

# GEODETICKÝ a KARTOGRAFICKÝ

# obzor

# obzor

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

# 8/2017

Praha, srpen 2017  
Roč. 63 (105) ● Číslo 8 ● str. 153–176

**Mezinárodní konference Geodézie a Důlní Měřictví 2017**  
**XXIV. konference Společnosti Důlních Měřičů a Geologů, z. s.**  
**10. sjezd SDMG**

18. - 20. ŘÍJEN 2017, VŠB - Technická univerzita Ostrava, Planetárium Ostrava

## ZÁŠTITA



**Ing. Ivo Pěgřímek, Ph.D.**

Předseda představenstva a generální ředitel Severočeských dolů a. s.



**Ing. Martin Štemberka**

Předseda Českého báňského úřadu Praha

### Organizátoři konference

**Společnost Důlních Měřičů a Geologů**

zapsaný spolek

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

Česká republika

[www.sdmg.cz](http://www.sdmg.cz)



**Institut Geodézie a Důlního Měřictví**

**Hornicko-geologická fakulta**

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

Česká republika

[igdm.vsb.cz](http://igdm.vsb.cz)



**Severočeské doly a. s.**

Chomutov

Česká republika

[www.sdas.cz](http://www.sdas.cz)

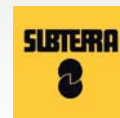


**SUBTERRA a. s.**

Praha

Česká republika

[www.subterra.cz](http://www.subterra.cz)



### Programový výbor

**Ing. Miroslav Novosad, Ph.D.**, předseda Rady SDMG, Hornicko-geologická fakulta, VŠB-TUO

**doc. Ing. Dana Vrublová, Ph.D.**, místopředseda Rady SDMG, Hornicko-geologická fakulta, VŠB -TUO

**doc. Ing. Pavel Černota, Ph.D.**, Hornicko-geologická fakulta, VŠB -TUO

**prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.**, ředitel Institutu čistých technologií těžby, HGF, VŠB-TUO

**prof. Ing. Štefan Sokol, Ph.D.**, Stavební fakulta, STU v Bratislave

**doc. Ing. Hana Staňková, Ph.D.**, Hornicko-geologická fakulta, VŠB -TUO

**doc. Ing. Silvia Gašincová, Ph.D.**, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, TU v Košiciach

#### **Témata:**

##### **Geodézie, kartografie a důlní měřictví:**

Legislativa, organizace a výchova v oboru geodézie, kartografie a důlní měřictví, metody, technologie a přístroje, kartografické aspekty geodézie a důlního měřictví, digitální kartografie, geodynamika, inženýrská geodézie, deformační měření a další aplikované aspekty v geodézii a důlním měřictví, družicová, kosmická a astronomická geodézie, geodetické sítě a zpracování měření.

##### **Geografické informační systémy (GIS):**

Historie a současné trendy v GIS, modely dat a struktur, 3D vizualizace prostorových dat, plánování a projektování GIS technologií.

##### **Katastr nemovitostí:**

Legislativa, organizace a aktuální problémy v katastru nemovitostí, katastrální základ a katastrální systémy, aplikace katastrálních dat, 3D katastr - perspektivy využití.

#### **Konferenční poplatky a důležité termíny:**

Zahrnují náklady na organizaci konference a stravování.

**Plné vložné do 15. 9. 2017 (bez referátu) 2 800 Kč**

**Vložné s referátem odevzdaným do 15. 9. 2017 2 500 Kč**

**Vložné na místě a po termínu 3 100 Kč**

**Vložné s referátem do 29. 9. 2017 3 100 Kč**

**Pro firmy: Stánek, reklama 10 000 Kč**

**Reklama ve sborníku - A5 barva 2 000 Kč**

**Zaslání závazné přihlášky 8. 9. 2017**

**Zaslání abstraktu v ČJ a AJ (max. 15 řádků) 8. 9. 2017**

**Zaslání referátu v šabloně (bude recenzován) 15. 9. 2017**

**Zaslání referátu v šabloně - nebude recenzován 29. 9. 2017**

**Společnost důlních měřičů a geologů, z. s., 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava– Poruba**

<http://www.sdmg.cz/>

## Obsah

Ing. Michal Buday, Ing. Petr Štěpánek, Ph.D.,  
Ing. Vratislav Filler, Ph.D., Ing. Michal Eliaš  
**Určovanie parametra skutočnej dĺžky dňa z me-  
raní DORIS a analýza jeho časových radov** ..... 153

Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.,  
prof. Ing. Martin Štroner, Ph.D.  
**Poznámka k vyjadřování přesnosti moderních  
měřicích technologií** ..... 161

**Z MEDZINÁRODNÝCH STYKOV** ..... 169

**SPOLEČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST** ..... 172

**MAPY A ATLASY** ..... 174

**NEKROLOGY** ..... 175

## Určovanie parametra skutočnej dĺžky dňa z meraní DORIS a analýza jeho časových radov

Ing. Michal Buday, Ing. Petr Štěpánek, Ph.D.,  
Ing. Vratislav Filler, Ph.D., Ing. Michal Eliaš,  
Výzkumný ústav geodetický, topografický  
a kartografický, v. v. i., Zdíby

### Abstrakt

*Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite (DORIS) je jednou zo súčasných techník družicovej geodézie. Je predstavená možnosť použitia observácií systému DORIS na určovanie skutočnej dĺžky dňa (LOD) za predpokladu fixácie hodnôt ďalších navzájom vysoko korelujúcich parametrov. Výsledné hodnoty určovaného parametra LOD za obdobie 9 rokov porovnávame s referenčným modelom Medzinárodnej služby pre rotáciu Zeme a referenčné systémy IERS C04. Stredná hodnota rozdielu medzi nami určenou hodnotou LOD a hodnotou udávanou v modeli IERS C04 je 0,03 ms a smerodajná odchýlka je 0,15 ms. Na základe spektrálnej a harmonickej analýzy sú porovnané periódy a amplitúdy signálu v časovom rade LOD získanom zo spracovania meraní DORIS a z referenčného modelu. Zatiaľ čo amplitúda polročného signálu je prakticky rovnaká, amplitúda signálu s ročnou periódou dosahuje relatívnu chybu maximálne 10 %. V prípade rozdielu oboch časových radov predstavuje ročná perióda dominantný signál.*

### Estimation of the Length of the Day Parameter from DORIS Measurement and its Time Series Analysis

### Abstract

*Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite (DORIS) is one of the modern methods of the Space Geodesy. The estimation of the Length of the Day parameter (LOD) is introduced using the assumption that the values of other high correlated parameters are fixed. The outcome values of the estimated LOD parameter for the nine-year period are compared with the reference model IERS C04 provided by the International Earth Rotation and Reference Systems Service. The mean residual value between the LOD parameter determined from DORIS measurements and the value obtained from the IERS C04 model is 0.03 ms and the standard deviation is 0.15 ms. Using spectral and harmonic analysis, we compared the periods and amplitudes of the LOD time series, obtained from DORIS measurement and the reference model. Based on our results the amplitude of the semi-annual period signal is almost identical to IERS C04 model whilst the amplitude of the annual period signal differs by 10 %. In case of difference between DORIS and IERS C04 the annual period represents a dominant signal.*

**Keywords:** the least squares method, position, height, LOD value, cartographic projection

## 1. Úvod

Článok sa zaoberá možnosťou presného určovania parametrov rotácie Zeme z družicových meraní systému DORIS, pričom sa sústreďuje na parameter skutočnej dĺžky dňa (Length of the Day – LOD), a to z dôvodu, že doteraz ho pre vysokú vzájomnú koreláciu určovaných parametrov nebolo možné stanoviť s dostatočne vysokou spoľahlivosťou.

Článok je rozdelený na dve hlavné časti. V prvej informačnej časti je opísaný základný princíp družicového sys-

tému DORIS a členenie vesmírneho a terestrického segmentu. Ďalej sa uvádza stručný prehľad existujúcich analytických centier a tiež stručný výpočtový postup nášho analytického centra. Táto časť obsahuje aj prehľad určovaných parametrov z meraní DORIS.

V druhej nosnej časti je uvedený stručný postup analýzy vybraných časových radov. Ide o časové rady obsahujúce LOD. Dôraz sa kladie na zistenie najvýznamnejších periód vyskytujúcich sa v danom časovom rade. Na detekciu a odstránenie odľahých meraní ako aj na určenie amplitúdy najvýznamnejších periodických signálov je po-

užitá aproximácia pôvodného časového radu pomocou metódy najmenších štvorcov.

## 2. Systém DORIS a spracovanie observácií

DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite) je jednou z techník kozmickej geodézie, ktorá bola založená na dvojfrekvenčnom meraní dopplerovského posunu signálu pozemných rádiomajákov, s prijímačom umiestneným na satelite. V súčasnosti sú k dispozícii aj fázové merania vo formáte DORIS/RINEX. Súčasťou systému je aj meranie pseudovzdialeností, slúžiacich k synchronizácii hodín umiestnených na palube satelitu. DORIS má dnes za sebou 25 rokov vývoja, behom ktorého významne prispel k zlepšeniu presnosti určovania dráh altimetrických družíc a súčasne spolu s Global Navigation Satellite System (GNSS), Satellite Laser Ranging (SLR) a Very Long Baseline Interferometry (VLBI) bol prijatý ako štvrtá technika IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service), pričom sa aktívne podieľal na tvorbe International Terrestrial Reference System (ITRF) 2005, 2008 a 2014, [1]. V súčasnosti sú už všetky družice vybavené prijímačmi tretej generácie, ktoré umožňujú simultánnu observáciu až ôsmich pozemných staníc. V túto chvíľu tento systém pozostáva zo šiestich družíc (Jason-2, Jason-3, Cryosat, Saral, HY-2A, Sentinel-3A). Pozemný segment je tvorený sieťou takmer 60 rádiomajákov, ktoré sú pravidelne rozmiestnené po celom povrchu Zeme. Servisné i výskumné aktivity sú zastrešené medzinárodnou službou International DORIS Service (IDS), [2]. Riadiacim orgánom celej organizácie je výkonná rada (Governing board), ktorá koordinuje kompletnú činnosť od budovania a obnovenia pozemných staníc cez plánovanie nových družicových misií až po prevádzku dátových centier a analýzy dát. Práve analýza dát predstavuje významnú súčasť celého servisu. Dáta sú spracovávané v tzv. analytických centrách, ktoré predstavujú mimoriadne dôležitú časť IDS. Plnohodnotných analytických centier je v súčasnosti šesť (tab. 1), ktoré sú doplnené tzv. pridruženými analytickými centrami a centrami, ktoré vytvárajú kombinované riešenia.

Analytické centrum prevádzkované na geodetickom observatóriu Pecný (GOP) sa zaoberá spracovaním dát a produkciou časových radov určených súradníc pozemných staníc, presných dráh družíc, aktuálnych súradníc zemského pólu, variácie geocentra a ďalších veličín. V spolupráci

s Astronomisches Institut Universität Bern (AIUB) a neskôr s Technische Universität München (TUM) je preto od roku 2003 vyvíjaná modifikovaná verzia Bernského softvéru [3], ktorý bol pôvodne určený na spracovanie meraní observácií GNSS.

Táto softvérová platforma je na spracovanie meraní DORIS unikátna a je používaná len na GOP. Spracovanie dát DORIS je realizované dvoma základnými krokmi. Prvým krokom je denné riešenie s využitím dát len z jedného satelitu. Jeho najvýznamnejším výstupom v prípade riešenia so slabými väzbami je matica normálnych rovníc, určená na neskoršie kombinácie viacerých satelitov a v prípade určovania dráhy s ďalšími sledovanými výstupmi, ako sú parametre troposféry a frekvenčné odchýlky vysielaného signálu. Parametre rotácie Zeme a taktiež súradnice pozemných staníc nie sú obvykle pri dennom mono-satelitnom riešení určované s dostatočnou presnosťou, aby ich bolo možné spoľahlivo analyzovať. V prípade riešenia so slabými väzbami sú všetky neznáme eliminované s výnimkou parametrov rotácie Zeme a súradníc pozemných staníc. Eliminácia prebieha ich vylúčením zo systému normálnych rovníc predtým, ako sú uložené do súboru. Druhým krokom je výpočet kombinácie riešení štandardne na týždennej báze, a to ako pre jednotlivé satelity tak pre ich kombinácie. Tu však už vstupom nie sú merané dáta, ale systémy normálnych rovníc (alebo kovariančné matice) exportované vo formáte SINEX. Určované parametre pozostávajú zo súradníc pozemných staníc spolu s parametrami rotácie Zeme.

### 2.1 Určovanie parametrov rotácie Zeme

Parametre rotácie Zeme označujeme ako súbor súradníc pólu zemskej rotácie  $X_p$ ,  $Y_p$  a skutočnú dĺžku dňa  $LOD$ . Súradnice  $X_p$ ,  $Y_p$  sú bežne určované metódami družicovej a kozmickej geodézie a sú i súčasťou štandardných riešení DORIS v rámci služby IDS. Určovanie parametra  $LOD$  je už o niečo zložitejšie, z dôvodu jeho významnej korelácie s radom ďalších parametrov, predovšetkým s empirickým harmonickým parametrom rušivej sily v smere kolmom na rovinu dráhy družice a druhým Stokesovým koeficientom  $C_{20}$ . Tieto parametre nie je možné určovať súčasne s parametrom  $LOD$  a zároveň výsledné hodnoty  $LOD$  sú citlivé na apriórnu presnosť týchto veličín. Podmienkou na presné určenie  $LOD$  je preto aplikácia presného gravitačného modelu. Dnešným štandardom sú modely obsahujúce zložky sekulárnych a periodických zmien hodnôt

Tab. 1 Prehľad analytických centier DORIS v Európe

Názov	Skratka	Krajina pôvodu	Použitý software
European Space Agency	ESA	Nemecko/EÚ	Napeos
Geodetická observatór Pecný	GOP	Česká republika	Bernese
NASA/GSFC	GSC	USA	Geodeyn
CNES/CLS	GRG	Francúzsko	Gins
Institut Astronomiji Rossijskoj Akademiji Nauk	INA	Rusko	Gipsy
L'Institutnational de l'information- géographique et forestière	IGN	Francúzsko	Gipsy

koeficientov geopotencionálnych modelov. S výnimkou družíc guľovitého tvaru typu LAGEOS, ktoré sú pozorované systémom laserovej lokácie družíc SLR, je podmienkou aby dráhový model zahŕňal čo najpresnejšiu aproximáciu skutočného tvaru družice (najčastejšie sa používa tzv. „box-wing“ model) a optických vlastností jednotlivých plôch (na modelovanie vplyvu slnečného žiarenia). Orientácia družice je daná nominálne. U niektorých družíc je k dispozícii presnejšia priamo merateľná orientácia. Čím lepšie tieto parametre poznáme, tým lepšie dokážeme modelovať nekonzervatívne rušivé sily pôsobiace na družicu a zaobídeme sa bez určovania empirických parametrov prinajmenšom v smere kolmom na rovinu dráhy. Vzhľadom na tieto obmedzenia nie sú i napriek medzinárodným diskusiám družicové techniky používané na určovanie parametra  $LOD$  v rámci modelov parametrov rotácie Zeme IERS. Absolútny rozdiel medzi rotačným časom UT1 a svetovým civilným časom UTC je veľmi presne určený pomocou VLBI a  $LOD$  je následne určený ako denná zmena rozdielu  $UT1-UTC$ .

Prvé pokusy určovať  $LOD$  pomocou meraní DORIS končili výsledkami s veľmi malou presnosťou (jednotky až desiatky ms). Dôvodom bolo zahrnutie empirického harmonického parametra v smere kolmom na rovinu dráhy. Naše experimenty však ukazujú, že pokiaľ sa tento parameter neurčuje, presnosť určovaného parametra  $LOD$  sa zlepší na úroveň 0,10-0,15 ms.

2.2 Analýza časových radov parametrov rotácie Zeme

V ďalšej časti článku je uvedená, a to z kombinácie všetkých satelitov, analýza časových radov parametrov rotácie Zeme. Jediná výnimka je satelit Jason-1, ktorého dáta sú silne deformované efektom Juhoatlantickej magnetickej anomálie. Celkové časové rozpätie časových radov je deväť rokov (2006-2014). Zoznam určených parametrov obsahuje **tab. 2**. Rad parametrov bol eliminovaný z denných systémov normálnych rovníc pred ich zlúčením a ich prítomnosť v týždenných riešeniach je potom implicitná. Parameter  $LOD$  bol určený ako hodnotu zvlášť pre každý deň. Súradnice pólu  $X_p, Y_p$  sa vzťahovali na epochu zodpovedajúcu polovici dňa a zároveň boli určené aj ich lineárne zložky zmeny v priebehu dňa  $dX_p, dY_p$ . To však bez

podmienky spojitosti priebehu zmeny  $X_p$  a  $Y_p$  medzi jednotlivými dňami. V rámci výpočtu charakteristík presnosti je nutné taktiež uviesť, že na výpočet vplyvu gravitačných síl na pohyb družice bol použitý model *EIGEN-6S2*, [4] do stupňa a rádu 100, model *AGRA* gravitácie atmosféry (do stupňa a rádu 30) a model *FES2004* [5] oceánskych slapov.

3. Spracovanie časových radov

V tejto časti je popísaná jednoduchá analýza časových radov. Parameter  $LOD$ , ktorý nás v tomto prípade zaujíma, bol určený pre každý deň z kombinácie všetkých dostupných satelitov ale aj zvlášť pre jednotlivé satelity. Hodnota  $LOD$  je určená k okamihu polnoci každého dňa, pre ktorý bola počítaná. Celkové časové rozmedzie, ktoré sme analyzovali je od 1. 1. 2006 do 31. 12. 2014, teda obdobie 9 rokov. Jednotlivé vyhodnotenie spočíva v analýze celkovo troch postupností, a to hodnôt získaných z meraní DORIS, referenčných hodnôt z modelu IERS C04 a nakoniec z rozdielu DORIS – IERS C04. Okrem šiestich uvedených satelitov v predchádzajúcej kapitole (Jason 2, Jason 3, Cryosat, Saral, HY-2A, Sentinel 3A) bol v minulosti tento parameter určený aj z údajov získaných z nasledujúcich družíc Topex (1992-2006), Spot 2 (1992-2009), Spot 4 (1998 až 2013), Spot 5 (2002–2015) a Envisat (2002–2012), resp. pre ich kombinácie.

Cieľom našej analýzy časových radov je konštrukcia zodpovedajúceho modelu tak, aby sme čo najlepšie porozumeli mechanizmu priebehu parametra  $LOD$ . Znalosť tohto modelu nám potom umožňuje napríklad predvídať budúci vývoj systému alebo aj lepšie porozumieť ako daný jav funguje. Pritom hľadáme zložky týchto signálov v daných časových radoch s najvýznamnejšími periódami a následne ich používame na aproximáciu tejto postupnosti prvkov. V konečnom kroku z tejto aproximácie odhadneme amplitúdy jednotlivých signálov s danou periódou. Časové rady sú v našom prípade diskrétné veličiny s ekvidistantným krokom jeden deň. V prípade, že nejaké dáta chýbajú, napríklad z dôvodu úpravy dráhy družice pomocou manévrov, sú interpolované Newtonovou interpolačnou metódou [6] s použitím polynómu druhého stupňa.

