GEODETICKÝ a KARTOGRAFICKÝ

obzor

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

10/99

Praha, říjen 1999
Roč. 45 (87) ● Číslo 10 ● str. 233–252
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, CSc.** (místopředseda), **Ing. Marián Beňák, doc. Ing. Pavel Hánek, CSc., doc. Ing. Ján Hefty, CSc., Ing. Petr Chudoba, Ing. Ivan Ištvánffy, Ing. Zdenka Roulová**

Vydává Český úřad zeměměřický a katastrální a Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky v nakladatelství Vesmír, spol. s r. o., Národní 3, 111 21 Praha 1, tel. 004202 24 22 91 81. Redakce a inzerce: Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 9, 182 11 Praha 8, tel. 004202 84 04 15 42, 004202 84 04 16 03, fax 004202 84 04 14 16 a VÚGK, Chlumeckého 4, 826 62 Bratislava, telefón 004217 43 29 60 41, fax 004217 43 29 20 28. Sází Svoboda, a. s., Praha 10-Malešice, 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., Národní 3, POB 423, 111 21 Praha 1, tel. 004202 24 24 05 78. V České republice rozšiřuje i PNS, a. s. Informace o předplatném podá a objednávky přijímá každá administrace PNS, doručovatel tisku a předplatitelské středisko. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, a. s., administrace vývozu tisku, Hvožďanská 5–7, 148 31 Praha 4-Roztyly. Podávání novinových zásilek povoleno: Českou poštou, s. p., odštěpný závod Přeprava, čj. 467/97, ze dne 31. 1. 1997. V Slovenskej republike rozširuje PNS, a. s. Informácie o predplatnom podáva a objednávky prijíma PNS, a. s., odbor centralizovanej zahraničnej tlače, Záhradnícka 151, 829 81 Bratislava 25, tel. 004217 50 24 52 36 až 240. Objednávky do zahraničia vybavuje PNS, a. s., Expedične stredisko, vývoz tlače, Košická 1, 813 80 Bratislava.

Náklad 1200 výtisků. Toto číslo vyšlo v říjnu 1999, do sazby v srpnu 1999, do tisku 11. října 1999.

Otisk povolen jen s udáním pramene a zachováním autorských práv.

© Vesmír, spol. s r. o., 1999

ISSN 0016-7096

Obsah

Ing. Jaroslav Klokočník, DrSc.
Nástup družicové gradientometrie **233**

Ing. Ján Pravda, DrSc.
Vrstvy mapy a rozvrstvenie mapy **242**

Ing. Milan Kocáb, Ing. Josef Pražák
Nové programové prostředky VÚGTK pro přepracování katastrálních map do digitální formy **247**

Z GEODETICKÉ A KARTOGRAFICKÉ PRAXE

Ing. Stanislav Olejník
Rezoluce IAG a opravy geodetických veličin **250**

ZAJÍMAVOSTI **251**

ZPRÁVY ZE ŠKOL **252**

PŘEHLED ČASOPISŮ **252**

Nástup družicové gradientometrie

Ing. Jaroslav Klokočník, DrSc.,
Astronomický ústav Akademie věd České republiky,
Ondřejov

528.2:629.783:531/534

Abstrakt

Družicové gradientometry budou měřit druhé derivace gravitačního potenciálu v prostoru (na nízké oběžné dráze kolem Země) a přispějí (mimo jiné) ke zpřestření a zjemnění popisu gravitačního pole Země. V článku vysvětlíme principy mikroakcelerometrie a gradientometrie. Nastíníme postup od měření k určení geopotenciálních harmonických koeficientů (Stokesových parametrů). Popíšeme několik zajímavých (i když nerealizovaných) projektů a také český mikroakcelerometr, který byl již na oběžné dráze opakovaně testován.

Start of Satellite Gradiometry

Summary

Satellite gradiometers will determine second derviatives of gravitational potential in situ (on close Earthis orbit) and will contribute (among others) to more exact and more fine description of the Earth's gravitational field. The paper explains principles of microaccelerometry and gradiometry. Outlines of solution from measuring to determining the geopotential harmonic coefficients (Stokes' parameters) are being given. Some interesting (but not realized) projects are described as well as Czech microaccelerometer which was several times tested on orbit.

1. Úvod

Pozorování umělých družic Země se zemského povrchu specielně upravenými *fotografickými kamerami* (měřícími topocentrický směr k družici), *laserovými dálkoměry* (měřícími prostřednictvím transitního času topocentrickou vzdálenost k družici s koutovými odrážeči na jejím povrchu), *dopplerovskými aparaturami* (měřícími změnu topocentrické vzdálenosti s časem), pozorování změny vzdálenosti za čas mezi družicemi navzájem (radiové či interferometrické *sledování družice z družice*) a pozorování s družice směrem k zemi (měření výšky letu nad oceánem *radarovým altimetrem*), to všechno jsou dnes standardní družicové metody. O těch v tomto článku nebude řeč.

Všechny uvedené metody (spolu s terestrickými gravimetrickými daty) přispívají (mimo jiné) k určení a postupnému zpřesňování parametrů charakterizujících gravitační pole a tvar Země (harmonických geopotenciálních koeficientů). Děje se tak zprostředkovaně: z měření se určí dráha družice (nutno mít měření průběžně z celosvětových sledovacích sítí k dosažení co nejrovnoměrnějšího pokrytu v čase a prostoru), a z té, prostřednictvím analýzy pohybových rovnic (změny parametrů dráhy s časem) tzv. *poruchy dráhy*. Separují se poruchy dráhy gravitačního a negravitačního původu a z rozboru poruch se určují (matematicky popisují) poruchové vlivy, jako jsou právě harmonické geopotenciální a slapové koeficienty, parametry definující hustotu atmosféry a její časové variace nebo parametry popisující působení tlaku slunečního záření. Soubor všech těchto veličin vytváří podklad pro zpřesněný model dráhy družic pro následnou predikci drah a další pozorování a tak stále dokola v interačním cyklu se stoupající přesností měření i určovaných parametrů.

Nastínil jsem tradiční postup *diferenciálního zpřesňování dráhy* umělé družice Země a určování parametrů poruchových vlivů. Všechny typy měření výše uvedené řeší úkol zpřesnění poruchových sil velmi zprostředkovaně. Lze však měřit přímo v prostoru (in situ) pomocí *družicových mikroakcelerometrů a gradientometrů*. Jelikož jsou zrychlení (respektive, jejich časové změny) prvními (respektive druhými) derivacemi gravitačního potenciálu, lze harmonické geopotenciální koeficienty odvodit přímo z těchto derivací. [Ani tato ‚přímá' metoda se ovšem bez běžného určení dráhy s patřičnou přesností neobejde, abychom věděli, kdy a kde měření proběhlo].

Tento článek je věnován družicové mikroakcelerometrii a gradientometrii, takže na rozdíl od nedávného rozsáhlého přehledového článku o výsledcích družicové altimetrie za posledních dvacet let (GaKO, 1998, č. 5) zde jde spíše o informaci o principu metody, stavu výzkumu dnes a o plánech do nejbližší budoucnosti. Mikroakcelerometry (a jim podobné přístroje) již vypuštěny byly (USA, Francie a my), kosmický gradientometr se zatím jen chystá, i když projektů byla již řada (tab. 1). Souboj USA a Evropy je zajímavý: dva odlišné přístupy a zhruba stejné termíny k realizaci.

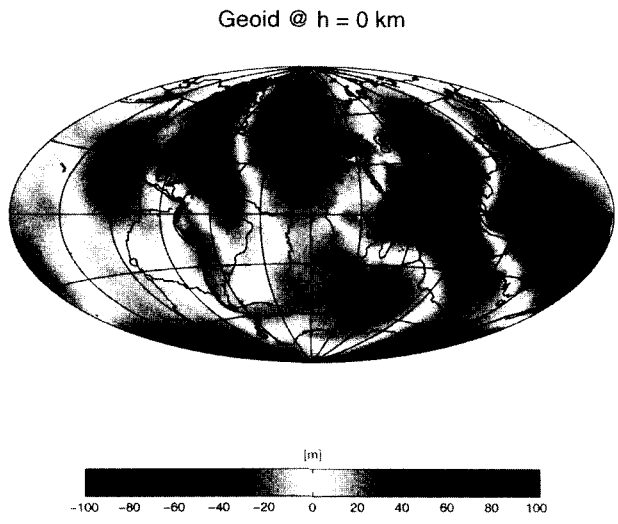
2. Kdo a proč potřebuje stále přesnější znalost gravitačního pole Země

Geodezie potřebuje přesnější popis gravitačního pole Země pro detailnější globální geoid, přesnější parametry náhradního elipsoidu, přesnější souřadnicový polohový systém a výškový systém vztažený ke geoidu. Průběh geoidu (tj. převýšení geoidu N nad referenční plochou) byl v počátcích kosmické éry znám lépe nad pevninami než nad oceány, dnes je tomu díky družicové altimetrii právě naopak: „oceánská" část geoidu je známa s přesností 0,2 m (s rozlišením až 10 km), pevninská část je stále zatížena chybou metrovou, lokální i větší. Namísto „geometrických" výšek nad elipsoidem z GPS (Global Positioning System) často potřebujeme ortometrické výšky; ke zpřesnění výškového systému je třeba znát undulace geoidu N s přesností 0,05 m/100 km.

Kosmická geodynamika pracuje s časově proměnnými souřadnicemi pozorovacích stanic (například laserových dálkoměrů sledujících geodynamické družice) a bude si muset zvyknout na časově proměnné harmonické geopotenciální koeficienty. Přemisťování hmot Země (např. tektonické pohyby, poklesy spodních vod nebo pohyby ledovců) nebo in-

Tab. 1 Přehled projektů (většinou nerealizovaných) kosmických mikroakcelerometrů, drag-free družic a gradientometrů. Uveden rok vypuštění, symbol „=" znamená, že projekt nebyl (dosud) uskutečněn, symboly „G" a „N" označují převažující určení experimentu pro studium gravitačního pole resp. negravičních poruch dráhy

LOGACS	**1967**	**N**
low-g accelerometer calibration system		
DUMBELL	=	**G**
SKYHOOK	=	**G**
TRIAD 1 DISCOS	**1972**	**G**
disturbance compensating system		
TRIAD 2 DISCOS	**1973**	**G**
CACTUS	**1975**	**N**
capteurs accelerometriques capacitifs triaxiaux ultra sensible		
GRAVSAT	=	**G**
GRM	=	**G**
geopotential research mission		
GRADIO	=	**G**
ARISTOTELES	=	**G**
applications and research involving space techniques observing the Earth's field from low Earth orbiting satelite		
GRAVITY PROBE B	=	**G**
SUPERCACTUS	=	**N**
STEP	=	**G**
a satellite test of the equivalence principle		
GG	=	**G**
Galileo Galilei		
MACEK RESURS F1	**1992**	**N**
MACEK STS 79 Atlantis	**1996**	**N**
CHAMP	***1999?***	**G**
challenging micro-satellite payload for geophysical research and application (high-low SST and accelerometer)		
MIMOSA	***2000?***	**N**
microaccelerometric measurements of satellite accelerometers		
GRACE	***2001?***	**G**
gravity recovery and climate experiment (low-low SST, high-low SST, and 2 accelerometers)		
SAGE	***2001?***	**G**
satellite accelerometry for gravity field exploration (high-low SST, SLR and accelerometer)		
GOCE	***2004?***	**G**
gravity field and steady-state ocean circulation explorer (high-low SST and 3-axis gradiometer)		



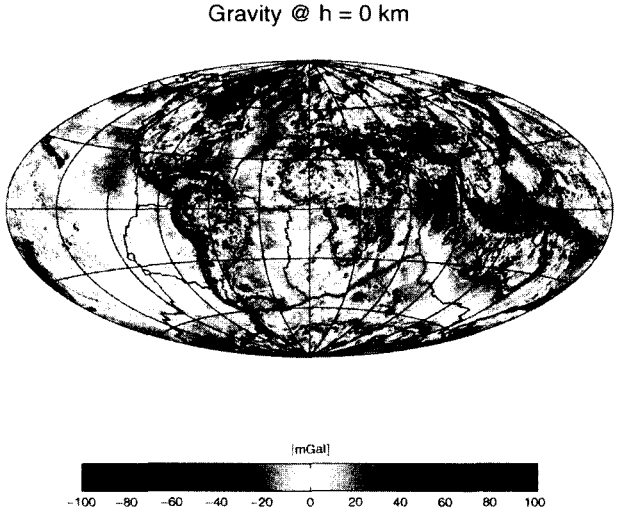
Obr. 1a

Obr. 1 Převýšení geoidu vůči referenčnímu elipsoidu (1a), [metry], tíhové anomálie při zemském porchu (1b), [miligaly] a velikost druhé derivace poruchové části tíhového potenciálu v radiálním směru (1c)[Eötvös]. 1 E je změna zrychlení 1 mGal na vzdálenost 10 km. Je notoricky známo, že převýšení geoidu N vůči referenčnímu rotačnímu elipsoidu nejlépe vystihujícímu tvar Země kolísá mezi +90 a −105 metry. Střední tíže na Zemi je 981 000 mGal, pólové zploštění Země vydá na 200 miligalovou anomálii, hustotní nehomogenity zemské litosféry typicky desítky miligalů. Největší složka tenzoru druhých derivací je vertikální tíhový gradient u povrchu 3000 E, horizontální složky jsou zhruba poloviční a smíšené (např. xy) pod 100 E. Anomálie v horách mohou přesáhnout 1000 E. Cílem obrázků (1a-c) je poukázat na trend: vyšší derivace potenciálu, vyšší citlivost na detail v anomálii pole.

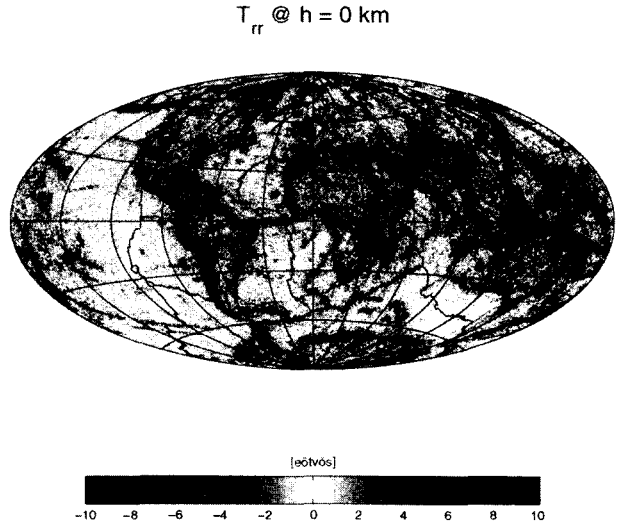
terakce oceánů s atmosférou vedou k již měřitelným změnám geopotenciálních koeficientů nejnižších stupňů a řádů (hlavně prvních zonálních). Spolehlivě sledovat variace pole (na nejrůznějších časových škálách) lze však jen souběžně se zvyšováním přesnosti statického gravitačního pole (tj. standardních modelů gravitačního pole Země, kde geopotenciální koeficienty bereme za konstanty).

Dráhová dynamika umělých družic Země (aplikační obor nebeské mechaniky) potřebuje stále přesnější dráhy vybraných družic pro svá studia (např. pro analýzy reziduálních negravitačních poruch [menších než asi 10^{-10} $m.s^{-2}$] v drahách geodynamických družic). Celkové zpřesnění parametrů gravitačního pole Země je pro dráhovou dynamiku vítaným příspěvkem. *Dálkový průzkum* bude z přesnější znalosti gravitačního pole Země profitovat při přesnějším určení drah pro interferometrii založené na SAR. *Družicová altimetrie* vyžaduje zvláště přesnou radiální složku dráhy. Z hlediska chyb parametrů gravitačního pole Země je dnes radiální chyba drah většiny altimetrických družic potlačena pod ±0,2 m (pro výšky letu obvykle 800 km), výjimečně až k ±0,02 m (pro TOPEX / Poseidon a pro připravovaný JASON, ve výšce asi 1300 km nad zemským povrchem)!

Geofyzika a tektonika využívají parametry gravitačního pole jako okrajovou podmínku při tvorbě modelů vnitřní stavby Země, výsledků z altimetrie o detailním oceánském geoidu, ke studiu mořského dna, tektonických fenoménů, geofyzikální prospekci zatím neprozkoumaných oblastí. *Oceánografie* studuje oceánské proudy, jejich variabilitu a anomálie této variability (El Niño/La Niña); v řadě případů potřebuje oddělit geoid od topografie moří. Tato plocha [*SST*, sea surface topography] se od geoidu liší typicky o decimetry, nejvíce asi o 2 m, především díky oceánským proudům, díky



Obr. 1b



Obr. 1c

různé teplotě a různé slanosti vody a dalším jevům. Dnes se studují oceánské proudy o ‚intenzitě' 100±10 Sv; potřeba je znát cikrulaci ve větším detailu (tzv. eddies a meddies) s přesností na jednotlivé svedrupy, což vede k požadavku zvýšit současnou přesnost znalosti průběhu oceánského geoidu o řád. [Poznámka k jednotce „Sv": 1 Svedrup představuje transport objemu 10^6 m^3 za sekundu; jednotka je pojmenována po polárním badateli Otto Svedrupovi.] Důkladnější znalost oceánské cirkulace prospěje *oceánografii, meteorologii* a *klimatologii*, jmenovitě k lepším odhadům variací tlaku vody u dna oceánů a lepšímu pochopení zákonitostí hlubokomořských proudů, dále pak k oddělení tzv. sterických (tj. jen změnami teploty a slanosti vody působených) a nesterických variací topografie moří, ke studiu případných sekulárních změn topografie moří v rámci globálního oteplování aj.

Důvodů k dalšímu zpřesňování parametrů gravitačního pole a tvaru Země je celá řada a impulzy přicházejí z různých geovědních oborů. Mezioborová interakce se stala přirozenou a nezbytnou, i když nesnadnou součástí našeho výzkumu.

