočívá v cyklickém přetváření sloupců blokové matice Q typu $(m_1 + m_2) = (n_1 + n_2)$ se submaticemi $Q_{11}(m_1 \cdot n_1), Q_{12}(m_1 \cdot n_2), Q_{21}(m_2 \cdot n_1), Q_{22}(m_2 \cdot n_2), (m_1 > \emptyset, n_1 > \emptyset, m_2 \geq \emptyset, n_2 > \emptyset)$, na sloupce matice W analogické struktury

$$Q = \left[\begin{array}{c|c} Q_{11} & Q_{12} \\ \hline Q_{21} & Q_{22} \end{array} \right] \begin{array}{l} m_1 \\ m_2 \end{array} \Rightarrow \left[\begin{array}{c|c} W_{11} & W_{12} \\ \hline W_{21} & W_{22} \end{array} \right] = W$$

$n_1 \quad n_2$

Ortogonalizační schéma pro vyrovnání zprostředkujících pozorování s rovnicemi oprav, které byly předem převedeny na standardní tvar

$$v = Q \cdot x + 1,$$

pak vypadá následovně

$$\left[\begin{array}{c|c} Q & l \\ \hline E & \emptyset \end{array} \right] \Rightarrow \left[\begin{array}{c|c} R & v \\ \hline S & x \end{array} \right]$$

Význam symbolů:

- $Q (m_1 \times n_1)$ – matice koeficientů o hodnotě $r = n_1 \leq m_1$,
- $E (m_2 \times n_1)$ – jednotková matice,
- $l (m_1 \times 1)$ – vektor absolutních členů,
- $\emptyset (m_2 \times 1)$ – nulový vektor,
- $v (m_1 \times 1)$ – vektor oprav,
- $x (m_2 \times 1)$ – vektor neznámých,
- $S (m_2 \times n_1)$ – matice prvků pro výpočet váhových koeficientů neznámých,

kde

$$m_2 = n_1.$$

Výsledkem orthogonalizace je tedy bloková matice, v jejímž pravém sloupci jsou uloženy hledané opravy a neznámé. Submatice S je použita k výpočtu váhových koeficientů neznámých (součiny řádků matice S), pomocí nichž jsou určeny střední chyby neznámých:

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{3m_1 - 3}}$$

$$m_{\delta_{x_0}} = m_o \sqrt{S_{11}}, m_{\delta_{y_0}} = m_o \sqrt{S_{22}}, m_{\delta_{z_0}} = m_o \sqrt{S_{33}},$$

$$m_{\zeta_0} = m_o \sqrt{S_{44}}, m_{\eta_0} = m_o \sqrt{S_{55}}, m_{v_0} = m_o \sqrt{S_{66}}.$$

Stejný matematický model i aparát řešení program používá v případě, že výsledkem vyrovnání má být menší počet vyrovnaných neznámých, než je plný počet 7. Přeje-li si uživatel, program počítá vyrovnání tak, že jeho výsledkem jsou čtyři, pět nebo šest libovolných neznámých ze sedmi. Výpočty s variabilním počtem transformačních prvků jsou zvláště výhodné při analýze vlastností a kvality údajů na identických bodech obou systémů a charakteristik systémů vůbec.

1. 3. Výpočet transformovaných hodnot, jsou-li translační posuny již známy

Translační prvky vypočtené v bodě 1. 1. umožňují převody veličin mezi geodetickými systémy. Výsledkem transformace jsou geodetické souřadnice B, L, H , eventuálně tížnicové odchylky a odlehlost kvazigeoidu v jiném geodetickém systému.

a) transformace souřadnic

$$B_i'' - B_i' = \delta B_i'' = \rho'' \cdot \frac{\delta x_o}{(M_i + H_i)} \sin B_i \cos L_i + \rho'' \cdot \frac{\delta y_o}{(M_i + H_i)} \sin B_i \sin L_i - \rho'' \cdot \frac{\delta z_o}{(M_i + H_i)} \cos B_i + \rho'' \cdot e^2 \cdot \frac{N_i}{(M_i + H_i) a} \sin B_i \cos B_i \delta a + \rho'' \cdot \frac{\left(N_i + \frac{M_i}{1 - e^2}\right)}{(M_i + H_i)} \cdot \sin B_i \cos B_i \delta \alpha$$

$$\bar{L}_i'' - L_i' = \delta L_i = \rho'' \cdot \frac{\delta x_o}{(N_i + H_i) \cos B_i} \sin L_i - \rho'' \cdot \frac{\delta y_o}{(N_i + H_i) \cos B_i} \cos L_i$$

b) transformace složek tížnicových odchylek

$$\bar{\xi}_i'' - \xi_i' = \delta \xi_i'' = -\rho'' \cdot \frac{\delta x_o}{(M_i + H_i)} \sin B_i \cos L_i - \rho'' \cdot \frac{\delta y_o}{(M_i + H_i)} \sin B_i \sin L_i + \rho'' \cdot \frac{\delta z_o}{(M_i + H_i)} \cos B_i - \rho'' \cdot e^2 \frac{N_i}{(M_i + H_i) a} \sin B_i \cos B_i \delta a - \rho'' \cdot \frac{\left(N_i + \frac{M_i}{1 - e^2}\right)}{(M_i + H_i)} \cdot \sin B_i \cos B_i \delta \alpha$$

$$\bar{\eta}_i'' - \eta_i' = \delta \eta_i'' = -\rho'' \cdot \frac{\delta x_o}{(N_i + H_i)} \sin L_i + \rho'' \cdot \frac{\delta y_o}{(N_i + H_i)} \cos L_i$$

c) transformace výšky kvazigeoidu

$$\bar{H}_i - H_i = \delta \zeta_i = -\delta x_o \cos B_i \cos L_i - \delta y_o \cos B_i \sin L_i - \delta z_o \sin B_i - \frac{a}{N_i} \delta a + N_i \sin^2 B_i \delta \alpha$$

1. 4. Výpočet transformovaných hodnot, jsou-li některé z translačních, rotačních prvků nebo měřítka už známé

Translační prvky, rotační prvky a měřítka určené v bodě 1. 2. umožňují převody veličin mezi geodetickými systémy. Výsledkem transformace jsou geodetické souřadnice B, L, H , eventuálně tížnicové odchylky a odlehlost kvazigeoidu v novém systému.

a) transformace souřadnic

$$\delta B_i'' = \rho'' \cdot \frac{\delta x_o}{M_i + H_i} \sin B_i \cos L_i + \rho'' \cdot \frac{\delta y_o}{M_i + H_i} \sin B_i \sin L_i - \rho'' \cdot \frac{\delta z_o}{M_i + H_i} \cos B_i + \rho'' \cdot \frac{Z_{oi} \sin B_i \cos L_i + X_{oi} \cos B_i}{M_i + H_i} \cdot \xi_o +$$

$$\begin{aligned}
& + \rho'' \cdot \frac{Z_{oi} \sin B_i \sin L_i + Y_{oi} \cos B_i}{M + H_i} \eta_o + \\
& + \rho'' \cdot \frac{Y_{oi} \sin B_i \cos L_i - Z_{oi} \sin B_i \sin L_i}{M + H_i} \cdot v_o + \\
& + \rho'' \cdot \frac{X_{oi} \sin B_i \cos L_i + Y_{oi} \sin B_i \sin L_i - Z_{oi} \cos B_i}{M + H_i} \mu_o + \\
& + \rho'' \cdot e^2 \cdot \frac{z}{(M_i + H_i) a} \sin B_i \cos B_i \delta a + \rho'' \cdot \frac{\left(N_i + \frac{M_i}{1 - e^2}\right)}{M_i + H_i} \cdot \sin B_i \cos B_i \delta \alpha
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta L_i'' &= \rho'' \cdot \frac{\delta x_o}{(N_i + H_i) \cos B_i} \sin L_i - \rho'' \frac{\delta y_o}{(N_i + H_i) \cos B_i} \cos L_i + \\
& + \rho'' \cdot \frac{Z_{oi} \sin L_i}{(N_i + H_i) \cos B_i} \cdot \xi_o - \rho'' \cdot \frac{Z_{oi} \cos L_i}{(N_i + H_i) \cos B_i} \eta_o + \\
& + \rho'' \cdot \frac{Y_{oi} \sin L_i - X_{oi} \cos L_i}{(N_i + H_i) \cos B_i} \cdot v_o + \rho'' \cdot \frac{X_{oi} \sin L_i - Y_{oi} \cos L_i}{(N_i + H_i) \cos B_i} \cdot \mu_o
\end{aligned}$$

b) transformace složek tížnicové odchylky

$$\begin{aligned}
\delta \xi_i'' &= - \rho'' \cdot \frac{\delta x_o}{M_i + H_i} \sin B_i \cos L_i - \rho'' \frac{\delta y_o}{M_i + H_i} \sin B_i \sin L_i + \\
& + \rho'' \frac{\delta z_o}{M_i + H_i} \cos B_i - \rho'' \frac{Z_{oi} \sin B_i \cos L_i + X_{oi} \cos B_i}{M_i + H_i} \cdot \xi_o - \\
& - \rho'' \cdot \frac{Z_{oi} \sin B_i \sin L_i + Y_{oi} \cos B_i}{M_i + H_i} \eta_o - \\
& - \rho'' \cdot \frac{Y_{oi} \sin B_i \cos L_i - X_{oi} \sin B_i \sin L_i}{M_i + H_i} v_o - \\
& - \rho'' \cdot \frac{X_{oi} \sin B_i \cos L_i + Y_{oi} \sin B_i \sin L_i - Z_{oi} \cos B_i}{M_i + H_i} \cdot \mu - \\
& - \rho'' \cdot e^2 \cdot \frac{N_i}{(M_i + H_i) a} \sin B_i \cos B_i \delta a - \rho'' \cdot \frac{N_i + \frac{M_i}{1 - e^2}}{M_i + H_i} \cdot \sin B_i \cos B_i \delta \alpha
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\delta \eta_i'' &= - \rho'' \cdot \frac{\delta x_o}{N_i + H_i} \sin L_i + \rho'' \cdot \frac{\delta y_o}{N_i + H_i} \cos L_i - \rho'' \frac{Z_{oi} \sin L_i}{N_i + H_i} \cdot \xi_o + \\
& + \rho'' \cdot \frac{Z_{oi} \cos L_i}{N_i + H_i} \cdot \eta_o - \rho'' \cdot \frac{Y_{oi} \sin L_i + X_{oi} \cos L_i}{N_i + H_i} v_o - \\
& - \rho'' \cdot \frac{X_{oi} \sin L_i - Y_{oi} \cos L_i}{N_i + H_i} \mu_o
\end{aligned}$$

c) Transformace výšky kvazigeoidu

$$\begin{aligned} \bar{H}_i - H_i = \delta \xi_i = & -\cos B_i \cos L_i \delta x_o - \delta y_o \cos B_i \sin L_i - \delta z_o \sin B_i + (X_{oi} \sin B_i - \\ & - Z_{oi} \cos B_i \cos L_i) \xi_o + (Y_{oi} \sin B_i - Z_{oi} \cos B_i \sin L_i) \eta_o + \\ & + (X_{oi} \cos B_i \sin L_i - Y_{oi} \cos B_i \cos L_i) \nu_o - (X_{oi} \cos B_i \cos L_i + \\ & + Y_{oi} \cos B_i \sin L_i + Z_{oi} \sin B_i) \bar{\mu}_o - \frac{a}{N_i} \cdot \delta a + N_i \sin^2 B_i \delta \alpha \end{aligned}$$

Program provádí tyto výpočty i tehdy, když veličiny potřebné pro transformaci jsou předem známy (např. z jiných výpočtů vykonaných někdy dříve), a jsou tedy vstupními daty programu TRLPRVK. Výpočty podle bodů 1. 1. až 1. 4. je možno provést pro libovolnou dvojici parametrů užívaných referenčních elipsoidů a lze je dále doplňovat parametry elipsoidů dalších. Rozsah pole identických bodů je do 310 a pole transformovaných bodů do 1000.

Vstupními daty programu jsou informace a údaje pro řízení chodu programu, geodetické souřadnice B, L, H (event. $\xi, \eta; \zeta$) na identických bodech a geodetické souřadnice B, L, H (event. $\xi, \eta; \zeta$) bodů, které chceme transformovat.

2. Přínos popsané transformační metody

Využití těchto přístupů při zabezpečení potřeb TGZBČV a soudobé geodézie vůbec umožňuje komplexní a perspektivní cestu ke spojení možností klasické geodézie, družicové geodézie a geofyziky.

Využití uvedené transformační metody má zvláštní význam zejména pro geodetické zabezpečení, a to především v těchto směrech:

- pohotovost transformace souřadnic geodetických systémů ze zahraniční části zájmového území vytvoření „Katalogu“ transformačních koeficientů s možností průběžné aktualizace,
- využívání geodetických materiálů, publikovaných v družicových systémech kvazigeocentrických a geocentrických,
- komplexní určení transformačních vztahů z geodetických, gravimetrických a družicových dat,
- identifikace a testování vlastností souřadnicových systémů, analýzy kvality získaných podkladů,
- vztažení referenčních systémových souřadnic ke geocentru,
- analýzy údajů na identických bodech dvou systémů,
- řešení geodetických úloh v prostorových pravoúhlých souřadnicích X, Y, Z .

Z těchto hledisek bude vhodné tuto metodu zahrnout do uživatelského programového vybavení perspektivně připravovaného registru geodetických a geofyzikálních údajů.

Svůj význam má uvedená transformační metoda i pro modernizaci geodetických sítí. Prostřednictvím transformovaných složek tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu z S-1942 do S-JTSK lze převádět měřené geodetické prvky promítací metodou triangulace do referenční plochy Besselova elipsoidu a převádět přesně měřené astronomické azimuty na azimuty geodetické.

Uvedená transformační metoda bude využita i při převzetí výsledků nového vyrovnání čs. AGS v rámci socialistických států. Uplatní se při okamžité analýze rozdílů souřadnic S-1942 a souřadnic z nového vyrovnání na bodech čs. AGS tím, že [13]:

- explicitním určením prvků translace na i -bodech AGS a jejich porovnáním s průměrnými (váženými) hodnotami $\delta x_o, \delta y_o, \delta z_o$ budou získány opravy ν_i , které spolu s opravami získanými z vyrovnání umožní posoudit charakter změny souřadnic geodetického systému po vyrovnání, případně novou polohu referenčního tělesa i změnu měřítka původní sítě,
- vektorovým srovnáním transformovaných a původních souřadnic na bodech čs. AGS v S-JAGS budou získány změny souřadnic, které umožní posouzení lokálních změn souřadnic a měřítka, případně i lokální stočení sítě.

2. 1. Porovnání výsledků transformace s výsledky jiných transformačních postupů

Prostorová podobnostní ortogonální transformace zpracovaná ve VTOPÚ byla porovnána v rámci zpracování „Zásad pro připojení západoevropských geodetických sítí ke geodetickému systému armád států Varšavské smlouvy“ s transformačním postupem zpracovaným TS NLA NDR (transformační

metoda Bodemüllerova) a transformačním postupem VAAZ [15] (3 parametry translační a 1 rotační).

Porovnání bylo provedeno na připojení západoněmecké sítě v systému DRG k systému S-1942 za použití společných identických bodů každou metodou (tabulka 1). Hodnoty dL a dB jsou uvedeny v metrech.

Tabulka 1

Číslo bodu	Bodem. minus VA-AZ		Bodem. minus VTOPŮ		VA-AZ minus VTOPŮ	
	dB_1	dL_1	dB_2	dL_2	dB_3	dL_3
0068	-0,16	-0,23	-0,05	0,13	-0,21	-0,11
0032	-0,19	-0,19	-0,03	0,13	-0,23	-0,07
0044	-0,20	-0,23	-0,04	0,14	-0,24	-0,10
0061	-0,24	-0,17	-0,02	0,13	-0,25	-0,04
0229	-0,26	-0,15	-0,01	0,13	-0,26	-0,02
0158	-0,27	-0,13	0,0	0,13	-0,26	-0,01
5504	-0,26	-0,10	0,01	0,12	-0,24	0,01
7689	-0,29	-0,10	0,01	0,13	-0,27	0,03
4360	-0,33	-0,08	0,03	0,14	-0,29	0,06
6205	-0,29	-0,01	0,04	0,11	-0,24	0,10
0001	-0,33	-0,02	0,05	0,12	-0,27	0,11
0655	-0,37	0,06	0,08	0,11	-0,28	0,18
0702	-0,32	0,07	0,07	0,11	-0,24	0,17
0703	-0,35	0,10	0,08	0,11	-0,26	0,21
7408	-0,28	0,17	0,10	0,08	-0,18	0,25
0716	-0,36	0,18	0,11	0,11	-0,24	0,28
7808	-0,29	0,22	0,11	0,08	-0,17	0,30
0726	-0,28	0,31	0,14	0,07	-0,14	0,37
8008	-0,30	0,27	0,16	0,08	-0,16	0,34
0732	-0,31	0,32	0,14	0,08	-0,16	0,38
0733	-0,27	0,35	0,15	0,07	-0,11	0,40
0004	-0,15	0,33	0,13	0,03	-0,02	0,34
0005	-0,08	0,34	0,12	0,01	0,04	0,33
8424	0,0	0,29	0,10	-0,01	0,10	0,26
0059	0,01	0,32	0,10	-0,02	0,12	0,28
0139	0,08	0,32	0,10	-0,04	0,17	0,26
0096	0,10	0,29	0,09	-0,05	0,18	0,23
0143	0,14	0,28	0,08	-0,06	0,22	0,21
0099	0,15	0,22	0,07	-0,06	0,21	0,16
0112	0,17	0,20	0,06	-0,07	0,22	0,12
0145	0,20	0,15	0,04	-0,07	0,24	0,07
0048	0,26	0,11	0,03	-0,09	0,29	0,01
0121	0,23	0,04	0,02	-0,08	0,24	-0,04
0050	0,17	-0,01	0,01	-0,06	0,17	-0,06
0082	0,18	-0,04	0,0	-0,06	0,17	-0,10
2213	0,17	-0,14	-0,12	0,03	0,04	-0,12
2710	0,10	-0,18	-0,11	0,06	-0,02	-0,14
3309	0,02	-0,20	-0,09	0,08	-0,08	-0,13
3608	-0,02	-0,19	-0,08	0,09	-0,10	-0,12
4304	-0,12	-0,21	-0,03	0,11	-0,17	-0,10
4603	-0,17	-0,20	-0,04	0,12	-0,20	-0,08
5303	-0,24	-0,13	-0,01	0,12	-0,24	-0,01
6003	-0,30	-0,06	0,03	0,12	-0,26	0,07

Číslo bodu	Bodem. minus VA-AZ		Bodem. minus VTOPÚ		VA-AZ minus VTOPÚ	
	dB_1	dL_1	dB_2	dL_2	dB_3	dL_3
6505	-0,31	0,02	0,05	0,11	-0,25	0,13
6807	-0,29	0,07	0,07	0,10	-0,21	0,17
7011	-0,23	0,11	0,07	0,07	-0,16	0,18
7412	-0,22	0,17	0,08	0,07	-0,13	0,23
7812	-0,23	0,24	0,11	0,06	-0,12	0,29
8113	-0,22	0,28	0,12	0,05	-0,09	0,32
0817	0,35	0,01	-0,15	-0,06	0,19	-0,05

Střední chyby, vypočtené z rozdílů souřadnic $dB_1, dL_1; dB_2, dL_2; dB_3, dL_3$ jsou

$$m_{dB_1} = \pm 0,225 \text{ m}, m_{dL_1} = \pm 0,198 \text{ m}; m_{dB_2} = \pm 0,091 \text{ m}, m_{dL_2} = \pm 0,089 \text{ m};$$

$$m_{dB_3} = \pm 0,181 \text{ m}, m_{dL_3} = \pm 0,183 \text{ m}.$$

Měřítka získané TRLPRVK se sedmi koeficienty transformace bylo v případě uvedených systémů $3,5 \cdot 10^{-6}$

2. 2. Transformace složek tížnicových odchylek ze systému ED50 do S-1942

Výsledkem uvedené transformace cca 2200 údajů složek tížnicových odchylek představuje základní bodové pole pro gravimetrickou interpolaci (zhuštění) astronomicko-geodetických údajů na bodech konstrukčního pole $5' \times 7',5$. Transformační parametry (úplné) byly odvozeny z řešení pro geodetické souřadnice B, L na identických bodech obou systémů ve střední Evropě z nového připojení západoevropských sítí k S-1942.

Z porovnání s transformací těchto veličin pomocí tří translačních prvků z r. 1970 [10], kdy byly jako údaje na identických bodech použity souřadnice stávajících katalogů a složek tížnicových odchylek obou systémů z vyrovnání ZEN (Zentraleuropäische Netz), vyplynul rozdíl na západním okraji Evropy do $0'',4$.

2. 3. Transformace souřadnic B, L ze systému S-JTSK do S-1942

Pro analýzu měřítkových nehomogenit a lokálních nepřesností byla provedena pomocí zpracovaného programu transformace souřadnic bodů AGS ze systému S-JTSK do S-1942. Celkový poměr měřítek obou sítí byl přitom určen $\mu_o = 7,27 \cdot 10^{-6}$. Porovnání souřadnic pomocí polohových vektorů (posunů souřadnic) bylo provedeno jednak v souřadnicích B, L odděleně a dále pomocí modelů vektorů

$$\bar{v}_i'' = \sqrt{\Delta B_i''^2 + \Delta L_i''^2} \cdot \cos^2 B_i,$$

kteří jsou uvedeny v příloze č. 1*. Z přílohy jsou zřejmé nehomogenity systému S-JTSK a jsou potvrzením nestejnorodosti souřadnic obou systémů, nehomogenit a proměnlivosti měřítka sítě, proměnlivosti azimutu, různé polohy a orientace obou referenčních ploch. Dále byla provedena stejná transformace na základě programů VAAZ [15]. Byly srovnány transformované a původní souřadnice podle uvedeného schématu, a to opět v souřadnicích a modulu \bar{v}_i'' , které jsou uvedeny v příloze č. 2*.

Výsledky jsou dalším potvrzením toho, že je možné v určitých případech, typických pro dané sítě, počet neznámých parametrů transformace redukovat. Srovnání příloh č. 1 a 2 ukazuje, že výsledky jsou přibližně stejné a že závěry získané z úplné transformace lze učinit i při použití redukovaných vztahů.

* /vektory, ležící na spojnicích stran sítě označují jejich azimuty/

U obou transformačních postupů byly určeny střední chyby transformovaných souřadnic:

– úplný vztah [12]: $m_{B_0} = 0,0195''$ $m_{L_0} = 0,0309''$

– redukovaný vztah [15]: $m_{B_0} = 0,0200''$ $m_{L_0} = 0,0274''$

2. 4. Transformace složek tížnicových odchylek ze systému S-1942 do S-JTSK

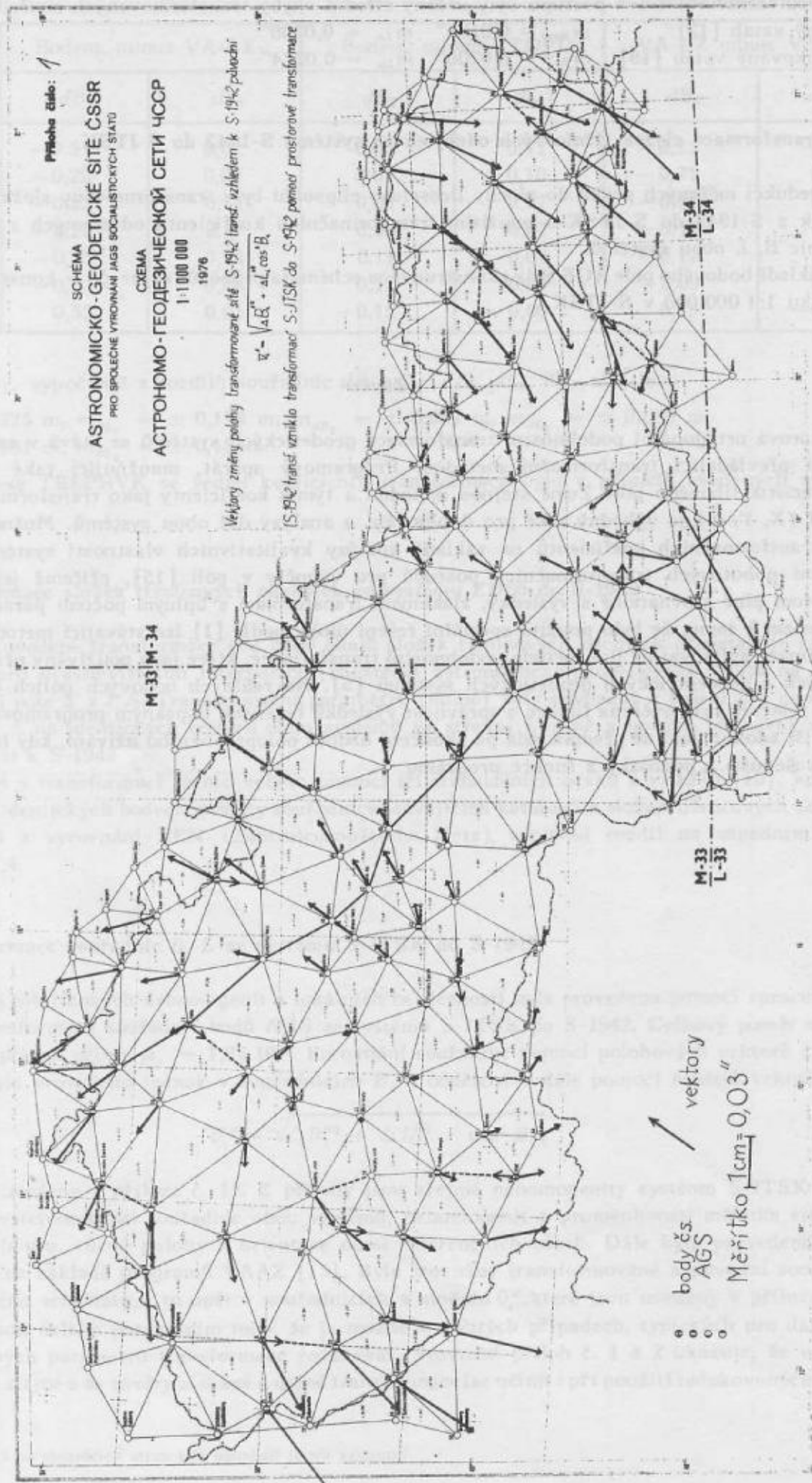
Pro redukci měřených prvků do plochy Besselova elipsoidu byly transformovány složky tížnicových odchylek z S-1942 do S-JTSK s použitím transformačních koeficientů odvozených z transformace souřadnic B, L obou systémů.

Na základě bodového pole AGS byla zkonstruována schémata průběhů izochar $\xi_i = \text{konst.}$, $\eta_i = \text{konst.}$ v měřítku 1:1 000 000 v S-JTSK.

Závěr

Prostorová ortogonální podobnostní transformace geodetických systémů se stává v současné vyšší geodézii převládající transformační metodou. Programový aparát, umožňující také transformace charakteristik tíhového pole Země stejnou metodou a týmiž koeficienty jako transformaci souřadnic $B, L, H (X, Y, Z)$, je výhodný také pro doplňování a analýzy dat obou systémů. Možnost snižování počtu transformačních koeficientů na základě analýzy kvalitativních vlastností systémů umožňuje vytvoření pohotových transformačních postupů pro výpočty v poli [15], přičemž jejich výsledky jsou potom plně srovnatelné s výsledky, získanými transformací s úplným počtem parametrů.

Vzhledem k tomu, že bylo použito speciální řešení úlohy podle [1], lze stávající metodiku a postup transformace aplikovat na jiné metody podobnostní transformace, které jsou používány při kombinacích klasických a geocentrických geodetických systémů [5]. Na reálných bodových polích dvojic geodetických systémů byla ověřena funkce a správnost výsledků řešených popsáním programovým aparátem. Jeho další zdokonalení se předpokládá po skončení období poloprovozního užívání, kdy budou získány další zkušenosti a poznatky z funkce programu.



Průběh čísla: 1

SCHEMA
 ASTRONOMICHO - GEODETICKÉ SÍTĚ ČSSR
 PRO SPOLEČNÉ VYŘOVNÁNÍ JAGS SOCIALISTICKÝCH STÁTŮ

СХЕМА
 АСТРОНОМО - ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ ЧССР
 1:1 000 000
 1976

Vektory změny polohy transformované sítě S-1942 transf. vzhledem k S-1942 plošněni
 $\vec{v} = \sqrt{\Delta A^2 + \Delta L^2} \cos^2 B$

(S-1942 transf. vzniklo transformací S-1942 do S-1942 pomocí prostorové transformace

M-33 M-34

M-34
L-34

M-33
L-33

body čs.
 AGS
 Měřítko 1cm = 0,03"
 vektory

Priloha číslo: 2

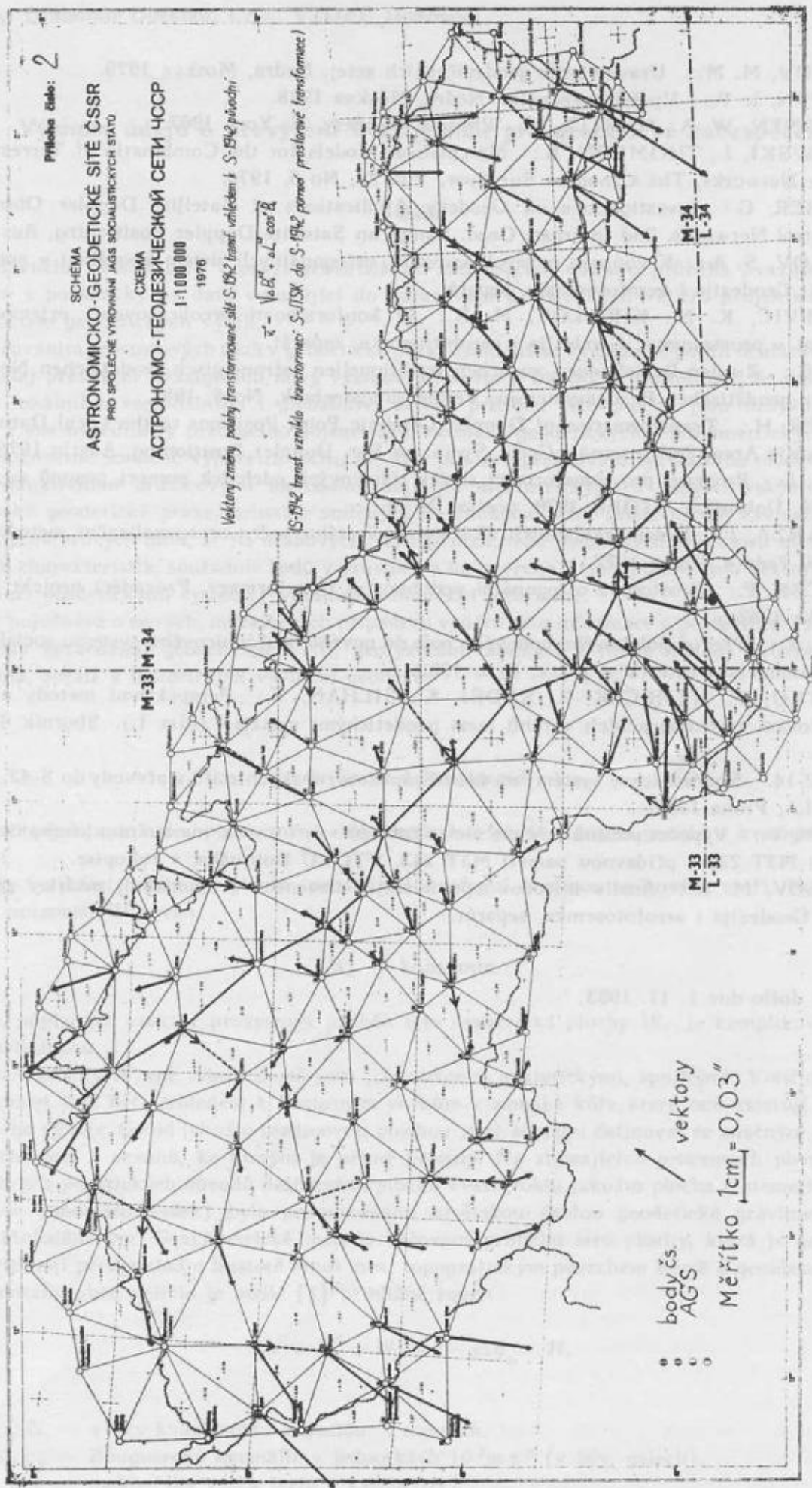
SCHEMA
ASTRONOMICKO - GEODETICKÉ SÍTĚ ČSSR
PRO SPOLEČNÉ VYROVNÁNÍ JAGS SOCIALISTICKÝCH STÁTŮ

СХЕМА
АСТРОНОМО - ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ ЧССР
1:1 000 000
1976

Vektory změny polohy transformované síť S-1942 tímto vřídlením k S-1942 původní

$$\tau = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta L' \cos^2 \alpha}$$

(S-1942 transf vzniklo transformací S-1942 do S-1942 pomocí pravoúhlé transformace)



M-33/M-34

M-34
L-34

M-33
L-33

••• body čs.
••• AGS
↗ vektory
Měřítko 1cm = 0,03"

Literatura:

- [1] MAŠIMOV, M. M.: Uravnivanije geodezičeskich setej, Nedra, Moskva 1979.
- [2] PELLINEN, L. P.: Vysšaja geodezija, Nedra, Moskva 1978.
- [3] HEISKANEN, W. A., MORITZ, H.: Physical Geodesy, N. York 1967.
- [4] KRAKIWSKI, J., THOMSON, E.: Mathematical Models for the Combinatin of Terrestrial and Satellite Networks, The Canadian Surveyor, Vol. 28, No 5, 1974.
- [5] BOUCHER, G.: Investigations on Geodetic Applications of Satellite Doppler Observations for Control Networks, 2nd Internat. Geod. Symp. on Satellite Doppler Positioning, Austin 1979.
- [6] KIRILLOV, S. A.: K voprosu o preobrazovanii ortogonalnych sistem koordinat v sputnikovoj geodeziji, Geodezija i aerofotosemka, separát.
- [7] BUTKJEVIČ, K. N., KIRILLOV, M. K.: O konformnosti preobrazovanij prjamougolnych koordinat v prostranstve, Geodezija i aerofotosemka, separát.
- [8] IHDE, C.: Zu den Beziehungen zwischen traditionellen astronomisch-geodätischen Netzen und satelliten-geodätischen Bezugssystemen, Vermessungstechnik, No 5, 1981.
- [9] WALKER, H.: Transformation of Doppler Geodetic Point Positions to the Local Datum in the Asia-Pacific Area, 2nd Internat. Geod. Symp. on Sat. Doppler Positioning, Austin 1979.
- [10] MŇUK, J.: Program pro transformaci složek tížnicových odchylek pomocí posunů mezi středy elipsoidů, Dobruška, VTOPÚ 1970, počítač M-22.
- [11] CHARAMZA, J.: Řešení základních úloh vyrovnávacího počtu ortogonalizační metodou, Edice VÚGTK, řada 4, Praha 1972.
- [12] NĚMEČEK, P.: Prostorová ortogonální podobnostní transformace, Prováděcí projekt VTOPÚ, Dobruška 1982.
- [13] RADĚJ, K.: Převod polohového bodového pole do nového souřadnicového systému socialistických států, kandidátská disertační práce, Brno 1982.
- [14] DUŠATKO, D., NĚMEČEK, P., RADĚJ, K., ŠILHAN, V.: Perspektivní metody a postupy pro určování transformačních vztahů mezi geodetickými systémy (část I.). Sborník TS MNO, č. 1/83.
- [15] Topo-52-14. Souřadnicové systémy na území západoevropských států a převody do S-42, pomůcka TS ČSLA, Praha 1982.
- [16] ŠILHAN, V.: Výpočet posunů referenčních elipsoidů x , y , z na stolním programovatelném počítači M3T 225 s přídatnou pamětí M3T 243, VTOPÚ Dobruška, v rukopise.
- [17] KIRILLOV, M. K.: Analiz metodov opredelenija elementov ortogonalnoj matricy preobrazovanija, Geodezija i aerofotosemka, separát.

