# GEODETICKÝ a KARTOGRAFICKÝ obzor

Český úřad zeměměřický a katastrální
Úrad geodézie, kartografie a katastra
Slovenskej republiky

3/03

Praha, březen 2003
Roč. 49 (91) ● Číslo 3 ● str. 41–60
Cena Kč 14,–
Sk 21,60

# GEODETICKÝ A KARTOGRAFICKÝ OBZOR

## odborný a vědecký časopis Českého úřadu zeměměřického a katastrálního a Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky



Redakce:

**Ing. Stanislav Olejník** – vedoucí redaktor

**Ing. Ján Vanko** – zástupce vedoucího redaktora

**Ing. Bohumil Šídlo** – technický redaktor

Redakční rada:

**Ing. Jiří Černohorský** (předseda), **Ing. Juraj Kadlic, PhD.** (místopředseda), **Ing. Marián Beňák, doc. Ing. Pavel Hánek, CSc., doc. Ing. Ján Hefty, PhD., Ing. Ivan Ištvánffy, Ing. Zdenka Roulová, Ing. Karel Švarc**



Vydává Český úřad zeměměřický a katastrální a Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky v nakladatelství Vesmír, spol. s r. o., Na Florenci 3, 111 21 Praha 1, tel. 00420 234 612 395. Redakce a inzerce: Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 9, 182 11 Praha 8, tel. 00420 286 840 435, 00420 284 041 700, fax 00420 284 041 416, e-mail: stanislav.olejnik@atlas.cz a VÚGK, Chlumeckého 4, 826 62 Bratislava, telefón 004212 43 33 48 22, linka 317, fax 004212 43 29 20 28. Sází VIVAS, a. s., Sazečská 8, 108 25 Praha 10, tiskne Serifa, Jinonická 80, Praha 5.

Vychází dvanáctkrát ročně.
Distribuci předplatitelům (a jiným) distributorům v České republice, Slovenské republice i zahraničí zajišťuje nakladatelství Vesmír, spol. s r. o. Objednávky zasílejte na adresu Vesmír, spol. s r. o., Na Florenci 3, POB 423, 111 21 Praha 1, tel. 00420 234 612 394 (administrativa), další telefon 00420 234 612 395, fax 00420 234 612 346, e-mail vanek@msu.cas.cz, e-mail administrativa: vorackova@msu.cas.cz, nebo imlaufova@msu.cas.cz. Dále rozšiřují společnosti holdingu PNS, a. s., včetně předplatného, tel. zelená linka 800 17 11 81. Podávání novinových zásilek povoleno: Českou poštou, s. p., odštěpný závod Přeprava, čj. 467/97, ze dne 31. 1. 1997. Do Slovenskej republiky dováža MAGNET – PRESS SLOVAKIA, s. r. o., Teslova 12, 821 02 Bratislava 2, tel. 004212 44 45 46 27, další telefón 004212 44 45 46 28, fax 004212 44 45 45 59. Predplatné rozširuje Poštová obchodná novinová spoločnosť, a. s., Záhradnícka 151, 821 08 Bratislava 25, tel. 004212 50 24 52 04, fax 004212 50 24 53 61. Ročné predplatné 420,– Sk vrátane poštovného a balného.

Náklad 1200 výtisků. Toto číslo vyšlo v březnu 2003, do sazby v lednu 2003, do tisku 13. března 2003.


Otisk povolen jen s udáním pramene a zachováním autorských práv.

© Vesmír, spol. s r. o., 2003


**ISSN 0016-7096**
**Ev. č. MK ČR E 3093**


**Přehled obsahu Geodetického a kartografického obzoru včetně abstraktů hlavních článků je uveřejněn na internetové adrese www.cuzk.cz**

## Obsah


Plk. Ing. Karel Raděj, CSc., Ing. Oldřich Pašek
**Spolupráce civilní a vojenské zeměměřické služby** ..... 41

Prof. Dr. Ing. Leoš Mervart, Ph.D., DrSc., Ing. Zdeněk Lukeš
**Numerická stabilita vyrovnání měření GPS v reálném čase** ..... 44

Prof. Ing. Josef Kabeláč, CSc.
**Určení dráhových elementů družice MIMOSA přístrojem GPS umístěným na její palubě** ..... 48

**SPOLEČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST** ..... 57

**ZPRÁVY ZE ŠKOL** ..... 57

**Z GEODETICKÉHO A KARTOGRAFICKÉHO KALENDÁŘE** ..... 58

# Spolupráce civilní a vojenské zeměměřické služby

**Plk.Ing. Karel Raděj, CSc., GeoS AČR,**
**Ing. Oldřich Pašek, ČÚZK**

528+623.64

## 1. Úvod

Od počátku devadesátých let minulého století probíhají v geografické službě Armády České republiky (GeoS AČR) a v resortu Českého úřadu zeměměřického a kartografického (ČÚZK) významné změny. Vstup ČR do NATO znamenal přechod na nové koaliční systémy a standardy pro geodézii, vojenskou geografii, mapovou tvorbu a kartografii. Obdobně probíhaly a probíhají změny v pojetí geografického zabezpečení potřeb ozbrojených sil v době příprav a v průběhu ozbrojeného konfliktu. Převládajícím je integrální pojetí tohoto druhu zabezpečení s využitím existujících národních tvůrčích a výrobních kapacit, včetně jejich specifik.

V článku krátce připomeneme podstatné výsledky a zkušenosti ze spolupráce obou služeb, které jsou dodnes při plnění našich úkolů naším společným východiskem.

## 2. Současný stav a perspektiva spolupráce GeoS AČR s ČÚZK

V „Koncepci výstavby profesionální Armády České republiky,"*) zveřejněné ministerstvem obrany ČR v červnu 2002 se uvádí:

*„V moderní armádě všechny druhy vojsk významně využívají údaje o hydrologických, meteorologických a geografických podmínkách.* ***Geografická a hydrometeorologická služba AČR*** *bude odpovídat za zabezpečování geografických a hydrometeorologických podkladů a informací, dále za zavádění geografických standardů NATO do AČR, za provádění geografické přípravy velitelů a štábů a za vybudování satelitního datového spojení. Ve struktuře služby budou mobilní jednotky.*

*Rozšíří se spolupráce s Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním a Českým hydrometeorologickým ústavem ve prospěch geografického a hydrometeorologického zabezpečení obrany státu, mírových a humanitních operací i plnění úkolů geografické podpory Aliance.*

*Ke splnění těchto cílů jsou definovány základní rozvojové projekty, které zahrnují rozvoj řídícího informačního systému geografické a hydrometeorologické služby, zavádění a využívání geodetických a geografických standardů NATO, zavedení mobilních souprav a modernizace polygrafického a reprografického zabezpečení."*

Je skutečností, že geografické služba již v podstatě splnila základní úkoly standardizace; některé důležité také ve spolupráci s resortem ČÚZK. Díky dnes již historické spolupráci obou služeb a jejím výsledkům to bylo především v oblasti výstavby a modernizace geodetických základů. Výsledky této spolupráce umožnily ve velmi krátké době definici koaličního geocentrického systému WGS84 (World Geodetic System) a průběžné zavádění jeho nových zpřesňovaných versí.

Velký význam mají dnes i v perspektivě specifické přínosy jednotlivých národních geografických služeb. Takové přínosy mají své kořeny nejenom v tradici, ale také ve schopnosti pohotově absorbovat nové teoretické poznatky a tvůrčím způsobem je dále rozvíjet a technologicky aplikovat. Tento přístup je pro nás, pro obě služby, trvalou výzvou současnosti – abychom využívali to nejlepší z tradic české geodézie a kartografie v podmínkách nových vědeckých poznatků a moderních technologií. Předpokladem je ovšem vysoká profesionalita a vzdělání našich lidí, pracovitost spojená s intuicí a průběžné informační zabezpečení.

Podle výsledků posledních jednání představitelů obou služeb (rok 2002) je navrhována součinnost ve čtyřech oblastech:

1. Společný sběr geografických informací pro aktualizaci ZABAGED (Základní báze geografických dat) a DMÚ (digitální model území), případně pro tvorbu mapových děl.
2. Aktualizace ZABAGED a DMÚ, včetně organizace a uplatnění jednotného režimu leteckého měřického snímkování, archivace leteckých snímků a tvorby ortofotomap, vedení DMR (digitální model reliéfu terénu).
3. Tvorba státních mapových děl v kontextu budoucí podoby vojenských mapových děl a ostatních mapových děl celostátního charakteru.
4. Spolupráce při modernizaci a zpřesňování prostorového referenčního rámce na území ČR a plnění speciálních geodetických úloh společného zájmu.
5. Oboustranným zájmem je koordinovat vědeckou a rozvojovou činnost obou organizací.

Tato součinnost je garantována společně přijatými zásadami a z nich vyplývajícími ustanoveními.

## 3. Spolupráce v geodézii

Po dokončení převodu souřadnic polohových geodetických základů ze systému S-JTSK do S-52 byly vydány katalogy souřadnic a zahájeno celostátní topografické mapování v měřítku 1:25 000. Společnými silami obou služeb proběhla po roce 1960 celostátní revize a údržba všech stabilizovaných bodů 1. až 4. řádu polohových geodetických základů. Po prvním souborném vyrovnání, definování systému S-42 pak byly ve spolupráci s tehdejší Ústřední správou geodézie a kartografie vydány nové, tzv. „bílé", katalogy souřadnic trigonometrických bodů, již v tomto systému. V průběhu 60. let se skupina VTOPÚ (Vojenský topografický ústav) také podílela na relativním tíhovém měření v projektované gravimetrické síti při výstavbě tíhových geodetických základů. Obě služby se podílely na zaměření čs. úseku základny kosmické triangulace.

Pro druhé, souborné vyrovnání tehdejší Jednotné astronomicko-geodetické sítě proběhla úspěšná spolupráce při spojení triangulací se sousedními státy, přípravě a kontrole vstupních dat a při výpočtech převýšení kvazigeoidu, který byl projektivně využit také při definování systému S-42 a později i S-42/83 (Burša, (Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický – VÚGTK)). Pro výpočet dalších versí, již na počítači, poskytl VTOPÚ data – tíhová a jim příslušející digitální model terénu. U VÚGTK a Stavební fakulty (SvF) ČVUT, katedry vyšší geodézie, byl později vytvořen soft-

*) Koncepce obsahuje analýzu současného stavu ozbrojených sil ČR z hledisek vývoje bezpečnostního prostředí, vojensko-politických ambicí ČR, požadovaných schopností OS, možností doplňování personálem a využívání finančních a věcných zdrojů.

ware a vypočtena řada modelů kvazigeoidu – astronomicko-geodetický, gravimetrický a kombinovaný.

Vzájemné spolupráci, koordinaci prací napomáhala tehdejší Koordinační rada ČÚGK, SÚGK a FMNO 17 (topografické služby). Společně byly formulovány úkoly pro vývoj a výzkum, příslušníci obou služeb byli vzájemně zastoupeni v poradních a vědeckých orgánech a komisích, včetně oponentních. Vznikaly také společné řešitelské týmy, které dokázaly překonat mnohá omezení, plynoucí z neúměrného rozsahu utajování, stanoveného na základě usnesení tehdejší vlády č. 327/1968.

V paměti některých současníků je dosud velmi úzká spolupráce v kampaních 70. až 80. let podle programů tehdejšího INTERKOSMOS, zahrnující také fotografické observace na Geodetické observatoři Skalka a Polom, u VÚGTK zpracování software pro tzv. *„sdružený bod"* a pro vyrovnání družicové sítě z fotografických pozorování (Kostelecký, VÚGTK). V roce 1984 následovaly dopplerovské kampaně VTOPÚ – VÚGTK a byl uskutečněn pokus o vytvoření první nadřazené družicové sítě nulového řádu. Tehdejší absolventi vysokých škol, kteří sloužili ve VTOPÚ, rádi vzpomínají na období věnované plodné práci, při které vznikaly přátelské vztahy trvající dodnes.

Svůj význam mělo využití výsledků 2. souborného vyrovnání pro analýzu kvality polohových geodetických základů prostřednictvím pracovního systému S-JTS, který byl předán civilní službě v roce 1988. V rámci neformální spolupráce geodetů obou služeb (v tzv. komplexní racionalizační brigádě) vznikl návrh *„Koncepce rozvoje a modernizace geodetických základů."* Tento podnět, vyvolaný nástupem technologií GPS (Global Positioning System), byl jako podklad využit v roce 1990 při zpracování této koncepce již jako oficiální dokument obou resortů.

Počátkem 90. let proběhl koordinovaný nákup prvních geodetických aparatur GPS a společně se slovenskými kolegy byly zahájeny první měřické kampaně – CS-BRD-91, NULRAD-92 a vojenská VGSN-92 pro definování geodetických geocentrických systémů ETRS89 (European Terrestrical Reference System) a WGS84. Pro zhuštění bodového pole NULRAD byla uskutečněna společná měřická kampaň DOPNUL. Polohové geodetické základy ČR pak byly ve spolupráci VTOPÚ, VÚGTK, SvF ČVUT a katedry 234 Vojenské akademie převedeny ze systému S-42/83 do již definovaného geocentrického systému ETRF89 (European Terrestrial Reference Frame).

Krátce nato bylo vydáno nařízení vlády č. 116/1995 Sb., z 19. 4. 1995, kterým byly stanoveny geodetické referenční systémy, státní mapová díla závazná na celém území státu a zásady jejich používání. Nařízení respektuje standardy NATO pro geodézii a kartografii a jednoznačně vymezuje působnosti obou služeb. GeoS AČR proto definovala na území ČR geodetický systém WGS84 a jako kartografické zobrazení je zaváděno UTM (Universal Transverse Mercator).

V rámci mezinárodní spolupráce geografických služeb NATO byl využit existující domácí teoretický potenciál v oblasti fyzikální a dynamické geodézie. Ve spolupráci s pracovníky bývalé Defense Mapping Agency (DMA), nyní National Imagery Mapping Agency (NIMA), proběhlo teoretické řešení a výpočty ve prospěch testování modelů geopotenciálu a definice globálního výškového systému. Byla ustavena Speciální skupina globální geodézie GeoS AČR, proběhly mezinárodní semináře s účastí kolegů z VÚGTK; k práci ve skupině byli přizváni experti ČÚZK. Pro výpočty pak VÚGTK a ZÚ (Zeměměřický úřad) zprostředkoval předání elipsoidických a nadmořských výšek na nivelovaných, GPS zaměřených bodech, jak z území ČR tak i z výsledků kampaně EUVN (European United GPS Vertical Network) 1997. V září 2002 proběhla také pracovní porada pracovníků obou služeb a ČVUT, jejímž výsledkem byl návrh koncepce rozvoje a údržby geodetických základů ČR.

Průběžně byly uzavírány mezi VTOPÚ a VÚGTK dohody o konkrétní spolupráci, které byly každoročně vyhodnocovány a upřesňovány. Např. předmětem takové dohody, uzavřené na léta 2002 až 2005, je vzájemná spolupráce při využití technologie GPS pro budování geodetických základů a v geodynamice, při tvorbě modelů kvazigeoidu na území ČR, respektive okolních států a při realizaci jednotného světového výškového systému. Dále VÚGTK zprostředkuje pro VTOPÚ komparaci geodetické měřicí techniky ve svém metrologickém středisku na Pecném.

VÚGTK poskytoval konzultační pomoc při výstavbě kalibrační základny GeoS AČR v okolí stanice Polom; pracovníci GeoS AČR jsou pravidelně zváni na oponentury výzkumných úkolů ústavu. Nesmírně cenné jsou knihovní a informační služby knihovny VÚGTK, profesionalita a ochota jejích pracovníků je obdivuhodná. Obdobně působení předsedy geodetické sekce Českého národního geodetického a geofyzikálního komitétu Dr. P. Holoty přispívá k orientaci v aktivitách IUGG (International Union of Geodesy and Geophysics) a IAG (International Association of Geodesy). Také společná publikační činnost, zveřejňování příspěvků v periodikách obou složek přispívá k vzájemnému profesionálnímu porozumění a tím ke hlubší spolupráci.

## 4. Spolupráce v mapové tvorbě a v geografické informatice

V letech 1953–57 byla realizována významná spolupráce civilních a vojenských organizací při celostátním topografickém mapování v měřítku 1:25 000, které proběhlo s maximálním využitím letecké fotogrammetrie. Stejnými technologickými postupy a ve spolupráci proběhlo v letech 1957–71 nové topografické mapování v měřítku 1:10 000. Výsledkem bylo původní mapové dílo, pokrývající souvisle celé území státu. Cennou součástí jeho obsahu je zejména výškopis, vyjádřený vrstevnicemi se základním intervalem 2 m, který byl později plně využit civilním resortem při tvorbě Základní mapy 1:10 000 a je v podstatě s dílčí aktualizací výchozím výškopisným podkladem do současnosti.

Vládním usnesením č. 327 vznikly po roce 1968 dvě soustavy topografických map středních a malých měřítek, které nebyly kompatibilní ani geometricky ani v obsahové a formální koncepci (včetně odlišných kladů mapových listů). Situace a její řešení bylo ztěžováno rostoucí produkcí tematických map, informačně spjatých na jedné straně s potřebami národního hospodářství a na druhé straně odlišnými požadavky na navigační charakteristiky, interpretaci terénu a jeho objektů ze strany armády. Topografické mapy měřítek 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000 a 1:1 000 000 byly využívány i civilními organizacemi, ovšem jako tajné. S využitím podkladů topografické mapy 1:50 000 byla zpracována Základní mapa 1:50 000 v Křovákově zobrazení a kladu, ovšem při redukci obsahu a změně značkového klíče; obdobně proběhla transformace map měřítka 1:10 000. Tato odluka vojenské a civilní mapové tvorby byla završena separací jejich tvorby, vydávání a údržby. Přesto spolupráce obou resortů, byť v omezených podmínkách, pokračovala.

Významnou oblastí spolupráce bylo letecké měřické snímkování ve prospěch velkoměřítkového mapování (Technicko-hospodářská mapa, Základní mapa velkého měřítka) včetně

výpočtů analytické aerotriangulace, pořizování kopií a zvětšenin, systémové archivace leteckých měřických snímků, které jsou dnes využívány při digitalizaci katastrálních map. Spolupráce také probíhala při zpracování pozemkových map vojenských újezdů měřítka 1:5 000 a při delimitaci, vyměřování a demarkaci čs. státních hranic.

Se vznikem a rozvojem počítačových a grafických technologií, zaváděním GIS (Geografický informační systém) koncem 70. a v dalších letech vznikaly u obou složek oddělené databáze geografických informací. Na katedře geodézie a kartografie Vojenské akademie v Brně vzniká projekt u nás prvního, prakticky využitelného databázového výškového modelu – *digitální model reliéfu DMR-1.*

Vzhledem k tomu, že po roce 1990 pominul hlavní motiv separace civilní a vojenské mapové produkce – utajování informací, byly zahájeny jednání a studie, které by tento nepříznivý stav překonaly. Již v roce 1992 byla obnovena předválečná tradice vydávání turistických map Klubu českých turistů a leteckých map ICAO. V roce 1994 byla civilním resortem přijata ***Koncepce Základní báze geografických dat*** (ZABAGED), v topografické službě pak ***Vojenský topografický informační systém*** (VTIS) s digitálním modelem území měřítka 1:200 000 a 1:25 000 (DMÚ 200 a DMÚ 25) a byly zahájeny práce na *Vojenském geografickém informačním systému* (VGIS) *a Vojenském geodetickém a geofyzikálním informačním systému* (VGGFIS).

Pro zajištění zájmů vojenské složky v oblasti ochrany utajovaných skutečností byly v roce 2001 vydány *Směrnice náčelníka geografické služby AČR pro veřejné užití státních mapových děl, vydávaných v působnosti ministerstva obrany ČR.*

Od roku 1996 pracuje mezirezortní řešitelský tým obou služeb, řešící propojení oddělených datových bází při tvorbě civilního a vojenského státního díla s konečným cílem vytvoření jednotného systému sběru mapových, topografických informací. Tento úkol je stále aktuální, jak z praktických a standardizačních hledisek, tak i vzhledem k již probíhající 5. obnově vojenských topografických map. Vzhledem k náročnosti a komplexnosti jeho realizace jsou do aktivní účasti zapojovány (stejně jako u zahraničních partnerů) komerční konzultační firmy. Po realizaci této koncepce, která postihuje regionální (civilní) a globální (vojenské) zájmy budou oba gestoři společně zajišťovat integritu a konzistenci celého systému pro kontinuální geografické informační zabezpečení obou zájmových oblastí. K praktickému řešení této problematiky standardizace topografických informací a tvorby společných, neduplicitních databází byla v roce 1998 ustavena společná komise ČÚZK a tehdejší TS AČR. V roce 1999 byla vytvořena společná komise ke standardizaci topografických informací a v lokalitě Plzeň proběhnul společný experiment pro ověřování kompatibility klasifikace objektů při sběru terénních informací podle *Jednotného systému sběru dat.*

V roce 2001 byl projednán a připomínkován projekt ***Národní geoinformační infrastruktura,*** zpracovaný v ČÚZK v rámci *Projektů informačních systémů státní správy a samosprávy* Akčního plánu realizace státní informační politiky.