Tab. 2 Prehľad parametrov určených z meraní DORIS

Typ parametru	Parameter	Počet	Preeliminácia z dennej matice normálnych rovníc
Dráhový	Keplerové elementy	6/deň/satelit	áno
	Koeficient tlaku slnečného žiarenia	1/deň/satelit	
	Koeficient odporu atmosféry	6-24/deň/satelit	
	Harmonický parameter v smere letu	2/deň/satelit	
Atmosférický	Zenitové troposférické oneskorenie	cca 200/deň/satelit	
Frekvencia	Frekvencia vysielača	cca 200/deň/satelit	
Súradnice	Súradnice staníc	150-180/týždeň	nie
Rotácia Zeme	$X_p, Y_p, dX_p, dY_p$	28/týždeň	
	$LOD$	7/týždeň	

### 3.1 Odhad autokovariančných a autokorelačných funkcií

Pre pozorovaný diskretný časový rad  $\{y_t\}_{t=1}^n$  s ekvidistantným krokom je možné definovať odhad autokovariančnej funkcie [7] ako:

$$c_{yy}(k) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (y_t - \bar{y}) \cdot (y_{t+k} - \bar{y})}{n}, \quad (1)$$

kde  $\bar{y}$  je odhad strednej hodnoty a ďalej platí  $0 \leq k \leq n-1$ . Pokiaľ však potrebujeme porovnávať v praxi napríklad dva časové rady s rozdielnym mierkovým faktorom (rozdielne hodnoty smerodajných odchýlok), je vhodné miesto autokovariančných funkcií zaviesť odhad autokorelačnej funkcie v nasledujúcom tvare, pričom stačí, aby sme normovali rovnicu (1):

$$r_{yy}(k) = \frac{c_{yy}(k)}{c_{yy}(0)} = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (y_t - \bar{y}_1) \cdot \sum_{t=1}^{n-k} (y_{t+k} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{t=1}^{n-k} (y_t - \bar{y}_1)^2 \cdot \sum_{t=1}^{n-k} (y_{t+k} - \bar{y}_2)^2}}, \quad (2)$$

kde  $\bar{y}_1, \bar{y}_2$  sú aritmetické priemery pre prvých  $n-k$  prvkov, resp. posledných  $n-k$  prvkov. V literatúre [8] môžeme nájsť rovnicu (2) zjednodušenú v tvare  $\bar{y}_1 = \bar{y}_2 = \bar{y}$ , vzhľadom na fakt, že aritmetické priemery  $\bar{y}_1, \bar{y}_2$ , sú závislé od veľkosti kroku  $k$  (angl. lag).

Jednou z praktických aplikácií autokovariančných funkcií môže byť „testovanie bieleho šumu“. Myšlienka je založená na tom, že pokiaľ daný signál je pseudonáhodný, sú jeho susedné prvky nekorelované a zároveň autokorelačné koeficienty by mali byť rovné nule, za predpokladu, že nie je nutná korekcia aritmetického priemeru. Táto korekcia je spravidla rádu  $O(\Delta T^{-2})$ , tj. je závislá na veľkosti kroku  $k$ , respektíve jeho časovom vyjadrení (viď  $\Delta T^{-2}$ ) a je ju možné zanedbať (viď [9]). V našom prípade používame vyššie spomenuté zjednodušenie.

V ďalšom kroku potrebujeme odhad smerodajnej odchýlky  $\sigma(r_{yy}(k))$  určených koeficientov  $r_{yy}(k)$ . Quenouill v svojej práci [10] uvádza, že je možné tento odhad spočítať ako:

$$\sigma(r_{yy}(k)) = \sqrt{\frac{1}{n}}, \quad \forall k > 0, \quad (3)$$

za predpokladu, že platí  $r_{yy}(k) = 0$  a  $k > k_0$  pre vhodne zvolené  $k_0$ .

Ak zvolíme konfidenčný interval 95 %, tj.  $2 \cdot \sigma(r_{yy}(k))$ , môžeme z obr. 1 vyčítať, že v prípade určovania parametra LOD z meraní družice Jason 2 táto veličina nepredstavuje pseudonáhodnú veličinu (tj. nejde o biely šum), lebo autokorelačné koeficienty prekračujú dvojnásobok tzv. „Quenouillovej“ aproximácie (na obrázku červená línia). Na základe tohto numerického odhadu môžeme dáta interpretovať tak, že susedné dni sú lineárne závislé až do hodnoty  $k = 11$ .

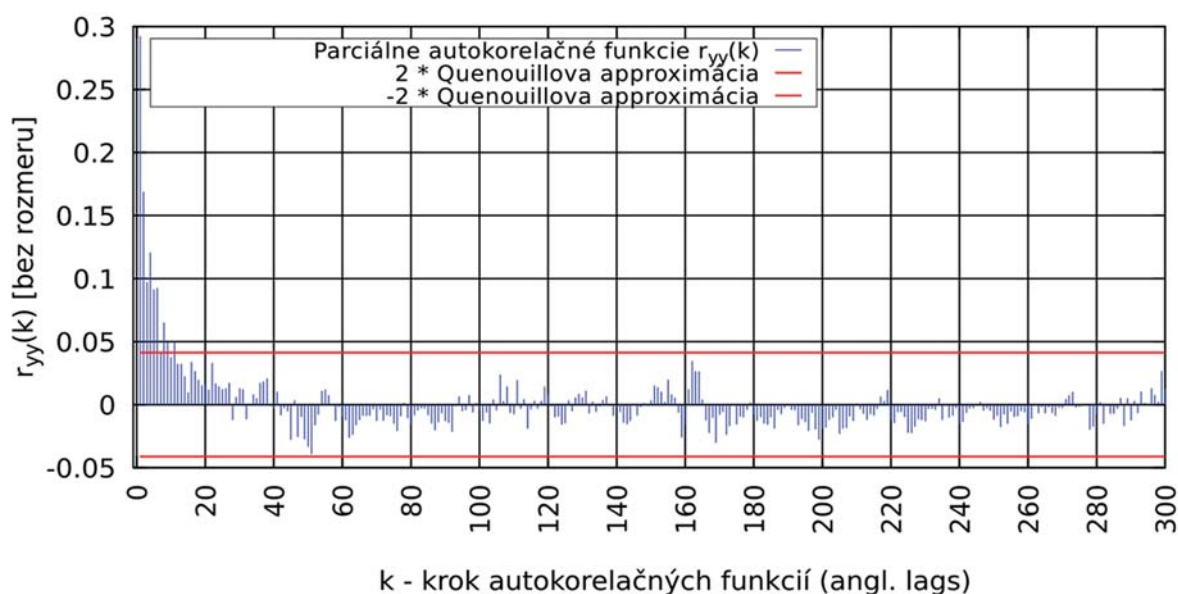
### 3.2 Určovanie významných periód

Nech je daný časový rad  $\{y_t\}_{t=1}^n$ , kde  $n \in \mathbf{N}$ , je dané súčtom  $I$  rôznych periodických signálov s rôznymi periódami a amplitúdami. Chceme určiť štatisticky významné periody časového radu  $\{y_t\}_{t=1}^n$ . Periodogram tohto časového radu je s využitím autokorelačných koeficientov daný vzťahom (podrobnejšie v [11]):

$$I(\lambda) = \frac{1}{2\pi} (c_{yy}(0) + 2 \cdot \sum_{k=1}^{n-k} c_{yy}(k) \cos(k\lambda)), \quad (4)$$

pričom je možné v rôznej odbornej literatúre nájsť vyjadrenie vzťahu (4) líšiace sa o multiplikatívnu konštantu pred výrazom v zátvorke. Tento vzťah je možné efektívne aplikovať na časové rady s konečným počtom prvkov.

Výraz  $\lambda$  vo vzťahu (4) značí frekvenciu definovanú na intervale  $[-1/2, 1/2]$ . Ako sme uviedli vyššie sú autokorelačné



Obr. 1 Priebeh autokorelačných koeficientov pre časový rad parametra LOD odvodený z meraní DORIS s využitím satelitu Jason-2

funkcie párne funkcie stačí nám vyšetriť len kladnú časť intervalu  $\lambda \in [-1/2, 1/2]$ .

Vykreslenie periodogramu podáva výhodnú predstavu o tom, ktoré periodické zložky signálu majú najväčší význam. Takto vybrané periódou môžeme následne použiť pri aproximácii daného časového radu  $\{y_t\}_{t=1}^n$ .

Na obr. 2 môžeme vidieť touto metódou vykreslené periodogramy pre parameter  $LOD$  z referenčného modelu IERS C04 [12] a pre  $LOD$  určené z meraní DORIS z kombinácie všetkých dostupných satelitov. Môžeme vidieť, že v oboch prípadoch táto metóda ukazuje, že najvýznamnejšie periódou sú polročná a ročná. Taktiež môžeme vidieť, že amplitúdy polročných signálov sa zhodujú a v prípade signálov s ročnou periódou je tento rozdiel minimálny. Rozdiel medzi takto určenou hodnotou amplitúdy daného signálu a amplitúdy spočítanej z regresnej analýzy rozoberieme v ďalšej časti.

**3.3 Aproximácia časového radu na základe významných periód**

V časti 3.1 sme uviedli ako získame najvýznamnejšie periódou. Pomocou týchto periód môžeme pôvodný rad  $\{y_t\}_{t=1}^n$  aproximovať pomocou  $m$  najvýznamnejších periód metódou najmenších štvorcov (MNS) v tvare Fourierovho radu:

$$\hat{y}_t = a_0 + \sum_{i=1}^m \left( a_i \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{P_i}\right) + b_i \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{P_i}\right) \right). \quad (5)$$

V súlade s požiadavkou MNS, aby suma štvorcov bola minimálna, pre vektor opráv platí:

$$\varepsilon = Y - \hat{Y}, \quad (6)$$

kde  $Y$  je vektor obsahujúci prvky časového radu  $\{y_t\}_{t=1}^n$ , a  $\hat{Y}$  je vektor zrekonštruovaného časového radu na základe aproximácie.

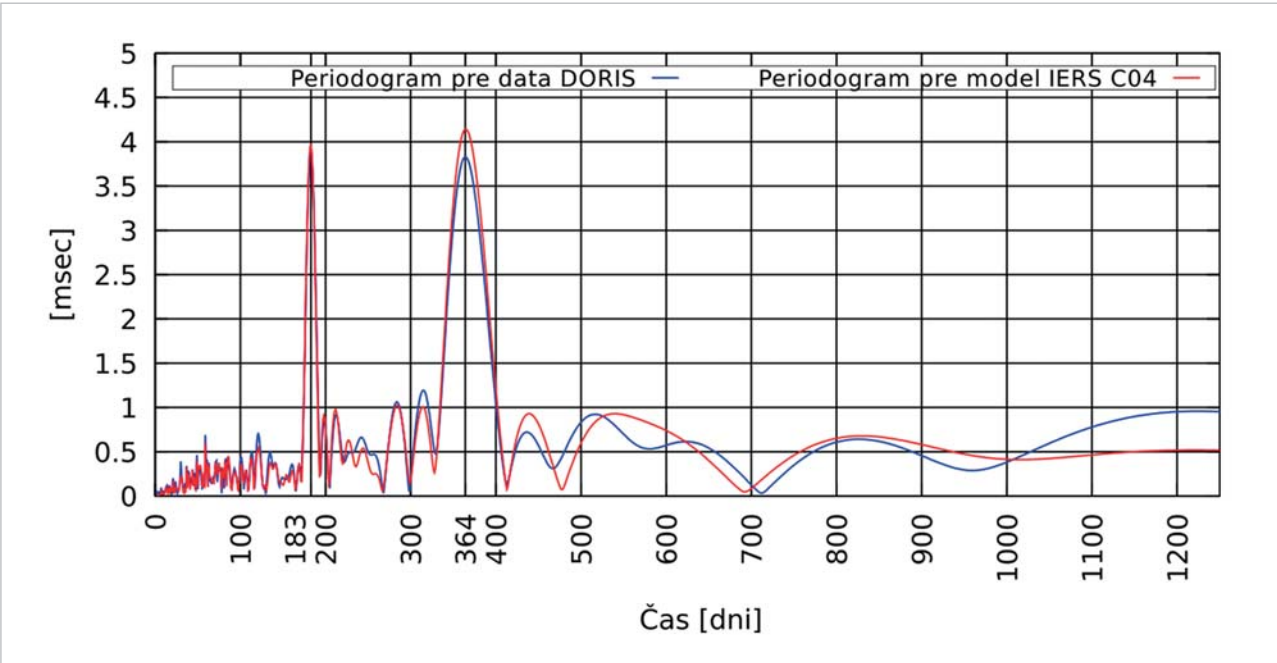
A následne s požiadavkou:

$$\varepsilon^T \cdot \varepsilon = \min, \quad (7)$$

dostávame maticu plánov  $A$  v tvare

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \cos\left(\frac{2\pi t_1}{P_1}\right) & \sin\left(\frac{2\pi t_1}{P_1}\right) & \cos\left(\frac{2\pi t_2}{P_1}\right) & \sin\left(\frac{2\pi t_2}{P_1}\right) & \dots \\ 0 & \cos\left(\frac{2\pi t_1}{P_2}\right) & \sin\left(\frac{2\pi t_1}{P_2}\right) & \cos\left(\frac{2\pi t_2}{P_2}\right) & \sin\left(\frac{2\pi t_2}{P_2}\right) & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots \\ 0 & \cos\left(\frac{2\pi t_1}{P_m}\right) & \sin\left(\frac{2\pi t_1}{P_m}\right) & \cos\left(\frac{2\pi t_2}{P_m}\right) & \sin\left(\frac{2\pi t_2}{P_m}\right) & \dots \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \dots & 0 & 0 \\ \dots & \cos\left(\frac{2\pi t_2}{P_1}\right) & \sin\left(\frac{2\pi t_2}{P_1}\right) \\ \dots & \cos\left(\frac{2\pi t_2}{P_2}\right) & \sin\left(\frac{2\pi t_2}{P_2}\right) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & \cos\left(\frac{2\pi t_2}{P_m}\right) & \sin\left(\frac{2\pi t_2}{P_m}\right) \end{bmatrix} \quad (8)$$



Obr. 2 Porovnanie najvýznamnejších periód veličiny  $LOD$  z referenčného modelu IERS C04 (červenou farbou) a jej hodnoty určenej z meraní DORIS z kombinácie všetkých dostupných satelitov (modrou farbou)

a vektor ľavej strany:

$$L^T = \left[ \sum_{i=1}^n y_i \quad \sum_{i=1}^n \cos\left(\frac{2\pi t_i}{p_1}\right) \quad \sum_{i=1}^n \sin\left(\frac{2\pi t_i}{p_1}\right) \quad \dots \right. \\ \left. \dots \sum_{i=1}^n \cos\left(\frac{2\pi t_i}{p_m}\right) \quad \sum_{i=1}^n \sin\left(\frac{2\pi t_i}{p_m}\right) \right]. \quad (9)$$

Vektor neznámych  $X$  určíme zo všeobecne známeho tvaru (odvodenie je možné nájsť napríklad v [13]), teda z riešenia systému normálnych rovníc:

$$X = (A^T \cdot A)^{-1} A^T L. \quad (10)$$

Matica  $(A^T \cdot A)$  napriek tomu, že časový rad  $\{y_t\}_{t=1}^n$  je v ekvidistančnom kroku, nie je vo všeobecnosti diagonálna tak, ako je v prípade aproximácie Fourierovým radom, kde platí ortogonalita (viď. napr. [14]) medzi prvkami tohto radu. Vektor neznámych je v nadväznosti na rovnicu (5) v tvare:

$$X^T = [a_0 \ a_1 \ b_1 \ \dots \ a_m \ b_m]. \quad (11)$$

Amplitúda jednotlivých periód je daná jednoduchým vzťahom:

$$R_j = \sqrt{a_j^2 + b_j^2}, \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (12)$$

### 3.4 Detekcia a eliminácia odľahlých meraní

V reálnych dátových súboroch sa často vyskytuje konečný počet hodnôt, ktoré nezapadajú do tohto súboru. Takého hodnoty zvykneme označovať ako odľahlé merania. Tieto hodnoty vznikajú pôsobením rôznych procesov, ako sú napríklad nesprávne meranie, porušenie podmienok, ktoré

experiment vyžaduje atď. Na základe predchádzajúcej časti 3.3 môžeme daný časový rad aproximovať  $m$  najvýznamnejšími „periódami“. Túto znalosť použijeme k detekcii odľahlých meraní. V prípade časového radu  $\{y_t\}_{t=1}^n$  však nemusí byť nasledujúci postup jediný možný (hat-matrix [15], AR(p)-model [16], apod.).

V predchádzajúcej časti 3.3 sme časový rad  $\{y_t\}_{t=1}^n$  aproximovali vzťahom (5). Homogenizáciu časového radu vykonáme v troch nasledujúcich krokoch:

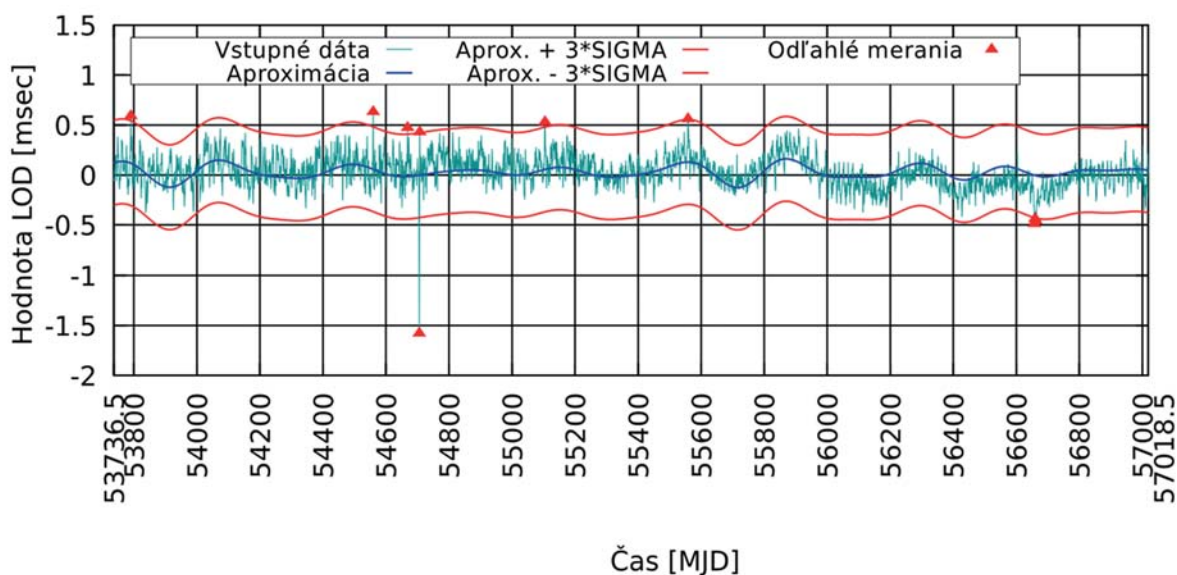
- aproximujeme  $\{y_t\}_{t=1}^n$  pomocou postupu v časti 3.3,
- kritickú hranicu, kedy meranie budeme považovať za odľahlé, stanovíme tak, že k hodnote  $\hat{y}_t$  pripočítame alebo odpočítame 3-násobok smerodajnej odchýlky časového radu  $\{y_t\}_{t=1}^n$ ,
- pokiaľ platí vzťah (13) budeme takéto meranie vo všeobecnosti považovať za odľahlé s pravdepodobnosťou 99,7%.

$$-3 \cdot \sigma + \hat{y}_t > y_t > 3 \cdot \sigma + \hat{y}_t. \quad (13)$$

Napriek uvedenému postupu ale vyvstáva otázka, či meranie, ktoré dané kritérium nespĺní, je nutné vylúčiť ako odľahlé. Dôvodov môže byť niekoľko. Napríklad nevhodnou aproximáciou môžeme vylúčiť merania, ktoré odľahlé v skutočnosti nemusia byť. Druhý prípad môže nastať vtedy, ak počet odľahlých meraní je veľmi malý v porovnaní s dĺžkou časového radu. V takom prípade nemusí vylúčenie takýchto meraní mať vôbec vplyv na našu analýzu. Vo všeobecnosti je toto rozhodnutie vždy na danom odborníkovi, ktorý musí kvalifikovaným odhadom rozhodnúť, či dané meranie má zmysel vylúčiť alebo naopak, je ho možné ponechať v danom časovom rade.

Na obr. 3 môžeme vidieť aproximáciu časového radu popisujúcu rozdiel parametra  $LOD$  medzi referenčným modelom IERS C04 a  $LOD$  hodnotou získanou z DORIS meraní za obdobie 9 rokov (od januára 2006 do decembra 2014).