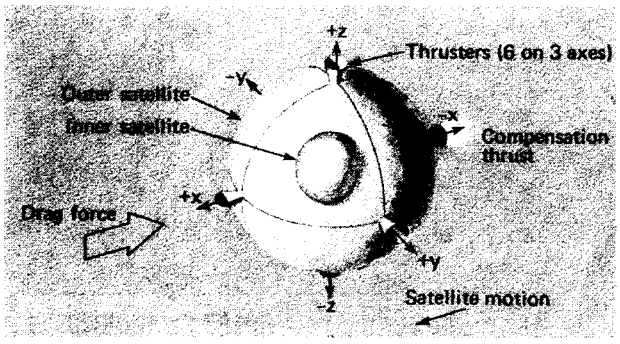
Tradiční kosmické metody používané k určování parametrů gravitačního pole (bez altimetrie) dávají věrohodně hodnoty harmonických geopotenciálních koeficientů C_{lm}, S_{lm} spíše těch nižších stupňů l a řádů m, asi do (l, m) = (50, 50) až (70, 70), a to ještě s přesností dosti proměnnou se stupněm a řádem. S příspěvkem altimetrických měření a terestrických gravimetrických dat (tíhové anomálie) jsou dnešní *modely gravitačního pole* (tj. soubory C_{lm}, S_{lm} a dalších veličin) známy až do (360, 360) [11, 12]. Pro jednotlivé koeficienty s (l, m) zhruba nad (50, 50) je však obtížné něco zodpovědného říci o jejich skutečné přesnosti. Bude to právě gradientometrie, která nejprve zkontroluje stávající určení C_{lm}, S_{lm} nižších (l, m) a pak přispěje k odhadu těch vyšších, možná až do (1000, 1000). Její přínos vidíme právě ve zpřesnění popisu *„jemné struktury"* statického gravitačního pole, obr. 1 a, b, c (převedeno na ‚vlnky' geoidu, jde o ‚detaily' pod 50x50 km).

3. Princip a cíl družicového mikroakcelerometru a gradientometru

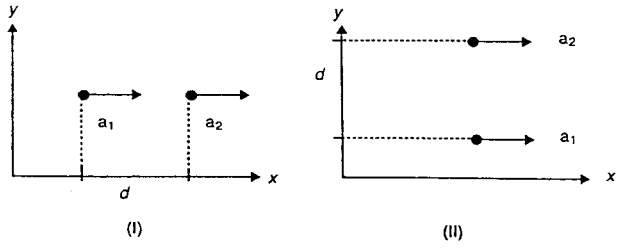
Elementární představu o mikroakcelerometru a gradientometru získáme snadno. Začneme mikroakcelerometrem, neboť gradientometr lze chápat (nikoli však nezbytně) jako kombinaci mikroakcelerometrů.

Představme si „kouli v kouli", přesněji kuličku v dutině a v prostoru mezi nimi vakuum. Nechť je v počátku myšlenkového experimentu vnitřní kulička precizně centrována uvnitř dutiny. Sestava nechť obíhá kolem Země. Pak na vnější obálku působí gravitační g a negravitační síly n, kdežto na vnitřní kouli jen ty gravitační g, neboť vnější slupka brání projevu odporu atmosféry a dalších negravitačních vlivů. Takže mezi působením rušivých zrychlení na vnější a vnitřní kouli vzniká rozdíl n, který zlikviduje původní centrickou polohu vnitřní koule až tato narazí do stěny dutiny (a experiment nutno opakovat).

Co můžeme dělat, když se začne porušovat centrální poloha vnitřní koule ze začátku experimentu? Můžeme zapnout korekční motorek v patřičném směru a dosáhnout opětovné centrické polohy a tu trvale, za cenu opakovaných manévrů celé družice, udržovat (s nějakou přesností). Celá družice se pak pohybuje po „geodetické dráze" jakoby jen pod vlivem gravitačních poruch. Ty nelze zlikvidovat, neboť „levitace" se v dnešní fyzice nepřipouští, pouze by je šlo zmenšit tím, že bychom „vystoupali" na vyšší oběžnou dráhu, neboť gravitační poruchy dráhy klesají se třetí mocninou od zdroje poruchy. Tím bychom se ovšem zbavili možnosti určení té „jemné struktury" gravitačního pole, o kterou nám právě jde. Cesta aktivní „eliminace" negravitačních poruch vede k *„drag-free" systému*, obr. 2, tj. k aktivní družici, která (teoreticky) není citlivá na negravitační poruchy dráhy a pohybuje se (teoreticky) po ideální geodetické křivce. V praxi je to pravda jen do úrovně přesnosti drag-free systému. Druhou možností je do ztráty centricity vnitřní koule (dočasně) nezasahovat, ale měřit nějakým způsobem velikost a směr poruchových zrychlení. To je *mikroakcelerometr*.



Obr. 2 Princip aktivní minimalizace negravitačních poruch dráhy, tzv. drag free system. V případě, že složky rušivých negravitačních zrychlení nejsou odstraňovány manévrováním ve dráze, ale měřeny, jedná se o mikroakcelerometr.



Obr. 3 Gradientometr jako diferenciální mikroakcelerometr. Na obr. (I) je „citlivou osou" osa x a gradientometr zaznamenává rozdíl $\Gamma_{xx} = (a_2 - a_1) / d$ zrychlení a_1 a a_2 měřených ve směru osy x dvěma mikroakcelerometry ve vzdálenosti d jejich těžišť. V případě (II) se měří $\Gamma_{yy} = (a_2 - a_1) / d$.

Mikroakcelerometr měří miniaturní zrychlení. Představme si dvojici mikroakcelerometrů vzdálených třeba 1 m ve společném „obalu", orientovaných například ve vertikálním směru. Na „horní" a „dolní" mikroakcelerometr působí různě velká gravitační zrychlení, zatímco zrychlení negravitačního původu jsou téměř stejně velká. Zařiďme, abychom mohli číst *rozdíly zrychlení* mezi oběma akcelerometry; pak dostaneme *druhé derivace gravitačního potenciálu* (nechť jsme ve volném prostoru a nerotujeme, takže prozatím nemluvíme o tíhovém potenciálu). Gradienty zrychlení se udávají v jednotkách Eötvös [E] či EU [Eötvös Unit]. Platí, že

$$1\ \mathrm{E} = 10^{-9}\ \mathrm{ms}^{-2} / 1\ \mathrm{m} = 10^{-9}\ s^{-2}.$$

Obr. 3 ukazuje princip grandientometru jako diferenciálního mikroakcelerometru.

Jiný přístup ke gradientometrům je považuje za Eötvösovy či Cavendishovy či Coulombovy torsní váhy, vynesené do prostoru. Klasické Eötvösovy váhy měří rozdíly tíhových zrychlení působících na dvě různé hmoty zavěšené na tenkém torzním vlákně. K podrobnému popisu torzních vah odkazujeme na učebnici [19]. Gradientometry se používaly v geofyzice ke měření některých druhých derivací tenzoru tíhového potenciálu, ale neuplatnily se pro velkou náchylnost k okolním poruchovým vlivům. Při umístění takových „torzních vah" do kosmického prostoru „bez odporu prostředí" a při minimalizaci šumu při kryogenních teplotách lze koncept gradientometrů „oprášit".

Co ve skutečnosti měří mikroakcelerometr jako přístroj? Přirozeně to není přímo zrychlení. Měřit lze elektrické napětí U potřebné k elektromagnetickému udržení vnitřní koule či krychle v geometrickém středu dutiny mikroacelerometru (tj. soustavy elektrod). Převod z U na zrychlení je dán empirickým koeficientem a je snaha o lineární vztah (závisí na provedení elektrických obvodů). Obr. 4 ukazuje princip krychlového mikroakcelerometru MACEK (viz další text), kde je pohyb vnitřní testovací krychle (posun a natočení) detekován právě jako změna kapacity mezi stěnami krychle a elektrodami. Obr. 5 ukazuje princip italského pružinového mikroakcelerometru SAGE (viz další text), kde se má měřit změna napětí v důsledku změny kapacity způsobené pohybem pružiny v důsledku rozdílového vektoru n.

Také družicový gradientometr by přímo neměřil druhé derivace gravitačního potenciálu, ale například rozdíly čtení napětí U mezi dvojicí (dvojicemi) mikroakcelerometrů nebo nějaké „natočení vlákna" či „velikost torse"' v důsledku gradientu (gradientů) zrychlení podél citlivých os. Představme si dvě čtveřice stejně velkých hmot, vytvářejících jakési rotující kříže, spojené dutou tyčí s torzním vláknem (obr. 8 v GAKO, 1978, č. 11, s. 281). Celá sestava nechť rotuje kolem osy totožné s osou spojovací tyče. Nechť je orientace spojovací tyče ve směru místní vertikály. Horní a dolní čtveřice reagují především na rozdílnou vertikální složku tenzoru druhých derivací, ale i na menší změny zrychlení v neradiálním směru. Horní a dolní čtveřice hmot se pohybují jinak rychle a ve spojovacím vláknu vyvolají torzi, která se pomocí piezoefektu změří a převede na požadované druhé derivace.

Cílem gradientometru je určit opravy stávajících hodnot harmonických geopotenciálních koeficientů C_{lm}, S_{lm} prostřednictvím měření druhých derivací gravitačního potenciálu, tj. složek tenzoru

$$\Gamma_{ij} = \begin{pmatrix} \Gamma_{xx} & \Gamma_{xy} & \Gamma \\ \Gamma_{yx} & \Gamma_{yy} & \Gamma_{yz} \\ \Gamma_{zx} & \Gamma_{zy} & \Gamma_{zz} \end{pmatrix} \qquad (1)$$

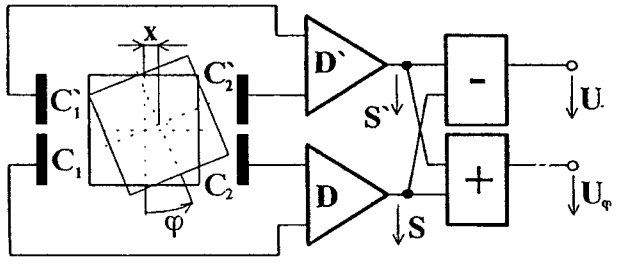
v lokálním souřadnicovém systému, kde osa x má směr shodný s vektorem rychlosti družice, osa z míří k nadiru, osa y doplňuje pravoúhlý systém v „normálním" směru.

Předpokládáme, že gravitační potenciál V máme vyjádřen tradičně rozvojem v řadu kulových funkcí s harmonickými koeficienty C_{lm}, S_{lm} stupně l a řádu m do nějakého maximálního stupně L. Uvažujeme N normální a T poruchový potenciál. Měřením jsme získali druhé derivace odpovídající poruchovému potenciálu T, tj. opravy $\Delta\Gamma_{ij}$. Nalezneme vztahy mezi nimi a geopotenciálními koeficienty a pak budeme aplikovat metodu nejmenších čtverců k určení korekcí koeficientů z „měřených" druhých derivací.

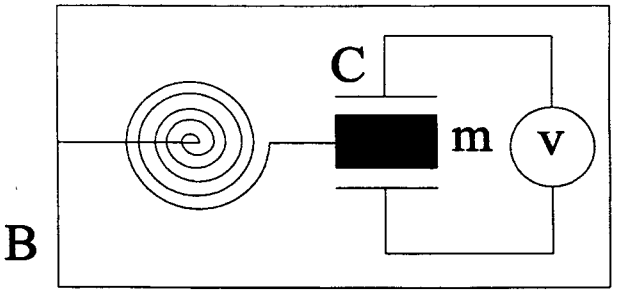
Matice (1) je symetrická díky konzervativnímu charakteru gravitačního pole a součet členů na hlavní diagonále je nula, neboť ve vnějším prostoru platí Laplaceova rovnice

$$\Gamma_{xx} + \Gamma_{yy} + \Gamma_{zz} = 0.$$

Z toho plyne, že musíme v každém okamžiku měřit právě pět (nikoli všech devět) složek uvedeného tenzoru, aby měření bylo kompletní. K tomu zjevně nestačí jedna dvojice mikroakcelerometrů. Ideální by byl *kanonický gradientometr*, obr. 6, se šesti mikroakcelerometry poskytující nadbytečná měření (pro určení systematických přístrojových chyb a orientace gradientometru v prostoru). Z literatury [2, 23] vyplývá, že centrifugální zrychlení od rotace družice s gra-



Obr. 4. Princip kubického mikroakcelerometru MACEK. Pohyb testovací vnitřní krychle (translace označená X a natočení ϕ) je detekován jako změna kapacity mezi stěnami krychle a elektrodami C. Po zpracování v elektronických obvodech D je signál S převeden na napětí zde označené U, kterým se testovací krychle uvede opět do počátečního stavu. Měření zrychlení se odvozuje právě z napětí U na elektrodách.



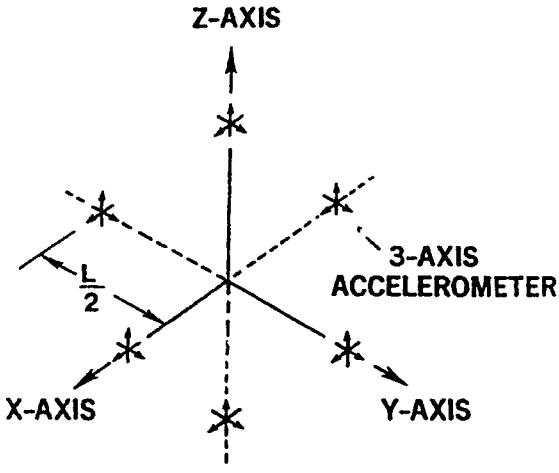
Box: $\ddot{\mathbf{X}} = \nabla U(\mathbf{X}) + \nabla T(\mathbf{X}) + \mathbf{f}_g + \mathbf{f}_{ng} - \mathbf{e}$

Testovací hmota: $\ddot{\mathbf{x}} = \nabla U(\mathbf{x}) + \nabla T(\mathbf{x}) + \mathbf{f}_g + \mathbf{f}_{ng} - \mathbf{e}$

*Obr. 5 Princip pružinového mikroakcelerometru italského projektu SAGE (ASI, 1998) je stejný jako u akcelerometru na obr. 4. Základní rovnice pro dynamiku barycentra **B** a testovací hmoty **m** jsou pod obrázkem. Normální a poruchový potenciál jsou označeny **U** a **T**, gravitační a negravitační síly $\mathbf{f}_g$ a $\mathbf{f}_{ng}$. Poněvadž polohové geocentrické vektory **X** a **x** pro **B** a **m** jsou v okamžiku měření stejné, neboť pružina drží **m** v barycentru **B** celého přístroje, dostane se odečtením obou rovnic posun způsobený souborem negravitačních sil $\mathbf{f}_{ng} = 2\mathbf{e}$. Opět ovšem neměříme posun **m**, ale časové změny kapacitance **C** a z toho změny napětí **U**.*

dientometrem v prostoru lze u kanonického gradientometru snadno eliminovat. S kanonickým gradientometrem počítal francouzský projekt GRADIO [2, 3] vycházející z mikroakcelerometru CACTUS [5, 7].

Není nezbytné měřit kompletní tenzor, stačí jen některé složky, podle orientace přístroje v prostoru. Např. v projektu ARISTOTELES (ESA, 1989) se nepočítalo s derivacemi ve směru vektoru rychlosti (*xx*), (*xy*), (*xz*), protože v tomto směru se nejvíce projevuje silně rušivý odpor atmosféry. Pro ostatní složky odvodili [18] příslušné vzorce, které zde jen schematicky popíšeme. Nejjednodušší je „radiální" složka $\Gamma_{zz} = \partial^2 T / \partial r^2$, kde r je geocentrický průvodič dráhy družice (složka (*zz*) je ve směru r) a poruchový potenciál T je



Obr. 6 Kanonický gradientometr měřící všech 9 složek gravitačního tenzoru (každý mikroakcelerometr tři, tj. 18 celkem čili 9 rozdílů zrychlení), tj. nadbytečný počet měření.

vyjádřen jako funkce dráhových elementů; ostatní složky Γ_{ij} jsou různě komplikovanými kombinacemi $\partial(r, \Omega, \omega, M)$, kde Ω, ω, M jsou keplerovské dráhové elementy. Ve [26] se uvádí pro jednotlivý člen C_{lm}, S_{lm} a index (l, m, p)

$$\Gamma_{zz} = \partial^2 T / \partial r^2 = \mathbf{f}\,[(l+1)(l+2), (1/a^{(l+3)}), F_{lmp}, S_{lmp}],$$

$$\Gamma_{yy} = \partial^2 T / \partial r^2 - (1/r^2)\,\partial^2 T / \partial(\omega + M)^2 - (1/r)(\partial T / \partial r) = \mathbf{f}\,[(l-2p)^2 - (l+1)^2, (1/a^{(l+3)}), F_{lmp}, S_{lmp}],$$

$$\Gamma_{zy} = \mathbf{f}[m - (l-p), (l+2), (1/a^{(l+3)}), F'_{lmp}, S'_{lmp}],$$

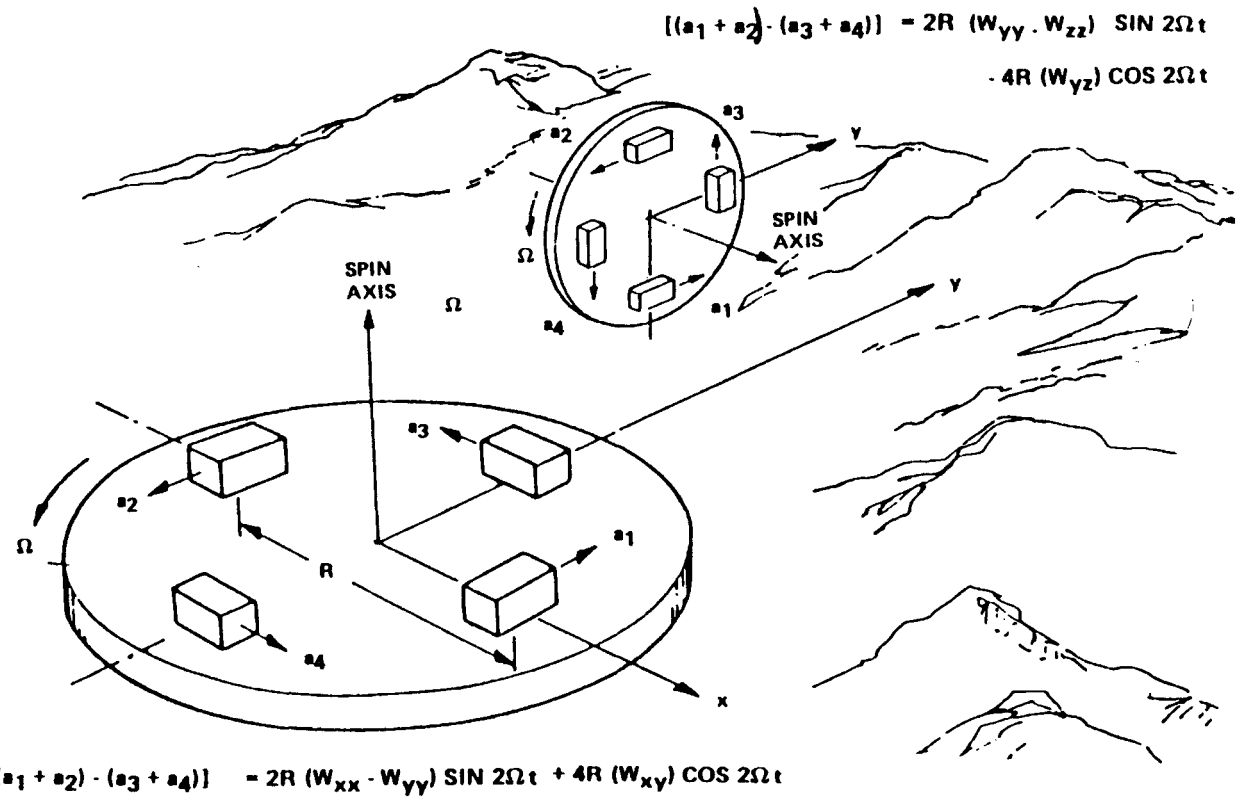
kde F_{lmp} a F'_{lmp} jsou funkce sklonu a derivace funkcí sklonu podle sklonu, a hlavní poloosa dráhové elipsy, S_{lmp} a S'_{lmp} sinové a cosinové kombinace ω, Ω, M a času, které jsou funkcemi ΔC_{lm}, ΔS_{lm}. Za zdůraznění stojí nepřímá úměra na přinejmenším třetí mocnině a a různá závislost na součtech, rozdílech a mocninách (l, m, p), vedoucí k různé citlivosti jednotlivých složek druhých derivací na parametrech gravitačního pole. Z uvedených složek je typicky největší *zz* a nejmenší *yz*.