## 5. Závěr

Nejbližšími úkoly obou služeb a společné komise je
- zpracování návrhu nařízení vlády pro koordinaci a správu obsahu státních mapových děl s uvažováním důsledků reformy AČR na kapacitní možnosti GeoS AČR a s ohledem na její novodobé úkoly v rámci NATO, jako je např. tvorba mapových a geografických produktů ze zahraničních území, obslužná činnost pro štáby aj.,
- dosáhnout další prohloubení spolupráce a vzájemné nahraditelnosti,
- vzájemná koordinace prací, výměna dat a podkladů, výsledků výzkumné a vývojové činnosti,
- vzájemná technologická podpora – uzpůsobení formátů dat pro jejich výměnu, společnou tvorbu a definice postupů při jejich předávání,
- pokračování ve spolupráci v neduplicitním sběru dat – při tvorbě ortofotomap, doměřování a šetření v terénu, přebírání dat od jiných správců apod.,
- společně a efektivně pokračovat v péči o státní geodetické základy a jejich zkvalitňování.

Významných úspěchů obou služeb bylo vždy dosahováno díky tvůrčí a dělné vzájemné spolupráci. Dlouholeté zkušenosti domácí i zahraniční potvrzují, že včasné řešení zásadních společných problémů proběhne zdárně jen tehdy, jestliže jejich řešení a realizace proběhne na základě a v podmínkách profesionální spolupráce zúčastněných složek – civilní i vojenské.

LITERATURA:

[1] KARAS, Z. aj.: Historie TS AČR 1918–1992. Praha, MO-TS AČR 1993.

[2] RADĚJ, K.: 80 let vojenské topografické služby. GaKO, *44(86)*, 1998, č. 11.

[3] RADĚJ, K.: Vznik Vojenského topografického ústavu (zahájení přechodu od geodetického systému a zobrazení národního typu k mezinárodnímu). Zeměměřič, 2001, č. 4.

[4] Kolektiv: Koncepce modernizace a rozvoje geodetických základů ČSFR. Praha–Bratislava 1990.

[5] KARSKÝ, G.–NOVÁK, P.: Předběžné zpracování GPS sítě nultého řádu, varianta 1. [Dílčí úkol 4-01.60. Základní výzkum v oblasti geodézie a geodynamiky.] Zdiby, VÚGTK 1992.

[6] ČÚZK: Jednotné základní státní mapové dílo České republiky. Hlavní charakteristiky. Praha, ČÚZK 1996.

[7] KARAS, Z.–KUČERA, F.: Vědeckotechnický a technologický rozvoj v osmdesátileté historii topografické služby. Vojenský topografický obzor, 1999.

[8] ČÚZK: Koncepce 2. etapy vývoje Základní báze geografických dat (ZABAGED), návrh. Praha, ČÚZK 1998.

[9] Kolektiv: Souborná zpráva o přechodu od klasického ke geocentrickému geodetickému systému na území ČR. Praha, ČÚZK – MO ČR – ČVUT 1998.

[10] Kolektiv: Návrh koncepce rozvoje a údržby geodetických základů ČR. [Závěry z porady.]

[11] RADĚJ, K.–DUŠÁTKO, D.: Spolupráce civilních a vojenských zeměměřických institucí. Vojenský topografický obzor, 1999.

[12] ZEMĚMĚŘICKÝ ÚŘAD: Budoucí součinnost Českého úřadu zeměměřického a katastrálního s Hlavním úřadem vojenské geografie. [Pracovní poklad.] Praha, Zeměměřický úřad 2002.

[13] Kolektiv: Permanentní GPS stanice na observatoři Polom. [Konkretizovaný návrh spolupráce VÚGTK a VTOPÚ Dobruška na vybudování a provozu, verze 0.0 – podklad pro detailní diskusi; příloha – EUREF Permanent Network – Organisation-Guinelines.] Zdiby, VÚGTK 2002.

Do redakce došlo 24. 1. 2003

# Numerická stabilita vyrovnání měření GPS v reálném čase

**Prof. Dr. Ing. Leoš Mervart, Ph.D., DrSc.,**
**Ing. Zdeněk Lukeš,**
**katedra vyšší geodézie FSv ČVUT v Praze**

528.1:528.344:629.783 GPS

*Abstrakt*

*Článek se zabývá problémem numerické stability Kalmanova filtru při zpracování fázových měření GPS v reálném čase. Autoři uvádějí alternativní, numerický stabilnější algoritmus – square-root filtr. Součástí článku je příklad vyrovnání měření GPS programem rtnet, který je určen pro vysoce přesné zpracování měření GPS v reálném čase.*

***Numerical Stability of Real-Time GPS Measurement***

*Summary*

*The paper deals with numerical stability problem of Kalmán filter applied to real-time GPS phase measurement. Authors present a numerically more stable algorithm – the square-root filter. As a part of this paper adjusting of GPS measurement by rtnet programme is given – oriented to processing of GPS measurement in real-time of high precision.*

## 1. Úvod

Užití globálního polohového systému (GPS) pro určení polohy bodu s vysokou (řádově milimetrovou) přesností lze v dnešní době již považovat za standardní geodetickou metodu. Obvyklý postup sestává ze sběru měřených dat a následného zpracování měření jedním z mnoha existujících výpočetních programů. V anglické literatuře je tento způsob zpracování označován jako postprocessing. V posledních letech však vzrůstá počet aplikací, které vyžadují určení polohy bodu s nejvyšší možnou přesností a zároveň velmi krátkým časovým odstupem od okamžiku měření. V případě, že lze akceptovat časový odstup desítek minut až hodin, lze pro zpracování měření použít stejných algoritmů jako pro postprocessing – tedy klasického vyrovnání metodou nejmenších čtverců, případně sekvenčního vyrovnání. V případě, kdy jsou výsledky požadovány s minimálním časovým odstupem několika sekund nebo jen zlomků sekundy (hovoříme o zpracování v tzv. reálném čase), je nezbytné použít některé z filtračních metod vyrovnání. Nejznámějším a nejčastěji používaným algoritmem je tzv. Kalmanův filtr (viz např. [2]). Kalmanův filtr pracuje spolehlivě při vyrovnání kódových měření GPS v navigačních aplikacích, kdy je požadována nižší (řádově metrová) přesnost. Při zpracování mnohem přesnějších fázových měření GPS trpí tento algoritmus paradoxně výraznou numerickou nestabilitou. V následujícím článku se pokusíme objasnit příčiny těchto numerických problémů a popíšeme takovou modifikaci Kalmanova filtru, která výše zmíněnou numerickou nestabilitu odstraňuje.

## 2. Klasická formulace Kalmanova filtru

Kalmanův filtr je založen na tzv. predikci a následném zpřesnění určovaných parametrů. Tyto dva kroky lze v nejjednodušším případě zapsat rovnicemi

$$\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1 = \mathbf{v}_x, \tag{1a}$$

$$\mathbf{A}_2\mathbf{x}_2 - \ell_2 = \mathbf{v}, \tag{1b}$$

kde $\mathbf{x}$ je vektor určovaných neznámých parametrů (v terminologii Kalmanova filtru tzv. stavový vektor), $\ell$ vektor redukovaných měření, $\mathbf{v}_x$ , $\mathbf{v}$ jsou vektory oprav a $\mathbf{A}$ je matice plánu. Index $_1$ znamená, že se příslušná veličina vztahuje k okamžiku před provedením zpřesnění, indexem $_2$ jsou označeny veličiny vztahující se k právě zpracovávané epoše měření. Jinými slovy chceme vypočítat vyrovnané hodnoty parametrů $\mathbf{x}_2$ v případě, že je dána

$\mathbf{x}_1$ ... predikce stavového vektoru,
$\mathbf{Q}_1$ ... příslušná kovarianční matice,
$\ell$ ... vektor redukovaných měření,
$\mathbf{Q}_\ell$ ... kovarianční matice těchto měření.

Kalmanův filtr dává výsledek

$$\mathbf{x}_2 = \mathbf{x}_1 + \mathbf{K}\,(\ell_2 - \mathbf{A}_2\mathbf{x}_1). \tag{2}$$

$\mathbf{K}$ je řetězcová matice, která je dána výrazem

$$\mathbf{K} = \mathbf{Q}_1\mathbf{A}_2^T\mathbf{H}^{-1}, \quad \text{kde } \mathbf{H} = \mathbf{Q}_\ell + \mathbf{A}_2\mathbf{Q}_1\mathbf{A}_2^T. \tag{3}$$

Zpravidla nás rovněž zajímá kovarianční matice neznámých parametrů po provedení zpřesnění:

$$\mathbf{Q}_2 = \mathbf{Q}_1 - \mathbf{K}\mathbf{A}_2\mathbf{Q}_1. \tag{4}$$

Při výpočtu aposteriorní jednotkové střední chyby můžeme výraz $\Omega = \mathbf{v}^T\mathbf{Q}^{-1}\,\mathbf{v}$ počítat rekurentně z relace

$$\Omega_2 = \Omega_1 + (\ell_2 - \mathbf{A}_2\mathbf{x}_1)^T\,\mathbf{H}^{-1}\,(\ell_2 - \mathbf{A}_2\mathbf{x}_1). \tag{5}$$

Při praktickém použití Kalmanova filtru se setkáváme se dvěma problémy:

– Filtr je rekurentním algoritmem. Před spuštěním této rekurze musíme zvolit počáteční hodnoty stavového vektoru $\mathbf{x}_1$ a příslušné kovarianční matice $\mathbf{Q}_1$. Nesprávná volba výchozích hodnot $\mathbf{x}_1$ spolu s nastavením příliš malých variancí na hlavní diagonále matice $\mathbf{Q}_1$ může způsobit, že filtrační proces nekonverguje ke správným výsledkům.

– Kalmanův filtr vykazuje numerickou nestabilitu v případě, že zpracovávaná měření $\ell_2$ jsou vysoce přesná. Důvod tohoto zdánlivě zcela paradoxního chování vyplývá z rovnic (4) a (3). Přesná měření jsou charakterizována malými hodnotami na hlavní diagonále matice $\mathbf{Q}_\ell$ a v průběhu filtračního procesu vedou k rychlému poklesu variancí stavového vektoru. Při výpočtu matice $\mathbf{Q}_2$ (především její hlavní diagonály) pak dochází ke známé nebezpečné situaci, kdy je menší hodnota počítána jako rozdíl dvou větších čísel. Vlivem chyb ze zaokrouhlování se mohou na hlavní diagonále matice $\mathbf{Q}_2$ objevit dokonce i záporné hodnoty.

## 3. Bayesův filtr

Jak jsme uvedli, prvním z problémů při aplikaci Kalmanova filtru je inicializace rekurentního procesu, která vyžaduje jak znalost přibližných hodnot určovaných neznámých tvořících stavový vektor $\mathbf{x}_1$, tak i znalost příslušné kovarianční matice $\mathbf{Q}_1$. Problém volby počátečních hodnot $\mathbf{x}_1$ je obdobou volby apriorních (přibližných) hodnot neznámých parametrů u klasické metody nejmenších čtverců. Tomuto problému se žádnou úpravou filtračního algoritmu nelze vyhnout. Je cenou za linearizaci úlohy. Při volbě $\mathbf{Q}_1$ je situace poněkud příznivější: pokud neznáme počáteční hodnoty $\mathbf{x}_1$a korelace mezi nimi s dostatečnou přesností, opatrný přístup k inicializaci filtračního procesu vede k volbě diagonální matice $\mathbf{Q}_1$ s velkými hodnotami variancí. Při numerickém výpočtu řetězcové matice $\mathbf{K}$ podle rovnice (3) však v takovém případě hrozí problémy z důvodu hromadění chyb ze zaokrouhlování. Řešením je formulace filtračního algoritmu ve tvaru

$$\mathbf{Q}_2^{-1} = \mathbf{Q}_2^{-1}\,\mathbf{A}_2^T\,\mathbf{Q}_\ell^{-1}\mathbf{A}_2, \tag{6a}$$

$$\mathbf{Q}_2^{-1}\mathbf{x}_2 = \mathbf{Q}_1^{-1}\mathbf{x}_1 - \mathbf{A}_2^T\,\mathbf{Q}_\ell^{-1}\ell_2. \tag{6b}$$

V literatuře (např. [5]) je tento algoritmus znám pod názvem *Bayes filter* nebo také *information filter* podle toho, že inverze kovariační matice $\mathbf{Q}_i^{-1}$ se v anglické literatuře nazývá *information matrix*. Srovnáme-li však rovnice (6) s rovnicemi sekvenčního vyrovnání (viz např. [2]), je vidět, že v principu nejde o nic jiného než o Helmertovu metodu superpozice normálních rovnic.

Výhodou Bayesova filtru je možnost vyjít při incializaci filtračního procesu z matice $\mathbf{Q}_1^{-1}$ se všemi prvky rovnými nule. Přesto je však při praktických aplikacích často dávána přednost Kalmanovu filtru. Důvodem je skutečnost, že pracujeme-li s kovarianční maticí $\mathbf{Q}_1$ (a nikoliv s její inverzí jako u Bayesova filtru), je technicky mnohem snazší měnit počet neznámých parametrů tvořících stavový vektor $\mathbf{x}_1$ mezi jednotlivými epochami měření. Chceme-li některé parametry z vyrovnání vypustit, ponecháme z matice $\mathbf{Q}_1$ jen tu část, která přísluší ke zbývajícím neznámým. Naopak, rozhodneme-li se stavový vektor doplnit o nové neznámé, matici $\mathbf{Q}_1$ jednoduše odpovídajícím způsobem rozšíříme. V případě zpracování fázových měření GPS jsou změny v počtu neznámých parametrů tvořících stavový vektor $\mathbf{x}_1$ dány např. jen tím, že se mění počet neznámých ambiguit (viz např. [1]) a lze tedy konstatovat, že pro aplikace pracující v reálném čase je použití Kalmanova filtru výhodnější než použití filtru Bayesova. Velkou výhodou Kalmanova filtru je v takovém případě i zpravidla menší rozměr matic, jejichž inverze je prováděna pro každou epochu měření.

## 4. Square-root filtr

V části pojednávající o klasické formulaci Kalmanova filtru jsme se zmínili o problému numerické stability řešení v případě zpracování přesných fázových měření GPS. Problém lze do značné míry odstranit použitím algoritmu, který se v literatuře (např. [5]) označuje jako *square-root filter*. Název souvisí s tím, že algoritmus pracuje s „odmocninami" matic $\mathbf{Q}_i$ (pojem „odmocnina matice" však není v české literatuře příliš používán), které jsou definovány pomocí tzv. *Choleskyho rozkladu* – viz např. [4]. Pro každou symetrickou matici $\mathbf{B}$, která je pozitivně definitní, tj. platí

$$\forall\, \mathbf{b} \neq \mathbf{o}: \quad \mathbf{b}^T\mathbf{B}\mathbf{b} > 0, \tag{7}$$

existuje taková dolní trojúhelníková matice $\mathbf{L}$, pro kterou platí

$$\mathbf{L}\mathbf{L}^T = \mathbf{B}. \tag{8}$$

Matici $\mathbf{L}$ budeme stručně nazývat odmocninou matice $\mathbf{B}$. Každá kovarianční matice $\mathbf{Q}$ je pozitivně semidefinitní – v rovnici (7) platí $\mathbf{b}^T\mathbf{Q}\mathbf{b} \geq 0$ namísto ostré nerovnosti. Jednoduchý důkaz této skutečnosti je uveden např. v [3]. S jistou opatrností můžeme proto předpokládat, že pro každou kovarianční matici dokážeme vypočítat její odmocninu. Zaveďme následující označení:

$$\mathbf{Q}_1 = \mathbf{S}_1^T\mathbf{S}_1, \quad \mathbf{Q}_2 = \mathbf{S}_2^T\mathbf{S}_2, \quad \mathbf{Q}_\ell = \mathbf{S}_\ell^T\mathbf{S}_\ell, \quad \mathbf{H} = \mathbf{S}_h^T\mathbf{S}_h. \tag{9}$$

Matice $\mathbf{S}$ definované rovnicemi (9) jsou tedy dolními trojúhelníkovými maticemi. Vlastní algoritmus square.root filtru je založen na QR-rozkladu (viz např. [4]):

$$\mathbf{C} = \mathbf{G}\mathbf{R}, \tag{10}$$

kde matice $\mathbf{R}$ je horní trojúhelníková matice a matice $\mathbf{G}$ je ortogonální, tj. platí

$$\mathbf{G}^T\mathbf{G} = \mathbf{I}. \tag{11}$$

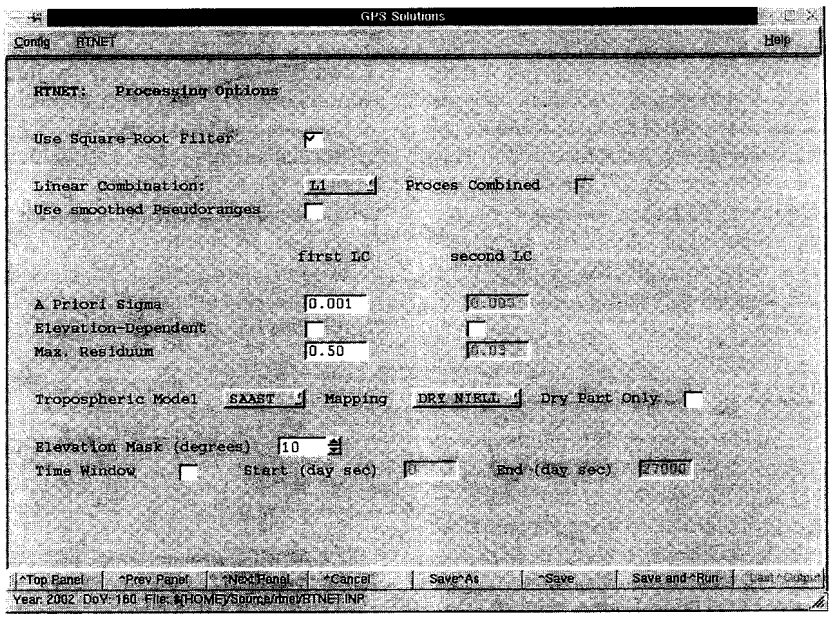
Ortogonální matice $\mathbf{G}$ z rovnice (10) se v literatuře zpravidla označuje písmenem $\mathbf{Q}$ (odtud termín QR-rozklad). V našem článku je však symbol $\mathbf{Q}$ vyhrazen pro kovarianční matice. Sestavme nyní dolní trojúhelníkovou matici ze submatic $\mathbf{S}_\ell$, $\mathbf{S}_1$, $\mathbf{S}_1$, $\mathbf{A}_2^T$ a zapišme symbolicky, jak by vypadal její QR-rozklad:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{S}_\ell & \mathbf{0} \\ \mathbf{S}_1\mathbf{A}_2^T & \mathbf{S}_1 \end{pmatrix} = \mathbf{G}\begin{pmatrix} \mathbf{X} & \mathbf{Y} \\ \mathbf{0} & \mathbf{Z} \end{pmatrix}. \tag{12}$$

Vynásobíme-li nyní obě strany rovnice (12) jejich transpozicemi a srovnáme-li příslušné submatice na obou stranách vzniklé rovnice, dojdeme k výsledku

$$\mathbf{S}_h = \mathbf{X}, \quad \mathbf{S}_2 = \mathbf{Z}, \quad \mathbf{K} = \mathbf{Y}^T\,(\mathbf{S}_h^T)^{-1}. \tag{13}$$

Tento výsledek znamená, že rovnice (12) spolu s (9) plně nahrazuje rovnice Kalmanova filtru (3) a (4). Ve výše citované knize [5] je možnost použití square-root filtru namísto klasického Kalmanova filtru zmíněna, její autoři však jeho použití příliš důrazně nedoporučují. Argumentují tím, že square-root filter je složitější a proto pomalejší než Kalmanův filtr. Zkušenosti autorů tohoto článku při vývoji programů pro zpracování měření GPS v reálném čase však ukazují, že použití square-root filtru je nezbytné při zpracování velmi přes-




*Obr. 1 Menu systém programu rtnet*

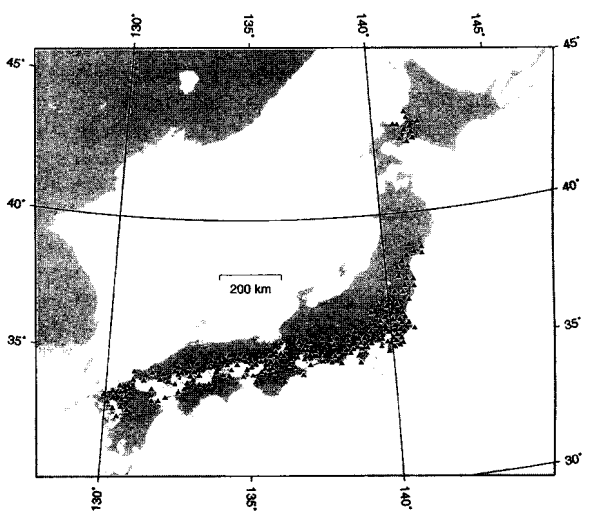
ných aplikací. Větší nároky square-root filtru na rychlost procesoru provádějícího výpočet jsou citelnou nevýhodou. Tato jediná nevýhoda square-root filtru oproti klasickému Kalmanovu filtru je však bohatě kompenzována podstatně vyšší numerickou stabilitou, jak ukážeme v další části tohoto článku.