Zo štatistickej analýzy sme určili, že dve najvýznamnejšie periody, ktoré sme použili pri jej aproximácii je najvý-



Obr. 3 Detekcia odľahlých meraní založená na princípe aproximácie časového radu dvoma najvýznamnejšími periódami

znamnejšia ročná perióda a druhou štatisticky najvýznamnejšou periódou je 459 dňová perióda (modrá krivka). Je jasné, že vzhľadom na dĺžku celého intervalu nebude mať druhá perióda žiaden fyzikálny základ. Výslednú rovnicu môžeme napísať ako:

$$\hat{y}_t = 0,008 + 0,066 \cdot \cos\left(\frac{2\pi T}{358}\right) + 0,005 \cdot \sin\left(\frac{2\pi T}{358}\right) - 0,047 \cdot \cos\left(\frac{2\pi T}{459}\right) - 0,026 \cdot \sin\left(\frac{2\pi T}{459}\right). \quad (14)$$

Pritom fyzikálny rozmer jednotlivých koeficientov je v *milisekundách* a premenná  $T$  vyjadrujúca posun časovej osi je vyjadrená v jednotkách modifikovaného juliánskeho dátumu [MJD]  $T = t - 53736,5$ . S využitím vzťahu (13) dostaneme interval, na ktorom predpokladáme, že dané meranie nie je odľahlé. Ako môžeme vidieť na tomto obrázku celkovo 9 meraní týmto kritériom neprešlo a je ich možné na základe tejto analýzy vylúčiť. V tomto prípade by však ich vylúčenie výsledky analýzy vôbec nezmenilo. V prípade, že by odľahlých meraní bol signifikantný počet, je nutné tieto merania z analýzy odstrániť a danú funkčnú hodnotu pre dané meranie získať interpoláciou z blízkych dát funkčných hodnôt alebo ho prevziať z referenčného modelu.

### 3.5 Vybrané výsledky našej analýzy

V tejto časti uvádzame ešte dva príklady z našej analýzy, pričom sa orientujeme na periodogramy.

Na **obr. 4** možno vidieť vykreslený periodogram pre parameter  $LOD$  určený zo satelitu JASON 2. Môžeme vidieť, že dve najvýznamnejšie periódy sú ročná a polročná perióda, resp. 363 a 183 dňová perióda. Tieto hodnoty zodpovedajú hodnotám určeným z referenčného modelu. Podľa vzťahu (4) dostávame výsledok s fyzikálnym rozmerom  $ms^2$ . Po odmocnení dostaneme síce fyzikálny rozmer  $ms$ , ale pokiaľ porovnáme funkčné hodnoty z grafu

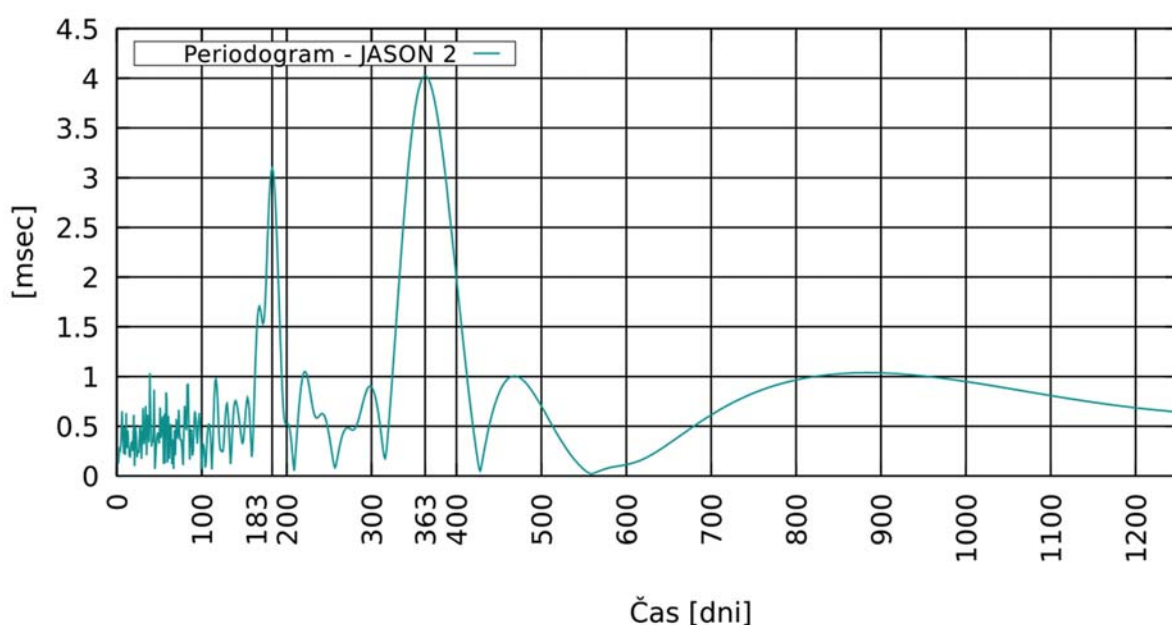
v týchto bodoch s hodnotami amplitúd, ktoré získame regresnou analýzou, zistíme, že jednotlivé výsledky spolu vôbec nemusia korešpondovať. Tento fakt, môže byť spôsobený napríklad aj tým, že v našom prípade daný rad aproximujeme len určitým počtom najvýznamnejších periód, zatiaľ čo na obrázku môžeme vidieť, že táto funkcia má viac než len dva lokálne extrémny. Hoci nám nebudú sedieť číselne hodnoty amplitúd z týchto dvoch metód, budú však sedieť pomery jednotlivých lokálnych extrémov. Z regresnej analýzy zistíme, že amplitúda ročnej a polročnej periódy je 0.406  $ms$ , resp. 0.306  $ms$ . Lahko overíme, že pomer 4:3 v prospech ročnej periódy zodpovedá pomeru, ktorý je na obrázku.

**Obr. 5** ukazuje rovnakú analýzu pre časový rad rozdielu parametra  $LOD$  z IERS C04 a určeného z meraní DORIS pre kombináciu všetkých dostupných satelitov. Môžeme vidieť, že kým ročná zložka zostáva stále najvýznamnejšia, tak polročná zložka je až na siedmom mieste. Zatiaľ čo v prípade samotného parametra  $LOD$  bude ročná a polročná zložka naviazaná na variácie rotácie Zeme, tak v prípade tohto rozdielu môžeme vidieť, že popri ročnej perióde sa tu objavujú aj rôzne ďalšie významné periódy, pre ktoré nemáme jednoznačné vysvetlenie.

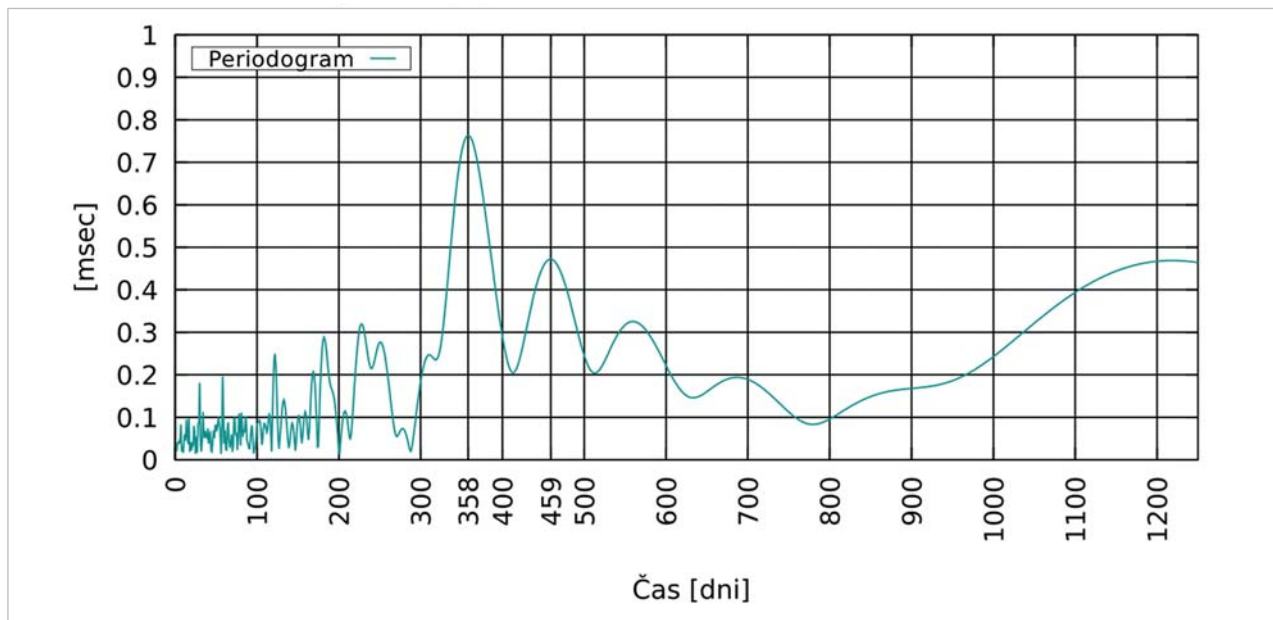
### 4. Záver

V článku sme ukázali, že popri ostatných metódach kozmickej geodézie je možné spoľahlivo určovať parameter orientácie Zeme  $LOD$ , vyjadrujúci variácie v rýchlosti rotácie Zeme prostredníctvom zmien skutočnej dĺžky dňa, aj z meraní družicového systému DORIS, čo doteraz nebolo možné.

Naše analýzy ukazujú, že dominantná zložka signálu v prípade určovaného  $LOD$  má najmä ročnú a polročnú periódu. Tento fakt korešponduje s fyzikálnymi vlastnosťami rotácie Zeme. V prípade rozdielu DORIS a referenčného



Obr. 4 Periodogram pre parameter  $LOD$  určený z meraní DORIS pri použití riešenia z jednej družice – Jason 2



Obr. 5 Najvýznamnejšie periódy pre rozdiel medzi hodnotou LOD z referenčného modelu IERS C04 a hodnotou určenou z DORIS meraní pre kombináciu zo všetkých dostupných satelitov

modelu IERS C04 je možné ukázať, že medzi najvýznamnejšie periódy patria aj tie, ktoré nie sú násobkom ročnej či polročnej periódy. Pre tieto periódy nemáme žiadne jednoznačné vysvetlenie, prečo sa v našich analýzach objavujú, respektíve s akým skutočným javom súvisia.

Pri samotnom porovnaní určovaného parametra  $LOD$  s referenčnou hodnotou z modelu IERS C04 zisťujeme, že spracovanie meraní DORIS dáva veľmi blízke hodnoty tým, ktoré sú určované napríklad metódou VLBI. Konkrétne v prípade určenia amplitúdy ročnej, resp. polročnej zložky dostávame, že jednotlivé výsledky sa zhodujú s relatívnou chybou maximálne 10 %. V prípade odhadu priemernej odchýlky od referenčného modelu pre parameter  $LOD$  určený z kombinácie všetkých dostupných satelitov dostávame hodnotu 0,03 ms a odhad smerodajnej odchýlky  $\pm 0,15$  ms.

#### Podakovanie

Článok vznikol za pomoci grantu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy poskytnutého v rámci projektu MŠMT (LG15018) - Optimalizace modelů aplikovaných při určování geodetických a fyzikálních parametrů z observací satelitního systému DORIS.

#### LITERATÚRA:

- [1] MOREAUX, G.-LEMOINE, F. G.-CAPDEVILLE, H.-KUZIN, S.-OTTEN, M.-ŠTĚPÁNEK, P.-WILLIS, P.-FERRAGE, P.: *The International DORIS Service contribution to the 2014 realization of the International Terrestrial Reference Frame*. Advances in Space Research, Volume 58, Issue 12, 15 December 2016, Pp. 2479-2504, ISSN 0273-1177, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2015.12.021>.
- [2] WILLIS, P.-FAGARD, H.-FERRAGE, P.-LEMOINE, F. G.-NOLL, C. E.-NOOMEN, R.-OTTEN, M.-RIES, J. C.-ROTHACHER, M.-SOUDARIN, L.-TAVERNIER, G.-VALETTE, J. J.: *The International DORIS Service, Toward maturity*. In DORIS Special Issue: Scientific Applications in Geodesy and Geodynamics. Advances in Space Research, 45(12):1408-1420, doi: 10.1016/j.asr.2009.11.018, 2010.
- [3] DACH, R.-HUGENTOBLE, U.-FRIDEZ, P.-MEINDL, M.: *Bernese GPS software version 5.0*. Astronomical Institute, University of Bern, Bern, 2007.
- [4] RUDENKO, S.-DETTMERING, D.-ESSELBORN, S.-SCHÖNE, T.-FÖRSTE, C.-LEMOINE, J. M.-ABLAİN, M.-ALEXANDRE, D.-NEUMAYER, K. H.: *Influence of time variable geopotential models on precise orbits of altimetry satellites, global and regional mean sea level trend*. Advances in Space Research, 54(1): 92-118, doi: 10.1016/j.asr.2014.03.010, 2014.
- [5] LETELLIER, T.-LYARD, F.-LEFEVRE, F.: *The New Global Tidal Solution: FES2004*. Proceedings of the Ocean Surface Topography Science Team Meeting. St. Petersburg, Florida, 4-6 November, 2004.
- [6] ABRAMOWITZ, M.-STEGUN, I. A.: *Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables*. 9th printing. New York: Dover, p. 880, 1972.
- [7] JENKINS, M. G.-WATTS, D. G.: *Spectral analysis and its applications*. Holden-Day, 1968.
- [8] STOICA, P.-MOSES, R.: *Spectral Analysis of Signals*. Prentice Hall, 2005.
- [9] ANDERSON, R. L.: *Distribution of the Serial Correlation Coefficient*. Ann. Math. Statist., doi: 10.1214/aoms/1177731638, 1942.
- [10] QUENOUILLE, M. H.: *Approximate tests of correlation in time-series 3*. Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, vol. 45, 1949.
- [11] CIPRA, T.: *Analýza časových řad s aplikacemi v ekonomii*. SNTL, 1986.
- [12] BIZOUARD, CH.-GAMBIS, D.: *The Combined Solution C04 for Earth Orientation Parameters Consistent with International Terrestrial Reference Frame 2005*. Geodetic Reference Frames, Volume 134 of the series International Association of Geodesy Symposia, pp 265-270, 2009.
- [13] KOCH, K. R.: *Parameter estimation and hypothesis testing in linear models*. Springer, Berlin, 1999.
- [14] BLOOMELD, P.: *Fourier analysis of time series: An introduction*. John Wiley & Sons, inc., second edition, 2004.
- [15] ELIAŠ, M.-DOUŠA, J.: *Outlier detection using some methods of mathematical statistic in meteorological time-series*. Published by American Institute of Physics, doi: 0.1063/1.4952295, 2016.
- [16] KHALIL, M.-DUCHENE, J.-MARQUE, C.: *An Autoregressive-based technique for event extraction associated with multiscale classification in non stationary signals*. Smart Engineering System Design, 1999.

Do redakcie došlo: 16. 1. 2017

**Lektoroval:**  
**doc. Ing. Ladislav Husár, PhD.,**  
**STU Bratislava**

## XIII. medzinárodná konferencia GEODÉZIA A KARTOGRAFIA V DOPRAVE



Slovenská spoločnosť geodetov a kartografov a Český svaz geodetů a kartografů

Vás pozývajú na konferenciu pod záštitou

PaedDr. Arpáda Érseka - ministra dopravy a výstavby SR a Ing. Dana Ťoka - ministra dopravy ČR



**21. a 22. 9. 2017**

**Congress Hotel Centrum Košice**

Južná trieda 2A

043 23 Košice, Slovenská republika

<http://www.hotel-centrum.sk/>

<http://www.ssgk.sk/>

<http://csgk.fce.vutbr.cz/>



### Poznámka k vyjadřování přesnosti moderních měřicích technologií

Ing. Tomáš Křemen, Ph.D.,  
prof. Ing. Martin Štroner, Ph.D.,  
Fakulta stavební, ČVUT v Praze

#### Abstrakt

Uvedení standardizovaného přístupu k popisování přesnosti měřených či určených veličin, jednorozměrných, dvourozměrných i třírozměrných. Jsou vysvětleny jednotlivé charakteristiky přesnosti, druhy chyb a také na praktických příkladech ukázány běžně se vyskytující hodnoty směrodatných odchylek a parametrů elips chyb.

#### *A Note on Expressing the Accuracy of Modern Measurement Technologies*

#### Abstract

Correct approach to description of the accuracy of measured or determined values, one-dimensional, two-dimensional and three-dimensional ones is shown. Different characteristics of accuracy, types of errors and commonly occurring values of standard deviations and error ellipses parameters are shown on practical examples as well.

**Keywords:** standard deviation, precision, error ellipse, error ellipsoid

#### 1. Úvod

V současné době jsou pro geodetická měření k dispozici mnohé přístroje a komplexní technologie, které umožňují velmi jednoduše určovat polohu jednotlivých bodů či přímo vytvářet stiskem knoflíku hotové 3D modely připravené k prezentaci. Pracovníci různých profesí mohou a používají tato zařízení a v celkovém vnímání a chápání se ztrácí sama podstata měření, jeho přesnosti a možnosti jeho použití a následné interpretace. Zřejmým příkladem takovéto technologie je 3D skenování, které, ač zahalováno mnohými mýty, je stále jen velmi rychle realizovaná prostorová polární metoda měření bezhranovým dálkoměrem. Článek si klade za cíl ukázat, jak správně popisovat, počí-

tat a chápat přesnost měřených veličin a souřadnic bodů. Impulsem k sepsání tohoto článku byl fakt, že již i sami prodejci geodetické techniky uvádí očividně zavádějící až zcela chybné interpretace přesnosti, které jejich přístroje dosahují.

Problematika je podrobně řešena v literatuře [1] a [2].

#### 2. Měřené veličiny a charakteristiky přesnosti

Od počátku měřických prací mají měřiči stále stejnou zkušenost: opakujeme-li měření těžké veličiny, pak i při sebevětší pečlivosti dostaneme obecně různé výsledky. Vysvět-

lení je jednoduché: žádné měření nemůžeme izolovat od mnoha rušivých vlivů. Jsou to nedokonalost našich smyslů a přístrojů, vnější vlivy a nedostatečná znalost všech okolností, které způsobí nevyhnutelné měřické chyby. Přesnějším přístrojem, zkušeností, volbou příznivých vnějších podmínek a pečlivým měřením můžeme pouze snižovat jejich vliv a tím zvýšit přesnost měření, avšak nikdy nedojde k jejich úplnému odstranění.

V geodézii měříme především délky, úhly, směry, výšky, velikost síly tíže a čas; výsledek měření charakterizujeme číslem, závislým též na volbě jednotky míry.

Veličiny např. úhel, délka, plocha atd., které měříme, nazýváme měřeními veličinami. Každá opakovaně naměřená hodnota  $l_i$  obsahuje ve výsledném čísle skutečnou chybu  $\varepsilon_i$ , která buď zmenšila, nebo zvětšila výsledek měření proti skutečné (pravé) hodnotě  $L$  určité měřené veličiny. Skutečná chyba ve výsledku jednotlivých měření je tedy rozdíl mezi skutečnou a naměřenou hodnotou. Protože při opakovaných měřeních téže veličiny učiníme převážně po každé jinou chybu, dostaneme obecně různé naměřené hodnoty:

$$l_1 = L - \varepsilon_1, \quad l_2 = L - \varepsilon_2, \quad l_n = L - \varepsilon_n. \quad (1)$$

Podle toho skutečná chyba:

$$\varepsilon_i = L - l_i, \quad (2)$$

(hodnota skutečná minus naměřená neboli "má být" minus "jest"). Skutečná chyba se skládá z hrubých chyb a omylů a dále pak z chyb nevyhnutelných, konkrétně náhodných a systematických. Podrobnější popis všech chyb lze nalézt v např. v [2]. Omyly a hrubé chyby bychom měli odstranit postupem měření a kontrolami (tedy nebudou dále uvažovány). Poté se skutečná chyba skládá již jen ze složky náhodné a systematické:

$$\varepsilon_i = \Delta_i + c_i, \quad (3)$$

kde  $\Delta_i$  jsou chyby náhodné a  $c_i$  chyby systematické, přičemž se každá řídí jinými zákony.

Skutečná hodnota:

$$L = l_i + \varepsilon_i, \quad (4)$$

je algebraický součet měřené veličiny a skutečné chyby (hodnoty chybějící do skutečné hodnoty). Její velikost v drtivé většině případů neznáme a nezískáme. Pokud bychom ji získali, nebudeme o tom vědět.

Původ systematických chyb je zpravidla v některém faktoru, který při určitých stejných podmínkách měření (např. stejná teplota, osoba nebo přístroj, konstrukční nebo výrobní vada) ovlivňuje ve stejném smyslu měření opakovaně. Chyby v takové skupině měření obsahují stejnou systematickou složku a jsou do určité míry vzájemně závislé (korelované). Jejich klasifikačním měřítkem je způsob působení v čase nebo v prostoru na skupinu měření téhož druhu. Systematické chyby nemají statistický charakter, potlačují se kalibrací přístrojů nebo početními opravami, nebo ideálně také postupem měření (např. měřením ve dvou polohách). Vzhledem k charakteru chyb platí, že pokud je jejich velikost známa, měření se o tuto hodnotu opraví (např. konstanta soustavy hranol – dálkoměr), počítat a statisticky předvídat velikost těchto chyb nelze.