Do redakce došlo dne 1. 11. 1983.

Význam údajů o převýšení kvazigeoidu pro geodetické zabezpečení

Úvod

Do nedávného období byly v praxi geodetického zabezpečení údaje o průběhu kvazigeoidu spjaty především s požadavky na data vstupující do zpracování geodetických veličin projektivní metodou, tj. s výpočtem geodetických výšek.

S rozšiřováním prostorových úloh v geodetické praxi, na nichž se významně podílí družicová geodézie, dostává údaj převýšení kvazigeoidu nový význam. Přispěla k tomu i ta skutečnost, že dnes existující možnosti lokálního, regionálního i globálního určení průběhu této plochy jsou nebývale efektivní i přesné. Plyne to jednak z roztoucího objemu astronomicko-geodetických a gravimetrických informací spolu s možnostmi soudobé výpočetní techniky, dále pak ze zpřesňování fyzikálního modelu zemského tělesa produktivními družicovými metodami, zejména altimetrickými a dopplerovskými, a konečně z požadavků geodetické praxe, neustále směřující ke zdokonalování geodetických základů.

Řešení prostorových úloh, ať již dráhových, navigačních, nebo polohových (určování efemerid UDZ, dráhových charakteristik, souřadnic bodů v prostoru a na povrchu Země, polohových vektorů, stanovení vztahů mezi geodetickými systémy), vyžaduje komplexní informace.

Článek pojednává o nových, netradičních případech využití této informace v geodetickém zabezpečení. Pomíjí tedy zpracování geodetických sítí, geofyzikální aplikace i různé metody určování průběhu kvazigeoidu, spjaté s historickým vývojem geodézie.

1. Geoid a kvazigeoid

Pro lepší představu bude opodstatněné charakterizovat předem pojem geoidu a kvazigeoidu, rozdíl mezi nimi.

Geoid je fyzikální hladinová plocha, procházející střední hladinou světových moří. Na této ploše je tíhový potenciál W roven

$$W_0 = \text{konstanta.} \quad (1)$$

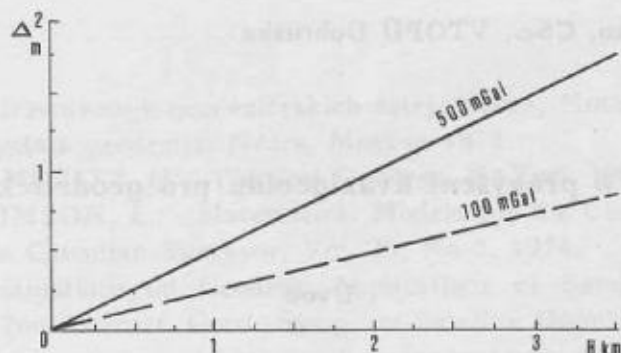
Funkce, popisující exaktně prostorový průběh této dynamické plochy W_0 , je komplikovaná a není funkcí analytickou.

Hladinové plochy W vně tělesa Země jsou již funkcemi analytickými, spojitými. Vnitřní hladinové plochy nemusí jimi být, vzhledem k hustotním skokům v zemské kůře, které tam existují v důsledku geologického vývoje. Geoid jakožto hladinovou plochou jsme schopni definovat se značným přiblížením v oblastech moří a oceánů, ke kterým je přímý přístup. Na zbývajících procentech povrchu Země, na souších, je z praktických důvodů definována plocha kvazigeoidu jakožto plocha matematická. Teorie kvazigeoidu (anomálií výšek) byla propracována sovětskou školou geodetické gravimetrie v čele s M. S. Moloděnským. Gravimetrické metody určování průběhu této plochy, která je geoidu velmi blízká, přijímají předpoklad o hustotě hmot mezi topografickým povrchem Země a geoidem. Rozdíl Δ mezi hodnotami obou veličin je podle [1] přibližně roven

$$\Delta = (\zeta - N) \doteq - \Delta g_B \cdot H, \quad (2)$$

kde

- ζ, N — výšky kvazigeoidu a geoidu v metrech,
- Δg_B — Bouguerova anomálie v jednotkách 10^{-2}m.s^{-2} (v býv. galech),
- H — nadmořská výška bodu v kilometrech.



Obr. 1. Rozdíl mezi výškami $\Delta = \zeta - N$ při velikostech Bouguerovy anomálie $\Delta g_B = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-2}$ (500 mGal) a $\Delta g_B = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-2}$ (100 mGal) v závislosti na nadmořské výšce bodu.

Astronomickou nivelací lze profil geoidu v dané lokalitě určit dostatečně přesně, jsou-li splněny diferenciální podmínky, tj. Laplaceovy body jsou velmi blízko a astronomické měření je dostatečně přesné. Realizace takto postavené úlohy probíhá v Evropě podél 48° rovnoběžky.

Kvalitativně novou možností je výpočet převýšení geoidu z rozdílu normální výšky (z nivelace) a výšky elipsoidické (geodetické) vztažené ke geocentrickému elipsoidu a vypočtené např. z dopplerovských měření (souřadnic).

V obou uvedených případech je třeba v rámci využití výsledků vzít v úvahu parametry, vzájemnou polohu a podle potřeby i orientaci referenčních ploch, ke kterým je určovaný geoid vztažen; tj. geoid je pouze jeden, ovšem používaných referenčních ploch může být více.

2. Výpočet prostorových souřadnic X, Y, Z

Tyto souřadnice se vypočtou ze známých vztahů

$$\begin{aligned} X &= (N + H_e) \cos B \cdot \cos L \\ Y &= (N + H_e) \cos B \cdot \sin L \\ Z &= [N(1 - e^2) + H_e] \sin B \end{aligned} \quad (3)$$

Jestliže je geodetická výška $H_e = H_{niv.} + \zeta$, pak při neznalosti výšky kvazigeoidu ζ vzniknou v souřadnicích bodu chyby, rovné

$$\begin{aligned} \delta X &= \zeta \cos B \cdot \cos L \\ \delta Y &= \zeta \cos B \cdot \sin L \\ \delta Z &= \zeta \sin B \end{aligned} \quad (4)$$

Zanedbáním ζ se v rozsahu evropského kontinentu projeví u referenčního systému S-1942 chybou cca do 10 m. Jestliže je však použit normální elipsoid s geocentrickým umístěním a orientací, dosahuje max. chyba v prostorové poloze bodu pro $B = 50^\circ$ a $L = 15^\circ$ hodnot

$$\delta X = -25 \text{ m}, \delta Y = -7 \text{ m}, \delta Z = -10 \text{ m}.$$

Výpočty a převody souřadnic izolovaných bodů, používání souřadnic geodetických B, L, H a prostorových X, Y, Z je zcela běžnou praxí při dopplerovském určování polohy a kombinacích družicových a povrchových údajů.

Při řešení geodetických úloh na střední vzdálenosti s přesností několika metrů je třeba brát v úvahu relativní rozdíly v převýšení kvazigeoidu i u referenčních geodetických systémů. Např. zanedbání převýšení geoidu 6 m se projeví změnou měřítka $1 \cdot 10^{-6}$.

3. Transformace prostorových geodetických souřadnic X, Y, Z

Při transformacích prostorových souřadnic, např. mezi družicovými systémy, záleží v některých případech (např. při transformaci výšek geoidu) na reálnosti určených transformačních parametrů prostorové podobnostní transformace, tj. buď

- translačních prvků $\delta x_o, \delta y_o, \delta z_o$ a poměru měřítek δm_o ,
- nebo všech parametrů, přesněji v prostoru definujících vzájemnou polohu obou systémů, tj. translačních prvků, poměru měřítek a rotačních prvků $\omega, \psi, \varepsilon$ podle vztahu

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \delta x_o \\ \delta y_o \\ \delta z_o \end{bmatrix} + (1 + \delta m_o) \begin{bmatrix} 1 - \omega & \psi \\ \omega & 1 - \varepsilon \\ -\psi & \varepsilon & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

V takovém případě, kdy jde vysloveně o souřadnice definující polohu bodu v prostoru, je pro převod na souřadnice geodetické nezbytná znalost geodetických výšek.

Při kombinaci družicového (dopplerovského) systému s klasickým je třeba, aby pro výpočet transformačních parametrů byly prostorové souřadnice v klasickém systému vypočteny s použitím výšek kvazigeoidu. Samozřejmě se přitom mohou projevit vlivy nepřesného určení jeho průběhu, chyba v určení převýšení geoidu v základním bodu triangulace apod. Přes tyto chyby budou vzájemné vztahy (např. pro převod klasického systému do geocentrického, pro určení měřítka a orientace) stanoveny v reálnějším přiblížení, než by tomu bylo bez použití převýšení kvazigeoidu. Nutno zároveň doložit, že v některých situacích se při takové kombinaci zahrnují neznámá převýšení kvazigeoidu klasického geodetického systému mezi určované parametry obou systémů [5].

Poněkud jiná situace nastává, když se prostorové transformační vztahy aplikují na určení transformačního vztahu mezi dvěma pozemními geodetickými systémy. Je třeba vzít v úvahu, že mnohdy není jiné možnosti než nejprve definovat průběhy kvazigeoidu (nebo v jednom ze systémů) vůbec, zvláště pak u systému tradičně vzniklého, vytvořeného ještě rozvinovací metodou. Lze konstatovat, že v současné době jsou v Evropě dosud definovány kontinentální průběhy kvazigeoidu (geoidu) v těchto geodetických systémech:

- NWL-9D, WGS-72, GRIM 3, GEM 10B (tíhový model Země) a další (geocentrické, družicové)
- ED-50, ED-79, S-1942; národní systém švýcarský, anglický, francouzský, západoněmecký, rakouský (referenční, klasické).

Další podklady jsou výsledkem gravimetrického nebo kombinovaného řešení, při kterých jsou obvykle známy parametry referenčního tělesa, minimálně zploštění elipsoidu a .

Vzhledem k těmto skutečnostem je zcela oprávněné nepoužít pro transformace mezi národními geodetickými systémy výšky geodetické, položit $H_i = 0$ a hledat pak vzájemnou polohu a orientaci bodových polí v prostoru prostřednictvím identických bodů, ležících na plochách referenčních těles. V takovém případě postrádá smysl hledání reálných (skutečných, v přírodě existujících) prostorových parametrů. Určený transformační vztah bude pouze řešit zadanou úlohu, tj. transformaci souřadnic, splňující svoje numerické poslání, nikoli však určení reálných transformačních koeficientů. [2]

4. Transformace výšek kvazigeoidu mezi geodetickými systémy

Při modernizacích klasických sítí nebo i při výpočtu prostorových souřadnic X, Y, Z izolovaného bodu vzniká potřeba převodu kvazigeoidu ze systému, v němž je definován, do jiného geodetického systému (např. modernizovaného). Takový převod je dnes často efektivnější než pracné určování jeho průběhu z originálních dat např. astronomickou nebo astronomicko-gravimetrickou nivelací.

K této transformaci se běžně používá vztahů s transformacemi, např. podle [3]

$$\zeta_2 - \zeta_1 = \Delta\zeta = \delta x_o \cos B \cos L + \delta y_o \cos B \sin L + \delta z_o \sin B - \delta a \left(1 - \frac{e^2}{2} \sin^2 B\right) + \frac{\delta e^2}{2} a \sin^2 B \left(1 + \frac{e^2}{2} \sin^2 B\right), \quad (6)$$

kde

$$\delta e^2 = e_2^2 - e_1^2, \delta a = a_2 - a_1.$$

Pro obecný případ nerovnoběžnosti souřadných os systémů 1 a 2 a za podmínky, že úhel $\Delta\psi$ mezi směry normál v prvních vertikálech obou systémů N_1 a N_2 lze zanedbat (tj. $\cos \Delta\psi = 1$):

$$\zeta_2 - \zeta_1 = \delta x_o \cos B_2 \cos L_2 + \delta y_o \cos B_2 \sin B_2 + \delta z_o \sin B_2 + N_1 - N_2 + N_2 e_2^2 \sin^2 B_2 - N_1 e_1^2 \sin B_1 \sin (B_2 + \varepsilon_B), \quad (7)$$

kde

$$\varepsilon_B = -\varepsilon_x \sin L + \varepsilon_y \cos L \text{ je oprava geodetické šířky } B_2 \text{ o vliv úhlu mezi osami } Z_2 \text{ a } Z_1.$$

Obdobně, i když nikoli totožně, lze řešit úlohu podle [4] pomocí linearizovných vztahů prostorové podobnostní transformace v smíšených souřadnicích:

$$\zeta_2 - \zeta_1 = -(dx_o + \nu_o Y_o + \xi_o Z_o) \cos B \cos L - (dy_o - \nu_o X_o + \eta_o Z_o) \cos B \sin L - (dz_o - \xi_o X_o - \eta_o Y_o) \sin B - \frac{a}{N} \delta a + N \sin^2 B \delta a, \quad (8)$$

kde

$$\delta a = \alpha_2 - \alpha_1, \delta a = a_2 - a_1.$$

Za předpokladu znalosti bodových polí kvazigeoidu v obou systémech budou výsledkem řešení transformovaná převýšení kvazigeoidu, přičemž koeficienty podobnostní transformace nemusí být reálné. Tyto koeficienty, určené z rovnic (6), (7), (8), se mohou lišit od týchž koeficientů, určených z geodetických souřadnic B, L, H nebo souřadnic X, Y, Z .

V současné geodetické praxi existují příklady komplexního řešení, kdy jsou hledané výšky kvazigeoidu na identických bodech obou systémů zahrnuty mezi určované neznámé parametry transformace.

Samostatnou kapitolu by zasloužilo posouzení předpokladů pro dosažení identity parametrů transformace týchž systémů, určovaných ze souřadnic B, L, H ; výšek kvazigeoidu, příp. složek tížnicových odchylek z dat na identických bodech dvou systémů.

5. Další aplikace informací o průběhu kvazigeoidu

Při eliminaci vlivu tíhového pole na snímané zrychlení dopravního prostředku, nesoucího zařízení pro inerciální určování polohy, může být při jednom z konstrukčních řešení využívána jako korekční informace odlehlost mezi hladinovou plochou, na které se prostředek nachází, a geoidem. Nulová hladinová plocha je tak základní, referenční, fyzikální plochou pro odvození geodetické informace.

Přehledná mapa geoidu je také dobrou a rychlou informací o charakteru tíhového pole. Pro složky tížnicových odchylek platí vztahy, známé z astronomické nivelace, které lze zjednodušit na lokální, charakteristické přiblížení:

$$\xi'' = -\frac{\rho'}{R} \frac{\partial N}{\partial B} = \rho'' \frac{\Delta N}{\Delta s_B} \eta'' = -\frac{\rho'}{R \cos B \partial L} = \rho' \frac{\Delta N}{\Delta s_L}, \quad (9)$$

kde

R — střední poloměr Země

ΔN ; Δs_B ,

Δs_L — elementární převýšení geoidu a úseky poledníku a 1. vertikálu, odsunutá z mapy.

Uvedené vztahy umožňují určovat z mapy kvazigeoidu charakter průběhu složek tížnicových odchylek v daném geodetickém systému.

Vyrovnaní prostorových geodetických konstrukcí lze za předpokladu znalosti potřebných geometrických prvků teoreticky realizovat bez znalosti kvazigeoidu. Uvedené konstrukce mohou být co do měřítka globální, kontinentální nebo lokální, svým původem pak družicové nebo pozemní. Pro určení souřadnic libovolného bodu na zemském povrchu nebo ve vnějším prostoru je v současné době nevyhnutelné použít v souladu s charakterem úlohy buď povrchových, nebo vnějších charakteristik tíhového pole

Země, tj. výšek kvazigeoidu nebo vzdáleností mezi hladinovými plochami včetně. Akceptování vztahu mezi geometrickými a dynamickými charakteristikami tělesa Země je hierarchicky uspořádáno ve smyslu „z velkého do malého“ a v témže smyslu se prakticky realizuje při kombinacích pozemních (klasických) a družicových dat např. v [6], příp. pro globální síť uvažující polohové změny bodů v čase v [7].

6. Konstrukce průběhu kvazigeoidu evropského území v S-1942

Podklady, které jsou nyní k dispozici pro řešení takové úlohy, vedou v podstatě na způsob vytvoření bodového pole pro konstrukci této plochy.

Efektivní, spolehlivé a dostatečně rychlé řešení úlohy se nabízí v těchto krocích:

- a) vytvoření základního bodového pole transformacemi kontinentální nebo regionální informace, tj. digitalizace obsahu původních vrstevnicových map kvazigeoidu nebo soustředěných numerických údajů na Laplaceových bodech (příp. bodech družicových) do vlastního systému,
- b) následné zhuštění tohoto základního bodového pole (pokud toho bude třeba) prostřednictvím již vyvinuté automatizované technologie gravimetrické interpolace složek tížnicových odchylek, řešící tutéž úlohu i pro kvazigeoid.

V podstatě lze automatizovaně realizovat metodiku astronomicko-gravimetrické interpolace kvazigeoidu podle Moloděnského. Stávající podklady, datová báze a programové vybavení umožňuje:

- transformaci základního bodového pole kvazigeoidu z původních systémů do S-1942,
- výpočet pomocných gravimetrických veličin pro pravidelnou síť bodů $5' \times 7,5'$, umožňující interpolaci a zhuštění základního bodového pole,
- převod gravimetrických veličin do geodetického systému a vytvoření konstrukčního bodového pole kvazigeoidu v S-1942,
- analytickou kresbu vrstevnic kvazigeoidu s krokem 0,5 a 1 metr.

Kombinace podkladů, které jsou k dispozici, spolu s vytvořenou technologií umožňují vytvořit konstrukční bodové pole kvazigeoidu zabezpečeného území s přesností od $\pm 0,5$ m do $\pm 1,0$ m.

Závěr

Význam informací o průběhu kvazigeoidu bude v rámci komplexního pojetí a modernizace metod zabezpečení zájmového území vzrůstat. Na tyto údaje již upozorňuje předpis [8], učebnice [9]. V současné době jejich potřeba vyplývá z hodnocení současného vývoje metodik topografického zabezpečení, z požadavků perspektivních technologií na tato data, která se zároveň stávají nezbytnými při zpracování geodetických podkladů, které jsou v původních systémech. Využitím vyvinuté automatizované technologie gravimetrické interpolace až dosud soustředěných a připravených dat lze zabezpečit tvorbu kvazigeoidu evropského území v S-1942 s relativní přesností $\pm 0,5$ m až $\pm 1,0$ m, např. ve formě mapy jeho průběhu v měřítku 1:1 000 000. Tvorba takové mapy by mohla následovat po dokončení map tížnicových odchylek. Vzhledem k tomu, že pomocná již vypočtená data se uchovávají, lze mapy kvazigeoidu vytvořit pro stejný prostor, jako je tomu u mapy tížnicových odchylek.

Literatura:

- [1] HEISKANEN, W. A., MORITZ, H.: Physical Geodesy, Freeman, S. Francisco 1967.
- [2] ĀDĀM, J.: On the Determination of Similarity Coordinate Transformation Parameters, Bolletino di geodesia e scinze affini, No. 3, 1982.
- [3] PELLINEN, L. P.: Vysšaja geodezija, Nedra, Moskva 1978.
- [4] MAŠIMOV, M. M.: Uravnivanije geodezičeskich setej, Nedra, Moskva 1979.
- [5] Současná etapa vývoje dopplerovké geodézie, Vojensko-technická informace č. 19, VS 090, Praha 1982.
- [6] Goldstone Validation Survey, Phases II and III, NOAA Technical Memorandum, Nat. Geodet. Surv., Rockville 1982.
- [7] LELGEMANN, K., SZAMEITAT, E., WILSON, H.: On the Design and Error Characteristics of a Fundamental Global Geodetics Network, Tectonophysics, 71, 1981.
- [8] VŠEOB-P-72. Topografické zabezpečení ČSLA, MNO, Praha 1978.
- [9] Základy topografického zabezpečení bojové činnosti vojsk, studijní pomůcka č. 5101/1976 MNO-TS, překlad učebnice „Topogodezičeskoje obespečeniije vojsk“, 1977.

Do redakce došlo dne 14. 10. 1983.

Vytvoření podrobného pole složek tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu v S-JTSK pro redukce výsledků geodetických měření

Úvod

Modernizace stávajících trigonometrických sítí, využití geodetických měření v terénu k tomu plánovaných, vyžaduje jejich převody do referenční plochy prostřednictvím promítací metody triangulace. Jakkoliv by byly přesně měřeny délky, úhly nebo směry v terénu, jestliže je použit nesprávný nebo žádný redukční postup při jejich převodu na výpočetní referenční geometrickou plochu, dochází ke snížení přesnosti celé sítě a k lokálním deformacím.

JTSK je právě příkladem toho, jak na poměrně malém území, pokrytém triangulací, při poměrně vysoké přesnosti geodetických měření došlo s použitím tehdy tradiční rozvinovací (translativní) metody k lokálnímu snížení přesnosti vyrovnané sítě, a to i za předpokladu, že Besselův elipsoid dobře aproximuje průběh geoidu v dané oblasti.

Jednotná trigonometrická síť I. řádu, která se stala základem souřadnicového systému S-JTSK, byla zaměřena a vyrovnaná v letech 1921–1927. Vyrovnaním sítě byl určen jen její definitivní tvar. Protože z časových a ekonomických důvodů nebyly tehdy změřeny žádné základny ani nebyla vykonána měření astronomická, byly rozměr sítě a její poloha s orientací na Besselově elipsoidu určeny nepřímou z rakouské vojenské triangulace, čímž bylo plně převzato nesprávné umístění i orientace na Besselově elipsoidu. Buchar v práci [3] využil astronomických měření vykonaných na bodech sítě do r. 1950 ke zlepšení polohy a orientace JTSK. Nesprávná poloha a orientace JTSK se projevil rozdíly v zeměpisných šířkách od $-6,8''$ do $+12,7''$, v zeměpisných délkách od $-5,8''$ do $26,4''$ a azimutech od $+2,9''$ do $-19,8''$. Z těchto rozdílů vypočetl tížnicové odchylky a při splnění podmínky $[\zeta\zeta + \eta\eta] = \min$ byl vypočten posun a pootočení sítě ve zvoleném základním bodě Brdo uprostřed sítě

$$d\varphi_0 = -0,52'', \quad d\lambda_0 = -13,72'', \quad d\alpha_0 = -9,58''.$$

Tížnicové odchylky odpovídají pouze zlepšené poloze a orientaci JTSK, nikoliv souřadnicovému systému S-JTSK, ve kterém se konají geodetické práce. Rozdíl v astronomických a geodetických azimutech jak již bylo uvedeno, se pohybuje od $+2,9''$ do $-19,8''$, a není tedy možné při převodu přesných astronomických azimutů na azimuty geodetické počítat s průměrnou opravou z pootočení sítě $+10''$, jak je například uvedeno v Návodu k provádění údržby trigonometrických bodů [17], ale je třeba opravovat o proměnnou hodnotu, určenou pro příslušný bod z mapy tížnicových odchylek systému S-JTSK [10], [11], [12]. Takovouto mapu tížnicových odchylek v S-JTSK sestrojil Pick [5]. Složka η zde dosahuje hodnoty od $-17''$ do $+2''$, což představuje hodnotu korekce astronomického azimutu $-\eta \cdot \text{tg } \varphi$ od $+19,9''$ do $-2,3''$. Z těchto uvedených hodnot je zřejmé, jakých chyb se dopouštíme při použití průměrné korekční hodnoty $+10''$.

V důsledku postupně narůstajících informací o tíhovém poli a jeho charakteristikách v oblastech s geodetickými základy vzniklými rozvinovací metodou bylo možno přikročit k modernizaci těchto sítí.

Problematiku řešil již v roce 1944 Moloděnskij [15] cestou oprav veličin zpracovaných rozvinovací metodou na veličiny promítací. U nás se problematikou úhlových a délkových deformací zabýval Burša [2].

Chyby plynoucí z metody rozvinovací se nejvíce uplatňují ve velkých triangulacích a rostou v závislosti na vzdálenosti od základního bodu, na parametrech, poloze a orientaci náhradního referenčního tělesa vzhledem ke geoidu. Přenášené deformace se tedy ve svém souhrnu maximálně projeví na okrajích sítí. Fyzikální podmínky, tj. anomalita tíhového pole a jeho charakteristik, která není rozvinovací metodou uvažována, se projevuje lokálními deformacemi i uvnitř trigonometrické sítě v závislosti na délce stran sítě a převýšení. Na tuto okolnost poukazuje Hradílek v [13], kde se na reálných i modelovaných příkladech zabývá mj. vlivy charakteristik tíhového pole na prostorovou triangulaci.

Studie celého problému a praktické experimentální ověření šíření chyb v plošných sítích provedla již řada autorů. Všeobecným výsledkem těchto studií je jednoznačný závěr:

„Zanedbání anomálií výšek a tížnicových odchylek při redukování prvků, měřených na povrchu Země, způsobuje značná zkreslení v měřítku a stočení geodetické sítě. Velikost těchto zkreslení záleží na stupni anomaly tíhového pole Země v dané části sítě a projevuje se obecně ve vyrovnaných souřadnicích. Chyby vzniklé v důsledku zanedbání anomálií výšek a tížnicových odchylek se navíc šíří systematicky a lokálně jsou zvýrazněny v horských oblastech a oblastech výrazných tíhových anomálií.“

1. Současné možnosti vytvoření podrobného bodového pole ξ, η, ζ v systému S-JTSK

Vzhledem k tomu, že TS ČSLA přebírá od civilní geodetické služby výsledky revize čs. trigonometrické sítě v S-JTSK a převádí je do S-1942, je třeba přispět k tomu, aby převzaté veličiny měly systémový charakter.

K tomu je nejvhodnější vytvořit grafický podklad izočarami veličin

$$\xi_i = \text{konst.}, \eta_i = \text{konst.}, \zeta_i = \text{konst.},$$

případná korekce $\eta, \text{tg}B_i = \text{konst.}$

nejlépe v měřítku 1:500 000 v S-JTSK.

Vzhledem k existujícím podkladům v S-1942 je nejrychlejším řešením volba a použití vhodné transformační metody, která svými parametry postihne společně všechny uvedené veličiny. Vstupní data by byly údaje, určené dosud v S-1942 [1], [16], příp. nově aktualizované, doplněné a zpřesněné. Údaje v S-1942 představují moderní a úplný elaborát a bylo by jen na škodu věci, kdyby nebyl při údržbě čs. základů v S-JTSK využíván.

Určitým problémem, který s úlohou souvisí, je přisoudit systému JTSK nezbytné charakteristiky, kterými se soudobý lokální, národní geodetický systém v současné době vyznačuje.

Již v práci [3] byl učiněn pokus dát JTSK základní charakteristiky systému, tj. na Besselově elipsoidu vybrat a určit především

- základní bod triangulace,
- geodetické souřadnice B_o, L_o, H_o , astronomické φ_o, λ_o , astronomické azimuty α_{o1}, α_{o2} a geodetické azimuty A_{o1}, A_{o2} , složky tížnicové odchylky ξ_o, η_o a výšku geoidu N_o ,
- měřítko a orientaci sítě,
- potřebné údaje na Laplaceových bodech základní sítě tak, aby vytvořily předpokládanou astronomicko-geodetickou síť.

V současné době jsou tedy na území ČSSR k dispozici úplná data v moderně definovaném systému S-1942 a dále údaje trigonometrické sítě, budované rozvinovací metodou na základě nejednotné koncepce a měření různorodé kvality.

Vhodná metoda, která by řešila jednak vzájemné přiřazení obou bodových polí a zároveň doplnění systémových charakteristik pro S-JTSK, je metoda prostorové podobnostní transformace. V sovětské literatuře je někdy označovaná jako výpočetní zpracování stupňových měření [14].

Předpoklady a možný postup:

1. Vzhledem k malé rozloze čs. AGS a přesnosti transformovaných veličin lze pro transformaci ξ, η, ζ zanedbat rozdíl mezi veličinami příslušející metodě promítací a rozvinovací a rozdílům vzniklým v důsledku jiného způsobu vyrovnání.

2. Předpokládat, že JTSK byla promítána na geoid, k němuž se Besselův elipsoid dostatečně přimyká, tj. chyba v elipsoidické výšce bude max. do $\pm 0,8$ m.

3. Do vztahů pro podobnostní prostorovou transformaci použít v 1. přiblížení identické bodové pole

- pro S-1942 souřadnice $B_1, L_1, H_{1,el.}$ bodů AGS s uvažováním výšky kvazigeoidu,
- pro S-JTSK souřadnice $B_2, L_2, H_{2,niv.}$ týchž bodů bez uvažování výšek kvazigeoidu.

4. Určit translační, rotační prvky a měřítko definující vztah mezi oběma systémy.

5. Pomocí takto určených parametrů provést transformaci výšek kvazigeoidu ze systému S-1942 do S-JTSK.

6. Vypočítat $H_{el.}$ v S-JTSK podle $H_{el.} = H_{niv.} + \zeta$ JTSK.

7. Ve 2. přiblížení určit nové translační, rotační prvky a měřítko, lépe charakterizující vztah mezi oběma systémy.

8. Transformovat veličiny ξ , η , ζ z S-1942 do S-JTSK.

9. Analyticky vykreslit izočáry $\xi_i = \text{konst.}$, $\eta_i = \text{konst.}$, $\zeta_i = \text{konst.}$, příp. $\eta_i \text{tg} B_i = \text{konst.}$

Vzhledem k tomu, že hustota interpolovaných veličin odpovídá průsečíkům zeměpisné sítě s krokem $10' \times 15'$, čímž rozložení bodů nerespektuje složitost anomálního tíhového pole a charakter terénního reliéfu, bude třeba stávající dílo v blízké perspektivě zpřesnit a bodové pole zhustit. Znalost přesnějších hodnot složek tížnicových odchylek a převýšení kvazigeoidu na bodech sítě bude nutným předpokladem k přesné redukci délek, měřených moderními dálkoměry. Podmínky pro zabezpečení vyšší přesnosti redukce měřených délek jsou podrobně rozvedeny v [4]. Neméně náročné požadavky jsou při orientaci lokálních, izolovaných geodetických sítí. Převod geodetických souřadnic na prostorové bude vyžadovat stejnou přesnost ve výšce jako v poloze (na elipsoidu).

Nutno konstatovat, že využití redukčních prvků v S-JTSK těsně souvisí s modernizací a zpřesněním elaborátu ξ , η , ζ v S-1942.