Ilustrativní může být obr. 7 [12] se čtveřicemi mikroakcelerometrů na otáčejících se deskách různě orientovaných v prostoru. Každá dvojice mikroakcelerometrů dává jedno čtení druhých derivací, jedna otáčející se čtveřice lineární kombinaci druhých derivací modulovanou rotací desky.

4. Mnoho projektů, málo skutků

Tab. 1 shrnuje (bez nároku na úplnost) projekty družicových mikroakcelerometrů, drag-free systémů a gradientometrů. Některé nápady byly opravdu silně „excentrické", většina z nich nebyla uskutečněna z finančních důvodů nebo pro enormní technologické nároky (na svou dobu).

Zmíníme se o několika projektech blíže.



Obr. 7 Čtveřice mikroakcelerometrů měřících zrychlení a_i umístěných ve vzájemné vzdálenosti R na deskách otáčejících se rychlostí O by (na zemském povrchu) měly měřit uvedené kombinace druhých derivací tíhového potenciálu. Návrh rotačního gradientometru fy Bell Aerospace/Textron.

4.1 Příklady zajímavých zahraničních projektů

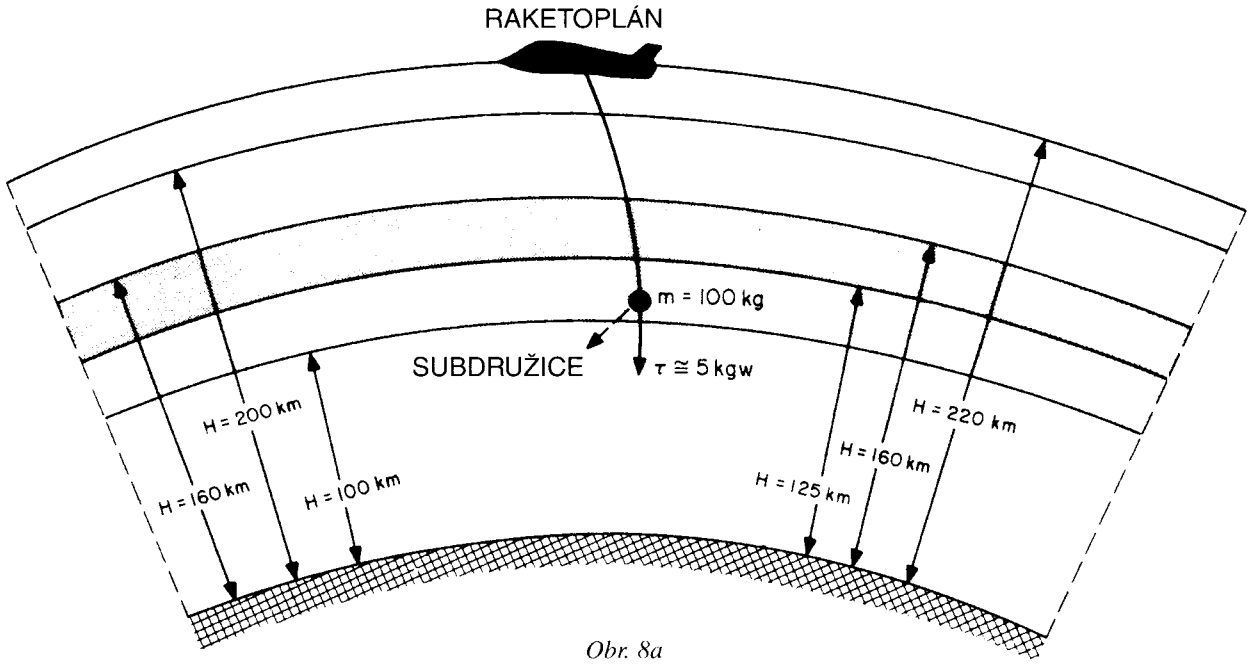
Obrázek družice Triad a výklad k využití drag-free systémů zájemce nalezne v GaKO, č. 2, 1980, s. 33–38. Gravity dumbell (gravitační činka) se dvěma mikroakcelerometry orientovaná ve směru místní vertikály [12], projekty GRAVSAT a GRM (NASA, 1986) na jedné straně – určené především pro studium gravitačního pole Země – a družice LOGACS a Triad 1, 2 s mikroakcelerometry či drag-free systémy [4] americké armády – pro studium atmosféry – lze považovat za ‚rozcvičku' pro supravodivý SGG (satellite gravity gradiometer), který snad brzy bude vypuštěn (např. [14]). Škoda projektu GRM (Geopotential Research Mission), který počítal s dvojicí družic na velmi nízkých (160 km), kruhových a polárních drahách, vybavených drag-free systémy; družice by se navzájem dopplerovsky sledovaly (low-low satellite-to-satellite tracking). Jedna z nich měla mít i citlivý magnetometr pro studium magnetického pole. Z projektu sešlo hlavně z finančních důvodů.

Ve snaze přiblížit měřickou aparaturu (gradientometr) ke zdroji poruch (co nejblíže k Zemi), byl vytvořen prazvláštní návrh na subdružici vlečenou na laně za (či spíše „pod") raketoplánem. Projekt byl nazván SKYHOOK neboli „kosmická udička" [6]. Subdružice by byla umístěna na raketoplánu a pomocí navijáku by ji drát 100 km (!) dlouhý dostal až do výšky asi 100 km nad zemským povrchem (obr. 8). Tak nízko se žádná samostatná družice neudrží a tak vysoko se nedostanou letadla ani balóny. Zdánlivě ideální, ovšem realita je jiná. Autoři projektu sice tvrdili, že se drát ani nezauzlí ani nepřetrhne, ale nedávno uskutečněný experiment (NASA + Italové) se subdružicí (bez gradientometru) na drátě dlouhém „jen" 20 km předvedl pravý opak.

V Evropě vyvinuli a úspěšně vypustili Francouzi mikroakcelerometr CACTUS [5] a vyvíjejí gradientometr GRADIO [2, 3]. Také mají připravený ještě citlivější akcelerometr SUPERCACTUS. ESA společně s NASA uvažovala o projektu ARISTOTELES s gradientometrem (např. [8]), ale z finančních důvodů z toho sešlo. Podobný osud potkal plány na GAMES (Gravity and Magnetic Earth Surveyor, NASA + CNES) a další. Nicméně ve schvalovacím řízení jsou projekty GRACE s akcelerometry a GOCE (čti „gous") s trojosým gradientometrem (např. [9]). Němci asi prosadí CHAMP (např. [21]) a Italové se snaží s vlastním pružinovým mikroakcelerometrem v projektu SAGE [1].

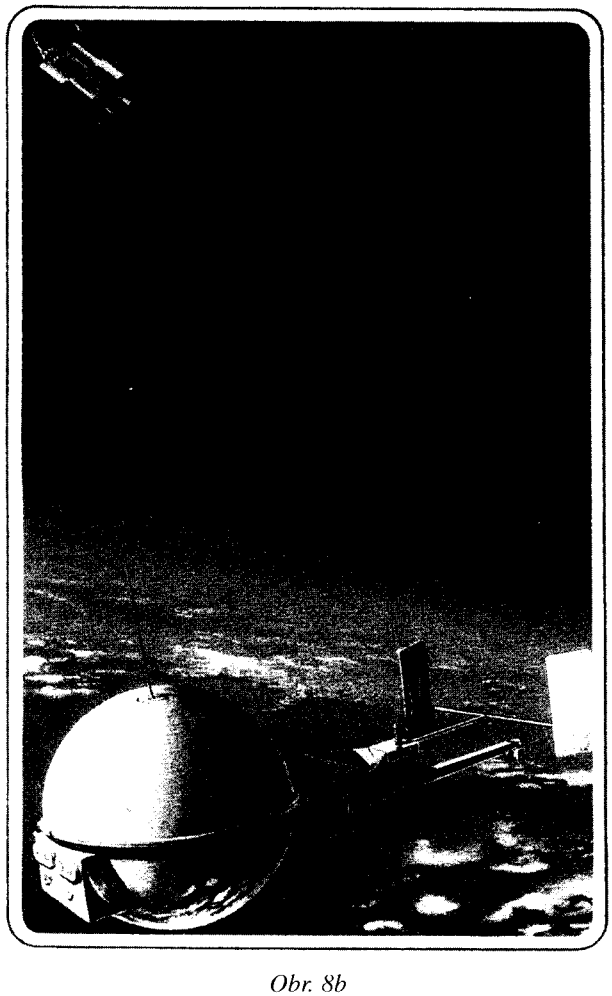
Pěkně bizarními projekty byly STEP a GG, určené pro test principu ekvivalence [PE] [16,22]. Pro STEP měly být použity sestavy mikroakcelerometrů různých konstrukcí vytvářející gradientometry, v prostředí s velmi nízkou teplotou, v zařízení nazývaném SQUID (Superconducting Quantum Interference Device) k potlačení okolního šumu. Protože se počítalo s velmi nízkou drahou příliš rušenou odporem atmosféry, byl navíc požadován, drag-free' systém (je to vskutku maximalistická studie!).

PE říká, že všechny objekty v daném gravitačním poli padají se stejným zrychlením, bez ohledu na jejich hmotnost, složení a vnitřní strukturu. Dnes se o platnosti tohoto principu zobecněného Einsteinem diskutuje, avšak přesnost dosavadních měření nevedla k rozhodnutí, zda princip platí či



Obr. 8a

Obr. 8 SKYHOOK, „kosmická udička". Obr. 8a je navrhované schéma (podle SAO, 1974), obr. 8b malířova představa raketoplánu a subdružice na oběžné dráze. V subdružici odvinuté a vlečené na laně, penetrující až do výšky pouhých 100 km nad zemským povrchem, by měl být umístěn gradientometr.



Obr. 8b

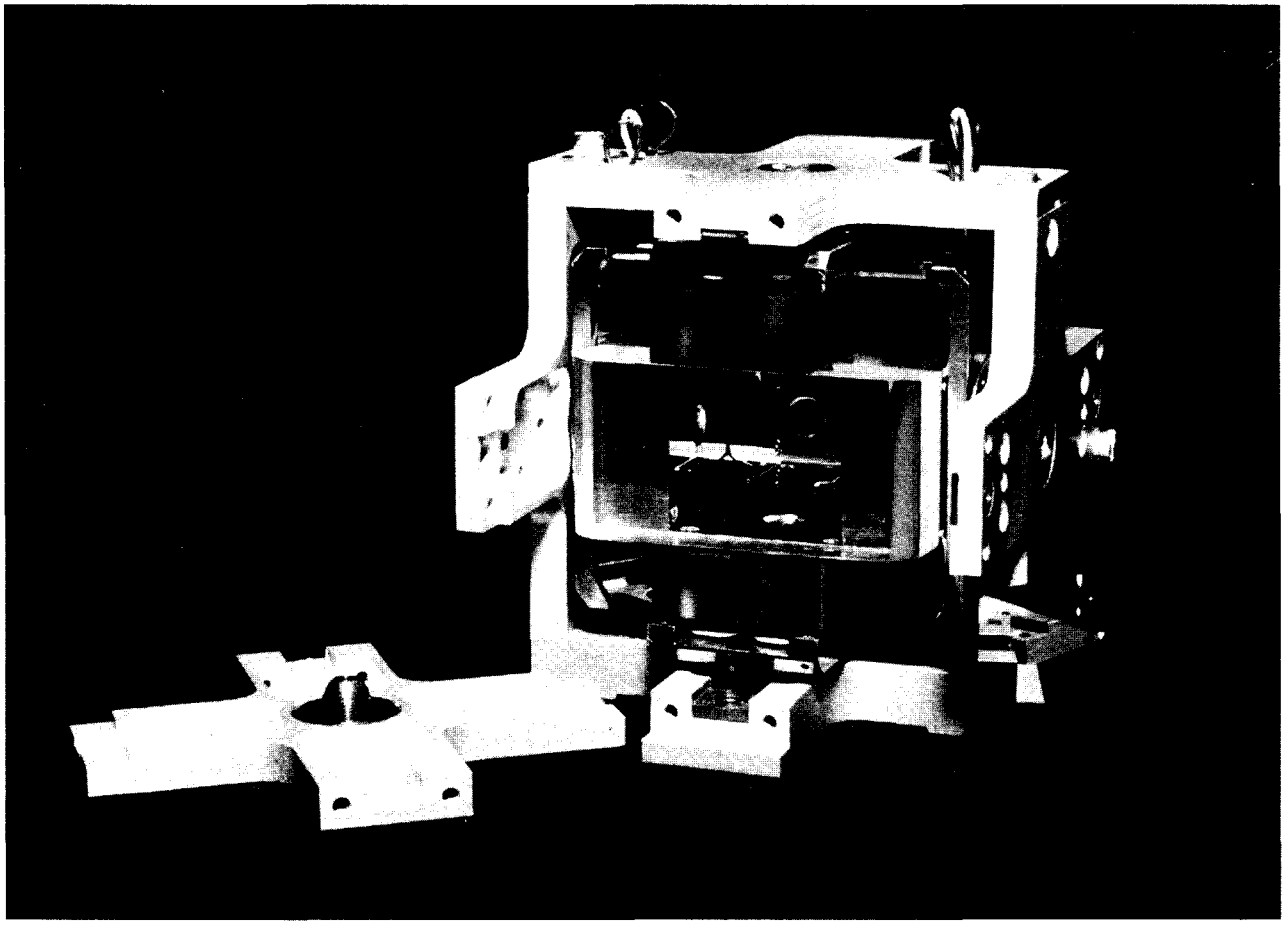
nikoli. Nelze již, jak za časů Galilea, pouštět předměty ze šikmé věže v Pise, nejen proto, že je „šikmější" než byla a nesmí se na ni, ale hlavně proto, že se zvýšil požadavek na přesnost měření: SQUID dokáže detekovat diferenciální pohyb dvou testovacích hmot (cca 200 g) s citlivostí 10^{-15} m. Princip měření je ovšem stále tentýž: v sestavě mikroakcelerometrů nechat „volně padat" (na oběžné dráze kolem Země) dvě testovací hmoty vyrobené z různého materiálu. Dopadnou-li na stejné místo za prokazatelně různou dobu, PE neplatí.

Neplatnost PE by znamenala revizi fundamentálních fyzikálních teorií gravitace (ať už Newtonovy nebo obecné teorie relativity). V obou teoriích bychom zavedli korekční členy vyjadřující, že existuje jakýsi náboj, který způsobuje skalární pole analogické poli gravitačnímu, který není roven setrvačné hmotě, čili existenci dalšího fyzikálního pole. V obecné teorii relativity by neplatnost PE mohla znamenat, že gravitační pole není lokálně ekvivalentní poli neinerciálních sil; modifikaci, obohacení, v krajním případě neplatnost obecné teorie relativity.

4.2 Český mikroakcelerometr

Ve výčtu projektů nelze opomenout *český mikroakcelerometr* MACEK (obr. 4, 9) hlavně proto, že se na oběžnou dráhu už opakovaně dostal (jako technologický exemplář na ruské družici a na americkém raketoplánu) a měřil [16, 17], i když vědecké výsledky (pro studium hustoty atmosféry a tlaku slunečního záření) se teprve očekávají (projekt MIMOSA, [29]).

O projektu českého družicového mikroakcelerometru MACEK (původně: *M*ikro*ACE*lerometer Inter*K*osmos) se začalo uvažovat v Astronomickém ústavu Ondřejov v letech 1982–1984. V r. 1984 se poprvé objevil v záznamech o plnění tehdejšího státního plánu základního výzkumu a v jedné



Obr. 9 Krychlový mikroakcelerometr MACEK. Rozměr (délka strany krychle): 0,15 m, hmotnost 1,5 kg. Bližší informace v textu.

technické zprávě. MACEK byl započat jako protiváha proti tehdejším zcela nerealistickým snahám vybudovat u nás lunární laserový lokátor.