Posledním druhem chyb jsou chyby náhodné. Jsou to takové chyby, které při stejné měřené veličině, metodě

i při stejných podmínkách a pečlivosti měření mohou náhodně nabývat různé velikosti i různého znaménka. Jejich možné hodnoty oscilují kolem nuly. Jednotlivě nemají žádné zákonitosti a jsou vzájemně nezávislé, jsou nepředvídatelné a nezdůvodnitelné. Nemůžeme např. předvídat, jaká bude velikost nebo znaménko chyby právě prováděného měření. Zkušenost však ukazuje, že při větším množství měření stejného druhu nebo téže veličiny můžeme pozorovat u náhodných chyb stejné zákonitosti jako u hromadných náhodných jevů. U geodetických měření předpokládáme na základě zkušenosti, že jejich velikost a znaménko se řídí normálním rozdělením. Vzhledem ke statistické povaze lze určovat charakteristiky přesnosti, které popisují velikost možného rozptylu při měření včetně pravděpodobnosti, se kterou lze chybu v konkrétním intervalu očekávat. Kromě dalších (viz [1] nebo [2]) charakteristik se v geodézii v současné době využívá takřka výlučně směrodatná odchylka  $\sigma$  (dříve střední chyba  $m$ ). Směrodatná odchylka vymezuje rozptyl („šířku“) normálního rozdělení.

Normální rozdělení je nejdůležitějším rozdělením spojitě náhodné veličiny, kterým lze za jistých podmínek aproximovat i některá měření diskretní. Obecně lze říci, že toto rozdělení je použitelné všude tam, kde kolísání náhodné veličiny je způsobeno součtem velkého počtu nepatrných a vzájemně nezávislých vlivů. Náhodné chyby s normálním rozdělením mají tyto vlastnosti:

- pravděpodobnost vzniku kladné či záporné chyby určité velikosti je stejná,
- malé chyby jsou pravděpodobnější (četnější) než velké,
- chyby nad určitou mez se nevyskytují (resp. považujeme je za hrubé).

Hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení  $N(E(x), \sigma^2)$  je dána frekvenční funkcí  $\varphi(x)$ , jejíž graf je znám pod názvem „Gaussova křivka“:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-E(x))^2}{2\sigma^2}}, \quad x \in (-\infty, +\infty). \quad (5)$$

Tato funkce má dva parametry, střední hodnotu  $E(x)$  (charakteristika polohy), zde ona neznámá skutečná hodnota měřené veličiny zatížená pouze náhodnými chybami s daným normálním rozdělením, a varianci (také rozptyl, čtverec směrodatné odchylky)  $V(x) = E\{x - E(x)\}^2 = \sigma^2$  při  $\sigma > 0$  (charakteristika proměnlivosti).

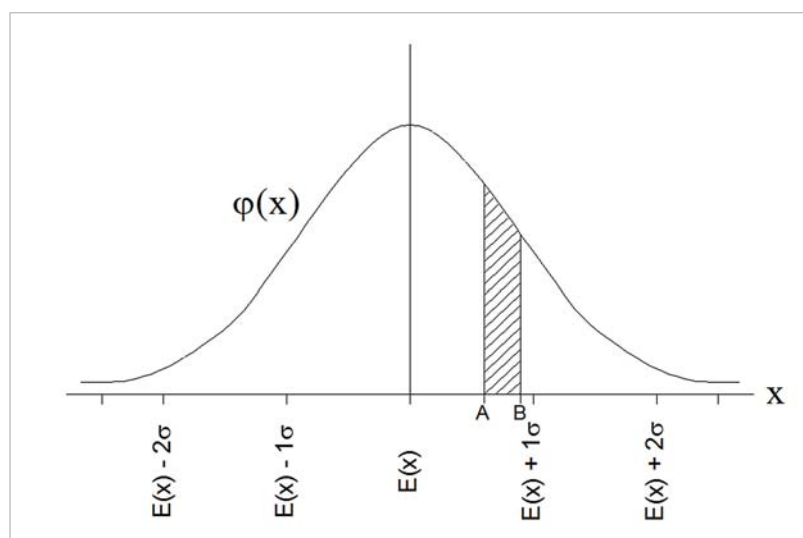
Je vhodné zde uvést i normovanou veličinu  $t$ , která se získá transformací:

$$t = \frac{x - E(x)}{\sigma}. \quad (6)$$

Tato veličina má normované normální rozdělení  $N(0,1)$ , protože platí  $E(t) = 0$ ,  $V(t) = 1$ .

Plocha pod frekvenční funkcí vyjádřená v grafu udává pravděpodobnost výskytu chyby o určité velikosti. Pro chybu o velikosti  $x \in (-\infty, +\infty)$  je pravděpodobnost výskytu  $P = 1$  (stoprocentní pravděpodobnost). Pro měření zatížené chybou o velikosti, která padne do intervalu  $\langle A; B \rangle$  je pravděpodobnost  $P$  rovna ploše vyšrafované v grafu (obr. 1).

V tab. 1 je uvedeno několik hodnot pravděpodobnosti  $P$ , které charakterizují normální rozdělení a jsou v ní zvýrazněny tři hodnoty pravděpodobnosti udávající velikost pravděpodobnosti výskytu chyb 68 %, 95 % a 99 % v intervalech jednonásobku, dvounásobku a dvouapůlnásobku základního intervalu  $\langle -\sigma; +\sigma \rangle$ . To znamená, že standardně uváděná směrodatná odchylka určitého měření  $\sigma$



Obr. 1 Graf frekvenční křivky normálního rozdělení pro  $N(E(x), \sigma^2)$  s vyznačením pravděpodobnosti výskytu chyby o velikosti z intervalu  $\langle A; B \rangle$

Tab. 1 Hodnoty pravděpodobnosti P pro výskyt chyby v intervalu mezi A a B

A	B	P
$E(x)$	$E(x) + \sigma$	0,341
$E(x) - \sigma$	$E(x) + \sigma$	<b>0,682</b>
$E(x)$	$E(x) + 2\sigma$	0,477
$E(x) - 2\sigma$	$E(x) + 2\sigma$	<b>0,954</b>
$E(x)$	$E(x) + 2,5\sigma$	0,494
$E(x) - 2,5\sigma$	$E(x) + 2,5\sigma$	<b>0,988</b>
$E(x) - \infty$	$E(x) + \infty$	1,000

udává velikost základního intervalu  $\langle -\sigma; +\sigma \rangle$ , kde se v případě vysokého počtu opakování bude nacházet přibližně 68 % měření.

V případě opakovaného měření pokud některá měřená hodnota tento interval překročí, nemusí být nutně podezřelá z odlehlosti a vyloučena z našeho souboru měření (pro základní interval bychom vylučovali skoro jednu třetinu měření, které jsou statisticky správné, a to by bylo velmi nevhodné). Ale která měření jsou v pořádku a která měření již mají být považována za odlehlá a ze zpracování je vyloučit?

Při vědomí třetí vlastnosti náhodných chyb s normálním rozdělením: chyby nad určitou mez se nevyskytují, je nutné tuto mez stanovit. Tato mez je zvykově násobkem základního intervalu  $\langle -\sigma; +\sigma \rangle$ . Tento násobek se nazývá koeficient spolehlivosti  $u_p$ . Volba koeficientu spolehlivosti je velmi důležitá. Pokud je použit koeficient spolehlivosti příliš malý, naše měření nebude hospodárné a bude nutno vylučovat i taková měření, která jsou v pořádku. Naopak při volbě příliš velkého koeficientu spolehlivosti vzrůstá riziko zahrnutí hrubých chyb do měření. Pro jednorozměrné veličiny se nejčastěji používá  $u_p = 2$  (95% pravděpodobnost výskytu chyby) a  $u_p = 2,5$  (99% pravděpodobnost výskytu chyby). Výsledná hodnota se nazývá mezní odchylka a značí se  $\delta$ :

$$\delta = u_p \cdot \sigma. \quad (7)$$

Doplňek do celkové pravděpodobnosti 1 se značí  $\alpha$  a nazývá se hladinou významnosti či rizikem:

$$\alpha = 1 - P. \quad (8)$$

Hladina významnosti udává, jak velké procento výsledků by teoreticky mělo překročit stanovenou mez. Tyto výsledky však již nebudou použity, ačkoli jsou dle teorie možné, a budou označeny jako hrubé chyby.

Jak vyplývá z pohledu na tab. 1 a obr. 1, směrodatná odchylka z hlediska významu je pouze charakteristikou přesnosti, parametrem normálního rozdělení. Rozhodně nevymezuje velikost ani maximální velikost chyby měření. Tuto funkci má pouze mezní odchylka, a to vždy ve spojení se zvolenou pravděpodobností použitou při volbě  $u_p$ .

Také je třeba si uvědomovat, že žádná z uvedených charakteristik neobsahuje systematické chyby, a v rámci zákona hromadění směrodatných odchylek (pro nezávislé i závislé veličiny) se s nimi nepočítá.

### 3. Měřené geodetické veličiny a popis jejich přesnosti

V geodézii jsou měřeny zejména délky, vodorovné směry a zenitové úhly. Vodorovné směry a zenitové úhly lze z hlediska přesnosti charakterizovat směrodatnou odchylkou nezávislou na vzdálenosti cíle, používá se vždy směrodatná odchylka měření v jedné skupině, obvykle dle norem ČSN ISO 17123 nebo DIN. Lze běžně na trhu zakoupit teodolity či totální stanice se směrodatnou odchylkou měření vodorovného směru a zenitového úhlu  $\sigma_\varphi = \sigma_z = 0,3 \text{ mgon}$  a i lepší.

U délek je tomu jinak, z hlediska obvyklého způsobu elektrooptického měření délek je nutno k absolutnímu členu přidat ještě člen závislý na velikosti měřené vzdálenosti, ve tvaru:

$$\sigma_d = A + B \cdot d,$$

nejčastěji se tento vzorec používá s jednotkami:

$$\sigma_d = A \text{ mm} + B \text{ mm} \cdot d [\text{m}],$$

např. 2 mm + 2 mm na kilometr, tj. délka 500 m je měřena se směrodatnou odchylkou 3 mm, 1 km se směrodatnou odchylkou 4 mm atd. Takto vyjádřená směrodatná odchylka platí pro jedno měření šikmé délky.

K přesnosti měřených délek je ještě vhodné poznamenat, že se směrodatná odchylka nesnižuje s odmocninou z počtu měření (jak bylo ukázáno např. v [3]), při prostém opakování měření téže délky tímž dálkoměrem je náhodná složka chyby měření poměrně malá (např. cca 25 % až 30 %), zbytek připadá na složku systematickou.

#### 4. Poznámka k přídavným jménům přesnosti

Směrodatné odchylky se v technické praxi využívají s přídavnými jmény, které se ne vždy používají správně. Nesou v sobě doplňkovou informaci, která obvykle informuje o nějaké další důležité okolnosti. Velmi důležité je rozlišení mezi základní a výběrovou směrodatnou odchylkou, dále se často používají výrazy absolutní a relativní přesnost, vnitřní a vnější přesnost či podélná a příčná chyba.

Základní směrodatná odchylka  $\sigma$  charakterizuje tzv. základní (nekonečně velký) soubor náhodných chyb a pro daný soubor se jedná o konstantu. V praxi je často k dispozici menší tzv. výběrový soubor náhodných chyb, který je charakterizován výběrovou směrodatnou odchylkou  $s$ . Výběrová směrodatná odchylka  $s$  je náhodná veličina. Mějme dva náhodné výběrové soubory charakterizované výběrovými směrodatnými odchylkami  $s_1$  a  $s_2$  z jednoho základního souboru charakterizovaného základní směrodatnou odchylkou  $\sigma$ . Potom obecně platí:

$$\sigma \neq s_1 \neq s_2. \quad (9)$$

Vnitřní a vnější přesnost jsou pojmy relativní, podle toho, které složky jsou sledovány.

Dle [2] na měření působí celá řada vlivů, které se projeví ve výsledné (celkové) chybě měření. Celková chyba měření obsahuje náhodnou složku  $\Delta$  obsahující náhodné chyby a systematickou složku  $c$  obsahující systematické chyby. Výsledná chyba je charakterizována úplnou střední chybou  $m$ , která vyjadřuje celkovou (vnější) přesnost a skládá se z náhodné střední chyby  $\sigma$  a systematické střední chyby  $m_c$ :

$$m^2 = \sigma^2 + m_c^2. \quad (10)$$

Tzv. vnitřní přesnost měření, která zahrnuje pouze vliv náhodných chyb včetně nepravidelných výkyvů systematických chyb v souboru měření, je charakterizována střední náhodnou chybou  $\sigma$ . Zbylé systematické vlivy vyjadřuje střední systematická chyba  $m_c$ .

V praxi lze často z konečného počtu měření spočítat výběrové odhady úplné střední chyby  $m$  a náhodné střední chyby  $s$  a z nich odhadnout střední systematickou chybu  $m_c$ :

$$m_c^2 = m^2 - \sigma^2. \quad (11)$$

Například z opakování měření úhlů na stejném místě děleného kruhu vypočítáme výběrovou střední náhodnou chybu  $s$  zachycující především chyby z cílení a čtení. Z měření při čtení na různých místech kruhu dostaneme

úplnou střední chybu  $m$  (vnější přesnost), ze které při znalosti střední náhodné chyby  $s$  je možné vyjádřit střední chybu v dělení kruhu  $m_c$ . Přitom mohou zůstat neodhalené další chyby, které na měření působí (chyba z centraxe, chyba z atmosférických podmínek, atd.). Avšak zahrne-li do úvahy předtím neodhalené nebo neuvažované vlivy, stane se z naší vnější přesnosti přesnost vnitřní a nová vnější přesnost bude obsahovat kromě vlivů uvedených v úplné střední chybě  $m$  také nově uvažované vlivy.

Často je také jako vnitřní přesnost chápána přesnost získaná z prostého opakování měření (např. z opakování měření vodorovného směru ve skupinách) a přesnost vnější jako údaj získaný z celkového vyrovnání geodetické sítě nebo alespoň z trojúhelníkových uzávěrů (z Ferrerova vzorce).

Terminologický slovník [4] však uvádí jiný výklad, kde „relativní přesnost je těsnost shody mezi měřenými hodnotami získanými vícenásobným prováděním měřicího postupu za předepsaných podmínek“, kdežto „vnější přesnost měření těsnost shody mezi výsledkem měření (měřené hodnoty) a pravé hodnoty nebo hodnoty měřené veličiny, která je považována za pravou“.

Dále je vhodné uvést ještě pojmy absolutní přesnost a relativní přesnost, kde za přesnost absolutní se považuje přesnost oproti počátku souřadnicové soustavy, kdežto relativní přesnost oproti objektu bližšímu, např. oproti sousedním bodům trigonometrické sítě.

Podélná a příčná chyba jsou pojmy, které označují směr odchylky. Podélná má směr totožný či rovnoběžný se záměrou (nebo převládajícím směrem, ke kterému se chyby/odchylky vztahují, jako příklad lze uvést např. osu tunelu či hráze), příčná je kolmá na podélnou.

#### 5. Popis přesnosti jednorozměrných údajů

Při měření jednorozměrných veličin (měření délek, převýšení, úhlů...) je pro popis přesnosti použit teoretický aparát uvedený v části 2. Pravděpodobnost výskytu měření v intervalu  $\langle -\sigma; +\sigma \rangle$  je přibližně 68 %. Pro výpočet mezní odchylky  $\delta$  se nejčastěji používá koeficient spolehlivosti  $u_p = 2$  (95% pravděpodobnost) nebo  $u_p = 2,5$  (99% pravděpodobnost).

#### 6. Popis přesnosti dvourozměrných údajů

Přesnost dvourozměrných veličin již není tak snadno popsatelná, je nutné správně chápat chyby v rovině a zde se používá více charakteristik a možných způsobů vyjádření. Statisticky je přesnost dána dvěma odchylkami s normálním rozdělením (odchylky nemají stejný směr), které jsou v obecném směru. Z hlediska obrazové představy je na obr. 2 frekvenční funkce dvourozměrného normálního rozdělení, definovaná dvěma vzájemně kolmými normálními rozděleními rovnoběžnými se souřadnicovými osami  $x$  a  $y$ .

Vzhledem k obecné orientaci je nutné tuto plochu (resp. chyby měření, které statisticky reprezentuje) popisovat nejméně třemi údaji – dvěma směrodatnými odchylkami  $\sigma_a$  a  $\sigma_b$  a úhlem  $\omega$  stočení celé plochy.

Přesnost je v konkrétní souřadnicové soustavě definována kovarianční maticí  $M$ :

$$M = \begin{pmatrix} \sigma_x^2 & \text{Cov}_{xy} \\ \text{Cov}_{xy} & \sigma_y^2 \end{pmatrix}. \quad (12)$$

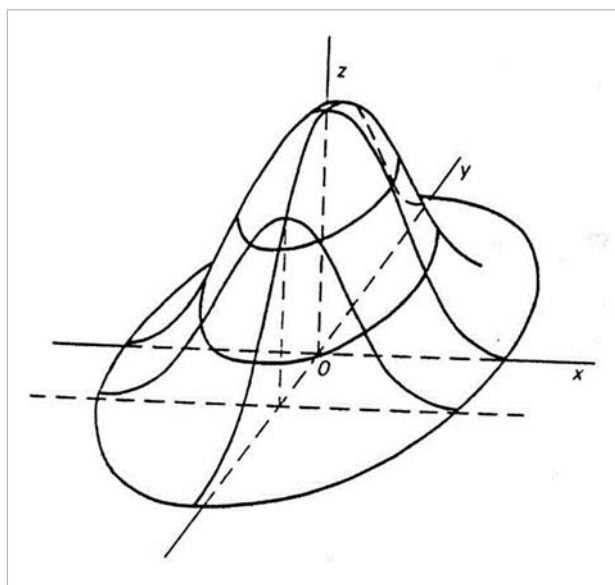
Tuto matici lze získat z modelů přesnosti geodetických úloh bez vyrovnání či z vyrovnání metodou nejmenších čtverců. Uvedené vzájemně kolmé (a nezávislé) směrodatné odchylky  $\sigma_a$  a  $\sigma_b$  úhel stočení  $\omega$  lze vypočítat ze vzorců (odvozených např. v [2]):

$$\operatorname{tg}(2\omega) = \frac{2\operatorname{Cov}_{xy}}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2}, \quad (13)$$

$$\sigma_a = \sigma_x^2 \cdot \cos^2(\omega) + \operatorname{Cov}_{xy} \cdot \sin(2\omega) + \sigma_y^2 \cdot \sin^2(\omega), \quad (14)$$

$$\sigma_b = \sigma_x^2 \cdot \sin^2(\omega) - \operatorname{Cov}_{xy} \cdot \sin(2\omega) + \sigma_y^2 \cdot \cos^2(\omega). \quad (15)$$

Často se význam těchto veličin znázorňuje jako elipsa chyb (na **obr. 3**), což je křivka spojující body se stejnou hustotou pravděpodobnosti. Z uvedené reprezentace rozložení chyb v rovině lze určit také přesnost v libovolném směru. Body reprezentující takto určenou přesnost pro všechny směry tvoří tzv. Helmertovu křivku (**obr. 3**).



Obr. 2 Frekvenční funkce dvourozměrného normálního rozdělení

Helmertova křivka je odlišná od elipsy chyb a to tím více, čím více je poměr  $\sigma_a / \sigma_b$  odlišný od jedné.

Pravděpodobnost výskytu měření uvnitř elipsy chyb je 39 %. Pro výpočet mezní odchylky  $\delta$  se nejčastěji používá koeficient spolehlivosti  $u_p = 2,5$  (95,6% pravděpodobnost) nebo  $u_p = 3$  (98,9% pravděpodobnost).