K realizaci tohoto úkolu lze efektivně využít vyvinuté automatizované technologie gravimetrické interpolace složek tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu při splnění těchto podmínek:

— centrální zóna bude řešena exaktněji, v souladu s teorií (bodově, s využitím pole údajů gravimetrického mapování v měřítku 1:25 000),

— minimalizace elementárních ploch do okruhu integrace 50 km,

— zhuštění bodového pole interpolovaných veličin.

Současná technologie řeší určení vlivu centrální zóny gradientovou metodou, aplikovanou na elementární plochy map 1:25 000, která svou přesností odpovídá dosažitelné přesnosti, dané přesností údajů na Laplaceových bodech v zájmovém území. Její zdokonalení je v souladu s požadavkem aktualizace a zpřesnění speciálních map tížnicových odchylek 1:1 000 000.

2. Využití zpracovaných podkladů v S-JTSK

Systém S-JTSK je vyhrazen pro zabezpečování potřeb národního hospodářství. Další zhuštění jeho bodového pole probíhá v oblastech intenzivní výstavby. Revizi a údržbu čs. geodetické sítě provádí v podstatě civilní sektor. V rámci těchto prací mohou být řešeny tyto úkoly, vyžadující znalost charakteristik tíhového pole Země:

a) Redukce měřených prvků do výpočetní plochy Besselova elipsoidu, tj. redukce

— měřených vzdáleností elektrooptickými dálkoměry do výpočetní plochy (výpočet elipsoidických výšek),

— měřených směrů, azimutů do výpočetní plochy,

— měřených zenitových vzdáleností.

b) Převod astronomických azimutů (měření na Polárku, přesnými gyroteodolity) na azimuty geodetické.

c) Modernizace nižších řádů čs. trigonometrické sítě (přeměření a nové vyrovnání), která bude vyžadovat použití projektivní metody a doplnění systémových charakteristik.

d) Výpočet prostorových pravoúhlých souřadnic a výpočty úloh v tomto systému souřadnic.

e) Určení nadmořských výšek bodů v horských a velehorských oblastech trigonometrickou nivelací [13].

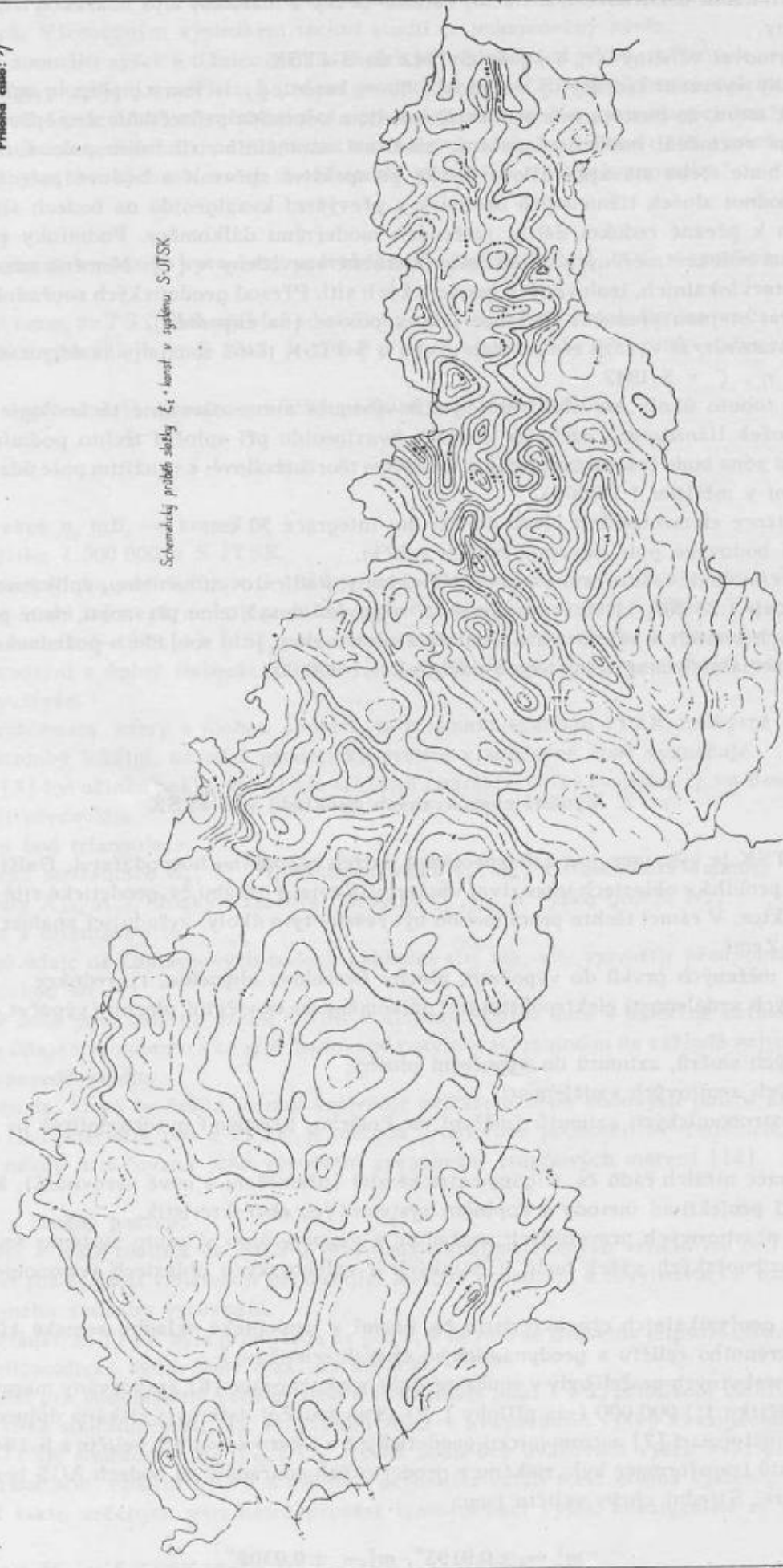
f) Doplnění geofyzikálních charakteristik čs. území a geologické skladby zemské kůry ve vztahu k morfologii terénního reliéfu a geodynamickým charakteristikám.

Pro pokrytí nezbytných potřeb byly v současné době v rámci práce [6] zpracovány mapy složek ξ , η v S-JTSK v měřítku 1:1 000 000 (viz přílohy 1, 2). Konstruktivní data byla získána úplnou prostorovou podobnostní transformací [7] astronomicko-geodetických a interpolovaných veličin z S-1942 do S-JTSK. Sedm koeficientů transformace bylo získáno z geodetických souřadnic na bodech AGS bez použití elipsoidických výšek. Střední chyby veličin jsou:

$$m_{\xi}^? = \pm 0,0195'', m_{\eta}^? = \pm 0,0309''.$$

Príloha číslo: 1

Schematický priebeh slabky ξ_1 v horst. v úseku S-JTSK



Príloha číslo: 2

Schématický problém stavby η_1 -kond. v systéme S-JTSK



Výsledek transformace byl porovnán s výsledky získanými z obdobné transformace, omezení však na translaci a rotaci okolo osy Z. Výsledky byly prakticky totožné:

$$m_{\xi}^4 = \pm 0,0200'', \quad m_{\eta}^4 = \pm 0,0274''.$$

3. Závěr

Současné datové a programové zabezpečení umožňuje exaktní řešení redukčních úloh v systému S-JTSK a zavedení dosud chybějících podkladů [8] do geodetické praxe. V rámci dalšího zdokonalení elaborátu tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu ČSSR lze zabezpečit jeden z předpokladů pro modernizaci čs. trigonometrických sítí a převod geodetických základů do geocentrického systému.

Literatura:

- [1] BURŠA, M., KANDA, J., MAŘANOVÁ, M.: Tížnicové odchylky a výšky kvazigeoidu na území ČSSR a teorie jejich určování, Edice VÚGTK, řada 3, Praha 1968.
- [2] BURŠA, M.: Redukce měřených veličin astronomicko-geodetické sítě na referenční elipsoid, Geodetický a kartografický sborník 1957.
- [3] BUCHAR, E.: Tížnicové odchylky a geoid v ČSR, Geodetická edice 1951, Praha.
- [4] CIMBÁLNIK, M.: Geodetické systémy a lokální sítě, Sborník přednášek symposia „Modernizace geodetických bodových polí“, VAAZ Brno 1980.
- [5] PICK, M.: Transformace československé jednotné katastrální sítě z elipsoidu Besselova do systému 1952 na elipsoid Krasovského, VTO (zvláštní výtisk) 1956.
- [6] RADĚJ, K.: Převod polohového bodového pole do nového souřadnicového systému socialistických států. Kandidátská disertační práce, Brno 1982.
- [7] NĚMEČEK, P.: Programová dokumentace prostorové podobnostní transformace TRL-PRVK, Dobruška, VTOPÚ 1983.
- [8] VYKUTIL, J.: Tížnicové odchylky v současné geodézii, Sborník TS MNO, VTO č. 2, 1975.
- [9] VYKUTIL, J.: Význam některých zařízení BMZ pro zvýšení kvality geodetických a důlně měřic-
kých prací v OKR, Sborník přednášek „Speciální měřické metody a výzkum v důlním měřictví,
VŠB Ostrava, 1981.
- [10] VYKUTIL, J.: Převod azimutů určených gyroteodolity na směrníky v rovinných souřadnicových
soustavách, GaKO č. 1, 1972.
- [11] VYKUTIL, J.: Korekce gyroteodolitových měření vysoké přesnosti z vlivů tížnicových odchylek,
GaKO č. 2, 1977.
- [12] VYKUTIL, J.: Vyšší geodézie, Kartografie, Praha 1982.
- [13] HRADÍLEK, : Vysokohorská geodézie, rukopis, 1978.
- [14] PELLINEN, L. P.: Vysšaja geodezija, Nedra, Moskva 1974.
- [15] MOLODENSKIJ, M. S.: Osnovnyje voprosy svjazanyje s vypolnenijem astronomogravimetri-
českogo nivelirovanija na boľšoj teritorii, Sborník statej, GÚGK 1944.
- [16] Vedomost' sostavljajuščich ukloenenij otvesa i prevyšeniij kvazigeoida dlja ČSAGS, Praha 1975.
- [17] Návod k provádění údržby trigonometrických bodů, Praha 1978.

Do redakce došlo dne 1. 11. 1983.

Kvantový topografický dálkoměr KTD-1

Článek podává stručnou informaci o určení, principu činnosti, základních technických parametrech a bezpečnostních zásadách při práci s kvantovým topografickým dálkoměrem KTD-1.

Kvantový topografický dálkoměr KTD-1 (dále jen dálkoměr) je určen k měření vzdáleností k přirozeně i uměle signalizovaným cílům, případně terénním tvarům, a měření horizontálních a vertikálních úhlů. Dálkoměr společně s úhloměrnou částí je konstruován jako jeden celek (obr. 1).



obr. 1. Celkový pohled na dálkoměr s příslušenstvím

Měření vzdálenosti je založeno na přímém měření časového intervalu mezi okamžikem vyslání a příjmu laserového pulsu podle vztahu

$$D = \frac{c \cdot t}{2}, \quad (1)$$

kde

- D – šikmá vzdálenost k cíli,
- c – rychlost šíření světla (použita hodnota $c = 299\,793$ km/s),
- t – měřený časový interval.

Časový interval se určuje pomocí krystalového generátoru kmitů (viz obr. 2-14) a čítače (14). Potom čas t

$$t = \frac{1}{f} \cdot n, \quad (2)$$

kde

- f – frekvence krystalového generátoru ($f = 59,959$ MHz),
- n – počet kmitů sečtených čítačem.

Po sloučení rovnic (1) a (2) a dosazení konstant (c, f) získáme vzdálenost jako n -násobek úseků po 2,5 metru

$$D = 2,5 n \quad (\text{metrů}) \quad (3)$$

Z rovnice (3) vyplývá, že dálkoměrem se měří vzdálenost po úsecích 2,5 m.

Princip činnosti dálkoměru (obr. 2)

Zdrojem měřicího signálu je laser (1) pracující v pulsním režimu. Po spuštění (3) laseru je směrem k cíli vyzářen mohutný monochromatický impuls. Malá část jeho energie je v přístroji pomocí hranolů (7) a polopropustného zrcadla (17) odkloněna na fotodiodu (15), přeměněna na elektrickou energii a spustí čítač v jednotce měření času (14). Signál odražený od cíle projde objektivem (18), opět po odrazu od polopropustného zrcadla dopadá na fotodiodu a zastavuje čítač. V elektronických blocích je na základě počtu n sečtených kmitů vyhodnocena vzdálenost a její hodnota se objeví na displeji (13). Měření lze po pěti sekundách opakovat.

Při měření vzdálenosti na cíle částečně zakryté terénními předměty (stromy, křoví ap.) je možné vhodnou metodikou vyloučit vliv nežádoucích obrazů.

Metoda strobování umožňuje zanedbat všechny signály odražené od předmětů, které jsou ve vzdálenosti menší, než je délka nastavená na přístroji. Přepínačem „minimální vzdálenost“ lze nastavit délky 95, 280, 500, 950 nebo 30 250 m. Skutečné hodnoty strobování se mohou lišit od nominálních o $\pm 10\%$ a lze je zjistit při kalibraci přístroje.

Selektivní metoda umožňuje nastavit přístroj tak, že čítač se zastaví na první, druhý nebo až na třetí přijatý impuls. Při možnosti volby mezi metodami měření výrobce doporučuje používat metodu strobování.

Úhломěrná část přístroje umožňuje měření horizontálních a vertikálních úhlů v rozsahu $0^\circ - 360^\circ$, resp. $\pm 18^\circ$. Konstrukčně je řešena jako dvojosý teodolit se skleněnými limby. Horizontální i vertikální kruh je dělen po 1° , nejmenší dílek odečítacího zařízení (mřížka) je $1'$. Přístrojem lze měřit úhly jen v jedné poloze dalekohledu. Indexovou chybu zjišťuje výrobce a je uvedena v dokumentaci přístroje. Její hodnotu je nutné ověřovat. Záměrná přímka dalekohledu prochází mimo osy otáčení dálkoměru (25 mm od svislé osy a 52 mm od vodorovné osy otáčení), proto je nutné při měření směru na blízký cíl zavádět opravy.

Některé technické parametry přístroje KTD-1

D á l k o m ě r n á č á s t

Dosah dálkoměru (při optické viditelnosti 20 km)

10 km

Dosah při měření na odrazný hranol o ploše 20 cm²

cca 39 km

Minimální měřená vzdálenost	125 m
Laser	
pulsní s pevnou fází, aktivní prostředí je yttrito-hlinitý granát (YAG) s příměsí neodymu	
Výkon laseru (podle exempláře přístroje)	5–10 MW
Délka impulsu laseru	10 ns
Divergence	do 2'
Vlnová délka laserového záření	1064 nm
Střední kvadratická chyba měřené vzdálenosti (z 32 měření)	menší než 0,5 m
Ú h l o m ě r n á č á s t	
Střední kvadratická chyba horizontálního nebo vertikálního úhlu měřeného ve dvou řadách	0,5'
Zvětšení dalekohledu	10 krát
Citlivost alhidádové libely	20"/2 mm
Zdroj napětí — speciální akumulátor IP-5 o napětí	27 V
Akumulátor zaručuje bez dobíjení při vnější teplotě +10 — +30°C provést minimálně 500 měření délek.	

Některé bezpečnostní zásady při provozu dálkoměru.

Dálkoměr je opticko-elektrický přístroj vybavený výkonným laserem, u něhož je životu nebezpečné napětí na některých elektrických blocích a pro zrak je nebezpečné přímé ozáření laserem dálkoměru. Neviditelné záření laseru může způsobit částečnou nebo i úplnou ztrátu zraku poškozením rohovky nebo sítnice oka. Přímé vyzařování laseru je nebezpečné pro zrak na vzdálenost 4,5 km ve dne a 7 km v noci. Stejně nebezpečné mohou být i odrazy od lesklých, dobře odrážejících předmětů. Při pozorování optickými přístroji (dalekohledem) se nebezpečná vzdálenost zvětšuje úměrně zvětšení dalekohledu. Aby se předešlo ohrožení zraku je nutné při práci s lasery zachovávat bezpečnostní pravidla uvedená v [1] a [2] a pro přístroj KTD-1 konkretizovaná [4].

Technické parametry dálkoměru ho předurčují k pracím při TZBČV. Přesnost měřené vzdálenosti vyhovuje požadavkům na určení polohy všech druhů bodů SGS. Přesnost měřených úhlů je postačující k zaměření orientačních směrů na bodech SGS 30 a SGS 60. Přesností dálkoměru je vysoká produktivita měření délek a velmi jednoduchá signalizace cílů. Omezujícím faktorem plného využití dálkoměru v době míru jsou přísné bezpečnostní a hygienické předpisy při provozu laseru III. třídy, mezi které přístroj KTD-1 patří.

Literatura:

- [1] Vyhlášky č. 125 ČÚBP a 126 SÚBP uveřejněné v částce 25/1982 Sb.
- [2] Hygienický předpis MZd ČSR č. 61, sv. 53/1982, registrovaný v částce 14/1982 Sb.
- [3] POSPÍŠIL, Jiří.: Působení laserového záření na lidskou tkáň, Geodetický a kartografický obzor, 10/1982, s. 281–285.
- [4] Kvantový topografický dálkoměr KTD-1, služební předpis (návrh).

Do redakce došlo dne 1. 11. 1983.

K přesnosti měření délky kvantovým topografickým dálkoměrem KTD-1

Úvod

Do výzbroje ČSLA byl zaveden laserový dálkoměr KTD-1, v kterém se využívá dálkoměrné impulsní metody s pasívním odrazem od místních předmětů (cílů kovových i nekovových). Za dobré viditelnosti (do 20 km) je dosah dálkoměru 10 km, za velmi dobré viditelnosti a při použití odrazného hranolu jako cíle je dosah až 40 km. Bližší údaje o dálkoměru jsou uvedeny v originálním návodu výrobce [1] nebo také ve VTO [2].

Přesnost dálkoměru podle literatury

Přesnost měření délky dálkoměrem vyplývá z principu impulsní metody a z vlastní konstrukce dálkoměru. Měřená délka d se určí ze vztahu

$$d = \frac{c \cdot t}{2},$$

kde

- c — rychlost světla (laserového záření),
- t — časový interval, za který se laserový impuls vyslaný dálkoměrem vrátí zpět po odrazu od cíle.

Časový interval t se měří v dálkoměru počtem impulsů základního krystalového generátoru, které projdou mezi dobou vyslání a přijetí laserového impulsu. Interval t se určí ze vztahu

$$t = \frac{1}{f} n,$$

kde

- f — kmitočet základního generátoru ($f = 59,959$ MHz),
- n — registrovaný počet impulsů.

Měřenou délku d lze tedy vyjádřit počtem n prošlých impulsů základního krystalového generátoru

$$d = \frac{c}{2f} n = 2,5 n.$$

To znamená, že dálkoměrem se určuje délka jako n -násobek úseků po 2,5 m. Měřením v terénu lze získat jen hodnoty délek, které budou zakončeny ciframi 0 m, 2,5 m, 5 m nebo 7,5 m.

Z dostupné dokumentace přístroje se nepodařilo vyčíst, zda laserový impuls současně odstartuje chod jednotky měření času nebo zda měření času nastane až od nejbližšího následujícího impulsu základního krystalového generátoru, který generuje impulsy nezávisle na okamžiku výstřelu laseru. Po konzultaci byl brán v úvahu obvyklý konstrukční princip, kdy počátkem měření tranzitního času je impuls základního krystalového generátoru nejbližší následující po výstřelu laseru.

Při opakování měření se výsledná délka určí jako aritmetický průměr z několika měření s výsledkem n -úseků po 2,5 m a z několika měření s výsledkem $(n \pm 1)$ úseků po 2,5 m. Podíl jednotlivých výsledků na výsledné délce závisí na hodnotě měřené délky, jestliže zanedbáme vliv dalších přístrojových chyb a byl-li proveden značný počet měření.

V originálním návodu [1] je uvedeno, že střední chyba měření délky je menší než 0,5 m pro délky do 10 km. Střední chyba m se vztahuje na aritmetický průměr série 32 opakovaných měření a určuje se podle vzorce

$$m = \frac{\sqrt{[\Delta_i^2]}}{n}, \quad (1)$$

kde

$$\Delta_i = d_e - d_i$$

d_e – etalonní délka (požadovaná přesnost etalonní délky je v návodu [1] určena střední chybou $< 0,5$ m),

d_i – délka měřená dálkoměrem KTD-1 se zahrnutím opravy z meteorologických podmínek,

$n = 32$ (počet opakovaných měření délky).

Při měření délek větších než 10 km je pro maximální délky (≈ 39 km) uvedeno v [1], že střední chyba se může zvětšit až o 2 metry.

V záznamníku techniky dodávaném výrobcem k přístrojům jsou uváděny střední chyby zjištěné při technické kontrole výrobků pro krátké délky (125 m), pro střední délky (6 až 7 km) a pro dlouhé délky (10 až 12 km). Jsou počítány podle vzorce (1). U přístrojů, které jsme měli k dispozici, se tyto střední chyby pohybovaly v rozmezí 0,25 až 0,35 metru.

Odlišné údaje o přesnosti dálkoměru KTD-1 jsou uvedeny v pomůcce S/Topo-2-1 [3]. Střední chyba při měření délky do 10 km je uvedena hodnotou 1,8 m. V pomůcce se doporučuje opakovat měření každé délky 3krát.

Pro dosažení vyšší přesnosti (se střední chybou 1 m) se doporučuje měřit vzdálenost 2krát ze základního stanoviště a 2krát z pomocného stanoviště s excentricitou 1,3 m ve směru měření. Výsledek měření z pomocného stanoviště se opraví o excentricitu.

Výsledky měření délky v terénu

Pro ověření přesnosti dálkoměru bylo organizováno v minimálním rozsahu měření délky v terénu. Byla měřena vzdálenost (≈ 4820 m) k vrcholu továrního komínu ze základního stanoviště a z dalších šesti stanovišť ve směru měření s excentricitami po 0,5 metru. Každá vzdálenost byla měřena 32krát, celkem bylo provedeno 7×32 , tj. 224 měření délky. Účelem měření bylo ověření přesnosti dálkoměru podle údajů výrobce, ověření předpokladu o přiřazení tranzitního času ke stupnici základního generátoru a ověření účelnosti posunu stanoviště o 1,3 m pro dosažení vyšší přesnosti.

Výsledky měření jsou sestaveny v tabulce 1. Z údajů v tabulce se potvrzuje předpokládaný princip měření délky, kdy výsledná délka se určuje z určitého počtu n -úseků a $(n \pm 1)$ úseků po 2,5 metru v závislosti na hodnotě měřené délky. Vzhledem k omezenému počtu 32 měření se tato závislost projevuje jen přibližně.

Při jednotlivém měření může odchylka od průměru dosáhnout velikosti $\pm 2,5$ metru. Hlavní složkou této chyby je chyba plynoucí z metody měření tranzitního času.

Střední chyba délky určené jako průměr ze 32 opakovaných měření je 0,57 m. Kromě toho byla vypočítána střední chyba délky určené jako průměr ze 4 opakovaných měření s výsledkem 0,73 m. Na základě

Tabulka 1

Délka	Délka odečtená na displeji dálkoměru				Výsledná délka	Výsledná délka minus exc.	Odchylka od aritm. prům. v (metrů)
	4820 m	4822,5 m	4825 m	4827,5 m			
d	3krát	22krát	7krát		4822,8	4822,8	-0,06
$d + 0,5$ m		10krát	22krát		4824,2	4823,7	-0,96
$d + 1,0$ m		9krát	23krát		4824,3	4823,3	-0,56
$d + 1,5$ m		16krát	16krát		4823,8	4822,3	+0,44
$d + 2,0$ m		12krát	20krát		4824,1	4822,1	+0,64
$d + 2,5$ m		1krát	29krát	2krát	4825,1	4822,6	+0,14
$d + 3,0$ m			27krát	5krát	4825,4	4822,4	+0,34
$\frac{\sum d}{7} = 4822,74$						$\sqrt{\frac{[vv]}{6}} = 0,57$ m	

těchto výsledků byla do služebního předpisu navržena hodnota 0,5 m jako střední chyba délky určené ze 32 opakovaných měření a hodnota 0,75 m pro délky určené ze 4 opakovaných měření. Předpokládají se délky do 10 km.

Z rozboru metody měření tranzitního času, která se především podílí na velikosti chyby jednoho měření délky, lze očekávat, že velikost chyb se nebude řídit normálním zákonem četnosti náhodných chyb. Pro potvrzení je uvedena v tabulce 2 četnost odchylek délek (průměrů ze 4 měření) od aritmetického průměru ze všech 224 měření. Zjištěné odchylky se nepodřizují normálnímu zákonu četnosti, ale nelze potvrdit ani očekávané rovnoměrné rozdělení odchylek, pravděpodobně z důvodu omezeného počtu měření.

Četnost odchylek

Tabulka 2

Velikost odchylek cm	do	0	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101	111	121	131	141	151	161
	od	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Četnost		5	5	7	7	5	2	3	4	4	4	0	6	2	0	0	0	2

Z výsledků v tabulce 2 lze potvrdit, že 66 % odchylek je menších než střední chyba (0,73 metru) a že maximální odchylka (1,70 metru) je menší než trojnásobek střední chyby. Tato dvě kritéria odpovídají charakteru střední chyby v tom rozsahu, aby v praxi mohla být jako parametr přesnosti dálkoměru uváděna. Lze předpokládat, že asi 2/3 chyb v délce bude menších než střední chyba a 1/3 chyb nepřekročí velikost dvojnásobku střední chyby. Četnost chyb v těchto mezích bude přibližně rovnoměrná.

Z rozboru metody měření tranzitního času ani z výsledků měření v terénu se nepotvrdila účelnost posunu stanoviska o 1,3 m k dosažení vyšší přesnosti.

Závěr

Na základě analýzy metody měření tranzitního času a na podkladě částečného ověření dálkoměru v terénu byl přibližně potvrzen údaj výrobce, že střední chyba výsledku 32 měření délky je menší než 0,5 m. Dále bylo zjištěno, že střední chyba výsledku ze 4 měření délky je 0,75 m. Zjištěné hodnoty budou převzaty do návrhu služebního předpisu. Této optimální přesnosti lze dosáhnout jen u vhodných cílů, jako je terč nebo jiná ohraničená plocha stojící kolmo na směr měření. Chyby v délce budou narůstat vlivem deformací laserového impulsu při odrazu od různě tvarovaných cílů a velikost těchto chyb bude nutno postupně upřesňovat v praxi. Ke zvětšení chyby dojde i při odrazu od prostorového cíle, kdy odrazová plocha nebude přesně definována.

Výsledky měření délky v terénu

Délka	Délka měřena na různých odlehlostech				Průměr	Rozptyl	Střední chyba
	100 m	200 m	300 m	400 m			
100 m	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0	0,0
200 m	200,0	200,0	200,0	200,0	200,0	0,0	0,0
300 m	300,0	300,0	300,0	300,0	300,0	0,0	0,0
400 m	400,0	400,0	400,0	400,0	400,0	0,0	0,0

Literatura:

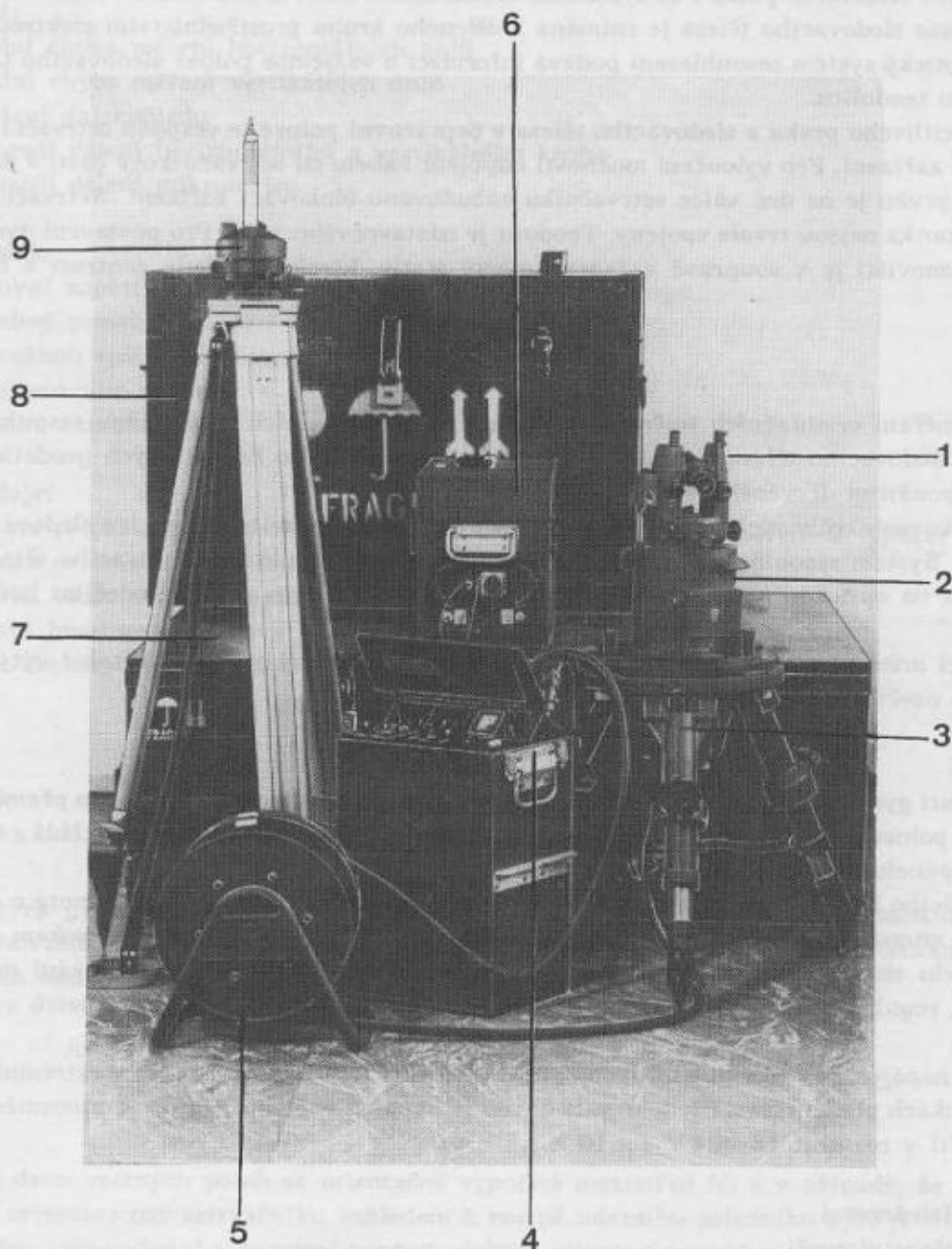
- [1] Dálkoměr KTD-1. Technickéjsoje opisanije i instrukcija po eksploatacii. 1981.
- [2] KRATOCHVÍL, V.: Kvantový topografický dálkoměr KTD-1. VTO č. 1/1984.
- [3] S-Topo-2-1. Rukovodstvo po astronomičeskim rabotam pri topogeodezičeskem obespečenii vojsk. Část 1.

Do redakce došlo dne 21. 11. 1983.

Gyrokompas GI-E1

Úvod

Do výzbroje ČSLA je zaváděn nový přístroj pro autonomní určování směrů v terénu — gyrokompas GI-E1 (obr. 1). Jeho výrobcem je fa MOM - Budapešť. V článku bude uveden krátký popis přístroje, jeho takticko-technické údaje a návrhy na jeho využití.



Obr. 1. Celkový pohled na gyrokompas GI-E1 s příslušenstvím.

1-teodolit, 2-setrvačnicková část, 3-kovový stativ, 4-řídící blok, 5-kovová cívka kabelu, 6-akumulátorová baterie, 7, 8-přepravní bedna, 9-dřevěný stativ se světelnou výtyčkou.

Gyrokompas GI-E1 představuje souhrn funkčních částí (bloků), umožňujících nezávislé určení azimutů orientačních směrů. Přístroj se skládá z těchto základních částí: 1. setrvačnicková část, 2. teodolit, 3. řídicí blok, 4. ostatní příslušenství.

1. Setrvačnicková část

Setrvačnicková část obsahuje citlivý prvek, v němž jsou uloženy dva gyromotory s paralelními horizontálními osami. Pouzdro citlivého prvku je vloženo do sledovacího tělesa, na němž jsou umístěny elementy sledovacího systému. Sledovací těleso má elektronicko-optickou vazbu na citlivý prvek: při otáčení citlivého prvku se pomocí sledovacího systému otáčí sledovací těleso synchronně s citlivým prvkem.

Ve střední části sledovacího tělesa je umístěn dělený kruh s hodnotou dělení $10'$, který je optickou soustavou spojen s čítačem impulsů a se systémem sesouhlasení sledovacího tělesa s teodolitem. Úhlová informace o poloze sledovacího tělesa je snímána z děleného kruhu prostřednictvím elektronického čítače impulsů. Optický systém sesouhlasení podává informaci o vzájemné poloze sledovacího tělesa a vodorovného kruhu teodolitu.