MACEK byl a vlastně zůstává „opisem" francouzského mikroakcelerometru CACTUS (Capteur Accelerometriques Capacitifs Triaxiaux Ultra Sensible), který byl úspěšně realizován na družici D5B Castor v r. 1975 [7]. Francouzský CACTUS byl – po krátkodobých testech americké armády s mikroakcelerometry na družicích San Marco (1964) a LOGACS (1967) – prvním (a dosud posledním!) dlouhodobým *vědeckým* experimentem.

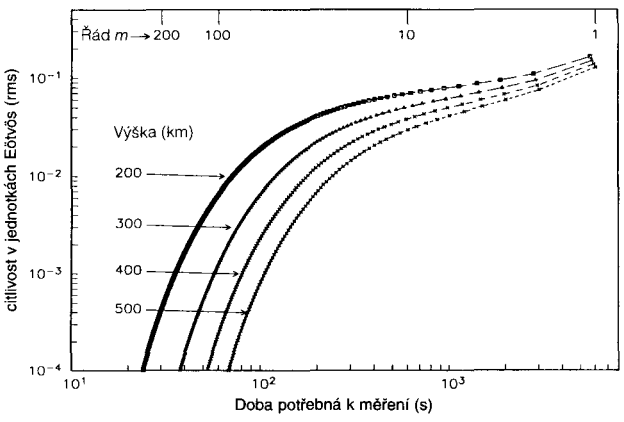
Slovo „opis" nepoužívám hanlivě: prostě byl do našich podmínek přenesen úspěšný francouzský experiment, co se týče cíle i provedení. Hlavním cílem bylo studium negravitačních poruch dráhy a jejich oddělení na složku působenou odporem atmosféry a na složku působenou tlakem slunečního záření. MACEK měl být „koule v kouli" s „citlivostí" měření 10^{-9} $m.s^{-2}$; mělo se měřit elektrické napětí potřebné k udržení centrované polohy vnitřní koule v dutině. Dráha byla volena silně eliptická proto, aby v perigeu řádově převažoval odpor atmosféry nad tlakem záření (a tedy z měření kolem perigea byl zpřesňován model hustoty atmosféry) a aby v apogeu převažoval tlak záření nad odporem atmosféry (a tudíž měření z tohoto úseku dráhy byla využívána ke zpřesnění modelu tlaku slunečního záření a albeda Země).

V bývalé ČSSR nebyly vytvořeny dostatečné dobré podmínky pro konstrukci tak jemného přístroje v civilním sektoru. Ukázalo se např., že nikdo nezvládne mikronovou přesnost ve výrobě koule a dutiny. Proto byl koncept „koule v kouli" nahrazen „krychlí v krychli" a přitom bylo shledáno, že takové řešení je nejen technicky schůdné, ale může být použito navíc k určení či ověření prvků orientace družice v prostoru. První zkušební lety „modifikovaného Macka" proběhly úspěšně v r. 1992 na ruské družici RESURS F1 (s návratem přístroje na padáku) a v r. 1996 na modulu SPACEHAB amerického raketoplánu Atlantis [16, 17]. Pro vědecké účely však musí být mikroakcelerometr umístěn ve hmotném středu družice a nesmí být rušen velkými parazitními negravitačními poruchami (jako je rotace raketoplánu, jeho nepravidelné osvětlení a zahřívání slunečními paprsky, chůze astronautů na palubě nebo připojování kosmických lodí). Proto se u nás vyvíjí samostatná malá družice MIMOSA [24], jejíž nový „MACEK" by měl splnit původní záměr dnes dvacet let starý.

I u nás koketujeme s myšlenkou vypustit gradientometr. V rámci letu raketoplánu by byl patrně jednoosý gradientometr (gravitační činka) na několik dní vypuštěn (a pak zase zachycen) raketoplánem. Šlo by o technologický experiment. Obr. 10 ukazuje, co lze od gradientometru s danou přesností měření očekávat pro určení parametrů gravitačního pole Země (odhad maximálního l harmonických koeficientů).

5. Perspektiva

Místo závěru krátká předpověď budoucích událostí. Experiment s mikroakcelerometrem by měl být opakován stále



Obr. 10 Co lze z družicového gradientometru s danou přesností měření (EU) očekávat při určení maximálního stupně L harmonických geopotenciálních koeficientů v popisu gravitačního pole Země.
(1) Do jakého L lze C_{lm}, S_{lm} určit při dané přesnosti přístroje a dané výšce letu nad Zemí (kruhová polární dráha).
(2) Jak dlouho je třeba měřit (opět při zadané přesnosti a výšce letu).
(3) Chceme-li zpřesnit stávající přesnost a rozlišovací mez popisu gravitačního pole (do určitého L), jakou musíme volit dráhu při dané měřické přesnosti gradientometru či naopak jakou měřickou přesnost potřebujeme při zvolené dráze.

a stále: na oběžné dráze by měl být funkční mikroakcelerometr, neboť negravitační poruchy jsou působeny NEkonzervativními silami, tudíž nemají potenciál, jsou proměnné v čase a potřebují soustavné studium. Není však nikdo, kdo by to zaplatil.

Žádný družicový gradientometr zatím nelétal, ale brzy k tomu dojde, ať už v Evropě či v USA, neboť „čas se navršil". Gradientometr může být testován též z balonů, popř. se lze vrátit ke konceptu subdružice vlečené na dlouhém laně, penetrující do hustých vrstev atmosféry, kde se „normální", neupoutaná družice neudrží a shoří v atmosféře ještě než může být za družici Země označena (tj. během jednoho obletu kolem Země). Podle mého názoru půjde vývoj souběžně: diferenciální přístup (gradientometr jako diferenciální mikroakcelerometr), tj. francouzská a česká cesta současně s kryogenními torzními „Eötvösovými vahami v prostoru" (americká cesta). Bude postupně dosažena přesnost 10^{-4} E a gravitační pole Země bude známo s řádově větší přesností a rozlišovací schopností oproti dnešku, což využijí různé geovědní obory (včetně diskutabilní prospekce nerostných zdrojů na mořském dně). Kosmická gradientometrie se neomezí jen na planetu Zemi, ale v dlouhodobější perspektivě budou gradientometry (třebas i méně citlivé) vyslány i na oběžnou dráhu (nebo k průletům) kolem Měsíce, planet, asteroidů a komet s cílem upřesnit respektive vůbec poprvé odhadnout parametry jejich gravitačních polí.

LITERATURA:

[1] ASI: [SAGE: Phase A final report.] Milano, Interntl. Geoid Service 1998. 182 s.
[2] BALMINO, G.–BARLIER, E.–BERNARD, A.–BOUZAT, C.–RIVIERE, G.–RUNAVOT, J. J.: Proposition pour les arcs GRADIO, [Techn. Rep. 1981]. Toulouse, CNES 1981.
[3] BALMINO, G. aj.: A study of Gradiometry. Proceedings The Use of Artif. Satell..., Vol. III. Athens, TU Athens, ed. G. Veis 1984. s. 105–112.
[4] BLACK, HD: A Satellite Freed of all but Gravitational Forces: „Triad 1" [Rukopis The Staff Space Dept., The Johns Hopkins Univ., APL and Staff of the Guidance and Control Lab., Standford Univ.] Předloženo na zasedání COSPAR, 1973.
[5] BOUDON, Y.–BARLIER, A.–JUILLERAT, R.–MAINGUY, A. M.–WALCH, J. J.: Synthesis of Flight results of the Cactus Accelerometer for Accelerations below 10^{-9} g. Acta astronaut., *6*, 1979, s. 1387–1398.
[6] COLOMBO, G.–GAPOSCHKIN, E. M.–GROSSI, M. D.–WEIFFENBACH, G. C.: Shuttle-Borne „Skyhook": A New Tool for Low-Orbital-Altitude Research. [SAO Rep.] Mass., Cambrigde 1974.
[7] DELATTRE, M. aj.: Les Essais en Orbite de l'Accélérometre CACTUS. [CNES report 1976-5]. France, Chatillon 1976.
[8] ESA: Proc. Ital. Workshop on the Europ. Solid-Earth Mission ARISTOTELES. Italy, Trevi 1989.
[9] ESA: Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Mission (GOCE). [Rep. *SP 1196(1).*] 1996.
[10] ESA: European Views on Dedicated Gravity Field Missions: GRACE and GOCE. [Rep. *ESD-MAG-REP-CON-001*, ESA.] 1998.
[11] LEMOINE, F. G. aj.: The Development of the Joint NASA GSFC and the NIMA Geopotential Model EGM 1996. [NASA GSFC Rep. NASA TP-1998-206861.] Greenbelt 1998. 700 s.
[12] NASA: Spaceborne Gravity Gradiometers. Proc. Workshop NASA GSFC. Greenbelt 1982. NASA Conference Publs. 2305, STIB 1984.
[13] NASA: Geopotential Reserch Mission (GRM). Proc. Conf. Univ. of Maryland, 1984. NASA Conference Publs. 2390, STIB 1986.
[14] NASA: Superconducting Gravity Gradiometer Mission. [Study Team Techn. Rep., NASA TM 4091.] 1988.
[15] NOBILI, A. M. aj.: Galileo Galiei (GG), Test of the Equivalence Principle at Room Temperature with Masses Mechanically Suspended inside a Spinning non-drag free Spacecraft, proposal for the M3 medium size mission of ESA. [Report for ESA.] Pisa 1993.
[16] PEŘESTÝ, R.–SEHNAL, L.: In-orbit testing of the MACEK Microacelerometer. [7th Interntl. Symp. „Geodesy and Physics of the Earth", IAG Symp. No 112.] Germany, Potsdam 1992.
[17] PEŘESTÝ, R.–BIJVOET, J.: MACEK Experiment on STS-79. In: *Proc. MGM No 16,* NASA PIMS Working Group. USA, Gainesville 1997.
[18] PETROVSKAYA, M. S.–ZIELINSKI, J. B.: Determination of the Global and Regional Gravitational Fields from Satellite and Baloon Gradiometry Missions. [32th GA COSPAR.] Birmingham 1996.
[19] PICK, M.–PÍCHAL, J.–VYSKOČIL, V.: Úvod ke studiu tíhového pole Země. Praha, Academia 1973.
[20] RAPP, R. H.–CRUZ, J. Y.: Spherical Harmonies of the Earth's Gravitational Potential to degree 360 using 30' Mean Anomalies. [Ohio Space Univ. DGSS Rep. No 376.] Ohio, Columbus 1986.
[21] REIGBER, CH.–SCHWITZER, P.–KOHLHASE, A.: CHAMP, A Challenging Micro-Satellite Payload for Geophysical Research and Aplication. [Feasibility study for DARA, Final report.] Potsdam 1995.
[22] REINHARD, R.–JAFRY, Y.–LAURANCE, R.: STEP – A satellite Test of the Equivalence Principle. *ESA Journal, 17*, 1993, s. 251–263.
[23] RUMMEL, R.–COLOMBO, O. L.: Gravity Field Determination from Satellite Gradiometry. *Bull. Geod., 59*, 1985, s. 233–246.
[24] SEHNAL, L.–POSPÍŠILOVÁ, L.–PEŘESTÝ, R.–DOSTÁL, P.–KOLHASE, A.: MIMOSA – A Satellite Measuring Orbital and Attitudinal Accelerations Caused by Non-gravitational Forces. [*Adv. Space Res.*, in print.] 1999.
[25] SCHUYER, M.–SILVESTRIN, P.–AGUIRRE, M.: Probing the EARTH's from Space: the ARISTOTELES Mission. *ESA Bull.*, No 72, 1992.
[26] VISSER P.N.A.M.: The Use of Satellites in Gravity Field Determination and Model Adjustment. [Disertace.] Delft 1992. TU Delft.

Do redakce došlo: 20. 5. 1999

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

Vrstvy mapy a rozvrstvenie mapy

**Ing. Ján Pravda, DrSc.,
Geografický ústav SAV,
Bratislava**

912.43

Abstrakt

Termín vrstva sa používa v kartografii nielen v oblasti kartoreprodukcie (fotografická vrstva, ochranná vrstva, rycia vrstva, zlúpavacia vrstva, nosič vrstvy ap.) a zobrazenia výškopisu na mape (hypsometrická vrstva), ale aj vo vzťahu k obsahu mapy. V tomto zmysle vrstva mapy je tematický komponent mapy. Je graficky zvýraznený tak, aby sa vnímal separátne. Rozvrstvenie mapy sa empiricky (utilitárne) chápe ako vertikálna skladba mapy z obsahových (tematických) vrstiev. Z teoretického hľadiska je to stratigrafická syntax mapy.

Map Layers and Map Stratification

Summary

The term coating or layer is used in cartography not only in the field of map reproduction (photo layer, protective layer, scribing coating, peel off, (coating base etc.) but also in connenction with map content. In such sense map layer represents a thematic component of a map. It is represented graphically in such a way that it could be perceived separately. Map stratification is understood empirically (utilitary) as vertical map composition based on thematic layers. From the theoretic point of view it is the stratigraphic map syntax.

Úvod

V poslednom období je v oblasti tvorby a využívania máp čoraz frekventovanejší pojem (termín) *vrstva* mapy.

Príspevok sa venuje doterajším chápaniam *vrstvy* (*vrstiev*) pri spracovaní mapy, ako aj obsahovým vrstvám, tj. *rozvrstveniu* obsahu mapy.

Doterajšie oblasti používania termínu *vrstva* v kartografii

Termín *vrstva* sa vyskytuje nielen v našom najnovšom terminologickom slovníku z roku 1998 [16], ale aj v terminologickom slovníku z roku 1986 [15], ba ešte v staršom mnohojazyčnom slovníku technických termínov v kartografii, vytvorenom v rámci Medzinárodnej kartografickej asociácie [7]. Vysvetlenia sa však týkajú len týchto troch oblastí:

a) reprodukcie máp:
- vrstva antihalačná na reprodukčnom filme [16],
- vrstva rycia [15, 16],
- vrstva zlúpavacia [7, 15, 16],
- vrstva citlivá, fotografická [7, 15],
- vrstva priehľadná – ako druh rycej vrstvy [7],
- vrstva nepriehľadná – ako druh rycej vrstvy [7],
- vrstva ochranná – lak na povrchu mapy [7],
- vrstva kopírovacia [7, 15],
- vrstva diazografická [15];

b) vyjadrenia výškopisu na mape:
- vrstva výšková [7, 15],
- vrstva hĺbková [7],
- vrstva farebná, hypsometrická [7, 15];

c) označenia pásu na klade mapových listov:
- vrstva mapová – rad susedných mapových listov (ako častí mapového diela) usporiadaný približne v smere západ–východ (zľava doprava) [15].

Nedávno sa termín *vrstva mapy* začal používať v kartografii aj vo vzťahu k obsahu mapy, *pričom* vznikol ďalší termín – *rozvrstvenie mapy.*

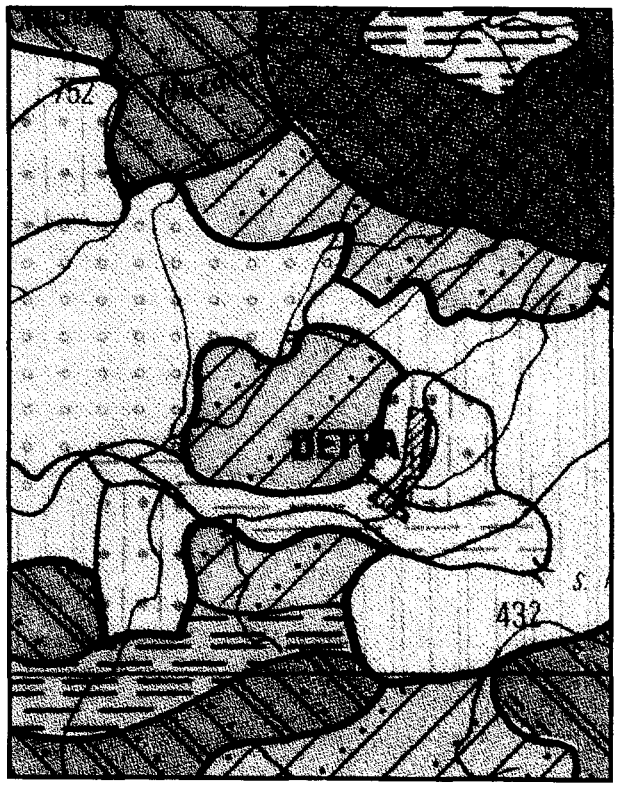
Rozvrstvenie obsahu (stratigrafická syntax) mapy

Termín *rozvrstvenie mapy* sa spomínal na stránkach Geodetického a kartografického obzoru (GaKO) už v roku 1990 [10] v článku venovanom komponentnosti, rozvrstveniu a kompozícii mapy. Len jedna z týchto vlastností – kompozícia mapy – bola známa už predtým (ako *grafická úprava mapy*), ale osobitná pozornosť sa jej nevenovala v žiadnej učebnici kartografie, ani v žiadnom kartografickom terminologickom slovníku. V našom najnovšom terminologickom slovníku [16] sa heslo *kompozícia mapy* objavilo ako synonymum termínu *úprava mapy*, ktorý sa chápe ako *celkové rozmiestnenie a usporiadanie kompozičných prvkov mapy (mapových znakov, legendy, záhlavia, mapových výrezov a ostatných grafických a textových doplnkov).*

Komponentnosť, rozvrstvenie a kompozícia mapy sa v rámci koncepcie mapového jazyka považovali spočiatku za tri syntaktické problematiky mapového jazyka [11], no neskôr [12] sa už vysvetľovali ako tri ďalšie druhy mapovej syntaxe (okrem typizačnej syntaxe), t.j. ako komponentná syntax, stratigrafická syntax a kompozičná syntax mapového jazyka.

Vyčleneniu stratigrafie (rozvrstvenia, vrstiev) mapy predchádzalo vyčlenenie komponentnosti (komponiky) mapy. Za syntaktický (grafický a súčasne obsahový) komponent mapy sa podľa teórie mapového jazyka považuje každá samostatná obsahová zložka mapy, ktorá pozostáva zo syntaktických elementov mapy. Za syntaktický element mapy sa považuje každý jednotlivý znak vysvetlený v legende mapy a všetky jeho výskyty (t.j. množina jeho výskytov) v poli mapy. Je to analogické ako v systéme prirodzeného jazyka, v ktorom sa slovo (ako jazyková jednotka) považuje za jednotku viacerých jazykových rovín súčasne – ale vždy v inom zmysle: ako jednotka slovnej zásoby jazyka, ako výsledok gramatických operácií, ako syntaktická jednotka v skladbe vety.