Často je výhodné nebo potřebné popsat požadovanou či dosaženou přesnost jednou číselnou hodnotou. Pak se používá směrodatná odchylka souřadnicová  $\sigma_{xy}$  nebo směrodatná odchylka polohová  $\sigma_p$ :

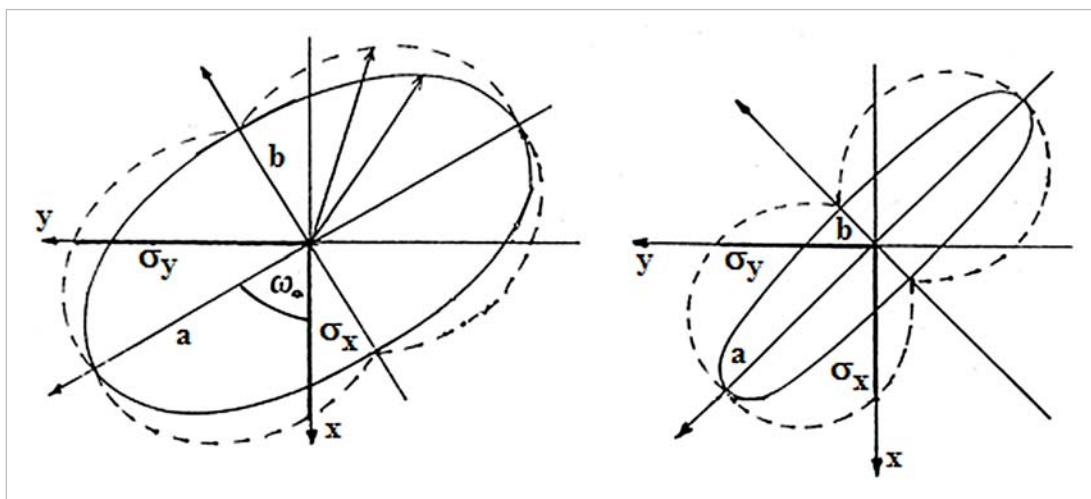
$$\sigma_p^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 = \sigma_a^2 + \sigma_b^2, \quad (16)$$

$$\sigma_{xy}^2 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2} = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{2} = \frac{\sigma_p^2}{2}. \quad (17)$$

Tyto směrodatné odchylky, ač jsou dány jednou číselnou hodnotou, reprezentují přesnost ve dvou rozměrech, a to v obou souřadnicových osách stejnou hodnotou. Je třeba rozlišit, jak tyto hodnoty chápat. Jedná se v obou případech o zjednodušení, o zanedbání dvou složek a jejich vzájemné kovariance a jejich nahrazení jednou hodnotou popisující přesnost pomocí kružnice chyb. Souřadnicová odchylka nahrazuje elipsu chyb kružnicí o poloměru, který je kvadratickým průměrem z poloos elipsy. Má tedy principiálně stejný význam jako poloosy elipsy chyb  $\sigma_a$ ,  $\sigma_b$  nebo směrodatné odchylky ve směru souřadnicových os  $\sigma_a$ ,  $\sigma_b$ , vymezuje oblast charakterizující pravděpodobnost výskytu polohy bodu. Naproti tomu směrodatná odchylka polohová charakterizuje  $\sqrt{2}$  násobek této hodnoty, a také se jedná o směrodatnou odchylku vzdálenosti určeného bodu od jeho správného umístění v poloze (aplikace zákona hromadění směrodatných odchylek). Graficky je toto znázorněno na **obr. 4**.

Z uvedeného popisu je zřejmé, že se jedná o různé hodnoty a při vyjadřování statistické oblasti výskytu bodu je běžnému chápání jednorozměrné směrodatné odchylky blízké vyjádření pomocí souřadnicové směrodatné odchylky.

Je nutné zdůraznit, že použití souřadnicové (polohové) směrodatné odchylky může být v některých případech zavádějící. Pokud poměr os elipsy chyb se blíží jedné, je použití souřadnicové směrodatné odchylky výhodné, protože polohová přesnost je charakterizována pouze jed-

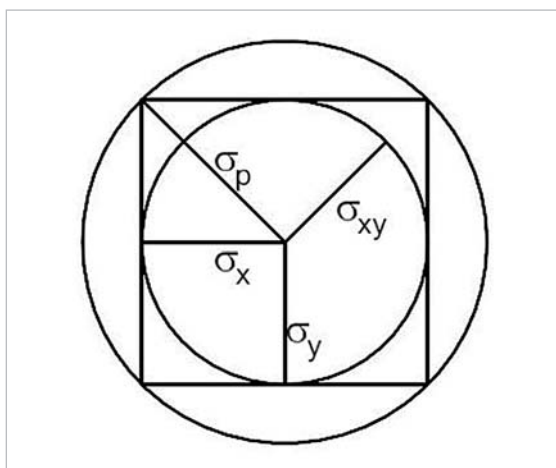


Obr. 3 Elipsa chyb a Helmertova křivka (čárkovaně)

ním číslem a ne třemi (obr. 5a). Ovšem čím více se poměr poloos elipsy chyb liší od jedné, tím více je použití souřadnicové směrodatné odchylky jako popisu polohové přesnosti nepřesné až chybné (obr. 5b a 5c). Na obr. 5 jsou uvedeny tři elipsy chyb o stejné ploše. Na obr. 5a je uvedena elipsa s poměrem os 5:4 a na první pohled je patrné, že aproximace kružnicí o poloměru velikosti souřadnicové směrodatné odchylky je výstižná a realitu výrazněji nezkrsluje. Na obr. 5b a 5c jsou uvedeny elipsy chyb s poměrem os 10:2 a 2:10 (každá z elips popisuje jiné rozložení přesnosti – přesnosti v jednotlivých osách byly zaměněny). Použití souřadnicové směrodatné odchylky je v těchto případech hodně zkrslující. Velikosti souřadnicových směrodatných odchylek v případě b) a c) jsou sice stejné, ale popisují jinou situaci a od případu a) se výrazně liší i svou velikostí (jsou zhruba 1,6 krát větší).

## 7. Popis přesnosti trojrozměrných údajů

Ačkoli měření ve 3D je dnes samozřejmostí, vyjadřování prostorové přesnosti není v běžné měřické praxi příliš časté a pokud se již vyskytne, ne vždy je správné a srozumitelné.



Obr. 4 Aplikace zákona hromadění směrodatných odchylek

Přesnost trojrozměrných veličin je ve své podstatě rozšířením popisu dvourozměrných veličin o jeden rozměr. Statisticky je přesnost dána třemi odchylkami (odchylky nemají stejný směr), které jsou v obecném směru. Frekvenční funkce třírozměrného normálního rozdělení je definována třemi vzájemně kolmými normálními rozděleními. Nelze ji graficky znázornit. Vzhledem k obecné orientaci této plochy je nutné ji popisovat nejméně šesti údaji – třemi směrodatnými odchylkami  $\sigma_a, \sigma_b, \sigma_c$  a úhly stočení  $\alpha, \beta$  a  $\gamma$  celé plochy.

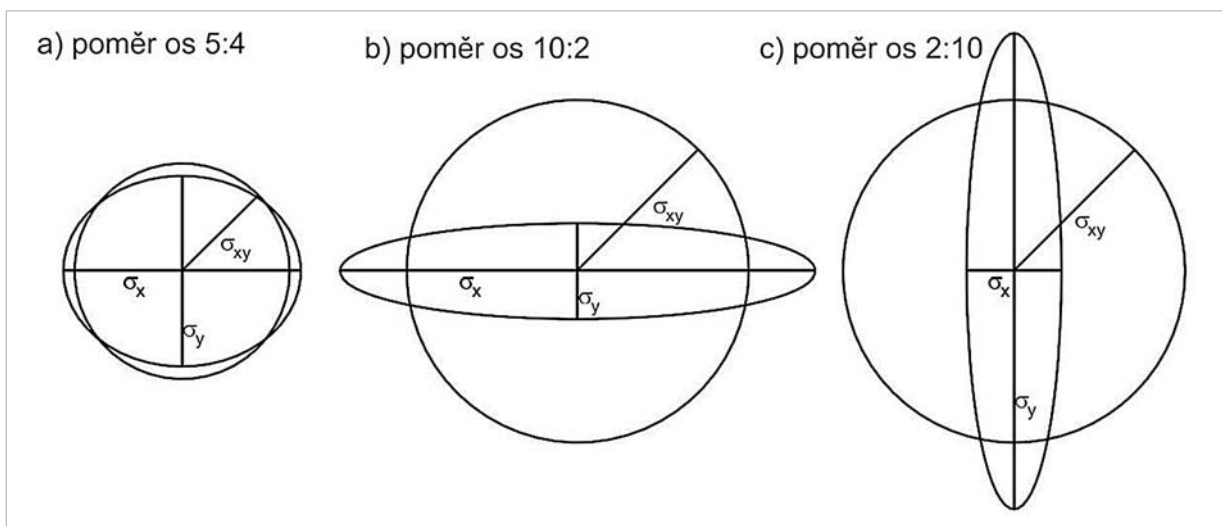
Přesnost je v konkrétní souřadnicové soustavě definována kovarianční maticí  $M$ :

$$M = \begin{pmatrix} \sigma_x^2 & \text{Cov}_{xy} & \text{Cov}_{xz} \\ \text{Cov}_{xy} & \sigma_y^2 & \text{Cov}_{yz} \\ \text{Cov}_{xz} & \text{Cov}_{yz} & \sigma_z^2 \end{pmatrix}. \quad (18)$$

Tuto matici lze získat z modelů přesnosti geodetických úloh bez vyrovnání či z vyrovnání metodou nejmenších čtverců. Uvedené vzájemně kolmé (a nezávislé) směrodatné odchylky  $\sigma_a, \sigma_b$  a  $\sigma_{bc}$ , a úhly stočení  $\alpha$  a  $\beta$  a  $\gamma$  lze vypočítat (např. dle v [2]) formou vlastních čísel již uvedené matice, kde směry jednotlivých směrodatných odchylek jsou dány jim příslušnými vlastními vektory určenými singulárním rozkladem (SVD – singular value decomposition). Konečné vzorce nejsou známy, singulární rozklad se počítá jako postupná transformace např. pomocí QR rozkladu, blíže viz např. [2]. Pro prostorovou polární metodu platí, že jednotlivé poloosy elipsoidu chyb jsou vždy ve směru chyby měření, tj. ve směru měření délky a ve dvou směrech příčných reprezentujících směr chyby vodorovného úhlu a zenitového úhlu.

Tyto veličiny lze znázornit jako elipsoid chyb, což je plocha spojující body se stejnou hustotou pravděpodobnosti. Stejně jako u popisu přesnosti dvourozměrných údajů lze z uvedených parametrů určit také přesnost v libovolném směru. Body reprezentující takto určenou přesnost pro všechny směry tvoří tzv. Helmertovu plochu. Helmertova plocha je od elipsoidu chyb odlišná tím více, čím více se liší vzájemný poměr jednotlivých směrodatných odchylek  $\sigma_a, \sigma_b$  a  $\sigma_c$  od jedné.

Pravděpodobnost výskytu měření uvnitř elipsoidu chyb je 20 %. Pro výpočet mezní odchylky  $\delta$  se nejčastěji používá koeficient spolehlivosti  $u_p = 3,4$  (99% pravděpodobnost).



Obr. 5 Velikosti souřadnicových směrodatných odchylek

Pokud je potřebné popsat požadovanou nebo dosaženou prostorovou přesnost jedním číslem je možné použít směrodatnou odchylku souřadnicovou (v prostoru)  $\sigma_{xyz}$  nebo směrodatnou odchylku prostorovou  $\sigma_{pr}$ :

$$\sigma_{pr}^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 = \sigma_a^2 + \sigma_b^2 + \sigma_c^2, \tag{19}$$
$$\sigma_{xyz}^2 = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2}{3} = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2 + \sigma_c^2}{3} = \frac{\sigma_p^2}{3}.$$

Tyto směrodatné odchylky, ač jsou dány jednou číselnou hodnotou, reprezentují přesnost ve třech rozměrech, a to ve všech třech souřadnicových osách stejnou hodnotou. Je třeba rozlišit, jak tyto hodnoty chápat. Jedná se v obou případech o zjednodušení, o zanedbání tří složek a jejich vzájemné kovariance a jejich nahrazení jednou hodnotou popisující přesnost pomocí koule chyb. Směrodatná souřadnicová odchylka nahrazuje elipsoid chyb koulí o poloměru, který je kvadratickým průměrem z poloos elipsoidu. Má tedy principiálně stejný význam jako poloosy elipsoidu chyb  $\sigma_a$ ,  $\sigma_b$  a  $\sigma_c$  nebo směrodatné odchylky ve směru souřadnicových os  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  a  $\sigma_z$  vymezuje oblast charakterizující pravděpodobnost výskytu prostorové polohy bodu. Naproti tomu směrodatná odchylka prostorová charakterizuje  $\sqrt{3}$  násobek této hodnoty, a také se jedná o směrodatnou odchylku vzdálenosti určeného bodu od jeho správného umístění v prostoru (aplikace zákona hromadění směrodatných odchylek). Při grafickém znázornění by se jednalo o dvě soustředné kulové plochy, kdy kulová plocha reprezentující směrodatnou odchylku prostorovou  $\sigma_{pr}$  by měla o  $\sqrt{3}$  násobek větší poloměr.

Vhodnost či nevhodnost použití jednorozměrné veličiny k popisu prostorové přesnosti se řídí stejnými omezeními jako u dvojrozměrné přesnosti. Čím více je vzájemný poměr jednotlivých směrodatných odchylek  $\sigma_a$ ,  $\sigma_b$  a  $\sigma_c$  odlišný od jedné, tím méně je tato interpretace výstižná.

**8. Příklad popisu přesnosti konkrétního 3D skeneru**

Praktický dopad výše uvedené teorie na reálný měřický přístroj je značný. Ať už se jedná o totální stanici nebo

3D skenovací systém používaný v geodézii, princip určování polohy bodu je stejný – prostorová polární metoda. Při ní je měřena šikmá délka od přístroje k zaměřovanému objektu a dva na sebe kolmé úhly. Pro totální stanici se jedná o vodorovný směr a zenitový úhel, pro 3D skener to mohou být obecně umístěné vzájemně na sebe kolmé úhly. Obecně platí, že prostorová přesnost bodu měřeného prostorovou polární metodou není konstantní, ale proměnlivá veličina.

Nejlépe to lze demonstrovat na příkladu měření s totální stanicí o těchto parametrech přesnosti: směrodatná odchylka měření vodorovného směru a zenitového úhlu 3'', přesnost měření délek 2 mm + 2 ppm. Přesnost měření délek se v modelovém příkladu projeví jako podélná směrodatná odchylka  $\sigma_d$  a přesnosti měření vodorovného směru respektive zenitového úhlu se projeví jako směrodatné odchylky ve směru příčném  $\sigma_q$  a výškovém  $\sigma_h$ , které jsou stejné ( $\sigma_q = \sigma_h$ ).

Pro některé 3D skenovací systémy je vytvoření podobného příkladu obtížné, neboť nejsou známy jejich parametry přesnosti měření. V **tab. 2** je uveden příklad 3D skenovacího systému Leica HDS3000. Jeho udávaná směrodatná odchylka měření úhlů je 10,3'' a udávaná přesnost měření délek 4 mm. Z jeho testování, již dříve provedeném na naší katedře, byla určena náhodná složka (směrodatná odchylka) přesnosti měření délek na zhruba 2 mm [5], která byla použita v modelovém příkladu.

V **tab. 2** jsou uvedeny hodnoty jednotlivých směrodatných odchylek v různých vzdálenostech od přístrojů a jejich vzájemný poměr.

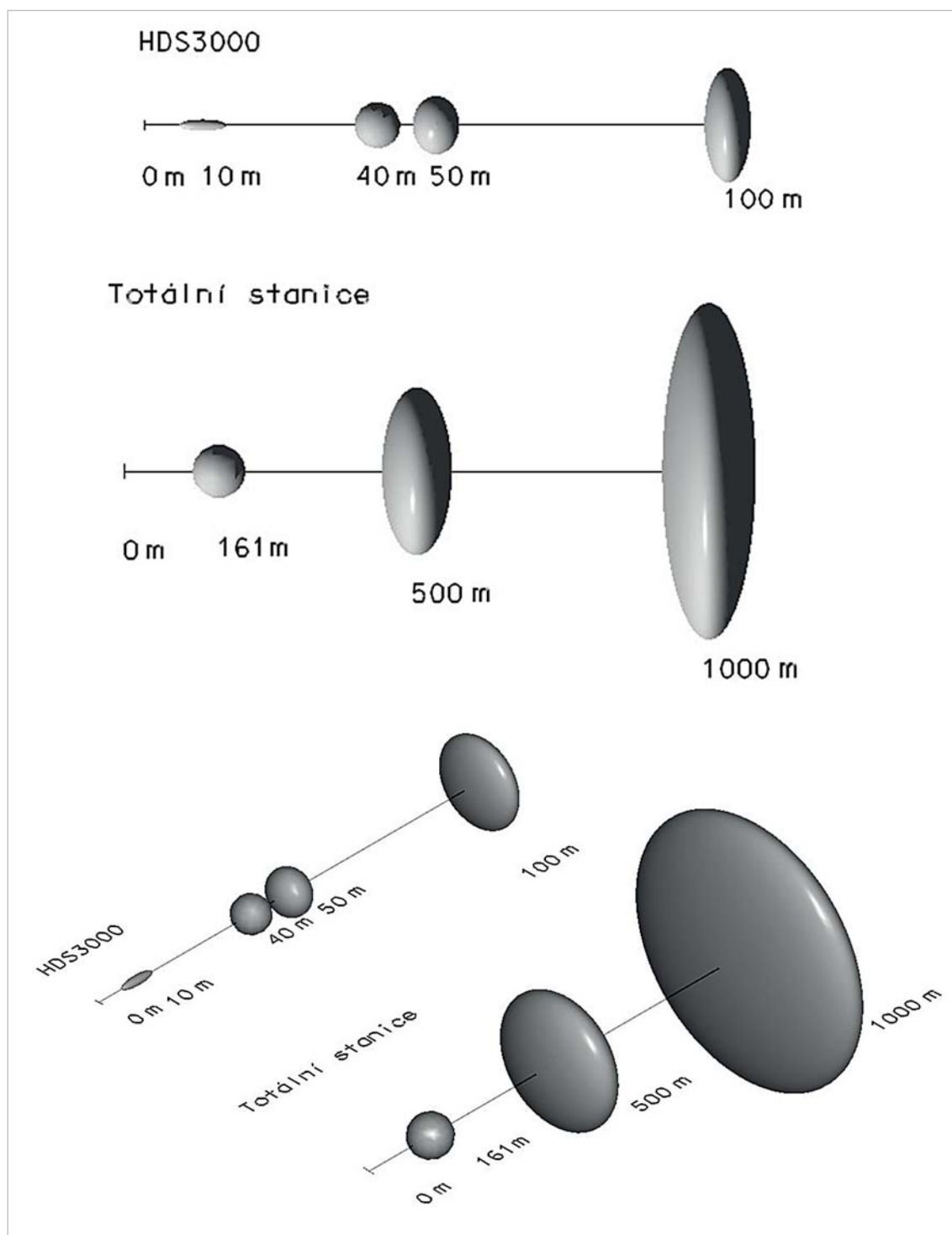
Pro totální stanici není uvedena přesnost na vzdálenost 10 m, protože přesnost měření úhlů je na tak krátkou vzdálenost kvůli velikosti a tvaru cíle obvykle nižší než standardně udávaná. Dosah skenovacího systému je zhruba do 140 m, proto nejsou uvedeny přesnosti pro větší vzdálenosti.

U skenovacího systému je ještě potřeba zmínit, že se v podstatě jedná o laboratorní situaci, kdy není uvažována velikost stopy dálkoměrného signálu a povrch a tvar cíle je ideální (rovina s difusním povrchem umístěná kolmo na směr skenování).

Pro lepší představu jsou na **obr. 6** znázorněny velikosti a tvary elips/elipsoidů pro vybrané vzdálenosti.