## 5. Program rtnet

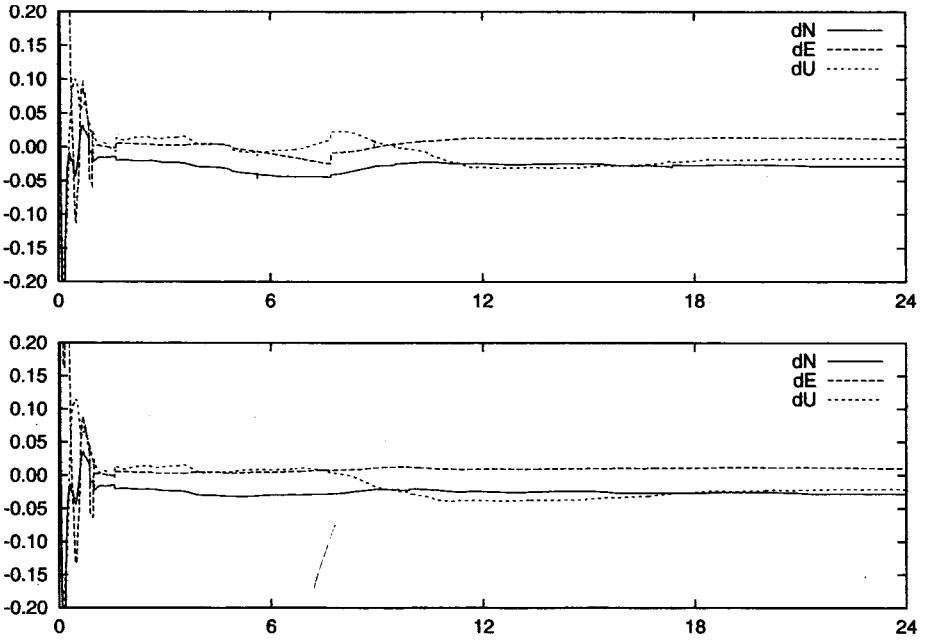
Vývoj software rtnet (Real-Time NETwork) je jedním z projektů, jimiž se autoři tohoto článku zabývají na katedře vyšší geodézie Fakulty stavební ČVUT. Program rtnet je určen ke zpracování měření GPS s nejvyšší dosažitelnou přesností a může sloužit např. ke sledování deformací nebo výpočtům WADGPS (Wide Area Differential GPS) korekcí a parametrů ionosférických modelů v reálném čase. Program je schopen zpracovávat kódová i fázová měření ze sítě přijímačů GPS. Rozsah sítě a počet určovaných parametrů jsou limitovány pouze kapacitou operační paměti a rychlostí procesoru použitého počítače. Rtnet poskytuje možnost pracovat s různými lineárními kombinacemi měření, určovat různé typy neznámých parametrů (mezi jinými např. souřadnice stanic a parametry atmosféry) a obsahuje i modul pro řešení ambiguit v reálném čase. Program je vytvářen v jazyce C++ a jedním z jeho rysů je důsledné uplatnění zásad objektově orientovaného programování, které má zaručit snadnou rozšiřitelnost a flexibilitu celé aplikace. Vlastní vyrovnání měření je založeno buď na Kalmanově filtru nebo na aplikaci square-root filtru. Na obr. 1 je jeden z panelů menu, jehož prostřednictvím uživatel nastavuje vstupní parametry programu rtnet. Z obr. 1 je vidět, že jeden ze vstupních parametrů programu rtnet určuje, zda bude pro vyrovnání použit square-root filtr nebo klasický Kalmanův filtr. V další části tohoto článku porovnáme chování obou algoritmů při zpracování fázových měření GPS.

## 6. Numerický test

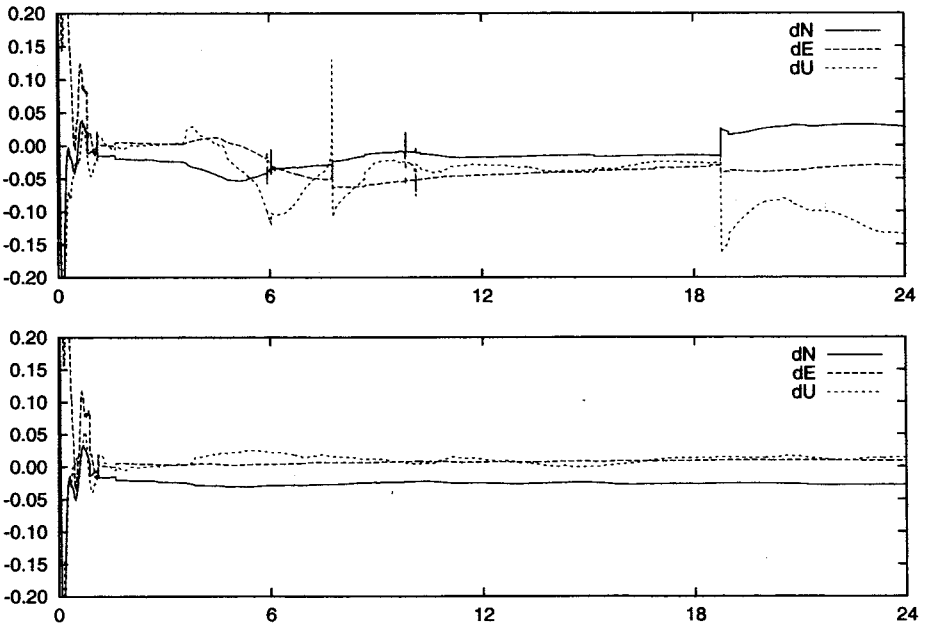
Pro porovnání Kalmanova a square-root filtru jsme použili měření dvou stanic ze sítě provozované japonskou geodetic-




*Obr. 2 Japonská síť permanentních stanic GPS*




*Obr. 3 L1 řešení základny 93023 – 93016*




*Obr. 4 L1 řešení základny 93023 – 93016 s určovanou troposférickou refrakcí*

kou službou. Japonsko disponuje světově ojedinělou sítí stanic GPS, jejichž hlavním účelem je monitorování tektonických pohybů. Základem stále se rozvíjející japonské sítě je přibližně 200 permanentních stanic. Síť je znázorněna na obr. 2. V současné době jsou měření ze sítě zpracovávána pouze v režimu post-processing s použitím různých softwareových systémů (mj. např. Bernského GPS software). Jedním z cílů projektů rtnet je získat výsledky se srovnatelnou přesností v reálném čase.

Obr. 3 ukazuje výsledek zpracování základny mezi stanicemi 93023 a 93016. Základna má délku 14 km. Bylo použito celkem 24 hodin měření ze dne 9. června 2002 (MJD 52434). Zpracování bylo provedeno na nosné vlně L1 a jako neznámé parametry byly určovány souřadnice stanice 93016, opravy hodin a ambiguity (vyřešené dvojitě diferencované ambiguity byly fixovány). V horní části obr. 3 jsou zobrazeny rozdíly mezi apriorní a výslednou polohou bodu 93016 (složky ve směru severním *dN*, východním *dE* a vertikálním *dU*). Tyto výsledky byly získány s použitím klasického Kalmanova filtru. V dolní části obrázku následuje výsledek square-root filtru. Při srovnání obou výsledků je vidět, že klasický Kalmanův filtr vykazuje malý skok výsledných souřadnic přibližně v 8 hodin. Bez porovnání s výsledkem square-root filtru by však takovýto malý skok nemusel být správně interpretován jako numerický problém, ale jako např. špatně vyřešená ambiguita.

Zcela jiná situace nastane, opakujeme-li zpracování výše uvedené základny v naprosto stejných podmínkách s jediným rozdílem: k určovaným neznámým přidáme parametr vystihující troposférickou refrakci na stanici 93016 (společné vyrovnání souřadnic a parametrů troposféry by mělo zlepšit především výškovou složku výsledné polohy stanice). Rozdíl mezi chováním Kalmanova a square-root filtru je zachycen na obr. 4.

## 7. Závěr

Problematika numerické stability Kalmanova filtru je složitá a z jediného příkladu uvedeného v tomto článku nelze činit zcela obecné závěry. Příklad na obr. 4 však jasně ukazuje, že nebezpečí numerické nestability filtru je velmi reálné. Použití square-root filtru je jednou z cest, jak toto nebezpečí snížit. Je na autorech a uživatelích programů pro zpracování měření GPS, aby posoudili, zda rychlejší a jednodušší Kalmanův filtr pro danou aplikaci postačí. Program rtnet umožňuje jednoduše porovnat výsledky obou algoritmů a může tak být užitečným nástrojem při studiu tohoto numerického problému.

*Článek byl napsán s podporou výzkumného záměru č. 210000007.*

LITERATURA:

[1] MERVART, L.: Problém řešení ambiguit. *Geodetický a kartografický obzor,* 39 (81), 1993, č. 4, s. 70–73.
[2] MERVART, L.: Sekvenční vyrovnání, kolokace, Kalmanův filtr. *Geodetický a kartografický obzor,* 40 (82), 1994, č. 8, s. 155–157.
[3] MERVART, L.: Nejlepší lineární odhad a metoda nejmenších čtverců. *Geodetický a kartografický obzor,* 44 (86), 1998, č. 3.
[4] PRESS, W. H.–TEUKOLSKY, S. A.–VETTERLING, W. T.–FLANNERY, B. P.: *Numerical Recipes in C.* Cambridge University Press 1992.
[5] STRANG, G.–BORRE, K.: *Linear Algebra, Geodesy, and GPS.* Wellesley, Cambridge Press 1997.

Do redakce došlo: 14. 10. 2002

**Lektoroval:**
**Ing. Jan Douša, Ph.D.,**
**VÚGTK Zdiby**

# Určení dráhových elementů družice MIMOSA přístrojem GPS umístěným na její palubě

**Prof. Ing. Josef Kabeláč, CSc.,**
**Západočeská univerzita v Plzni**

528.344:629.783 GPS

*Abstrakt*

*Stručná historie zjišťování dráhových elementů. Sestavení výchozí zprostředkující rovnice a její linearizace. Zavedeny poruchy z gravitačních vlivů Země, Měsíce a Slunce a přímého záření Země. Numerická integrace. Výpočet absolutních členů. Číselná aplikace byla uskutečněna na příkladě fiktivních dat. Skutečné / vnější chyby souřadnic byly v mm a střední / vnitřní chyby 0,2 mm v souřadnicích a 0,00005 mm/s ve složkách rychlosti.*

***Determination of Orbital Parameters of MIMOSA Satellite by GPS Placed on its Board***

*Summary*

*Short history of orbital element detemination. Deriving initial indirect equation and its linearization. Orbital perturbations due to gravitation caused by the Earth, Moon and Sun and by direct radiation of the Earth. Numerical integration. Calculation of absolute terms. Numerical application was performed on an example of fictive data. Real/exterior coordinate errors reached some milllimetres and mean/interior errors 0,2 mm in coordinates and 0,00005 mm/s in velocity componets.*

## 1. Úvod

Dráhovými elementy rozumíme šest veličin (parametrů), které určují polohu družice a složky její rychlosti v určitém čase-epoše, bližší viz [12]. V ideálním případě, kdy nepůsobí žádné poruchy na těleso sluneční soustavy, zde družici, jsou dráhové elementy konstantní. Tento případ však – aspoň v rozsahu sluneční soustavy – neexistuje, neboť i dráhové elementy jsou s časem proměnné. Úloha „Určení dráhových elementů" spadá do „Určení drah" a je také tak nazývána.

Šestic dráhových elementů je celá řada. Klasické elementy jsou nazývány Keplerovy elementy, které však mohou být nahrazeny adekvátními veličinami rovněž v počtu šesti. Odstraňují se jimi např. singularita při sklonu $i = 0°$ a $180°$ a výstřednosti $e = 0$. Bližší viz rovněž v [12]. V současnosti se v družicové geodézii nejčastěji užívají – v důsledku vysoce výkonných počítačů – tzv. pravoúhlé elementy $x_0$, $y_0$, $z_0$, $\dot{x}_0$, $\dot{y}_0$, $\dot{z}_0$ vztažené k určitému času $T_0$ epochy. Typy těchto elementů zde budeme používat.

Určování drah těles sluneční soustavy prošlo svým vývojem. Tak příkladně ještě v době Keplerově byly komety považovány za tělesa pohybující se v atmosféře Země. Po vzniku Keplerových zákonů a odhalení pohybových zákonů Newtonem, včetně famózního Newtonova gravitačního zákona, dostala tato disciplína vědecký charakter, který vyústil pracemi Lagrangeovými [10] a především Gaussovými [6]. Gauss vděčí za svou prioritu důkladnosti propracování této disciplíny včetně připravenosti pro praktická pozorování a vyhodnocovací výpočty. Po stránce autorství však patří metoda zjišťování dráhových elementů především Lagrangeovi [15].

Problematiku určování drah je možno dělit do dvou podoborů:

A. Počet měření je nutný, tj. šest,

B. Počet měření je nadbytečný, tj. větší než šest.

Měřením rozumíme určení topocentrické rektascenzce $\alpha_i$ a deklinace $\delta_i$ v určitém čase $T_i$. Podobor B. nepředstavuje nic jiného, než sestavení zprostředkujících rovnic oprav a vyrovnání. Podobor A. představuje prostorové řešení, tj. prvotní určení dráhových elementů, jsou-li naměřeny jisté zprostředkující veličiny. Při určování drah jimi byly nejčastěji zmíněná rektascenze a deklinace (vždy po třech) a u družic šest topocentrických vzdáleností, případně jiné veličiny. Podobor A. je možno řešit i pomocí teorií podoboru B., tj. linearizací zprostředkujících rovnic.

V tomto pojetí jsou sepsány již zcela moderní svazky od autorů Stracke [14], Dubjago [3], Subbotin [15] a mnohých dalších.

U nás se určováním dráhových elementů zabýval doc. Nechvíle a prof. Heinrich, kteří přednášeli tento předmět na Univerzitě Karlově, prof. E. Buchar, který použil vlastního způsobu při řešení poruch jím objevené planetky Tynka a další.

Ze zcela nejnovějších učebnic pro určování dráhových elementů těles sluneční soustavy, včetně široké škály souvisejících problémů, uvádíme autory Escobal [4], Meeus [11], Boulet [2] aj., u nás Andrle [1].

## 2. K našemu problému

Práce zde předložená úzce navazuje na práci [8]. Na rozdíl od ní nejsou zprostředkujícími veličinami naměřené vzdálenosti stanice–družice–stanice v určitém čase, ale přímo souřadnice $x_i$, $y_i$, $z_i$ a složky rychlosti $\dot{x}_i$, $\dot{y}_i$, $\dot{z}_i$ družice v čase $T_i$, zjištěné aparaturou GPS, která je umístěna na palubě družice. Touto družicí bude česká družice MIMOSA [13], která má být vypuštěna asi během jednoho roku.

Za dráhové elementy zvolíme souřadnice $x_0$, $y_0$, $z_0$ a jejich změny $\dot{x}_0$, $\dot{y}_0$, $\dot{z}_0$ vztažené k času $T_0$ epochy. A tyto elementy budou také předmětem vylepšení MNČ (metodou nejmenších čtverců). Půjde tedy o vyrovnání MNČ. Navíc bude řeč o numerické integraci (NI), sestavení zprostředkujících linearizovaných rovnic oprav, absolutních členech a o potřebných derivacích. Zmínka bude o poruchách od Země, Měsíce a Slunce, vlivu atmosféry, přímého záření Slunce a difúzního záření Země. O poruchách jako takových pojednáno nebude.

## 3. Měřené a zprostředkující veličiny

Měřenými veličinami jsou ve všech případech souřadnice $x_i$, $y_i$, $z_i$ [m] a eventuelně i složky rychlosti $\dot{x}_i$, $\dot{y}_i$, $\dot{z}_i$ [m/s] družice pro libovolný čas $T_i$. Index $i = 1,2, \ldots, n$, kde $n$ je počet všech měření. Tyto veličiny budeme považovat za zprostředkující. Linearizované rovnice oprav pak jsou

$$\begin{aligned} \Delta x_i + x_{ci} - x_{oi} &= v_{xi} & \Delta \dot{x}_i + \dot{x}_{ci} - \dot{x}_{oi} &= v_{\dot{x}i}, \\ \Delta y_i + y_{ci} - y_{oi} &= v_{yi} & \Delta \dot{y}_i + \dot{y}_{ci} - \dot{y}_{oi} &= v_{\dot{y}i}, \\ \Delta z_i + z_{ci} - z_{oi} &= v_{zi} & \Delta \dot{z}_i + \dot{z}_{ci} - \dot{z}_{oi} &= v_{\dot{z}i}, \end{aligned} \qquad (3.1)$$

kde index $o$ představuje veličiny měřené, index $c$ veličiny vypočtené z přibližně známých porušených souřadnic družice v čase $T_i$ a symboly opatřené $\Delta$ jsou totální diferenciály veličin $x_{ci}, \ldots, \dot{z}_{ci}$. Náhodné opravy na pravých stranách (3.1) jsou přisouzeny přímo měřeným veličinám. Soustavy rovnic (3.1) se řeší společně. Počet rovnic oprav by byl $6 \times n$. Zbývá určit koeficienty neznámých a opravy absolutních členů $x_{ci} - x_{oi}, \ldots, \dot{z}_{ci} - \dot{z}_{oi}$.

## 4. Sestavení linearizovaných zprostředkujících rovnic

### 4.1 Všeobecná část

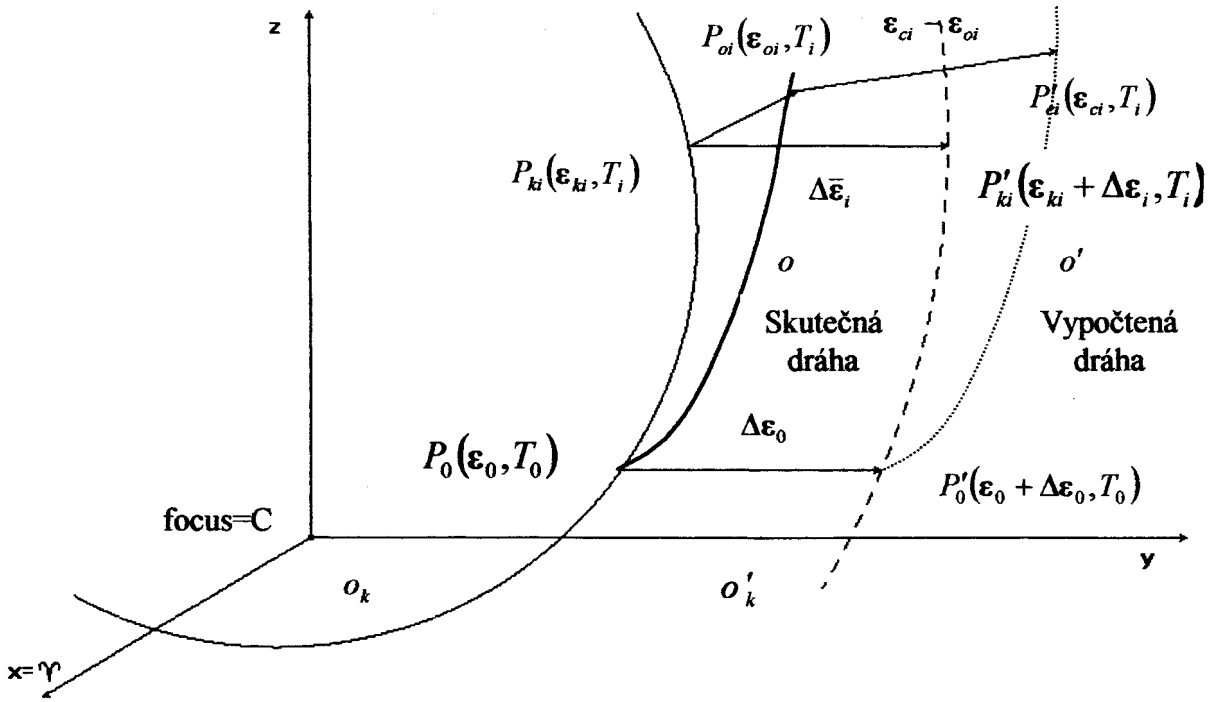
Dříve než sestavíme tyto rovnice, je třeba zapsat základní výchozí rovnice

$$\begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = F_i \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + G_i \begin{pmatrix} \dot{x}_0 \\ \dot{y}_0 \\ \dot{z}_0 \end{pmatrix}, \qquad \begin{pmatrix} \dot{x}_i \\ \dot{y}_i \\ \dot{z}_i \end{pmatrix} = \dot{F}_i \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \dot{G}_i \begin{pmatrix} \dot{x}_0 \\ \dot{y}_0 \\ \dot{z}_0 \end{pmatrix}, \qquad (4.1)$$

kde dané – vstupní elementy $x_0 \ldots \dot{z}_0$ platí pro jistý čas $T_0$ epochy a počítané veličiny $x_i \ldots \dot{z}_i$ pro obecný čas $T_i$[1] měření. Výrazy $F_i, G_i, \dot{F}_i, \dot{G}_i$ převzaté z [15, 7] jsou funkcí jednak vstupních elementů, jednak času $T_i$. Platí pro ně vztahy

$$\begin{aligned} F_i &= 1 - \frac{2a}{r_0} \sin^2 \frac{1}{2} (E_i - E_0), \\ G_i &= \frac{1}{n} [\sin (E_i - E_0) - (E_i - E_0)] + (T_i - T_0), \\ \dot{F}_i &= -\sqrt{\frac{\mu a}{r_i r_0}} \sin (E_i - E_0), \quad \dot{G}_i = 1 + \frac{a}{r_i} [\cos (E_i - E_0) - 1], \end{aligned} \qquad (4.2)$$

1) Časový interval $T_i - T_0$ je zcela libovolný a výpočet není tedy vázán na nejbližší okolí času $T_0$. Uvedené vzorce platí přirozeně jen pro pohyb keplerovský. Uvidíme však později, že je možno jich použít i pro pohyb rušený a opět v libovolném časovém intervalu $T_i - T_0$.