Obr. 1 Triedy krajinnej pokrývky (výrez z mapy-prílohy k [14] zmenšený do mierky 1 : 200 000)



Obr. 2 Geoekologické (prírodné krajinné) typy (výrez z mapy [6] zväčšený do mierky 1 : 200 000)

V mapovom jazyku sa rozlišujú tieto komponentné skladby (komponiky) mapy:
- podľa prejavu: zjavná a skrytá komponika,
- podľa počtu syntaktických elementov: jedno-, dvoj- a polyelementná komponika,
- podľa počtu syntaktických komponentov: jedno-, dvoj- a polykomponentná komponika,
- podľa spôsobu syntaxe (skladby) elementov a komponentov: analytická, komplexná a syntetická komponika, ktorá bola predtým známa ako problematika *typov* máp – analytických, komplexných a syntetických,
- podľa zamerania, orientácie syntaxe: rajonizačná, typizačná, valorizačná, potenciálová, diagnostická, prognostická ap. komponika (komponentná syntax).

Ak vychádzame z komponentnej skladby mapy, nie je už ťažké diferencovať v nej vyčlenené syntaktické elementy a komponenty aj podľa iného – stratigrafického princípu, t.j. podľa tematických (obsahových) vrstiev.

Stratigrafická syntax mapy sa zaoberá rozlišovaním jej syntaktických vrstiev, pričom za syntaktickú vrstvu sa považuje také zoskupenie syntaktických elementov a/alebo komponentov, ktoré umožňuje vnímať ich skladbu ako naloženie na seba niekoľkých vrstiev (minimálne dvoch: pozadia a popredia).

Rozlišuje sa imanentné a zámerné rozvrstvenie (sratifikácia) mapy.

Imanentné rozvrstvenie sa zakladá na percepčných schopnostiach čitateľa/používateľa mapy vnímať a chápať obsah mapy vyjadrený obvyklými (karto)grafickými výrazovými prostriedkami ako rozčlenený na jednotlivé úrovne (poschodia, vrstvy). Je to vlastne schopnosť subjektu, ktorý má určité vedomosti o danej téme (tematike) uvidieť aj na dávnejšie vydanej mape jednotlivé obsahové vrstvy v súlade s objemom a kvalitou jeho doterajších poznatkov, percepčných schopností a taktiež v súlade s cieľom (zámerom), s ktorým mapu v danom okamihu študuje.

Zámerné rozvrstvenie znamená úmyselné, cieľavedomé rozlíšenie obsahu mapy realizované jej pôvodcom, resp. redaktorom pri jej spracovaní. Spočíva v tom, že pôvodca mapy vyjadruje obsah mapy so zreteľom na určitý konkrétny zámer (cieľ), ktorému podriaďuje vyjadrenie jednotlivých komponentov obsahu tak, aby sa obsah mapy mohol vnímať diferencovane podľa jednotlivých obsahových zložiek.

Obsahové vrstvy mapy

Geografi, geológovia, urbanisti a ďalší odborníci, ktorí sa z kartografického hľadiska zaraďujú do oblasti tematickej kartografie, používali vo svojich vystúpeniach a občas aj v publikovaných textoch, článkoch ap. termín *vrstva mapy* oveľa skôr ako kartografi. Chápali a používali ho ako určitým spôsobom zvýraznený, graficky odlíšený alebo zdôraznený čiastkový obsah mapy.

Za typickú dvojvrstvovú mapu považovali tematickú mapu, na ktorej bol topografický podklad vytlačený napr. sla-

Obr. 3 Pôdne typy
(výrez z mapy [3] zväčšený do mierky 1 : 200 000)

Obr. 4 Príprava otvorov na prvej mape (obr. 2)
pre minivýrezy z druhej mapy (obr. 3)

bou sivou farbou a tematický obsah – obzvlášť v prípade areálovej metódy – bol vytlačený výraznejšími farebnými odtieňmi. Topografický podklad tvoril pozadie pre tematickú vrstvu, ktorá sa (vzhľadom na intenzívnejšie alebo jasnejšie farby) vnímala ako popredie (v popredí, nad pozadím). Postupom času si tvorcovia a používatelia máp, najmä z geovednej sféry, na tento prístup k mape zvykli a začali hovoriť aj o viacerých vrstvách mapy.

Typickým príkladom trojvrstvovej mapy je dvojvrstvový tematický obsah na topografickom podklade (na vrstve pozadia), pričom prvú vrstvu tematického obsahu tvorí farebné vyjadrenie areálov – napr. geologických jednotiek – a druhú vrstvu tvorí napr. zákres výskytu určitých nerastných surovín (vrátane niektorých technických údajov, zariadení ap.). Geografický ústav (GÚ) SAV v Bratislave vydal neikoľko takýchto máp, napr. *Podzemné vody* [9], na ktorej sú farebnými odtieňmi vyjadrené typy vôd Slovenska a štruktúrnymi rastrami zásoby podzemných vôd, alebo tiež *Typy reliéfu* [5], na ktorej sú farebnými odtieňmi vyjadrené typy morfoštruktúrnych povrchov Slovenska a štruktúrnymi rastrami typy morfoskulptúrnych povrchov. (Niekoľko takýchto máp je aj v národnom atlase Slovenska [1]).

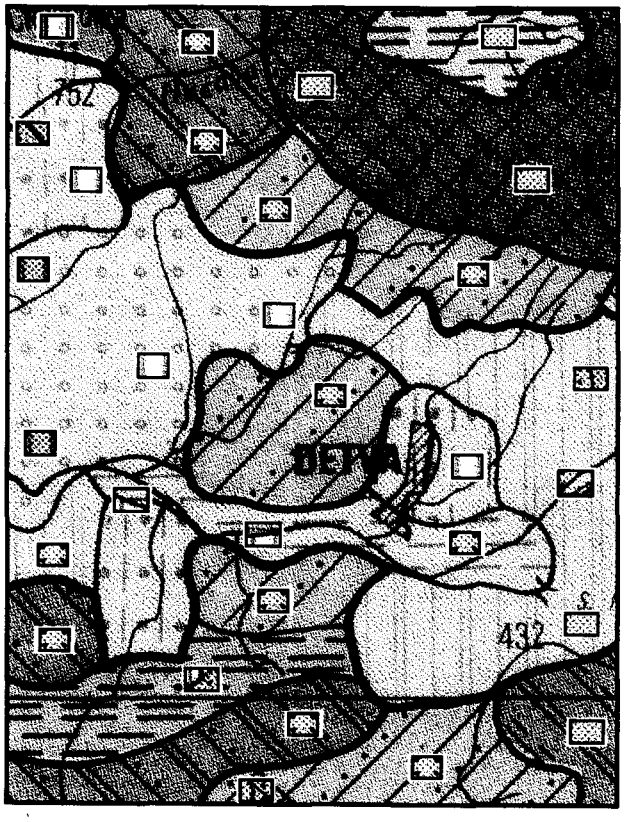
V súčasnom období sa v GÚ SAV pripravuje na vydanie mapa Slovenska, na ktorej sú na vrstve topografického podkladu naložené dve vrstvy tematického obsahu: krajinná pokrývka [2] (obr. 1) a geoekologické (prírodné krajinné) typy [6] (obr. 2). Krajinná pokrývka je vyjadrená štruktúrnymi rastrami a geoekologické typy odtieňmi plošných farieb. Farebná ukážka formátu B 5, ktorá plní aj funkciu skúšobného výtlačku (nátlačku), je prílohou k príspevku [8]. Jej zvláštnosťou je to, že vrstva krajinnej pokrývky (pozostávajúca z 30 tried zo 44 možných) je vyjadrená nie jednofarebnými štruktúrnymi rastrami (ako to býva obvyklé), ale až štyrmi perovkovými farbami a vrstva zobrazujúca geoekologické typy (21 typov z 27 možných) je vyjadrená odtieňmi, ktoré vznikli kombináciou štyroch plošných farieb a ktoré sú dostatočne priezračné na to, aby bolo možné pod nimi rozlíšiť jednotlivé farby štruktúrnych rastrov.

Viacvrstvové (polystratické) mapy

Vyjadrenie dvoch obsahových vrstiev na topografickom podklade sa donedávna považovalo za prijateľné maximum kartografických možností, či schopností areálovej mapy (metódy areálov). Z viacerých geovied však smerujú do kartografie tlaky na zobrazenie väčšieho počtu obsahových vrstiev.

Jedna z prístupných možností (aj klasickými kartografickými technológiami) je vyjadrenie pomocou metódy prekrytových areálov. V rámci koncepcie mapového jazyka je to vyjadrenie pomocou kartosyntaktického typu **9 $S_A Q$, Top** v 16-člennom delení typov podľa [11], resp. mapového syntaktického typu **7 S_{AD} (Q)** v 11-člennom delení typov podľa [12], ktoré bolo prezentované aj v GaKO [13].

Tento syntaktický typ sa člení najprv na dva subtypy (**7.1 S_{AD} (Q)-Top** a **7.2 S_{AD} (Q)-Schem**) a ďalej na tri varianty:
- variant areálov vyplňujúcich celé pole mapy (**7.1.1 S_{AD} (Q)-Top-Plen**),
- variant izolovaných areálov (**7.1.2 S_{AD} (Q)-Top-Sep**),
- variant prekrývajúcich sa areálov (**7.1.3 S_{AD} (Q)-Top-Cum**).



Obr. 5 Štvorvrstvová mapa: v otvoroch prvej mapy (obr. 2) sú minivýrezy z druhej mapy (obr. 3)

V rámci variantu prekrývajúcich sa areálov sa rozlišuje niekoľko subvariantov, ktoré vyjadrujú prekryt:

1. striedajúcimi sa farebnými pásmi (**7.1.3.1 S_{AD} (Q)-Top-Cum-Tract**),
2. otvormi (**7.1.3.2 S_{AD} (Q)-Top-Cum-Perfor**),
3. štruktúrnymi rastrami (**7.1.3.3 S_{AD} (Q)-Top-Cum-Descr**),
4. pomenovaním (**7.1.3.4 S_{AD} (Q)-Top-Cum-Nom**),
5. písmenami–číslicami (**7.1.3.5 S_{AD} (Q)-Top-Cum-Alphanum**),
6. figurálnymi znakmi (**7.1.3.6 S_{AD} (Q)-Top-Cum-Sign**),
7. lemovkami (**7.1.3.7 S_{AD} (Q)-Top-Cum-Praetex**) a ďalšími výrazovými prostriedkami či prístupmi.

Z toho prehľadu vyplýva, že na vyjadrenie niekoľkých prekrývajúcich sa areálov máme 7 (doteraz známych a aplikovaných) možností – a pri invenčnom prístupe aj viac. Takéto poznanie je dôležité nielen pre kartografov (obzvlášť pre redaktorov tematických máp), ale aj pre tvorcov máp z rôznych vedných odborov a spoločenských aktivít, ktorí potrebujú vyjadriť na jednej mape viac než dva plošne rozšírené tematické javy.

Dôležité je ale vedieť, že tieto vyjadrovacie metódy nie sú univerzálne. Každý prípad prekrytu areálov je niečím odlišný, napr. značne sa odlišuje prekryt drobných a disperzných areálov s veľkými spojitými areálmi v porovnaní s prekrytom rovnomerne rozložených areálov ap. Preto prehľadné a systémové zhrnutie vyše 100 doteraz známych vyjadrovacích metód (a ich rôznych obmien) v [11], ako aj ich podrobnejšie vysvetlenie [12, 13] a aplikácia [4], je pre zainteresovaných vhodnou pomôckou. Alfanumerické označovanie jednotlivých typov, subtypov, variantov a subvariantov je nevyhnutné z celkového systémového hľadiska a je vhodné najmä v prípade odkazov (pretože slovné označenia sú zdĺhavé až ťažkopádne, a pritom nie celkom výstižné).

Aplikácia jedného z prekrytových subvariantov, konkrétne subvariantu **7.1.3.2S_{AD} (Q)-Top-Cum-Perfor**, t.j. v slovnom vyjadrení *subvariantu s otvormi (z variantu prekrytového, subtypu topografického a z typu diskrétnych kvalitatívnych areálov)* sa ilustruje na obr. 3 až 5.

Ak pod prvú mapu *Geoekologické (prírodné krajinné) typy* (obr. 2), ktorá je dvojvrstvová (jedna vrstva je vyjadrená farebnými odtieňmi, ktoré sa v čiernobielej reprodukcii javia ako odtiene sivej, druhá štruktúrnymi rastrami – pričom abstrahujeme od vrstvy topografického podkladu), potrebujeme podložiť druhú mapu *Pôdne typy* (obr. 3), ktorá je tiež dvojvrstvová (jedna vrstva je tiež vyjadrená farebnými dotieňmi a druhá štruktúrnymi rastrami) a ak na prvej mape urobíme otvory (obr. 4), do ktorých vložíme malé výrezy z druhej mapy tak, aby sa vmestili do otvorov prvej mapy – získame až štvorvrstvovú mapu (obr. 5). Aby boli vložené výrezy dobre vnímateľné pri čítaní mapy, treba používať vzájomne odlišné stupnice farieb a vzájomne odlišné vzorky a textúry štruktúrnych rastrov.

V každom z takýchto otvorových variantov sa však obsah druhej mapy vyjadruje s menšou úplnosťou a presnosťou. Pretože dôležitosť jednotlivých tematických vrstiev na mape nebýva vždy rovnaká, takéto vyjadrenie vyhovuje tematikám, ktoré sú doplnkové, podporné, ilustratívne ap. Geoekologické typy se tak môžu konfrontovať s rôznymi tematikami, napr. s geologickým podložím, klimatickým členením, geografickou regionalizáciou, alebo aj s administratívnym, geomorfologickým či iným členením územia.

Ak potrebujeme areály prvej mapy konfrontovať ešte s ďalším (tiež s dvojvrstvovým) tematickým obsahom, môžeme tak urobiť striedaním otvorov dvoch tvarov, alebo umiestnením menšieho otvoru do väčšieho ap. To znamená, že takto môžeme vyhotoviť aj šesťvrstvovú tematickú mapu (nepočítajúc do toho vrstvy topografického podkladu).

Každý čo len trochu kreatívny tvorca mapy ľahko pochopí, že otvory (a im zodpovedajúce výrezy) môžu mať nielen rôzny tvar, ale aj veľkosť, pričom ich rozmiestnenie môže spĺňať rôzne požiadavky, napr.:

- ak stačí vyjadriť polohu areálov druhej mapy len približne, ilustratívne, otvory na prvej mape sa môžu rozmiestňovať riedko,
- ak potrebujeme areály druhej mapy lokalizovať presnejšie, otvory na prvej mape urobíme hustejšie tak, aby čo najvýstižnejšie charakterizovali rozmiestnenie areálov na druhej mape,
- ak potrebujeme presnejšie lokalizovať rozhrania areálov druhej mapy, otvory na prvej mape urobíme tak, aby sa v nich zobrazili hranice spolu s vyjadrovacími prostriedkami priľahlých areálov.

Vyjadrenie prekrytov areálov pomocou tejto metódy je dosť prácne v prípade klasického (manuálneho) spracovania viacvrstvových tematických máp. Možno aj preto v minulosti nebol o túto metódu záujem zo strany tvorcov máp. No počítačové spracovanie prekrytov areálov je celkom jednoduché, pričom sa postup môže premeniť z „vkladania do otvorov" na „nakladanie" výrezov druhej mapy na prvú mapu – dokonca aj s bielym okrajom (lemom) okolo nich, ktorý kontrastnejšie oddeľuje jednotlivé výrezy od nového grafického prostredia.

Geoinformačné chápanie obsahovej vrstvy mapy

Z oblasti geografických informačných systémov (geoinformatiky) preniká do kartografie ešte jedno chápanie vrstvy mapy.

V našom najnovšom terminologickom slovníku [16] je zaradené heslo *vrstva informačného systému*, ktoré sa vysvetľuje ako *oblasť informačného systému, v ktorej sú vkladané prvky a javy rovnakého druhu.* Formulácia nie je práve najľahšie pochopiteľná a spôsobuje ťažkosti najmä tým, ktorí majú neisté predstavy o organizácii báz údajov v informačných systémoch (IS). Nemuselo by nás to príliš zaujmať, keby sa z IS (najmä geografických, geovedných, územných a iných priestorových) nerobili výstupy v podobe máp.

Uloženie údajov v priestorových IS je najčastejšie tematické, t.j. podľa vecných, obsahových prvkov, ku ktorým sú podľa nejakého vhodne zvoleného princípu (abecedne, číselne, alebo aj inakšie) priradené rôzne kvalitatívne a kvantitatívne charakteristiky. Tematiky (registre, *vrstvy* a podobne pomenované súbory) takéhoto IS môžu pozostávať nielen zo zoznamu osôb, inštitúcií, zariadení ap., ale aj z obsahových prvkov mapy, napr. zo sídiel, vôd, výškopisu, komunikácií, pôdnej a rastlinnej pokrývky (v zhodnom alebo v oveľa rozsiahlejšom rozsahu ako na topografickej alebo na základnej mape), ale tiež z najrozmanitejších štatisticky, geovedne, spoločenskovedne a inak sledovaných údajov. Na jednotlivé zoskupenia týchto údajov možno nazerať ako na *vrstvy* IS.

Ak sa výstupy z bázy údajov IS vizualizujú vo forme mapy, pojem *vrstvy* sa prenáša aj na mapu. Jednotlivé tematické vrstvy možno kartograficky vizualizovať separátne, alebo ich nakladať na seba v rôznych kombináciách (na obrazovke počítača dokonca v odlišných, ale vhodne volených farbách), a to tak v pôvodnom (hustejšom) rozsahu, ako aj zriedene (generalizovane). Tak ako v bázach údajov IS, aj na mapách sa začali rozlišovať vrstvy sídiel, vôd, výšok, komunikácií, chránených území, kontaminovaných oblastí, výskytu rôznych tematických javov, výsledkov rajonizácie, typizácie, valorizácie atď., pričom jednotlivé vrstvy sa chápu nielen ako analytické zložky bázy údajov, ale aj ako nástroje IS. Pre tvorcov mapových výstupov z IS z toho plynú veľké výhody: z takýchto analytických (a rôzne generalizovaných) vrstiev možno zostavovať nielen rôzne komplexy, ale aj nové druhy syntéz, ktoré bolo doteraz obťažné, ba takmer nemožné vyhotovovať pomocou klasických (papierových) máp.