**Tab. 2** Hodnoty směrodatných odchylek

Přístroj	Totální stanice				HDS3000			
Vzdálenost [m]	$\delta_d$ [mm]	$\delta_q/\delta_h$ [mm]	$\delta_d:\delta_q/\delta_h$ [mm]	$\delta_{xyz}$ [mm]	$\delta_d$ [mm]	$\delta_q/\delta_h$ [mm]	$\delta_d:\delta_q/\delta_h$ [mm]	$\delta_{xyz}$ [mm]
10					2,0	0,5	4:1	1,2
40	2,1	0,6	3,5:1	1,3	2,0	2,0	1:1	2,0
50	2,1	0,7	3:1	1,3	2,0	2,5	1:1,25	2,3
100	2,2	1,4	1,6:1	1,7	2,0	4,9	1:2,45	4,2
161	2,3	2,3	1:1	2,3				
500	3,0	7,2	1:2,4	6,1				
1 000	4,0	14,4	1:3,6	12,0				



Obr. 6 Velikosti a tvary elips/elipsoidů

**9. Závěr**

Popisování přesnosti prostřednictvím jednorozměrných statistických charakteristik přesnosti klade na chápání uživatele jisté nároky, a je nutné při jejich využívání respektovat pravidla jejich získání a také jejich statistický charakter. Mnohdy je snadné sklouznout ke zjednodušeným úvahám ve smyslu lineárního chápání hromadění směrodatných odchylek. V případě chyb měření dvou a víceroz-

měrných se zesložituje jak chápání, tak nakládání s charakteristikami přesnosti. Nelze totiž plně popsat polohovou (prostorovou) přesnost umístění bodu (jeho souřadnic) či jiné vícerozměrné veličiny prostřednictvím jedné skalární hodnoty, vždy dojde ke zjednodušení nebo lépe řečeno ke zkreslení informace o přesnosti, kdy (jak bylo ukázáno) toto zkreslení může být značné. Z hlediska pravidelného a kompletního popisu přesnosti je vhodné uvádět příslušnou kovarianční matici, pro potřeby interpretace

potom veľkosť poloos elipsy (elipsoidu) chyb a jejich stočení, v prípade určovania súradníc priestorovou polárnu metódou je vhodné uvádzať presnosť jednotlivých mieraých veličín, ze ktorých lze snadno charakteristiky presnosti v poloze (či priestoru) určiť.

*Článok vznikl při řešení grantového projektu SGS17 OHK1-002/17 „Optimalizace získávání a zpracování 3D dat pro potřeby inženýrské geodézie, geodézie v podzemních prostorech a laserového skenování“.*

#### LITERATURA:

- [1] BÖHM, J.-RADOUC, V.-HAMPACHER, M.: Teorie chyb a vyrovnávací počet. GKP, Praha 1990. ISBN 80-7011-056-2.
- [2] ŠTRONER, M.-HAMPACHER, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 1. vyd. Praha: CTU Publishing House, 2011. 313 s. ISBN 978-80-01-04900-6.
- [3] BRAUN, J.-ŠTRONER, M.-URBAN, R.-DVOŘÁČEK, F.: *Suppression of Systematic Errors of Electronic Distance Meters for Measurement of Short Distances*. Sensors - Open Access Journal. 2015, vol. 15, no. 8, p. 19264-19301. ISSN 1424-8220.
- [4] <http://www.vugtk.cz/slovník/>.
- [5] TRÁSÁK, P.-ŠTRONER, M.-SMÍTKA, V.-URBAN, R.: *Testing the effect of the distance meter's beam incidence angle on the magnitude of the standard deviation of distances measured by prismless distance meters*. In: Geodesy, Cartography and Geographic Information Systems 2012. Košice: Berg Faculty TU Košice, 2012, pp. 1-9. ISBN 978-80-553-1173-9.

Do redakce došlo: 17. 1. 2017

**Lektoroval:**  
**Ing. Jiří Lechner, CSc.,**  
**VÚGTK, v. v. i., Zdisy**



## Z MEDZINÁRODNÝCH STYKOV

### Kataster nehnuteľností v dobe informatizácie spoločnosti (Konferencia Lausanne, Švajčiarsko)

U príležitosti jubilejného 100. výročia od svojho založenia sa v dňoch 20. a 21. 4. 2017 v Lausanne (Švajčiarsko) uskutočnila medzinárodná konferencia IGS (Ingenieur-Geometer Schweiz). Pod mottom „Vytvárame priestor pre život - odstraňme bariéry“ sa organizátori podujatia zaoberali výzvami, ako napríklad odhadovaná populácia 10 miliónov obyvateľov, ktorej bude musieť Švajčiarsko v najbližších rokoch čeliť. V rovnakom čase sa organizátori prostredníctvom príspevkov účastníkov a workshopu snažili poukázať na prínos inžinierskych geodetov, a to najmä ako prostredníctvom ich činnosti splniť stanovené výzvy v tejto oblasti. Konferencia ponúkla zaujímavý výber tém a rečníkov, ktorí nás posunuli z našich komfortných zón s inšpiratívnymi prednáškami a zaujímavým workshopom. Okrem toho sa vytvoril priestor pre inšpiratívny „net-working“, nakoľko sa konferencie zúčastnilo 137 účastníkov zo Švajčiarska, 46 účastníkov z CLGE a 38 účastníkov z WPLA/CLARKEN (obr. 1). Boli prednesené viaceré zaujímavé názory a vízie, napr. Georges T. Roos rozprával o hľadisku „Priestorovej implikácie“ a 10 životných situácií, ktoré ovplyvňujú aj ďalšie fungovanie katastra a dát, ktoré obsahuje, Xavier Comtesse rozprával o možnosti nahradenia katastra prostredníctvom „Block-chain“ technológií, nakoľko kataster je vo svojej podstate súhrn matematických vzorcov a prostredníctvom týchto vzorcov je možné nahradiť činnosť ľudského faktora a tým personálneho obsadenia katastra. Ralf Mosler mal prednášku o hľadisku budúcni plánovania infraštruktúry

a Curtis Sumner z USA rozprával o budúcnosti geodetov v USA. Veľkou zaujímavosťou bolo, že každý z členských štátov USA má obmedzenú územnú pôsobnosť geodetov a geodet tým pádom môže vykonávať svoju činnosť iba na území štátu, ktorého je príslušníkom a ktorý mu udelil licenciu. Všetky členské štáty USA prijali zákony, ktoré regulujú geodetickú prax prostredníctvom udeľovania licencií. V USA je udeľovaných 50 000 geodetických licencií. Niektorí geodeti však môžu byť držiteľmi licencií vo viacerých štátoch. Medzi ďalšie príspevky patrili prezentácie Daniela Palmieriho o hľadisku „Príspevku Guillaumea Henriho Dufoura k švajčiarskej kartografii“, Fridolina Wrickiho o hľadisku výhody katastra pre kartografiu vo Švajčiarsku, Martina Salzmannu o hľadisku spolupráce medzi súkromným sektorom a národnými mapovacími agentúrami v Holandsku a tiež Ingrid Vanden Berghe o hľadisku budúcej úlohy národných mapovacích agentúr.

Cielom konferencie „WPLA/CLARKEN Joint Workshop“, konanej druhý deň bolo poukázať na kladenie dôrazu na rôzne aspekty toho, ako môže posilnená funkcia katastra nehnuteľností prispieť k efektívnemu hospodáreniu s pôdou a nehnuteľnosťami, a to najmä prostredníctvom využitia technologického pokroku a digitálnych príležitostí. Miestom konania vo Švajčiarsku organizátori tiež využili príležitosť prezentovať švajčiarsky prístup ku katastru nehnuteľností a evidencii nehnuteľností. Workshop spojil príklady medzinárodných osvedčených postupov a pokračujúceho výskumu a vývoja a prerokoval príslušné iniciatívy a rozvojové projekty na posilnenie týchto aspektov.

Konferencia bola rozdelená do štyroch blokov, pričom prvý blok bol označený ako „Land Administration/Kataster nehnuteľností „Made in Switzerland“. V rámci tohto bloku boli odprezentované tri prednášky: D. Steudlera „Federal Office of Topography swisstopo“ a Ch. Kaula „Office for Spatial Development of Canton of Zurich“, ktoré boli zamerané na kataster nehnuteľností vo Švajčiarsku, Organizačnú a technickú implementáciu katastrálneho systému a Vylepšenie katastrálneho systému vo Švajčiarsku - obmedzenia verejného práva o hľadisku vlastníctva pôdy a užitočnosti katastra od Ch. Käsera. Bol to úvod do systému katastra nehnuteľností v hostiteľskej krajine s aktuálnym vývojom.

Druhý blok prednášok označený ako „Efektívne hospodárenie s pôdou a nehnuteľnosťami prostredníctvom rozšírených funkcií katastra nehnuteľností“ bol prezentovaný predstaviteľmi katastra z Holandska, Estónska, Švajčiarska a Ruska. V tomto bloku bolo poukázané na rôzne aspekty katastra nehnuteľností, ktoré sa dôrazne opierajú o stabilný a zdravý systém spravovania a evidencie nehnuteľností. Prvá prednáška od M. Lauwsmy sa týkala projektu pozemkových úprav v modernom prostredí Holandska, v ktorej bolo poukázané na rôznorodosť pôdy v Holandsku a náročnosť tohto projektu vzhľadom na zaplavovanie časti územia krajiny. Nasledovala prednáška T. Tiitse z Estónska o hľadisku vybudovania železničnej trate cez krajinu a potreby vysporiadania pozemkov pod traťou aj prostredníctvom projektu pozemkových úprav. Projekt zahájili v roku 2017 a mal by byť dokončený a funkčný v roku 2022. Tretia prednáška sa týkala spoločných postupov a prístupov pre spájanie územného rozvoja a územnej správy, odprezentovaná L. Zihlmannovou zo Švajčiarska. Išlo o vysvetlenie zložitého procesu projektu vybudovania diaľnice a s tým súvisiaceho výkupu pozemkov so zohľadnením všetkých ekologických aspektov, protipovodňových opatrení, revitalizácie prostredia, kontrolu zádržnej bázy, ako aj koridorov pre divé zvieratá. Štvrtú prednášku uzatváral M. Bocharov z Ruska na tému vymedzenia hraníc územia ako účinného nástroja pre kataster nehnuteľností.

Tretí blok prednášok označený ako „Digitálne zmeny a možnosti“ bol zameraný na výzvy a príležitosti, ktoré digitálny vek predstavuje pre kataster nehnuteľností. V rámci tohto bloku boli prezentované štyri prednášky predstaviteľmi z Anglicka, Estónska, Švajčiarska a Švédska. Prvá prednáška od J. Kavanagha z Anglicka bola o hľadisku štandardov a politiky prepojenia budovania smerom k inteligentným mestám. Druhá prednáška od I. Vali (Estónsko) sa týkala spoločného rozvoja informačných systémov katastra nehnuteľností, nakoľko estónska vláda plánuje vybudovať nový elektronický systém katastra nehnuteľností v spolupráci s ďalšími krajinami a s využitím už teraz vybudovaných softwérových systémov, ktoré budú tvoriť základ ďalších nových systémov na spravovanie nehnuteľností. Tretia prednáška od X. Comtesse s názvom „Spoločný rozvoj inovatívnej iniciatívy informačných systémov katastra nehnuteľností“ bola prezentovaná inžinierom matematiky a počítačovej vedy zo Švajčiarska. Jej obsa-



Obr. 1 Účastníci konferencie

hom bolo, že digitálna revolúcia umožňuje podrobnejšiu a sofistikovanejšiu reprezentáciu územia. Nové technológie ponúkajú analytické nástroje pre zavedenie predvídania a predikcie na obhospodarovanie pôdy, čo vedie k premene na správu, riadenie a zastupovanie územia. Preto táto úprava navrhuje úplne nový prístup. Je to vlastne výzva, ako zvládnuť túto novú situáciu. Ide o digitálny a právny model, v ktorom počítačové kódy budú šifrovať katastrálne územia a budú slúžiť ako „zákon“. Tieto zákony, odvodené z kódov by mali byť implementované v nových administratívnych službách národov. Štvrtá prednáška ohľadom toho, prečo hovoríme o „Block-chain“ technológii nevysvetľovala, ako táto technológia funguje, ale poskytla niektoré odpovede na to, prečo je technológia taká zaujímavá aj s poukazom na kataster nehnuteľností. Prednáška bola prezentovaná M. Smällom zo Švédska.

Štvrtý blok prednášok mal názov „The Need for 3D (Potreba pre 3D)“, a svojimi príspevkami v rámci tohto bloku prispeli predstavitelia Svetovej banky a katastra zo Švajčiarska a Grécka. Prvá prednáška M.-P. Törhönena bola zameraná na novú generáciu pozemkových a mestských systémov s využitím 3D technológie a zaoberala sa tiež investíciami Svetovej banky v oblasti katastra nehnuteľností a riadenia prostredníctvom vzorky krajín z východnej Európy a strednej Ázie. Technická podpora katastra nehnuteľností zo strany Svetovej banky sa často skladá z investícií do pozemkových a katastrálnych záznamov a údajov a v najpokročilejšom rozsahu sa zameriava na automatizáciu a digitálne riešenia. Zavádzajú sa nové aplikované služby a paralelné aplikácie v súkromnom sektore využívajú lepší prístup k údajom. Prezentácia naznačila, že súčasné investície do pôdy, nehnuteľností a mestských systémov by mali odzrkadľovať víziu éry, pre ktorú majú rozvinuté systémy slúžiť a ktoré podporujú 3D infraštruktúru a služby. Ďalšia prednáška od H. Åströma bola zameraná na 3D rozvoj, nakoľko 3D geodáta sú v posledných rokoch horúcou témou medzi geodetmi a GIS špecialistami a technologický a technický vývoj v tejto oblasti je obrovský. Otázne je, či je nutné začleniť celý technický pokrok do oficiálneho prieskumu, či existuje skutočná potreba oficiálnych 3D geodát, prípadne kto je tým hnacím motorom 3D vývoja. Tretia prednáška od E. Dimopoulou bola zameraná na najnovší vývoj v oblasti 3D s osobitným dôrazom na katastrálne konanie. Tento nový vývoj uľahčuje a zlepšuje nielen proces katastrálneho konania, ale aj údržbu a vizualizáciu 3D informácií s dopadom na vytváranie nových výziev a postupov v tejto oblasti. Štvrtá prednáška

F. Golaye bola zameraná na pridanú hodnotu 3D pre prieskumné a projektové aktivity v prostrediach bohatých na geodáta, nakoľko v posledných rokoch sme zaznamenali obrovský nárast v oblasti ponuky geodát na trhu a na webe. Satelity a drony zbierajú obrovské množstvá ťažko zvládnuteľných obrázkov, autá a lietadlá zbierajú obrázky do „cloudov“, archívy sú digitalizované a v mnohých oblastiach je táto doba už históriou. Väčšina z týchto údajov a dát už môže byť premietnutá do 3D modelov, ktoré sú dostupné pre množstvo ďalších prieskumných a projektových aktivít, počnúc rekonštrukciami historických procesov, až po návrhy nových rozvojev miest. Prednáška poukázala na sluby a obmedzenia 3D rozmeru pre tieto činnosti.

Všetky informácie týkajúce sa sympózia a samotných prezentácií sú dostupné na <http://www.eurogeographics.org/content/cadken-cadastre-and-land-registry>.

JUDr. Lucia Filagová,  
Úrad geodézie, kartografie a katastra  
Slovenskej republiky

## O budúcnosti evropských referenčných rámců se jednalo v polské Vratislavi

Symposium Subkomise Mezinárodní geodetické asociace pro Evropské referenční rámce (EUREF) se konalo ve dnech 17. až 19. 5. 2017 v polské Vratislavi (obr. 1, str. 171). Hlavním posláním EUREF je definice, realizace a údržba referenčních systémů v Evropě a jejich referenčních rámců s důrazem na užití soudobých geodetických technologií. Uvedené systémy zahrnují zejména Evropský terestrický referenční systém (ETRS89), jehož referenčním rámcem je zejména Evropská permanentní síť EUREF (EPN), a dále Evropský výškový referenční systém (EVRS), jehož referenční rámec tvoří zejména Jednotná evropská nivaletní síť (UELN).

Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK) je zapojen do projektů EUREF prostřednictvím Zeměměřického úřadu (ZÚ) a Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického, v. v. i. (VÚGTK). Konkrétně jsou v rámci



Obr. 1 Účastníci sympozia EUREF 2017

EPN zapojeny vybrané stanice Sítě permanentních stanic GNSS České republiky (CZEPOS) a Výzkumné a experimentální sítě pro observace GNSS (VESOG). Na zpracování dat EPN se podílí Lokální analytické centrum GOP provozované na Geodetické observatoři Pecný. V rámci UELN jsou zapojeny vybrané body České státní nivelační sítě (ČSNS) a Základní geodynamické sítě České republiky (ZGS).

Na zahájení sympozia přišla účastníky přivítat hlavní geodetka polského Hlavního úřadu geodézie a kartografie (GUGiK) Grażyna Kierznowska, která zdůraznila význam referenčních systémů ETRS89 a EVRS, jejichž užití stanovuje evropská směrnice INSPIRE. V Polsku byl ETRS89 realizován k Evropskému terestrickému referenčnímu rámci 2000 (ETRF2000) v roce 2012, v roce 2019 předpokládá Polsko implementovat novou realizaci EVRS. Za Univerzitu environmentálních a biologických věd ve Vratislavi přivítal účastníky sympozia zástupce rektora university Jaroslaw Bosy, který připomenul předchozí sympozium EUREF konané na území Polska v roce 1994 ve Varšavě. Za Mezinárodní geodetickou asociaci (IAG) a EUREF účastníky přivítali zástupce prezidenta IAG Zuher Altamimi, prezidentka Subkomise IAG pro regionální referenční systémy Carine Bruyninx (dříve předsedkyně Technické pracovní skupiny EUREF) a předseda EUREF Markku Poutanen. Zahajovací část pokračovala prezentací o současném stavu navigačního satelitního systému Galileo, kterou přednesl vedoucí obchodního úseku Agentury pro evropský GNSS (GSA) Gian Gherardo Calini. Potvrdil záměr dokončení systému Galileo v roce 2020. Z průzkumu, který provedla GSA vyplývá, že z přijímačů GNSS, které jsou kompatibilní se systémem Galileo, jich cca 50 % podporuje 2 frekvence a 20 % jich podporuje 3 frekvence, zatímco téměř nulová je podpora 4. frekvence. To je i případ přijímačů GNSS stanic CZEPOS, které jsou mezi dvaceti procenty 3-frekvenčních přijímačů. Na závěr zahajovací části sympozia představili předseda Technické pracovní skupiny EUREF Ambrus Kenyeres a Wolfgang Soehne nové znění stanov EUREF po aktualizaci stávající verze stanov z roku 2008. Nové znění reaguje na nové trendy GNSS, nové aktivity EUREF i kooperaci se spolupracujícími mezinárodními iniciativami. Nově se přejmenovává také Technická pracovní skupina EUREF, a to na Řídící výbor EUREF, což lépe vystihuje roli tohoto řídicího uskupení.

V úvodu části 1 sympozia týkající se referenčních systémů ETRS89 a EVRS vystoupil Wolfgang Soehne, který představil výsledky průzkumu, jež provedla EUREF mezi národními mapovacími agenturami v Evropě. Účelem průzkumu bylo zejména ověřit stav současné realizace ETRS89 zavedené v jednotlivých členských státech a názor členských států na její další změnu. Ve většině případů je na území Evropy již zavedena doporučená realizace ETRF2000, v ČR je tomu tak od roku 2011. K možné změně realizace z ETRF2000 na aktualizovanou ETRF2014 se v průzkumu vyslovilo 10 států souhlasně a 20 států nesouhlasně. K uvedené většině, která se vyslovila pro zachování ETRF2000, patří i ČR. ČÚZK se v průzkumu vyslovil pro zachování stávající realizace ETRF2000 z praktických důvodů, neboť na stávající realizaci se váží souřadnice ETRS89 stanic CZEPOS i trigonometrických a zhušťovacích bodů, které mají evidované závazné souřadnice v ETRS89. Na realizaci ETRF2000 se dále váže tvorba pře-

vodních tabulek pro transformaci mezi ETRS89 a národním Souřadnicovým systémem Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK), jejichž zpřesněná verze se nyní zpracovává s cílem dokončení prací v roce 2017. V další prezentaci nastínil Martin Lidberg možné varianty případného přechodu na novější rámec ETRF2014. Ještě pokrokovější přístup představil Markku Poutanen, který doporučil přechod od stávajících statických referenčních rámců na referenční rámce dynamické, které by zahrnovaly i definici rychlostí resp. deformací. Rychlosti se rozumí časová změna souřadnic bodů rámce, k deformaci dochází, mají-li jednotlivé změny nepravidelnou velikost a směr. Pro podporu zavedení dynamických rámců se vyslovil také Halfdan Pascal Kierulf, který demonstroval jejich užitečnost na příkladu Islandu, který se nachází na styku více tektonických desek, a dochází zde ke komplikovaným pohybům a deformacím povrchu.