Pro upevnění citlivého prvku a sledovacího tělesa v nepracovní poloze je vespuďu setrvačnickové části uloženo aretační zařízení. Pro vyloučení možností odpojení kabelu od setrvačnickové části v době odaretování citlivého prvku je na dně válce setrvačnicku zabudováno blokovací zařízení. Setrvačnicková část a úhломěrná jednotka nejsou trvale spojeny. Teodolit je nastavcového typu. Pro postavení gyrokompasu na měřickém stanovišti je v soupravě zařazen kovový stativ, který umožňuje centraci a horizontaci přístroje.

4. Teodolit

Je určen pro měření orientačních směrů, horizontálních a vertikálních úhlů a úhlu sesouhlasení „T“ dělených kruhů sledovacího tělesa a teodolitu. Teodolit lze využít pro řešení jiných geodetických úloh i samostatně s použitím dřevěného stativu.

Zobrazení styku polokruhových proužků na děleném kruhu sledovacího tělesa lze sledovat v mikroskopu teodolitu. Systém sesouhlasení v určité vzájemné poloze teodolitu a sledovacího tělesa bezprostředně navazuje na optickou soustavu teodolitu a po vzájemném srovnání lze odečíst hodnotu úhlu sesouhlasení „T“.

Pro signalizaci orientačních směrů je doplněn do soupravy dřevěný stativ a světelná výtyčka s příslušenstvím pro osvětlení a podložkou.

3. Řídicí blok

Je základní částí gyrokompasu určenou pro dodání nezbytných napájecích napětí, pro přeměnu a indikaci informací o poloze citlivého prvku a k řízení funkcí gyrokompasu. Řídicí blok se skládá z napájecího bloku, řídicího panelu, zesilovačů a indikace informací.

Na panelu řídicího bloku je umístěn displej, kde je průběžně indikována úhlová hodnota o poloze citlivého prvku ve stupních, minutách a desetínách minut ($000^{\circ} 00',5$) s minimálním krokem $0',5$. Prvky obsluhy na panelu slouží k zapnutí napájení gyromotoru, zaaretování nebo odaretování gyromotoru, brzdění motoru, regulaci koeficientu zesílení sledovacího systému a sledování parametrů v odpovídajících režimech.

Řídicí blok je napájen 24V akumulátorovou baterií (typ 12-CAM-28), kterou lze v extrémních povětrnostních podmínkách předeřhřívát. Předeřhřívací obvod je napájen vnějším zdrojem stejnosměrného nebo střídavého napětí v rozmezí 12–24 V ($\pm 10\%$).

4. Ostatní příslušenství

Ostatní příslušenství tvoří:

- spojovací kabel (10 m) na kovové cívce pro spojení řídicího bloku se setrvačnickovou částí,
- přepravní bedna pro uložení a přepravu setrvačnickové části, teodolitu, řídicího bloku a dokumentace,
- přepravní bedna pro uložení a přepravu příslušenství — stativů, kabelu, zemních hřebů, závětrné plachty atd.

Základní takticko-technické údaje

Setrvačnicková část:

– střední chyba určení azimutu	menší než 2'
– doba kyvu citlivého prvku ($\varphi = 47^\circ$)	50 s
– doba rozběhu motoru	max. 2 min
– doba odaretování (zaaret.) citl. prvku	24 s
– pracovní napájecí napětí	22–30 V
– spotřeba energie při měření čtyř vratných poloh	
– v normálních podmínkách	0,6 Ah
– při teplotě -50°C	1–1,2 Ah
– doba brzdění	5 min

Teodolit:

– střední chyba měření horizontálních úhlů	5''
– střední chyba měření vertikálních úhlů	1'
– zvětšení dalekohledu	8×
– nejmenší dělení horizontálního a vertikálního kruhu	20'
– nejmenší dělení mikrometru	10''

Řídicí blok:

– pracovní napětí	22–30 V
– potřebný proud při napětí 27 V	
– v režimu spouštění motoru	max. 8 A
– v pracovním režimu	max. 4,5 A
– kapacita akumulátoru	28 Ah

Další údaje:

– doba na přípravu gyrokompasu na měřickém stanovišti, na zaměření a výpočet azimutu orientačního směru (pro 2 muže)	do 7 min
– doba na uložení gyrokompasu do přepravních schránek	do 10 min
– celková hmotnost soupravy	250 kg
– počet obsluhy (včetně řidiče)	2–3 muži

Určení azimutu orientačního směru

Citlivý prvek gyrokompasu vykonává tlumený kmitavý pohyb kolem roviny místního poledníku. Střední rovnovážná poloha N_0 citlivého prvku je totožná s rovinou místního poledníku a lze ji určit z jednotlivých hodnot N_i vratných poloh citlivého prvku:

$$N_0 = \frac{N_1 + 3N_2 + 3N_3 + N_4}{8}$$

Z prvních dvou vratných poloh se orientačně vypočítá mezistřed N_1 a v případě, že $3^\circ < N_1 < 10^\circ$, pak výchozí orientace osy setrvačnicku vzhledem k rovině místního poledníku byla provedena správně. Není-li splněna tato podmínka, je nutné opravit výchozí orientaci pootočením válce setrvačnicku. Potom se opakuje měření vratných poloh citlivého prvku s opětovnou kontrolou mezistředu. Po případné opravě výchozí orientace se znovu zjistí hodnota úhlu sesouhlasení „T“. Měření směrů (M) na orientační body teodolitem se provádí na začátku měření na stanovišti před odaretováním citlivého prvku v poloze teodolitu „kruh vlevo“.

Pro určení azimutu orientačního směru postačuje měření 4 vratných poloh.

Azimut orientačního směru A_{OB} se určí ze vzorce:

$$A_{OB} = \Delta + N_{stf.} + M - T,$$

kde:

- Δ — adiční konstanta gyrokompasu,
- $N_{stf.}$ — střední rovnovážná poloha citlivého prvku,
- M — směr na orientační bod,
- T — úhel sesouhlasení dělených kruhů teodolitu a sledovacího tělesa.

Adiční konstantu je nutné periodicky ověřovat. Její ověření se provádí na směrovém etalonu v šesti měřických sériích.

Při praktickém ověřování funkce gyrokompasu bylo dosaženo střední chyby jednotlivých měření $m_s = 1'11''$.

Závěr

Gyrokompas GI-E1 splňuje všechny podmínky pro rychlé určení azimutů orientačních směrů za jakýchkoliv povětrnostních podmínek. Zrychlení prací je umožněno jak vlastní konstrukcí přístroje (doba kyvu citlivého prvku je 50 s), tak možností vyložit pro měření z vozidla jen setrvačnickovou část, spojenou kabelem (10 m) s řídicím blokem umístěným ve vozidle a vlastní měření provádět přímo ve vozidle. Za bojového nasazení lze provádět rozběh i brzdění gyromotoru ve vozidle již během jízdy.

Přesnost gyrokompasu (větší než $2'$) jej předurčuje pro vyzbrojení topograficko-geodetických jednotek raketového vojska a dělostřelectva k určování hlavního směru palby a ke geodetickému připojování prvků bojových sestav.

Obsluha gyrokompasu je jednoduchá, práce s ním je rychlá a většina operací je řízena mikroprocesorem. Orientační směr s přesností do $2'$ lze určit do 7 minut po zastavení vozidla.

Rada technických předností je příčinou poměrně značné hmotnosti gyrokompasu a příslušenství. V soupravě jsou prostředky pro upevnění přístroje ve vozidle při převozu. Lze jej převážet na terénním nákladním vozidle nebo na speciálně upraveném vozidle UAZ.

Literatura:

Gyrokompas Gi-E1, techničeskoje opisanije i instrukcija po eksploatacii. MOM-Budapešť

Do redakce došlo dne 10. 11. 1983.

Informace o technologii tvorby speciální mapy tížnicových odchylek

1. Úvod

Vědeckotechnická revoluce ve vojenství, kvalitativní změny ve výzbroji ovlivňují požadavky na geodetické, topografické podklady a informace. Manévrovost vojsk na jedné straně spolu s možnostmi relativně samostatných akcí na straně druhé vyžaduje zabezpečení některých autonomních prostředků určování polohy a orientace speciálními informacemi. Vztah mezi charakteristikami geodetického systému a fyzikálním prostředím, v němž je tento systém realizován a využíván, udávají mj. složky tížnicových odchylek. Vzhledem k tomu, že nelze předem vymezit oblast, kde bude tato informace važadována, vznikl nový druh speciální mapy — mapa složek tížnicových odchylek. V důsledku předchozího vývoje se u nás vytvořila v tomto oboru tradice (1), na kterou v současné době v TS ČSLA navazujeme a zároveň ji rozvíjíme.

2. Stručný přehled vývoje metodik pro určování složek tížnicových odchylek v ČSSR

Základním zdrojem této systémové informace jsou výsledky astronomického a geodetického určování polohy, tj. zeměpisných souřadnic na Laplaceově bodě, z nichž se vypočtou astronomicko-geodetické veličiny

$$\begin{aligned}\xi &= \varphi - B \\ \eta &= (\lambda - L) \cos B,\end{aligned}\tag{1}$$

kde

ξ, η — složky tížnicové odchylky v meridiánu a 1. vertikálu,
 $B, L; \varphi, \lambda$ — zeměpisné geodetické a astronomické souřadnice.

Rídce bodové pole těchto veličin (cca 1 bod na 1000 km²) je základem pro jeho plošné zhuštění do takové míry, aby bylo možné kartografické zpracování zachovávající reálnou a požadovanou přesnost informace. Vzhledem k specifickým podmínkám vývoje čs. geodetických základů, jejich relativně malé rozloze nedošlo v minulosti ke zhuštění bodového pole s údaji ξ, η . To se stalo až po zapojení čs. základů do systému S-1942.

Grafická interpolace složek ξ, η , např. podle (2), je sice instruktivní, ale nepřesná; její výsledky poskytují obecně přehled o charakteru změn veličin. Topografická interpolace, využívající gravitačního vlivu elementárních hranolů topografického reliéfu k výpočtu veličin interpolací, nebyla samostatně použita.

S pronikáním výsledků geodetické gravimetrie dosažených v SSSR (známé TRUDY CNIIGAIK) vznikaly u nás první práce Buršovy, Pickovy aj., které zpočátku popularizovaly metody gravimetrické interpolace složek tížnicových odchylek, výšek kvazigeoidu a v dalším je zdokonalily.

V souvislosti s přípravou podkladů pro 2. vyrovnání Jednotné astronomicko-geodetické sítě socialistických států zabezpečil Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický pod vedením Ing. Burši, DrSc., teoreticky i prakticky vytvoření interpolovaného bodového pole složek tížnicových odchylek nejprve pro průsečíky zeměpisné sítě 10' × 15' a v některých oblastech zhuštění až na 5' × 7,5'. Ve své době to bylo ucelené dílo vysoké kvality s původními vědeckými přínosy. Údaje ξ, η byly později doplněny relativními výškami kvazigeoidu, na jehož vytvoření se podílel i Vojenský topografický ústav [3].

Podstata použité metodiky, dnes celosvětově rozšířená, je popsána v [1], [4], [7] a spočívá v těchto krocích:

1) Vytvoření seznamu prověřených údajů složek tížnicových odchylek na Laplaceových bodech, zahrnující revizi měření a výpočtu astronomických souřadnic a nový výpočet složek ξ^{ag}, η^{ag} .

2) Určení gravimetrických veličin ζ^{gr} , η^{gr} na Laplaceových bodech a bodech interpolovaných (bodech zhuštění) prostřednictvím zjednodušených Vening-Meineszových rovnic pro určení vlivu tíhového pole (z mapy úplných Bouguerových anomálií Δg_{B+i}) a pro vliv topografického reliéfu (z hypsometrických map) sumací elementárních vlivů pomocí šablon do okruhu cca 300 km podle

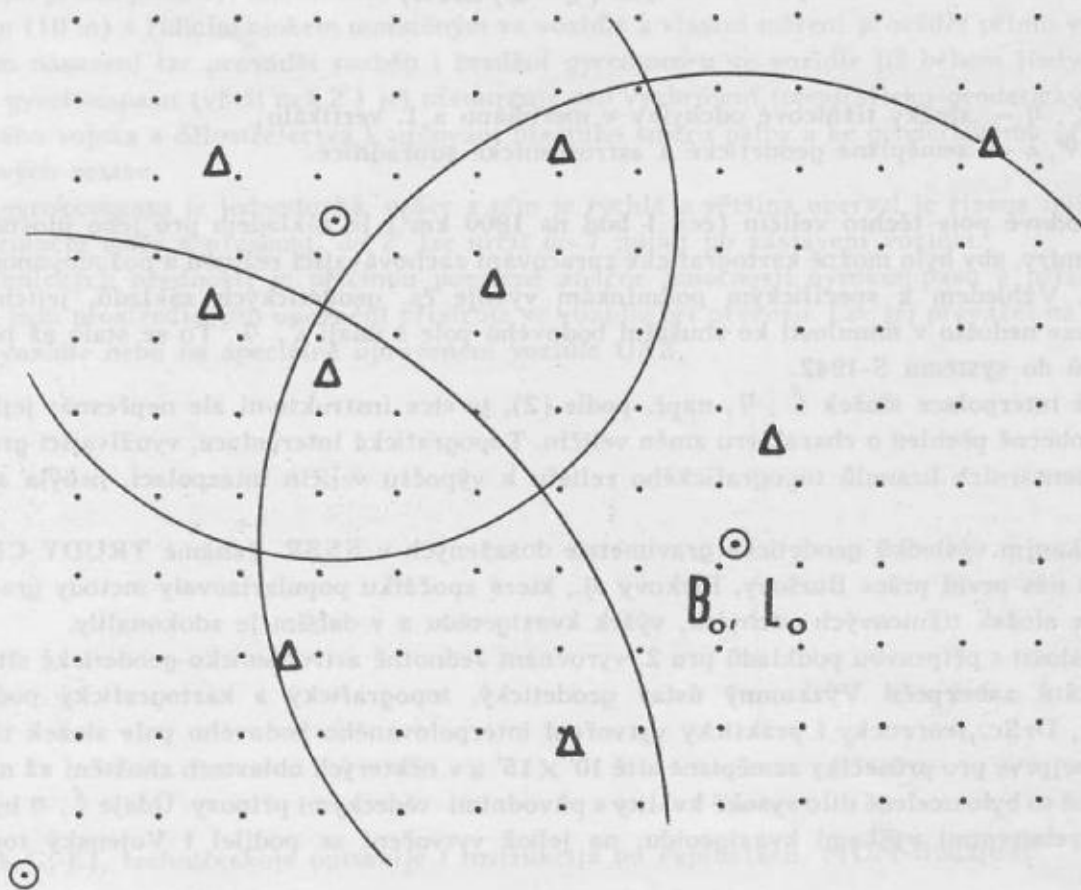
$$\begin{Bmatrix} \zeta \\ \eta \end{Bmatrix} = -\frac{1}{2\pi} \iint_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \Delta g Q(\psi) \begin{Bmatrix} \cos A \\ \sin A \end{Bmatrix} d\psi dA, \quad (2)$$

kde

- Δg — Fayeova anomálie s topografickou korekcí,
- $Q(\psi)$ — váhová funkce, klesající s rostoucím úhlem,
- ψ — středový úhel, zde do max. 3° ,
- A — azimut spojnice (průvodiče) centrální bod — těžiště elementární plochy se střední hodnotou.

Teoretická rovnice (2) představuje vlastně derivace Stokesova integrálu pro výpočet výšky geoidu ve směru meridiánu a 1. vertikálu. Praktické řešení integrálu (2) se děje sumacemi elementárních vlivů. Oddělení výpočtu vlivu z tíhového pole od výpočtu vlivu terénního reliéfu bylo nutné vzhledem k tomu, že mapy Fayeových anomálií s topografickou korekcí Δg_{F+i} se prakticky nekonstruují ($\Delta g_{F+i} = \Delta g_{B+i} + 0,1119 \cdot H$, kde H je nadmořská výška bodu).

3) Určení interpolačních oblastí, v nichž se pro lineární nebo kvadratickou interpolaci vypočtou z údajů gravimetrických a astronomicko-geodetických na Laplaceových bodech vyrovnané koeficienty interpolace.



Obr. 1. Určení oblastí interpolace pro ruční výpočet.

- Δ — Laplaceovy body s údaji stronomicko-geodetickými a gravimetrickými,
- \cdot — body s určenými gravimetrickými veličinami,
- \odot — těžiště oblastí interpolace o souřadnicích B_0 , L_0 .

4) Převod gravimetrických veličin v jednotlivých oblastech interpolace IO na veličiny interpolované astronomicko-geodetické (systémové), výběr nej kvalitnějších dat v překrytech oblastí interpolace. Lineární interpolační rovnice (složka η má rovnici obdobnou):

$$\xi_i^{ag} = \Delta \xi_o + a \Delta B_i + b \Delta L_i \cos B_i, \Delta B_i = B_i - B_o, \Delta L_i = L_i - L_o. \quad (3)$$

Kvadratická interpolační rovnice

$$\xi_i^{ag} = \Delta \xi_o' + a' \Delta B_i + b' \Delta L_i \cos B_i + c \Delta B_i \Delta L_i \cos B_i + d \Delta B_i^2 + e \Delta L_i^2 \cos^2 B_i, \quad (4)$$

kde

$\Delta \xi_o, \Delta \xi_o'$ — rozdíly veličin ξ_i^{ag} a ξ_i^{gr} na bodech B_o, L_o určené interpolací.

Koeficienty interpolace a, a', b, b', c, d, e se určí vyrovnaním MNC z údajů na Laplaceových bodech v dané oblasti interpolace.

5) Konstrukce izočar $\xi_i = \text{konst.}, \eta_i = \text{konst.}$, složek úplných a rozdělených na 2 části (do 5 km a od 5 km dále) [1].

Pro podmínky geodetického zabezpečení je použita metodika gravimetrické interpolace podle Jeremějeva v (4) a je popsána jako návod pro vlastní výpočet. Ruční sumace elementárních vlivů při výpočtu zprostředkujících gravimetrických veličin je samozřejmě zdlouhavá a pracná.

3. Příprava podkladů z evropského regionu a jejich zpracování

Základní údaje na Laplaceových bodech pro zhuštění gravimetrickou interpolací jsou uloženy v registru údajů na Laplaceových bodech (RLB). Hlavním zdrojem pro jeho naplnění byla data v původním systému ED50 [5], národní data v ED50 a údaje v S-1942 evropských socialistických zemí. Převod údajů z ED50 do S-1942 byl uskutečněn prostorovou podobnostní transformací s aplikací 7 prvků. V porovnání s první transformací, provedenou v r. 1971 prostřednictvím tří translací, se výsledky na západním okraji Francie lišily do 0,5. V současné době tento registr obsahuje cca 3500 údajů.

Vzhledem k přechodu na automatizovanou technologii výpočtu konstrukčního bodového pole /integrálů (2)/ bylo nutno zabezpečit data pro výpočet středních hodnot Fayeových anomálií s topografickou korekcí.

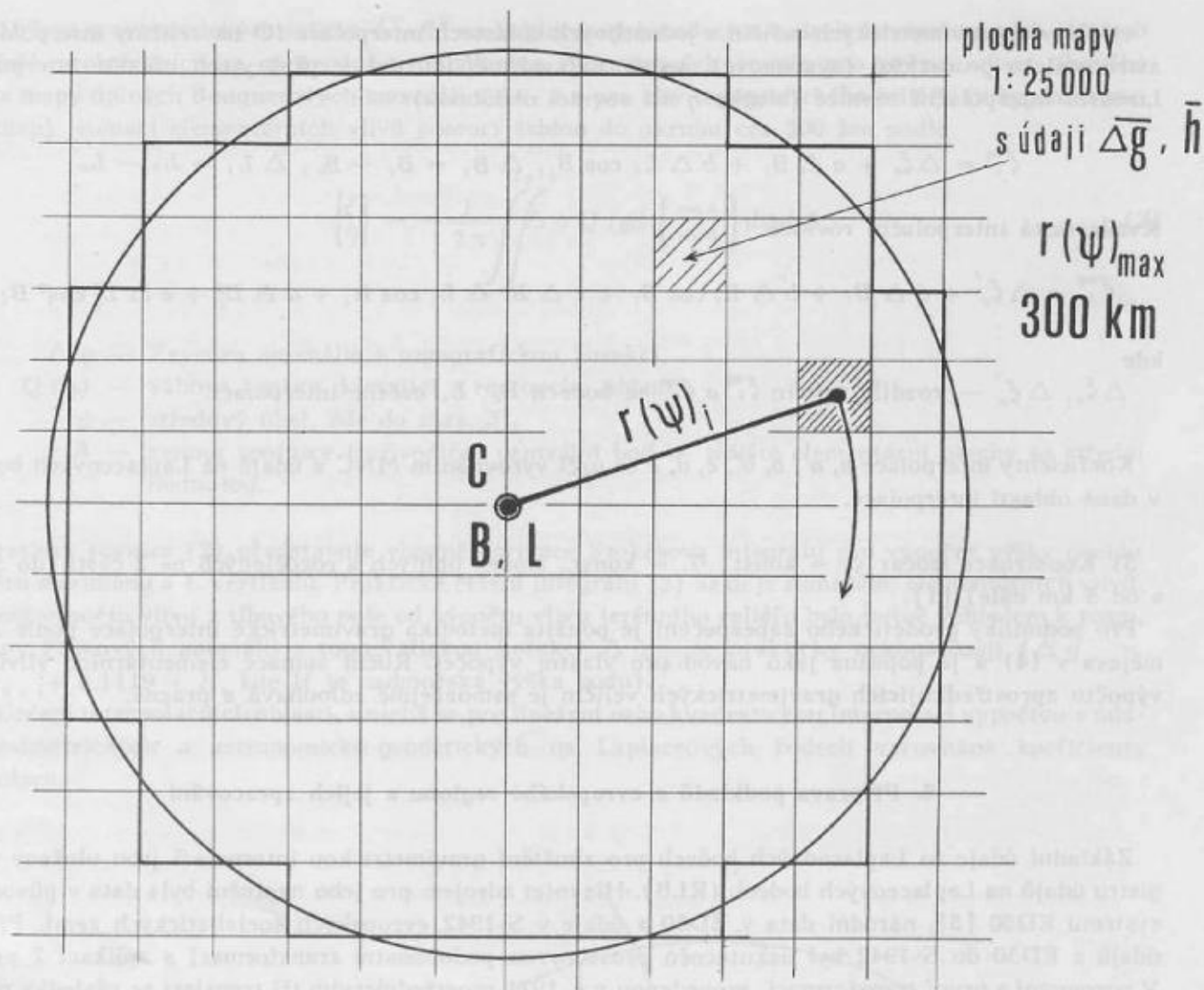
Integrace elementárních vlivů, tj. numerické řešení integrálů (2), probíhá po elementárních plochách, vymezených zeměpisnou sítí, nikoli po plochách, vymezenými kruhovými zónami a sektory jako v (1), viz obr. 2. Vliv centrální zóny je určen gradientovou metodou, která koresponduje svou přesností dané přesnosti vstupních dat.

Datové soubory pro zabezpečení úkolu zahrnují oblasti 300 km za mezemi zpracovávaného území, tj. celkem 44 mapových listů 1:1 000 000 (cca 250 000 údajů). Shromážděná data umožňují řešení dalších úloh souvisejících s určováním charakteristik tíhového pole Země v daném regionu, řešení generalizovaných velkoplošných úloh vyžadujících charakteristický model terénu (např. kresba horizontál středních výšek, zakrytost — viditelnost apod.).

4. Realizace výpočetních operací

Zpracování celé problematiky tvorby speciální mapy tížnicových odchylek je realizováno na samočinném počítači EC 1033. Časově i objemově je to dosud nejrozsáhlejší vědeckotechnický výpočet, jaký byl ve VTOPÚ realizován. Celá technologie je zajišťována několika samostatnými celky, z nichž každý tvoří jeden nebo několik programů. Mezi některými celky je nutný zásah redaktora, spočívající v kontrole přeběhlé etapy. U tak rozsáhlé práce je nutno organizačně předejít možnému devastování strojového času počítače. Vyloučení lidského faktoru je možné jen při použití velkého počítače.

Datová báze středních veličin je soustředěna na jednom magnetickém disku o kapacitě 29 Mbytu.



Obr. 2. Integrace elementárních vlivů při výpočtu veličin ξ^{gr}, η^{gr} v centrálním bodu C o souřadnicích B, L
 $r(\psi)_i$ — proměnný poloměr integrace
 r_{\max} — meze integrace ($x\psi = \pi$ na $\psi = 3^\circ$)

Dále je do datové báze technologie tvorby mapy začleněn registr Laplaceových bodů (RLB) archivovaný na magnetické pásce. Výsledné soubory jsou uloženy na magnetické pásce vždy po jednotlivých souborech pro jednu nomenklaturu mapy 1:1 000 000. Celkový výpočet probíhá podle následujícího hrubého blokového schématu na obr. 3.

Provozní využívání projektu má několik etap a dá se zhruba vyjádřit blokovým schématem na obr. 4. Vysvětlení k jednotlivým etapám:

Základní data jsou shromažďována po mapách 1:1 000 000 a jsou na původních médiích — dřevných štítcích — archivována v archivu. Každá mapa 1:1 000 000 (bez stanovených překrytů) představuje pro další zpracování matici o rozměrech (48×48) , tj. s 2304 prvky. Ke každému prvku matice (těžiště mapy 1:25 000) jsou přiřazeny:

- nomenklatura mapy 1:1 000 000,
- střední hodnota Bouguerovy anomálie $\Delta \bar{g}_B$,
- střední nadmořská výška \bar{h} .

Datovou bázi lze hodnotit podle stavu naplněnosti a lze ji doplňovat a upravovat. Datová báze je tedy flexibilní, protože časem budou k dispozici novější či přesnější údaje, které se používají ke zpřesňujícím výpočtům pro aktualizovaná vydání mapy.

Nositel datové báze je magnetický disk EC 5061, kde jsou jednotlivými programy vytvářeny sekvenční soubory pro pozdější výpočty.

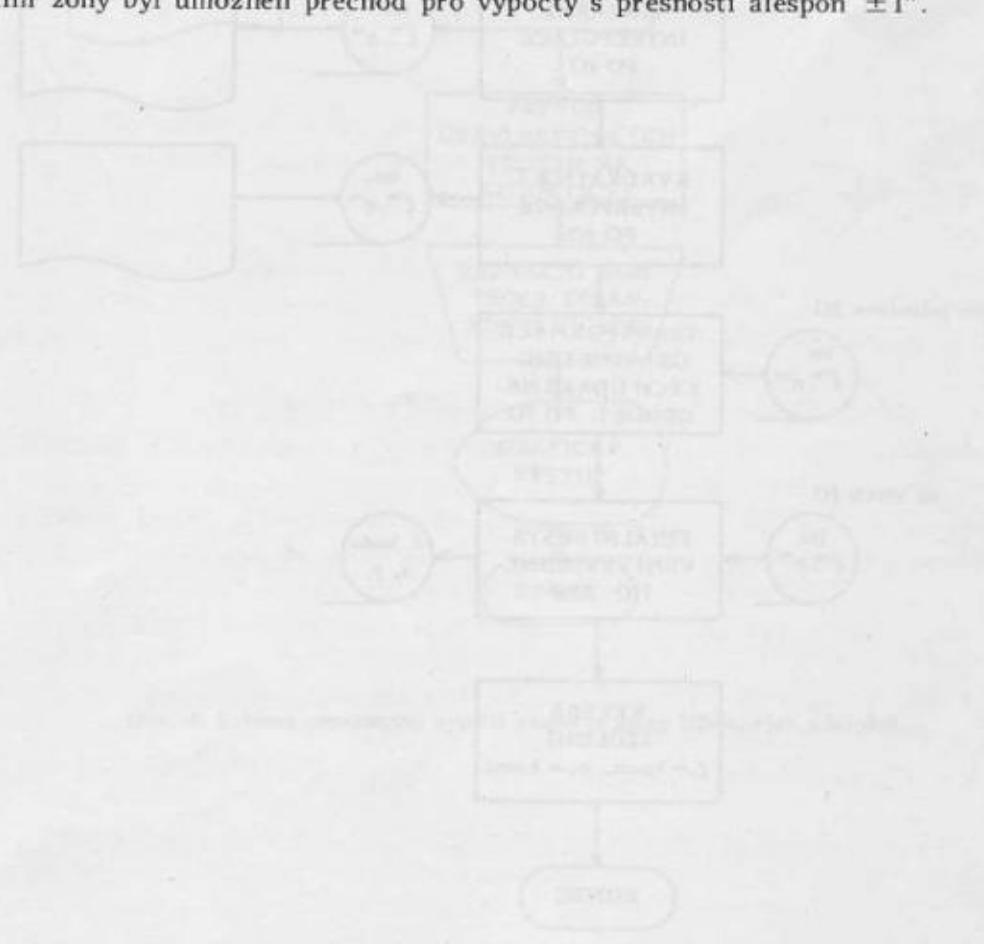
Vlastní výpočetní zpracování je rozděleno do dvou etap, kde v první proběhne výběr hodnot do pracovní matice, obsahující všechny prvky, které leží uvnitř kružnice opsané z centrálního bodu (počítaného bodu) průvodičem 300 km. Ve druhé etapě probíhá vlastní integrace elementárních vlivů do 300 km na bodech výpočetní matice, kterou tvoří prvky mapy 1:1 000 000 včetně třetinových stanových překrytů. Výsledné bodové pole je tvořeno maticí rozměru 72×72 , která je výchozím podkladem pro další zpracování. Zmíněné dvě etapy jsou objemově i časově velmi náročné, a proto je výpočetní zpracování programově zabezpečeno jednak kontrolními tisky, jednak vložím bodů opakování (CHKPT), které umožní celý výpočet provést po částech.

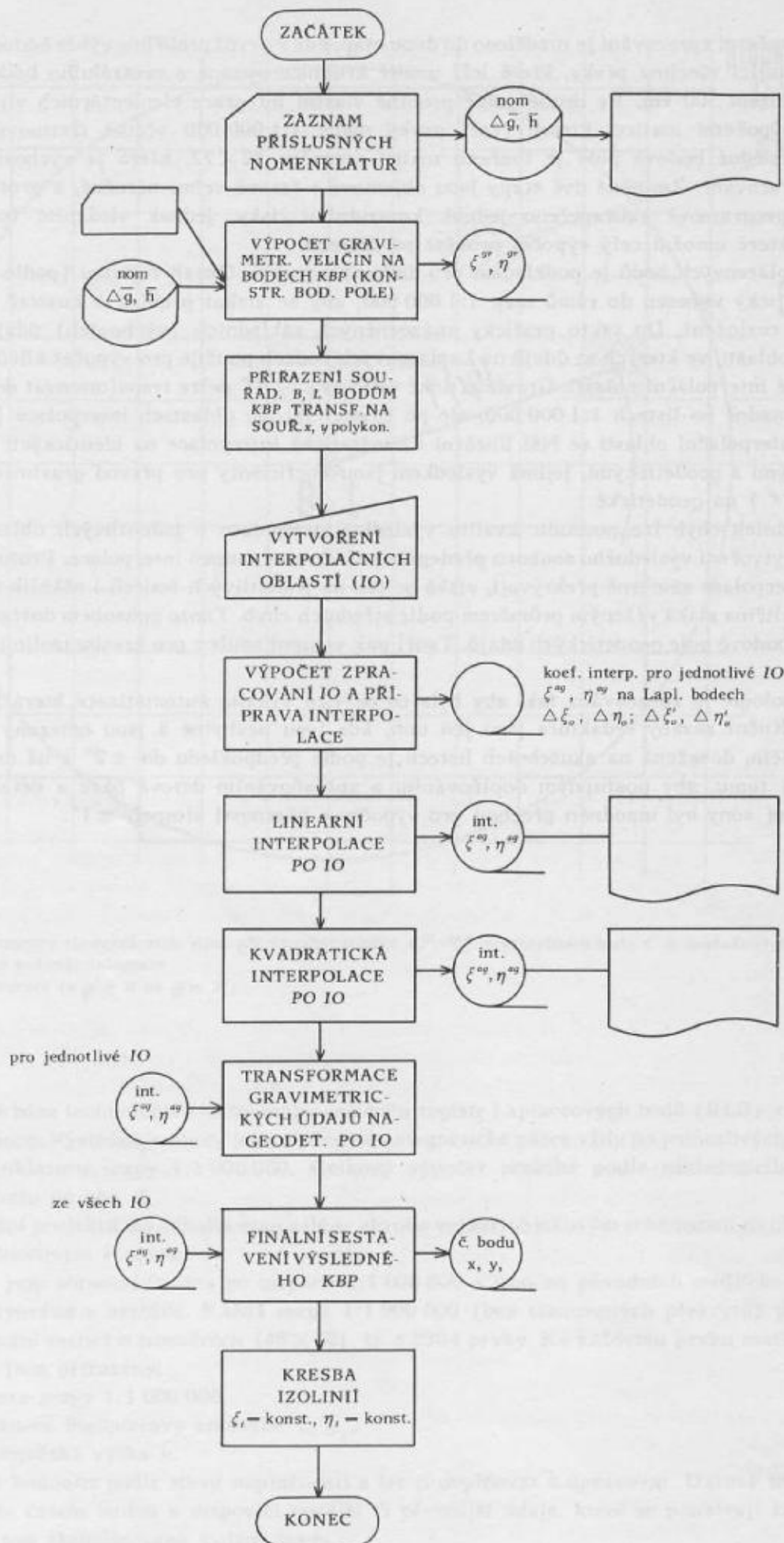
Registr Laplaceových bodů je podkladem pro další zpracování. Obsah registru (podle Laplaceových bodů) je graficky vyneseno do rámců map 1:1 000 000, aby se získal přehled o hustotě bodů a jejich prostorovém rozložení. Do takto graficky znázorněných základních (výchozích) údajů se zakreslí interpolační oblasti, ve kterých se údajů na Laplaceových bodech použije pro výpočet klíčů transformace pro jednotlivé interpolační oblasti. Gravimetrické veličiny ξ^{gr} , η^{gr} nelze transformovat do geodetického systému hromadně po listech 1:1 000 000, ale po částech, tj. po oblastech interpolace [4], [7].