Záver

Termín vrstva mal v kartografickej terminológii doteraz niekoľko významov, ktoré sa týkali materiálov a postupov v reprodukcii máp (vrstvy fotografického filmu, kopírovacie, rycie, ochranné ap.), vyjadrenia výškových pomerov na mape (výškové, hypsometrické vrstvy), alebo horizontálneho rozloženia na klade mapových listov.

Do kartografickej terminológie sa ale v poslednom období začlenilo aj ďalšie chápanie vrstvy ako vrstvy samotnej mapy, t. j. ako obsahovej zložky mapy, pričom sa táto zložka považuje buď za ucelený komponent mapy, alebo za analytický nástroj IS, ktorý slúži na zostavovanie nových druhov komplexných a syntetických máp prostredníctvom počítačových technológií.

Súčasne sa potvrdilo, že spolu s termínom *vrstva mapy* sa do kartografickej terminológie začleňuje aj ďalší nový termín – *rozvrstvenie (stratifikácia) mapy*, ktorý sa chápe jednak ako zloženie mapy z viacerých obsahových (syntaktických) vrstiev a jednak ako jeden z princípov skladby mapy, t.j. ako osobitná súčasť syntaktickej roviny mapového jazyka.

Príspevok je jedným z výstupov dosiahnutých riešením projektu 5043 „Hodnotenie súčasnej krajiny aplikáciou údajov z báz údajov CORINE land cover podľa environmentálnych princípov" na Geografickom ústave SAV v roku 1999 za podpory Slovenskej grantovej agentúry VEGA.

LITERATÚRA:

[1] Atlas Slovenskej socialistickej republiky. Bratislava, Slovenská akadémia vied a Slovenský úrad geodézie a kartografie 1980. 296 s. [mapová časť].

[2] FERANEC, J. – OŤAHEĽ, J.: Slovensko – Corine – mapa krajinnej pokrývky. Bratislava, Geografický ústav SAV 1996. [Príloha k periodiku Geographia Slovaca, 1996, č. 11.]

[3] HRAŠKO, J. – LINKEŠ, V. – ŠURINA, B.: Pôdne typy. Mapa Slovenska v mierke 1 : 500 000. In: Atlas Slovenskej socialistickej republiky. Bratislava, Slovenská akadémia vied a Slovenský úrad geodézie a kartografie 1980, s. 70–71.

[4] KUSENDOVÁ, D.: Hodnotenie kartografických nástrojov vo vybraných produktoch GIS. Geodetický a kartografický obzor, 43/85, 1997, č. 8–9, s. 170–176.

[5] MAZÚR, E.: Typy reliéfu. Mapa Slovenska v mierke 1 : 500 000. Bratislava, Geografický ústav SAV 1992. [Tiež In: Atlas SSR. Bratislava, Slovenská akadémia vied a Slovenský úrad geodézie a kartografie 1980, s. 50–51.]

[6] MAZÚR, E. – KRIPPEL, E. – PORUBSKÝ, A. – TARÁBEK, K.: Geoekologické (prírodné krajinné) typy. Mapa Slovenska v mierke 1 : 500 000. Bratislava, Geografický ústav SAV 1977 [Tiež In: Atlas SSR. Bratislava, Slovenská akadémia vied a Slovenský úrad geodézie a kartografie 1980, s. 98–99.]

[7] Multilingual Dictionary of Technical Terms in Cartography. Wiesbaden. Franz Steiner Verlag 1973. 573 s.

[8] OŤAHEĽ, J. – FERANEC, J. – PRAVDA, J. – HUSÁR, K.: Mapa hodnotenia súčasnej krajiny Slovenska. Kartografické listy, 1999, č. 7, s. 87–94.

[9] PORUBSKÝ, A.: Podzemné vody. Mapa Slovenska v mierke 1 : 500 000. Bratislava, Geografický ústav SAV 1982.

[10] PRAVDA, J.: Komponentnosť, rozvrstvenie a kompozícia mapy. Geodetický a kartografický obzor, 36/78, 1990, č. 7, s. 162–168.

[11] PRAVDA, J.: Základy koncepcie mapového jazyka. Bratislava, Geografický ústav SAV 1990. 168 s.

[12] PRAVDA, J.: Mapový jazyk. Bratislava, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského 1997. 88 s.

[13] PRAVDA, J.: Metódy mapového vyjadrovania. Geodetický a kartografický obzor, 44/86, 1998, č. 4, s. 79–83.

[14] PRAVDA, J. – FERANEC, J. – OŤAHEĽ, J. – HUSÁR, K.: Kartografická aplikácia bázy údajov CORINE land cover v mierke 1 : 100 000. Geografický časopis, 50, 1998, č. 1, s. 21–33.

[15] Slovník geodetickej a kartografickej terminológie. Kartografia. Bratislava, Výskumný ústav geodézie a kartografie 1986. 221 s.

[16] Terminologický slovník geodézie, kartografie a katastra. Bratislava, Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky a Český úřad zeměměřický a katastrální 1998. 540 s.

Do redakcie došlo: 23. 4. 1999

Lektoroval:
Doc. Ing. Jozef Čižmár, PhD.,
Katedra mapovania a pozemkových úprav
SvF STU, Bratislava

Nové programové prostředky VÚGTK pro přepracování katastrálních map do digitální formy

Ing. Milan Kocáb, Ing. Josef Pražák,
VÚGTK Zdiby

681.3.06 : 001.89 : 528.93 : 681.3.06 : 347.235.11 : 912.43

Abstrakt

Hlavní cíle digitalizace katastrálních map. Pracovní etapy digitalizace a automatizace procesu obnovy katastrálního operátu přepracováním souboru geodetických informací novými programovými prostředky Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického (VÚGTK), MicroGEOS-Vektor (MG-Vektor) a MicroGEOS-Final (MG-Final).

New Programming Tools to Transforming the Cadastral Maps to Digital Form in the Research Institute of Geodesy, Topography and Cartography

Summary

Main goals of digitizing of cadastral maps. Production stages of digitizing and automation of renovation of cadastral documentation by reprocessing the file of survey information by new programming tools of the Research Institute of Geodesy, Topography and Cartography (VÚGTK), i. e. MicroGEOS-Vektor (MG-Vektor) and MicroGEOS-Final (MG-Final).

1. Úvod

Informační technologie z oblasti katastru nemovitostí, založené na digitální formě informací, ovlivní a hlavně zefektivní činnost státní správy za předpokladu dostatečného množství potřebných digitálních dat. Zatímco jedna ze dvou základních složek katastrálního operátu, soubor popisných informací (SPI), byla již do digitální formy převedena, druhá, soubor geodetických informací (SGI), reprezentovaná katastrálními mapami, je po této stránce teprve na počátku. Protože jen velmi málo digitálních katastrálních map vzniká novým mapováním, leží téměř celý úkol digitalizace na procesu „obnovy katastrálního operátu přepracováním SGI" [1].

Při přepracování se souřadnice podrobných bodů podle [1] získají:

a) výpočtem z původního geodetického nebo fotogrammetrického určení v S-JTSK nebo převzetím z již existujícího, stejně pořízeného seznamu souřadnic,
b) při vektorizaci rastrových souborů,
c) kartometrickou digitalizací.

Z hlediska přesnosti je preferován způsob ad a). Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický (VÚGTK) se soustředil na automatizaci procesu obnovy katastrálního operátu přepracováním SGI s uplatněním vektorizace rastrových souborů katastrálních map (a dalších podkladů), a to především proto, že tento postup bude nejvíce využíván. Takto budou převedeny např. všechny katastrální mapy v sáhovém měřítku, které jsou dnes ještě téměř na 70 % státního území. Pro tento účel VÚGTK vypracoval „Technologický postup pro obnovu SGI přepracováním sáhové katastrální mapy s využitím programu MicroGEOS-Vektor" [2], na který navazují programové prostředky, které automatizují základní etapy celého procesu obnovy s cílem vytvořit „katastrální mapu digitalizovanou" – KM-D podle § 13 zvláštního předpisu [3] (dále jen „vyhláška"). Tento technologický postup i programové prostředky je možno přiměřeně použít i pro vytvoření „digitální katastrální mapy" – DKM, tj. mapy odpovídající svými parametry § 13 odst. (1) písm. a) vyhlášky.

Mezi hlavní cíle digitalizace SGI, stanovené Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK) patří:

- dosažení úplného souladu SGI a SPI (soulad výměr nebude absolutní u všech parcel, k rozdílu dojde u těch parcel, které byly určeny číselným způsobem podle § 57 odst. 5 vyhlášky),
- doplnění katastru nemovitostí o parcely sloučené v půdních celcích a dosud nezobrazené v katastrálních mapách (odstranění zjednodušené evidence těchto parcel),
- vybudování katastru nemovitostí jako moderní databáze, integrující funkce evidence právních vztahů k nemovitostem, základního zdroje dat pro geoinformační systémy a daňový systém a nositele dalších územně orientovaných informací tvořících součást státního informačního systému [4].

VÚGTK si při tvorbě nových programových prostředků kladl za cíl především maximálně automatizovat proces obnovy katastrálního operátu přepracováním SGI a soustředil se na etapy

- transformace rastrových souborů do původního systému,
- doplnění parcel vedených doposud ve zjednodušené evidenci, včetně slučování a přečíslování parcel,
- vytvoření konceptu a konečného grafického souboru digitalizované mapy,
- vytvoření srovnávacího sestavení parcel,
- přípravy řízení o námitkách.

2. Transformace rastrových souborů

Podkladem vektorizace jsou rastrové soubory map určených k digitalizaci. Těmito mapami jsou katastrální mapy a mapy bývalého pozemkového katastru s parcelami později sloučenými do velkých půdních celků. Pro transformaci rastrových souborů map v sáhovém měřítku do původního systému stabilního katastru byl vytvořen grafický soubor „Klad listů katastrálních map sáhových měřítek v souřadnicovém systému gusterbergském a svatoštěpánském" (pro každý systém samostatný soubor), který usnadňuje celou operaci transfor-

Tab. 1 Pracovní činnost funkcí MicroGEOS-Vektor

Práce s rastrovými daty	• Načtení rastru do systému MG-Vektor • Odpojení naposled načteného rastru • Posunutí rastru o požadovanou vzdálenost • Pootočení pohledu (vektorové kresby) = pootočení rastru • Zobrazení rastrových souborů ve zvoleném pohledu • Informace o aktuálně připojených rastrových souborech
Vytváření kresby a umísťování elementů mapy (linie, popis, značky)	• Informace o elementu • Editace elementu • Výběrová množina • Smazání elementu
Tvorba pravoúhlých linií	• Vektorizace pravoúhlých výstupků budov
Změna atributů elementů a opravy kresby	• Změna atributů elementů mapy • Vytvoření průsečíku dvou grafických prvků (intersekce) • Zařazení bodů do přímky • Posunutí společného vrcholu elementů do daného bodu
Určení výměr, vyhledání parcely	• Informace o ploše • Vyhledání parcely • Informace o plochách v dávce • Informace o ploše – rozšířeně
Porovnání grafické výměry s výměrou v katastru nemovitostí	
Kontroly korektnosti dat (elementů, kresby)	• Kontrola korektních atributů jednotlivých prvků mapy • Kontrola kresby (volné konce linií, křížení,...) • Kontrola ploch • Nalezení a zobrazení chybových míst
Načítání bodů do výkresu	• Import bodů z textového nebo datového souboru do výkresu
Výpočet geodetických úloh	• Základní geodetické úlohy, transformace
Práce s pohledy	• Funkce pro ovládání pohledů
Zvětšení zájmové oblasti v požadovaném pohledu	• Funkce „lupy“
Zobrazení (skrytí) tematické skupiny prvků mapy	• Funkce pro zobrazování jednotlivých obsahových vrstev
Vytvoření kopie výřezu mapy a její tisk	

mace. Soubory „guster.dgn“ a „stepan.dgn“ obsahují rámy a označení mapových listů v měřítku 1 : 2880. Příslušná funkce umožňuje podle označení mapového listu vyhledat polohu příslušného listu v přehledu kladu mapových listů. Pro transformaci již není třeba zadávat souřadnice rohů mapových listů (jako bodů identických), stačí je jen označit v grafickém souboru. Buňka „Palce“ s vyznačením palcové sítě v rámci celého mapového listu pak umožňuje pracovat i s neúplnými mapovými listy nebo s listy s posunutým kladem, což je právě u sáhových map dosti časté.

3. Vektorizace obsahu katastrální mapy

Pro vektorizaci transformovaných rastrových souborů byl ve VÚGTK vytvořen programový prostředek MG-Vektor, který je jednoduchou aplikační nadstavbou nad systémem MicroStation Review. K volbě systému MicroStation Review vedly ekonomické důvody. Přes jistá omezení tohoto systému se podařilo vytvořit jednoduchý, uživatelsky příjemný prostředek, splňující požadavky na vektorizaci, pracující ve stejném uživatelském prostředí, jako již známý MicroGEOS [5]. Systém MG-Vektor obsahuje všechny nástroje k rychlé vektorizaci katastrální mapy [6]. Jeho možnosti vyplývají z následující tab. 1.

Grafický soubor vytvořený při vektorizaci obsahuje všechny prvky polohopisu a popisu vyznačené v katastrální mapě a všechny hranice a čísla parcel ze zjednodušené evidence vyznačené v grafickém přehledu parcel. Parcelní čísla se přitom pro potřebu automatizovaného vyhotovení srovnávacího sestavení parcel zapisují ve tvaru umožňujícím rozlišení kódu parcely, druhu pozemkové evidence a označení dílu parcely ve zjednodušené evidenci. Výsledný grafický soubor po vektorizaci a příslušných kontrolách, tzv. srovnávací grafický soubor, je vstupním souborem pro činnost programu MG-Final. Musí splňovat tyto požadavky:

a) Jednotlivé atributy prvků obsahu mapy a vrstvy, ve kterých jsou tyto prvky uloženy, musí odpovídat struktuře dat systému MicroGEOS [6].
b) Srovnávací grafický soubor musí obsahovat rámy a označení mapových listů.
c) Parcelní číslo musí být umístěno v každé části parcely ve zjednodušené evidenci i v případě, že je tato parcela dělena kresbou parcely katastru nemovitostí.
d) Pozemky pod stavbou musí být zapsány jako parcely katastru nemovitostí na listu vlastnictví.
e) Jsou vyřešeny případy evidenčně uskutečněných změn bez zákresu v mapě bývalého pozemkového katastru, popř. i za cenu dočasného fiktivního řešení.
f) Jsou odstraněny veškeré díly parcel katastru nemovitostí.
g) Zákres hranic parcel doplňovaných ze zjednodušené evidence, vytvořený při vektorizaci, nesmí obsahovat složené čáry („line string“), kružnice a oblouky.

4. Obnova katastrálního operátu

Výsledná dokumentace obnovy katastrálního operátu se vyhotoví programem MG-Final [7]. Tento program zpracuje automatizovaně:

a) koncept DKM (KM-D),
b) konečný grafický soubor DKM (KM-D),
c) srovnávací sestavení parcel v podobě porovnání parcel katastru nemovitostí a parcel ve zjednodušené evidenci před obnovou s parcelami katastru nemovitostí po obnově,
d) nový SPI,
e) rejstřík parcel,

f) seznam vlastníků s adresami pro řízení o námitkách, včetně tisku adres na obálky.

Srovnávací sestavení parcel spolu s konceptem digitalizované mapy dává úplný přehled o změnách parcel obnovou katastrálního operátu.

Program MG-Final má dva podprogramy: SR–SEST v. 1.0 a SROVNEJ v. 2.0. První podprogram zajišťuje:

a) Porovnání všech parcel ve srovnávacím grafickém souboru s databází SPI (včetně parcel ve zjednodušené evidenci). Přitom se mimo jiné kontrolují výměry parcel, kontroluje se, zda každá parcela existující ve srovnávacím grafickém souboru je i v databázi SPI a naopak. Dále, zda každá parcela zjednodušené evidence obsahuje definiční parcelní číslo, popř. zda jich neobsahuje více atd. Chyby, které se zapisují do chybového protokolu, je třeba odstranit.
b) Porovnání parcel bez vlastníka (bez listu vlastnictví) ve srovnávacím grafickém souboru a v databázi SPI.
c) Slučování a přečíslování parcel zjednodušené evidence a vytvoření konceptu DKM (KM-D).
d) Vyhotovení konečného grafického souboru DKM (KM-D) s převodem parcel ze zjednodušené evidence do katastru nemovitostí.
e) Podprogram obsahuje dále modul zabraňující nesprávnému slučování parcel. Jde zejména o parcely zatížené zástavním právem, věcným břemenem, předkupním právem apod.
f) Pro potřeby SPI podprogram přiřadí každému parcelnímu číslu označení příslušného mapového listu.

Další etapy obnovy zajišťuje podprogram SROVNEJ v. 2.0. Jsou to:

a) Vytvoření vazeb mezi parcelami před obnovou a po obnově, s příslušnými kontrolami, včetně vyhledání listů vlastnictví u staveb na cizím pozemku.
b) Výstup srovnávacího sestavení parcel na obrazovku monitoru a na tiskárnu (v různých variantách), včetně rejstříku parcel setříděných podle parcelních čísel před obnovou a po obnově.
c) Testování souborů, spočívající v logických kontrolách a kontrole výměr, jehož výsledkem je výstupní soubor parcel katastru nemovitostí s kódem kvality výměry 1 a 2, s uvedením rozdílů ve výměrách před a po obnově.
d) Automatizovaný tisk adres vlastníků pro oznámení o řízení o námitkách (s variantní možností vyhledávání vlastníků a jejich adres) a soupis dopisů pro poštu.
e) Zabezpečení souborů příslušného katastrálního území v průběhu prací proti změnám a volby správného typu výsledné mapy.

5. Transformace definičních bodů parcel do S-JTSK

V případě přepracování analogových katastrálních map v sáhovém měřítku do digitální formy, kdy výsledný SGI = KM-D zůstává v původním souřadnicovém systému stabilního katastru (tedy v systému gusterbergském nebo svatoštěpánském), je třeba v souladu s § 57 odst. 5 vyhlášky převést souřadnice definičních bodů parcel do S-JTSK. Tyto souřadnice jsou totožné se souřadnicemi vztažných bodů definičních parcelních čísel, které jsou obsaženy v grafickém souboru KM-D.

Jednotkou transformace definičních bodů parcel je katastrální území. Obdobně jako pro transformaci rastrových souborů do původního systému stabilního katastru i pro tuto transformaci vytvořil VÚGTK grafický soubor „Klad mapových listů katastrálních map v měřítku 1 : 2880 v S-JTSK".

Podkladem pro vytvoření tohoto grafického souboru byla data získaná z odd. Triangulační dokumentace Zeměměřického úřadu (ZÚ). Těmito daty jsou souřadnice S-JTSK rohů mapových listů měřítka 1 : 2880 souřadnicových systémů gusterbergského a svatoštěpánského. Původem těchto dat jsou tzv. mílové tabulky, které byly v ZÚ kontrolovány a zjištěné chyby byly opraveny.

Grafický soubor kladů listů katastrálních map v měřítku 1 : 2880 v S-JTSK je zpracován obdobným způsobem jako již výše uvedené soubory „guster.dgn" a „stepan.dgn" s klady listů katastrálních map v měřítku 1 : 2880 v souřadnicových systémech gusterbergském a svatoštěpánském. Obsahuje rámy a označení mapových listů s možným připojením buňky s palcovým dělením uvnitř a na rámu mapového listu. Příslušný mapový list se vyhledá zadáním jeho označení v systému MicroGEOS.

Pro afinní transformaci se s výhodou použije příslušná funkce systému Micro-GEOS. Ta po první transformaci, s využitím rohů mapových listů jako identických bodů, uchovává pro zajištění jednotnosti opakovaných transformací určitého katastrálního území (nebo jeho části) ve zvláštním textovém souboru koeficienty transformačních rovnic (na 10 platných míst) jako závazné pro další transformace tohoto katastrálního území.

6. Závěr

Technologie a programové prostředky byly vypracovány na základě požadavků ČÚZK pro potřeby katastrálních úřadů. Při jejich zpracování bylo využito zkušeností těchto pracovišť. Speciální programové prostředky pro obnovu katastrálního operátu byly vyvinuty VÚGTK ve spolupráci s odborníky a programátory katastrálních úřadů v Kroměříži a Příbrami. Dílčí odezvy pracovníků katastrálních úřadů jsou zatím povzbuzující. Dovolují předpokládat, že těmito pracemi se podařilo vytvořit zatím asi nejkomplexnější prostředek pro automatizaci procesů obnovy katastrálního operátu přepracováním SGI.

LITERATURA:

[1] Prozatímní návod pro obnovu katastrálního operátu přepracováním souboru geodetických informací a pro jeho vedení. [ČÚZK čj. 5238/1998-23 ze dne 21. 12. 1998.] Praha, ČÚZK 1998.
[2] Technologický postup pro obnovu SGI přepracováním sáhové katastrální mapy s využitím programu MicroGEOS-Vektor. Zdiby, VÚGTK 1999.
[3] Vyhláška č. 190/1996 Sb., kterou se provádí zákon č. 265/1992 Sb., o zápisech vlastnických a jiných věcných práv k nemovitostem, ve znění zákona č. 210/1993 Sb., a zákona č. 90/1996 Sb., a zákon České národní rady č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky (katastrální zákon), ve znění zákona č. 89/1999 Sb., ve znění vyhlášky č. 179/1998 Sb.
[4] Koncepce digitalizace katastru nemovitostí a spolupráce katastrálních úřadů s dalšími správci nově tvořených informačních systémů. [ČÚZK čj. 3907/1993-2 ze dne 30. 12. 1993.] Praha, ČÚZK 1993.
[5] KOCÁB, M.: MicroGEOS – nástroj pro vedení digitální katastrální mapy. GaKO, *41(83)*, 1995, č. 9, s. 197–198.
[6] MicroGEOS-Vektor, verze pro DOS. [Příručka pro uživatele systému.] Zdiby, VÚGTK 1999.
[7] MicroGEOS-Final. [Příručka pro uživatele.] Zdiby, VÚGTK 1999.

Do redakce došlo: 23. 7. 1999

Lektorovala:
Ing. Zina Matušková,
Katastrální úřad Brno-město

Z GEODETICKÉ A KARTOGRAFICKÉ PRAXE

Rezoluce IAG a opravy geodetických veličin

**Ing. Stanislav Olejník,
Zeměměřický úřad,
Praha**

061.2:528+528.088

Podle rezoluce Mezinárodní asociace geodetické (IAG) – (XVIII. Valné shromáždění IAG, Hamburg 1983) má být z geodetických veličin vylučován přímý stálý účinek nebeských těles a přitom vliv stálé slapové deformace Země má být ponechán.

Pro naše úvahy použijeme rozvoj slapového potenciálu V [1, 2] Měsíce (M) a Slunce (S), kde jeho konstantní část V_o je vyjádřena vlnou M_o respektive S_o. Podle [3] je

$$V_o = K\,(1/2)\,G\,(\rho)\,(1 - 3\,\sin^2\psi), \qquad (1)$$

kde je: $G\,(\rho)$ – Doodsonova konstanta,
$G\,(\rho) = 2{,}6277\ \mathrm{m^2.s^{-2}}$,
ψ – geocentrická šířka bodu,
K – součet koeficientů vln M_o a S_o, $K = 0{,}73819$.

Veličina V_o způsobuje stálý posun hladinových ploch tíhového pole [3]

$$d\,\zeta_o = (1 + k)\,V_o\,g^{-1} = (1 + k)\,g^{-1}\,0{,}73819\,(1/2)G(\rho)\,(1 - 3\,\sin^2\psi), \qquad (2)$$

kde je: Loveovo číslo $k = 0{,}290$,
střední hodnota tíhového zrychlení $g = 9{,}82\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

Dosazením příslušných numerických hodnot do (2) dostaneme

$$d\,\zeta_o = 0{,}127\,(1 - 3\,\sin^2\psi)\quad \mathrm{m}.$$

Na rovníku je tedy geoid zdvižen o hodnotu 0,127 m, na pólu je deprese geoidu – 0,254 m.

Konstantní slapová deformace Země je vyjádřena vztahem [3]

$$d\,\rho_o = (h/g)\,V_o. \qquad (3)$$

Dosazením Loveova čísla $h = 0{,}584$ a ostatních numerických hodnot dostaneme

$$d\,\rho_o = 0{,}058\,(1 - 3\,\sin^2\psi)\quad \mathrm{m}.$$

Je tedy na rovníku $d\,\rho_o = +0{,}058$ m, na pólu pak $d\,\rho_o = -0{,}116$ m.

Uvážíme-li kulovou Zemi o poloměru ρ, je odpovídající vertikální slapová složka [3]

$$dg_o = -\,(1 + h - 3/2\,k)\,(2V_o)\,/\,\rho. \qquad (4)$$

Položíme $\rho = 6{,}371.10^6$ m, uvážíme ostatní numerické hodnoty a je tedy

$$dg_o = -0{,}350\,(1 - 3\,\sin^2\psi)\quad \mu\mathrm{m.s^{-2}}.$$

Na rovníku je tíhové zrychlení menší, $dg_o = -0{,}35\ \mu\mathrm{m.s^{-2}}$, na pólu je naopak větší, $dg_o = +0{,}70\ \mu\mathrm{m.s^{-2}}$.

Budeme-li respektovat rezoluci IAG, znamená to prakticky, že při výpočtu slapových oprav položíme v případě vlny $M_o + S_o$ ve vzorcích (2), (3), (4) čísla h, k nule a změníme znaménka.

Je pak

$$d'\,\zeta_o = -\,V_o\,g^{-1} = -0{,}09876\,(1 - 3\,\sin^2\psi)\quad \mathrm{m}, \qquad (5)$$

$$d'g_o = 0{,}30447\,(1 - 3\,\sin^2\psi)\quad \mu\mathrm{m.s^{-2}}. \qquad (6)$$

Rovnice (2) + (5) definuje nový nulový geoid[1]), který se liší od klasického středního geoidu v Listingově pojetí. Pak ovšem je nutné korigovat hodnoty výšek H_s, které se dosud ke střednímu geoidu, vyjádřenému rovnicí (2), vztahují (obr. 1).

Platí
$$H_o = H_s - d'\,\zeta_o = H_s + V_o\,g^{-1}, \qquad (7)$$

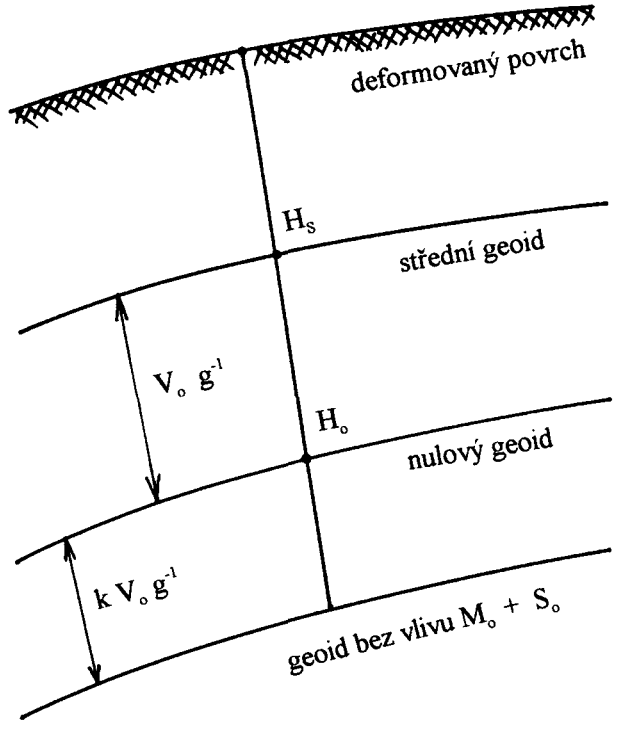
kde je H_o opravená výška podle IAG.

Hodnotu tíhového zrychlení je nutno opravit s uvážením vztahu (6).

Numerické hodnoty oprav tíhového zrychlení respektive výšek podle (6) respektive (7) jsou pro ψ <46°; 52°> sestaveny v tab. 1. Vztah mezi geocentrickou šířkou ψ a zeměpisnou šířkou φ je dán výrazem

$$\mathrm{tg}\,\psi = 0{,}993305\,\mathrm{tg}\,\varphi.$$

[1]) Zdvih nulového geoidu na rovníku je tedy 0,028 m, jeho deprese na pólu –0,056 m. Výraz nulový geoid je převzat z [4].



Obr. 1

Tab. 1

geocentrická šířka $\psi°$	oprava tíhového zrychlení podle (6) $\mu m.s^{-2}$	oprava výšky podle (7) m
46	–0,1682	–0,0546
47	–0,1841	–0,0597
48	–0,2000	–0,0649
49	–0,2158	–0,0700
50	–0,2315	–0,0751
51	–0,2472	–0,0802
52	–0,2627	–0,0852

Prakticky nulové opravy platí pro body s geocentrickou šířkou $\psi = 35°,26439$.

Hodnoty tíhového zrychlení bodů Základního tíhového bodového pole (ZTBP) České republiky (tíhový systém 1995) jsou ve smyslu rezoluce IAG opraveny. Hladina gravimetrické sítě je totiž definována z absolutních tíhových měření, kde je oprava podle (6) zásadně uvažována. Pro bod Habartice, ležící nejseverněji (φ = 51°,02139), je oprava rovna –0,25 $\mu m.s^{-2}$, nejjižnější bod Horní Dvořiště ($\varphi = 48°,61111$) má opravu rovnou –0,21 $\mu m.s^{-2}$. Opravy podle (6) jsou aplikovány i v gravimetrických sítích Slovenska, Maďarska, Rakouska, Německa aj.

Opravy výšek na našem území by dosahovaly zhruba hodnot –0,067 m až –0,080 m.

Vliv potenciálu V_o při výpočtu převýšení geoidu a výšek je až dosud zanedbáván. Problematika stálého slapového vlivu na geodetické veličiny je doposud prakticky nedořešena.

Vedlejším produktem řešení byla možnost výpočtu normálního vertikálního gradientu tíhového zrychlení, získaného podílem rovnic (6)/(5). V uvažovaném oboru geocentrických šířek jej reprezentuje průměrná hodnota $-3083\ 10^{-9}.s^{-2}$ (platí pro všechna ψ z intervalu <0°; 90°>). Vertikální gradient pro elipsoid GRS80 (Geodetic Reference System 1980), pro který použijeme výraz [5]

$$\frac{\partial\gamma}{\partial n} = -0{,}30877981 + 0{,}00043898 \sin^2\varphi + 0{,}00000200 \sin^4\varphi,$$

$(10^{-5}.s^{-2})$, je v našem případě reprezentován hodnotou $-3085\ 10^{-9}.s^{-2}$. Členy vyšších řádů jsou zanedbány. Symbolem n je označena normální tížnice. Numerická hodnota gradientu není tímto zjednodušením ovlivněna, protože veličiny $d\zeta_o$ dosahují hodnot několika centimetrů.

Smyslem článku bylo znovu upozornit na uvedenou problematiku, o které bylo již pojednáno např. v [3, 4], podat přehled o numerických hodnotách oprav výšek a tíhového zrychlení, vypočtených podle rezoluce IAG v oboru geocentrických šířek našeho území, a konstatovat stav v ZTBP České republiky.

LITERATURA:

[1] CARTWRIGHT, D. E. – TAYLER, R. J.: New Computations of the Tidegenerating Potential. Geophys. J. R. Astr. Soc., *23*, 1971, s. 45.

[2] CARTWRIGHT, D. E. – EDDEN, A. C.: Corrected Tables of Tidal Harmonics. Geophys. J. R. Astr. Soc., *33*, 1973, s. 253.

[3] ŠIMON, Z.: A Comment on Honkasalo's Correction. Studia geophys. et geod., *24*, 1980, s. 92

[4] KOSTELECKÝ, J. – ŠIMON, Z.: Slapové opravy při měřeních aparaturami GPS. Geod. a kart. obzor, *40(82)*, 1994, č. 5, s. 89–93.

[5] Bulletin géodesique, Vol. 54, 1980, No 3.

Do redakce došlo: 31. 8. 1999

ZAJÍMAVOSTI

Družicová měření na GO Pecný při zatmění Slunce 11. srpna 1999

528.2 : 629.783 : 523.7 "1999.08.11"

Všichni uživatelé GPS (Global Positioning System) v geodézii vědí o vlivu ionosféry na výsledky měření, o tom, že tento vliv lze vyloučit měřením na dvou frekvencích a že jinak se musí vliv ionosféry alespoň modelovat, máme-li plně využít dosažitelné přesnosti metody; i pak jsou rozdíly v dosahované přesnosti mezi denním a nočním měřením (to je obecně přesnější). Mnozí z nás vědí i o tom, že **stav ionosféry** závisí na jejím ozáření Sluncem, a to jak světlem, tak např. proudem nabitých částic tzv. slunečního větru, a na jejich interakci s magnetickým polem Země. Radioamatéři, vyznavači dálkového příjmu, dobře znají závislost šíření krátkovlnných signálů na denní době i na fázi 11-leté periody sluneční aktivity (která se nyní blíží maximu). Geodeti také vědí, že při zpracování dvoufrekvenčních měření GPS je možné mj. odvodit i jisté parametry stavu ionosféry. To je také základem zde popisovaného experimentu, přinejmenším celoevropského.

Máme ještě v dobré paměti mediální vzrušení z **úplného zatmění Slunce ve středu 11. srpna 1999**, jehož pásmo totality procházelo mj. Evropou. bylo to poslední úplné zatmění ve 20. století a v 2. tisíciletí křesťanského letopočtu (z hlediska židovského či muslimského kalendáře tu není žádný takový magický efekt) – a až do 7. října 2135 to bylo poslední úplné zatmění viditelné v našich končinách. Necelé dva měsíce před zatměním, 21. června 1999 dostaly permanentní stanice IGS (International GPS Service), jako je v Česku stanice GOPE (Geodetická observatoř Pecný), IGS e-mail č. 2312, který rozeslal Dr. Joachim Feltens z Evropského operačního kosmického centra v Darmstadtu, jenž vede projekt kombinovaných ionosférických řešení IGS. Ten si uvědomil, že stín prochází oblastí Evropy, kde je největší koncentrace permanentních pozorovacích stanic IGS, vybavených přesnými aparaturami pro sledování družic GPS a někde i družic ruského systému GLONASS (Globaľnaja Navigacionnaja Sistema Sputnikovaja). A že se tedy naskýtá mimořádná příležitost získat cenný pozorovací materiál o vlivu Slunce na ionosféru. Navrhl tedy upravený program měření a vyzval stanice IGS k účasti.

Uvědomíme-li si, že stín (a ovšem i polostín) Měsíce při tomto zatmění se pohyboval po zemském povrchu rychlostí kolem 0,67 km/s, pochopíme, že změny v ionosféře by mohly být velmi rychlé. Proto J. Feltens navrhl měření v intervalech 1 sekundy, a pokud by někde byly potíže s kapacitou paměti přijímače či velikostí disku počítače, tedy alespoň 2, 3, 5, 6, 10 nebo 15 sekund (proti standardu 30 sekund). A aby bylo možné sledovat celkový průběh stavu ionosféry a srovnávat ho s běžnými dny, měla měření probíhat od 0:00 do 24:00 UTC dne 11. srpna 1999, tj. po celý 223. den roku 1999. Bylo tedy žádoucí provést předběžné zkoušky navrženého režimu měření, odhadnout potřebné kapacity pro uložení dat, ověřit rychlost jejich přenosu atd., neboť sekundová měření se v praxi sice často používají např. při rychlých kinematických měřeních, ale prakticky nikdy nejde o měření celodenní. Návrh experimentu byl odůvodněn stručněji, nežli zde uvádíme, obsáhlejší byly organizační pokyny. Celá organizace experimentu i předávání dat proběhly, jak jinak, cestou elektronické pošty a FTP (File Transfer Protocol – program přenosu souborů).

Na **GO Pecný** (pracovišti VÚGTK v Ondřejově) jsme provedli příslušné zkoušky jak s přijímačem **Trimble 4000SSE**, který od září 1995 pracuje v síti IGS, tak s novým přijímačem **Ashtech Z18**, který je zatím ve zkušebním provozu a je určen pro měření obou systémů, GPS i GLONASS, v rámci rozšiřujícího se programu IGS. Po úspěšných zkouškách a stanovení optimálního režimu měření (při zachování standardních výstupů přijímače Trimble, tj. hodinových a celodenních dat) jsme si vyžádali a obdrželi přístupové heslo na počítač, kam se měly poslat výsledky měření. Je to počítač informačního systému CDDIS (Crustal Dynamics Data Information System, GSFC/NASA, USA – což je Informační datový systém pro dynamiku zemské kůry, neoficiálně přeloženo), kde příslušné adresáře pro FTP přenos dat experimentu zřídila paní Carey Elizabeth Noll, která je manažerem tohoto informačního systému, provozovaného v rámci GSFC (Goddard Space Flight Center, NASA).

Vlastní měření přijímači Trimble i Ashtech proběhlo ve stanovený den 11. srpna bez větších potíží, nedošlo k žádnému přerušení proudu (Ashtech ještě neměl záložní napájení) ani k poruchám aparatury. Přijímač Trimble (a jeho registrační počítač) si vyžádal některé zásahy pro udržení odesílání hodinových dat. Současně s měřením dru-

žic GPS (oba přijímače) a GLONASS (Ashtech) v jednosekundovém taktu probíhala každou minutu registrace meteorologických parametrů (teploty, tlaku a relativní vlhkosti) v meteobudce poblíž antén na hlavní budově GO Pecný, a to novým systémem čidel s digitální registrací převodníkem DRAK-3 firmy PaPouch, který byl urychleně aktivován v provizorní instalaci.

Během čtvrtka, po dnu zatmění, tj. 12. srpna 1999 byla všechna měření zpracována, tj. převedena do formátu kompaktního RINEX (podle Yuki Hatanaka), spolu s efemeridovými soubory, meteodaty a doplňkovými informacemi zkomprimována kompresí UNIXovskou kompresí a v pátek 13. dopoledne již byla připravena k odeslání. Po dalších kontrolách byla naše měření v pondělí 16. srpna uložena do stanoveného adresáře na počítači CDDIS. **Celkový objem předaných dat je asi 11,4 Mbyte**, z toho měření přijímačem Trimble 4000SSE 4,6 Mbyte a přijímačem Ashtech 6,8 Mbyte. Původních dat ve standardním formátu RINEX je asi 51,3 Mbyte a 96,8 Mbyte.

V čase zaslání našich dat do CDDIS tam již byly výsledky z 16 stanic s 21 přijímači, mezi nimiž byly též 2 další přijímače Ashtech Z18, které stejně jako GO Pecný měřily družice GPS i GLONASS. Ve svém e-mailu z 13. srpna J. Feltens předpokládá, že potrvá ještě několik týdnů, než se všechny výsledky sledování dostanou do CDDIS a že vědecké výzkumy na těchto měřeních potrvají měsíce až několik let. Můžeme se domnívat, že i měření z GO Pecný budou při tom využita.

Ing. Georgij Karský, CSc., Ing. Jakub Kostelecký,
VÚGTK – Geodetická observatoř Pecný

ZPRÁVY ZE ŠKOL

Seznam diplomových prací obhájených na Fakultě stavební VUT v Brně posluchači oboru geodezie a kartografie ve studijním roce 1998–1999

(043) 378.962 (437.2) : 528 "1999"

BAČOVÁ, A.: Základní mapa sídliště.
BÁRTA, M.: Testování elektronického univerzálního přístroje TOPCON GTS 6A.
BĚLEHRAD, P.: Ověření skutečného stavu PBPP pro potřebu katastru nemovitostí.
BORTELOVÁ, I.: Měření svislých posunů historické budovy JAMU v Brně.
DVORŠČAKOVÁ, E.: Zpracování návrhu komplexní pozemkové úpravy.
FINSTRLE, A.: Program pro tvorbu kartogramů.
FOJTÍKOVÁ, M.: Tvorba DKM, geometrický plán.
HABROVEC, J.: Problematika sběru dat a využití kódového měření při vyhotovování účelových map.
HANSLIANOVÁ, P.: Ortofotomapa vybraného územního celku.
HLAVSA, V.: Bodové pole severní části Moravského krasu.
CHLUBNA, L.: Analýza vlivu různosti atmosférických korekcí a přístrojů na elektronicky měřenou délku.
KÁŇA, D.: Posouzení vnitřní a vnější přesnosti GPS.
KLEČKOVÁ, K.: Školní zeměpisný atlas.
KOUPIL, F.: Technologie měření vlečky.
KUŘOVÁ, E.: Vyhotovení Základní mapy sídliště.
MADEJEWSKI, R.: Sledování vertikálních deformací historických objektů.
MAINDOVÁ, E.: Ověření přesnosti astronomické orientace s využitím totální stanice.
MALÝ, J.: Měření při stavbě silničního tunelu.
MATÚŠOVÁ, P.: Digitální mapa obce.
MIZERA, T.: Posouzení bodového pole v oblasti Holštejnska.
NAVRÁTIL, R.: Vliv městského mikroklimatu na převýšení určované trigonometricky.
PALA, P.: Kombinace různých typů aparatur GPS v lokálních sítích.
PRAŽÁKOVÁ, D.: Základní mapa závodu Dopravního podniku Jihlava.
PŘECECHTĚLOVÁ, V.: Problematika tvorby a využití DKM.
STEJSKAL, P.: Ověření přesnosti astronomické orientace z měření na Měsíc.
ŠIPULA, D.: Studium opakovaného současného měření délek totálními stanicemi a GPS.
TEJKAL, M.: Digitální zpracování dokumentace pro účely rekonstrukce stavebních objektů.
VAVRUŠOVÁ, L.: Digitální katastrální mapa jako nástroj samosprávní politiky.
VITAMVÁS, R.: Analýza měřického operátu.
VOŘÍŠEK, P.: Účelová mapa telekomunikačních sítí.
ZLÁMAL, M.: Ověření přesnosti astronomické orientace s využitím totální stanice.
ZLOTÝ, A.: Převod družicových měření do S-JTSK.

Ing. Helena Ryšková,
Ústav geodezie FAST VUT v Brně

PŘEHLED ČASOPISŮ

Geodézia és Kartográfia, 1998, č. 3

Joó, I. – Joó, I. ml.: Interview s ředitelem Pozemkového úřadu v kraji Békés, s. 3–10.
Niklasz, L.: Modernizace pozemkového managementu – strategie Ministerstva zemědělství, s. 11–17.
Joó, I.: Použití dat SLR a VLBI ke zkoumání pohybů zemské kůry, s. 17–22.
Monhor, D.: Poznámky o Homorodiho střední kvadratické chybě, s. 23–27.
Számadó, J.: Konsolidace pozemků prováděná v zahraničí, s. 28–33.

Geodézia és Kartográfia, 1998, č. 4

Joó, I. – Joó, I. ml.: Interview s ředitelem Pozemkového úřadu v kraji Vas, s. 3–11.
Bullard, R. K.: Směry vývoje konsolidace pozemků se specifickou aplikací pro Maďarsko, s. 12–19.
Számadó, J.: Konsolidace pozemků prováděná v Maďarsku, s. 19–24.
Lichtenegger, H. – Ms. Varga, M.: Stav služeb DGPS v Maďarsku, s. 24–27.
Horváth, K.: Reakce na poznámky Z. Forgácse a J. Vargy k materiálu „Důležitost katastrálních map v práci soudních expertů", s. 28–31.

Geodesija, kartografija, zemeustrojstvo, 1998, č. 1

Čaušev, V.: Program rozvoje katastru, geodézie a kartografie v Bulharsku, s. 3–6.
Maldžanski, P.: Algoritmus pro výpočet přibližných souřadnic modelových bodů analytické fotogrammetrie z dat relační databáze, s. 6–9.
Tepeliev, Ju. – Koleva, R.: Výběr informací o lesích z družicových snímků do GIS IDRISI 4.01, s. 10–13.
Asenova, M.: Sestavení digitálních map lesů s využitím multispektrálních snímků, s. 14–20.
Kocev, V.: Zkvalitnění národní trigonometrické sítě s využitím místních měření pomocí GPS, s. 21–23.
Penčeva, V. – Stefanova, N. – Petrov, P. N.: Klasifikace pozemků a mapování podle použitelnosti pro efektivní hospodaření a antierozní využití roviny, předhůří a horských oblastí v bulharském okrese Loveč, s. 24–26.
Mjanušev, E. – Krumov, V. – Dočev, G.: Studium některých problémů vztahujících se k půdní erozi a stanovení erozní půdy v bulharském kraji Silistra, s. 27–30.
Koceva, V.: El-Niño – prodloužené dni v únoru 1998, s. 31.

Geodesija, kartografija, zemeustrojstvo, 1998, č. 2–3

V'lev, G. – Neševa, V. – Jevtimov, I.: Katastr a evidence pozemků v Bulharsku: historický přehled, s. 3–11.

Price, J. (Anglie): Základní struktury katastru a evidence pozemků: mezinárodní zkušenosti, s. 12–17.
Zevenbergen, J. (Holandsko): Právní otázky evidence pozemků, s. 18–23.
Stanoev, I.: Požadovaná organizace katastrální a pozemkové reformy, s. 24–26.
Gegov, K. – Jevtimov, I.: Návrh katastrálního zákona, s. 27–32. Seminář o katastru a evidenci pozemků v Bulharsku, Borovetz, 8.–9. července 1998, s. 33.
Netov, N. – Meflex, F.: Některé problémy vertikálního plánování a urbanizace, s. 34–37.
Češankov, L. – Radulov, I.: Laserový nivelační přístroj LL-25, s. 38.
Milev, G.: 21. kongres Mezinárodní federace geodetů (FIG), s. 39–42.
Bogdanov, S.: 5. kongres Svazu geodetů a manažerů katastru v Bulharsku, s. 43–45.
Milošev, S.: Dostane se evropská astronomie zpět na vrchol?, s. 46.
Koceva, V.: 60. výročí narození Ing. S. Bogdanova, s. 47.
Odměnění studenti geodézie, kteří graduují v roce 1998, s. 48.

Geodesija, kartografija, zemeustrojstvo, 1998, č. 4

Stojnov, V. – Rangelova, Je.: Výpočty normálního gravitačního pole pro geodetické účely, s. 3–8.
Kastreva, P.: Zkvalitnění současných geodetických sítí, s. 9–12.
Čaušev, V.: Přesnost měřických prací požadovaná pro katastrální informace, s. 13–15.
Maldžanski, P.: Technologická skica digitálního videoplotteru, s. 16–21.
Delieva, A. – Gošev, V. – Dočev, G.: Zemědělská klasifikace půdy v horských oblastech vztahující se k antieroznímu využití, s. 22–24.
Batanov, K.: Vlastnictví pozemků a trh v Jižní Dobrudže, s. 25–29.
Milev, G.: Mezinárodní sympozium „Vlastnické právo, dynamika vývoje katastrálních systémů a pozemkový management", s. 30–31.
Milev, G.: 50. výročí Ústřední laboratoře pro vyšší geodézii, s. 32.

Geodesija, kartografija, zemeustrojstvo, 1998, č. 5–6

Kaufmann, N. – Steudler, D. (Švýcarsko): Katastr 2014, s. 3–18.
Dačev, Ju.: Určení koeficientu refrakce pro oblast Sofie, s. 19–20.
Tepeliev, Ju. – Dimitrov, V. – Raškov, S.: Měření rozlišovací schopnosti na jehličnatých lesích podle typu a stáří stromů tak, jak je klasifikováno pomocí multispektrální kamery LANDSAT TM, s. 21–24.
Dobrev, N.: Výzkum tektonických a šikmých pohybů v jihozápadním Bulharsku s využitím trojrozměrného extensiometru TM-71, s. 25–29.
Vesterbåek, H. (Holandsko): Správa pozemků jako každý jiný obchod, s. 30–32.
Stojnov, V.: 50. výročí katedry vyšší geodézie, s. 33–36.

Przegląd Geodezyjny, 1998, č. 1

Diskuse prof. Wojciecha Wilkowského, hlavního redaktora časopisu Przegląd Geodezyjny, s p. Henrykem Jędrzejewskim, ředitelem oddělení plánování a nemovitostí Úřadu pro rozvoj bydlení a města, s. 3–9.
Krzyżek, R.: Analýza právních předpisů vztahujících se k eliminaci spoluvlastnictví nemovitostí, s. 9–12.
Witowski, R.–Stępień, B.: Transformace stavebních struktur v centru Varšavy versus rozvoj trhuu s budovami úřadů v období 1997–2000, s. 12–14.

Przegląd Geodezyjny, 1998, č. 2

Jež, B.: Geometrizace geodetických objektů, s. 3–8.
Dobrzyński, A.: Systém analýzy lokálního trhu s nemovitostmi v Poznani, s. 8–10.
Mecha, E.: Současný stav integrovaného informačního systému katastru v Polsku, s. 10–14.

Przegląd Geodezyjny, 1998, č. 3

Adamczewski, Z.: Algoritmus obecné validace nemovitostí, s. 3–6.
Latoś, S.–Preweda, E.: Problémy zahrnující zeměměřické práce při konstrukci kabinové lanovky na příkladu konstrukce stejné lanové dráhy do Jaworzyna Krynicka v Krynici, s. 6–13.
Wysocki, J.: Problémy týkající se přesnosti numerické aproximace povrchu terénu pomocí prostředků DMT, s. 13–14.

Geodezija i Kartografija, 1998, č. 1

Federální zákon o „geografických názvech", s. 1–8.
Berk, V. I.: Topograficko-geodetické měření území Ruska v podmínkách omezeného financování, s. 8–13.
Gnatišin, V. N.: Efektivnost zavádění nové techniky a moderních technologií, s. 14–16.
Kongresy, konference, sympozia – 98, s. 16.
Panaev, G. A.: Tvorba modelů geoidu s využitím technologií GPS a nivelace, s. 17–21.
Solodov, A. Ja.: Rozdělení náhodné chyby měření, s. 22–27.
Putičev, Ju. V.: O zapomenuté myšlence akademika A. A. Michajlova, s. 27–30.
Skripnjuk, V. V.: Vylepšení metod automatizované interpretace fotogrammetrických snímků, s. 31–32.
Knižnikov, Ju. F.–Gel'man, R. N.: Vliv úhlu protínání na přesnost automatizovaných stereoměření, s. 33–35.
Boginskij, V. M.–Dmitrijev, V. A.: Založení výroby umělohmotných globusů v Uralském kartografickém závodě, s. 36–40.
Antipova, A. V.: Mapy využití půdy: principy tvorby a použití v ekologickogeografických výzkumech, s. 40–46.
Dubinok, N. N.–Bezborodov, Ju. G.–Bezborodov, A. G.: Technologie pro zlepšení krajiny a ochranu zdrojů při zavlažování, s. 46–48.
Fostikov, A. A. aj.: Připojení leteckých snímků pomocí GPS pro tvorbu katastrálních mpa, s. 49–53.
Chlebnikova, T. A.–Charitonov, V. G.: Použití přístroje SD 2000 pro tvorbu územního katastru, s. 53–57.
Ruskov, A. M.: Způsob verifikace hlavní podmínky dvou nivelačních přístrojů současně, s. 57–58.
Smechova, A. Ch.: Zahraniční publikace, s. 59.

Geodezija i Kartografija, 1998, č. 2

Ždanov, N. D.: Kroky k adaptaci odvětví v tržních podmínkách, s. 1–11.
Kongresy, konference, sympozia – 98, s. 11.
Prusakov, A. N.: O autorském právu v geodezii a kartografii a platby za použití materiálu a dat Federálního geodeticko-kartografického fondu, s. 12–18.
Milič, V. N. aj.: Možnosti určení přesných souřadnic v systéju WGS-84, s. 19–23.
Podšivalov, V. P.: Jedna z cest modernizace základní sítě, s. 24–25.
Serebrjakova, L. I.: Terminologický zmatek a vyrovnávací počet v geodezii, s. 26–28.
Vereščagin, S. G. aj.: Rekognoskace a GPS měření Moloskovické základny z roku 1888, s. 28–30.
Antipov, I. T.–Timofejeva, O. A.: Vliv zakřivení Země a geodetické projekce při práci na analytických a digitálních fotogrammetrických přístrojích, s. 31–37.
Muchudinov, R. S.–Radionov, V. A.: Výrobní technologie pro získání digitálních informací o reliéfu, s. 37–41.
Popkova, L. M.–Chinkis, G. L.: Zkušenosti s tvorbou městské mapy Západního moskevského okresu, s. 41–43.
Pastuškova, S. A.: Kartografické zabezpečení rozdělení severního Ruska, s. 43–47.
Kusov, V. S.: Nová mapa Nové Země, s. 47–48.
Bugajevskij, Ju. L.–Bugajevskaja, V. V.: Zobecněné blokové schéma automatizovaného systému pozemkových úprav, s. 49–52.
Kalenickij, A. I.: Zvýšení ekonomické efektivnosti výroby v podniku „Inžgeodezia", s. 53–55.
Jurkina, M. I.: Problémy prostoru, času, pohybu, s. 56–58.
Serebrjakova, L. I.: 95. výročí narození D. S. Šejna, s. 58–59.
Jurij Georgijevič Titov (nekrolog), s. 59–60.

Pro příští GaKO připravujeme:

PROCHÁZKA, J.: **Aplikace přesné nivelace pro statické zatěžovací zkoušky mostů**

KYRINOVIČ, P.–KOPÁČIK, A.: **Využitie laserových prístrojov na signalizáciu neprístupných bodov**

HORŇANSKÝ, I.: **Zásada „superficies solo cedit" a kataster nehnuteľností**

Vyznačení státních hranic České republiky

Historický hraniční znak na státních hranicích České republiky a Rakouské republiky (poblíž Staňkovského rybníka)

Foto:
Ing. Jiří Provázek,
Zeměměřický úřad, Praha