V úvodu části 2 sympozia, která se týkala sítí EPN, UELN a jejich zhuštění, vystoupila Carine Bruyninx, která podala zprávu o aktuálním stavu EPN. Postprocesní data z jednotlivých stanic jsou do centra EPN zasílána ve výměnném formátu pro předávání postprocesních dat GNSS (RINEX). Na doporučení EUREF přechází postupně správci stanic od starší verze RINEX 2 k novější RINEX 3. Zasílání dat CZEPOS v novější verzi RINEX 3 bylo zahájeno koncem dubna 2017, kdy byl současně zahájen příjem signálů Galileo na příslušných stanicích a jejich zasílání do EPN ve formátu RINEX 3. V centru EPN prochází data všech stanic průběžnou kontrolou kvality, ke které se používá software G-nut/Anubis vyvinutý ve VÚGTK na Geodetické observatoři Pecný. Výsledky zpracování dat EPN jsou publikovány na nových webových stránkách EUREF. Zejména se jedná o časové řady ETRS89 ve směru sever, východ a směru vertikálním. Philipp Mitterschiffthaler informoval o novém analytickém a datovém centru EPN zřízeném v rakouském Spolkovém úřadě pro cejchování a zeměměřičství (BEV) ve Vídni, které nahradí funkci stávajícího datového a analytického centra zřízeného v roce 2005 ve Štýrském Hradci (OLG). Představil infrastrukturu nového centra BEV, které denně přijímá data ze stanic EPN o objemu 20 GB, a vyzval správce stanic, kteří tak ještě neučinili, aby přesměrovali zasílání dat z původního centra OLG do nového centra BEV. Data CZEPOS byla do centra BEV přesměrována počátkem května 2017. Ambrus Kenyeres prezentoval současný stav kampaně zhuštění EPN (EPN\_DA), jejímž záměrem je popsat detailní pole rychlostí na území Evropy prostřednictvím sítě permanentních stanic zhuštěné na úrovni hustoty národních sítí permanentních stanic. Do kampaně vstupují národní soubory dat ve výměnném formátu pro předávání výsledků zpracování GNSS měření (SINEX). Za ČR do kampaně EPN\_DA vstupují data SINEX ze sítě CZEPOS vypočtená ve VÚGTK na základě nezávislého monitoringu permanentních stanic GNSS, která současně vstupují jako zdrojová data do monitoringu kvality prováděného v rámci Evropské sítě permanentních stanic (EUPOS). Předpokládá se, že výsledky kampaně EPN\_DA budou publikovány na webových stránkách EPN v průběhu roku 2017. Joaquin Zurutuza představil výsledky obdobné kampaně počítané v rámci Středoevropské sítě permanentních stanic GNSS (CEGRN),

jejímž účelem je rovněž popsat pole rychlostí na zemi Evropy a též pole deformací rámce ETRF2000 prostřednictvím deformační mřížky. Za ČR byla do kampaně CEGRN zahrnuta data RINEX z 25 stanic CZEPOS a to z vybraných epoch od roku 2005. Martina *Sacher* představila aktuální stav sítě UELN, která byla nově obohacena o výsledky nivelačních měření z Estonska a Běloruska. V rámci UELN byl nově implementován také model výškových změn ve Skandinávii. Aktuální vyrovnání sítě je pracovně označeno UELN 2017/3. Další oficiální vyrovnání UELN se předpokládá provést v roce 2018, případně v roce 2019. V závěru 3. části symposia přednesli zástupci polského Institutu geodézie a kartografie (IGiK) prezentaci na téma určení sezónních změn výšek na území střední Evropy prostřednictvím satelitní mise GRACE.

Tématem části 3 symposia byly technologie GNSS, nivelace a jejich kombinace. V rámci této části prezentoval Elmar *Brockmann* výsledky kampaně GNSS označené CHTRF2016, která byla provedena na území Švýcarska. Na 200 bodech byla provedena GNSS měření pomocí multifrekvenčních přijímačů umožňujících příjem signálů satelitních systémů GPS NAVSTAR, GLONASS, Galileo a Beidou. Výsledky měření byly ukládány ve formátu RINEX 3 a jejich kvalita testována již zmíněným softwarem G-nut/Anubis vyvinutým na Geodetické observatoři Pecný. Andras *Fabian* předvedl nově vyvíjený informační systém pro správu metadat GNSS, jehož stávající verze je již implementována také v rámci EPN, kde např. umožňuje prostřednictvím webového rozhraní jednotlivým správcům stanic vkládat a aktualizovat soubory protokolu stanic obsahující informace o parametrech přijímačů a antén včetně jejich historie. Peter *Španík* prezentoval výsledky experimentu detekce vlivu odraženého signálu GNSS prostřednictvím třífrekvenčních měření s využitím metody určení poměru úrovně signálu a šumu (SNR). V závěru části 3 proběhla diskuse k dalšímu vývoji referenčního rámce ETRF. EUREF respektuje většinové stanovisko národních mapovacích agentur na zachování stávajícího a doporučeného rámce ETRF2000. V rámci EUREF budou navíc vytvořeny transformační parametry pro transformaci mezi rámcem ETRF2000 a novějším ETRF2014 pro případné využití.

V úvodu části 4 symposia, jejímž tématem byly aplikace věd o Zemi a aplikace geoinformatiké, představila Carine *Bruyninx* projekt EPOS, který je celoevropskou iniciativou pro vytvoření infrastruktury pro sběr dat a monitoring v oblasti tektoniky, vulkanické aktivity a zemětřesné aktivity a následného využití v oblastech vědeckého výzkumu i krizového řízení. Projekt je nyní v implementační fázi, v rámci které se realizuje tvorba software, spuštění webového portálu a nastavení rozhraní pro poskytování dat GNSS. V této oblasti na projektu aktivně spolupracuje EUREF prostřednictvím centra EPN. ČR v EPOS participuje v rámci národního projektu CzechGeo / EPOS, ve kterém jsou zapojeny vědeckovýzkumné instituce v ČR včetně VÚGTK. Do projektu jsou zapojeny také stanice CZEPOS na základě datového rozhraní nastaveného mezi ZÚ a VÚGTK. Rosa *Pacione* prezentovala aplikaci týkající se detekce srážek v atmosféře prostřednictvím meteorologického modelu a observací GNSS. Michaela *Frei* prezentovala metodu určení pohybu zemského povrchu pomocí technologií laserové interferometrie InSAR a GNSS. Alessandro *Caporali* prezentoval využití technologie GNSS při sledování deformací zemského povrchu v seismicky aktivních oblastech Itálie Aquila (2009) a Amatrice / Norcia (2016). Radovan *Machotka* prezentoval výsledky výzkumu, který se zabývá prováděním přesných astronomických měření prostřednictvím motorizované totální stanice. Oproti klasickým metodám astronomických měření přináší nová technologie zejména zrychlení prací při zachování požadované přesnosti klasických přístrojů.

V části 5 symposia podali zástupci jednotlivých států krátké národní zprávy. Za ČR podal zprávu Jaroslav *Šimek*, který informoval o aktuálních činnostech ZÚ v geodetických základech a při správě sítě CZEPOS, a dále o činnostech VÚGTK na Geodetické observatoři Pecný. Připomněl také jednání pracovních skupin EUPOS a PosKEN, které se konalo v loňském roce v Praze. Za Slovensko podal zprávu Branislav *Droščák*, který informoval o činnostech Geodetického a kartografického ústavu v Bratislavě v geodetických základech a při správě sítě SKPOS, dále o činnostech Slovenské technické univerzity v Bratislavě v oblasti GNSS a o činnostech Slovenské akademie věd v oblasti gravimetrie. Připomněl loňské výročí 10 let sítě SKPOS, u jehož příležitosti byla vydána publikace o SKPOS, a informoval také o nově vydané směrnici na provádění geodetických měření prostřednictvím SKPOS. Z národních zpráv stojí dále za zmínku zpráva soused-

ního Německa, které v loňském roce realizovalo koncept tzv. integrovaných prostorových geodetických základů s dostatečným počtem identických bodů zaměřených metodami GNSS, nivelací i gravimetricky. Současně došlo k aktualizaci národních polohových, výškových i tíhových referenčních rámců a k definici vzájemných transformačních vztahů a převodních ploch. V národních zprávách byla dále zajímavá např. ukázka motorizované nivelace, která se provádí ve Francii v rámci Vědecké nivelační sítě (NIREF), či zpráva o činnostech geomagnetické observatoře v Litvě. Švédsko informovalo o probíhajícím testu propojení státní sítě permanentních stanic GNSS se sítí mobilního operátora.

V závěrečné části proběhla formulace resolucí. EUREF respektuje zachování stávajících referenčních rámců ETRF na území členských států včetně rámce ETRF2000, který je z pohledu EUREF nadále rámcem doporučeným. Vzhledem k vyšší kvalitě aktuálně určeného rámce ETRF2014 však definuje transformační vztahy i do tohoto rámce. Za účelem určení definice pole rychlostí na území Evropy je nadále požadováno poskytování dat SINEX členskými státy. V neposlední řadě poděkovalo vedení EUREF organizátorům, kterými byli GUGiK a Univerzita environmentálních a biologických věd ve Vratislavi, za excelentní organizaci symposia i členským státům za příspěvky a součinnost při řešení projektů EUREF.

Ing. Jan Řezníček, Ph.D.,  
Zeměměřičský úřad, Praha,  
foto: EUREF



## SPOLEČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST

### Konference Geoinformace ve veřejné správě 2017 se konala v Praze

Ve dnech 4. a 5. 5. 2017 se konal již jubilejní 10. ročník konference **Geoinformace ve veřejné správě** (GIVS) 2017. Stejně jako v minulých ročnících se účastníci sešli na Novotného lávce v centru Prahy. Zájem o konferenci byl nebývale vysoký, počet míst v přednáškovém sále však omezil konferenci na 140 účastníků ([obr. 1](#)), pro které bylo připraveno 27 zajímavých přednášek rozdělených do 5 tematických sekcí.

Konferenci zahájil předseda České asociace pro geoinformace (CAGI) Karel *Janečka*, který přivítal všechny přítomné a poděkoval za každoroční vysoký zájem o účast na konferenci. Zároveň byl zahájen první dopolední blok prezentací, které byly věnovány problematice geografických a informačních systémů (GIS) a geoportálům pro veřejnou správu. Úvodem byli posluchači uvedeni do problematiky novelizace Nomenklatury územních statistických jednotek (NUTS), kde Z. *Udržalová* z Českého statistického úřadu vyzdvihla všechny chystané změny v územní typologii. Následující přednáška J. *Bicana* přenesla účastníky do tématu správy majetku s využitím geoportálu, kde byl představen vlastní produkt CAD studia twiGIS. Tématu správy majetku pro veřejnou správu se věnovali ve své prezentaci i M. *Huml* a P. *Doubrava* ze společnosti GEPRO, kteří formou zábavného dialogu informovali o otevřenosti dat, ochraně osobních údajů a dalších možnostech zobrazení dat obcemi. Na jejich přednášku navázala M. *Papaková* z firmy DiGIS s konkrétním řešením správy majetku pro veřejnou správu, a to s aplikací pro správu hřbitovů. Autorka představila aplikaci Pasport hřbitova, která díky spojení grafické a obchodní části umožňuje obcím pohodlně spravovat vše týkající se hřbitovních míst na jednom místě. Moderní využití 3D GIS pro veřejnou správu od společnosti Melown představili J. *Vyčítal* a T. *Kavan*, kteří tak volně navázali na prezentaci K. *Hynkové*. Ta seznámila posluchače se správou a webovou prezentací 3D dat Prahy tvořenou Institutem plánování a rozvoje hl. m. Prahy. Sekci doplnili autoři I. *Novotný* a J. *Brázda* (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i.), kteří věnovali svou přednášku představení nové interaktivní aplikace Limity využití půdy.

Odpolední program konference byl zahájen sekci o GeoInfoStrategii. V prvním příspěvku představila E. *Kubátová* (Ministerstvo vnitra ČR) aktuální stav

implementace GeoInfoStrategie. Účastníci se od autorky mimo jiné dozvěděli o aktualitách při realizaci Akčního plánu. Na téma navázal J. Bradáč (T-MAPY) s přednáškou věnující také GeoInfoStrategii ale i představám, cílům a problémům (nejen) datového fondu GIS veřejné správy (obr. 2). Koncept ontologie pro základní geodata se zabývala prezentace V. Čady a O. Čerby (Západočeská univerzita v Plzni). Autoři posluchače uvedli do problematiky výměnného formátu dat a nastínili vývoj Ontologie za období 2016/2017. Tématu inovací a technologických novinek byla věnována i další přednáška J. Čepického (OpenGeoLabs). Autor poukázal na důležitost používání API (rozhraní pro programování aplikací), které může výrazně snížit náklady při tvorbě veřejných zakázek z oblasti informačních technologií. O cestě k otevřenosti (geo)dat hovořil J. Poláček z Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), který upozornil posluchače na vývoj a současný stav dat a aplikací poskytovaných katastrálními úřady. Velmi zajímavou a rozsáhlou analýzu obsahu vysokoškolského studia GIS&T v ČR a zahraničí představila skupina autorů J. Horák, P. Rapant, K. Jedlička, V. Čada, T. Inspektor z Technické univerzity v Ostravě a ze Západočeské univerzity v Plzni. Posluchači se dozvěděli stěžejní výsledky analýzy znalostí GIS&T, které rozvinuly i následnou inspirativní debatu na téma geoinformatik vs. programátor. Celý blok uzavřel V. Špaček s přednáškou Hexagon SMART CITY – řešení pro podporu rozhodování nejen v kritických situacích.

Sekci přednášek, která následovala po krátké pauze, zahájil J. Škrobák z ORP Jihlava. Autor hovořil především o zkušenostech s geoportálem ORP Jihlava a o spolupráci s jednotlivými obcemi při poskytování těchto služeb. Velmi blízkému tématu se věnoval J. Zvoník ze společnosti Cleerio (obr. 3). V průběhu dvou přednášek se účastníci dozvěděli o současných trendech v řízení správy a evidenci majetku tzv. „na mapě“, které tato společnost poskytuje, ale i o novém efektivním využití mobilní aplikace pro správu měst a obcí. Následující sekce se věnovala užití geoinformací při správě dopravních sítí. Plán pro řízení silničního provozu na hlavních trasách s významem pro dálkovou dopravu při mimořádných situacích představil M. Věžník (KPM CONSULT, a. s.). Autor hovořil mimo jiné o důležitosti propojení systémů na všech úrovních, ale i o potřebě celoevropské příhraniční spolupráce. Na jeho prezentaci volně navázal V. Kudělka (AŽD Praha, s. r. o.), který účastníky informoval o implementaci geodat v systému ERTM/ETCS v železniční dopravě a ukončil tak první den konference. Přednáškový maraton prvního dne byl naplněn zajímavými příspěvky ze všech koutů geoinformatiky, účastníci tak bezesporu ocenili možnost uvolnit svoji pozornost na neformálním setkání v sousedním klubu Lávká, kde do večerních hodin probíhala diskuze nad prezentovanými tématy.

Ve druhém dni konference, již čekaly účastníky pouze dva tematické bloky. Ranní program se věnoval významným projektům veřejné správy. Svou přednáškou téma zahájil J. Formánek z ČÚZK, který posluchače seznámil s využitelností dat Registru územní identifikace, adres a nemovitostí (RÚIAN). Autor mimo jiné diskutoval o tom, jak systém RÚIAN ovlivňuje předpisy, ale také o reálné situaci či o hlášení chyb. Další možnosti využití dat RÚIAN představil P. Urban. Přednášející informoval o službách firmy ARCDATA, která umožňuje zákazníkům tato data využívat jako ArcGIS službu. Novinkou v této oblasti je jistě možnost využití RÚIAN offline v terénu či použití vektorových dlaždic pro jejich zobrazování. J. Pressová ze Zeměměřického úřadu mluvila o aktualitách v databázi ZABAGED, zmínila zejména procesy aktualizace a zpřesňování, které v současné době probíhají, ale i pokrok databáze za posledních 20 let. O konkrétních zkušenostech využití geoportálu pro správu majetku hovořila L. Gallová z Ústeckého kraje. Autorka zhodnotila, co vše se podařilo uskutečnit v roce 2016 a vyzdvihla především správu pasportizačního systému, který výrazně napomáhá při správě majetku kraje. Sekci přednášek doplnil P. Souček (ČÚZK) s tématem „Katastrální mapa on-line“, kde byli účastníci informováni o novinkách a chystaných změnách v datech INSPIRE pro téma katastrální mapy.

Poslední část celé konference se věnovala současným trendům grafického designu a geovizualizace. Jako první vystoupila K. K. Dolejšová s přednáškou „Současné trendy v zobrazování dat (nejen na mapách)“. Autorka se zabývala zejména otázkou pojetí informace a její vizualizace v současných médiích, tak aby k uživateli byla přenesena informace ve srozumitelné a jasné formě. Š. Bártl s prezentací „Jsou data sexy? Jak vysvětlovat složitá témata jednoduše“ bohužel nebyl přítomen, a proto program pokračoval dál a vystoupila A. Vondráková



Obr. 1 Účastníci konference v přednáškovém sále



Obr. 2 Prezentace J. Bradáče



Obr. 3 J. Zvoník při prezentaci

(Univerzita Palackého v Olomouci) s prezentací „Moderní trendy v kartografickém designu z hlediska uživatelských aspektů“. Její přednáška zajímavě rozebírala rozdílný přístup ke grafice mapy z pohledu laického a profesionálního. Upozornila také na nutnost zvolit vhodný design mapy, tak aby byl uživatelsky co nejlépe čitelný. Kartografickým vyjadřovacím metodám pro školy se věnoval J. Ptáček ze společnosti Kartografie Praha. Jeho prezentace uvedla posluchače do specifik tvorby školních atlasů a dalších kartografických produktů, které žáci využívají. Zajímavou novinkou v tomto oboru je jistě atlas jako interaktivní e-book (Flexibooks). Závěr dopoledního bloku patřil F. Zavadilovi ze společ-

nosti Cleerio, který hovořil o tom jak využít data RÚIAN a jak si poradit pomocí vektorových dlaždic s vizualizací objemných dat.

Celou konferenci ukončil závěrečným slovem opět předseda CAGI K. Janečka. Poděkoval přednášejícím za prezentaci příspěvků, všem posluchačům za hojnou účast po oba dva jednací dny a vyjádřil uspokojení a naději, že s obdobným zájmem, s jakým byla přijata letošní konference, se uskuteční i následující ročník. Obsahy jednotlivých příspěvků jsou soustředěny na webových stránkách konference GIVS 2017 <http://www.cagi.cz/konference-givs-2017>.

Mgr. Barbora Šmausová,  
Zeměměřický úřad, Praha



## MAPY A ATLASY

### Veletrh Svět knihy 2017 v Praze

V Průmyslovém paláci na Výstavišti v Praze-Holešovicích se ve dnech 11. až 14. 5. 2017 konal již 23. ročník mezinárodního knižního veletrhu a literárního festivalu **Svět knihy 2017**, kde se opět po roce setkávali odborníci z literární obce se širokou čtenářskou veřejností, která znovu potvrdila svou zvýšenou účastí neutuchající zájem o literaturu v tištěné i elektronické podobě.

Hlavní expozici tvořila prezentace Kreativních měst literatury UNESCO, jež souvisela s tématem *Genius loci v literatuře* s podtitulem *M(ě/i)sto v hlavní roli* (obr. 1). V rámci odborného programu přijela do Prahy, která se rovněž titulem pyšní, čtveřice zahraničních zástupců Kreativních měst literatury UNESCO sdílet své zkušenosti a představit inspirativní příklady z Krakova, Lvova, Barcelony a Nottinghamu.