V každé interpolační oblasti se řeší lineární i kvadratická interpolace na identických bodech s daty gravimetrickými a geodetickými, jejímž výsledkem jsou koeficienty pro převod gravimetrických údajů ξ^{gr} , η^{gr} , (ζ^{gr}) na geodetické.

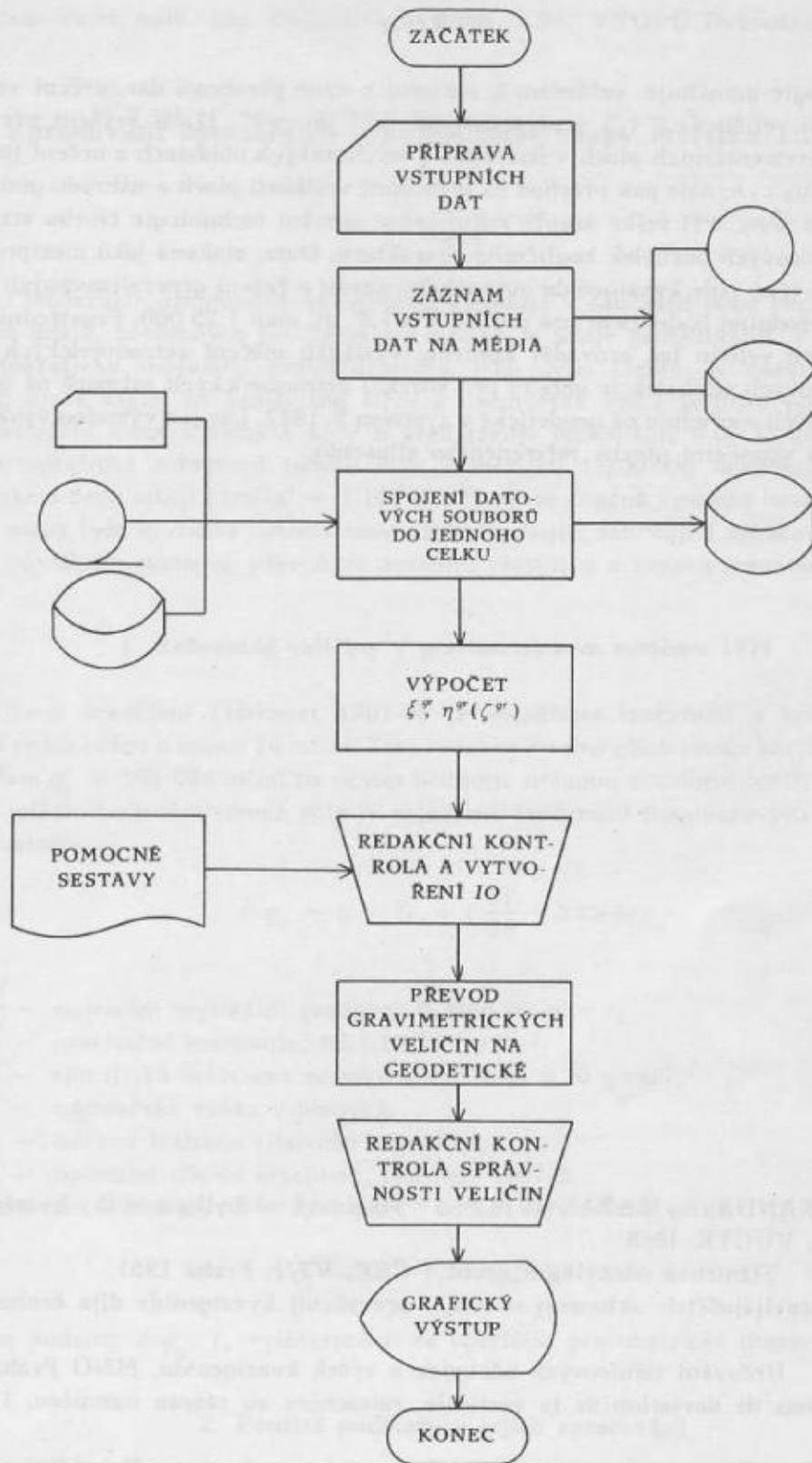
Podle středních chyb lze posoudit kvalitu výsledku interpolace v jednotlivých oblastech, a podle které se pro vytvoření výsledného souboru předepíše požadovaný stupeň interpolace. Protože se jednotlivé oblasti interpolace záměrně překrývají, získá se tak na jednotlivých bodech i několik údajů, z nichž se konečná veličina získá váženým průměrem podle středních chyb. Tímto způsobem dostaneme výsledné konstrukční bodové pole geodetických údajů. Tvoří pak vstupní soubor pro kresbu izoliní, $\xi_i = \text{konst.}$, $\eta_i = \text{konst.}$

Celá technologie je zpracována tak, aby byla co nejvíce využita automatizace, která je ve VTOPÚ k dispozici. Ruční zásahy redaktora jsou jen tam, kde jsou nezbytné a jsou omezeny na minimum. Přesnost veličin, dosažená na zkušebních listech, je podle předpokladu do $\pm 2''$ a už dnes se vytváří předpoklad k tomu, aby postupným doplňováním a zpřesňováním datové báze a detailním řešením vlivu centrální zóny byl umožněn přechod pro výpočty s přesností alespoň $\pm 1''$.





Obr. 3. Vývojový diagram technologie tvorby mapy.



Obr. 4. Schéma provozního využití projektu mapy tížnicových odchylek.

5. Závěr

Popsaná technologie umožňuje, vzhledem k rozsahu a dané přesnosti dat, určení veličin interpolovaných systémových veličin ζ , η (ζ) s přesností od $\pm 1''$ do $\pm 2''$. Další zvýšení přesnosti vyžaduje zmenšení rozměru elementárních ploch v horských a velehorských oblastech a určení jim příslušejících středních hodnot Δg_{B+i} , h , dále pak přechod na proměnné velikosti ploch a náhradu gradientové metody pro určení centrální zóny. Při velké úspoře ruční práce umožní technologie tvorbu stanoveného počtu speciální mapy tížnicových odchylek koaličního charakteru. Data, získaná jako meziproduct, lze využít pro konstrukci bodového pole kvazigeoidu evropského území a řešení generalizovaných úloh na modelu terénu tvořeného středními hodnotami pro plochy $5' \times 7,5'$, tj. map 1:25 000. Prostřednictvím bodového pole gravimetrických veličin lze provádět kontrolu výsledků měření astronomických souřadnic [8]. Mapa složek tížnicových odchylek je určena pro korekci astronomických azimutů na geodetické a pro převod astronomických souřadnic na geodetické v systému S-1942. Lze ji s výhodou využít při promítání měřených prvků do výpočetní plochy referenčního elipsoidu.

Literatura:

- [1] BURŠA, M., KANDA, J., MAŘANOVÁ, M.: Tížnicové odchylky a výšky kvazigeoidu na území ČSSR, Praha, VÚGTK 1968.
- [2] BUCHAR, E.: Tížnicové odchylky a geoid v ČSR, VTN, Praha 1951.
- [3] Vedomost' sostavljajuščich uklonenij otvesa i prevyšeniij kvazigeoida dlja čechoslovackoj AGS, Praha 1975.
- [4] TOPO-52-12. Určování tížnicových odchylek a výšek kvazigeoidu, MNO Praha 1978.
- [5] Liste de stations de deviation de la verticale, rattachées au réseau européen, IV. edition, BIG 1975, Paris.
- [6] NĚMEČEK, P.: Prostorová ortogonální podobnostní transformace, Prováděcí projekt, VTOPÚ Dobruška 1982.
- [7] OSTAČ, J.: Nastavlenije po vyčisleniju gravimetričeskich uklonenij otvesa i vysot kvazigeoida, II izdanije, ONTI CNIIGaIK, Moskva 1974.
- [8] HOLOTA, P.: Porovnání čs. astronomického operátu a tíhových údajů, výzk. zpráva VÚGTK, Praha 1975.
- [9] MŇUK, J.: Prováděcí projekt tvorby mapy složek tížnicových odchylek 1:1 000 000, VTOPÚ Dobruška 1983.

Do redakce došlo dne 26. 10. 1983.

Zpracování speciálních gravimetrické mapy měřítka 1:200 000

Úvod

Zabezpečení moderních zbraňových prostředků vyžaduje v současné době rozšíření topografických a geodetických údajů, potřebných pro přípravu střelb, o údaje geofyzikální. Povrchové tíhové pole Země se kartograficky zobrazuje prostřednictvím jeho dvou složek — normálního (tabulkového) tíhového pole, které závisí na zeměpisné šířce a nadmořské výšce bodu, a pole anomálního, které je odrazem rozložení hmot v zemské kůře a představuje maximálně 0,05 % zemského gravitačního zrychlení. Kartografické zobrazení tohoto pole v měřítku 1:200 000 umožňuje grafické vyjádření izanomál s krokem dvou mGal ($1\text{mGal} = 1 \cdot 10^{-5} \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$), tj. se značně vysokou hustotou izočar. K tvorbě této speciální mapy byla vyvinuta automatizovaná technologie, zahrnující zpracování bodových a čárových údajů v původním systému, převod do systému vlastního a kresbu izanomál na digigrafu.

1. Zobrazené veličiny v gravimetrickém systému 1971

Normální tíhové zrychlení (Helmert 1901-9) je vyjádřeno izočarami s krokem 4mGal, jejichž hodnota γ_0 je redukována o minus 14 mGal. Tato redukce číselně představuje korekci bývalého tíhového systému Potsdam $g'_0 = 981\,074 \text{mGal}$ na novou hodnotu, určenou absolutní balistickou metodou, tj. na $g_0 = 981\,060 \text{mGal}$. Anomální tíhové pole je vyjádřeno izočarami Bouguerových anomálií Δg_B , počítaných podle vztahu

$$\Delta g_B = g - \gamma_0 + \left(\frac{\partial \gamma}{\partial h} - 2\pi \kappa \delta \right) h, \quad (1)$$

kde

- $\frac{\partial \gamma}{\partial h}$ — normální vertikální gradient; $0,3086 \text{mGal} \cdot \text{m}^{-1}$,
- κ — gravitační konstanta; $66,7 \cdot 10^{-9} \text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$,
- δ — specifická hmotnost zemské kůry, dána $2,30 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$,
- h — nadmořská výška v metrech,
- g — měřená hodnota tíhového zrychlení,
- γ_0 — normální tíhové zrychlení, Helmert 1901-9.

Po dosazení konstant a hustoty $\delta = 2,30 \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ do (1) se dostane vztah

$$\Delta g_B = g - \gamma_0 + 0,2025 \cdot h \quad (2)$$

K výpočtu g se hodnoty Δg_B , γ_0 vyinterpolují ze speciální gravimetrické mapy.

2. Použité podklady a jejich zpracování

Zabezpečované zájmové území zahrnuje vlastní a zahraniční část. Vzhledem k tomu, že jsou využívány zahraniční podklady, které jsou v různých gravimetrických systémech, dále podklady grafické a číselné, bylo třeba zpracovat variantní technologii pro převod do stanoveného systému a zpracování informací z různých podkladů do digitálního tvaru.

Základní technologické kroky jsou:

- a) digitalizace podkladu izočar v původním systému jak izanomál, tak vrstevnic výškopisu (pokud nejsou data snímána ručně), příp. naplnění konstrukčního souboru původními daty;
- b) převod bodového pole z původního tíhového systému do vlastního, které spočívá
 - v převodu Δg_B na normální vzorec podle Helmerta 1901-9 (korekce závisí na zeměpisné šířce),

- v korekci použité redukční hustoty na hustotu $2,30 \text{ g.cm}^{-3}$ (závisí na nadmořské výšce),
- c) vytvoření konstrukčního bodového pole s hustotou cca 1 bod/2 cm^2 s třetinovými překryty do sousedních listů,
- d) analytická konstrukce izanomál, vytvoření předlohy pro koncept izanomál,
- e) vyhotovení konceptu izočar normální tíže.

Efektivnost technologie spočívá především v schopnosti absorpce různorodých dat, jejich převodu do vlastního systému a v automatizované kresbě předlohy pro koncept izanomál.

3. Programové, výpočetní a grafické zabezpečení

Na technologii snímání izanomál z různých podkladů ze zahraničního území navazuje počítačové zpracování. Digitalizované izanomály jsou kontrolně vykresleny na digigrafu. Koncept kontrolní kresby posuzuje redaktor, který zkontroluje úplnost nasnímaného podkladu a správný průběh izanomál. Vyskytne-li se při digitalizaci chyba nebo neúplné nasnímání podkladu, použijí se opravné programy pro vyloučení chybné izočáry. Soubor dat se doplní po opakované digitalizaci vyznačených izočar podkladu a následné kontrole správnými údaji.

Souřadnice souboru digitalizovaných izanomál se převádějí ze souřadnicového systému digiposu do systému S-1942 kolineární transformací. Transformační klíč je počítán ze souřadnic vhodně zvolených identických bodů — zpravidla rohů mapového listu. Pro redukci hodnot Bouguerových anomálií Δg_B na bodech souboru je potřeba znát výšku H . Tento požadavek je zabezpečen automatizovaně tak, že se provede čarová digitalizace vrstevnic zpracovaného území. Digitalizované strojové souřadnice vrstevnic se převedou stejným postupem jako u izanomál do Gauss-Krügerova zobrazení v systému S-1942. Výšky H na digitalizovaných bodech izanomál převedených do S-1942 se určí pomocí kvadratické váhové interpolace. Tím vznikne základní soubor dat, který obsahuje tyto údaje:

$$x, y \text{ (S-1942)}, \Delta g_B^S, HK, H,$$

kde

- Δg_B^S — hodnota Bouguerovy anomálie v jiném gravimetr. systému,
- HK — hustota zemské kůry, ke které je vypočtena hodnota anomálie.

Hodnoty Δg_B^S jsou redukovány programem pro redukci Δg_B z libovolné hustoty zemské kůry na hustotu $2,3 \text{ g.cm}^{-3}$. Další redukce slouží pro převod hodnot Δg_B^S z rozdílných normálních vzorců na hodnotu Δg_B^H (hodnota spočítána podle normálního vzorce Helmertova). Parametrem lze volit převod Δg_B^C Cassinisova normálního vzorce (3) na vzorec Helmertův i převod Δg_B^I mezinárodního normálního vzorce (4) na vzorec Helmertův. Při zadání koeficientů C_1, C_2, C_3 ve vzorci (5) lze provádět redukci Δg_B libovolného použitého normálního vzorce na vzorec Helmertův.

Vztahy pro převody Bouguerových anomálií mezi různými normálními vzorci pro tíhové zrychlení [1]:

$$\Delta g_B^H = \Delta g_B^C + (19,00 - 13,10 \sin^2 B + 1,08 \sin^2 2B) \quad (3)$$

$$\Delta g_B^H = \Delta g_B^I + (1,80 + 0,40 \sin^2 B + 1,10 \sin^2 2B) \quad (4)$$

$$\Delta g_B^H = \Delta g_B + (C_1 + C_2 \sin^2 B + C_3 \sin^2 2B) \quad (5)$$

Program umožňuje samozřejmě i různé kombinace uvedených funkcí. Provedením korekcí je prakticky připravena datová báze pro použití při tvorbě koaličních gravimetrických map. Korigovanými daty je postupně naplňován registr hodnot Bouguerových anomálií ze zpracovávané části zájmového prostoru. Z území ČSSR je datová báze již naplněna. Digitalizaci dat ze zájmového prostoru lze provádět i ručním odsouváním. Hustota odsunutých údajů musí splňovat podmínku uvedenou v kapitole 2. V případě ruční digitalizace se provede pro body konstrukčního pole odsunutí nadmořské výšky. Údaje se předepsaným způsobem vyděrují do děrných štítků a další výpočet se provede stejným programovým zabezpečením a technologickým postupem:

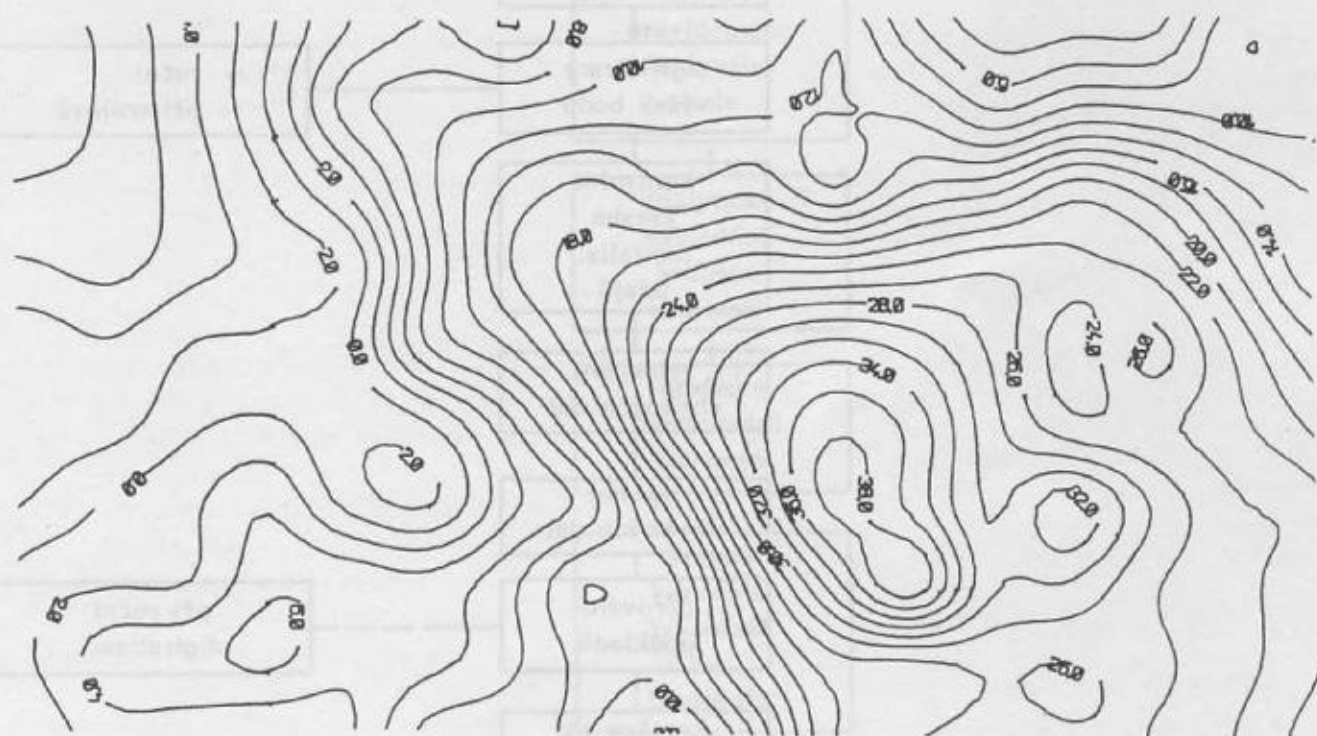
- kontrolní kresba izanomál,
- optická kontrola správnosti,
- vyloučení a oprava chybných údajů,

- výpočet korekcí,
- začlenění dat do registru Bouguerových anomálií.

Programem pro výběr bodů a hodnot Δg_B^H se provede vyčlenění dat, patřících do požadovaného listu mapy měřítká 1:200 000 s třetinovým překrytem do okolních listů. V tomto účelovém souboru se zjišťuje rozsah souřadnic x, y a funkčních hodnot Δg_B^H . Dalšími programy se vypočtou hodnoty Δg_B^H v bodech zvolené pravidelné sítě, následuje analytické vyhledání průběhu izanomál a grafické zpracování kresby. Vzniklý koncept izanomál vykreslených na digigrafu je podkladem pro kartografické zpracování (viz schéma technologického postupu na příloze 1). Na obr.1 je uveden výřez s průběhem izanomál v měřítku 1:200 000, konstruovaných na základě kombinace dat vlastních a zahraničních.

Závěr

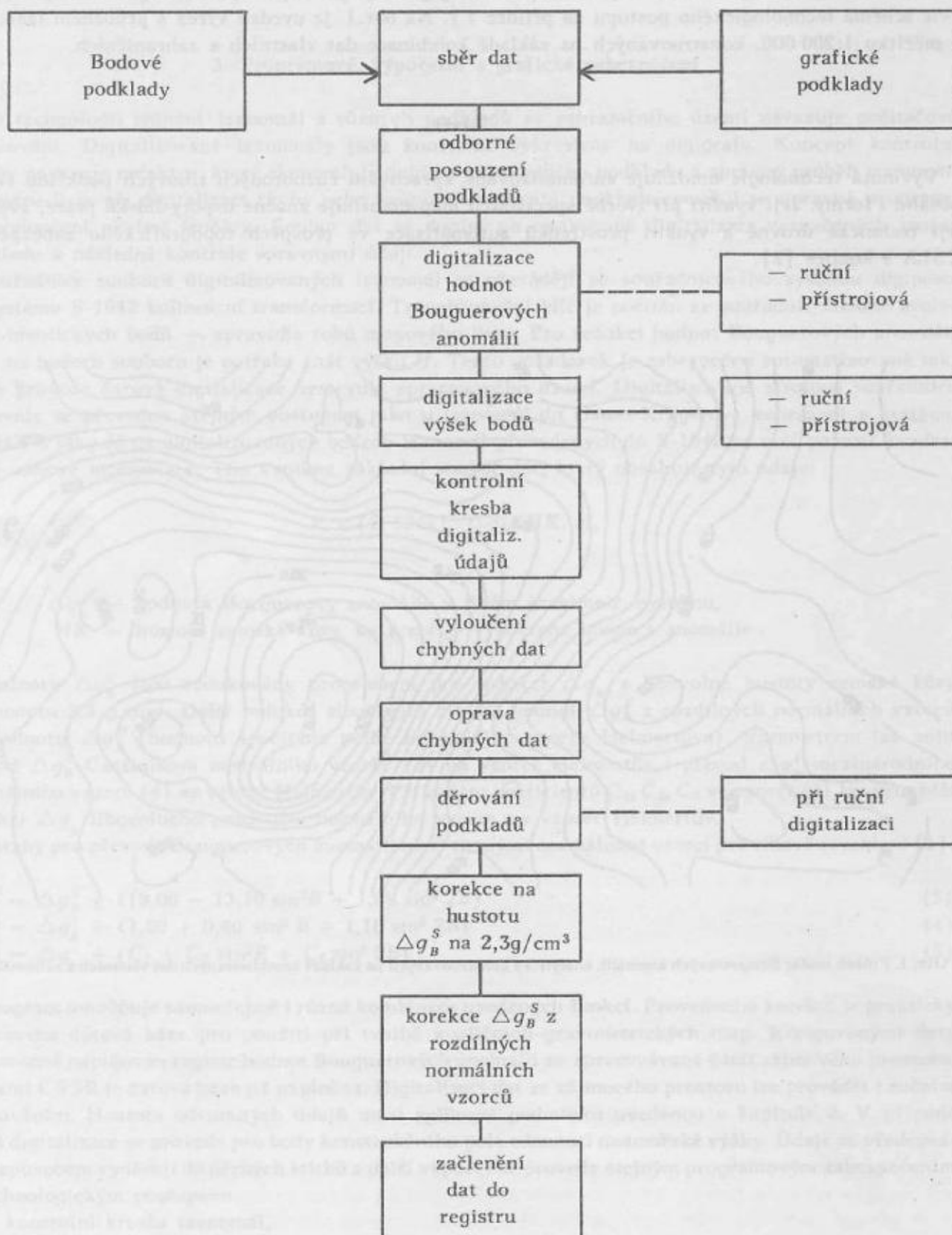
Vyvinutá technologie umožňuje automatizované zpracování různorodých tíhových podkladů co do obsahu i formy. Její využití při tvorbě speciálních map umožňuje značné úspory lidské práce, zvýšení její technické úrovně a využití prostředků automatizace ve prospěch topografického zabezpečení ČSLA a koalice [2].



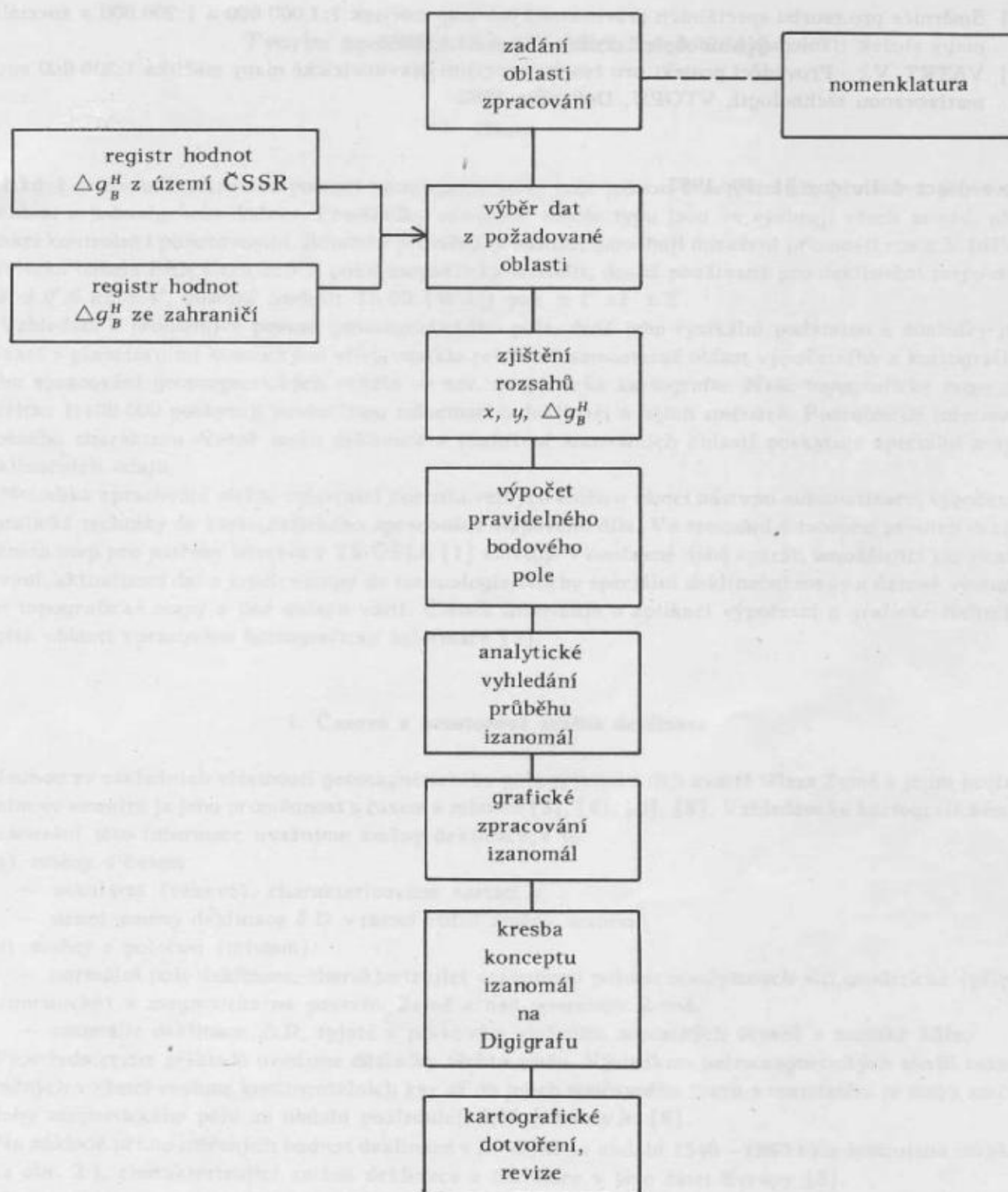
Obr. 1. Průběh izočar Bouguerových anomálií, analyticky konstruovaných na základě kombinovaných dat vlastních a zahraničních.

Schéma technologického postupu

1. Naplnění báze dat



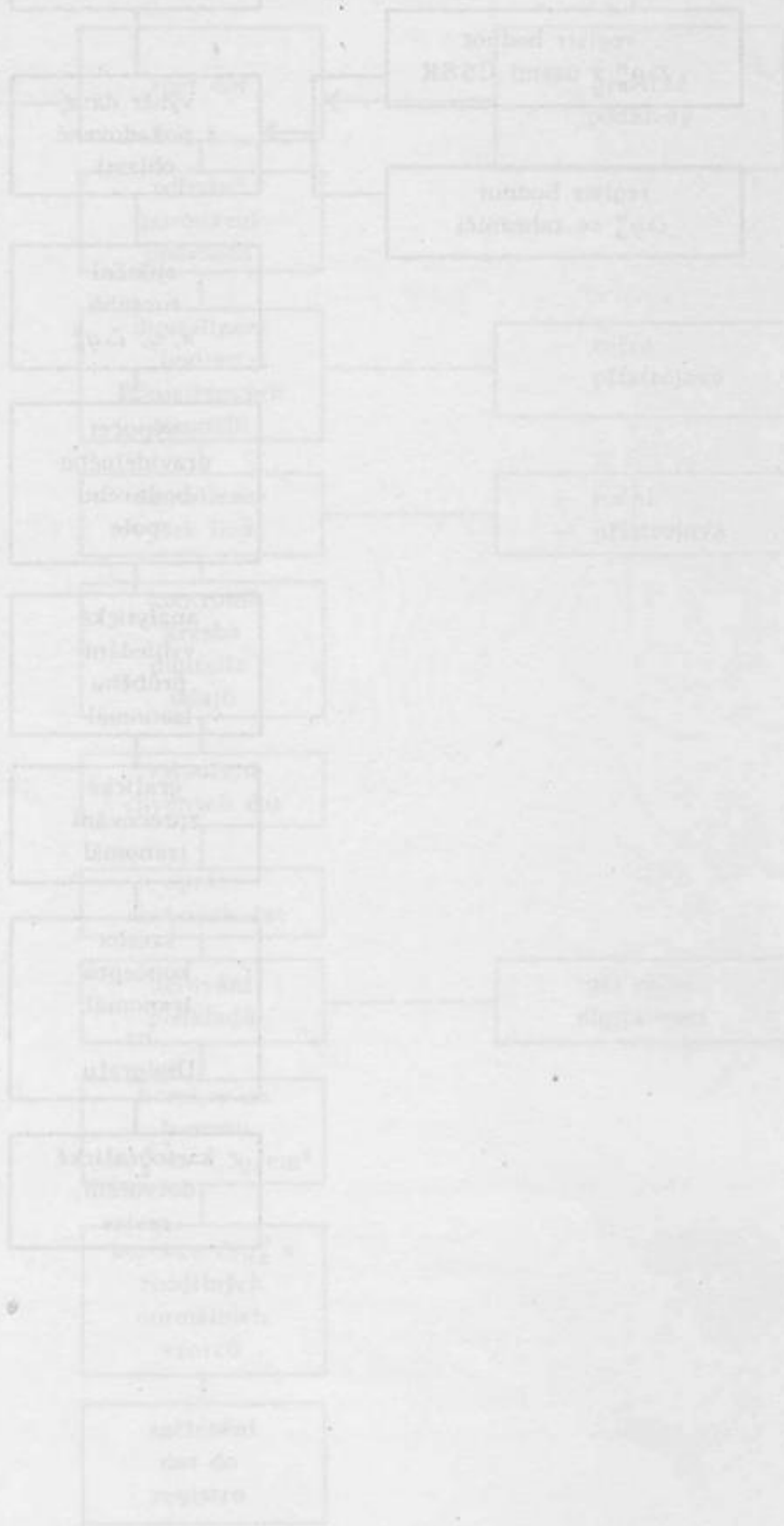
2. Výběr dat pro tvorbu gravimetrické mapy



Literatura:

- [1] Směrnice pro tvorbu speciálních gravimetrických map měřítek 1:1 000 000 a 1:200 000 a speciální mapy složek tížnicových odchylek, Praha, TS ČSLA 1983.
- [2] VATRT, V.: Prováděcí projekt pro tvorbu speciální gravimetrické mapy měřítka 1:200 000 automatizovanou technologií, VTOPÚ, Dobruška 1983.

Do redakce došlo dne 31. 10. 1983.



Tvorba speciální mapy deklinačních údajů

Úvod

I když je metoda orientace pomocí geomagnetického pole jednou z nejstarších, přetrvává pro svou rychlost a jednoduchost dodnes. Prostředky orientace tohoto typu jsou ve výzbroji všech armád, plní funkci kontrolní i pohotovostní. Soudobé prostředky busolní umožňují dosažení přesnosti cca $\pm 3'$ (dělostřelecká busola PAB 2 cca $\pm 6'$), polní magnetický teodolit, dosud používaný pro deklinační mapování, cca $\pm 0',5$ až $\pm 1'$, busolní teodolit Th 00 (Wild) pak $\pm 1'$ až $\pm 2'$.

Vzhledem k proměnlivé povaze geomagnetického pole, dané jeho fyzikální podstatou a důsledky interakcí s planetárními kosmickými vlivy, vznikla relativně samostatná oblast výpočetního a kartografického zpracování geomagnetických veličin — tzv. magnetická kartografie. Naše topografické mapy do měřítká 1:100 000 poskytují povšechnou informaci o deklinaci a jejich změnách. Podrobnější informaci plošného charakteru včetně změn deklinace a rozložení anomálních oblastí poskytuje speciální mapa deklinačních údajů.

Metodika zpracování těchto informací doznala velkých změn v rámci nástupu automatizace, výpočetní a grafické techniky do kartografického zpracování mapového díla. Ve srovnání s tvorbou prvních deklinačních map pro potřeby letectva v TS ČSLA [1] existuje v současné době aparát, umožňující shromažďování, aktualizaci dat a jejich vstupy do technologie tvorby speciální deklinační mapy a datové výstupy pro topografické mapy a jiné oblasti užití. Článek informuje o aplikaci výpočetní a grafické techniky v této oblasti zpracování kartografické informace [2].

1. Časová a prostorová změna deklinace

Jednou ze základních vlastností geomagnetického pole spjatou s ději uvnitř tělesa Země a jejím postavením ve vesmíru je jeho proměnnost s časem a místem [3], [4], [5], [8]. Vzhledem ke kartografickému zpracování této informace uvažujeme změny deklinace, a to

a) změny s časem:

- sekulární (věkové), charakterizované variací v ,
- denní změny deklinace δD v rámci roční změny sezónní;

b) změny s polohou (místem):

- normální pole deklinace, charakterizující vzájemnou polohu zeměpisných sítí, geodetické (příp. astronomické) a magnetické na povrchu Země a nad povrchem Země,
- anomálie deklinace ΔD , spjaté s prvkovým složením nerostných útvarů v zemské kůře.

Prostřednictvím příkladů uvedeme důsledky těchto změn. Výsledkem paleomagnetických studií uskutečněných v rámci evoluce kontinentálních ker až do jejich současného tvaru a rozmístění je mapa změn polohy magnetického pólu za období posledních 2,69 miliardy let [6].

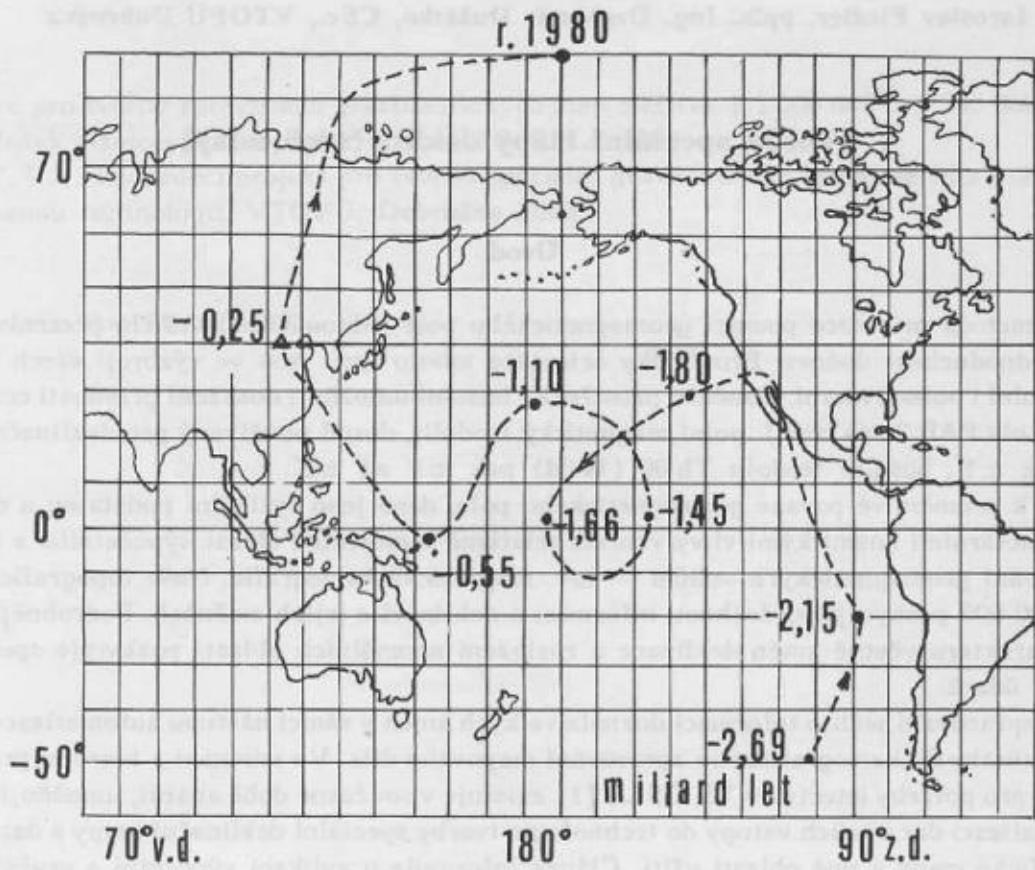
Na základě přímo měřených hodnot deklinace v Londýně za období 1540—1980 byla sestrojena mapka (viz obr. 2), charakterizující změnu deklinace a inklinace v této části Evropy [3].

Změna deklinace se vyjadřuje její roční změnou, variací v . Hodnoty variací se určují na geomagnetických observatořích, na kterých probíhá kontinuální měření geomagnetických veličin. Z hodnot variací, určených na observatořích daného regionu (např. Evropy), lze určit prostřednictvím měřených hodnot D a mezinárodního normálu (např. International Geomagnetic Reference Field 1965,0 — IGRF 1965,0) geomagnetického pole pro deklinaci analytickou funkci pro variace v daném regionu.

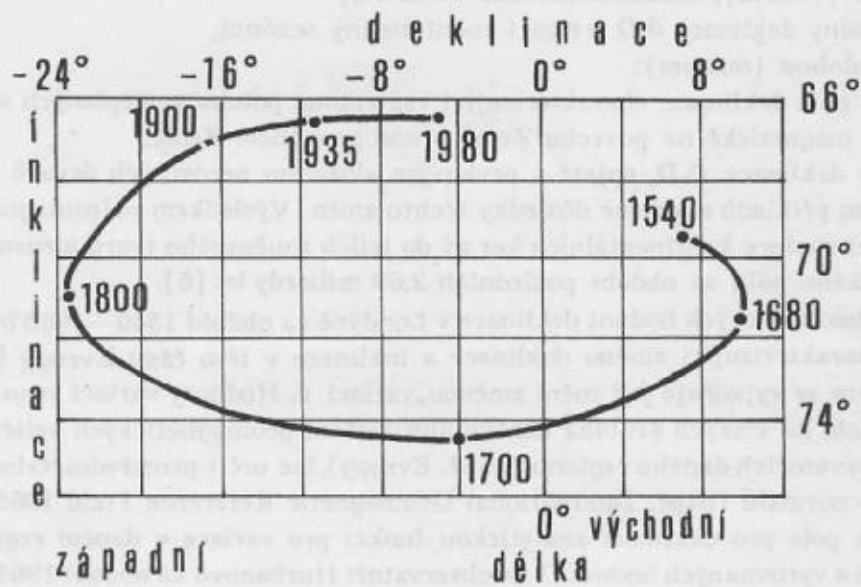
Graf měřených a vyrovnaných hodnot D na observatoři Hurbanovo za období 1965,0—1980,0 (obr. 3).

Z grafu na obrázku 3 je patrné, že hodnoty variací doznávají také změn, tj. hodnota variace pro danou oblast má také omezenou platnost (viz obr. 4 a 5).

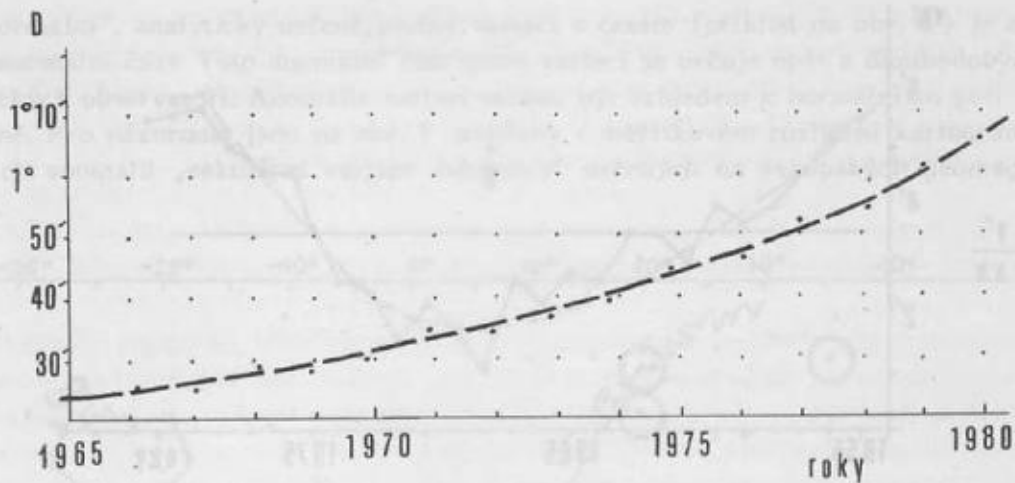
Přehledná mapka variací deklinace evropského regionu pro období let 1960,0—1975,0 (plná čára) a variací deklinace pro období 1975,0—1985,0 (přerušovaná čára) je na obr. 6.



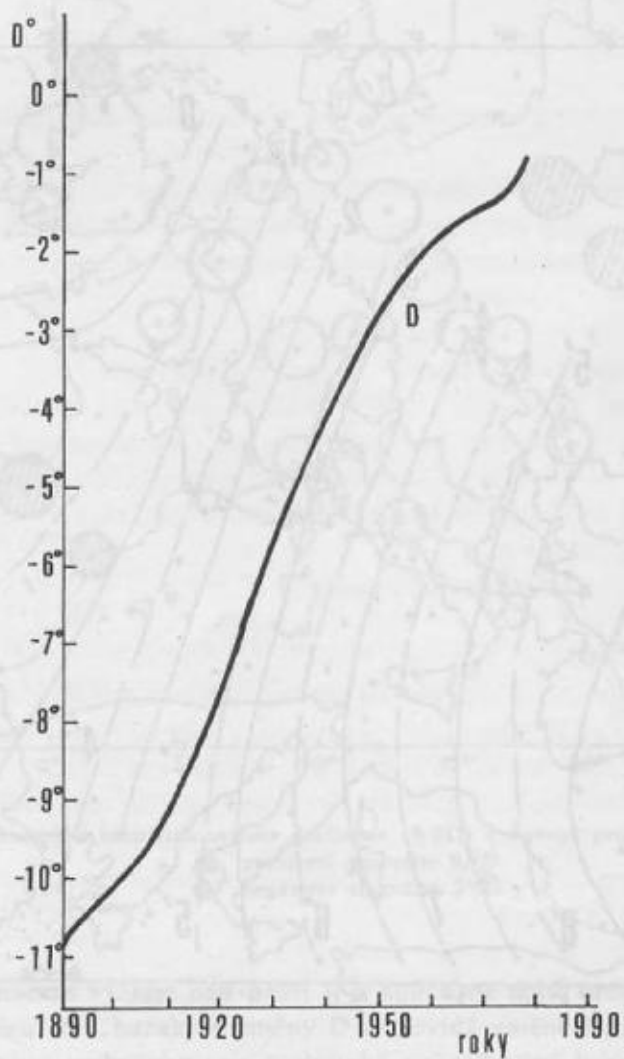
Obr. 1. Přemísťování magnetického pólu Země.



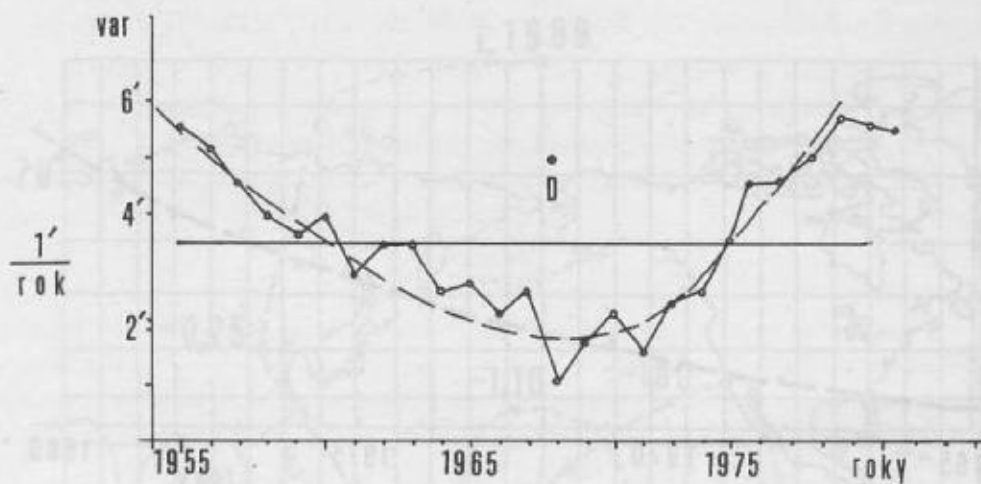
Obr. 2. Změna deklinace a inklinace v Londýně za období let 1540—1980.



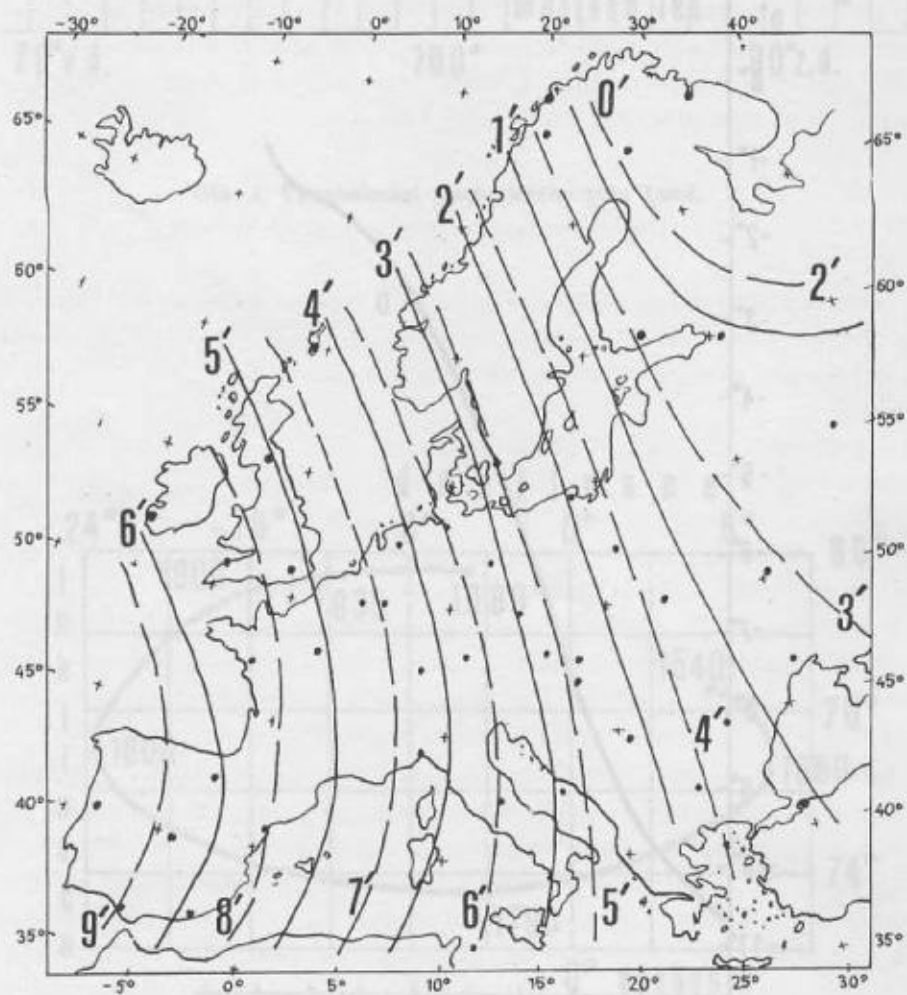
Obr. 3. Nelineární změna deklinace D za období 1965,0–1980,0 na geomagnetické observatoři Hurbanovo.



Obr. 4. Změna deklinace D za období 1890,0–1980,0 na geomagnetické observatoři NIEMEGK (NDR), která plní funkci středoevropského normálu pro komparaci geomagnetických přístrojů.

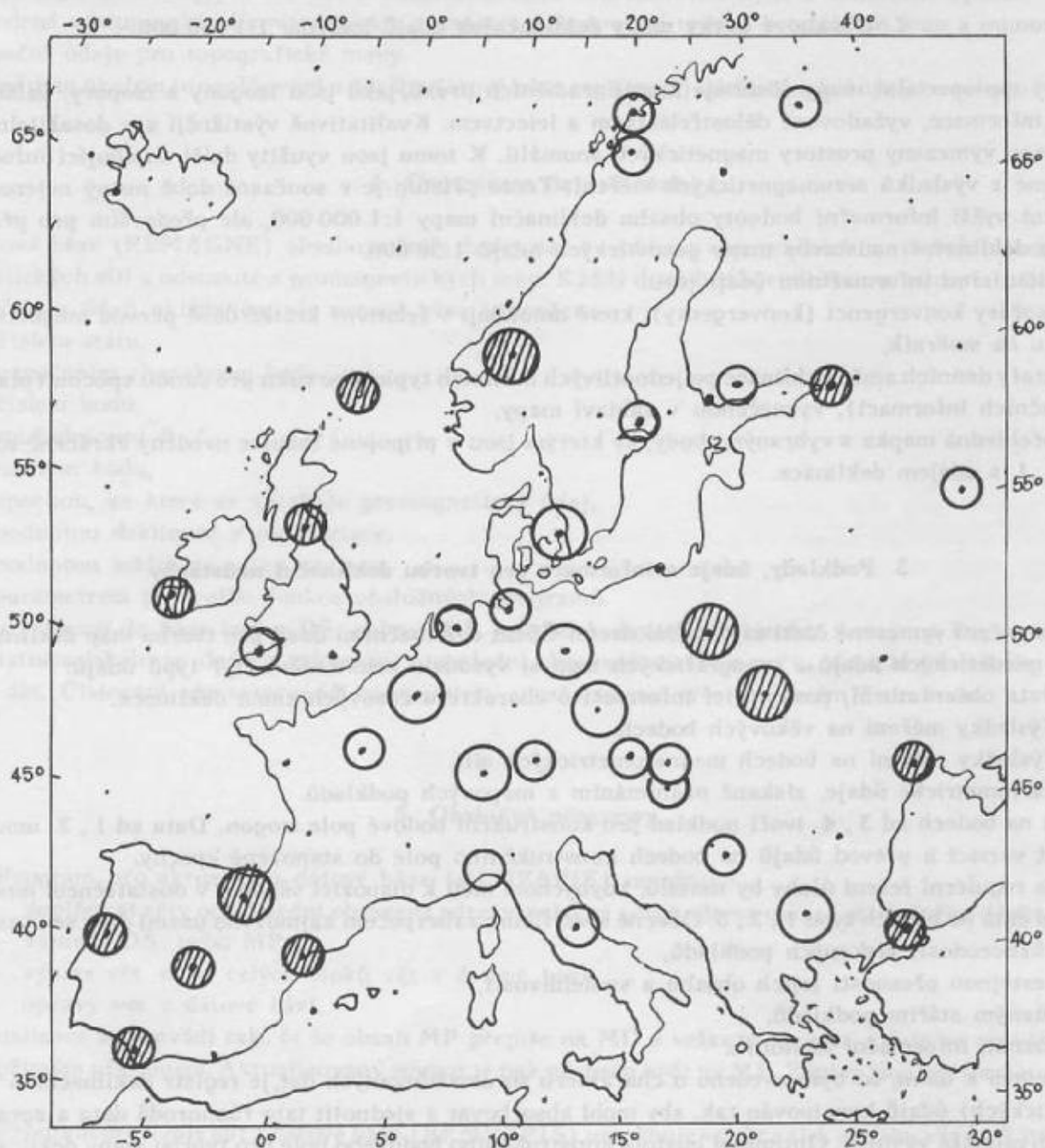


Obr. 5. Průměrné roční variace D , pozorované v Hurbanovu, v porovnání s normální variací IGRF za období let 1955,0 až 1980,0 (plná čára).



Obr. 6. Porovnání velikostí změn variace deklinace na území Evropy za období 1960,0–1985,0.

Vedle „normální“, analyticky určené, změny variací s časem (příklad na obr. 6) je složkou těchto změn také anomální část. Tato anomální část změn variací se určuje opět z dlouhodobých pozorování geomagnetických observatoří. Anomálie variací mohou být vzhledem k normálnímu poli variací kladné nebo záporné. Pro názornost jsou na obr. 7 uvedeny v měřítkovém rozlišení kartogramy pozitivních a negativních anomálií „sekulární variace deklinace“ určených na evropských geomagnetických observatořích.



Obr. 7. Anomálie sekulární variace deklinace (SVD) v Evropě pro období 1980,0.

- ⊙ pozitivní anomálie SVD
- ⊗ negativní anomálie SVD

Skutečná změna deklinace s výškou nad Zemí je v současné době určována prostřednictvím geofyzikálních raket (sond) a družic. Charakter změny D odpovídá změně hodnoty potenciálové funkce, splňující okrajové Dirichletovy podmínky pro analytické pokračování harmonické funkce vzhůru [4] do cca 1500 až 2000 km. V těchto výškách dochází k první diskontinuitě geomagnetického pole.

Úkolem sítě geomagnetických observatoří a periodicky opakovaných měření elementů pole je mj. poskytnout podklady pro kartografické znázornění plošného rozložení veličin pole a jeho změn s časem. Uvedených observatoří je v Evropě cca 40, které publikují periodicky výsledky zpracovaných kontinuál-

ních měření. Hustota další skupiny geomagnetických bodů — sekulárních, na nichž se opakovaně měří každé 1—2 roky, je cca 1 bod na 5000—6000 km². Výsledky měření na sekulárních (věkových) bodech umožňují zhuštění a zpřesnění informací pro variace elementů pole. Magnetometrické mapování, které se provádí opakovaně každých 10—20 let, má v ČSSR hustotu 1 bod na cca 400 km². V některých evropských státech je hustota bodů deklinačního mapování 1 bod na 100 km².

2. Obsahové prvky mapy deklinačních údajů měřítka 1:1 000 000

Nový typ speciální mapy obsahuje kromě tradičních prvků, jako jsou izogony a izopory, další doplňující informace, vyžadované dělostřelectvem a letectvem. Kvalitativně výstižněji a v dosažitelné úplnosti jsou vymezeny prostory magnetických anomálií. K tomu jsou využity další doplňující informace, odvozené z výsledků aeromagnetických měření. Tento přístup je v současné době nutný nejenom pro dosažení vyšší informační hodnoty obsahu deklinační mapy 1:1 000 000, ale především pro přípravu obsahu deklinační nadstavby mapy geodetických údajů 1:50 000.

Doplňujícími informačními údaji jsou:

- izočáry konvergencí (konvergency), které umožňují v relativně krátké době převod magnetického azimutu na směrník,
- grafy denních změn deklinace po jednotlivých měsících typického roku pro danou epochu (platnosti deklinačních informací), vyznačenou v záhlaví mapy,
- přehledná mapka s vybranými body, ke kterým jsou v připojené tabulce uvedeny zkrácené souřadnice *B*, *L* s údajem deklinace.

3. Podklady, údaje a informace pro tvorbu deklinační nadstavby

Zabezpečení vymezené části zájmového území ČSLA deklinačními údaji pro tvorbu map deklinačních údajů, geodetických údajů a topografických map si vyžádalo soustředění čtyř typů údajů:

1. Data observatorní, poskytující informaci o charakteru časových změn deklinace.
2. Výsledky měření na věkových bodech.
3. Výsledky měření na bodech magnetometrických sítí.
4. Kartometrické údaje, získané nasnímáním z mapových podkladů.

Data na bodech ad 3, 4 tvoří podklad pro konstrukční bodové pole izogon. Data ad 1, 2 umožňují výpočet variací a převod údajů na bodech konstrukčního pole do stanovené epochy.

Zcela regulérní řešení úlohy by nastalo, kdybychom měli k dispozici všude a v dostatečném množství kvalitní data na bodech typu 1, 2, 3. Obecné specifikum zabezpečení zájmového území daty se vyznačuje

- různorodostí získaných podkladů,
- nestejnou přesností jejich obsahu a spolehlivostí,
- různým stářím podkladů,
- různou informační hustotou.

Vzhledem k tomu, co bylo uvedeno o charakteru shromažďovaných dat, je registr deklinačních (geomagnetických) údajů koncipován tak, aby mohl absorbovat a sjednotit tato různorodá data a zpracovat je na uživatelské výstupy. Optimální hustota konstrukčního bodového pole pro tvorbu mapy deklinačních údajů 1:1 000 000 je 1 bod na 100 km², tj. pro list této mapy včetně stranových překrytů 3000 až 4000 bodů. Je proto výhodné tvořit mapy vedle sebe, čímž jsou překrytová data plně využita.

Naplňování registru daty typu 1, 2, 3 je rutinní záležitostí, pokud jsou informace na daném bodu úplné.

Kartometrické body (typ 4) lze pořizovat

- ručním odsouváním, pokud jde o malý rozsah dat,
- snímáním na Digiposu (příp. Aristogridu), jde-li o velké množství dat.

U numerických údajů ze zahraniční části zájmového území je součástí vyvinuté technologie systém kontrol. Nejefektivnější prověrkou správnosti obsahu datové báze se ukázala kontrolní analytická kresba izogon, příp. izopor. Tento poznatek se ukázal jako obecně platný i u dalších typů speciálních map, zvláště u mapy tížnicových odchylek.

Jestliže je datová báze naplněna, plní obslužné programy registru tyto úlohy:

- určení variací deklinace daného podkladu na bodech ad 1, 2,

- výpočet přírůstků deklinace pro převod podkladu do aktuální epochy na bodech ad 1, 2,
- plošná interpolace přírůstků deklinace na všechny body konstrukčního pole,
- vstup dat konstrukčního bodového pole (KBP) do programů pro analytickou konstrukci izogon a izopor,
- vstup dat KBP do programu pro výpočet hodnot deklinací, vztažených k severu kilometrové sítě D_K ,
- výstup dat KBP na široké tiskárně ve formě katalogu,
- interpolaci hodnoty deklinace k zadanému bodu souřadnicemi B, L a stanovené epoše.

Uvedené výstupy aktualizovaných dat z registru zabezpečují tvorbu speciálních map a mimorámové deklinační údaje pro topografické mapy.

Důležitým úkolem je naplňování a údržba datové báze registru, tj. plnění funkcí správce tohoto registru.

4. Organizace datové báze

Datová báze (REMAGNE) obsahuje čtyři druhy dat – údaje z observačních a věkových bodů, geomagnetických sítí a odsunutě z geomagnetických map. Každý druh bodů je uložen na samostatném labelu MP. Věta s údaji ukládanými do datové báze je tvořena

- číslem státu,
- označením charakteru bodu,
- číslem bodu,
- souřadnicemi B, L ,
- názvem bodu,
- epochou, ke které se vztahuje geomagnetický údaj,
- hodnotou deklinace a její variace,
- hodnotou inklinace a její variace,
- parametrem pro volbu funkce obslužných programů.

Data vstupují do báze buď z DŠ, nebo z MP (výsledek digitalizace izočar z map na Digiposu). Na samostatném labelu je uložena informace o poslední obsazené adrese a počtu vět, a to pro všechny čtyři druhy dat. Číslování vět se provádí automaticky, nezávisle na výše uvedeném čísle bodu.

5. Obslužné programy

- a) Program pro aktualizaci datové báze (REMZAPIS) umožňuje
- doplňovat věty od poslední obsazené adresy nebo na volné adresy uvnitř příslušného druhu bodů,
 - zápis z DŠ nebo MP,
 - výmaz vět nebo celých bloků vět v datové bázi,
 - opravy vět v datové bázi.

Aktualizace se provádí tak, že se obsah MP přepíše na MD a veškeré operace s daty se provádějí na MD s přímým přístupem. Aktualizovaný soubor je pak přepsán opět na MP. Zápisy jsou bezformátové.

- b) Program pro výpis dat z datové báze (REMVYPIS) umožňuje výběr a tisk obsahu vět na ŘT dle
- charakteru bodu a čísla státu,
 - charakteru bodu a zeměpisné oblasti,
 - charakteru bodu,
 - epochy a čísla státu,
 - epochy a zeměpisné oblasti.

6. Aplikační programy

- a) Program pro vytvoření aktualizovaného neekvidistantního bodového pole (REMCASTR) v zadané zeměpisné oblasti (např. vymezené listem mapy 1:1 000 000 s překrytem) umožňuje spočítat na bodech sítě a kartometrických bodech hodnotu deklinace, inklinace a grivace pro požadovanou epochu. Tento

soubor (REM.ANS) se zapisuje na MP a slouží k vykreslení izogon a izopor pomocí programů INCARY, LINIE-VEL, KRESBA v mapách 1:1 000 000, viz [9],

– k vykreslení izolinií grivací v mapách 1:50 000,

– k výpočtu hodnoty deklinace v obecném bodě pomocí programu REMØØ2.

Vstupní data k výpočtu jsou využita z datové báze REMAGNE. Časová transformace využívá data z několika epoch získaná na observačních a věkových bodech. Vyrovnání je metodou nejmenších čtverců. Samotná transformace se může zvolit buď polynomem 2. nebo 3. stupně, nebo se příslušný parametr zadá přímo z DŠ na základě ručního zpracování. Plošná transformace je počítána dle vzorce:

$$\Delta D_i = \Delta D_o + a\Delta B_i^2 + b\Delta L_i^2 \cos^2 B_i + c\Delta B_i \Delta L_i \cos B_i + d\Delta B_i + e\Delta L_i \cos B_i,$$

kde

ΔD_i – změna deklinace na i-tém observačním či věkovém bodě za určitý časový úsek,

$a, b, c, d, e, \Delta D_o$ – koeficienty, které se určí vyrovnáním metodou nejmenších čtverců pro observační a věkové body

$$\Delta B = B_i - B_o, \Delta L = L_i - L_o, B_o = \frac{\sum B_i}{n},$$

$L_o = \frac{\sum L_i}{n} \cdot B_i$, L_i jsou souřadnice kartometrických bodů, n je počet použitých observačních a věkových bodů.

b) Program pro výpočet deklinace v obecném bodě (REMØØ2) používá kvadratickou interpolaci z hodnot deklinace na kartometrických bodech vybraných v nejbližším okolí zadaného bodu. Přitom využívá jeho vstupní soubor REM.ANS s aktualizovanými hodnotami deklinací k požadované epoše.

c) Program pro výpočet průsečíků konvergent s jižním a severním rámem mapy 1:1 000 000 (REM-KONV) a pro vykreslení konvergent včetně popisu.

d) Pomocné programy

– pro vytvoření archivní MP s datovou bází (REMARCO) nebo pro vytvoření pracovní MP z archivní MP,

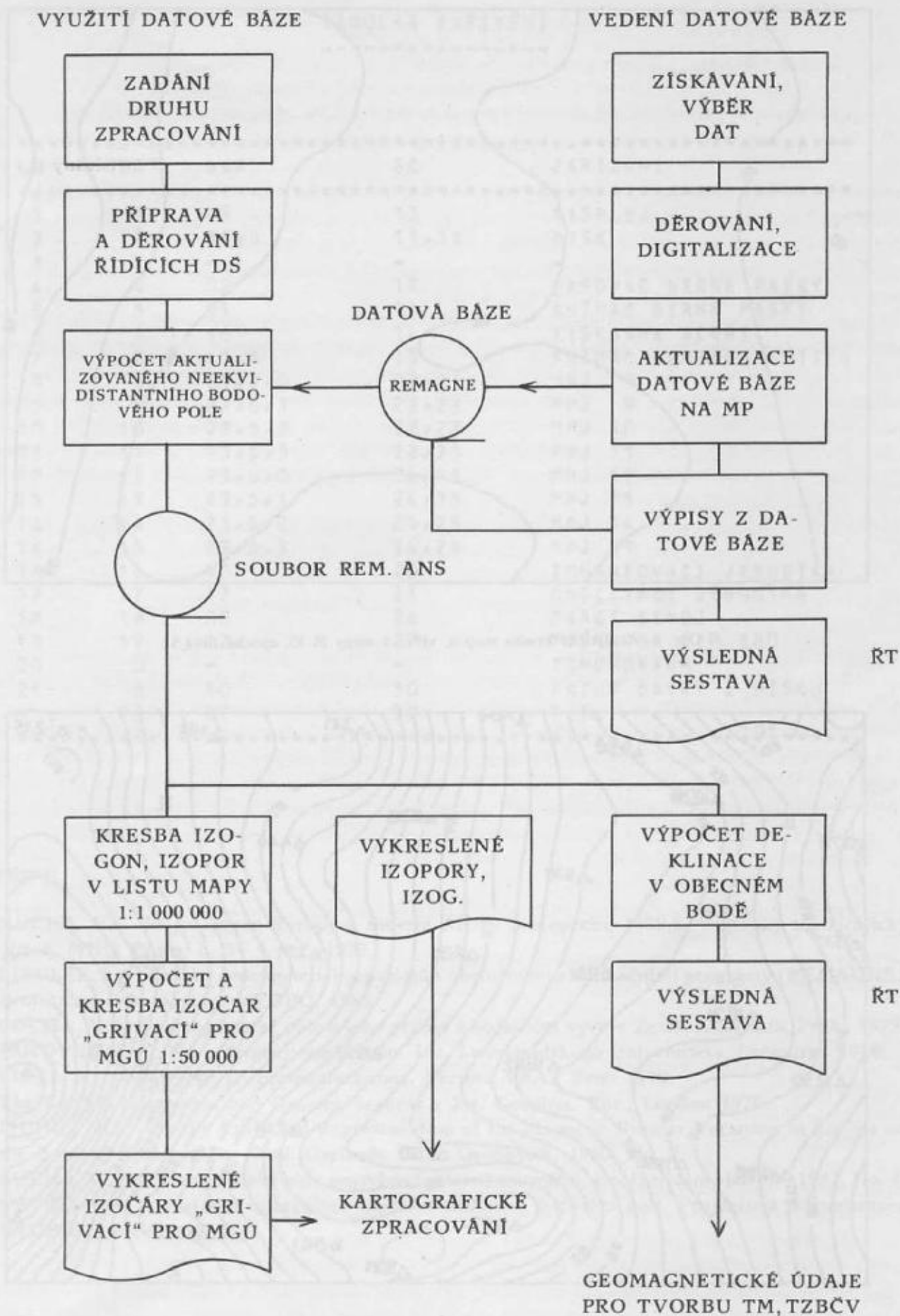
– pro abecední seřazení pomístních názvů (REMABEC) do mimorámových údajů,

– pro setřídění observačních a věkových bodů z datové báze (REMSORT).

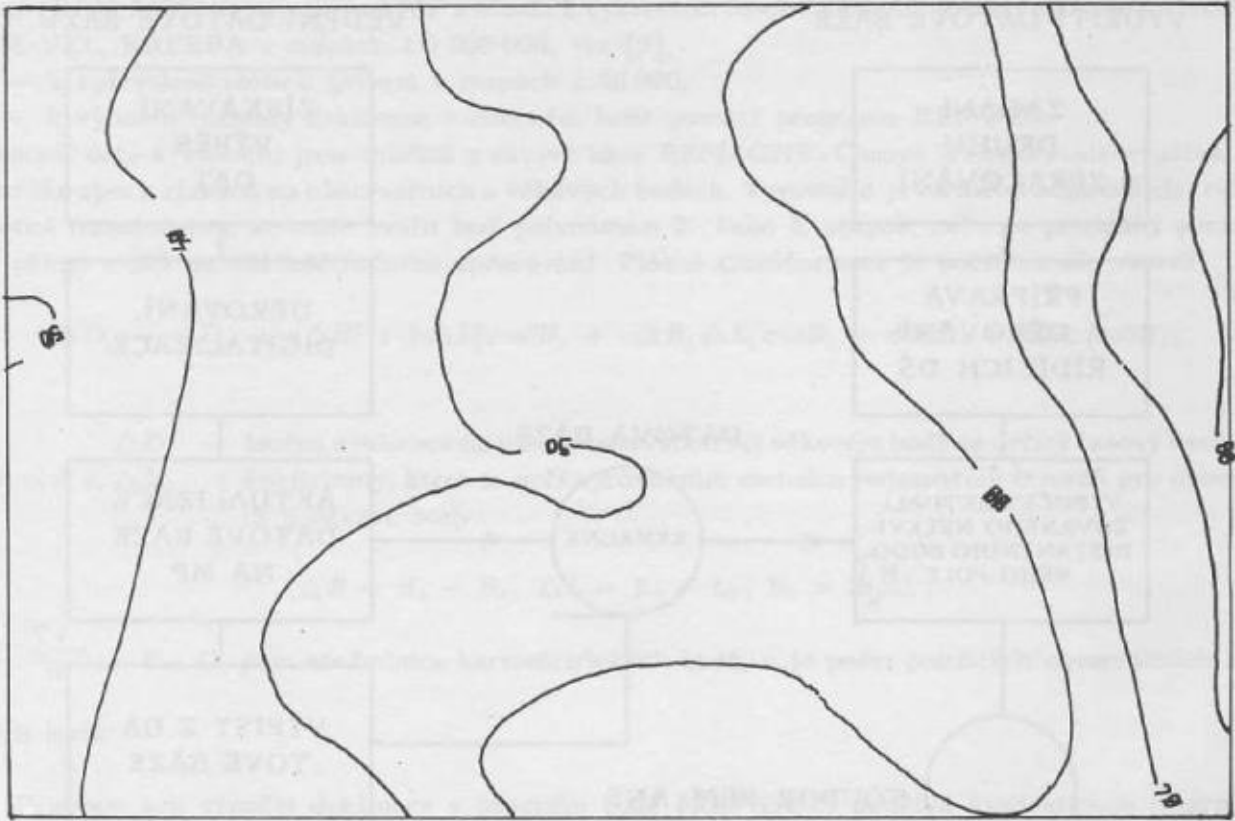
Programy jsou zpracovány v jazyce Fortran IV pro počítač EC 1033. Grafický výstup je realizován na Digigrafu. Podrobný popis celého projektu je uveden v [2]. Schematické znázornění technologie automatizovaného zpracování geomagnetických údajů je na obr. 8. Obr. 9, 10 ukazují výřezy z výsledných kreseb izogon.

7. Závěr

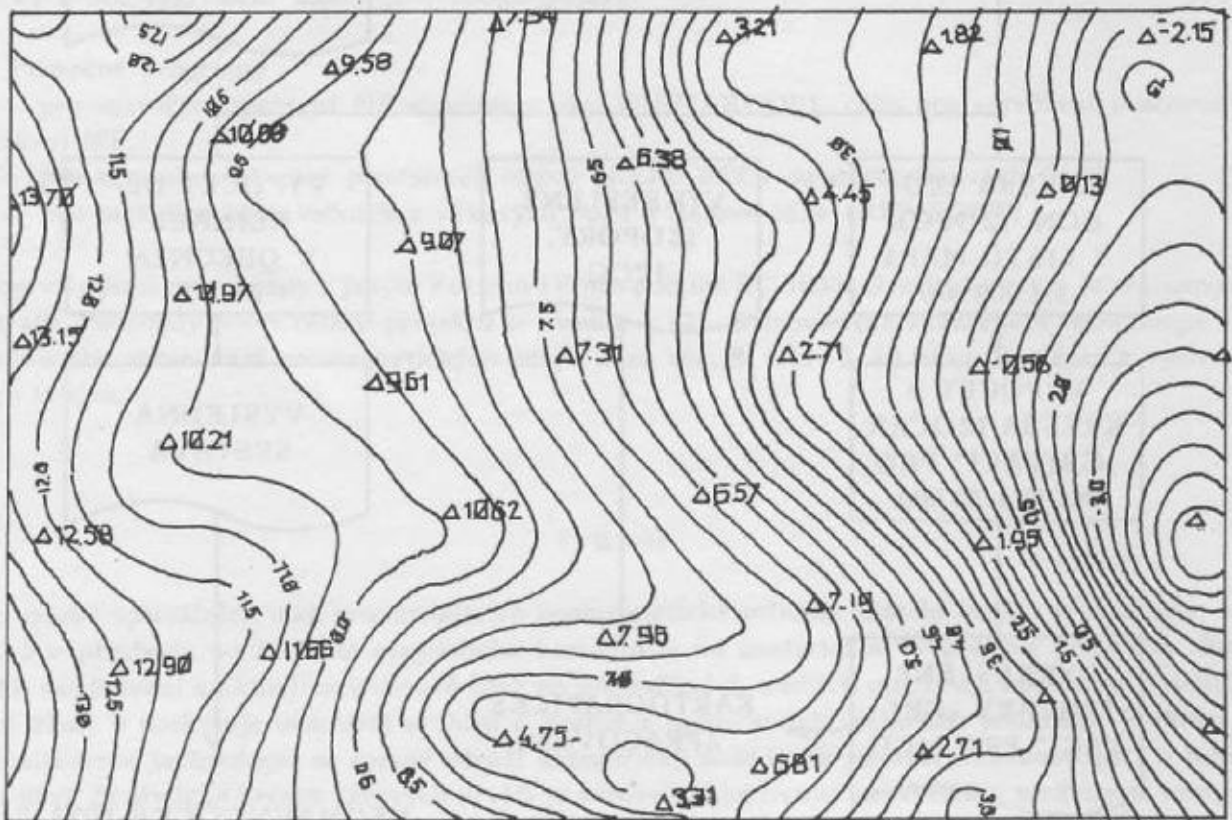
Ve výrobě speciálních map znázorňujících geomagnetické veličiny nastala kvalitativní změna, která spočívá v přechodu od klasické magnetické kartografie na analytickou, výpočetně grafickou. Aparát údržby, doplňování a aktualizace datové báze na počítačových médiích umožňuje operativní využití pro hlavní úkoly a poskytuje okamžitý přehled o kvalitě a nedostacích výchozích podkladů. V rámci této automatizované technologie se zpětně odráží kategorický požadavek na kvalifikovanou péči o tuto datovou bázi. Analytická kresba čárových prvků je zároveň objektivním prověřením správnosti vstupních dat. Zpracovaná technologie a možnosti datové báze nejsou omezeny prostorově a lze je využít pro zabezpečení tvorby jakéhokoli typu speciálních map s deklinační (příp. inklimační) nadstavbou. Neméně významná je skutečnost, že tato automatizovaná technologie přináší i velké úspory náročné ruční lidské práce.



Obr. 8. Schéma technologie automatizovaného zpracování deklinačních údajů.



Obr. 9. Analytická kresba izogon, výřez z mapy M-33, epocha 1984,5.



Obr. 10. Analytická kresba izogon vztažených k severu kilometrové sítě, výřez z mapy M-33, epocha 1984,5.

TABULKA ZARIZENI

LU	FQT	DVR	SC	ZARIZENI
1	1	05	13	DISPLEJ
2	2	31,0	11,12	DISK
3	2	-	-	-
4	4	02	17	DEPOVAC DERNE PASKY
5	5	01	16	SNIMAC DERNE PASKY
6	6	16	14	TISKARNA ACERT
7	7	11,0	15	SNIMAC DERNYCH STITKU
8	8	23,0,0	22,23	MPJ 8
9	9	23,0,1	22,23	MPJ 9
10	10	23,0,2	22,23	MPJ 10
11	11	23,0,3	22,23	MPJ 11
12	12	23,0,0	24,25	MPJ 12
13	13	23,0,1	24,25	MPJ 13
14	14	23,0,2	24,25	MPJ 14
15	15	23,0,3	24,25	MPJ 15
16	16	10	20	ZOBRAZOVACI JEDNOTKA
17	17	17	21	ODECITACI JEDNOTKA
18	18	00	26	PSACI STROJ
19	19	12	27	TISKARNA DZM 180
20	0	-	-	IGNOROVANA
21	3	30	30	VSTUP DAVKY Z DISKU
-	20	27	30	E.F.

Literatura:

- [1] BUCHA, V.: Mapa izogon Evropy a severní Afriky pro epochu 1958,5. Vojenský topografický obzor, MNO Praha, č. 3-4, roč. 1957.
- [2] FIEDLER, J.: Registr geomagnetických údajů s obslužnými a aplikačními programy (REMAGNE). Projektová dokumentace VTOPÚ, 1983.
- [3] BUCHA, V.: Geomagnetické pole a jeho přínos k objasnění vývoje Země. Academia, Praha 1975.
- [4] JANOVSIIJ, K. N.: Zemnoj magnetizm. Izd. Leningradskogo Universiteta, Leningrad 1978.
- [5] FIXEL, J.: Geofyzika II, geomagnetismus. Skripta VAAZ Brno 1978.
- [6] The Earth's Magnetism and Gravity, separát z Int. Geophys. Enc., London 1976.
- [7] MUNDT, K.: On the Analytical Representation of the Magnetic Secular Variation in Europe on the Basis of Observatory Data. Gerlands Beitr. Geophysik, 1980, No. 2.
- [8] BUCHA, V.: Geomagnetická pole povrchová, hlavně normální. Geofyzikální sborník, 1953, No. 7.
- [9] VATRT, V.: Analytická interpolace izočar v obecném bodovém poli. Projektová dokumentace. VTOPÚ Dobruška 1982.

Do redakce došlo dne 14. 11. 1983.

Detekční a lokalizační schopnosti modelových středoevropských sítí seismických stanic

1. Úvod

Článek se zabývá detekčními a lokalizačními schopnostmi lokálních sítí seismických stanic umístěných uvnitř i vně těchto sítí.

Dosud publikované práce se zabývaly buď schopnostmi jednotlivých stanic, nebo globálními sítěmi stanic a uvažovaly jen vlny přicházející na stanice z epicentrálních vzdáleností $20^\circ < \Delta < 100^\circ$.

Sítí stanic budeme rozumět systém stanic napojených na vyhodnocovací centrum, vzdálených od sebe desítky až stovky kilometrů a pracujících automaticky v reálném čase (provádění záznamu vln, detekce, lokalizace a identifikace seismických jevů). Touto problematikou se zabývala práce [13].

Protože ve střední Evropě síť seismických stanic neexistuje, byly analyzovány schopnosti některých matematických modelů lokálních sítí. Přitom autor vycházel z publikovaných údajů o stanicích a stavbě Země v uvedeném prostoru.

K vysvětlení odborných termínů a k úvodu do studia seismiky lze např. použít [12] a [14].

2. Výpočetní programy, vstupní a výstupní data

Předpokládejme, že máme konkrétní modelovou lokální síť seismických stanic se známou citlivostí a poměrem signál – neklid s/n . Chceme vypočítat minimální magnitudo jevu, který by ze zadaného místa na Zemi s pravděpodobností α zaznamenal nebo lokalizoval alespoň β stanic sítě.

Jestliže použijeme amplitudovou kalibrační funkci pro krátkoperiodické seismické vlny, které v příslušné epicentrální vzdálenosti mají maximální amplitudu, zadáme $s/n = 1,5$ a $\beta = 2$, potom budeme analyzovat detekční schopnost sítě stanic.

Jestliže použijeme amplitudovou kalibrační funkci pro krátkoperiodické vlny, které do příslušné epicentrální vzdálenosti dospějí od zdroje jako první, zadáme $s/n = 2$, $\beta = 4$, potom budeme analyzovat lokalizační schopnost sítě stanic.

Ve všech případech bylo $\alpha = 90\%$.

Pro větší názornost byly vykresleny izolinie výsledných minimálních magnitud vzhledem k souřadnicím zadané zeměpisné sítě.

Výpočty minimálních magnitud byly provedeny na počítači EC 1033 programem Seisite 1, kresba izolinií na Digigrafu připojeném k témuž počítači.

2.1. Použitý algoritmus programu Seisite 1

Pravděpodobnost p_i , že i -tá stanice seismické sítě detekuje z epicentrální vzdálenosti Δ_i jev s magnitudem m , lze dle [1] vyjádřit vztahem

$$p_i = R_i \Phi \left[\frac{m + \log T - Q(\Delta_i) - \mu_{ni} - \log (s/n)_i}{\sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_{ni}^2}} \right]$$

pro $\Delta_i \in \bar{D}$ a $p_i = 0$ pro $\Delta_i \notin \bar{D}$.

Zde R_i vyjadřuje pravděpodobnost, že stanice je v provozu a může jev zaznamenat. Φ je integrální distribuční funkce normovaného normálního rozdělení. Tedy

$$\Phi = \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{u^2}{2}} du,$$

kde

T — velikost periody maximální amplitudy příslušné vlnové skupiny, kterou chceme od uvedeného jevu na stanici zaznamenat;

$Q(\Delta_i)$ — magnitudová kalibrační funkce vlny, kterou chceme v epicentrální vzdálenosti Δ_i na stanici zaznamenat.

Předpokládáme, že logaritmus úrovně neklidu má pro periodu T na stanici normální rozdělení se střední hodnotou μ_{ni} a standardní odchylkou σ_{ni} . Seismickým vlnám, které se liší od seismického neklidu (generované např. zemětřeseními, explozemi, důlními otřesy atd.), budeme říkat užitečný seismický signál. Předpokládáme, že logaritmus jeho amplitudy A je náhodně proměnná s normálním rozdělením, se střední hodnotou $m = \log A/T + Q$ a standardní odchylkou σ_s . Minimální poměr velikosti amplitudy užitečného seismického signálu k amplitudě seismického neklidu, který je zapotřebí na i -té stanici k odlišení užitečného signálu od neklidu, je označen $(s/n)_i$. Zadaný interval uvažovaných epicentrálních vzdáleností je označen \bar{D} .

Pravděpodobnost, že alespoň β stanic sítě jev zaznamená, je dle [1]

$$P(\geq \beta) = \sum_{K=\beta}^N p(K),$$

kde

$$p(K) = E_K(p) - \binom{K+1}{K} E_{K+1}(p) + \binom{K+2}{K} E_{K+2}(p) - \dots \pm \binom{N}{K} E_N(p)$$

je velikost pravděpodobnosti, že jev zaznamená právě K stanic. N je celkový počet stanic sítě. $E_i(p)$ jsou elementární symetrické polynomy definované následujícím způsobem:

$$E_1(p) = \sum_{i=1}^N p_i, E_2(p) = \sum_{i,j} p_i p_j, \\ E_3(p) = \sum_{i,j,k} p_i p_j p_k \text{ atd.}$$

Program Seisite 1 v jazyce Fortran IV byl sestaven tak, že pro každý roh elementárního pravoúhelníku zeměpisné sítě se bere $m = 1$, vypočítají se hodnoty p_i a $P(\geq \beta)$. Jestliže bylo $P(\geq \beta) < \alpha$, zvýší se hodnota magnituda o jedničku atd. Jakmile však nastane případ, že $P(\geq \beta) > \alpha$, vrátí se hodnota m na předchozí hodnotu a tentýž proces pokračuje pro desetiny a nakonec pro setiny magnituda.

2.2. Vstupní data

a) Magnitudová kalibrační funkce

Funkce je různá dle toho, zda se počítá lokalizační nebo detekční schopnost seismické sítě. Pro epicentrální vzdálenosti od 0° do 1° se zadává analyticky ve tvaru $Q(\Delta) = a \log \Delta + b$ a pro $1^\circ < \Delta < 10^\circ$ formou tabulky s krokem po 1° . Pro analýzu detekční schopnosti středoevropské sítě seismických stanic byla pro $\Delta < 1^\circ$ použita k výpočtům magnitudová kalibrační funkce $Q(\Delta) = 1,27 \log \Delta + 2,97$ a pro analýzu lokalizační schopnosti funkce $Q(\Delta) = 1,11 \log \Delta + 3,75$. Pro $10^\circ < \Delta < 1^\circ$ byly použity magnitudové kalibrační funkce, které jsou uvedeny v tab. 1. K analýze funkcí pro $\Delta < 100^\circ$ byly využity prameny [2] a [3].

b) Parametry seismických stanic tvořících modelové sítě

Stanice tvořící matematický model středoevropské sítě seismických stanic a jejich parametry μ_{ni} , σ_{ni} popisující krátkoperiodický neklid s periodami T okolo 1 sekundy a použité jako vstupní data pro výpočty jsou uvedeny v tab. 2. Tyto hodnoty byly získány na základě posouzení údajů uvedených v [4], [5] a [6]. Přitom předpokládáme, že seismické kanály stanic mají optimální zvětšení z hlediska úrovně a frekvenčního složení seismického neklidu. V praxi se tedy může stát, že skutečné hodnoty μ_{ni} , σ_{ni} mohou být větší, než je uvedeno v tab. 2. Tak je tomu např. tehdy, jestliže je na stanici pro záznam vln s periodami okolo 1 sekundy použito menší zvětšení než to, které by bylo ještě možno použít s ohledem na úroveň seismického neklidu a na efektivní rozlišování užitečného signálu od neklidu. V/T značí zvětšení V pro periodu T krátkoperiodického vertikálního seismografu, kterým je stanice vybavena.

Tab. 1

Δ	Detekce	Lokalizace
2	4,34	5,37
3	4,46	5,50
4	4,56	5,85
5	4,67	6,06
6	4,78	6,20
7	4,70	6,32
8	4,80	6,40
9	4,88	6,45

Kalibrační funkce použitá pro studium detekční a lokalizační schopnosti sítě stanic pro $2^\circ < \Delta < 9^\circ$

Tab. 2

Kód	Název	Stát	φ [N]	λ [E]	μ_n	σ_n	V/T
KHC	Kašperské Hory	ČSSR	49°07'50"	13°34'45"	0,5	0,25	100 000/0,9
PRU	Průhonice	ČSSR	49°59'18"	14°32'30"	0,61	0,3	36 000/0,8
GFÚ	GFÚ ČSAV	ČSSR	50°21'	16°19'	0,3	0,15	128 000/0,8
ZST	Bratislava	ČSSR	48°11'46"	17°06'09"	0,9	0,45	55 000/0,3-0,8
SPC	Skalnaté Pleso	ČSSR	49°11'18"	20°14'42"	1,0	0,5	7000/0,8-1,5
SRO	Šrobárova	ČSSR	47°48'48"	18°18'48"	1,35	0,67	1000/0,2-20
PRA	Praha	ČSSR	50°04'13"	14°25'59"	0,76	0,45	24 000/1,1
BMZ	Ostrava	ČSSR	49°50'15"	18°08'50"	0,9	0,45	15 000/
JZR	Jezeří	ČSSR	50°32'55"	13°31'00"	0,9	0,45	
MOX	Moxa	NDR	50°38'46"	11°36'58"	0,54	0,27	100 000/1,0
CLL	Collmberg	NDR	51°18'32"	13°00'16"	0,48	0,24	55 000/0,2-1,1
BRG	Berggiesshubel	NDR	50°52'26"	13°56'26"	0,54	0,27	52 000/0,6
KSP	Ksiaz	PLR	50°50'36"	16°17'36"	0,5	0,22	125 000/0,4-0,9
NIE	Niedzica	PLR	49°25'25"	20°19'19"	0,66	0,33	80 000/0,1-0,9
SOP	Šoproň	MLR	47°41'00"	16°33'30"	0,81	0,4	43 000/0,5
JOS	Josvafo	MLR	48°29'45"	20°32'22"	0,83	0,41	66 000/0,4
BUD	Budapest	MLR	47°29'01"	19°01'26"	1,05	0,5	14 000/0,9

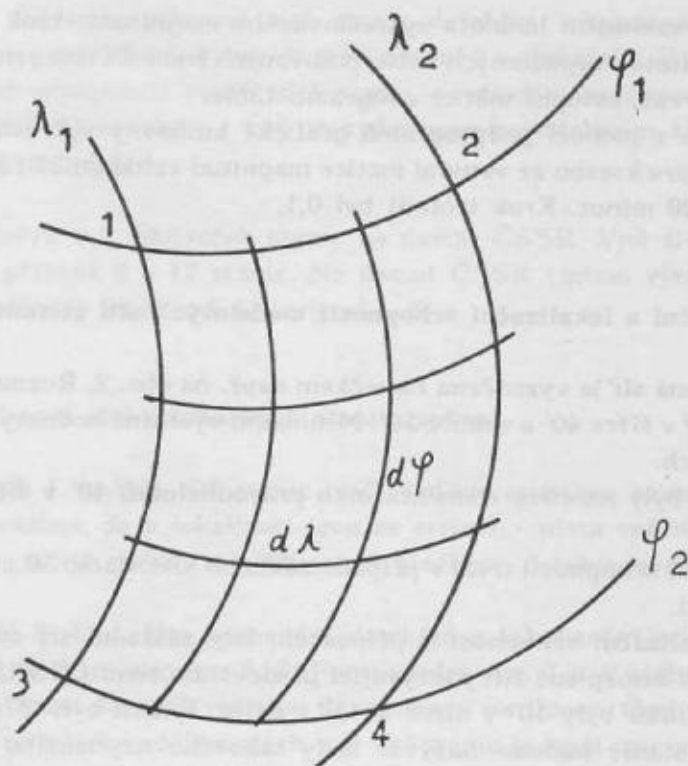
Seismické stanice tvořící základní středoevropskou síť existujících stanic a jejich parametry použité k analýze detekční a lokalizační schopnosti sítě.

V případě analýzy lokalizační schopnosti byl poměr $s/n = 2$, aby bylo lépe patrné první nasazení vlny potřebné k odečtení času příchodu vlny na stanici.

K některým výpočtům byla základní síť stanic doplněna o 7 fiktivních v okolí měst Znojmo, Tachov, Příbram, Svitavy, Trenčín, Banská Bystrica, Prešov s hodnotami $\mu_n = 0,9$ a $\sigma_n = 0,45$. Výjimku tvoří existující stanice Háje u Příbrami s hodnotou $\mu_n = 0,7$ a $\sigma_n = 0,35$.

c) Zeměpisná síť

Tato síť vymezuje na Zemi oblast, v níž počítáme detekční nebo lokalizační schopnost sítě seismických stanic. V tomto článku označme úhlovou vzdálenost od severního pólu jako $\varphi = 90^\circ - \bar{\varphi}$, kde $\bar{\varphi}$ je zeměpisná šířka (severní šířka kladná, jižní záporná), a východní zeměpisnou délku jako λ . Zeměpisná síť se zadává pomocí hodnot $\varphi_1, \varphi_2, d\varphi; \lambda_1, \lambda_2, d\lambda$, jejichž význam je patrný z obr. 1, kde jsou schematicky znázorněny i elementární pravoúhelníky. Pro vykreslení izolinií byly využity přehledy kladu mapových listů z prostoru ČSSR a Evropy, viz obr. 2–9.



Obr. 1. Zadáání zeměpisné sítě.

d) Některé ostatní parametry:

E, F — minimální a maximální hodnota epicentrálních vzdáleností, které zahrnujeme do výpočtů (definice \bar{D}). Je-li např. $E = 0^\circ$ a $F = 20^\circ$, omezujeme se jen na blízké jevy. Pro $E = 20^\circ$ a $F = 100^\circ$ se zaměřujeme na teleseismické jevy atd. Ve všech případech bylo $\sigma_s = 0,2, R_i = 1$.

- β_m — největší hodnota β ,
- MSP — volba, zda se stanice uspořádají dle velikosti pravděpodobností p_i ,
- α — číslo udávající pravděpodobnost, že nejméně β stanic sítě bude jev detekovat nebo lokalizovat.

2. 3. Výstupní údaje

Ze široké tiskárny počítače získáme výsledné tabulky minimálních hodnot magnitud jevů, které by z daného místa zeměpisné sítě s pravděpodobností α zaznamenalo alespoň β stanic seismické sítě. Jsou uspořádány jako matice a počítány v rozích elementárních pravoúhelníků zadané zeměpisné sítě. Nejprve se tato tabulka vytiskne pro $\beta = 1$, potom pro $\beta = 2$ atd. až nakonec pro $\beta = \beta_m$.

Pro zadanou hodnotu β je možné tuto tabulku uložit na magnetickou pásku a tato data pak použít jako vstup pro výpočet a vykreslení izolinií např. do mapy se zadanou zeměpisnou sítí.

Je-li ve vstupních datech MSP = 1, vytiskne se obdobná tabulka s číslem stanice, která má největší hodnotu pravděpodobnosti, že jev s výše uvedeným magnitudem a z daného bodu zeměpisné sítě zaznamená (první dvě cifry). Druhé dvě cifry vyjadřují v témže bodě podíl dvou největších pravděpodobností vynásobený desíti a zaokrouhlený na dvě cifry. Tyto tabulky se opět tisknou pro $\beta = 1, \dots, \beta = \beta_m$.

2. 4. Kresba izolinií

K výpočtu a kresbě izolinií slouží programy Linie a Kresba, které jsou popsány v [7]. K interpolaci v pravidelné síti je použito metody lokálních splinů. Vstupní data (matice výsledných magnitud) se čtou z magnetické pásky a pomocné údaje z děrných štítků — počet řádků a sloupců výsledné matice magni-

tud, minimální a maximální hodnota vykreslovaného magnituda, krok izolinií, údaje související s měřítkem mapy, s hustotou vypočtených i interpolovaných bodů a s omezeními vyplývajícími z maximálního možného počtu prvků vstupní matice programu Linie.

Program Kresba s pomocí podprogramů grafické knihovny vykresluje a popisuje izolinie.

Interpolace dat pro kresbu ze vstupní matice magnitud velikosti 27 řádků a 49 sloupců trvala 30 minut a vlastní kresba 20 minut. Krok izolinií byl 0,1.

3. Analýza detekční a lokalizační schopnosti modelových sítí seismických stanic v prostoru Evropy

Zadaná zeměpisná síť je vyznačena rámečkem např. na obr. 2. Rozměry elementárních pravoúhelníků byly u obr. 3, 4 a 7 v šířce 40' a v délce 30'. Minimální výsledné hodnoty magnitud byly počítány v 21 řádcích a 49 sloupcích.

U obr. 2, 5 a 8 byly rozměry elementárních pravoúhelníků 40' v šířce a 1° v délce. Řádků bylo 21, sloupců 26.

Výpočet detekční schopnosti trval v případě základní sítě stanic 30 a v případě lokalizační schopnosti téže sítě 60 minut.

Detekční a lokalizační schopnost v případech, kdy základní síť stanic je doplněna o 7 fiktivních, byla analyzována v zeměpisné síti pokrývající především území ČSSR, viz. obr. 6 a 9. Rozměry elementárních pravoúhelníků byly 10' v šířce a 15' v délce. Řádků bylo 27, sloupců 49.

Vnitřkem sítě stanic budeme nazývat body takového nejmenšího kruhu, který obsahuje všechny stanice sítě. Jeho střed budeme považovat za střed sítě stanic.

3. 1. Detekční schopnost modelové sítě seismických stanic tvořené

a) jedinou stanicí. Izočáry ekvidistant lze v použitém zobrazení v uvedené zeměpisné síti považovat za kružnice, což je vidět na obr. 2. Z téhož obrázku je patrné, že i detekční schopnost jediné stanice je pro použitou kalibrační funkci bez azimutální závislosti vyjádřena soustřednými kružnicemi se středem ve stanici. V tomto případě bylo $\beta = 1$, $\alpha = 90\%$.

Výsledky uvedené na obr. 2 byly ověřeny tak, že vypočtené hodnoty minimálních magnitud byly porovnány s hodnotami magnitud jevů, které kdy byly stanicí KHC detekovány ze seismicky aktivních oblastí i od známých explozí. K tomu byly např. využity práce [8], [9], [10]. Ukázalo se, že v epicentrálních vzdálenostech okolo 7° by kalibrační funkce pro detekci měla nabývat větších hodnot, než je uvedeno v tab. 1. K otestování lokalizační schopnosti byly vykresleny izolinie, které v tomto případě vyjadřovaly minimální hodnotu magnitud jevu, od něhož by stanice KHC s 90% pravděpodobností zaznamenala dostatečně intenzivní první vlnovou skupinu, která se používá k lokalizaci;

b) 2 stanicemi různě citlivými. Vně sítě dostáváme téměř soustředné kružnice se středem v blízkosti méně citlivé stanice, viz obr. 3. Uvnitř sítě stanice dostáváme soustavu elips s delší poloosou kolmou ke spojnicí stanic. Elipsy jsou deformovány tak, že je síť nejcitlivější v blízkosti méně citlivé stanice. Všimněme si, že ve větších vzdálenostech od středu sítě stanic máme pro $\beta = 2$ detekční schopnost o 0,4 až 0,5 magnituda horší, než odpovídá detekční schopnosti jediné stanice;

c) 8 stanicemi různě citlivými v ČSR, NDR, PLR. Vně sítě stanic dostáváme opět soustavu téměř soustředných kružnic se středem v blízkosti středu sítě stanic, viz obr. 4. Uvnitř sítě stanic máme soubor deformovaných elips. Ve větších vzdálenostech od středu sítě stanic je detekční schopnost o 0,4 magnituda lepší, než tomu bylo v případě dvou stanic. Porovnáním obr. 2 a 4 zjistíme, že detekuje-li z určitého místa v Evropě jediná stanice s pravděpodobností 0,9 jev s minimálním magnitudem m , potom k tomu, aby stejně silný jev z téhož místa zaznamenaly alespoň 2 stanice, musí mít příslušná síť alespoň 8 stanic;

d) 17 různě citlivými stanicemi (základní síť) v ČSSR, PLR, NDR, MLR. Vně sítě stanic dostáváme soustavu soustředných kružnic, viz obr. 5. Uvnitř sítě stanic je složitý soubor izochar popisující lokální minima a maxima. Ve větších vzdálenostech od středu sítě stanic je detekční schopnost pouze o 0,1 magnituda lepší, než tomu bylo v případě 8 stanic. Vzhledem k přesnosti měření magnitud v praxi

můžeme považovat ve větších vzdálenostech vně sítě stanic detekční schopnost obou těchto sítí za stejnou. Toto tvrzení platí nejen v měřítku Evropy, ale ještě přesněji v globálním. Zvýšení počtu stanic vedlo pouze ke zlepšení detekční schopnosti uvnitř sítě stanic, především na území SSR a Moravy. Na území ČSSR (mimo východní Slovensko — což je způsobeno rozmístěním stanic) je detekční schopnost v tomto případě lepší než 1,4;

e) základní síť byla dále doplněna o 7 fiktivních stanic na území ČSSR. Vně sítě stanic detekční schopnost zůstala stejná jako v případě 8 a 17 stanic. Na území ČSSR (mimo východní Slovensko) je detekční schopnost v tomto případě lepší než 1,1, viz obr. 6.

3. 2. Lokalizační schopnost modelové sítě seismických stanic tvořené

a) 8 stanicemi jako v případě 3. 1. c. Vně sítě stanic tvoří izolinie soustavu soustředných kružnic, viz obr. 7. Porovnáním s obr. 4 vidíme, že k lokalizaci jevu ze stejného místa vně sítě stanic je třeba jevu alespoň s magnitudem o 1,9 a uvnitř sítě o 1,4 větším, než stačí pro detekci jevu toutéž sítí stanic;

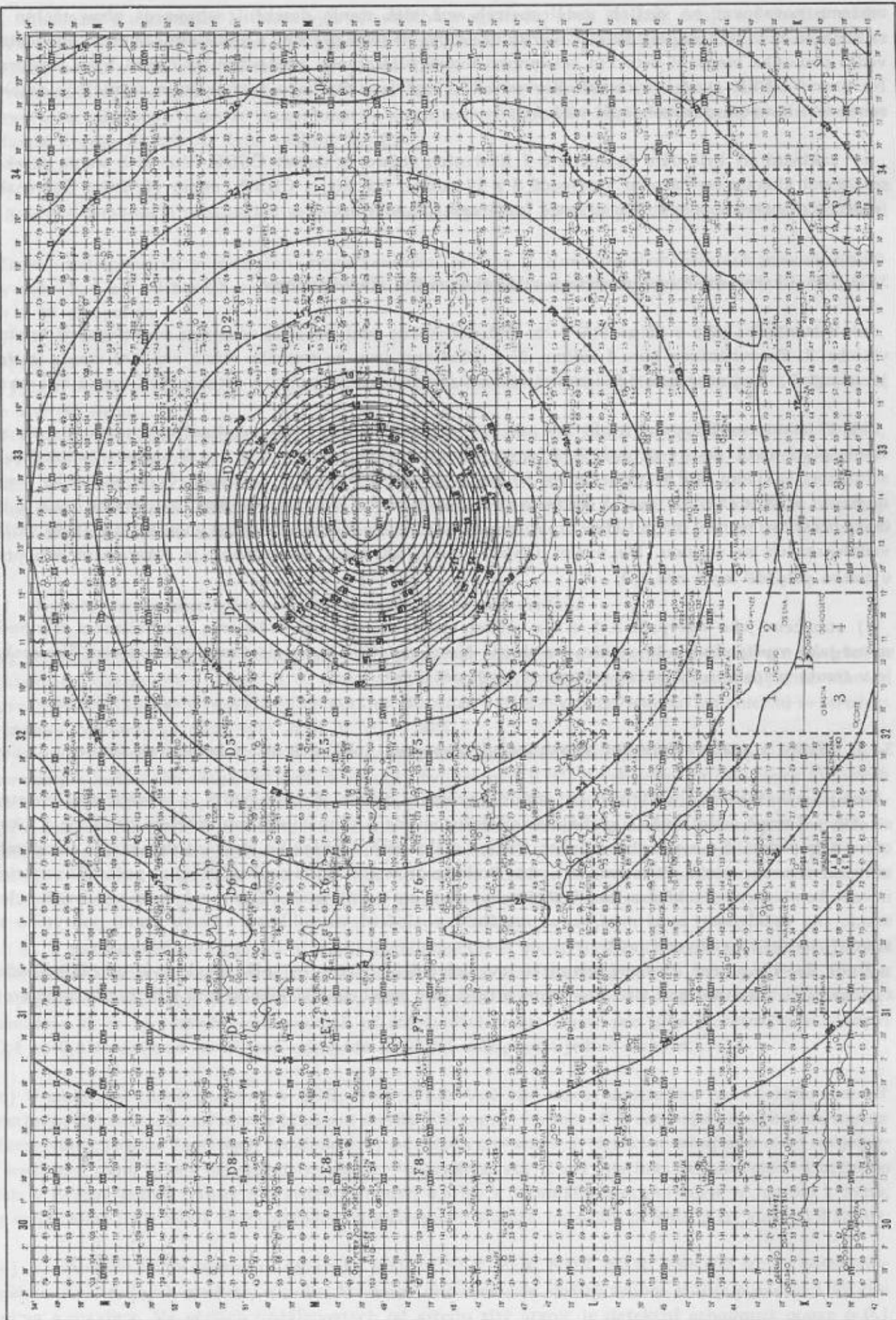
b) 17 stanicemi jako v případě 3. 1. d. Pro porovnání detekční a lokalizační schopnosti této sítě stanic platí totéž jako v případě 3. 2. a, viz obr. 5, 8. Porovnáním obr. 7 a 8 vidíme, že lokalizační schopnost základní sítě je ve srovnání se sítí tvořenou 8 stanicemi na území Čech prakticky stejná, na území SSR je až o 1,0 lepší. Ve větších vzdálenostech vně sítě stanic je lepší maximálně o 0,2. Z hlediska přesnosti měření magnituda v praxi lze považovat lokalizační schopnost obou těchto sítí ve větších vzdálenostech za stejnou. Na území ČSSR (mimo východní Slovensko) je lokalizační schopnost v tomto případě lepší než 3,0;

c) stanicemi jako v případě 3. 1. e. Ve větších vzdálenostech vně sítě stanic je lokalizační schopnost stejná jako v případě 8 a 17 stanic, viz obr. 9. Na území ČSSR (mimo území východního Slovenska) je v tomto případě lokalizační schopnost lepší než 2,5.

3. 3. Závěry z analýzy detekční a lokalizační schopnosti lokálních sítí seismických stanic

Jak již bylo uvedeno, zvýšení počtu stanic v prostoru střední Evropy nad 8 ve větších vzdálenostech od sítě v Evropě, a tím spíše v globálním měřítku, nevede k významnějšímu zvětšení detekční a lokalizační schopnosti. Se zvyšováním počtu stanic lokální sítě dochází ke zlepšení detekční a lokalizační schopnosti pouze uvnitř sítě stanic, ale od určitého počtu stanic další zvyšování jejich počtu již prakticky nevede ke zlepšení detekční a lokalizační schopnosti ani uvnitř sítě. Přitom záleží na vzájemné poloze stanic (na vzdálenosti mezi nimi, na azimutálním rozložení, na velikosti a tvaru území pokrytého sítí stanic), na jejich citlivosti atd.

Z obr. 2—9 je patrné, že slabé seismické jevy nelze detekovat a tím spíše lokalizovat na základě údajů z globálních, málo hustých sítí. Pro tento případ jsou nevhodnější lokální sítě stanic, případně ereje.

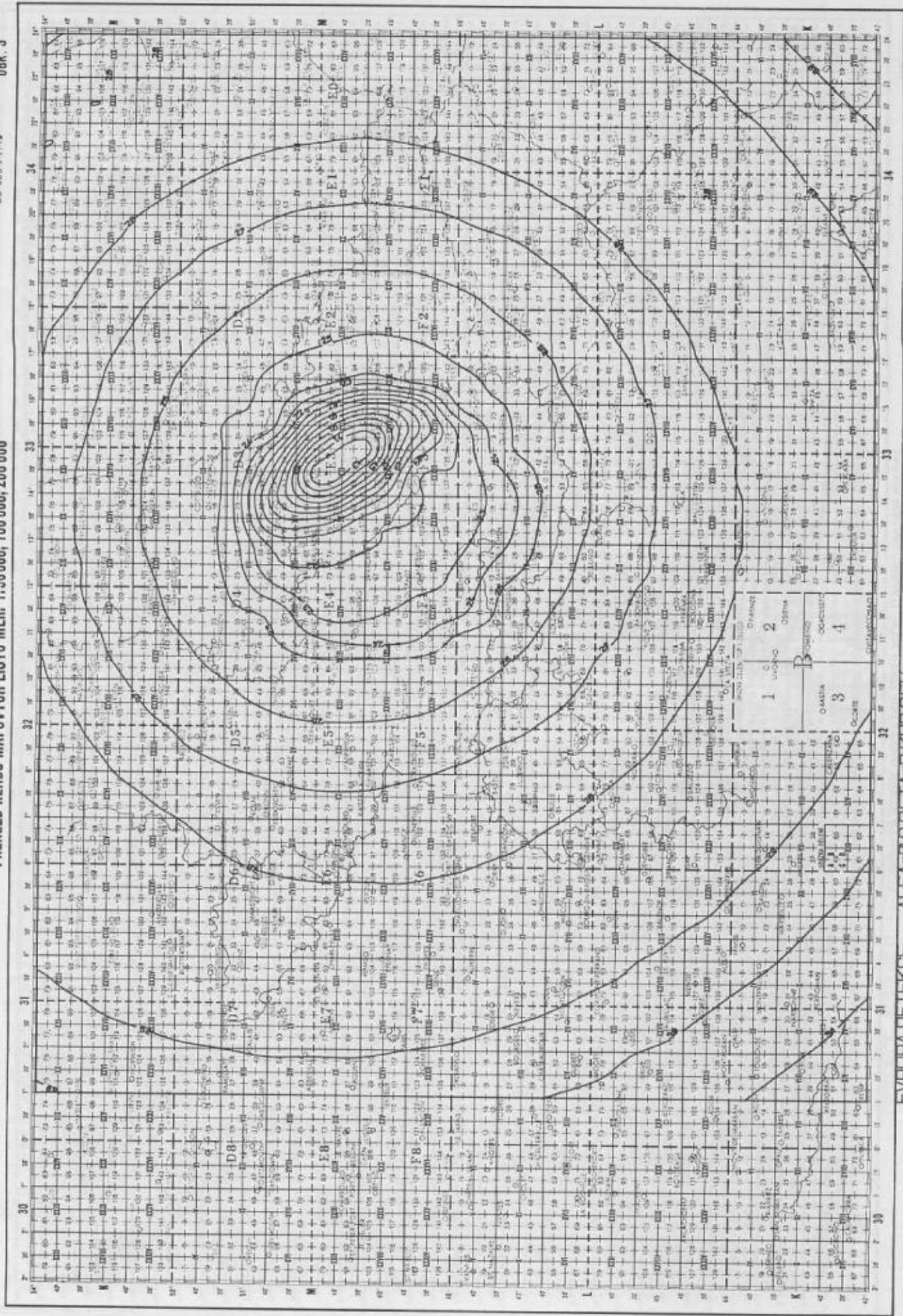


DETEKCE ALFA=0,9, BETA=1, KHC

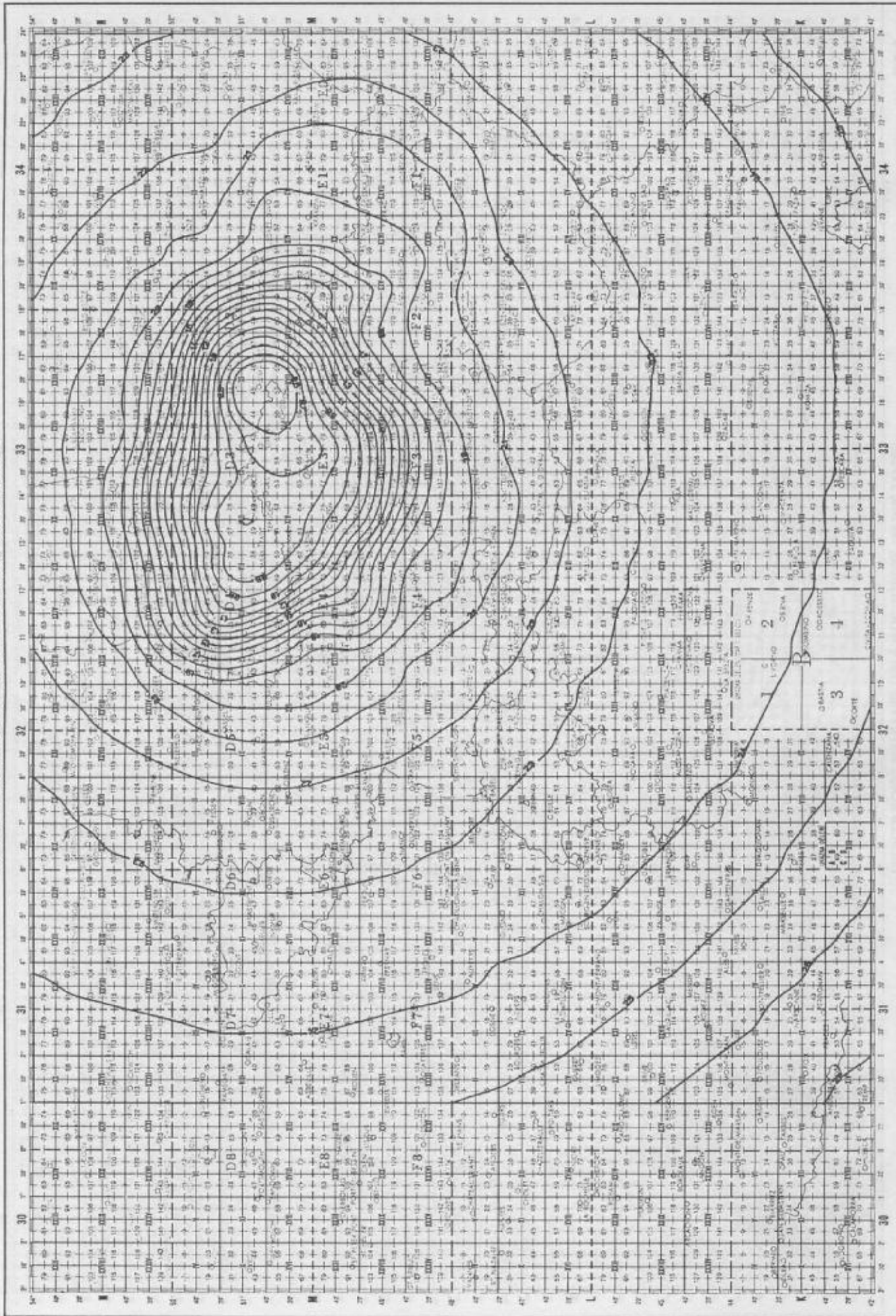
PŘEHLED KLADU MAPOVÝCH LISTŮ MĚŘ. 1:50 000, 100 000, 200 000

OBR. 3

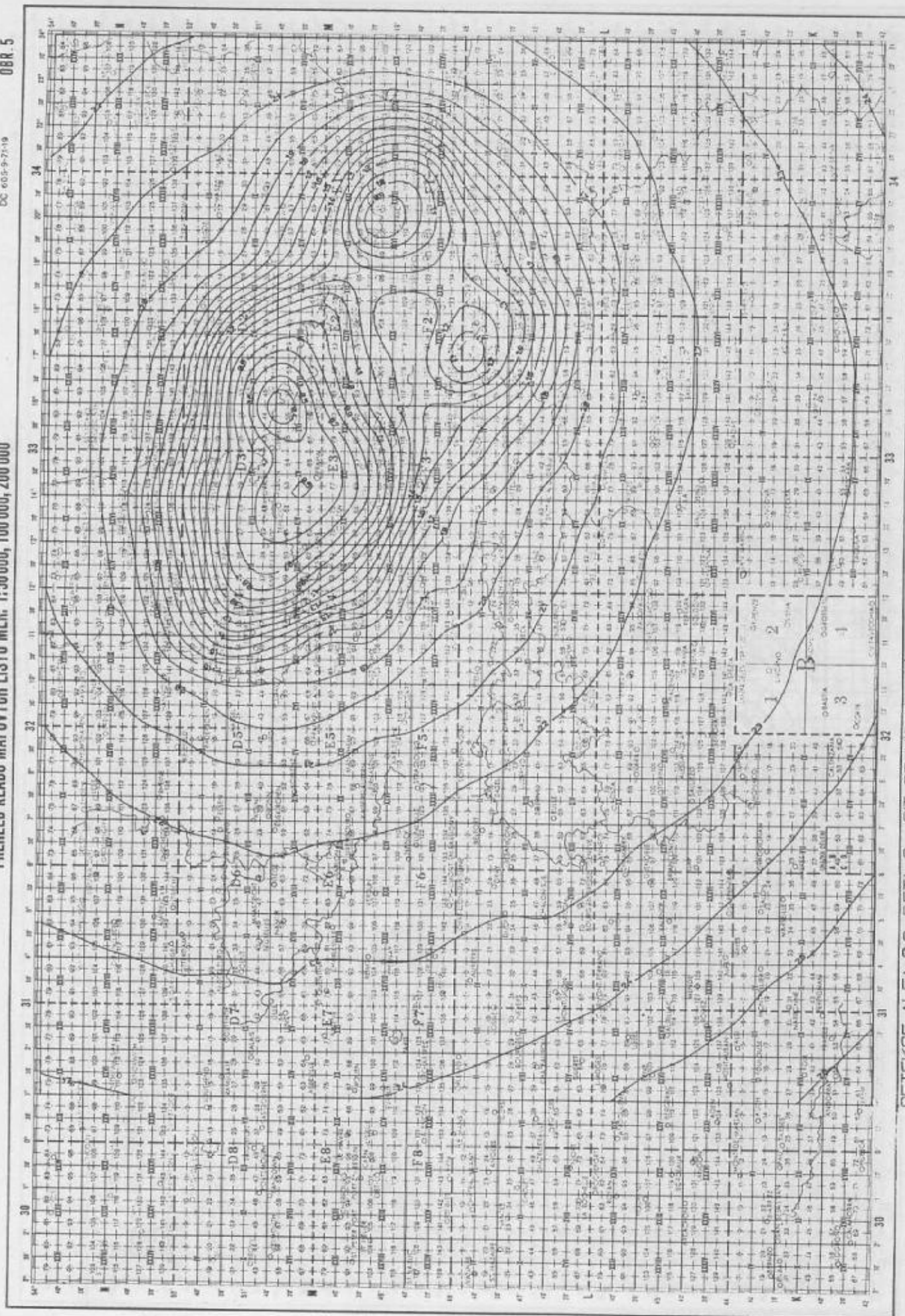
DC 605-97119



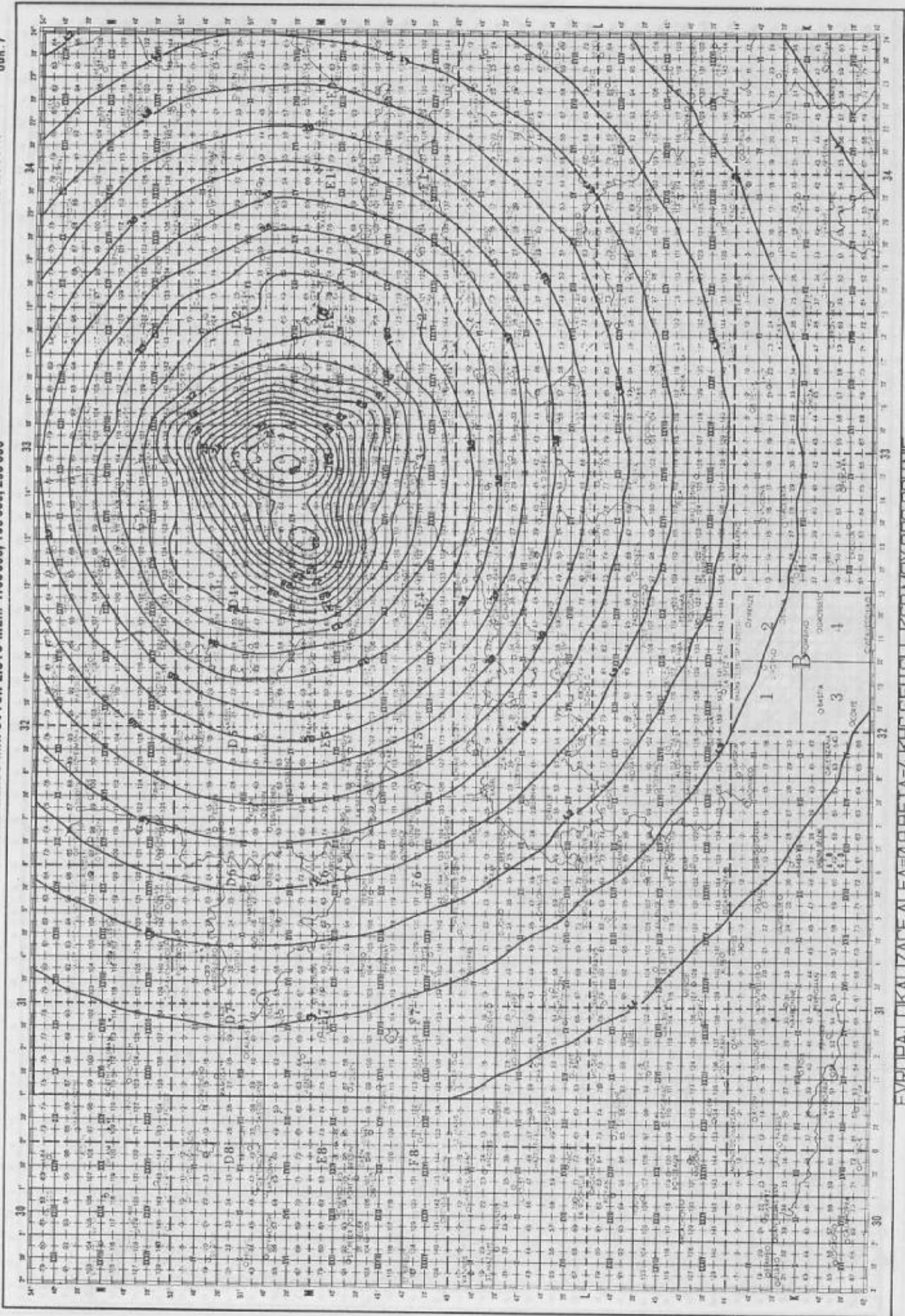
EVROPA, DE TEKCE ALFA=9, BETA=ZIKHCIGFU



EVROPA, DE TEKOE ,ALFA=0.9,BETA=2,KHC,GFU,CL,KSP,MOX,BRG,PRUNE



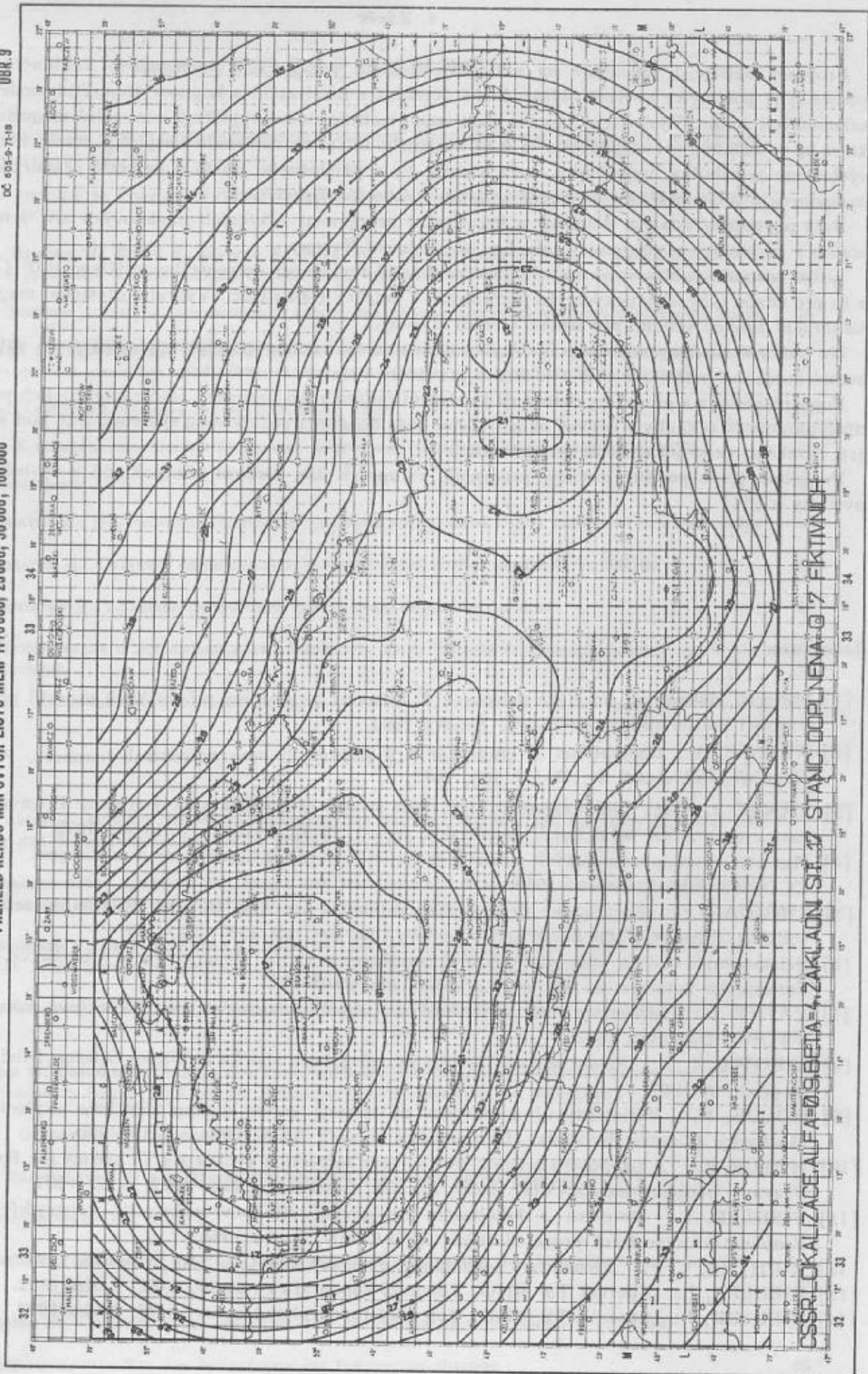
DETEKCE ALFA=09, BETA=2, SIT STANIC ZAKLADNI



PŘEHLED KLADU MAPOVÝCH LISTŮ MĚŘ. 1:10 000, 25 000, 50 000, 100 000

08R.9

DC 605-9-71-18



CSSR - OKALIZACE ALFA = 09BETA = 4, ZAKLAON SIT 37 STANIC DOPLNENA 0 7 FKTRIMOFF

4. Závěr

Program Seisite 1 umožňuje na základě vstupních parametrů (magnitudová kalibrační funkce, poměr s/n) počítat ve zvolené oblasti Země detekční a lokalizační schopnost konkrétní modelové sítě seismických stanic. Výsledkem výpočtu jsou např. izoliny, které vyjadřují minimální magnituda jevů, které by se zadanou pravděpodobností α ze zvoleného místa zaznamenalo alespoň β stanic sítě. Dalším výsledkem je tabulka, vyjadřující, která stanice by z příslušného místa s největší pravděpodobností zaznamenala seismické vlny potřebné k detekci nebo lokalizaci jevu.

Byla provedena analýza detekční a lokalizační schopnosti některých modelových sítí seismických stanic s parametry uvedenými v tab. 1, a to na území Evropy.

Autor posoudil publikované magnitudové kalibrační funkce pro epicentrální vzdálenosti $0^\circ < \Delta < 10^\circ$, a to pro různé typy seismických vln potřebných k detekci a lokalizaci. Vybral a otestoval magnitudové kalibrační funkce vhodné pro území střední Evropy.

Na základě analýzy dostupných údajů byly nalezeny parametry popisující vlastnosti existujících stanic modelové seismické sítě z hlediska provádění detekce a lokalizace.

Popsaná metoda a programy umožňují i nalezení optimálního rozložení stanic sítě a jejich požadovaných parametrů tak, aby v zadané oblasti Země byla dosažena požadovaná citlivost, a to buď z hlediska její detekční, nebo lokalizační schopnosti.

Podrobný popis použité metody, programů, vstupních dat, diskuse předpokladů a výsledků budou uvedeny v [11].

Literatura:

- [1] Materiál získaný od americké delegace (J. Filsona) ze skupiny seismických expertů pracujících v rámci konference o odzbrojení, Ženeva 1980.
- [2] KÁRNÍK, V.: Comparison of empirical A/T curves in near epicentral distances. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., A-5 (116), 1977.
- [3] VANĚK, J. et al.: Homogeneous magnitude system of the Eurasian continent: P waves. World data center A for solid Earth geophysics, report SE-18, Boulder, Colorado 1979.
- [4] Materiál skupiny seismických expertů pracujících v rámci konference o odzbrojení. CCD/558/Add. 1, Ženeva 1978.
- [5] RINGDAL, F.: Earthquake detectability estimates for 478 globally distributed seismograph stations. Physics of the Earth and planetary interiors, 15, 1977, 24 — 32.
- [6] Seismograph station abbreviations and coordinates. U. S. Department of Commerce, National Earthquake Information Center, Rockville, Maryland 1972.
- [7] VATRT, V.: Analytická interpolace izochar v obecném bodovém poli. Projektová dokumentace. VTOPÚ, Dobruška 1982.
- [8] GIBOWICZ, S.: Magnitude and energy of subterranean shocks in Upper Silesia. Studia geoph. et geod., 7, 1963.
- [9] HOLUB, K.: Variability of amplitudes of seismic waves during shot-hole explosions near Maršovice (Central Bohemia). Geofyzikální sborník XXII, 1974, s. 213—230.
- [10] HOLUB, K.: A temporary seismic station near refraction profile R4/77 across the Barrandien. Travaux Géophysiques XXVIII. 1980, No 539, Academia, Praha 1982, s. 83—101.
- [11] FIEDLER, J.: Detekční a lokalizační schopnosti středoevropské sítě seismických stanic. Kandidátská disertační práce. V tisku. GFÚ-ČSAV, Praha 1984.
- [12] RICHTER, C. F.: Elementary seismology, Freeman and Co., San Francisco 1958.
- [13] FIEDLER, J.: Sborník TS MNO, Vojenský topografický obzor, 1/82, Praha 1982.
- [14] FIEDLER, J.: Sborník TS MNO, Vojenský topografický obzor, 1/77, Praha 1977.

Do redakce došlo dne 25. 4. 1983.

СОДЕРЖАНИЕ

Кебисек Л.: Актуальные задачи научно-технического развития Топографической службы ЧНА в свете решений 8-ого пленума ЦК КПЧ	1
Радей К.: Сотрудничество Геодезических служб социалистических стран в области доплеровских методов наблюдения ИСЗ	7
Душатко Д., Немечек П., Радей К., Шилган В., Тума М.: Перспективные методы и последовательность определения уравнений преобразования геодезических систем (2-я часть)	11
Душатко Д.: Значение данных об относительной высоте квазигеоида для геодезического обеспечения войск	25
Радей К., Тума М., Душатко Д.: Создание подробного поля составляющих уклонов отвесных линий и высот квазигеоида в системе »JTSK« для редуцирования результатов геодезических измерений	31
Кратохвил В.: Квантовый топографический дальномер KTD-I	37
Маргинак В.: К точности определения расстояния квантовым топографическим дальномером KTD-I	41
Гебнар Ф.: Гирокомпас Ги-Е I	45
Мнюк Я., Душатко Д.: Информация о технологии создания специальной карты уклонов отвесной линии	49
Ватрт В., Душатко Д.: Создание специальной гравиметрической карты масштаба 1:200 000	57
Фидлер Я., Душатко Д.: Создание специальной карты деклинационных данных	63
Фидлер Я.: Детекционная и локализационная способность проектированных среднеевропейских сетей сейсмических станций	74

INHALT

Kebisek L.: Aktuelle Aufträge wissenschafts-technischer Entwicklung des MD der CVA im Licht der Verrichtung und Schlußfolgerungen der 8. Tagung des ZK KPTSch	1
Raděj K.: Zusammenarbeit geodätischer Dienste der Sozialistischen Staaten im Gebiet der Dopplerschen Beobachtungen der künstlichen Erdsatelliten	7
Dušátko D., Němeček P., Raděj K., Šilhan V., Tůma M.: Perspektive Methoden und Verfahren für die Bestimmung der Transformationsbeziehungen zwischen den geodätischen Systemen (2. Teil)	11
Dušátko D.: Bedeutung der Angaben über die Überhöhung des Quasigeoides für die geodätische Gewährleistung	25
Raděj K., Tůma M., Dušátko D.: Bildung des Einzelheitfeldes der Lotabweichungskomponente und Höhen des Quasigeoides im System JTSK für die Ergebnisreduktion geodätischer Messungen	31
Kratochvíl V.: Quantenentfernungsmesser KTD-1	37
Martinák V.: Zur Genauigkeit der Streckenmessung mit Quantenentfernungsmesser KTD-1	41
Hebnar F.: Gyrokompass Gi-E 1	45
Mňuk J., Dušátko D.: Information über die Technologie und Herstellung der Spezialkarte der Lotabweichungen	49
Vatrt V., Dušátko D.: Bearbeitung der speziellen gravimetrischen Karte im Maßstab 1:200 000	57
Fiedler J., Dušátko D.: Schaffen der Spezialkarte der Deklinationsangaben	63
Fiedler J.: Detektions- und Lokalisationsfähigkeit mitteleuropäischer Modellnetze seismischer Stationen	74