*Obr. 1 Změny pravoúhlých elementů*

kde

$$r_0^2 = x_0^2 + y_0^2 + z_0^2,$$
$$v_0^2 = \dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2 + \dot{z}_0^2, \qquad (4.3)$$
$$r_0\dot{r}_0 = x_0\dot{x}_0 + y_0\dot{y}_0 + z_0\dot{z}_0$$

a dále je

$W = 2\,\mu/r_0 - v_0^2$ pomocná veličina, kde $v_0$ je postupná rychlost,
$\mu = GM$ geocentrická gravitační konstanta,
$a = \mu/W$ hlavní poloosa,
$n = W^{3/2}/\mu$ střední úhlový pohyb družice, (4.4)
$e \cos E_0 = 1 - r_0 / a$, e číselná výstřednost,
$e \sin E_0 = r_0\dot{r}_0\, W^{1/2}/\mu$, $E_0$ exentrická anomálie,
$E_i - E_0 = \mathrm{n}\,(T_i - T_0) + \sin(E_i - E_0)e \cos E_0 +$
$+ [\cos(E_i - E_0) - 1]e \sin E_0.$

Poslední rovnici řešíme postupným přibližováním. Index 0 značí, že výraz při něm je vztažen k času $T_0$ epochy. Sled výpočtů veličin $x_i, \ldots, \dot{z}_i$ v obecném čase je: rovnice (4.3), výrazy (4.4), rovnice (4.2) a (4.1). Výrazy takto určené (vypočtené) jsou označovány indexem *c* (calculated-vypočtený).

## 4.2 Vytvoření totálních diferenciálů

Vytvoření totálních diferenciálů v rovnici (3.1) se bude dít s užitím inerciální rovníkové soustavy s pevným jarním bodem. Abychom odvodili totální diferenciály $\Delta x_i, \ldots, \Delta\dot{z}_i$, všimneme si nejprve obr. 1. Na něm je $o_k$ nerušená (keplerovská) dráha o přesných, ale neznámých elementech

$$\varepsilon_o = (x_0, y_0, z_0, \dot{x}_0, \dot{y}_0, \dot{z}_0) \qquad (4.5)$$

v bodě $P_0$ v čase $T_0$. Další body keplerovské elipsy $o_k$, tj. body $P_{ki}$ v časech $T_i$, získáme z (4.1) a platí tedy, že $\varepsilon_{ki} = (x_{ki}, y_{ki}, z_{ki}, \dot{x}_{ki}, \dot{y}_{ki}, \dot{z}_{ki})$, viz bod $P_{ki}$ na obr. 1. Jestliže na družici ale působí rušivé vlivy, a tomu tak je, nedostaneme dráhu $o_k$ eliptickou, ale do jisté míry obecnou křivku *o*, počínající bodem $P_0$. Je to skutečná dráha družice. Její průběh v časovém intervalu $T_i - T_0$[1)] nám udává NI.[2)] Bod $P_{ki}$ přejde do bodu $P_{oi}$. Přístroj GPS pak naměří údaje vztažené k času $T_i$ a bodu $P_{oi}$. Tyto údaje jsou

$$\varepsilon_{oi} = (x_{oi}, y_{oi}, z_{oi}, \dot{x}_{oi}, \dot{y}_{oi}, \dot{z}_{oi}), \qquad (4.6)$$

kde *o* značí observované (měřené) veličiny. Tyto hodnoty, jak předpokládáme, budeme v hojné míře získávat z pozemní stanice a ona z paluby družice. Situace na obr. 1 by takto byla známa jen tehdy, kdyby krom poruch, jejichž dokonalou znalost jsme předpokládali, byly dokonale známy i elementy v čase $T_0$ . A tomu tak není. My totiž budeme znát jen jejich přibližné hodnoty, které označíme $\varepsilon_0 + \Delta\varepsilon_0 = (x_0 + \Delta x_0, y_0 + \Delta y_0, z_0 + \Delta z_0, \dot{x}_0 + \Delta\dot{x}_0, \dot{y}_0 + \Delta\dot{y}_0, \dot{z}_0 + \Delta\dot{z}_0)$ a následujícím naším úkolem je $\Delta x_0, \ldots, \Delta\dot{z}_0$ co nejdokonaleji určit. Čárkovanou dráhu keplerovské elipsy, která jim odpovídá, označme $o'_k$ a její bod v čase $T_0$ označme $P'_0$. Rušená dráha, která odpovídá této situaci má označení *o'*, viz obr. 1. Veličiny vztažené k bodu $P'_{ci}$ a k času $T_i$ na vypočtené dráze *o'* umíme vypočítat. Jsou

$$\varepsilon_{ci} = (x_{ci}, y_{ci}, z_{ci}, \dot{x}_{ci}, \dot{y}_{ci}, \dot{z}_{ci}). \qquad (4.7)$$

[2)] Výpočet vyrovnání je však možno opakovat s novou NI s vylepšenými elementy a tak podchytit i změny větší či velké.

Rozdíly mezi odpovídajícími si veličinami v ″rovnice (4.7) mínus rovnice (4.6) ″, jsou absolutní členy, jak odpovídá (3.1). Hledané opravy – $\Delta\varepsilon_0 = -(\Delta x_0, ....., \Delta\dot{z}_0)$ jsou tedy jejich funkcemi $\varepsilon_{ci} - \varepsilon_{oi}$, přičemž naměřené hodnoty $\varepsilon_{oi}$ jsou až na opravy, které ovšem byly zavedeny – viz rovnice (3.1) –, bezvadné. Jsou proto $\Delta x_i, ....., \Delta\dot{z}_i$ funkcemi oprav $\Delta x_0, ....., \Delta\dot{z}_0$ ve tvarech

$$\begin{aligned} \Delta x_i &= \frac{\partial x_i}{\partial x_0}\Delta x_0 + \frac{\partial x_i}{\partial y_0}\Delta y_0 + \ldots + \frac{\partial x_i}{\partial \dot{z}_0}\Delta\dot{z}_0 \sim \Delta y_i, \Delta z_i, \\ &\vdots \\ \Delta\dot{x}_i &= \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial x_0}\Delta x_0 + \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial y_0}\Delta y_0 + \ldots + \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{z}_0}\Delta\dot{z}_0 \sim \Delta\dot{y}_i, \Delta\dot{z}_i, \end{aligned} \tag{4.8}$$

které v tomto tvaru vstupují (3.1).

## 4.3 Odvození parciálních derivací

V následujícím textu budou sepisovány parciální derivace potřebné k číselnému vyjádření konečných parciálních derivací v (4.8), které poslouží pro závěrečné sestavení zprostředkujících rovnic oprav. Bude postupováno od hledaných veličin po vstupní, tedy opačně než by vyžadoval pedagogicky správný postup. Skutečný výpočetní postup parciálních derivací bude tedy opačný, což však nečiní potíží. Konečně bude dále uveden.

Dále, namísto scholastického rozepisování postupných parciálních derivací podle jednotlivých dráhových elementů, zapíšeme vždy jen jednu, a to s užitím vektoru (4.5). Parciální derivace v (4.8) pak zní

$$\begin{pmatrix} \partial x_i/\partial\varepsilon_0 \\ \partial y_i/\partial\varepsilon_0 \\ \partial z_i/\partial\varepsilon_0 \end{pmatrix} = \frac{\partial F_i}{\partial\varepsilon_0}\begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + F_i\begin{pmatrix} \partial x_0/\partial\varepsilon_0 \\ \partial y_0/\partial\varepsilon_0 \\ \partial z_0/\partial\varepsilon_0 \end{pmatrix} + \frac{\partial G_i}{\partial\varepsilon_0}\begin{pmatrix} \dot{x}_0 \\ \dot{y}_0 \\ \dot{z}_0 \end{pmatrix} + G_i\begin{pmatrix} \partial\dot{x}_0/\partial\varepsilon_0 \\ \partial\dot{y}_0/\partial\varepsilon_0 \\ \partial\dot{z}_0/\partial\varepsilon_0 \end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} \partial\dot{x}_i/\partial\varepsilon_0 \\ \partial\dot{y}_i/\partial\varepsilon_0 \\ \partial\dot{z}_i/\partial\varepsilon_0 \end{pmatrix} = \frac{\partial\dot{F}_i}{\partial\varepsilon_0}\begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \dot{F}_i\begin{pmatrix} \partial x_0/\partial\varepsilon_0 \\ \partial y_0/\partial\varepsilon_0 \\ \partial z_0/\partial\varepsilon_0 \end{pmatrix} + \frac{\partial\dot{G}_i}{\partial\varepsilon_0}\begin{pmatrix} \dot{x}_0 \\ \dot{y}_0 \\ \dot{z}_0 \end{pmatrix} + \dot{G}_i\begin{pmatrix} \partial\dot{x}_0/\partial\varepsilon_0 \\ \partial\dot{y}_0/\partial\varepsilon_0 \\ \partial\dot{z}_0/\partial\varepsilon_0 \end{pmatrix}, \tag{4.9}$$

v kterých je nutné uvážit zjednodušení

$$\begin{aligned} \partial x_0/\partial\varepsilon_0 &= (1,0,0,0,0,0) & \partial\dot{x}_0/\partial\varepsilon_0 &= (0,0,0,1,0,0) \\ \partial y_0/\partial\varepsilon_0 &= (0,1,0,0,0,0) & \partial\dot{y}_0/\partial\varepsilon_0 &= (0,0,0,0,1,0). \\ \partial z_0/\partial\varepsilon_0 &= (0,0,1,0,0,0) & \partial\dot{z}_0/\partial\varepsilon_0 &= (0,0,0,0,0,1) \end{aligned} \tag{4.10}$$

V (4.9) neznáme výrazy $\partial(F_i, G_i, \dot{F}_i, \dot{G}_i)/\partial\varepsilon_0$. Prvé dva odvodíme, ovšem opět postupně z (4.2). Jistě platí, po menších úpravách, že

$$\frac{\partial F_i}{\partial\varepsilon_0} = (F_i - 1)\left[\frac{r_0}{a}\frac{\partial\left(\frac{a}{r_0}\right)}{\partial\varepsilon_0} + \cot\frac{E - E_0}{2}\frac{\partial(E - E_0)}{\partial\varepsilon_0}\right],$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial G_i}{\partial\varepsilon_0} &= \frac{1}{n^2}\frac{\partial n}{\partial\varepsilon_0}n[G_i - (T_i - T_0)] + \\ &+ \frac{1}{n}[\cos(E_i - E_0) - 1]\frac{\partial(E_i - E_0)}{\partial\varepsilon_0}. \end{aligned} \tag{4.11}$$

V těchto dvou výrazech nejsou vyjádřeny parciální derivace $\partial\left(\frac{a}{r_0}, n, E_i - E_0\right)/\partial\varepsilon_0$. Získáme je z výrazů (4.4). Nejprve derivace.

$$\frac{\partial W}{\partial\varepsilon_0} = -2GM\,r_0^{-2}\frac{\partial r_0}{\partial\varepsilon_0} - 2v_0\frac{\partial v_0}{\partial\varepsilon_0}, \tag{4.12}$$

u které je nutno uvážit zjednodušení

$$\frac{\partial r_0}{\partial\varepsilon_0} = \left(\frac{x_0}{r_0}, \frac{y_0}{r_0}, \frac{z_0}{r_0}, 0,0,0\right), \quad \frac{\partial v_0}{\partial\varepsilon_0} = \left(0,0,0, \frac{\dot{x}_0}{v_0}, \frac{\dot{y}_0}{v_0}, \frac{\dot{z}_0}{v_0}\right). \tag{4.13}$$

Pak

$$\frac{\partial a}{\partial\varepsilon_0} = -\frac{GM}{W^2}\frac{\partial W}{\partial\varepsilon_0}, \quad \frac{\partial n}{\partial\varepsilon_0} = \frac{3}{2}\frac{W^{1/2}}{GM}\frac{\partial W}{\partial\varepsilon_0} \tag{4.14}$$

a po delším odvození užitím posledního výrazu (4.4) je

$$\begin{aligned} \frac{r_i}{a}\frac{\partial(E_i - E_0)}{\partial\varepsilon_0} &= (T_i - T_0)_{[h]}\,3600\frac{\partial n}{\partial\varepsilon_0} + \sin(E_i - E_0) \\ &\frac{\partial(e\cos E_0)}{\partial\varepsilon_0} + [\cos(E_i - E_0) - 1]\frac{\partial(e\sin E_0)}{\partial\varepsilon_0}. \end{aligned} \tag{4.15}$$

Zde platí

$$\begin{aligned} \frac{\partial(e\cos E_0)}{\partial\varepsilon_0} &= \frac{1}{a}\frac{\partial r_0}{\partial\varepsilon_0} + \frac{r_0}{a^2}\frac{\partial a}{\partial\varepsilon_0}, \\ \frac{\partial(e\sin E_0)}{\partial\varepsilon_0} &= W^{1/2}GM^{-1}\frac{\partial(r_0\dot{r}_0)}{\partial\varepsilon_0} + \frac{1}{2}r_0\dot{r}_0GM^{-1}W^{1/2}\frac{\partial W}{\partial\varepsilon_0}; \end{aligned} \tag{4.16}$$

další derivace viz (4.14) a (4.13). Konečně

$$\frac{\partial(r_0\dot{r}_0)}{\partial\varepsilon_0} = (\dot{x}_0, \dot{y}_0, \dot{z}_0, x_0, y_0, z_0) \tag{4.17}$$

vyplývá z přímo zadaných hodnot $r_0\dot{r}_0 = x_0\dot{x}_0 + y_0\dot{y}_0 + z_0\dot{z}_0$. Sled výpočtů pro získání parciálních derivací v (4.9) je následující: pomocí zadaných vstupních hodnot se zjistí výrazy v (4.13) a (4.17), poté pomocné veličiny (4.12) a důležité hodnoty (4.14), dále potřebné hodnoty (4.16) a pomocí nich a 2. rovnice (4.14) hodnota $E_i$ pro čas $T_i$, a to postupným přibližováním z (4.15). Z těchto hodnot a z hodnot zjištěných v odstavci 4.1 se určí derivace (4.9), které již vstupují do zprostředkujících rovnic oprav (3.1) a (4.18) a (4.19) jako koeficienty neznámých parametrů. Veličiny označené indexem 0 platí pro čas $T_0$. Veličiny označené indexem $i$ platí pro čas $T_i$. Tyto veličiny jsou již – jak uvidíme později – ovlivněny poruchami, jež působí na družici.

## 4.4 Linearizované rovnice oprav

Vyjdeme z kapitoly 3. Do šesti rovnic (3.1) dosadíme za totální diferenciály $\Delta x_i, \Delta y_i, \ldots, \Delta\dot{z}_i$ výrazy (4.8). Postupně dostáváme linearizované rovnice oprav pro měřené souřadnice

$$\begin{aligned} &\frac{\partial x_i}{\partial x_0}\Delta x_0 + \frac{\partial x_i}{\partial y_0}\Delta y_0 + \frac{\partial x_i}{\partial z_0}\Delta z_0 + \frac{\partial x_i}{\partial\dot{x}_0}\Delta\dot{x}_0 + \frac{\partial x_i}{\partial\dot{y}_0}\Delta\dot{y}_0 + \\ &+ \frac{\partial x_i}{\partial\dot{z}_0}\Delta\dot{z}_0 + (x_{ci} - x_{oi}) + \sum o_{xi} = v_{xi}, \\ &\frac{\partial y_i}{\partial x_0}\Delta x_0 + \frac{\partial y_i}{\partial y_0}\Delta y_0 + \frac{\partial y_i}{\partial z_0}\Delta z_0 + \frac{\partial y_i}{\partial\dot{x}_0}\Delta\dot{x}_0 + \frac{\partial y_i}{\partial\dot{y}_0}\Delta\dot{y}_0 + \\ &+ \frac{\partial y_i}{\partial\dot{z}_0}\Delta\dot{z}_0 + (y_{ci} - y_{oi}) + \sum o_{yi} = v_{yi}, \end{aligned} \tag{4.18}$$

$$\frac{\partial z_i}{\partial x_0}\Delta x_0 + \frac{\partial z_i}{\partial y_0}\Delta y_0 + \frac{\partial z_i}{\partial z_0}\Delta z_0 + \frac{\partial z_i}{\partial \dot{x}_0}\Delta \dot{x}_0 + \frac{\partial z_i}{\partial \dot{y}_0}\Delta \dot{y}_0 + \\ + \frac{\partial z_i}{\partial \dot{z}_0}\Delta \dot{z}_0 + (z_{ci} - z_{oi}) + \sum o_{zi} = v_{zi},$$

a pro měřené složky obvodové (postupné) rychlosti

$$\frac{\partial \dot{x}_i}{\partial x_0}\Delta x_0 + \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial y_0}\Delta y_0 + \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial z_0}\Delta z_0 + \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{x}_0}\Delta \dot{x}_0 + \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{y}_0}\Delta \dot{y}_0 + \\ + \frac{\partial \dot{x}_i}{\partial \dot{z}_0}\Delta \dot{z}_0 + (\dot{x}_{ci} - \dot{x}_{oi}) + \sum o_{\dot{x}i} = v_{\dot{x}i},$$

$$\frac{\partial \dot{y}_i}{\partial x_0}\Delta x_0 + \frac{\partial \dot{y}_i}{\partial y_0}\Delta y_0 + \frac{\partial \dot{y}_i}{\partial z_0}\Delta z_0 + \frac{\partial \dot{y}_i}{\partial \dot{x}_0}\Delta \dot{x}_0 + \frac{\partial \dot{y}_i}{\partial \dot{y}_0}\Delta \dot{y}_0 + \\ + \frac{\partial \dot{y}_i}{\partial \dot{z}_0}\Delta \dot{z}_0 + (\dot{y}_{ci} - \dot{y}_{oi}) + \sum o_{\dot{y}i} = v_{\dot{y}i}, \qquad (4.19)$$

$$\frac{\partial \dot{z}_i}{\partial x_0}\Delta x_0 + \frac{\partial \dot{z}_i}{\partial y_0}\Delta y_0 + \frac{\partial \dot{z}_i}{\partial z_0}\Delta z_0 + \frac{\partial \dot{z}_i}{\partial \dot{x}_0}\Delta \dot{x}_0 + \frac{\partial \dot{z}_i}{\partial \dot{y}_0}\Delta \dot{y}_0 + \\ + \frac{\partial \dot{z}_i}{\partial \dot{z}_0}\Delta \dot{z}_0 + (\dot{z}_{ci} - \dot{z}_{oi}) + \sum o_{\dot{z}i} = v_{\dot{z}i}.$$

Je-li měřeno všech 6 složek $x_{oi}, y_{oi}, \ldots, \dot{z}_{oi}$ je vhodné řešit tuto soustavu 6 x $n$ zprostředkujících rovnic oprav společně. Výpočet 36 parciálních derivací je popsán v závěru předchozího odstavce. Výrazy se sumacemi značí opravy absolutních členů $(c_i - o_i)$. Jsou to opravy z vlivu atmosféry, excentrického usazení měřicího zařízení, zpoždění elektronických aparatur atp. O nich zde psáno nebude. Stejně tak nebudou rozepisovány poruchové vlivy, i když přirozeně musí být uvaženy v NI. Jejich výsledné hodnoty jsou označeny indexem $c$ (calculated-vypočtený).

## 4.5 Výpočet absolutních členů

Absolutní členy jsou obecně rovny: hodnota vypočtená ($c$) *mínus* hodnota naměřená ($o$). Nejinak je tomu i zde, viz odst. 4.4, (4.18) a (4.19).

### 4.5.1 Veličiny pozorované (observované) měřené

Do vyrovnání vstupují naměřené veličiny. Jsou jimi souřadnice $x_{oi}, y_{oi}, z_{oi}$ a složky $\dot{x}_{oi}, \dot{y}_{oi}, \dot{z}_{oi}$ obvodové postupné rychlosti. Registrace těchto naměřených veličin bude prováděna na jisté vhodné stanici, a to po řadě obletů, kdy družice bude v dostatečné výši nad horizontem oné stanice. Odtud budou přenášeny do výpočetního střediska, kde dojde k dalšímu zpracování. Např.: určení vyrovnaných elementů z dílčí měřické kampaně, prognóza poloh družice MIMOSA pro současnou i příští kampaň, určení nejvhodnějšího času pro přenos naměřených veličin z paluby družice na pozemní stanici, zjišťování pozorovacího programu použité družice atd.

Jak, v jakém tvaru a v jakých časech budou údaje přenášeny na pozemní stanici jsem nezjistil. Užil jsem proto pro ověření zde uvedeného postupu a tedy i pro demonstraci věrohodnosti předložené teorie příkladu simulovaného. Naměřené hodnoty neodpovídají tedy plánované dráze české družice MIMOSA, ale splňují demonstrační účel a ověření.

### 4.5.2 Veličiny vypočtené

Druhou veličinou v absolutních členech je veličina vypočtená – s indexem $c$. Tedy dva druhy veličin stojí v absolutním členu proti sobě „vypočtená *minus* naměřená". Ono minus je i možno zaměnit slůvkem versus, neboť odlišnost dvou veličin je příčinou následného vyrovnání. Kdyby totiž příkladně byly obě veličiny stejné, jsou absolutní členy nulové a další výpočet – vyrovnání se nekoná. Hodnoty vypočtené z užívaných vzorců, konstant a parametrů by plně vyhovovaly přírodě – skutečnosti, která je reprezentována naměřenými veličinami. Nebylo by tedy třeba na nich nic měnit. Ovšem tento stav je v praxi vzácný, neskutečný. Vyrovnávací počet je na místě.

V našem případě půjde o veličiny $x_{ci}, y_{ci}, z_{ci}, \dot{x}_{ci}, \dot{y}_{ci}, \dot{z}_{ci}$ v libovolném čase $T_i$, a to i s ohledem na uvažované poruchy. Těch je velká řada. Čím jsou menší, tím jich přibývá. Jejich lapidární citace je v každé učebnici kosmické či družicové geodézie včetně diplomových prací psaných na toto téma. Proto je neuvádíme. Uveďme však pozměnění (4.1). Jsou (index $c$ je připojen)

$$\begin{pmatrix} x_{ci} \\ y_{ci} \\ z_{ci} \end{pmatrix} = F_i \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + G_i \begin{pmatrix} \dot{x}_0 \\ \dot{y}_0 \\ \dot{z}_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \sum \partial x_i \\ \sum \partial y_i \\ \sum \partial z_i \end{pmatrix}, \\ \begin{pmatrix} \dot{x}_{ci} \\ \dot{y}_{ci} \\ \dot{z}_{ci} \end{pmatrix} = \dot{F}_i \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \dot{G}_i \begin{pmatrix} \dot{x}_0 \\ \dot{y}_0 \\ \dot{z}_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \sum \partial \dot{x}_i \\ \sum \partial \dot{y}_i \\ \sum \partial \dot{z}_i \end{pmatrix}, \qquad (4.20)$$

kde výrazy se sumacemi představují složky oprav ze zavedených poruch v jednotlivých souřadnicových osách. Budou to poruchové vlivy
– Země do uvedeného stupně a řádu,
– Měsíce a Slunce,
– přímého záření Slunce,
– difúzního záření Slunce s užitím albeda,
– odporu atmosféry.

Ostatní poruchové vlivy podchycovány nebyly pro jejich zanedbatelnou velikost. Ale ani vlivy uvedené výše nejsou popsány, neboť tato pasáž by zabrala mnoho místa, a o tyto poruchy zde prvořadě nejde. Všechny uvedené vlivy budou obsaženy v procesu, a to při výpočtu každého podkroku NI. Budou tedy vypočtené $x_{ci}, y_{ci}, z_{ci}, \dot{x}_{ci}, \dot{y}_{ci}, \dot{z}_{ci}$ družice podchycovat nejen pohyb keplerovský, ale i pohyby plynoucí z poruch. Tím nebude třeba počítat a ani vyjadřovat sumace v (4.20). Poruchy budou podchyceny NI, která bude opakována s vylepšovanými vstupními pravoúhlými elementy, (4.5). Je-li tomu tak, je to předností uvedené metody, a to tím spíše, že porušené souřadnice, porušené složky rychlosti i rušícího zrychlení jsou počítány přímo pro měřené časy $T_i$.

### 4.5.3 Numerická integrace (NI)

NI [5] vychází z Gaussovy kvadraturní formule, která byla pro sudý počet podkroků optimalizována Lobatovem a pro lichý počet kroků Radauem. V dalším textu uvedené vzorce sledují postup výpočtu, který se děje v několika cyklech s postupnými aproximacemi. Nebude zde uvedeno odvozování s logickými úvahami a kroky, ale jen sled použitých vzorců, které použil autor práce při sestavování výpočetního programu.

Nechť hledaný polynom pro výpočet souřadnic $J = x, y, z$ ovlivněný rušícími vlivy má obecně tvar

$$J = J_0 + \dot{J}_0\, t + \frac{1}{2}\ddot{J}_0 t^2 + t^2\,(h\,B_{J,1} / 2{\cdot}3 + h^2\,B_{J,2} / / 3{\cdot}4 + \ldots + h^7\,B_{J,7} / 8.9). \tag{4.21}$$

Obsahuje souřadnici $J_0$, její změnu $\dot{J}$ a její 2. derivaci $\ddot{J}$ pro začátek kroku NI plus 7 koeficientů, a to pro každou souřadnici. Pro každý krok NI platí jiná trojice (4.21). $J$ na levé straně je výsledná, hledaná, rušená souřadnice pro daný čas měření $T$ (index $i$ je vynecháván). S proměnnou $t$ souvisí vztahem

$$t = T - T\,(L), \tag{4.22}$$

kde $T\,(L)$ je počátek $L$-tého kroku, v němž se výpočet právě koná a $h$ je díl kroku, vyjádřený v jednotkách tohoto kroku $T_{kr}$. Tedy

$$\mathrm{h} = \mathrm{t} / T_{kr}. \tag{4.23}$$

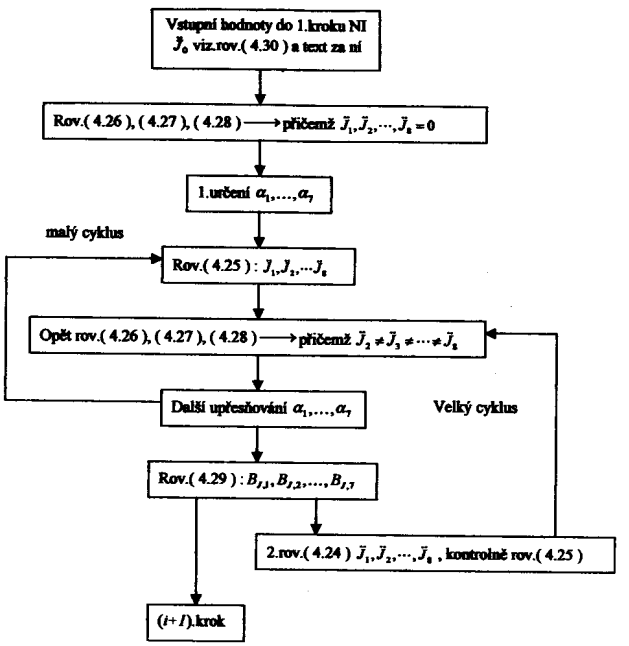
Dvojím derivováním (4.21) podle času $t$ dostáváme

$$\dot{J} = \dot{J}_0 + \ddot{J}_0\, t + t\left(\frac{1}{2}\,h\,B_{J,1} + \frac{1}{3}\,h^2\,B_{J,2} + \ldots + \frac{1}{8}\,h^7\,B_{J,7}\right),$$
$$\ddot{J} = \ddot{J}_0 + (h\,B_{J,1} + B_{J,2} + \ldots + h^7\,B_{J,7}). \tag{4.24}$$

Rovnice (4.21) a (4.24) je ovšem možno vyjádřit pouze jedinou nezávisle proměnnou, a to $t$. Pozornost je nutno věnovat rozměrům veličin v těchto rovnicích. Poslední rovnici, neboli průběh souhrnného zrychlení, vyjádříme navíc Newtonovým interpolačním polynomem ve tvaru

$$\ddot{J} = \ddot{J}_0 + \alpha_{J,1}\,t + \alpha_{J,2}\,t(t - t_2) + \alpha_{J,3}\,t(t - t_2)\,(t - t_3) + + \ldots + \alpha_{J,7}\,t(t - t_2)\,(t - t_3)\ldots(t - t_7), \tag{4.25}$$

kde ovšem koeficienty $\alpha_{J,1}$, $\alpha_{J,2}$ ... zatím neznáme.




*Obr. 2 Blokové schéma numerické integrace podle Everharta [5]*

Zaveďme v této rovnici $t = t_2$. Pak pro index 2 dostáváme

$$\ddot{J}_2 = \ddot{J}_0 + \alpha_{J,1}\,t_2 \longrightarrow \alpha_{J,1} = (\ddot{J}_2 - \ddot{J}_0)/t_2. \tag{4.26}$$

Zaveďme $t = t_3$ atd. Pak pro index 3 postupně dostáváme

$$\ddot{J}_3 = \ddot{J}_0 + \alpha_{J,1}t_3 + \alpha_{J,2}\,t_3(t_2 - t_2) \longrightarrow \alpha_{J,2} = = (\ddot{J}_3 - \ddot{J}_0 - \alpha_{J,1}\,t_3)/t_3(t_3 - t_2). \tag{4.27}$$

Atd. až po

$$\ddot{J}_8 = \ddot{J}_0 + \alpha_{J,1}t_8 + \alpha_{J,2}\,t_8(t_8 - t_2) + \alpha_{J,3}t_8(t_8 - t_2)\,t_8(t_8 - t_3) + \ldots + \alpha_{J,7}\,t_8(t_8 - t_2)\ldots(t_8 - t_7),$$
$$\alpha_{J,7} = [\ddot{J}_8 - \ddot{J}_0 - \alpha_{J,1}t_8 - \alpha_{J,2}\,t_8(t_8 - t_2) - \ldots - \alpha_{J,6}t_8\,(t_8 - t_2) \ldots (t_8 - t_6)]/t_8(t_8 - t_2)\ldots(t_8 - t_7). \tag{4.28}$$

Výrazy $\ddot{J}_2, \ddot{J}_3, \ldots, \ddot{J}_8$ představují souhrnná zrychlení v daných podkrocích $t_3, t_3, \ldots, t_8$. Jejich numerické hodnoty jsou součtem zrychlení keplerovského pohybu a zrychlení všech uvažovaných poruchových vlivů. Vztahy mezi $B_{J,index}$ a $\alpha_{index}$ odvodíme z identit mezi rovnicí (4.25) a 2. rovnicí (4.24). Dostáváme

$$\begin{aligned} B_{J,1} &= c_{1,1}\alpha_{J,1} + c_{1,2}\alpha_{J,2} + c_{1,3}\alpha_{J,3} + \ldots + c_{1,7}\alpha_{J,7}, \\ B_{J,2} &= \quad\; c_{2,2}\alpha_{J,2} + c_{2,3}\alpha_{J,3} + \ldots + c_{2,7}\alpha_{J,7}, \\ B_{J,3} &= \quad\quad\; c_{3,3}\alpha_{J,3} + \ldots + c_{3,7}\alpha_{J,7}, \\ &\vdots \qquad\qquad\qquad\qquad\quad \vdots \\ B_{J,7} &= \qquad\qquad\qquad\quad\; c_{7,7}\alpha_{J,7}, \end{aligned} \tag{4.29}$$

kde koeficienty

$$c_{i,i} = 1,$$
$$c_{i,1} = -\,t_i c_{i-1,1} \text{ pro } i > 1,$$
$$c_{i,j} = c_{i-1,j-1} \text{ pro } i > j > 1,$$

jsou konstantní pro celý výpočet NI. Uvedený postup dodává snad dostatečně srozumitelně teorii, či lépe princip teorie NI podle Everharta [5]. Její zjednodušení je však namístě.

*Postup výpočtu NI*: Prosím, sledujte blokové schéma NI na obr. 2. Z rovnic

$$\ddot{J} = -GM\,\frac{J}{r^3} + \Sigma\,\partial\ddot{J} \tag{4.30}$$

(index $i$ je vynechán) vypočteme souhrnné zrychlení: 1. výraz pravé strany je zrychlení plynoucí z keplerovského pohybu $J = x, y, z$, a suma je souhrn zrychlení ze všech rušících vlivů. Toto zrychlení označme $\ddot{J}_0$, protože přináleží času $T_0$ epochy, tj. začátku 1. kroku NI pro $J = x, y, z$. Pomocí něho je spočteno $\alpha_{J,1}, \ldots \alpha_{J,7}$ v rovnicích (4.26), (4.27), (4.28). Z vypočtených $\alpha_{J,1}, \ldots \alpha_{J,7}$ a z (4.25) vypočteme $\ddot{J}_2, \ddot{J}_3, \ldots, \ddot{J}_8$ a výpočet $\alpha_1, \ldots, \alpha_7$ se opakuje, leč již s $\ddot{J}_2 \neq \ddot{J}_3 \neq \ldots \neq \ddot{J}_8$. Tento malý cyklus, viz obr. 2, opakujeme. Dále pomocí (4.29) vypočteme koeficienty $B_{J,1}, B_{J,2}, \ldots, B_{J,7}$. S takto vypočtenými koeficienty zjišťujeme $\ddot{J}_1, \ddot{J}_2, \ldots, \ddot{J}_8$ z 2. rovnice (4.24) a s nimi opakujeme výpočet $\alpha_1, \ldots, \alpha_7$. Tento velký cyklus opakujeme devětkrát, viz obr. 2. Výsledkem jsou koeficienty $B_{J,1}, B_{J,2}, \ldots, B_{J,7}$, které dosadíme do (4.21) a (4.24) evnetu-

[3] Obvykle volíme délku jednoho kroku NI rovnou 0,25 jedné otočky družice kolem Země. Při přesnějších požadavcích 0,1 jedné otočky družice kolem Země. Závisí na výstřednosti dráhy a výšce perihélia. Dle toho také závisí volba počtu geopotenciálních harmonických koeficientů neboli Stokesových koeficientů.

elně kontrolně do (4.25). Tím jsme schopni spočítat rušené souřadnice, rušené složky rychlosti a i rušená zrychlení pro libovolný čas měření $T_i$, viz (4.22), kde je index $i$ vynechán. Tím je úloha NI ukončena. Je to sice dílčí úloha v rámci úlohy orbitální, ale je to její alfa-omega úloha. Blokové schéma NI podle Everharta je na obr. 2.[3)]

## 5. Číselné zpracování

Abychom demonstrovali správnost předložené metody výpočetním postupem, bylo by jistě nejvhodnější použít reálných naměřených hodnot, leč nepodařilo se takovýchto hodnot v literatuře nalézt a ani od uživatelů dostat. Proto jsme použili fiktivního případu.

Za správný vektor elementů byl považován výraz $\boldsymbol{\varepsilon}_0$, viz (4.5). Pomocí něho a včetně poruch byly vypočteny NI porušené vektory

$$\boldsymbol{\varepsilon}_{oi} = (x_{oi}, y_{oi}, z_{oi}, \dot{x}_{oi}, \dot{y}_{oi}, \dot{z}_{oi})$$

pro časy $T_i$, kde $i = 1, \ldots, n$ a $n$ je počet pozorování. Tyto hodnoty $x_{oi}, \ldots, \dot{z}_{oi}$ budeme považovat za měřené (observované) a budou vstupovat do absolutních členů v (4.18) eventuelně (4.19).

Vypočtené veličiny označené indexem $c$, rovněž vystupují v absolutním členu, bližší bylo řečeno v odst. 4.5.2 a především v odst. 4.2. Od observovaných se liší jen tím, že výchozími (vstupními) elementy bude výraz

$$\boldsymbol{\varepsilon}_0 + \Delta\boldsymbol{\varepsilon}_0 = (x_0 + \Delta x_0, y_0 + \Delta y_0, z_0 + \Delta z_0, \dot{x}_0 + \Delta\dot{x}_0, \dot{y}_0 + \Delta\dot{y}_0, \dot{z}_0 + \Delta\dot{z}_0),$$

kde $-\Delta x_0, \ldots, -\Delta\dot{z}_0$ budou opravy, hledané MNČ. Následuje dosazení vypočtených a naměřených (kalkulovaných a observovaných) veličin do absolutních členů linearizovaných rovnic oprav (4.18) eventuelně (4.19) a výpočet MNČ.

Podle blokového schématu na obr. 3 jsou vstupní veličiny obsaženy v tab. 1 a 2. Tab. 1 obsahuje: čas $T_0$ začátku NI, $x_0$ + 100 m, $y_0$ – 100 m, $z_0$ + 100 m, $\dot{x}_0$ + 0,15 m/s, $\dot{y}_0$ – 0,1 m/s, $\dot{z}_0$ + 0,1 m/s a délku otočky keplerovského pohybu v [$h$].

Tab. 2 ukazuje pouze začáteční a konečně Stokesovy koeficienty tíhového modelu Země EGM96. Ve výpočtu byly použity do stupně a řádu 10, neboť dráha je blízká drahám družic GPS. Koeficienty zde jsou nenormované.

Výrazy z tab. 1 a 2 vstupují do „1. hlavní úlohy“,[4)] viz obr.

**Tab. 1** Vstupní, přibližně známé elementy

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0<br>496,688 | –14888985<br>–3810,533 | –3660280<br>–305,461 | 21848609<br>11,96569260143303 |

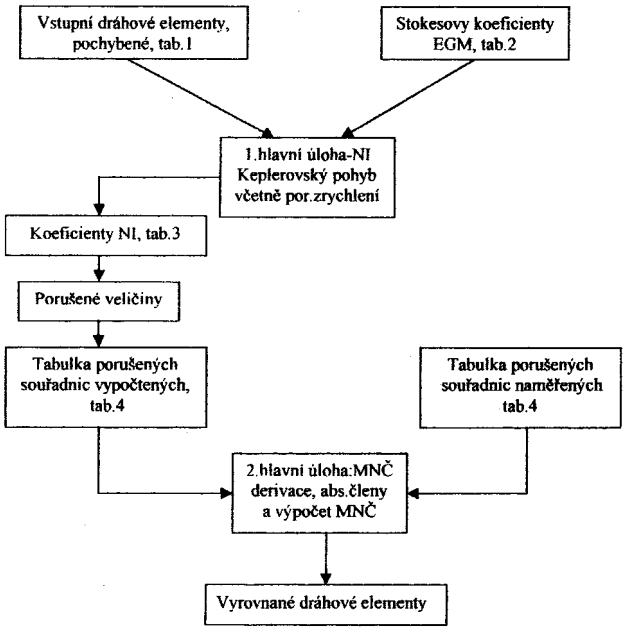
[4)] Výpočetní program zde není uveden pro jeho rozsáhlost.

**Tab. 2** Nenormované Stokesovy koeficienty (ekvipotenciální harmonické koeficienty) $C_{l,m}$ a $S_{l,m}$ tíhového modelu Země EGM96 do stupně a řádu 150

| Stupeň $l$ | Řád $m$ | $C_{l,m}$ | $S_{l,m}$ |
|---|---|---|---|
| 2 | 0 | –1,082626612754812E-3 | 0 |
| 2 | 1 | –2,414000000794225E-10 | 1,543100000511294E-9 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 150 | 149 | 2,503276602512505E-315 | 8,915723691376614E-315 |
| 150 | 150 | –6,030832216806703E-316 | 8,739452308933901E-316 |

**Tab. 3** Ukázka výsledných koeficientů NI pro 1. krok. V rovnicích (4.21) a (4.24) jsou označeny $J_0, \dot{J}_0, \ddot{J}_0, B_{j,1}, B_{j,2}, \ldots, B_{j,7}$ pro $J = x, y, z$

| 1. krok | | | |
|---|---|---|---|
| $x$ | 1,488898500E+07<br>–1,103489611E–01<br>6,770165959E–02<br>–5,245660093E–04 | 4,966880000E+02<br>–3,740782904E–01<br>–1,483008739E–03 | 3,120205251E-01<br>3,993426480E-02<br>–3,362019159E-03 |
| $y$ | –3,660280000E+06<br>8,604013241E-01<br>1,337972697E-02<br>–2, 379584950E-03 | –3,810533000E+03<br>–8,695751036E-02<br>2,735746380E-02 | 7,670689540E-02<br>–3,337754344E-01<br>5,707634446E-03 |
| $z$ | 2,184860900E+07<br>6,638447427E-02<br>9,905585745E-02<br>1,012865110E-03 | –3,054610000E+02<br>5,486100791E-01<br>–8,064191834E-04 | –4,579584149E-01<br>–2,161512343E-02<br>4,232507737E-03 |




*Obr. 3 Blokové schéma výpočtu dráhových elementů z naměřených souřadnic x, y, z*

3, v níž se provádí NI, jak bylo stručně popsáno v odstavci 4.5.3. Výsledkem je vždy 10 hodnot pro $x$, 10 hodnot pro $y$, 10 hodnot pro $z$, a to vždy pro každý krok NI. Tyto hodnoty jsou obsaženy v (4.21) a (4.24) a poslouží k výpočtu porušených souřadnic, rovnice (4.21), porušených složek rychlosti a porušených složek zrychlení, rovnice (4.24). Pro ukázku je zde uvádí tab. 3. Program NI byl sestaven podle [5].

Uvedené koeficienty jsou uloženy v „Koeficienty NI", viz obr. 3, a pomocí programu „Porušené veličiny" použity pro výpočet porušených veličin (souřadnice, složky rychlosti a zrychlení), uložených v „Tabulka porušených souřadnic vypočtených". Přirozeně, že musí být spočteny pro tytéž časy $T_i$ jakými jsou argumenty v „Tabulce porušených souřadnic naměřených", viz obr. 3. Obojí uvádí tab. 4, jakož i jejich rozdíly, tj. absolutní členy.

Pro úplnost jsou uvedeny koeficienty při neznámých parametrech v rovnicích oprav – tab. 5. Zdůrazňujeme, že byly použity pouze prvé tři typy rovnic oprav (4.18), neboť hodnoty složek rychlosti nebyly k dispozici.

Výsledkem „2. hlavní úlohy" jsou vyrovnané opravy – $\Delta x_0$, …, – $\Delta \dot{z}_0$ a tedy i vylepšené dráhové elementy. Tím může výpočet končit, nebo tyto vylepšené výsledky mohou opět vstoupit do „Vstupní dráhové elementy pochybené", tab. 1 a celý výpočet se opakuje, viz obr. 3. Vyrovnání bylo provedeno pouze dvakrát, neboť výsledky dráhových elementů rychle konvergovaly k hodnotám správným, viz tab. 6.

## 6. Zhodnocení

K číselným výsledkům sluší připojit, že střední jednotková chyba byla ± 0,35, velikosti oprav v souřadnicích $x$: 0,18, –0,12, 2,00, 0,45, v $y$: –0,41, 0,75, 1,30, –1,90, a v $z$: 1,00, 1,40, –1,80 a 0,12, vše v mm. Střední chyby v dráhových elementech $m_{x0} = \pm 0{,}23$, $m_{y0} = \pm 0{,}33$, $m_{z0} = \pm 0{,}22$, vše v milimetrech, $m_{\dot{x}0} = \pm 3{,}83\text{E}{-5}$, $m_{\dot{y}0} = \pm 2{,}92\text{E}{-5}$, $m_{\dot{z}0} = \pm 4{,}14\text{E}{-5}$, vše v mm/s. Vyrovnání bylo provedeno měřením jen na čtyřech bodech dráhy družice, rovnoměrně rozložených po celé jedné otočce družice kolem Země. Tak vynikající výsledky jsou ovšem způsobeny tím, že celý příklad je fiktivní a tedy prakticky bez chyb.

Z tab. 1 až 5 a především z tab. 6 je zřejmá platnost metody. Je zde řada novostí, např. použití (4.1). Není žádoucí zavádět opravy z poruchových sil do těchto rovnic, NI tento problém zvládá. Matematický aparát je jednoduchý a oproti jiným postupům zcela průhledný. K doplnění této problematiky doporučuji připojit [8].

Uvedená metoda pro zjištění pravoúhlých dráhových elementů z měření přístrojem GPS na palubě družice je reálná. Měřenými veličinami jsou jednak souřadnice, jednak složky rychlosti a přirozeně i čas, k němuž se naměřené hodnoty vztahují. Zde byl ověřen případ, kdy se měřily pouze souřadnice. Teorie není tak složitá jako u jiných obdobných metod, sestavení zprostředkujících rovnic oprav je zcela obvyklé. Navíc je sestavena řada variant pro vyrovnání [8]. Metodika určení prostorových poloh družice je pro tento daný úkol excelentní. Žádné jiné zprostředkující / měřené veličiny (vzdálenost, nemluvě o směrech) nemají tak silný přínos a váhu pro získání výsledků jako metoda tato.

Jako nových zprostředkujících velicin se nabízí zavedení

**Tab. 4** Porušené souřadnice vypočtené (index $c$) a naměřené (index $o$) pro časy $T$. Jejich rozdíly $c$-$o$ vstupují jako absolutní členy do rovnice (4.18). Index $i$ je vypuštěn.

| $J$ | čas $T$ [h] | Porušené souřadnice | | Absolutní členy [m] |
|---|---|---|---|---|
| | | vypočtené $J_c$[m] | naměřené $J_o$ [m] | $J_c - J_o$ |
| $x$ | 0 | –14888985 | –14889085 | 100 |
| | 3 | 3353019,713181111 | 3352321,05184254 | 698,66133 |
| | 6 | 14699200,56494982 | 14696479,16645418 | 2721,3984 |
| | 9 | –3769610,08633196 | –3776521,257972409 | 6911,1716 |
| $y$ | 0 | –3660280 | –3660180 | –100 |
| | 3 | –26241930,76070243 | –26240121,3310475 | –1809,4296 |
| | 6 | 3971177,358022469 | 3978803,432692457 | –7626,0746 |
| | 9 | 26197534,73514406 | 26193964,12353712 | 3570,6116 |
| $z$ | 0 | 21848609 | 21848509 | 100 |
| | 3 | –2009519,628865645 | –2010810,394085208 | 1290,7652 |
| | 6 | –21608139,06169032 | –21604776,70938183 | –3362,3523 |
| | 9 | 2621347,678588198 | 2633792,929074232 | –12445,250 |

**Tab. 5** Hodnoty koeficientů (parciálních derivací) $\partial J/\partial(x_0, y_0, z_0, \dot{x}_0, \dot{y}_0, \dot{z}_0)$ v rovnicích oprav (4.18), prvky matice plánu. Index *i* je vypuštěn.

| $J$ | čas $T$ [h] | $\partial J/\partial x_0$ | $\partial J/\partial y_0$ | $\partial J/\partial z_0$ | $\partial J/\partial \dot{x}_0$ | $\partial J/\partial \dot{y}_0$ | $\partial J/\partial \dot{z}_0$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $x$ | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 0,6489240 | 0,5953084 | –0,99302631 | 8296,9527 | 2239,5340 | –2279,9481 |
| | 6 | –2,2432580 | –0,8439084 | 1,89653344 | 968,4785 | –24206,0439 | 1076,5897 |
| | 9 | –4,6958513 | –1,8399871 | 6,99918248 | –732,7178 | –67664,6857 | –1597,3436 |
| $y$ | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 1,1602562 | 1,4299739 | –1,82538591 | 3359,9984 | 15292,0128 | –5747,0815 |
| | 6 | 4,5126879 | 4,1298084 | –7,05386057 | 7418,7553 | 63214,3631 | –17505,979 |
| | 9 | –2,5899226 | 0,2103559 | 3,71192477 | 6457,7632 | –31766,2797 | –6627,9250 |
| $z$ | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| | 3 | 1,0538497 | –1,0113148 | 1,63170677 | –2400,579 | –4132,5293 | 10786,1179 |
| | 6 | 1,3198310 | 0,6648179 | –2,96356609 | –2328,202 | 28064,3111 | 240,4501 |
| | 9 | 7,0799221 | 2,6312924 | –10,4612689 | –9577,522 | 100180,0754 | –3881,523 |

**Tab. 6** Přehled výsledků vyrovnání

| Elementy | $x_0$[m] | $y_0$[m] | $z_0$[m] | $\dot{x}_0$[m/s] | $\dot{y}_0$[m/s] | $\dot{z}_0$[m/s] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| správné | –14889085 | –3660180 | 21848509 | 496,538 | –3810,433 | –305,561 |
| zavedená chyba | 100 | –100 | 100 | 0,15 | –0,1 | 0,1 |
| vstupní chybné el. | –14888985 | –3660280 | 21848609 | 496,688 | –3810,533 | –305,461 |
| oprava z 1. vyrovnání | –100,928 | 99,697 | –99,878 | –0,15 | 0,1 | –0,1 |
| výsledek z 1. vyrovnání | –14889085,928 | –3660180,303 | 21848509,122 | 496,538 | –3810,433 | –305,561 |
| chyba výsledku z 2. vyrovnání | –0,928 | –0,303 | 0,122 | 0 | 0 | 0 |
| oprava z 2. vyrovnání | 0,93 | 0,303 | –0,119 | 3E-8 | 1E-7 | 1E-7 |
| výsledek z 2. vyrovnání | –14889085,002 | –3660180 | 21848509,003 | 496,538 | –3810,433 | –305,561 |
| chyba výsledku po 2. vyrovnání | –2 mm | 0 mm | 3 mm | 0 mm/s | 0 mm/s | 0 mm/s |

naměřených složek zrychlení k řešení tohoto úkolu, i když jsou na místě jiná jejich použití. Případně hned úkol sledovaný prací [13].

*Poděkování: A zcela na závěr děkuji Ing. H. Žlábkové a Ing. T. Cajthamlovi za svědomité vyhotovení diplomní práce, jež kladla na ně značné pracovní i úvahové nároky a mému příteli Ing. dipl. Janu Koubovi, DrSc., za shovívavé poskytnutí tvůrčích konzultací.*

LITERATURA:

[1] ANDRLE, P.: Základy nebeské mechaniky. Praha, Academia 1971.
[2] BOULET, D. L.: Methods of Orbit Determination for the Microcomputer. USA, Willmann-Bell 1991.
[3] DUBJAGO, A. D.: Opredelenie orbit. Moskva, Gos. izd. tech.-teor. lit. 1949.
[4] ESCOBAL, P.: Methods of Orbit Determination. Krieger Publishing Co. 1976.
[5] EVERHART, E.: Implicite Single-Sequence Methods for Integrating Orbit. USA, Colorado, University of Denver 1974.
[6] GAUSS, C. F.: Theoria Motus. Hannover 1865.
[7] KABELÁČ, J.: Decrease in the Magnitude of the Correlation Coefficients between Orbit Elements. Bull. Astron. Inst. Czechosl., 37, 1986, No. 5.
[8] KABELÁČ, J.: Orbitální úloha družicové geodézie. In: Sborník ke 100. výročí Emila Buchara. Praha, VÚGTK a GS AČR 2002.
[9] KOUBA, J.: Soukromé sdělení. 2002.
[10] LAGRANGE DE, J. L.: Nouvelle méthode pour déterminer l'Orbite de Cométes. In: Berl. astr. Jahrbuch, 1785.
[11] MEEUS, J.: Astronomical Formulae for Calculators. USA, Willman-Bell 1988.
[12] MELICHER J.–FIXEL, J.–KABELÁČ, J.: Geodetická astronómia a základy kozmickej geodézie. Bratislava, Vydavateľstvo Alfa 1993.
[13] PEŘESTÝ, R.–SEHNAL, L.: Accelelometric measurements of the non-gravitational forces on the CESAR satellite. Publ. of the Astr. Inst., No. 82. Praha 1994.
[14] Stracke, G.: Bahnbestimmung der Planeten und Kometen. Berlin, Verlag J. Springer 1929.
[15] SUBBOTIN, M. F.: Vvedenie v teoretičeskuju astronomiju. Moskva, Nauka 1968.

Do redakce došlo: 14. 10. 2002

**Lektoroval:**
**Prof. Ing. Jan Kostelecký, DrSc.,**
**VÚGTK Zdiby**

# SPOLEČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST

## Sympozium z dějin geodezie a kartografie

061.3:528 (091)

V přednáškovém sále Národního technického muzea (NTM) v Praze se na konci roku 2002 již po třiadvacáté sešli na Sympoziu z dějin geodezie a kartografie badatelé z Klubu přátel NTM, aby v sedmihodinovém programu vyslechli několik zajímavých přednášek.

*Obr. 1*

Eva Semotanová referovala o zpřístupňování mapových pramenů a upozornila zejména na Müllerovo kartografické dílo a první vojenské mapování, které je dostupné na CD ROM. Přednáška Pavla Hánka připomněla 240. výročí zahájení výuky montánních věd a důlního měřictví na pražských školách a referát Jana Kozáka unikátní dílo Fyzikální atlas Heinricha Berghause z poloviny 19. století. Atlasovou tvorbou se zabýval rovněž Ivan Kupčík, konkrétně Portolánovými atlasy z 15. a 16. století z italského Roviga. Tomáš Grim kartografické a geografické zajímavosti našel na Helwigově mapě Slezska z roku 1561 a Ludvík Mucha zase v Knize praporů středověkých portolánů. Resortní historii věnoval svůj referát Ladislav Skládal (obr. 1), který konkrétně připomněl 75. výročí přijetí katastrálního zákona, s odbornou tématikou se hodně daleko na východ dostal Karel Brenner referující o vývoji mapového zobrazení Kurilských ostrovů a Sachalinu. Známý sběratel známek Jan Ratiborský nalezl ve své sbírce hned několik známek ilustrujících kapitolu o měření času a o kalendářích. Drahomír Dušátko na závěr semináře ukázal více než padesát ukázek map a dalších dokumentů o vývoji znázorňování reliéfu terénu v mapové tvorbě, z nichž některé byly vybrány z unikátních vojenských příruček.

Je sympatické, že Národní technické muzeum přednesené referáty pravidelně vydává ve sbornících. Jejich všechna předchozí vydání naleznete v knihovně muzea.

*Ing. Petr Skála,*
*Lesnická fakulta ČZU v Praze*

# ZPRÁVY ZE ŠKOL

## Seznam diplomových prací obhájených na Fakultě stavební VUT v Brně posluchači oboru geodezie a kartografie ve studijním roce 2001–2002

(043) 378.962 (437.2):528 "2001–2002"

AMBROS, J.: Vliv parametrů výpočtu na přesnost převýšení měřených GPS.
BÁRTA, L.: Návrh a realizace uživatelského rozhraní úlohy obecného vyrovnání.
BRANDA, J.: Temporální analýza vybraného území.
DANĚK, M.: Využití trigonometrického měření pro určení skutečného tvaru, posunů a deformací speciální konstrukce.
DĚDEK, J.: Přesnost převýšení měřených GPS.
DOHNÁLKOVÁ, M.: Analýza DKM.
DVOŘÁČEK, J.: Testování a aspekt kvality DGPS a praktické využití.
FIŠEROVÁ, I.: Návrh měřické sítě ve sklepích a určení vazby na povrchové objekty.
HANZELKOVÁ, P.: Koncepce školního zeměpisného atlasu České republiky.
HORÁK, V.: Testování skenerů.
HRŇA, M.: Alternativní metody triangulace pro digitální model terénu.
CHADIMA, P.: Využití totální stanice pro určení astronomických souřadnic.
JÁRA, P.: Vliv prostředí na nivelační záměru s využitím kompenzátorového přístroje.
KALOVÁ, S.: Vliv volby vztažné soustavy na vyhodnocení měření posunů a deformací vodních děl metodou VPN.
KOMÍNEK, K.: Analýza přesnosti bodového pole pro vytyčování železničního svršku.
MACEK, J.: Problematika tvorby a využití DKM.
MARUŠINEC, P.: Vývoj zobrazení pohraničního území.
MIKESKOVÁ, J.: Koncepce školního zeměpisného atlasu Evropy.
NEDVĚDOVÁ, A.: Cykloturistická mapa oblasti Králického Sněžníku.
NOVOTNÁ, L.: Tvorba speleologických map – praktická aplikace.
ORLOVSKÝ, T.: Vytyčení trasy a zaměření skutečného provedení stavby VTL plynovodu.
POKORNÁ, J.: Analýza mapových podkladů.
PROCHÁZKA, R.: Určení prostorové polohy mostu.
PŘIBYL, M.: Informační systémy inženýrských sítí – struktura a možnosti vzájemného převodu dat.
PŘIKRYL, J.: Analýza velkoměřítkového mapování.
RANŠ, J.: Kontrola a rektifikace geodetických přístrojů.
ROSA, F.: Výpočet a vyrovnání malých družicových sítí.
ROZSYPAL, T.: Vliv prostředí na nivelační záměru s využitím elektronického přístroje.
SEDLÁČEK, M.: Porovnání katastrální mapy digitalizované, vyhotovené ve dvou souřadnicových systémech.
SLIVKA, J.: Monitoring svahových posunů v Krkonoších (lokalita B).
SLOSIARIKOVÁ, J.: Tvorba účelové mapy a GIS v systémech Kokeš a Misys.
SZYMIK, J.: KRNAP – monitoring svahových posunů (lokalita A).
ŠEVČÍK, M.: Geodetický monitoring při stavbě mostní estakády D202 na obchvatu Olomouce.
ŠVÁB, T.: Tvorba DKM přepracováním.
TOMÁNEK, R.: Vyhotovení TMM Valašské Meziříčí – část Lhota u Choryně.
VALACH, K.: Internetová databáze geodetických informací.
VAŇURA, D.: Zeměměřická činnost ve výstavbě.

*Ing. Helena Ryšková,*
*Ústav geodezie FAST VUT v Brně*

## Pro příští GaKO připravujeme:

HUSÁR, L.: **Diskusia o tvare krivky strednej chyby**

BLAŽEK, R.–SKOŘEPA, Z.: **Určení vlivu vertikální složky refrakce na měřené zenitové úhly Sanchezovou metodou**

SOUČEK, Z.: **30 let vedení údajů o nemovitostech na počítači**

# Z GEODETICKÉHO A KARTOGRAFICKÉHO KALENDÁŘE (leden, únor, březen)

**Výročí 80 let:**
16. května 2002 – **Ing. Stanislav Holub, CSc.** Narodil se ve Dvoře Králové nad Labem. 13. 5. 1941 úspěšně dokončil středoškolská studia na Státním reálném gymnásiu v Kutné Hoře. Po roce 1945 se staral o výživu sedmičlenné rodiny. Po maturitě nastoupil v triangulačním oddělení Zeměpisného úřadu ministerstva vnitra u polní skupiny, kde vykonával samostatně všechny triangulační práce; ve vzniklém Zeměměřickém ústavu (ZÚ) při zaměstnání dále absolvoval třísemestrové studium. Po únoru 1948 byl přeřazen do oddělení astronomie a gravimetrie ZÚ. V letech 1945–1950 absolvoval při zaměstnání jako řádný student tehdejší Vysokou školu speciálních nauk – zeměměřický směr – se II. státní zkouškou s vyznamenáním. Od 1. 11. 1947 byl zapůjčen v důsledku odbornosti k výkonu služby asistenta do Ústavu astronomie a geofyziky při jmenované vysoké škole a od 1. 4. 1950 převeden ze stavu ZÚ do stavu zaměstnanců ČVUT jako odborný asistent. Od 1. 10. 1956 byl jmenován i vědeckým pracovníkem vzniklé Observartoře astronomie a geofyziky. Od 1. 11. 1954 nastoupil externí aspiranturu a byl ustanoven tajemníkem katedry vyšší geodézie, astronomie a geofyziky (do r. 1961). Od vzniku ČSAV, v níž se prof. E. Buchar silně angažoval, musel v jeho zastoupení přednášet často všechny tři předměty (od r. 1957 až do r. 1985 přednášel všechny tři předměty i pro dálkové studium). Od r. 1971 pak trvale geofyziku i v denním studiu. Pro zlepšení studia geodetické astronomie (do té doby česká literatura neexistovala) přeložil a vydal v SNTL ruskou vysokoškolskou učebnici S. N. Blažka „Praktická astronomie", obsahující i partie z kosmonautiky. Pro praktická cvičení a praxi napsal návod pro „Astronomická určování azimutu měřením na Polárku nebo Slunce". V r. 1956 osobně opraveným čtyřkyvadlovým Fechnerovým přístrojem provedl na náklady ZÚ měření zemské tíže v Harzu a velmi důležité připojení Prahy na Postupim (výchozí bod světové tíhové soustavy). Přesné výsledky, významné pro tehdejší ČSSR i NDR, obhájil jako kandidátskou práci v r. 1960. Docentskou habilitační práci, vypracovávanou od r. 1954, „Určení tížnicových odchylek na čtyřech Laplaceových bodech v ČSR" nesměl pro tajnost údajů předložit a publikovat. Od června r. 1957 do konce r. 1959 se účastnil v rámci Mezinárodního geofyzikálního roku astronomických měření velkým cirkumzenitálem. Kromě několika publikovaných článků hlavně vydal (přes kladené překážky) skripta „Geofyzika", I. díl, r. 1982 (jako první v ČSSR a bez zahraničních vzorů, další dva díly nebyly povoleny). Od r. 1974 (po získání peněz od ministerstva školství na nákup slapového gravimetru Askania Gs 15) se věnoval i náročnému vědeckému výzkumu zemských slapů v oboustranně výhodné spolupráci s VÚGTK. Podpora katedry byla nulová. Ve spolupráci také provedl slapová měření v Sofii (1981 až 82) a v Budapešti (1985). Mnoho závažných článků týkajících se výsledků měření slapovým gravimetrem Gs 15, Nr. 228, bylo publikováno nejen v geofyzikálních sbornících, ale i publikacích VÚGTK a zahraničních časopisech. Výsledky značně přispěly i k vylepšení dřívějších výsledků slapových měření na stanici Pecný a k jejímu mezinárodnímu uznání. Do důchodu odešel v r. 1985.

**Výročie 50 rokov:**
11. januára 2003 – **Ing. Karol Ďungel,** riaditeľ Strednej geodetickej školy v Bratislave. Rodák zo Žiliny. Po skončení odboru geodézia a kartografia (GaK) na Stavebnej fakulte (SvF) Slovenskej vysokej školy technickej (SVŠT) v Bratislave v roku 1977 nastúpil do Inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu, n. p., Žilina, závod Bratislava, kde vykonával vytyčovanie a meranie prieskumných diel a meranie zosunov. V roku 1979 prešiel do Hydrostavu, n. p., útvar zodpovedného geodeta pre Sústavu vodných diel Gabčíkovo–Nagymaros, kde vykonával vytyčovacie práce, meranie posunov a pretvorení a pod. V roku 1984 prišiel do rezortu GaK, a to do Správy geodézie a kartografie (SGK) v Bratislave do funkcie referent na tvorbu základnej mapy veľkem mierky. 1. 1. 1985 bol vymenovaný za vedúceho Strediska geodézie Bratislava – mesto SGK v Bratislave, kde sa zaslúžil o rozvoj automatizácie evidencie nehnuteľností, neskôr katastra nehnuteľností. V rámci reštrukturalizácie rezortu Slovenského úradu GaK prešiel 1. 1. 1993 do Katastrálneho úradu v Bratislave do funkcie zástupcu prednostu. Tu stál pri zrode vektorovej katastrálnej mapy. V terajšej funkcii pôsobí od 1. 7. 1994 a veľkú pozornosť venuje tvorbe nových učebných osnov a modernizácii učebných plánov. Od roku 1995 je členom Komory geodetov a kartografov a od roku 1996 členom jej skúšobnej komisie. Ďalej je členom Kolégia predsedu Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (SR), členom odbornej komisie pre skupinu odborov stavebníctvo a GaK pri Štátnom inštitúte odborného vzdelávania Ministerstva školstva SR a bol členom komisie pre obhajoby diplomových prác študijného odboru GaK SvF SVŠT. Je autorom príspevkov na seminároch a 8 zlepšovacích návrhov.

16. ledna 2003 – **Ing. Milan Bajer, CSc.,** rodák z Vrchlabí. Maturoval na gymnáziu v Kladně roku 1972, studia na oboru geodézie a kartografie Stavební fakulty ČVUT v Praze ukončil roku 1977. Po roční stáži na katedře speciální geodézie prošel praxí v podnicích SUDOP Praha a Chemoprojekt Praha. Roku 1981 byl přijat jako odborný asistent na stejné katedře, kde též roku 1985 obhájil kandidátskou dizertační práci na téma analýzy posunů a přetvoření. Ve své odborné práci se věnuje především tvorbě programů pro oblast počítačového zpracování dat úloh inženýrské geodézie. Je autorem a spoluautorem několika výukových skript.

**Výročí 60 let:**
27. ledna 2003 – **Ing. Ludmila Matějíčková.** Narodila se v Praze. Absolventka oboru geodézie a kartografie Stavební fakulty (FSv) ČVUT v Praze z roku 1967. Po ukončení studia pracovala jako geodet na stavbě dálnice u Vojenských staveb Praha. Roku 1969 nastoupila řádnou aspiranturu na FSv ČVUT v oblasti laserů; obhajoba předložené práce jí však nebyla z politických důvodů povolena. Od roku 1975 působila v provozu Geodézie, Praha pro výstavbu metra. V roce 1988 přešla k tehdejšímu Geodetickému a kartografickému podniku, Praha. Od roku 1995 je odbornou asistentkou katedry speciální geodézie FSv ČVUT. Z oboru inženýrské geodézie a aplikací laserů publikovala samostatně nebo jako spoluautorka asi tři desítky prací, některé z nich i v GaKO.

18. februára 2003 – **Ing. Andrej Tóth,** konateľ spoločnosti GEODAT, s. r. o., Prešov. Narodil sa v Luhyni (okres Trebišov). Po absolvovaní odboru geodézia a kartografia (GaK) na Stavebnej fakulte (SvF) Slovenskej vysokej školy technickej (SVŠT) v Bratislave v roku 1968 nastúpil do Inžinierskej geodézie, n. p., Bratislava, závod Prešov, od roku 1973 Geodézia, n. p., Prešov. Tu pracoval ako vedúci meračskej čaty, od roku 1974 vedúci kontrolór oddelenia technickej kontroly a od roku 1978 vedúci oddielu inžinierskej geodézie. V roku 1976 získal opravnenie na výkon funkcie zodpovedného geodeta (ZG) a v rokoch 1976 až 1979 absolvoval postgraduálne štúdium odboru GaK na SvF SVŠT. V roku 1980 prešiel do Energoprojektu Praha, pracovisko Košice, ako vedúci ZG. V rokoch 1982 až 1991 pracoval v Pozemných stavbách, n. p., Prešov ako ZG a od roku 1986 ako vedúci inžinier projektoval správy. Tu sa zúčastnil aj geodetických prác v Iraku (odvodňovanie a zavlažovanie pozemkov na ploche 18 000 hektárov, vytyčovacie práce, mapovanie v mierke 1 : 2500) ako vedúci geodetického oddelenia na stavbe Abu Ghraib. V roku 1992 založil spoločnosť GEODAT, ktorú úspešne vedie. Je zakladajúcim členom Komory geodetov a kartografov (KGK) a v rokoch 1996 a 1997 členom jej Predstavenstva. V roku 1996 stál pri vzniku Bulletinu KGK „Slovenský geodet a kartograf" a od roku 1997 je predsedom jeho redakčnej rady. Od 1. 9. 2002 pôsobí ako učiteľ Strednej priemyselnej školy stavebnej v Prešove pre odbor geodézia.

**Výročie 65 rokov:**
10. januára 2003 – **Ing. Viliam Kemény,** samostatný odborný referent pozemkových úprav, registrov a špeciálnych úloh katastrálneho odboru (KO) Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (ÚGKK SR). Narodil sa v Plášťovciach (okres Levice). Po maturite na Jedenásťročnej strednej škole v Šahách nastúpil 20. 8. 1956 do Oblastného ústavu geodézie a kartografie v Žiline, Okresné meračské stredisko v Banskej Bystrici, kde pracoval do 6. 8. 1960. Potom študoval zememeračské inžinierstvo na Stavebnej fakulte Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave. Po jeho skončení v roku 1965 nastúpil do Ústavu geodézie a kartografie (od 1. 1. 1968 Oblastný ústav geodézie) v Bratislave, kde najskôr pracoval ako vedúci čaty na mapovacích prácach. V roku 1967 pôsobil ako vedúci rajónu Stredisko geodézie (SG) v Leviciach, detašované pracovisko v Šahách. V tejto funkcii pokračoval aj v SG Bratislava-vidiek (1968 až 1970) a od 1. 1. 1971 do 31. 12. 1972 ako vedúci tohto SG. 1. 1. 1973 prešiel do Geodézie, n. p., (od 1. 7. 1989 š. p.) Bratislava, kde až do 31. 12. 1990 vykonával funkcie: vedúci prevádzky a zástupca vedúceho prevádzky evidencie nehnuteľností (EN), opäť vedúci prevádzky EN, špecialista pre EN a vedúci riadenia výroby. V rámci reštrukturalizácie rezortu Slovenského úradu geodézie a kartografie (SÚGK) prešiel 1. 1. 1991 do Správy geodézie a kartografie (SGK) v Bratislave do funkcie zástupcu riaditeľa SGK. Široká odborná činnosť v organizáciách rezortu SÚGK a dobré organizačné schopnosti prispeli k tomu, že 21. 12. 1992 bol vymenovaný za riaditeľa odboru katastra SÚGK a od roku 1993 za riaditeľa technického katastrálneho odboru ÚGKK SR. Od 1. 2. 1998 až do odchodu do dôchodku

t. j. do 31. 1. 2000 vykonával funkciu zástupcu riaditeľa KO. Je publikačne činný. Je autorom 4 zlepšovacích návrhov a zúčastňoval sa na tvorbe technických predpisov z oblasti EN a mapovania. V terajšej funkcii pôsobí od 1. 2. 2000.

22. března 2003 – **Ing. Pavel Měchura,** rodák z Prahy. Vojenskou střední školu s maturitou ukončil v r. 1959 v Bratislavě. Po absolvování Vojenské akademie v Brně – obor geodézie a kartografie – působil v odborných velitelských a řídících funkcích čs. armády. V r. 1977 přešel na Český úřad geodetický a kartografický, kde působil ve funkci vedoucího oddělení technického odboru. Od roku 1982 přešel do Geodetického ústavu v Praze (později Geodetický a kartografický podnik (GKP)) do funkce hlavního kontrolora. Tuto funkci úspěšně vykonával ve sloučeném GKP do 31. 12. 1987. Od roku 1988 vykonával funkci ekonomického náměstka ředitele GKP. V letech 1971 až 1973 absolvoval postgraduální studium z oboru geodézie a kartografie a v letech 1982 až 1985 postgraduální studium na Vysoké škole ekonomické – obor ekonomika řízení průmyslu.

**Výročí 70 let:**

22. ledna 2003 – **Ing. Jindřich Rozporka,** dřívější vedoucí provozu mapování bývalé Geodézie Liberec. Po absolvování Vojenské akademie v Brně nastoupil v roce 1956 k Oblastnímu ústavu geodézie a kartografie v Liberci, kde pracoval na topografickém a účelovém mapování a na údržbě trigonometrické sítě. V roce 1962 byl vyslán s prvními československými geodety na Kubu, kde působil dva roky jako hlavní měřič na hlubinných a povrchových dolech. Získané jazykové a odborné zkušenosti využil na Kubě ještě v letech 1966–1968 a 1974–1977, kdy mj. zastával i funkci poradce ředitele Kubánského ústavu geodézie a kartografie při budování katastru a mapování. Jeho práce byla oceněna rezortními vyznamenáními.

30. ledna 2003 – **Ing. Vladimír Simonov,** narozený v Brně. Absolvoval zeměměřické studium na bratislavské Slovenské vysoké škole technické v r. 1959 a nastoupil u Geodetického ústavu v Bratislavě. Jeho pracovní začátky jsou spojeny s budováním zařízení na bodech čs. trigonometrické sítě. V roce 1964 přešel do Oblastního ústavu geodézie a kartografie v Brně. Podílel se na zřizování podrobných bodových polí, tvorbě map velkých měřítek, geodetických pracích na stavbě dálnice Praha–Bratislava. V roce 1972 se stal vedoucím oddílu technicko-hospodářského mapování, od r. 1976 až do r. 1988 byl vedoucím oddělení technické kontroly (v letech 1982–83 působil jako geodet v Iráku). V r. 1988 byl vedením resortu jmenován cenovým gestorem oboru geodetických a kartografických prací. Tuto nepopulárně vnímanou funkci, která v sobě nesla konflikty tehdejšího hospodářského systému, ukončily nové politické a ekonomické poměry po r. 1989. V roce 1991 se stal zástupcem ředitele Krajské geodetické a kartografické správy pro Jihomoravský kraj v Brně, se vznikem katastrálních úřadů v r. 1993 byl jmenován ředitelem Katastrálního úřadu (KÚ) Brno-město. Z této funkce odešel v r. 1996 do důchodu, ale s KÚ dále spolupracoval na úseku kontroly a přejímání státních zakázek podrobných bodových polí prováděných podnikatelskými organizacemi. Aktivně pracoval v odborné skupině mapování Československé vědeckotechnické společnosti (ČSVTS) a organizačně se podílel na pořádání mnoha odborných akcí brněnské pobočky ČSVTS.

2. února 2003 – **Ing. Zbyněk Žižka,** dřívější náměstek předsedy Českého úřadu zeměměřického a katastrálního, rodák z Bílé Třemošné. Je absolventem reálného gymnázia ve Dvoře Králové nad Labem, ve studiu pokračoval na Zeměměřické fakultě ČVUT v Praze, kde byl v roce 1956 promován zeměměřickým inženýrem. Poté prožil velkou část života na severu Čech v Liberci, kde prováděl topografické mapování v měřítkách 1 : 5 000 a 1 : 10 000, řídil práce na mapových podkladech pro meliorace a závlahy, mapování velkých měřítek, technicko-hospodářském mapování a tvorbě Základní mapy velkého měřítka i práce v evidenci nemovitostí. Od roku 1962 pracoval jako provozní inženýr, po reorganizaci resortu v roce 1968 jako vedoucí výroby odštěpného závodu 04 Liberec podniku Inženýrská geodézie v Praze. V roce 1972 byl jmenován technicko-výrobním náměstkem podniku Geodézie, Liberec. Tuto funkci zastával 18 let. V roce 1962 se podílel na vypracování koncepce technicko-hospodářského mapování ve velkých měřítkách. V roce 1975 pracoval jako vedoucí pracovní skupiny pro řešení výzkumného úkolu o uplatnění nových inovačních záměrů v oblasti tvorby dekadických map velkých měřítek a v evidenci nemovitostí. Koncem roku 1990 přešel na Český úřad geodetický a kartografický v Praze, kde byl jmenován do funkce náměstka předsedy úřadu. Podílel se na přípravě všech základních dokumentů úřadu z oblasti technické, ekonomické i legislativní. Nemalou úlohu sehrál i v přípravě realizace reformy resortu a při uvádění nových zákonných norem do života k 1. 1. 1993. Byl dlouholetým členem státní zkušební komise ČVUT v Praze pro závěrečné zkoušky absolventů oboru geodézie a kartografie.

11. března 2003 – **Ing. Zdena Slatinková,** dřívější samostatný výzkumný a vývojový pracovník v Geodézii, Liberec. K resortu nastoupila v roce 1952 jako maturantka. Po dvouleté praxi odešla na studium vysoké školy (Zeměměřická fakulta ČVUT) a po jejím absolvování v r. 1959 se vrátila k podniku (tehdy Oblastní ústav geodézie a kartografie, Liberec). Byla vyslána jako první žena z resortu v letech 1975–77 jako expert na Kubu. Za dosahované pracovní výsledky jí byla udělena nejvyšší podniková a resortní vyznamenání.

13. března 2003 – **Doc. Ing. Mojmír Švec, CSc.,** rodák z Prahy. Po absolvování Zeměměřické fakulty ČVUT v Praze roku 1957 nastoupil do praxe k tehdejšímu Státnímu ústavu pro projektování vodohospodářských staveb – Hydroprojekt v Praze. Jeho hlavním zaměřením se stalo měření posunů přehrad. Roku 1964 přešel na katedru speciální geodézie FSv ČVUT v Praze na místo odborného asistenta se specializací inženýrské geodézie. Roku 1972 obhájil kandidátskou disertační práci z problematiky přesné mikrotriangulace pro sledování posunů staveb. V roce 1982 byl jmenován docentem geodézie a převzal přednášky v oboru stavební geodézie pro posluchače negeodetických zaměření. Je spoluautorem 3 skript a autorem zhruba 50 odborných prací v časopisech a sbornících z konferencí z oboru inženýrské geodézie. V současnosti zastává funkci zástupce vedoucího katedry.

16. března 2003 – **Ing. Marie Matzkeová,** dříve vedoucí pracovnice fotogrammetrického oddílu Geodézie, Brno. Zeměměřické studium absolvovala na Vojenské akademii v Brně, v r. 1956 nastoupila do Oblastního ústavu geodézie a kartografie v Brně a většinu své praktické činnosti věnovala využití fotogrammetrie v zeměměřické praxi. Veřejně působila v Československé vědeckotechnické společnosti jako členka výboru odborné skupiny fotogrammetrie a dálkového průzkumu Země. Její práce odborná i veřejná byla vždy uznávána a vysoce hodnocena.

**Výročí 75 let:**

9. ledna 2003 – **Ing. František Klimecký,** dřívější vedoucí fotogrammetrického oddílu Geodézie Brno, u jehož založení a uvedení do provozu v r. 1958 stál. Pod jeho dlouholetým vedením dosáhl oddíl význačných pracovních úspěchů jak v oblasti mapování, tak i při speciálních aplikacích fotogrammetrie v národním hospodářství. Jako zlepšovatel je autorem dvou patentů zavedených do výroby. Jeho práce byla vždy po zásluze vysoce hodnocena.

30. ledna 2003 – **Ing. Slavoj Kádner, CSc.,** absolvent zeměměřického studia na ČVUT v Praze z roku 1951. Veřejnosti je znám jako význačný pracovník inženýrské geodézie a bývalý hlavní geodet resortu Federálního ministerstva dopravy, kde působil od roku 1965. Významná byla jeho činnost v Československé vědeckotechnické společnosti, kde byl dlouhou dobu členem Ústředního výboru společnosti pro geodézii a kartografii. Aktivní pořadatel konferencí železniční geodézie. Po roce 1989 se stal spoluzakladatelem a prvním předsedou Komory geodetů a kartografů. Je autorem řady publikací, spoluautorem knihy Železniční geodézie.

9. února 2003 – **Ing. František Šilar, CSc.,** rodák z Písečné (okr. Ústí n. Orlicí). Zeměměřické inženýrství vystudoval na Vysoké škole speciálních nauk ČVUT v Praze a dokončil je v r. 1951. Praktickou činnost zahájil v Oblastním ústavu geodézie a kartografie v Hradci Králové, později v Pardubicích. Pro své vysoké odborné kvality byl v r. 1964 povolán do Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického (VÚGTK) v Praze, kde vykonával nejprve studijní, pak výzkumnou činnost a funkci vedoucího výzkumného oddělení. V r. 1973 byl jmenován do funkce hlavního geodeta pro pražské metro a zastával ji až do r. 1980. Po krátkém působení na tehdejším ČÚGK pracoval od r. 1984 opět ve VÚGTK ve funkci vedoucího výzkumného oddělení. Jeho publikační a přednášková činnost zahrnuje více jak 50 vědeckých a odborných prací a přes 60 referátů přednesených či publikovaných v tuzemsku a zahraničí. Aktivně se podílel na mezinárodní vědeckotechnické spolupráci. Za svoji činnost (i v Československé vědeckotechnické společnosti) byl oceněn mnoha vyznamenáními.

21. února 2003 – **Ing. Jan Rambousek,** dřívější vedoucí oddělení geodetických základů Výzkumného ústavu geodetickho, topografického a kartografického (VÚGTK). Narodil se v Praze, v letech 1939 až 1947 studoval na reálném gymnáziu v Plzni a v roce 1951 ukončil studium zeměměřického inženýrství na ČVUT v Praze. V resortu geodézie a kartografie pracuje od února 1954 (tehdejší Geodetický a topografický ústav v Praze). Zúčastnil se observací na Laplaceových bodech v Československé astronomicko-geodetické síti (ČSAGS), budování mezinárodní sítě délkových rozdílů a vedl zpracování Katalogu astronomických bodů ČSAGS. Od roku 1955 se aktivně podílel na budování Geodetické observatoře Pecný a koncepci vědeckovýzkumné činnosti. Po organizačním začlenění observatoře do VÚGTK pracoval ve funkci vedoucího výzkumného oddělení geodetické astrono-

mie. Od r. 1983 byl vedoucím výzkumného oddělení geodetických základů. Věnoval se rovněž praktické výuce zahraničních odborníků. V současné době pracuje na ČÚZK ve funkci předkladatele.

26. února 2003 – **Ing. Jiří Sedlák,** bývalý vedoucí Střediska geodézie v Blansku. Po absolvování lesního inženýrství na Vysoké škole zemědělské v Brně pracoval u Geoplánu, poté u Oblastního ústavu geodézie a kartografie v Brně; jeho činnost byla vysoce hodnocena.

**Výročie 80 rokov:**

1. januára 2003 – **Ing. Ján Škoda.** Rodák z Kútov (okres Senica). Po absolvovaní zememeračského inžinierstva na odbore špeciálnych náuk Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave nastúpil v roku 1948 do Povereníctva techniky, kde vykonával stavebnomeračské práce. V roku 1949 prechádza do zememeračského oddelenia technického referátu Krajského národného výboru v Banskej Bystrici. Po vzniku rezortu geodézie a kartografie v roku 1954 prišiel do Žiliny, ktorej zostal verný dodnes. Pracoval v Oblastnom ústave geodézie a kartografie (od roku 1960 Ústav geodézie a kartografie) ako vedúci čaty, oddielu, prevádzky a vo vedúcich funkciách na úseku prípravy výroby a plánovania. V roku 1966 získal druhý titul – ekonomický inžinier. Od roku 1968 až do odchodu do dôchodku, t. j. do 31. 12. 1986 vykonával funkciu ekonomického námestníka riaditeľa Inžinierskej geodézie, n. p., Bratislava – závod Žilina a od roku 1973 Geodézie, n. p., Žilina. Popri spomenutej aktivite externe vyučoval na Strednej priemyselnej škole stavebnej v Žiline geodetické predmety. Je nositeľom rezortných vyznamenaní.

10. januára 2003 – **Ing. Ondrej Michalko.** Narodil sa vo Važci (okres Liptovský Mikuláš). Zememeračské inžinierstvo skončil na odbore špeciálnych náuk Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave s vyznamenaním. 1. 7. 1948 nastúpil do Fotogrametrického ústavu pre Slovensko v Bratislave, kde pracoval ako fotogrameter, vedúci fotogrametrickej smeny a neskôr (1953 až 1955) ako organizátor a vedúci detašovanej kartografickej zložky Slovenského zememeračského a kartografického ústavu v Modre-Harmónii. Od roku 1956 bol poverovaný zodpovednými hospodárskymi funkciami, pričom mu boli zverované také úseky, ktoré vyžadovali budovanie a tvorenie: hlavný inžinier Geodetického, topografického a kartografického ústavu v Bratislave (1956 až 1958), námestník predsedu Správy geodézie a kartografie na Slovensku (1958 až 1959), riaditeľ Geodetického ústavu v Bratislave (1959 až 1965 – z toho v rokoch 1962 až 1964 riaditeľ Ústavu geodézie a kartografie v Prešove), riaditeľ celoštátneho Kartografického a geodetického fondu v Bratislave (1966 a 1967) a po vzniku národných podnikov v rezorte geodézie a kartografie v roku 1968 riaditeľ Inžinierskej geodézie, n. p., Bratislava. Od 6. 2. 1969 do 30. 6. 1989, t. j. do odchodu do dôchodku, bol vo funkcii predsedu Slovenského úradu geodézie a kartografie (SÚGK). V roku 1969 získal druhý titul – ekonomický inžinier. Ako predsedu SÚGK veľkú starostlivosť venoval zavádzaniu automatizácie a progresívnych technológií v organizáciách rezortu. Výsledky jeho starostlivosti o rozvoj vedeckej a výskumnej činnosti v rezorte majú konkrétny prejav v zriadení Výskumného ústavu geodézie a kartografie v Bratislave. Je publikačne činný. Za zásluhy o rozvoj geodézie a kartografie a za organizačné vybudovanie rezortu SÚGK mu boli udelené mnohé vyznamenania.

16. ledna 2003 – **Ing. Vladislav Pospíšil,** bývalý technický náměstek Geodézie, Pardubice, nositel resortního vyznamenání z roku 1957. Byl členem výboru závodní pobočky a členem Krajského výboru dřívější Československé vědeckotechnické společnosti.

12. února 2003 – **Ing. Vladimír Vahala, DrSc.,** dřívější ředitel Geografického ústavu Československé akademie věd (ČSAV). V letech 1953–58 absolvoval geodetický obor na Vojenské akademii v Brně. V letech 1960–78 pracoval v topografickém oddělení Ministerstva národní obrany, v roce 1969 byl ustaven do funkce jeho náčelníka, kde působil do r. 1978. Po ukončení činné vojenské služby byl jmenován v roce 1978 ředitelem Geografického ústavu ČSAV v Brně, se kterým spolupracoval i po odchodu na odpočinek. V r. 1971 obhájil kandidátskou a v r. 1981 doktorskou disertační práci. Byl odpovědným redaktorem Vojenského zeměpisného atlasu. Dále byl členem Kolegia geologie a geografie ČSAV a dalších vědeckých orgánů a komisí.

16. marca 2003 – **Ing. Štefan Fekiač.** Narodil sa v Kriváni (okres Detva). Od skončenia zememeračského inžinierstva na odbore špeciálnych náuk Slovenskej vysokej školy technickej v Bratislave v roku 1946 nepretržite pracoval v štátnej zememeračskej službe. Najskôr pracoval v Inšpektoráte katastrálneho vymeriavania v Martine. V roku 1950 prišiel do Bratislavy, kde pracoval do 30. 6. 1991. Pôsobil v Slovenskom zememeračskom a kartografickom ústave, v Geodetickom, topografickom a kartografickom ústave, v Geodetickom ústave, v Ústave geodézie a kartografie, v Inžinierskej geodézii, n. p., od roku 1973 v Geodézii, n. p. a š. p. Vďaka svojím vynikajúcim organizačným schopnostiam prešiel postupne od vedúceho čaty cez vedúceho oddielu, prevádzky, hlavného inžiniera, zástupcu a námestníka riaditeľa po riaditeľa. Funkciu riaditeľa vykonával neptretržite od 1. 1. 1969 do 31. 12. 1987. Pod jeho vedením Geodézia, n. p., Bratislava sa zaradila medzi popredné podniky rezortu. Nemožno nespomenúť jeho aktívnu činnosť vo vedecko-technickej spoločnosti. Od 1. 1. 1988 do 30. 6. 1991 odovzdával svoje bohaté skúsenosti vo funkcii vedúceho útvaru riadenia výroby Geodézie, n. p. Je nositeľom mnohých vyznamenaní.

**Výročí 90 let:**

26. ledna 2003 – **Miloš Diviš.** Narodil se v Praze. V roce 1954 byl jedním z prvních zakládajících pracovníků vznikajícího Kartografického a reprodukčního ústavu v Praze (nyní Kartografie a. s.). Vzhledem k dlouholetým praktickým a teoretickým znalostem se stal vedoucím technické redakce podniku a významně se podílel na vývoji a stabilizaci technologií kresby a reprodukce mapových děl. Rozhodující byl i jeho podíl na přípravě a výchově nových pracovníků. Byl redaktorem a měl i podstatný autorský podíl na vzniku reprezentativních publikací „Mapování a měření českých zemí – I. a III. díl", které jsou dosud jedním ze základních zdrojů informací o historii oboru. Podílel se na vzniku řady významných, dosud nepřekonaných kartografických publikací jako např.: Atlas československých dějin, Národní atlas ČSR z konce šedesátých let, 30 titulů souboru „Poznáváme svět", metodické koncepci Jednotné soustavy školních kartografických pomůcek aj. Začátkem sedmdesátých let řídil oddělení odbytu Kartografie Praha a později listinnou dokumentaci a archiv. Na odpočinek odešl v 82 letech. Důkladné je jeho všeobecné kulturní vzdělání, které uplatnil při lektorské a poznávací vlastivědné činnosti a dosud je uplatňuje jako znalec při přípravě kulturně-poznávacích zájezdů v rámci své činnosti – jako předseda klubu seniorů. Je známý jako skvělý znalec výtvarného umění a malíř, dosud se aktivně věnuje svým zálibám, přednáší o výtvarném umění a jako radioamatér udržuje spojení prakticky se všemi kontinenty.

Blahoželáme!

**Z ďalších výročí pripomíname:**

7. ledna 1913 – před 90 lety se narodil **Ing. Antonín Reigl,** v aktivní službě u OÚGK (pozdější n. p. Geodézie, Brno), nejprve vedoucí kartografického oddílu a technický kontrolor, potom vedoucí Střediska geodézie v Rosicích. Bohatá byla jeho činnost veřejná a tělovýchovná, ohodnocená mnoha vyznamenáními. Po brigádnické výpomoci u podniku odešel na definitivní odpočinek v r. 1976. Zemřel 28. 12. 1995 v Ivančicích.

15. januára 1908 – pred 95 rokmi sa narodil v Liptovskom Hrádku (okres Liptovský Mikuláš) – **prof. dr. Ing. František Kuska.** Zememeračské inžinierstvo skončil na Českom vysokom učení technickom v Prahe (ČVUT) v roku 1933 a nastúpil do Katastrálneho meračského úradu (KMÚ) v Krupine. V roku 1939 odchádza za prednostu KMÚ do Prievidze. V roku 1946 získava na ČVUT titul doktora technických vied (dr.) 1. 1. 1947 prichádza na Slovenskú vysokú školu technickú v Bratislave (SVŠT) ako mimoriadny profesor pre odbor vyššej geodézie (VG), kde buduje Ústav VG. V roku 1966 bol vymenovaný za riadneho profesora. Okrem členstva v rôznych vedeckých a odborných radách vykonával aj akademické funkcie. V školskom roku 1949/1950 vykonával funkciu dekana na odbore špeciálnych náuk a v rokoch 1955 až 1958 funkciu prodekana Fakulty inžinierskeho staviteľstva SVŠT. Zaslúžil sa o rozvoj geodézie a kartografie na Slovensku a vychoval rad vedeckých a odborných pracovníkov. Bol najplodnejším autorom študijnej literatúry na odbore geodézia a kartografia a autorom prvých knižných publikácií v slovenčine z oblasti VG a matematickej kartografie. Vydal 4 učebnice (knihy), napísal 7 dočasných učebníc, viacero článkov a má zásluhy na tvorbe slovenskej odbornej terminológie. Do dôchodku odišiel v roku 1973. Bol nositeľom viacerých vyznamenaní. Zomrel 6. 8. 1994 v Bratislave.

18. ledna 1928 – před 75 lety se narodil **Prof. Ing. Vladislav Hojovec, DrSc.,** dřívější vedoucí katedry mapování a kartografie na Fakultě stavební (FSv) ČVUT v Praze. Po studiích na Zeměměřické fakultě ČVUT nastoupil jako asistent u prof. F. Fialy a věnoval se pedagogické dráze. Zastával některé akademické funkce, byl např. proděkanem Fakulty stavební. Jeho hlavním oborem byly teoretické otázky kartografického zobrazování; z tohoto oboru obhájil v roce 1981 doktorskou disertační práci na téma „Metodika nových kartografických zobrazení a jejich optimalizace" a tomuto oboru je věnována také větší část jeho publikační činnosti. Zabýval se též problémy výpočetní techniky, zejména pak automatizací zobrazovacích a výpočetních prací. Z tohoto oboru zavedl přednášky na směru geodézie a kartografie, zpracoval potřebná skripta, byl vedoucím kolektivu autorů vysokoškolské učebnice „Kartografie". Byl členem mnoha vědeckých a odborných institucí. Velmi rozsáhlá je jeho publikační čin-

nost, čtenářům našeho časopisu je znám z mnoha článků. Za svoji pedagogickou činnost byl jmenován „Zasloužilým učitelem" a obdržel další vyznamenání a čestná uznání. Zemřel na jaře roku 2002 v Praze.

21. ledna 1913 – před 90 lety se ve Vejprnicích u Plzně narodil **Ing. František Štorkán,** dlouholetý výkonný a vedoucí redaktor našeho odborného časopisu. Po studiích pracoval v katastrální měřické službě, od roku 1954 pracoval na tehdejší ÚSGK, odkud přešel v r. 1959 do VÚGTK na funkci vedoucího odd. VTEI. Tím získal dobré předpoklady k práci redaktora a v této funkci se zasloužil o dobrou úroveň časopisu. Z jeho četné publikační činnosti uveďme alespoň „Kartografické tabulky" vydané v SNTL. Za svoji obětavou a přesnou práci byl vyznamenán řadou uznání a čestných titulů. Zemřel 11. 12. 1985 v Praze.

23. ledna 1923 – před 80 lety se v Bratislavě narodil **Ing. Arnošt Poláček,** bývalý dlouholetý vedoucí oddělení projekce a přípravy výroby u Oblastního ústavu geodézie a kartografie a n. p. Geodézie Brno. Zde uplatňoval bohaté zkušenosti z předcházející praktické činnosti v oblasti mapování a inženýrské geodézie. Za okupace byl rasově persekuován, skrýval se před zatčením, což podlomilo jeho zdraví. Zemřel předčasně 2. 8. 1976 v Brně.

25. ledna 1913 – před 80 lety se narodil **Ing. Jan Otisk,** v činné službě pracovník a vedoucí odd. technické kontroly u Oblastního ústavu geodézie a kartografie, Brno (1954–67), Geodézie, n. p., Brno (1973–76), dále jako ředitel výrobního úseku u n. p. Inženýrská geodézie Brno (1968–71). V době okupace byl persekuován a vězněn (1942–43); potom byl činný v odbojové skupině Wolfram, za což byl vyznamenán (1947). Od roku 1976 žil na odpočinku v Brně. Zemřel 20. 3. 1994 v Boskovicích.

2. února 1908 – před 95 lety se v Praskolesích u Plzně narodil **Prof. Ing. Dr. Václav Krumphanzl,** profesor geodézie na směru geodézie a kartografie Fakulty stavební (FSv) ČVUT v Praze, jeden ze spoluzakladatelů vědního oboru inženýrské geodézie. Roku 1953 se stal autorem první čs. učebnice tohoto zaměření, po níž následovaly další dvě. Jako většina jeho současníků začínal svoji praktickou dráhu u katastrální měřické služby na Slovensku. Později, v roce 1939 přešel do triangulační kanceláře Ministerstva financí a v r. 1943 do podniku ČKD Praha. Zde se již plně věnoval oboru inženýrská geodézie, který pak od roku 1952 přednášel externě na ČVUT a na Slovenské vysoké škole technické v Bratislavě. V té době pracoval již ve Výzkumném ústavu geodetickém, topografickém a kartografickém. V r. 1958 byl jmenován docentem na ČVUT a přešel na školu jako pedagog. V r. 1961 byl jmenován řádným profesorem. Zastával akademické funkce vedoucího katedry a proděkana pro vědu a výzkum na FSv. Bohatá byla jeho činnost publikační, čítající přes 100 titulů. Stejně bohatá byla i jeho činnost veřejná v Československé vědeckotechnické společnosti; působil rovněž jako president VI. Komise FIG v r. 1968–1971. Zemřel 5. 4. 1986 v Praze.

6. února 1923 – před 80 lety se ve Vyškově na Moravě narodil **Ing. Jan Stránský,** dlouholetý pracovník Českého úřadu geodetického a kartografického. Na ČÚGK pracoval do konce června 1988, kdy odešel do důchodu. Zemřel dne 12. 11. 1988 v Praze.

5. februára 1918 – pred 85 rokmi sa narodil v Polianke (od roku 1948 Košická Polianka v okrese Košice – okolie) **Ing. Jakub Pach.** Zememeračské inžinierstvo študoval na odbore špeciálnych náuk Slovenskej vysokej školy technickej (SVŠT) v Bratislave. Po jeho skončení v roku 1942 pôsobil v školskom roku (šk. r.) 1942/1943 ako asistent na oddelení zememeračského inžinierstva SVŠT. V rokoch 1943 až 1947 pracoval v Katastrálnom meračskom úrade v Bratislave. V roku 1947 odchádza do Košíc na Štátnu vyššiu vodohospodársku školu. V roku 1950 sa stal jej riaditeľom a budoval odbor geodézia. Jeho zásluhou škola v šk. r. 1953/1954 dostáva názov Priemyselná škola stavebná a zememeračská, od roku 1960 Stredná priemyselná škola stavebná a zememeračská. Funkciu riaditeľa vykonával do roku 1967. Zaslúžil sa o budovanie a rozvoj Strednej priemyselnej školy stavebnej (SPŠS) v Košiciach (názov od roku 1977) s odborom geodézia. Bol autorom učebnice „Geodézia" (Bratislava, SVTL 1961) pre SPŠS odbor geodézia. Zomrel 20. 1. 1972, pochovaný je v Košiciach.

21. februára 1903 – pred 100 rokmi sa narodil v Dobšinej (okres Rožňava) **Martin Turzák.** V rokoch 1923 a 1924 pôsobil ako učiteľ asistent na Vyššej priemyselnej škole v Bratislave a v Košiciach. Od roku 1924 pracoval ako dôstojník – mapovač, kartograf vo Vojenskom zemepisnom ústave v Banskej Bystrici. Po jeho presťahovaní v roku 1943 do Bratislavy bol jeho veliteľom. V Bratislave pôsobil aj neskôr. Ako skúsený topograf pracoval na tvorbe máp stredných mierok, a to v rokoch 1950 až 1957 v Slovenskom zememeračskom a kartografickom ústave, v Geodetickom, topografickom a kartografickom ústave, v Geodetickom ústave a od roku 1958 do svojej smrti v Oblastnom ústave geodézie a kartografie, od roku 1960 v Ústave geodézie a kartografie. Zomrel 24. 11. 1961 v Bratislave.

26. a 27. februára 1953 – pred 50 rokmi sa konal v Prahe **celoštátny** (česko-slovenský) **zememeračský aktív** zástupcov najdôležitejších pracovísk a vysokých škôl, na ktorom boli vytýčené perspektívy zememeračskej služby a odporúčané jej sústredenie do samostatného rezortu.

25. února 1923 – před 80 lety se narodil **Ing. Radim Kudělásek, CSc.,** významný fotogrammetrický pracovník. Vystudoval Vysokou školu technickou v Brně v r. 1949 a po absolvování základní vojenské školy vstoupil do aktivní služby v čs. armádě. V r. 1953 byl povolán na Vojenskou akademii v Brně, kde působil jako pedagog-učitel fotogrammetrie dlouhá léta. Fotogrammetrii věnoval celou svoji pedagogickou i vědeckou činnost. V r. 1961 obhájil kandidátskou disertační práci. Významná byla jeho veřejná činnost v tehdejší Československé vědeckotechnické společnosti (ČSVTS). Zasloužil se o vznik Společnosti pro geodézii a kartografii, byl členem a předsedou Krajského výboru, později členem předsednictva Ústředního výboru této společnosti a jejím úřadujícím předsedou. Byl členem Čs. fotogrammetrického komitétu a jeho vědeckým tajemníkem. Zastupoval Československo na mnoha kongresech Mezinárodní společnosti pro fotogrammetrii a dálkový průzkum Země. Jeho práce v armádě i v ČSVTS byla ohodnocena řadou vyzmanenání a čestných uznání. Zemřel 22. 7. 1996 v Brně.

29. února 1928 – před 75 lety se v Plzni narodil **Ing. Zdeněk Vrběcký,** dříve odborný asistent katedry mapování a kartografie, vedoucí laboratoře kartoreprodukce Fakulty stavební ČVUT v Praze. Zeměměřické inženýrství absolvoval na ČVUT v Praze. Po studiích pracoval delší dobu u Geologického průzkumu v Plzni. V roce 1961 přešel na vysokou školu a od počátku se věnoval otázkám reprodukční techniky. Vybudoval na katedře vzorné pracoviště mikrofilmové techniky. Jeho publikační činnost, řada článků a učební texty byly věnovány tomuto oboru. Zemřel tragicky 25. 5. 1992.

2. března 1913 – před 90 lety se narodil v Kuklenách (Hradec Králové) **Ing. dr. Václav Burda.** Obor zeměměřictví vystudoval na ČVUT v Praze a Vysoké škole technické v Brně. Po praxi civilního geometra působil v letech 1938 až 1975 jako geodet tehdejších Československých drah (ČSD). Kromě funkce odpovědného geodeta na významných železničních stavbách se věnoval oboru vědeckého řízení, byl autorem instruktážních filmů ČSD a mnoha odborných článků. Působil též jako externí učitel na Vysokém učení technickém v Brně. Zemřel 12. 2. 1982 v Brně.

7. března 1913 – před 90 lety se narodil **Ing. František Procházka,** spoluzakladatel a první ředitel Střední průmyslové školy zeměměřické v Praze (SPŠZ). V jejím čele stál od roku 1951 přes dvacet let. Po studiích na Universitě Karlově v Praze získal aprobaci profesora matematiky a deskriptivní geometrie. Později vystudoval dále zeměměřické inženýrství na ČVUT v Praze. V r. 1937 až 1946 vyučoval na SPŠ strojní a na reálce v Praze-Žižkově. Pro své vynikající pedagogické výsledky byl v roce 1946 povolán na Ministerstvo školství. V roce 1951 mu byl svěřen úkol vybudovat SPŠZ, který díky svým pedagogickým a organizačním schopnostem, úspěšně zvládl s poměrně malým kolektivem spolupracovníků. V krátké době se mu podařilo vybudovat školu dobré úrovně, zajištěnou dobře i materiálně. Přestože byl přísný a náročný na spolupracovníky i žáky, jeho nezištnost, obětavost a srdečné i upřímné jednání mu získaly všeobecnou oblibu. Jeho pracovní výsledky byly po zásluze příznivě oceňovány. Roku 1963 byl jmenován „Zasloužilým učitelem". Zemřel 27. 1. 1996.

11. března 1913 – před 90 lety se narodil **Doc. Ing. Dr. Oldřich Válka, CSc.,** vědecký pracovník VÚGTK v Praze, docent Vysokého učení technického (VUT) v Brně. Po studiích na Vysoké škole technické v Brně pracoval dlouhou dobu u katastrální měřické služby. Svými, na vysoké odborné úrovni zpracovávanými články, na sebe upozornil a v r. 1954 byl povolán do tehdy se zakládajícího Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického v Praze. Jeho rozsáhlá odborná a vědecká činnost byla zaměřena na automatizaci zeměměřických prací v celém rozsahu oboru. Mnoho úsilí věnoval prosazování racionálních postupů a technologií na střediscích geodézie. V r. 1974 přešel na katedru geodézie Stavební fakulty VUT Brno. Byl jmenován docentem a přednášel předměty programování, automatizace výpočtů, mapování a evidenci nemovitostí. Velmi rozsáhlá byla jeho publikační činnost. Jeho výzkumná činnost byla oceněna vyznamenáním „Za vynikající práci". Na odpočinek odešel roku 1984. Zemřel 23. 5. 1996 v Brně.

24. března 1928 – před 75 lety se v Brně narodil **Ing. Josef Borecký.** Vystudoval zeměměřictví na Vysoké škole technické v Brně (1951), v roce 1967 absolvoval studium francouzštiny pro zahraniční experty na Univerzitě 17. listopadu v Praze. Po roční praxi v Projektě Brno byl od r. 1954 zaměstnancem brněnské Geodezie, naposledy ve funkci vedoucího oddílu automatizovaného zpracování technicko-hospodářského mapování. Účastnil se zeměměřických prací ve Vietnamu, geodetických prací na transsaharské dálnici v Alžíru, Nigeru a Mali. Jeho expert OSN pracoval ve Rwandě a Džibuti ve funkci kartografa při sčítání lidu. O svých zahraničních zkušenostech a zážitcích přednášel na odborných akcích Československé vědeckotechnické společnosti a publikoval v GaKO. Po odchodu do důchodu v roce 1988 žil v Podivíně. Zemřel po těžkém úrazu 10. 3. 2002 v Brně.

# SPOLEČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST

## Novinka v řadě přístrojů GPS měla premiéru na Lesnické fakultě v Praze-Suchdole

528.344:629.783 GPS

V areálu Lesnické fakulty České zemědělské univerzity v Praze-Suchdole byla na říjnovém semináři v r. 2002, který uspořádala zdejší fakulta společně s firmami ARCData a Geotronics Praha, poprvé v České republice představena novinka v řadě přístrojů GPS GeoExplorere CE od firmy Trimble (obr.).

Nejnovější GeoExplorery jsou známé ve dvou verzích – GeoXT a GeoXM. Jejich součástí je už integrovaný počítač Windows CE a jelikož s oběma přístroji se pracuje především v terénu, doprovází je řada přívlastků jako například prachuvzdorný, nárazuvzdorný a vodotěsný. Na rozdíl od předchozích verzí tyto přístroje nemají téměř žádná tlačítka, ale dotykový barevný displej s vysokým rozlišením. Pouhou tužkou posouváte děj programu, s kterým jste doposud mohli pracovat jen v kanceláři na větším počítači. Do paměti přístroje, velikostí připomínající větší kalkulačku, si můžete načíst letecký snímek nebo dříve jinou metodou vytvořenou mapu a tento obrazový podklad si pak prohlížet na miniaturní obrazovce.

Účastníci semináře se s novinkou seznámili přímo před fakultní budovou v Praze Suchdole, kde si někteří zkusili s využitím všech předvedených novinek sami odvodit souřadnice bodů, jakými v tu chvíli byly okraje chodníku, kanál, lampy a stromy. Není bez zajímavosti, že mezi účastníky odborných akcí na Lesnické fakultě, a tedy i tohoto semináře, byli zejména bývalí studenti, což jsou současní lesní a krajinní inženýři. I touto formou v Praze Suchdole probíhá další vzdělávání absolventů Lesnické fakulty.

*Ing. Petr Skála,*
*Lesnická fakulta ČZU v Praze*