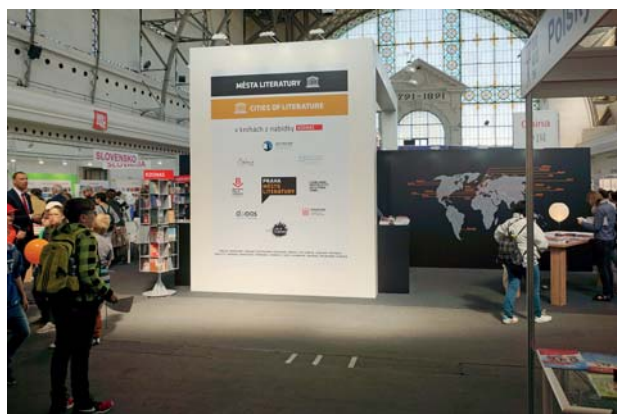
V rámci druhého stěžejního tématu *Kniha jako objekt* byla uspořádána řada výstav nejen v prostoru Průmyslového paláce, kde si návštěvníci mohli sami na replice středověkého knihtisku vyrobit list z Bible králické, ale i v přilehlém Lapidáriu, kde zaujala expozice nejkrásnějších knih světa.

Třetí tematický celek tvořily *Audioknihy*, v jehož sále proběhl bohatý program a ve speciálním prostoru se návštěvníci mohli zaposlouchat do nejzajímavějších knižních titulů načtených známými českými herci.

Mezi další tematické bloky patřily pořady pro děti a mládež, fantasy & sci-fi, Vaříme s knihou a Das Buch.

Součástí veletrhu bylo i udílení cen za rozličné vydavatelské počiny v uplynulém roce a vyhlašování výsledků četných soutěží jako např. Mapa roku, Slovnik roku, Cena Jiřího Theinera, Ceny Akademie science-fiction, fantasy a hororu, Audiokniha roku a mnohé další.

Tradiční nabídku vydavatelských domů a menších vystavovatelů doplnila také svým pestrým sortimentem průvodců, atlasů a map kartografická nakladatelství, která představila své novinky i zavedené tituly (obr. 2, 3) a návštěvníci si je mohli nejen prohlédnout, ale i zakoupit za zvýhodněné veletržní ceny.



Obr. 1 Hlavní expozice veletrhu – Kreativní města literatury



Obr. 2 Propojení školního atlasu světa přes Flexibooks se atlas stává interaktivní knihou s přidánými multimédii



Obr. 3 Cykloturisté našli svůj stánek Cykloknihy

Plochu před Průmyslovým palácem oživil kreativně pojatý infopoint s mini-galerií a čítárnou, program ve spolupráci s Centrem moderního umění DOX probíhal rovněž v nové literární vzducholodí Gulliver. Zájemci o literární paměti-hodnosti hlavního města mohli Prahu objevovat formou sedmi procházek.

Každoročně je veletrh doprovázen besedami, autorským čtením, vyhlašováním výsledků anket, workshopy a autogramiádami a ani tento ročník nebyl jiný. Z pestré nabídky akcí patřily k nejzajímavějším např. setkání zástupců Kreativních měst literatury UNESCO, kteří se podělili o své zkušenosti se zkvalitňováním literárního života ve městě a o vytváření obchodního modelu, který by dokázal přinést finance na pořádání literárních akcí a zároveň měl i faktické ekonomické dopady například ve formě zvýšeného cestovního ruchu, což se daří naplňovat a beseda s literárními agenty na téma jak prodat knihy českých autorů v zahraničí.

S knižní částí veletrhu proběhly také filmové projekce v Letním kině na výstavišti a v kině Ponrepo.

Letošního ročníku knižního veletrhu a literárního festivalu se zúčastnilo 396 vystavovatelů, 682 registrovaných odborných návštěvníků a 237 akreditovaných novinářů, ale především 44 000 návštěvníků.

Petr Mach,  
Zeměměřický úřad, Praha

## Mapa roku 2016

Česká kartografická společnost, z. s., (ČKS) vyhlásila dne 11. 5. 2016 v rámci mezinárodního knižního veletrhu a literárního festivalu Svět knihy 2017 na Výstavišti v Praze-Holešovicích výsledky 19. ročníku celostátní soutěže kartografických nakladatelství **Mapa roku 2016**.

Vyhlašování výsledků letošního ročníku soutěže moderovali prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc. (Univerzita Palackého – UP – v Olomouci) a předseda (ČKS) doc. Ing. Václav Talhofer, CSc. (obr. 1).

Po krátkém tematickém videu V. Voženílek představil účastníkům vyhlášení nominace a výsledky soutěže v jednotlivých kategoriích za rok 2016, tak jak je určila hodnotící komise, která rozhodovala ve složení prof. RNDr. Vít Voženílek, CSc. (předseda komise), doc. Ing. Jiří Cajthaml, Ph.D., doc. RNDr. Ladislav Plánka, CSc., doc. Ing. Marian Rybanský, CSc., Ing. Petr Skála, Mgr. Zdeněk Stachoň, Ph.D. a RNDr. Alena Vondráková, Ph.D.

111 produktů od 22 producentů (autorů) z celé České republiky usilovalo o titul Mapa roku 2016. Hodnotícími kritérii byly: obecné údaje, kompozice mapy, matematické prvky, obsah (úplnost, správnost a aktuálnost), čitelnost, kvalita technického provedení, estetický dojem mapy a námětová pozoruhodnost. Hodnotící komise na základě těchto kritérií vyhodnotila:

**Kategorie Atlasy, soubory a edice map** (19 přihlášených titulů):  
České, moravské a slovenské hory — sada 3D pohlednic (Kartografie HP).

**Kategorie Samostatná kartografická díla** (69 přihlášených titulů):  
Nitriansky kraj cyklomapa 1 : 100 000 (SHOCart, spol. s r. o.).

**Kategorie Kartografická díla pro školy** (6 přihlášených titulů):  
Vlastivědné mapy pro 1. stupeň základních škol (Kartografie PRAHA, a. s.).

**Kategorie Digitální kartografické produkty a aplikace na internetu** (7 přihlášených titulů):  
Česká republika — školní atlas, interaktivní verze Flexibooks (Kartografie PRAHA, a. s.), obr. 2.



Obr. 1 V. Talhofer a V. Voženílek vyhláší výsledky soutěže



Obr. 2 J. Ptáček a M. Svobodová převzali od K. Rančáka (vpravo) ocenění za kategorii Kartografická díla pro školy



Obr. 3 Zástupci vítězných společností s diplomy

**Kategorie Kartografické výsledky studentských prací** (10 přihlášených titulů):

Tvorba barevných stupnic podle stylu map (Andrea Hohnová, UP v Olomouci).

Hodnotící komise udělila nad rámec udělovaných cen v jednotlivých kategoriích dvě zvláštní ocenění. Výzkumnému ústavu geodetickému, topografickému a kartografickému, v. v. i., za digitalizaci a zpřístupnění vzácných starých kartografických děl a UP v Olomouci za trvalý inovativní přístup k produkci vědeckých a odborných tematických map a atlasů v edici M.A.P.S.

Vybraná kartografická díla budou zaslána na Mezinárodní kartografickou výstavu, která se uskuteční letos při příležitosti Mezinárodní kartografické konference ve Washingtonu (USA).

Vyhlášení výsledků soutěže bylo zakončeno společným představením všech vítězů (obr. 3).

Petr Mach,  
Zeměměřický úřad, Praha



## NEKROLOGY

### Ing. Zdeněk Šimon, DrSc. – odkaz a dílo



Dne 2. 5. 2017 nás navždy opustila významná osobnost české a československé gravimetrie druhé poloviny 20. století, dlouholetý vědecký pracovník Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického (VÚGTK), Ing. Zdeněk Šimon, DrSc.

Narodil se 5. 3. 1929 v rodině tiskaře v Praze na Žižkově, kde v roce 1948 maturoval na Státním reálném gymnáziu na dnešním Náměstí Jiřího z Lobkovic. Po maturitě studoval obor zeměměřického inženýrství na Českém vysokém učení technickém (ČVUT) v Praze a závěrečnou státní zkoušku zde složil s vyznamenáním v roce 1952. Po ukončení studia nastoupil do tehdejšího Geodetického a topografického ústavu (GTÚ) v Praze do oddělení gravimetrie, kde setrval dvanáct let přerušovaných jen základem vojenskou službou. Zahájení práce v oboru gravimetrie rozhodujícím způsobem ovlivnilo další profesní život mladého absolventa. Nadán vrozenou touhou po poznání, dobrým intelektem, pilí a vytrvalostí s radostí přijímal výzvy, které tato disciplína nabízí. Gravimetrie má zásadní význam pro redukci všech geodetických měření, konaných kdekoliv na zemském povrchu i v jeho blízkosti.

Je to čistě fyzikální metoda, která poskytuje údaje potřebné pro propojení geometrického a tíhového prostoru. Jejím předmětem je gravitace, jedna ze základních fyzikálních interakcí, univerzální silové působení mezi všemi formami hmoty. Tato skutečnost dodává problematice určitý nádech tajemna a romantiky, což zejména pro mladé a nadané lidi může být inspirativní.

Pro geodézii je důležité znát kvantitativní charakteristiky gravitace, hodnoty tíhového zrychlení. To je úkol mimořádně komplikovaný, s náročnou metodologií zahrnující aspekty přístrojové, postupy měření a modelování všech relevantních vlivů. Není nezajímavé, že např. i vynikající experimentální fyzici F. Kühnen a Ph. Furtwängler určili ještě na počátku 20. století tíhové zrychlení na fundamentálním bodě Potsdam – Telegrafenberg s přesností téměř o čtyři řády nižší, než je přesnost současné hodnoty.

Zdeněk Šimon se začal zabývat gravimetrií v období, které bylo počátkem prudkého rozvoje kvality i rozšíření této disciplíny v důsledku vědecké (geodetické základy) i společenské potřeby (geofyzikální průzkum). Jeho vedoucí v GTÚ Vratislav Chudoba (1914–1984) a Max Wittinger (1906–1972) rychle rozpoznali kvality mladého inženýra a jeho zájem o práci a pověřovali jej postupně stále náročnějšími úkoly při budování základní gravimetrické sítě tehdejšího Československa. Věnoval se podrobným gravimetrickým měřením, testování gravimetrů, podílel se na projektu nového měření v základní gravimetrické síti a na realizaci tohoto projektu. Aktivně se zúčastnil začlenění sítě do mezinárodního rámce, v této souvislosti vykonával navazovací kyvadlová měření na základním bodě Potsdam a podílel se i na budování mezinárodní letecké gravimetrické sítě. Toto období bylo důležitou přípravou pro jeho pozdější vědeckou práci. Po delimitaci výzkumné složky GTÚ a jejím začlenění do VÚGTK v roce 1965 se Z. Šimon stal výzkumným pracovníkem v oboru gravimetrie. Získané široké zkušenosti z práce v GTÚ zúročil a dále rozvíjel v oblasti specializovaného instrumentálního výzkumu na Geodetické observatoři (GO) Pecný v Ondřejově. Zpočátku se zabýval problematikou cejchování gravimetrů a studiu vnějších vlivů, především teploty, a postupně zahájil výzkum časových variací tíhového zrychlení. Tento experimentální výzkum vyžadoval ovšem kvalitní infrastrukturu. Podle návrhu Dr. Šimona byla nejprve vybudována termokomora pro testování gravimetrů, ale i dalších geodetických přístrojů, umožňující plynulou regulaci teploty ve velmi širokém pásmu od záporných po kladné hodnoty. Analýzou registrovaného signálu byl zjišťován vliv teplotních změn na konkrétní přístroj. Tato termokomora byla mnoho let jediným zařízením svého druhu ve střední a východní Evropě. Na téma „Výměna tepla mezi gravimetrem a vnějším prostředím“ obhájil Z. Šimon v roce 1969 kandidátskou disertaci.

Následovalo vybudování slapové laboratoře pro výzkum periodických variací tíhového zrychlení lunisolárního původu. Bohužel, jedním z důsledků politické situace té doby bylo, že veškeré činnosti a výsledky gravimetrického výzkumu byly předmětem utajení, a to z obou stran politicky polarizovaného světa. Samozřejmě to byla ztráta pro vědu, ale pro státy východního bloku to mělo také ten důsledek, že pro ně byly nedostupné nejdokonalejší gravimetrické přístroje, na které bylo uvaleno embargo. Dr. Šimon se s touto situací dokázal racionálně vyrovnat. Na základě velmi rozsáhlého a podrobného studia vlastností gravimetrů Askania GS11 a později GS15, které tehdy byly v ČSSR používány, dokázal vypracovat detailní metodiku cejchování přístrojů, měření a potlačení vnějších vlivů na gravimetru a unikátní metodu kalibrace slapového záznamu. V tomto směru pro něj byla klíčová spolupráce s Ing. J. Brožem (\*1939), vynikajícím experimentátorem, který s nevšední trpělivostí, obětavostí a precizností vykonával obrovské množství souvisejících laboratorních prací.

Ve státech východního bloku byla v šedesátých až osmdesátých letech minulého století rozvíjena mezinárodní spolupráce v rámci KAPG (Komise akademii věd pro planetární geofyzikální výzkum). V této asociaci upoutaly metody a výsledky práce Dr. Šimona pozornost, takže se brzy stal koordinátorem a vůdčí osobností realizovaných projektů v oblasti výzkumu gravimetrických slapů. V KAPG byl mnoho let vedoucím programu „Zemské slapy“ a programu „Systematická pozorování planetární dynamiky KAPG“. Jeho podrobné metody cejchování a měření se staly mezinárodním standardem pro východoevropské státy a díky nim přinesla spolupráce na tehdejší dobu kvalitní výsledky v celosvětovém kontextu. Slapová laboratoř na GO Pecný byla nejlepší z mezinárodní sítě slapových stanic východního bloku a dostalo se jí uznání také

ze strany Mezinárodní asociace geodézie (IAG). Po více než desetiletí byly na slapové stanici GO Pecný prováděny pravidelné výpočty slapových prognóz a korekcí gravimetrických měření pro území střední a východní Evropy. Činnost Dr. Šimona byla oceněna medailí k 20. výročí KAPG.

Od sedmdesátých let minulého století byl Dr. Šimon zapojen v oblasti výzkumu zemských slapů také do činnosti IAG. Jeho přísné vědecké přístupy ke zkoumané problematice a vědecké výsledky mu získaly uznání také od kolegů ze Západu. Známým se stal zejména díky odborným diskuzím o slapových korekcích výsledků měření klasické a kosmické geodézie a s tím související problematice uvažování konstantní části slapového potenciálu. Slapová laboratoř GO Pecný také začala přispívat svými výsledky do Mezinárodního centra zemských slapů.

Koncem sedmdesátých let minulého století zahájil na GO Pecný rovněž výzkum sekulárních neslapových variací tíhového zrychlení na základě opakovaných absolutních tíhových měření. Série těchto měření byla nejprve provedena sovětskými absolutními balistickými gravimetry a po roce 1990 pokračovala měření různými typy absolutních gravimetrů (FG5, JILA, ZYG) několika institucí z Evropy a USA.

Limity klasických pružinových gravimetrů, zejména gravimetrů Askania, při instrumentálním výzkumu zemských slapů se Dr. Šimon vcelku úspěšně pokoušel posouvat směrem ke zpřesnění měření vývojem a instalací důmyslných doplňujících zařízení – zpětných vazeb. K tomu účelu se detailně seznámil jak s konstrukcí gravimetru, tak s konstrukcí a vlastnostmi jeho jednotlivých součástí. Ve spolupráci s kolegy ze ZIPE Potsdam tak byla nejprve vyvinuta zpětná vazba pro gravimetr GS11 a později, počátkem devadesátých let minulého století, také zpětná vazba pro gravimetr GS15, který se tím stal nejlepším pružinovým slapovým gravimetrem v celosvětovém měřítku. Jeho výsledky byly natolik přesné, že v Mezinárodním centru pro zemské slapy byly po téměř 15 let zpracovávány ve skupině tehdy fungujících supravodivých gravimetrů. Výsledky své práce shrnul Dr. Šimon v doktorské disertaci na téma „Řešení základních problémů gravimetrických slapových měření, slapové opravy gravimetrických měření“, kterou obhájil v roce 1986.

Dr. Šimon se rovněž výrazně angažoval ve prospěch zvýšení vědecké úrovně výzkumného ústavu. Dlouhá léta byl předsedou vědecké rady a vědeckým tajemníkem VÚGTK, zasloužil se rovněž o jmenování ústavu školicím pracovištěm pro výchovu vědeckých pracovníků. Mladým vědeckým aspirantům se také s velkou vstřícností věnoval, pomáhal jim zvládnout úskalí vědecké přípravy, sledoval jejich výsledky a pomáhal jim radou i přímým zajištěním studia. Kromě toho byl činný v několika vědeckých institucích – byl členem Kolegia astronomie a geofyziky Čs. akademie věd, členem redakční rady vědeckého časopisu *Studia geophysica et geodaetica*, členem komise pro obhajoby kandidátských a doktorských disertací a členem komise pro státní zkoušky na ČVUT.

Výsledky vědecké tvůrčí činnosti Dr. Šimona měly ve své době široký ohlas u nás i v zahraničí. Během svého profesního života publikoval více než 80 původních vědeckých pojednání, což je číslo úctyhodné, uvědomíme-li si, že většina z těchto prací vychází z náročného a dlouhodobého experimentálního výzkumu.

Za svého života se Dr. Šimon těšil záviděníhodné přirozené autoritě na svém pracovišti i ve všech domácích a zahraničních institucích, s nimiž spolupracoval. Tato autorita vyplývala jednak z jeho vysoké odbornosti a vědecké náročnosti na svou vlastní práci a z vysokého stupně morální odpovědnosti za její výsledky, ale také z jeho osobních vlastností – skromnosti, laskavosti, mimořádné schopnosti empatie a zájmu o život a problémy druhých. I v době, kdy byl již na odpočinku, pravidelně navštěvoval své pracoviště na GO Pecný, vedl odborné diskuze a konzultace. S opravdovou radostí, ba dojetím sledoval, jak se pracoviště díky rozsáhlým investicím do nejmodernějších současných přístrojů zařadilo mezi čelná světová pracoviště instrumentálního gravimetrického výzkumu a jak jeho následovník, jehož dokázal inspirovat a motivovat pro vědeckou práci, dosáhl významného postavení mezi odborníky současné světové gravimetrie.

Dr. Zdeněk Šimon byl bezesporu osobností, která zanechala výraznou stopu ve vývoji československé gravimetrie, ale jeho odkaz spočívající v přístupu k vědecké práci a její etice má hodnotu trvalou, a proto zasluhuje, aby jeho památka zůstala s úctou zachována.

**GEODETICKÝ A KARTOGRAFICKÝ OBZOR**  
**recenzovaný odborný a vědecký časopis**  
**Českého úřadu zeměměřického a katastrálního**  
**a Úřadu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky**

**Redakce:**

**Ing. Jan Řezníček, Ph.D.** – vedoucí redaktor  
*Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8*  
tel.: 00420 284 041 530

**Ing. Darina Keblůšková** – zástupce vedoucího redaktora  
*Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky,*  
*Chlumeckého 2, P.O. Box 57, 820 12 Bratislava 212*  
tel.: 00421 220 816 053

**Petr Mach** – technický redaktor  
*Zeměměřický úřad, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8*  
tel.: 00420 284 041 656

e-mail redakce: [gako@egako.eu](mailto:gako@egako.eu)

**Redakční rada:**

**Ing. Karel Raděj, CSc.** (předseda)  
*Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.*

**Ing. Katarína Leitmannová** (místopředsedkyně)  
*Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky*

**Ing. Svatava Dokoupilová**  
*Český úřad zeměměřický a katastrální*

**Ing. Robert Geisse, PhD.**  
*Stavebná fakulta Slovenskej technickej univerzity v Bratislave*

**doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.**  
*Fakulta stavební Českého vysokého učení technického v Praze*

**Ing. Michal Leitman**  
*Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky*



**Vydavatelé:**

Český úřad zeměměřický a katastrální, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8  
Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky, Chlumeckého 2, P. O. Box 57, 820 12 Bratislava 212

**Inzerce:**

e-mail: [gako@egako.eu](mailto:gako@egako.eu), tel.: 00420 284 041 656 (P. Mach)

**Sazba:**

Petr Mach

Vychází dvanáctkrát ročně, zdarma.

Toto číslo vyšlo v srpnu 2017, do sazby v červenci 2017.  
Otisk povolen jen s udáním pramene a zachováním autorských práv.

**ISSN 1805-7446**

<http://www.egako.eu>  
<http://archivnimapy.cuzk.cz>  
<http://www.geobibline.cz/cs>



**Český úřad zeměměřický a katastrální**



**Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky**