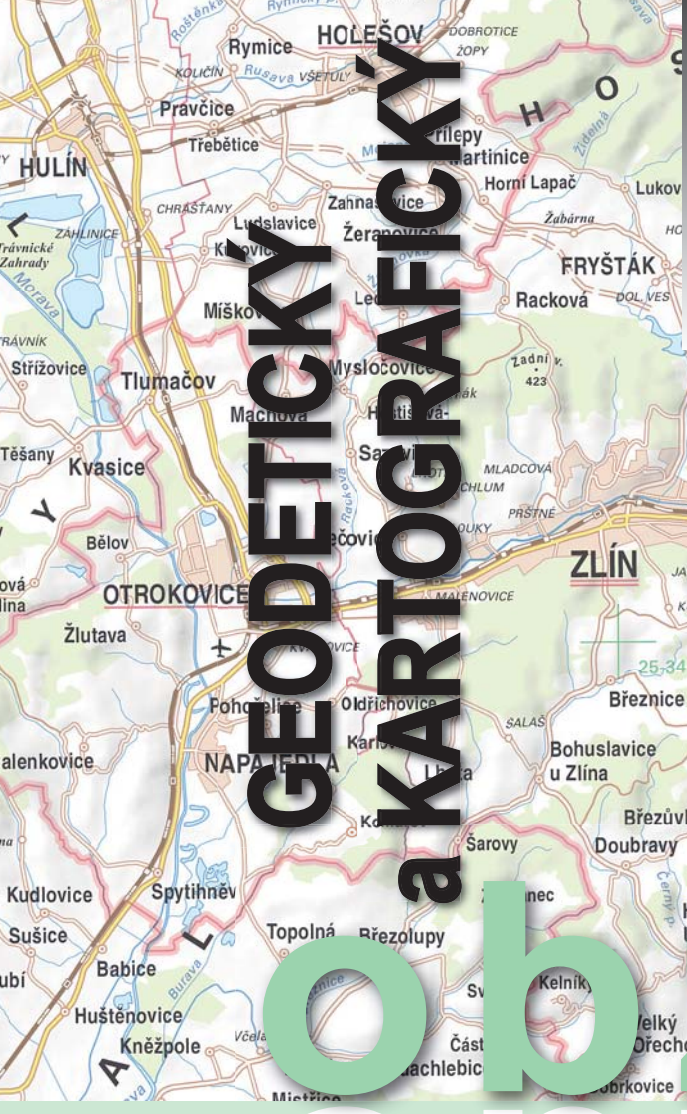
GEODETICKÝ a KARTOGRAFICKÝ obzor



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

10/2019

Praha, říjen 2019
Roč. 65 (107) ● Číslo 10 ● str. 233–252

Obsah

Ing. Radoslav Choleva
Určovanie parametrov laser trackera z merania v mikrosieti 233

Doc. Ing. Pavel Hánek, CSc., Ing. Pavel Hánek, Ph.D.
Dvousté výročí založení firmy Kern a její přínos ... 239

Z MEZINÁRODNÍCH STYKŮ 247

MAPY A ATLASY 250

OSOBNÍ ZPRÁVY 251

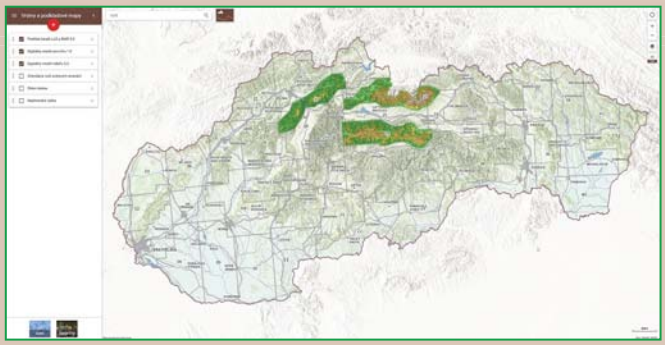
NEKROLOGY 252

Mapový klient ZBGIS®

ÚGKK SR
Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

DMR 5.0 a DMP 1.0

Nové produkty na Mapovom klientovi ZBGIS®



Vrstvy a podkladové mapy témy Terén

Bezplatné on-line poskytovanie produktov leteckého laserového skenovania:

- v súradnicovom a výškovom systéme (S-JTSK (JTSK03), Bpv), vo formáte ESRI Grid/TIFF, v rozlíšení 1 m/pixel
  - **Digitálny model reliéfu (DMR 5.0)**
  - **Digitálny model povrchu (DMP 1.0)**
- v súradnicovom a výškovom systéme (S-JTSK (JTSK03), Bpv), vo formáte LAS/LAZ
  - **Klasifikované mračno bodov**

Export údajov DMR 5.0, Dubná Skala

Export údajov DMP 1.0, Dubná Skala

Viac informácií nájdete na

https://zbgis.skgeodesy.sk/mkzbgis/sk/teren
https://www.geoportal.sk/sk/udaje/lls-dmr/

Určovanie parametrov presnosti absolútneho trackera z merania v mikrosieti

Ing. Radoslav Choleva,
Stavebná fakulta STU v Bratislave

Abstrakt

Článok sa venuje novému prístupu testovania parametrov laser trackera s použitím variančných komponentov. Jedná sa o testovanie parametrov v mikrosieti, ktoré môžu vykonávať používatelia sami, bez špeciálnych pomôcok. V článku je uvedený stručný teoretický základ ohľadom testovania laser trackerov, pričom sú hlavne popísané normy, ktoré sa venujú danej problematike. Ďalej je popísaný experiment na určenie parametrov prístroja spolu so spracovaním meraných údajov. Prínosom metodiky je využitie variančných komponentov, ktoré sú interpretované ako parametre prístroja. Na záver sú popísané dosiahnuté výsledky s hodnotením celého experimentu a jeho využiteľnosti do budúcna.

Absolute Tracker Accuracy Parameters Determination from Micro-Network Measurement

Abstract

The article discusses a new approach to testing of laser tracker's parameters using variance components. It deals with testing parameters in a micro network, which users can perform without special equipment. Article provides a brief theoretical basis for testing of laser trackers highlighting standards that address the issue. Further, an experiment dealing with determination of the device parameters is described together with processing of measured data. The benefit of this methodology is the use of variance components, which are interpreted as device parameters. Finally, achieved results of the entire experiment are described with its usability for future.

Keywords: *Testing, variance components, absolute tracker Leica AT403, micro net, accuracy*

1. Úvod

Laser Tracker (LT) je súradnicový merací stroj pracujúci na princípe univerzálnych meracích staníc. Ide o meracie systémy, ktoré boli vyvinuté na presné meranie súradníc charakteristických bodov veľkých objektov [1]. LT je podľa normy [2] definovaný ako súradnicový merací systém, pri ktorom je cieľ (cieľová značka) sledovaný zväzkom laserových lúčov a jeho poloha je určená pomocou šikmej dĺžky a dvoch uhlov. Tieto dva uhly určujú horizontálny smer zámery a výškový, resp. zenitový uhol (uhol od horizontálnej roviny, resp. zenitu) na určovaný bod. Jedná sa v podstate o priestorovú polárnu metódu, ktorá je dobre známa z rôznych aplikácií v geodézii. Hlavný rozdiel oproti univerzálnym meracím staniciam predstavuje presnosť určenia dĺžky týchto meracích systémov, ktorá sa pohybuje rádovo v mikrometroch. Je to z dôvodu, že na meranie dĺžok sa používa IFM (interferometer), ADM (Absolute distance meter) alebo AIMF (Absolute interferometer). Funkčné princípy uvedených spôsobov určovania dĺžky sú uvedené, napr. v [3], [4], [5].

LT môžeme považovať za relatívne nový merací systém, keďže prvý bol patentovaný v roku 1987 [6]. Za 30 rokov od svojho vzniku sa vývoj LT stále nezastavil a ďalej je smerovaný hlavne v oblasti absolútneho určovania dĺžky, modelovania zdrojov chýb prístroja a výpočtu neistôt, zlepšovania presnosti a dizajnu, testovania a štandardizácie.

Ako každý prístroj určený na meranie aj LT musí podstupovať opakované testovanie a potvrdenie či spĺňa výrobcom deklarovanú presnosť. Pri každodennej manipulácií a prenášaní prístroja môžu nastať pochybnosti či nedošlo k zmene parametrov prístroja, a teda je nutné tieto parametre verifikovať.

2. Popis súčasného stavu

LT sa skladá z viacerých kľúčových subsystémov (komponentov): dvojosí systém na cielenie (alhidáda s ďalekohľadom), uhlové snímače, dĺžkomerná jednotka (IFM, ADM, AIFM), mechanizmus na sledovanie cieľa (s riadiacou a vyhodnocovacou jednotkou), kompenzačná jednotka, cieľové značky a iné. Každý z týchto komponentov môže byť zdrojom chýb pri meraní, a preto musia byť testované či spĺňajú požadovanú presnosť. Tieto chyby vznikajú z nedokonalej konštrukcie a vzájomného uloženia jednotlivých komponentov LT. Ako bolo spomenuté v úvode, tento článok sa zameriava iba na určenie presnosti merania smerov (uhlov) a dĺžok.

Po dlhú dobu neexistoval žiadny predpis, ktorá by zaviedol určitú normalizáciu v procese testovania. Výrobcovia pri overovaní parametrov prístroja postupovali podľa interných predpisov a postupov, ktoré nie sú bežne dostupné. Výsledkom snahy o normalizáciu bola americká norma ASME B89.4.19:2006 [8], ktorá bola niekoľko rokov jedinou normou, podľa ktorej sa bolo možné riadiť, a ktorá sa používa dodnes. Postupom času vošli do platnosti ďalšie dve normy. V roku 2011 nadobudla platnosť nemecká norma VDI/VDE 2617-10:2011 [9] a v roku 2016 medzinárodná norma STN EN ISO 10360-10:2016 [2]. V normách sú vo všeobecnosti špecifikované testy pre verifikáciu LT pomocou merania kalibrovaných testovacích dĺžok, sfér a plôch podľa špecifikácií od výrobcov. Tieto testy je možné realizovať iba s použitím určených guľových odrazových hranolov vyžadovanej presnosti. Na základe testov uvedených v normách môžu byť súčasne verifikované LT, ktoré používajú na meranie dĺžok ADM, interferometer alebo aj obe súčasne. Ďalej budú uvedené

jednotlivé spôsoby overovania presnosti LT, ktoré sú používané vo svete.

V rámci americkej normy ASME B89.4.19[8] sú uvedené tri druhy testov: dĺžkomerný, dvojpolohový a základnicový. Pri základnicovom teste je definovaných 35 rozličných kombinácii polohy kalibrovanej základnice a orientácie LT (rôzne natočenia laty a meranie z rôznych vzdialeností). Pri dvojpolohovom teste je zase definovaných 12 rozličných kombinácii pozície cieľovej značky a orientácie LT. V rámci dĺžkomerného testu je 5 kalibrovaných dĺžok meraných na koľajnici s posuvným vozíkom. Testy vychádzajú z princípu, pri ktorom sa rozdiel dĺžky kalibrovanej základnice a dĺžky základnice určenej pomocou LT porovnáva s krajnou dovolenou odchýlkou – MPE (Maximum Permissible Error). Hodnoty MPE udávajú výrobcovia pre každý model LT. Testy uvedené v ASME B89.4.19 sú citlivé na rôzne zdroje geometrických chýb LT, ale Muralikrishnan uviedol vo svojej práci [10], že niektoré z týchto postupov sú redundantné a zdokumentoval systematické chyby, ktoré neboli správne určené. Na základe toho popísal výhody používania asymetrických polôh základnice, ktoré by tieto problémy vyriešili.

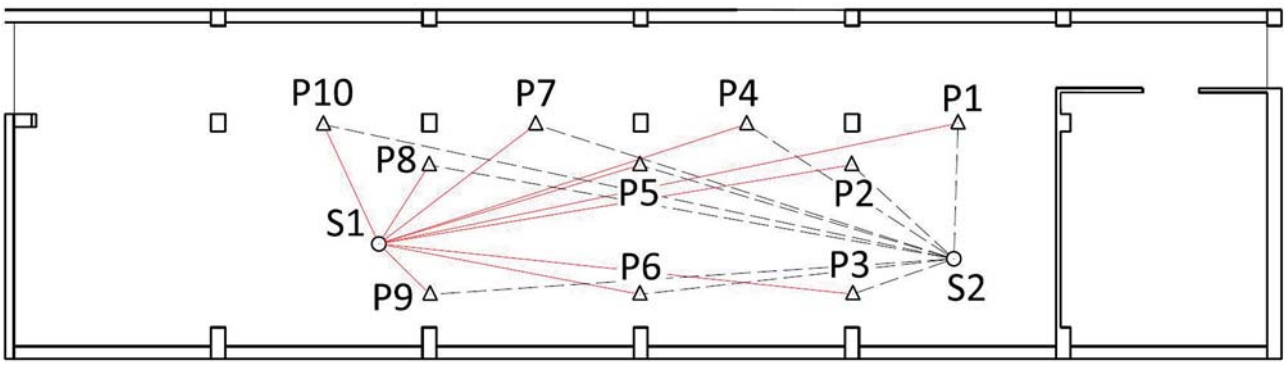
V nemeckej norme VDI/VDE 2617-10 [9] sú uvedené 3 testy zamerané na určenie tvaru, rozmeru a polohy (probe size, probe form, probe location test) a priestorový test dĺžky (volumetric length test). Prvé tri testy sa vykonávajú pomocou merania 25-tich bodov vhodne rozmiestnených na guli, ktorá má kalibrovanú veľkosť a tvar. Pri priestorovom teste dĺžky je LT umiestnený mimo priestor s rozmerom 10 m x 6 m x 3 m (odporúčaný, ale môže byť aj iný). V rámci tohto priestoru je odmeraných 96 dĺžok (definovaných normou), následne je LT presunutý do vnútra priestoru a odmeraných ďalších 9 dĺžok (celkovo 105). Ďalšou možnosťou pri tomto teste je premietnutie dĺžok na zvislú rovinu a následne ich odmerať z rôznych stanovísk LT (definované normou). V predmetnej norme je uvedená analýza výsledkov merania, pričom sa výsledné odchýlky opäť porovnávajú s MPE.

Medzinárodná norma STN EN ISO 10360-10 [2] kombinuje testy uvedené v predošlých dvoch normách a vhodne ich upravuje a dopĺňa. Testy na určenie tvaru a rozmeru pomocou kalibrovanej gule sú v podstate rovnaké ako vo vyššie uvedenej nemeckej norme. Pri ďalšom teste ide o meranie v dvoch polohách na fixované ciele (dvojpolohový test). Priestorový test dĺžky je rozdelený na dve časti – základný test a test definovaný užívateľom. Pri základnicovom teste je 41 rozličných kombinácií polohy kalibrovanej základnice a orientácie LT navrhnutých tak, aby boli citlivé na všetky známe zdroje chýb (pri LT používaných v čase uvedenia normy do platnosti). V druhej časti je ďalších 64 kombinácií zvolených užívateľom. V norme sú navrhnuté dve sady týchto 64 kombinácií, ktoré môže užívateľ použiť alebo si môže zadefinovať vlastné. Taktiež je v norme spomenuté, že môžu byť použité rôzne prídavné testy ako určovanie parametrov z merania v sieti bodov (network test), čo je využité aj v rámci tohto článku. Muralikrishnan vo svojej publikácii [11] uvádza silné a slabé stránky testov v nemeckej a americkej norme a detailnejšie popisuje testovacie procedúry v medzinárodnej norme (vtedy ešte len draft). Taktiež porovnáva spomenuté normy z hľadiska citlivosti testov na geometrické chyby LT, počtu testov a ďalších hľadísk.

Nová metodológia (Network base test – testovanie v mikrosieti) bola vyvinutá v NPL (Britský národný metrologický inštitút), ktorá môže byť vykonaná používateľmi LT bez špeciálneho vybavenia. Navyše táto metóda poskytuje kvantitatívne informácie o LT ako aj neistoty výsledkov. Testovanie v mikrosieti pozostáva z merania aspoň 15 bodov z piatich nezávislých stanovísk LT. Sieť bodov je blokovo vyrovnaná, kde výsledkom sú polohy bodov a stanovísk LT. Ak je použitých viacero stanovísk, potom môžu byť odhadnuté neistoty merania uhlov a dĺžok. Pri dôkladnom rozmiestnení bodov siete je možné odhadnúť okrem chýb merania dĺžok a uhlov aj ďalšie parametre (napr. parametre offsetov, excentricity uhlových snímačov, mierkový faktor dĺžky, atď [7].

3. Testovanie laser trackera

Navrhnutá metodika testovania spočíva v meraní veličín (vodorovných smerov, zenitových uhlov a šikmých dĺžok) v mikrosieti (miestny súradnicový systém), ktorá je realizovaná desiatimi piliermi s pevnou stabilizáciou. Mikrosieť (dvojrozmerná) sa nachádza v geodetickom laboratóriu (učebňa č. 321) Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave (**obr. 1**). Trojuholníky na **obr. 1** znázorňujú merané body a krúžky znázorňujú stanoviská prístroja. Sieť bola meraná z voľných stanovísk, pričom konfigurácia a počet stanovísk, spolu s počtom skupín merania boli získané vypočítaním optimalizácie (A – optimalita) v programe PLS. A – optimalita slúži na minimalizáciu sumy disperzií odhadovaných parametrov pri minimálnom počte meraní. V tomto prípade je optimalizácia dôležitá kvôli tomu, aby samotné testovanie trvalo čo najkratšiu dobu pri zachovaní vyžadovanej presnosti. Optimálny plán merania zahŕňal meranie z dvoch stanovísk prístroja v dvoch skupinách na všetky body siete. Z toho vyplýva 40 meraných veličín a 16 nadbytočných meraní.



Obr. 1 Grafické zobrazenie geodetického laboratória s rozmiestnením bodov

Celý matematický model vychádza zo spracovania meraných údajov pomocou metódy najmenších štvorcov aplikáciou 2. lineárneho modelu – nepriame meranie vektorového parametra. Charakteristiky prístroja (presnosť merania dĺžok $\boldsymbol{\sigma}_D$ a presnosť merania vodorovného smeru $\boldsymbol{\sigma}_\alpha$) sú získané spolu s odhadom parametrov mikrosiete. Kvôli obmedzeniam geodetického laboratória (rozmiestnenie pilierov), nebol vykonaný odhad presnosti merania vertikálnych uhlov. Keďže je konštrukcia vodorovného aj vertikálneho kruhu v podstate rovnaká, môže byť vyslovený predpoklad, že ich presnosť, resp. chyba je rovnaká. Výrobcovia takisto uvádzajú iba jednu hodnotu presnosti pre meranie smerov (uhlov) LT.

Odhad súradníc a stredných chýb súradníc bodov mikrosiete sa realizuje formou voľnej siete. Voľná sieť nie je vopred fixovaná v žiadnej súradnicovej sústave (začiatok je v ťažisku) a vychádza z podmienky, že výsledné (odhadnuté) parametre sú čo najbližšie k približným súradniciam. Preto je potreba brať veľký ohľad na ich výpočet, prípadne riešiť ich výpočet iteračným spôsobom.

Prínosom navrhnutej metódy testovania je uváženie variančných komponentov. Variančné komponenty sa používajú pri spracovaní heterogénnych meraní, napr. spájanie trojrozmerných geodetických sietí získaných rozličnými kozmickými technikami, kombinácia družicových a terestrických meraní a pod. Taktiež sa dajú využiť pri kombinácií uhlových a dĺžkových meraní, čo je využité v navrhnutej metodike testovania LT. Na presnosť určovania priestorovej polohy bodov pomocou LT má oveľa väčší vplyv presnosť merania smerov, ktorá je výrazne horšia ako presnosť merania dĺžok. Preto môže byť problematické správne určiť apriórny odhad presnosti, resp. správne určenie váh jednotlivých druhov meraní na odhad neznámych parametrov. Avšak na základe spracovania týchto heterogénnych meraní môžeme určiť aposteriórne charakteristiky presnosti samostatne, pre každú skupinu meraní, pomocou odhadu variančných komponentov. Vo výsledku sa môžu variančné komponenty interpretovať ako parametre prístroja (presnosť merania smerov a dĺžok) odvodené z merania v mikrosieti.

Variančné komponenty sú v podstate násobné faktory, ktoré korigujú apriórne informácie o presnosti jednotlivých súborov meraní. V tomto prípade predstavuje jeden súbor merané dĺžky a druhý súbor merané vodorovné smery. Po aplikácií variančných komponentov na metódu najmenších štvorcov je cieľom dostať taký odhad neznámych parametrov, ktorý bude rešpektovať rozličnú váhu meraní (vyjadrenú variančnými komponentami).

Riešenie uvedenej situácie sa tradične uskutočňuje v dvoch krokoch. Prvým krokom je odhad vektora variančných komponentov $\hat{\boldsymbol{\vartheta}}$ a následne vytvorenie modifikovanej kovariančnej matice $\boldsymbol{\Sigma}_x(\hat{\boldsymbol{\vartheta}})$. Druhým krokom je odhad neznámych parametrov $\boldsymbol{\Theta}(\hat{\boldsymbol{\vartheta}})$ s využitím modifikovanej kovariančnej matice $\boldsymbol{\Sigma}_x(\hat{\boldsymbol{\vartheta}})$. Vzťahy a postupy na výpočet variančných komponentov uvádzajú Kubáček [12], prípadne Hefty [13]. Vo všeobecnosti môžeme mať m súborov nameraných údajov. Globálna kovariančná matica všetkých uskutočnených meraní $\mathbf{x}$ je vyjadrená v tvare:

$$var(\boldsymbol{x}) = var\left(\begin{bmatrix} \boldsymbol{x}^{(1)} \\ \boldsymbol{x}^{(2)} \\ \vdots \\ \boldsymbol{x}^{(m)} \end{bmatrix}\right) = \boldsymbol{\Sigma}_x = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\Sigma}^{(1)} & \mathbf{0} & \vdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \boldsymbol{\Sigma}^{(2)} & \vdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \vdots & \boldsymbol{\Sigma}^{(m)} \end{bmatrix} = \tag{1}$$

$$= \boldsymbol{V}^{(1)} + \boldsymbol{V}^{(2)} + \dots + \boldsymbol{V}^{(m)},$$

kde

$$\boldsymbol{V}^{(j)} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{0} & \vdots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \boldsymbol{\Sigma}^{(j)} & \vdots & \mathbf{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \vdots & \mathbf{0} \end{bmatrix}. \tag{2}$$

Uvedený zápis predpokladá, že jednotlivé čiastkové bloky matice $\boldsymbol{\Sigma}_x$, t. j. kovariančné matice $\boldsymbol{\Sigma}^{(j)}$ vzťahujúce sa k súboru meraní $\boldsymbol{x}^{(j)}$, sú stanovené spoľahlivo a zodpovedajú reálnej presnosti j-teho súboru použitého v rámci kombinácie ($j = 1, 2, ..., m$). Všeobecne je možné modifikovať vyjadrenie globálnej kovariančnej matice meraných údajov v nasledujúcej podobe:

$$\begin{aligned} var(\boldsymbol{x}) = \boldsymbol{\Sigma}_x &= \boldsymbol{V}^{(0)} + \vartheta_1 \boldsymbol{V}^{(1)} + \vartheta_2 \boldsymbol{V}^{(2)} + \dots + \vartheta_m \boldsymbol{V}^{(m)} = \\ &= \boldsymbol{V}^{(0)} + \textstyle\sum_{j=1}^{m} \vartheta_j \boldsymbol{V}^{(j)}, \end{aligned} \tag{3}$$

kde $\vartheta_j > 0$ sú variančné komponenty. Sú to násobné faktory, ktoré korigujú apriórne informácie o presnosti jednotlivých súborov meraní. Blokové matice $\boldsymbol{V}^{(0)}$, $\boldsymbol{V}^{(j)}$ majú rovnaký rozmer ako $\boldsymbol{\Sigma}_x$ a obsahujú ako jeden blok kovariančnú maticu $\boldsymbol{\Sigma}^{(j)}$.

Ak poznáme približné hodnoty vektora variančných komponentov $\boldsymbol{\vartheta}$, je možné uvedenú štruktúru kovariančnej matice (3) získať linearizáciou kovariančnej matice $\boldsymbol{\Sigma}_x(\boldsymbol{\vartheta})$:

$$\boldsymbol{\Sigma}_x(\boldsymbol{\vartheta}) = \boldsymbol{\Sigma}_x(\boldsymbol{\vartheta}_0) + \textstyle\sum_{j=1}^{m} \left(\frac{\delta\Sigma(\vartheta)}{\delta\vartheta_j}\Big|_{\vartheta=\vartheta_0} \right) \delta\vartheta_j, \tag{4}$$

pričom

$$\boldsymbol{\Sigma}_x(\boldsymbol{\vartheta}_0) = \boldsymbol{V}^{(0)}, \tag{5}$$

$$\frac{\delta\Sigma(\vartheta)}{\delta\vartheta_j}\Big|_{\vartheta=\vartheta_0} = \boldsymbol{V}^{(j)}, \tag{6}$$

$$\boldsymbol{\vartheta}_0^{\,T} = (\vartheta_{0,1}, \dots, \vartheta_{(0,m)})^T, \quad \delta\vartheta_j = \vartheta_j - \vartheta_{j-1}. \tag{7}$$

Východisková kovariančná matica meraní $\boldsymbol{x}$ má tvar:

$$\boldsymbol{\Sigma}_0 = \vartheta_{0,1}\boldsymbol{V}^{(1)} + \vartheta_{0,2}\boldsymbol{V}^{(2)} + \dots + \vartheta_{0,m}\boldsymbol{V}^{(m)}, \tag{8}$$

potom základný vzťah na odhad variančných komponentov je [12]:

$$\hat{\boldsymbol{\vartheta}} = \boldsymbol{S}^{-1}_{(M\Sigma_0 M)^+}(\boldsymbol{\gamma} - \boldsymbol{\kappa}), \tag{9}$$

kde $\boldsymbol{S}^{-1}_{(M\Sigma_0 M)^+}$ je matica rozmerov m x m, nazývaná aj kriteriálna matica, ktorej regulárnosť je nevyhnutná pre odhad komponentov $\hat{\boldsymbol{\vartheta}}$. Vektory $\boldsymbol{\gamma}$ a $\boldsymbol{\kappa}$ sú m-rozmerné vektory, ktorých komponenty γ_j a κ_j ($j = 1, ..., m$) sú vo vzťahu k j-tej skupine nameraných údajov. Vyčíslenie matice $\boldsymbol{S}^{-1}_{(M\Sigma_0 M)^+}$ a vektorov $\boldsymbol{\gamma}$, $\boldsymbol{\kappa}$ spočíva v riešení nasledovných vzťahov:

$$\gamma_j = \boldsymbol{x}^T (M\Sigma_0 M)^+ \boldsymbol{V}^{(j)} (M\Sigma_0 M)^+ \boldsymbol{x}, \tag{10}$$

$$\kappa_j = Tr\left[(M\Sigma_0 M)^+ \boldsymbol{V}^{(j)} (M\Sigma_0 M)^+ \boldsymbol{V}^{(0)}\right], \tag{11}$$

kde matica $\boldsymbol{M}$ je daná výrazom:

$$\boldsymbol{M} = \boldsymbol{I} - \boldsymbol{A}(\boldsymbol{A}^T\boldsymbol{A})^{-1}\boldsymbol{A}^T, \tag{12}$$

pričom:
$\boldsymbol{A}$ – matica plánu,
$\boldsymbol{I}$ – jednotková matica.

Pre Moore-Penroseovu pseudoinverziu matice ($M\Sigma_0 M$) platí [12]:

$$(M\Sigma_0 M)^+ = \Sigma_0^{-1} - \Sigma_0^{-1} A(A^T \Sigma_0^{-1} A)^{-1} A^T \Sigma_0^{-1} . \qquad (13)$$

Pre kovariančnú maticu odhadnutých variančných komponentov platí vzťah [12]:

$$\Sigma_{\hat{\vartheta}} = 2 \cdot S^{-1}_{(M\Sigma_0 M)^+} . \qquad (14)$$

V niektorých konkrétnych situáciách sa však môžu vyskytnúť problémy v numerickom riešení, ide napríklad o záporné hodnoty odhadov variančných komponentov, čo odporuje definícii kovariančnej matice. Ďalším problémom, ktorý sa môže vyskytnúť je, že aj po viacerých iteráciách odhady nekonvergujú.

Uvedený postup spracovania bol použitý na testovanie prístroja Leica AT403. Použité prístroje a pomôcky počas experimentu zahrňovali LT Leica AT403 (v. č.: 393311) s kontrolnou jednotkou (**obr. 2**), statív, guľový odrazový hranol, súpravy na centrovanie odrazového hranola a počítač s programom Polyworks na riadenie LT. Tento prístroj používa na meranie dĺžok iba technológiu ADM, pomocou ktorej je možné absolútne určenie dĺžok s presnosťou rádovo v mikrometroch. Základné charakteristiky presnosti sú uvedené v **tab. 1**. Za hodnoty stredných chýb (angl. standard deviation) v **tab. 1** sa považuje odmocnina z disperzie. Prístroj bol zapožičaný od spoločnosti *Noncontact Measuring Systems, s. r. o.* a kvôli náročnému časovému harmonogramu spoločnosti bolo možné vykonanie iba jedného merania (experimentu).

Obr. 2 Leica AT 403

Tab. 1 Charakteristiky presnosti prístroja Leica AT403

Parametre	Model prístroja AT403
Stredná chyba merania smerov udávaná výrobcom	+/- 7,5 µm + 3 µm/m
Stredná chyba merania smerov v uhlových jednotkách	1,9^{cc}
Stredná chyba určenia priestorových súradníc	+/- 7,5 µm + 3 µm/m
Stredná chyba merania dĺžok	5 µm

Pred meraním bolo potrebné vyriešiť problém centrácie odrazových hranolov na pilieroch. Odrazové hranoly používané pri meraní s LT sú vysoko presné guľové odrazové hranoly s magnetickým úchytom. Keďže sú tieto odrazové hranoly prispôsobené meraniam v priemyselných aplikáciách, nie je možné ich jednoducho umiestniť do centračných podložiek používaných v geodézii. Preto bolo nutné vymyslieť spôsob stabilizácie odrazových hranolov na pilieroch, ktorý bude stabilný pri ich prenášaní a otáčaní počas merania. Súprava na centráciu odrazových hranolov (**obr. 3**) sa skladá z: centračnej podložky Zeiss, magnetického držiaku a redukcie medzi centračnou podložkou a magnetickým držiakom. Súprava je centračnou podložkou pripevnená k pilieru (pomocou skrutky). Do podložky je vložená redukcia z feromagnetického materiálu a prichytená pomocou upínacej skrutky. Následne je do redukcie vložený magnetický držiak (štandardná výbava LT), ktorý drží v redukcii pomocou magnetickej sily. Pomocou tejto súpravy je možné presúvať a otáčať odrazový hranol počas merania bez porušenia centrácie.

Experiment bol vykonaný dňa 21. 3. 2018 vo večerných hodinách, pričom meranie zodpovedalo plánu získaného optimalizáciou. Vykonanie experimentu trvalo približne dve hodiny, čo však bolo zapríčinené absenciou skúseností s prácou s daným typom prístroja a softvérom. Ďalší experiment by bolo možné realizovať pod jednu hodinu. Samotné meranie bolo ovládané pomocou softvéru PolyWorks v počítači. Keďže tento softvér nebol vyvíjaný pre geodetické účely, bolo nutné zadefinovať nový súradnicový systém a manuálne nastavovanie merania v dvoch polohách. Keďže LT obsahuje kompenzačnú jednotku, tak počas celého merania boli automatizovane zaznamenávané hodnoty atmosférických veličín (teplota, vlhkosť, tlak). LT následne automatizovane kompenzoval merané dĺžky o vplyv týchto veličín. Výsledkom merania boli zápisníky meraných vodorovných smerov, zenitových uhlov a šikmých dĺžok z dvoch stanovísk prístroja na všetky body mikrosiete. Merané údaje boli ďalej spracované ako bolo popísané vyššie. Navyše je pri spracovaní prospešné zaradiť do súborného riešenia geodetickej úlohy aj metódy testovania odľahlých meraní. Je to z dôvodu, že ak súbor meraných veličín obsahuje odľahlé merania, tak zhoršujú kvalitu získaných odhadov. V tomto prípade bola na identifikáciu odľahlých hodnôt použitá jednoduchá metóda testovania vektora opráv [14]. Pri predpokladanom normálnom rozdelení pravdepodobnosti opráv je možné použiť obojstranné testovanie na hladine významnosti α = 5 %. Na základe testovania bola zo súboru meraní odstránená jedna odľahlá hodnota s pravdepodobnosťou chybného rozhodnutia 5 %.

Obr. 3 Centračná súprava

Tab. 2 Charakteristiky presnosti prístroja Leica AT403 získané pomocou variančných komponentov

	Odhadnutá hodnota	Stredná chyba odhadu
Stredná chyba merania dĺžok	6,7 µm	0,21 µm
Stredná chyba merania smerov	1,9 cc	0,62 cc

Tab. 3 Porovnanie charakteristík presnosti prístroja Leica AT403

	Dané výrobcom	Experiment	Rozdiel
Stredná chyba merania dĺžky	5 µm	6,7 µm	-1,7 µm
Stredná chyba merania smerov	1,9 cc	1,9 cc	0,0 cc

4. Výsledky experimentu

Výsledkom spracovania meraných údajov, ktoré je opísané v predchádzajúcej časti, sú stredné chyby vodorovných smerov a dĺžok spolu s vyčíslením presnosti týchto odhadov (**tab. 2**). V **tab. 3** sa nachádza porovnanie hodnôt udávaných výrobcom a hodnôt získaných pomocou experimentu. Za ďalší výsledok je možné považovať parametre mikrosiete, v ktorej bol experiment vykonávaný. Medzi tieto výsledky patria súradnice bodov mikrosiete (Y, X) s ich kovariančnou maticou, resp. strednými chybami (σ_Y, σ_X), polohovými chybami (σ_P) a parametrami stredných elíps chýb (**tab. 4**). Parameter *a* reprezentuje hlavnú polos elipsy, parameter *b* vedľajšiu polos elipsy a *φ* stočenie elipsy.

Na základe hodnôt uvedených v **tab. 2** a **tab. 3** je možné vidieť, že odhadnuté hodnoty parametrov prístroja sú veľmi blízke tým, ktoré udáva výrobca. Na základe hodnôt stredných chýb odhadov sa môžu samotné odhady považovať za významné, čo bolo overené pomocou štatistického testovania významnosti odhadnutých parametrov. Pri tomto teste sa posudzuje či je možné odhadnuté parametre vo všeobecnosti považovať rôzne od nuly, čo bolo v tomto prípade splnené.

Rozdiel v strednej chybe merania dĺžky (-1.7 µm) zodpovedá podmienkam počas vykonania experimentu. Vplyv na výsledok môže mať napríklad prostredie, v ktorom bol experiment vykonávaný, kde neboli v celom priestore dodržané rovnaké atmosférické podmienky (rozličná teplota v rámci laboratória, prípadne jej nedostatočná kompenzácia). Taktiež umiestnenie laboratória na treťom nadzemnom podlaží nie je z hľadiska stability najvhodnejšie riešenie, pretože môže spôsobovať ďalšie zanášanie neistôt do výsledku. Nízke rozdiely medzi parametrami udávanými výrobcom a odhadnutými parametrami však ukazujú, že prístroj meria správne a LT je možné naďalej používať.

Ďalším výsledkom sú súradnice bodov mikrosiete a stanovísk (**tab. 4**), ktoré boli určené s vysokou presnosťou (do 10 µm, okrem bodu P6). Stredné chyby určenia súradníc stanovísk (S1, S2) dokonca dosahujú hodnoty pod 5 µm. Takúto vysokú presnosť je možné z veľkej časti pripísať samotnej presnosti prístroja (**tab. 1**).

Zlepšenie celého procesu testovania by mohol priniesť návrh na spôsob merania atmosférických veličín. Nesprávne určenie atmosférických veličín, resp. ich nedostatočné určenie (zatiaľ iba v mieste stanoviska prístroja) môže zanášať veľké neistoty do výpočtu parametrov prístroja.

Takisto je nutné preveriť použiteľnosť a opakovateľnosť spracovania pomocou variančných komponentov viacerými experimentami. Ako bolo už písané, pri niektorých kon-

Tab. 4 Súradnice s charakteristikami presnosti bodov mikrosiete

Číslo bodu	Y (m)	X (m)	σ_Y (μm)	σ_X (μm)	σ_P (μm)	a (μm)	b (μm)	φ (g)
P1	98,815732	515,020428	6,2	5,5	8,4	6,7	5,0	163,0
P2	99,996409	512,002167	6,2	5,0	8,0	6,3	4,9	187,1
P3	103,659856	512,032619	5,4	4,9	7,3	5,4	4,9	211,2
P4	98,842755	509,020191	8,1	5,3	9,7	8,1	5,3	205,3
P5	99,999856	505,984058	8,3	5,1	9,7	8,3	5,1	201,0
P6	103,665265	505,986288	10,4	4,9	11,5	10,4	4,9	202,0
P7	98,848526	503,025979	7,5	5,2	9,1	7,5	5,2	198,3
P8	99,999733	500,000123	6,0	5,3	8,1	6,4	5,0	167,0
P9	103,670381	500,025170	5,1	4,4	6,7	5,5	3,8	163,6
P10	98,852115	496,996773	6,9	5,6	8,9	7,3	5,0	230,4
S1	102,405577	498,732653	3,1	2,4	4,0	3,3	2,2	170,9
S2	102,824795	515,063152	3,9	2,8	4,8	4,2	2,4	228,6

figuráciách nemusia variančné komponenty viesť k správnemu výsledku alebo môže byť celá úloha neriešiteľná.

5. Záver

Overovanie parametrov LT je vo všeobecnosti možné iba v špecializovaných laboratóriách a s požitím špeciálneho vybavenia. Ak si užívateľ chce overiť jeho parametre bez týchto obmedzení, môže použiť metódu overenia parametrov pomocou merania v mikrosieti. Pridanou hodnotou uvedenou v článku je použitie variančných komponentov, ktoré môžu byť interpretované ako charakteristiky prístroja. Použitá metóda dosiahla dobré výsledky pri porovnaní s údajmi udávanými výrobcom (**tab. 3**). Na potvrdenie správnosti takéhoto postupu je však nutné vykonať viaceré experimenty a taktiež zmeniť konfiguráciu mikrosiete. V tomto prípade bola mikrosieť obmedzená možnosťami geodetického laboratória, čo je nutné pri ďalších experimentoch vyriešiť. Tým pádom môže byť vykonaný odhad viacerých parametrov a pri priaznivejších podmienkach, čo vylepší uvedenú metodiku.

Ďalším výsledkom sú súradnice bodov mikrosiete, ktoré sú určené s vysokou presnosťou, čo by mohlo byť využité pri určitých aplikáciách a úlohách v geodézii. Ďalšie výskumy v tomto smere by mohli byť zaujímavé a priniesť ďalšie poznatky.

Poďakovanie
Článok vznikol vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied pre projekt VEGA-1/0506/18.

LITERATÚRA:

[1] KOPÁČIK A. et al.: Geodézia v priemysle. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve STU, 2016, 207 s.
[2] STN EN ISO 10360-10:2016: Geometrical product specifications (GPS) - Acceptance and reverification tests for coordinate measuring systems (CMS) - Part 10: Laser trackers for measuring point-to-point distances.
[3] RENISHAW: Interferometry explained. [online]. Dostupné na: https://www.renishaw.com/en/interferometry-explained-7854.
[4] MURALIKRISHNAN, B. et al.: Laser trackers for large-scale dimensional metrology: A review, Precision Engineering, 44, 2015, pp. 13-28.
[5] HARDING, K.: Handbook of Optical Dimensional Metrology. CRC Press. 480 s. ISBN 978-1-4398-5482-2.
[6] LAU, K. C.-HOCKEN, R. J.: Three and five axis laser tracking systems. Patent č. US4714339A, 1987.
[7] HUGHES, B. et al.: Laser tracker error determination using a network measurement. Meas Sci Technol, 22, 2011, pp. 1-23, DOI: 10.1088/0957--0233/22/4/045103.
[8] ASME B89.4.19 - 2006: Performance Evaluation of Laser-Based Spherical Coordinate Measurement Systems.
[9] VDI/VDE 2617 - Part 10: Accuracy of coordinate measuring machines - Characteristics and their checking - Acceptance and reverification tests of lasertrackers.
[10] MURALIKRISHNAN, B. et al.: ASME B89.4.19 Performance Evaluation Tests and Geometric Misalignments in Laser Trackers. J Res Natl Inst Stand Technol 2009, 114, pp. 21-35.
[11] MURALIKRISHNAN, B. et al.: Choosing test positions for laser tracker evaluation and future standards development. Journal of the CMSC, 2011, 6, pp. 12-19.
[12] KUBÁČEK, L.-KUBÁČKOVÁ, L.: Statistika a metrologie. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2000.
[13] HEFTY, J.: Globálny polohový systém v štvorrozmernej geodézii. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2004.
[14] HAMPACHER, M.-ŠTRONER, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. Praha: České vysoké učení technické, 2015.

Do redakcie došlo: 25. 2. 2019

Lektoroval:
prof. Ing. Martin Štroner, Ph.D.,
ČVUT v Praze

Dvousté výročí založení firmy Kern a její přínos

doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.,
Fakulta stavební ČVUT v Praze, VÚGTK, v. v. i.,
Ing. Pavel Hánek, Ph.D.,
VÚGTK, v. v. i.,
Zemědělská fakulta JU v Českých Budějovicích

Abstrakt

Text uvádí základní data o existenci a produkci firmy Kern, která významnou měrou ovlivnila světový vývoj zeměměřických přístrojů a praxe v oboru.

Kern´s 200th Anniversary and its Benefit

Abstract

The article presents basic data on the existence and production of Kern Company. Kern has significantly influenced the worldwide development of surveying equipment and industry practice.

Keywords: *surveying instruments, Kern Aarau, history of geodesy, optics and precision mechanics*

1. Historie firmy

Jakob Kern (1790–1867) byl jako sirotek vychován v rodině podnikatele a filantropa Johanna Rudolfa Meyera v Aarau, hlavním městě švýcarského kantonu Argau. Po absolvování kvalitního základního vzdělání se vyučil v dílně na rýsovadla Louise Essera, založené roku 1801. Pak prošel bohatou praxí v několika německých městech a na závěr v Mnichově, který byl považován za jedno z evropských center optického výzkumu a konstrukce přesných mechanických přístrojů. Zde působil u známých konstruktérů geodetických přístrojů Josefa Frauenhofera a Georga von Reichenbacha. Po roce 1812 pracoval v Bernu v podniku bratří Schenkových, kteří vyráběli velké matematické a mechanické přístroje. Po návratu do Aarau založil roku 1819 podnik, který téměř dvě století nesl jeho jméno. Začínal také výrobou rýsovadel, která v programu firmy – i když ve značně pozměněné podobě – vydržela téměř po celou dobu její existence. Záhy se přidala výroba různých fyzikálních přístrojů, včetně školních pomůcek. Roku 1828 získal zakázky na výrobu dvou osmipalcových teodolitů; druhý z nich, určený pro triangulaci kantonu Waadt, měl přesnost 10". Dodával i přístroje pro první švýcarské topografické mapování 1 : 100 000, iniciované gen. Guillaume Henri Dufourem (1787–1875), od roku 1835 vedené Topografickým ústavem (Eidgenössische Topographische Bureau, dnes Bundesamt für Landestopographie Swisstopo). Mezi nimi byl též Bordův kruh o průměru 275 mm se setinným dělením, čtením 4 verniery s přesností 20^{cc} pomocí 2 lup, z nichž každá byla nastavitelná nad 2 odečítací místa. Tyto zakázky rozhodly o dalším vývojovém a výrobním zaměření firmy [1]. Tzv. Dufourkarte byla publikována v letech 1845–1865.

Roku 1865 se rodinná firma změnila na komanditní společnost Kern & Cie. (Kern & Co.) a roku 1914 na akciovou společnost Kern & Co. AG. Až do roku 1969 ve vedoucích funkcích působili příslušníci dalších generací rodu zakladatele [1)]. Během doby se firma úspěšně rozrůstala, stala se světoznámou, konstruovala a vyráběla řadu optických přístrojů, zařízení a pomůcek pro civilní i vojenské použití. Mezi nimi byly geodetické přístroje a pomůcky (heliotropy, vytyčovací hranoly), zaměřovací přístroje, dalekohledy, ve 20. letech 20. století fotoaparáty. Od roku 1924 krátce spolupracovala s optickou firmou Ernst Leitz ve Wetzlaru.

Již roku 1817 založil v Aarau firmu na rýsovadla, která později vyráběla též barometry, přesné váhy atd., další Esserův vyučenec Friedrich Gysi (1796–1861). Po roce 1919 se firma Kern podílela na chodu nástupnické firmy Glans, Lenzinger & Cie., a roku 1939 ji odkoupila; získala tak ve Švýcarsku monopolní postavení v oboru výroby rýsovadel.

Vynikající konstruktér Heinrich Wild (1877–1951) odešel roku 1921 z geodetického oddělení závodů Zeiss v Jeně, zřízeného roku 1909, a založil ve švýcarském Heerbruggu obdobně zaměřený podnik nesoucí jeho jméno. Ten se záhy stal vážným konkurentem firmy Kern. Sám H. Wild přešel do firmy Kern roku 1935. Po 2. světové válce firma exportovala 70 % produkce, v roce 1949 měla 77 zahraničních zastoupení. V letech 1945 až 1963 závody Kern vyráběly objektivy pro filmový průmysl (např. Paillard Bolex) i pro kosmickou agenturu NASA, po roce 1949 kratší čas lékařské přístroje. V roce 1954 byla založena dceřiná společnost Kern Instruments Inc. v USA, v roce 1972 v Kanadě a 1976 v Brazílii a Dánsku. Základem firemního znaku byl kurzívou psaný název Kern, doplněný údajem Aarau nebo Swiss (Suisse), ve 2. polovině 20. století obvykle v kruhu (obr. 1); teprve v posledních měsících existence byl název doplněn tyrkysovo-žlutými pruhy.

Roku 1958 byla firma reorganizována a výroba modernizována a racionalizována. Ukončení neziskové výroby geodetických přístrojů bylo zamítnuto, znovu bylo zřízeno fotogrammetrické oddělení. Přes úspěšné konstrukce a pověstnou kvalitu se podnik v 80. letech 20. století dostal do finančních a odbytových nesnází; na světovém trhu bylo množství levných, jednoduchých přístrojů jiných výrobců, konkurence byla značná i v oblasti přesných, špičkových přístrojů, vyžadujících značnou specializaci a stále i ruční práci. Peter Kern, poslední rodinný zástupce ve firmě, získal v „důsledku dědických problémů

1) Syn Adolf (1826–1896) vedl firmu do 1885, jeho nevlastní bratr Emil (1830–1898) do 1897, JUDr. Walter Kern v letech 1933–1969.

Obr. 1 Firemní logo (firemní materiál)

poněkud nepřehledným způsobem" většinový balík akcií a prodal jej v „černý pátek" 13. 5. 1988 konkurenční firmě Wild Heerbrugg [2], jejímž nástupcem se stala společnost Leica, dnešní součást koncernu Hexagon. Firma Kern pod názvem Leica Aarau zanikla roku 1991. Geodetické a fotogrammetrické přístroje představovaly výrazně nadpoloviční podíl její produkce.

Podnikový listinný archiv a téměř úplnou kolekci geodetického a fotogrammetrického instrumentária, včetně některých výrobních zařízení, např. přístrojů pro dělení kruhů, převzala sbírka Sammlung Kern. Sbírka je prostorově oddělenou součástí architektonicky i tematicky zajímavého městského muzea (Stadtmuseum Aarau), přístupnou jen po dohodě. Byla doplněna dary domácích i zahraničních (zejména německých) institucí, škol a podnikatelů. Vizuální prohlídku sbírky umožňují internetové stránky [2]. V trvalé expozici muzea jsou umístěny některé z charakteristických výrobků firmy Kern, kdysi patřící mezi největší místní podniky; roku 1874 měl 18 zaměstnanců, na přelomu 19. a 20. století už zhruba 120 zaměstnanců, v roce 1963 asi 1300 zaměstnanců. Z geodetických přístrojů je vystaven např. velký vytyčovací přístroj, používaný na stavbě Simplonského tunelu a teodolit DKM 3. Při muzeu velmi aktivně působí pracovní skupina příznivců a dřívějších zaměstnanců firmy (Arbeitsgruppe Kern), kteří jsou mnohdy též členy Společnosti pro dějiny geodézie ve Švýcarsku. Jejich zásluhou vznikl pamětní spis [3], který organizační, obchodní, technický i finanční vývoj firmy podrobně dokumentuje, včetně sociálních záležitostí zaměstnanců a vlivu světových válek a hospodářských krizí na chod podniku. Neuvádí však ucelený přehled technických parametrů výrobků. Mnohé další informace (včetně placených) lze najít na internetu, např. [4]. Odtud jsou pod označením „firemní materiály" převzaty některé fotografie.

2. Geodetické přístroje

V souladu s rozvojem firmy i obecně techniky a oboru můžeme definovat tři období, v nichž Kern ovlivnil světový i náš vývoj. Popisy konstrukcí jsou v různé míře podrobnosti popsány v běžně dostupných publikacích, např. [5], [6], resp. v dalších pramenech [7], [8].

2.1 Mechanické přístroje

První období vrcholilo na přelomu 19. a 20. století, kdy firma Kern dodala vybavení pro zaměření vytyčovací sítě a vytyčovací práce pro výstavbu Simplonského tunelu a některých dalších (Gotthard, Lötschberg, Mont Cenis), patřících k tehdejším vrcholům technického umění. Parametry instrumentária a jeho dosahované přesnosti lze podle našeho názoru považovat za charakteristiky přístrojů nejvyšší třídy.

První tubus přímého Simplonského tunelu o délce 19 803 m byl proražen 23. 2. 1905 s vynikající příčnou odchylkou 0,20 m, výškovou 0,09 m, a nevýznamnou podélnou odchylku (vyvolanou zejména vlivem rozměru sítě) 0,56 m.

Síť s 11 body a 2 portálovými body s maximálním převýšením až 2,9 km navrhl a na podzim 1898 zaměřil Ing. Max Rosenmund (1857–1908) repetičním teodolitem Kern. Vodorovný kruh (Hz) o průměru 21 cm byl čten mikroskopem s přesností 4", svislý kruh (V) o průměru 16 cm vernierem s přesností 10". (Zvětšení dalekohledu obdobného přístroje bylo 34x. V dalším textu je zachováno pořadí kruhů Hz – V.) Po jeho poškození pádem z pilíře při náhlém poryvu větru byl po dobu opravy používán teodolit Kern s průměry kruhů 24 cm a 16 cm se čtením verniery na 10". Měření vodorovných úhlů na stanoviscích sítě bylo prováděno Schreiberovou metodou, z opakovaného měření byla zavedena oprava ze sklonu točné osy. Vnitřní přesnost měření je charakterizována střední chybou směru 1,12", po vyrovnání 0,91" [7]. K podrobnému vytýčení bodů osy tunelu sloužily 2 vytyčovací přístroje Kern; v podstatě to byly přesné teodolity bez dělených kruhů. První z nich měl zvětšení dalekohledu 40x, sázecí libelu o citlivosti 6" – 10" pro pařížskou čárku (2,256 mm), výšku 485 mm, hmotnost asi 25 kg a délku záměry až 2 km (**obr. 2**). Byl

Obr. 2 Velký vytyčovací přístroj (firemní materiál)

2) Společnost Wild Heerbrugg AG fúzovala roku 1987 s firmou Ernst Leitz Wetzlar GmbH do Wild Leitz group. Ta se roku 1990 spojila s Cambridge Instrument Company Plc. do Leica Holding B.V. group. V jejím rámci byla výroba geodetických přístrojů 1997 převedena do uskupení Leica Geosystems, které koncem roku 2005 koupila švédská společnost Hexagon AB.

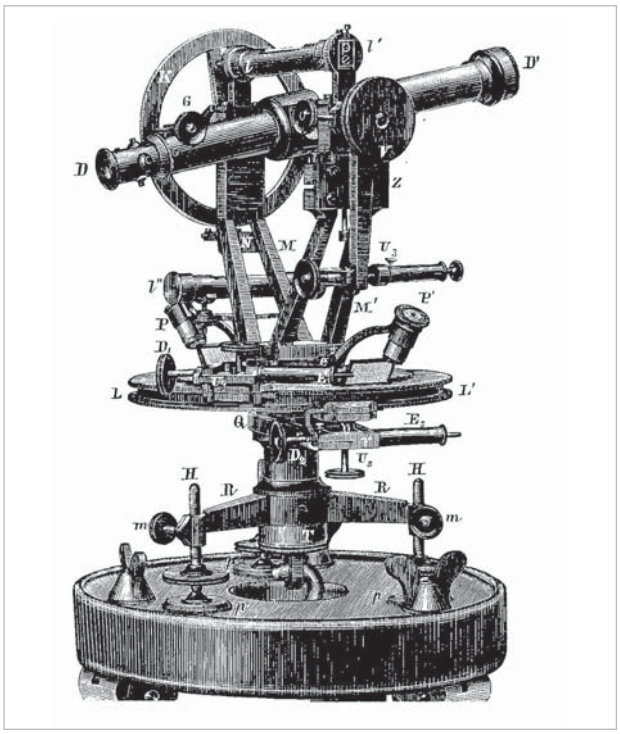
trvale postaven a orientován v síti na observační stanici u portálu a jeho pomocí byly vytyčovány body osy. Druhý přístroj s 30x zvětšením byl určen pro práce v tunelu, přímka (osa) se prodlužovala proložením dalekohledu. Oba přístroje byly vybaveny acetylénovým osvětlením, později nahrazeným bateriovým elektrickým.

Teorie nivelace – zejména pro měření v horách – a nivelační přístroje procházely v té době prudkým vývojem. O konkrétních přístrojích Kern & Cie. pro Simplonský tunel jsme nenalezli odkazy, pro měření však platilo v roce 1901 kritérium $3\sqrt{r}$ [mm; km]. Pro běžné práce byly určeny tzv. univerzální nivelační přístroje, připomínající teodolit (tachymetr). Měly citlivou libelu, segment svislého kruhu, repetiční uspořádání os, dalekohled obvykle nebyl překladný.

Výrobek firmy Kern se výrazně zapsal i do našich profesních dějin. Roku 1887 byla vydána Instrukce pro vyměřování polygonální, určená pro nová katastrální měření v městech. V monarchii byla poprvé použita v letech 1891 až 1893 asistentem (pozdějším profesorem) Geodetického ústavu pražské České vysoké školy technické Ing. Františkem Novotným. V zastoupení prof. Františka Müllera provedl měřické a výpočetní práce, spojené s vyhotovením tzv. regulačních plánů města Písku. Výsledky tohoto a několika dalších měření přesvědčily odbornou veřejnost o praktické použitelnosti nové číselné metody a posloužily jako podklad pro stanovení mezních odchylek pro revidované vydání Instrukce. Práce [8] uvádí, že k měření byl použit teodolit Kern č. 186, zakoupený roku 1876 (**obr. 3**). Vodorovný kruh byl čten dvojicí vernierů na 10", svislý kruh na 1´. (Druhým používaným přístrojem byl jednoosý minutový teodolit Breithaupt.) Geodetický ústav vlastnil od téhož roku Kernův nivelační přístroj s průhledítky (dioptr) a repetiční tzv. univerzální nivelační přístroj. Přístroje roku 1917 převzala armáda jako sběr materiálu pro válečnou výrobu.

V konstrukci přístrojů Kern byla používána optika dalekohledů i některé další části (např. mikroskop pro čtení vodorovného kruhu teodolitů), dodávané firmou Carl Zeiss Jena, příp. dalšími výrobci. Roku 1897 firemní katalog nabízel 32 různých nivelačních přístrojů, 10 měřických stolů, 47 jednoosých a dvouosých (repetičních) teodolitů, přístroje pro astronomická pozorování a další přístroje a pomůcky. Přístroje byly mosazné, obvykle s ochranným černým lakováním nosníků, později celkovým převážně zeleným nebo šedým lakováním. V roce 1910 byl zakoupen od firmy Gustav Heide v Drážďanech automatický dělicí stroj kovových kruhů, který nahradil původní zařízení J. Kerna pro ruční výrobu stupnic. Podíl výroby rýsovacích nástrojů klesl pod 40 %. Mezi významné obchodní partnery patřili Kanada, Rusko a USA.

Firma na počátku 20. století jako novinku vyráběla několik typů teodolitů – tachymetrů s integrovaným dálkoměrem. V roce 1910 to byl zajímavý Zwicky-Kern-Tachymeter. Jeho základem jsou dva nad sebou umístěné dalekohledy, každý s vlastní klopnou osou, jejichž pomocí vzniká dálkoměrný úhel. O dva roky později byl nabízen tachymetr s kontaktním dálkoměrem Sanguetova typu (Balu-Kern-Kontakt-Tachymeter), který se vyráběl až do roku 1945. Kusová nebo malosériová výroba se měnila na sériovou produkci. S tím se rozrůstaly a měnily i výrobní prostory – z dílenských na tovární. Po 1. světové válce podnik dospěl do stavu, kdy byl zásluhou zkušeného Ing. Waltera Zschokke z Berlína schopen vyvíjet a od roku 1919 úspěšně vyrábět vlastní optické prvky a konstrukce. V roce 1920 byl odkoupen podnik Eberle-Reichel (Berlin-Stuttgart), vyrábějící libely pro geodetické přístroje. Firma Kern se tak zbavila závislosti na vnějších dodavatelích.



Obr. 3 Teodolit č. 186 (zdroj [5], I. díl, s. 527)

2.2 Optomechanické přístroje

Druhé období charakterizují přístroje se skleněnými dělenými kruhy [3]. Z produkce Kern to byly stavební teodolit K0-S se čtením čárkovým mikroskopem, vteřinové K1-M a K1-A s mikrometrem a K1-AE se vzpřímeným obrazem, K1-MT v úpravě s odnímatelnou trojnožkou (podložkou), K1-S se stupnicovým mikroskopem v úpravách SE, ST. Koncem 30. let 20. století byly H. Wildem ve spolupráci s Rudolfem Hallerem konstruovány tzv. dvoukruhové teodolity (DK). Vnější čárková stupnice na obvodu kruhu sloužila v čtecím mikroskopu jako index nebo při použití optického mikrometru ke koincidenci s vnitřní číslovanou stupnicí. Konstrukce vykazovaly řadu dalších nových konstrukčních prvků. Mezi ně patří nahrazení stavěcích šroubů excentrickými vačkami s vodorovnou osou otáčení s poměrně malým rozsahem, což si vynutilo stativy s výkyvnou (pohyblivou) kulovou hlavou, která dovolila hrubou horizontaci přístroje. U některých přístrojů byly vačky jen dvě, takže po urovnání byla zajištěna konstantní výška horizontu přístroje.

Časově sem též spadá i představení prototypu fotogrammetrického vyhodnocovacího přístroje stereodvojic pozemních snímků podle návrhu španělského plukovníka Ordováse v roce 1930 na kongresu v Curychu. (Řešení je obdobné konstrukci autostereografu rakouského npor. Eduarda von Orel, vyrobeného roku 1908 vídeňskou firmou Rost a v letech 1909 a 1911 upraveného pod názvem stereoautograf v závodech Zeiss.)

3) Světová priorita použití skleněného děleného (vodorovného) kruhu patří pražské firmě Josef a Jan Frič, která v letech 1884–1885 vyrobila v malé sérii důlní teodolit DUPLEX. Skleněné kruhy se v praxi prosadily až na 4. pokus roku 1922 zásluhou Heinricha Wilda v závodech Zeiss.

Po 2. světové válce byly vyráběny úplné řady úhloměrných přístrojů se skleněnými kruhy. Z dvoukruhových přístrojů to byly minutové teodolity (tachymetry) DK 1, DKM 1 (M v označení přísluší čtení mikrometrem), buzolní DK 1S, vteřinové teodolity DKM 2 (**obr. 4**) a DKM 3 (prototyp 1955; přístroj byl zobrazen na jihoafrické poštovní známce, což svědčí o popularitě značky). Od roku 1960 byl vyvíjen a následně používán kapalinový kompenzátor svislého kruhu. Astronomický teodolit DKM 3-A s osou okuláru vyvedou pro snadné pozorování do klopné osy lomeného dalekohledu, patřil mezi nejpřesnější přístroje své třídy. Zejména typ DKM 2 měl řadu variant, označených symboly: AA pro armádu USA, AC s autokolimačním okulárem, AE se vzpřímeným obrazem a automatickým vyloučením indexové chyby výškového kruhu, AL s laserovým okulárem, LRP s čidlem Laser Range Pole, T pro tachymetrii. K přístroji DKM 2-A (2-AE) byl nabízen mikrometr svislé točné osy s přesností až 1" (2-AEM), který svou funkcí nahrazoval sázecí libelu, tj. zvyšoval přesnost měření vodorovných směrů při strmých záměrách. Základní parametry jsou uvedeny v **tab. 1** sestavené především na podkladě [6].

Obr. 4 DKM 2, Zeměměřický úřad (foto Petr Mach)

Početně byly v nabídce zastoupeny také redukční tachymetry s latí v cíli. Mezi ně patří DK-RT s dvojobrazovým dálkoměrem s vodorovnou latí s přesností délek až 0,02 m / 100 m a diagramový tachymetr DKR, jehož přesnost je obdobná jako u jiných výrobců, tedy 0,25 m až 0,30 m / 100 m v délce a 0,03 m až 0,10 m / 100 m v určovaném převýšení. Konstrukční zvláštností je přístroj DK-RV, u nějž se vzdálenost dálkoměrných rysek pro čtení na svislé lati mechanicky mění v závislosti na sklonu záměry a převýšení se dopočítává pomocí funkce tangens, jejíž hodnoty se alternativně čtou na stupnici svislého kruhu. Přesnost měřených délek dosahuje hodnoty 0,04 m / 100 m. U přístroje K1-RA se výšky čtou přímo na lati po přepnutí prstencovým točítkem na jiný diagram. (V **tab. 2** jsou tyto přístroje označeny „mechan." Přesnost čtení Hz kruhu je uváděna pro stupnicový mikroskop nebo pro dvě varianty čtení mikrometru.)

Vyráběna byla také tachymetrická buzola se zvětšením dalekohledu 24x, citlivostí libely 40", čtením stupnice buzoly (tzv. hodinového kruhu) s dělením 1^g odhadem na 10^c a čtením svislého kruhu čárkovým mikroskopem odhadem na 2^c. Přístroj byl dodáván i se šedesátinným dělením. Kromě toho byla v nabídce invarová základnová lať IB (Invarbasislatte) délky 2 x 1 m s rameny spojenými kloubem, nasazovací dálkoměrný dvouobrazový klín Arregerova typu, stativy, terče a další příslušenství a pomůcky.

Konstrukčně zajímavé bylo záměrné pravítko RK měřického stolu s konstantním sklonem okuláru asi 45°, pro měřiče velmi příjemným zejména při strmých záměrách. Dalekohled se zvětšením 27x je vybaven diagramovým dálkoměrem s určením převýšení běžné přesnosti, nejkratší záměra je 2,8 m. Svislý kruh o průměru 50 mm je dělen po $10'/10^c$, čtení odhadem stupnicovým mikroskopem $1'/1^c$, hmotnost 3,1 kg. Hrana pravítka byla rovnoběžně odsunutelná pomocí paralelogramu.

Po 2. světové válce samozřejmě firma Kern nabízela také úplnou řadu nivelačních přístrojů, vybavených ryskovým dálkoměrem. Kromě starších modelů (**obr. 5**) to byly

Tab. 1 Teodolity

Typ	DKM 3	DKM 2	DK 2	DKM 1	DK 1
Dalekohled					
zvětšení x	45/36	30	30	20	20
ostření od m	1,5	1,7	1,7	0,9	0,9
Libela "/2mm					
alhidádová	10	20	30	30	45
indexová	10	20	30	30	30
Hz kruh					
průměr v mm	100	75	75	50	50
čtení odhadem	$0{,}1''/0{,}1^c$	$0{,}1''/1^{cc}$	$0{,}1'/0{,}5^c$	$1''/5^{cc}$	$0{,}5'/1^c$
V kruh					
průměr v mm	100	70	75	50	50
čtení odhadem	$0{,}1''/0{,}1^c$	$0{,}1''/1^{cc}$	$0{,}1'/0{,}5^c$	$1''/5^{cc}$	$0{,}5'/1^c$
Hmotnost v kg	11,2	3,6	3,6	1,8	1,8

Tab. 2 Tachymetry

Typ	DK-RT	DKR	DK-RV	K1-RA
druh	dvojobraz	diagram	mechan.	mechan.
Dalekohled				
zvětšení x	27	30	27	28
ostření od m	2,0	1,7	1,8	1,8
Libela ″/2mm				
alhidádová	30	30	30	35
indexová	30	30	30	komp.
na dalekohled	-	-	30	-
Hz kruh				
průměr v mm	75	75	80	95
čtení odhadem	0,1′/0,1^c	0,1′/0,5^c	1´/1″	1´/5″
V kruh				
průměr v mm	50	70	56	75
čtení odhadem	0,1′/0,1^c	0,1′/0,5^c	0,0001 tg	0,0001 tg
Hmotnost v kg	4,6	3,6	4,9	4,5

Obr. 5 NK III-M, Zeměměřický úřad (foto Petr Mach)

typy NK1, NK 2, NK 3, varianta NK 3A byla doplněna optickým mikrometrem. Některé z nich byly vybaveny vodorovným kruhem a označeny písmenem C – např. NK 2-C s odečítáním stupnicovým mikroskopem (mřížkou) na 10^c. Zkratkou GK byly značeny typy GK 0, GK 1, GK 2, které byly horizontovány výkyvnou hlavou stativu (Gelenkkopf). Typ GK 1 mohl být dovybaven mikrometrem s planparalelní deskou. U GK 0-C byl kruh čten indexem. Typ GK 23 pro přesné nivelace byl vybaven optickým mikrometrem a obrazem koincidenční libely v zorném poli dalekohledu. Varianta GK 23-C byla doplněna skleněným kruhem průměru 62 mm se čtením stupnicovým mikroskopem na 1´/1^c, typ 23-E, resp. CE, měl vzpřímený obraz a zvětšení 32x.

Po roce 1961 byly do výrobního programu zařazeny kompenzátorové (samourovnávací) přístroje s doplněním typového označení písmenem A. Místo párových ustanovek je použita třecí spojka a nekonečná jemná ustanovka. K nim patří GK 0-A a dále typ GK 1-A, se zvětšením 25x, určený pro technickou nivelaci. Vodorovný kruh ve tvaru nízkého kovového prstence je čten indexem, pozorovaným lupou. Typ GK 2-A pro přesnou nivelaci mohl být vybaven mikrometrem s planparalelní deskou. Posledním vyráběným modelem byl Kernlevel, dodávaný se stavěcími šrouby nebo v úpravě pro výkyvnou hlavu stativu. Byl vybaven děleným kruhem průměru 64,5 mm, čteným indexem s lupou odhadem na 0,1°/0,1 gon. Parametry [6] jsou uvedeny v **tab. 3**. (Poznámka: V řádcích km chyby, resp. hmotnosti, je u příslušných typů uváděna hodnota s mikrometrem / bez mikrometru.)

Samostatnou skupinu představuje optický provažovač OL se zenitovým i nadirovým směrem pozorování, zvětšení 22,5x, schopnost zaostření od 0,8 m, citlivost libely 20″, hmotnost 3,7 kg, relativní přesnost 1 : 50 000.

V roce 1950 firma Kern začínala s výrobou analogových fotogrammetrických přístrojů podle patentů H. Wilda pro snímky formátu až 23 cm x 23 cm. Přístroj (Photogrammetrisches Gerät) PG 0 zůstal jen prototypem, stejně jako PG 1. Světového úspěchu dosáhl PG 2 s připojeným kreslicím stolem (**obr. 6**), který byl (spolu s PG 1) prezentován na kongresu ISP v Londýně v roce 1960. Projekt si vyžádal pomoc firem specializovaných na elektroniku, zejména SIP v Ženevě (Société Genevoise d'Instruments de Physique), se kterou společnost Kern spolupracovala již řadu let. Pohyb měřické značky po stereoskopickém modelu pomocí joysticku byl ovládán programem firmy Contraves z Curychu. Na vývoji se podílel fotogrammetr Henk Yzerman. Současně bylo vystaveno zařízení PLP (Parallel Light Printer) pro vyrovnání hustoty tmavých a světlých částí na leteckých snímcích, v nichž zanikaly detaily. (Vynikající výsledky však měly testy PLP též na lékařských rentgenových snímcích např. zlomenin.) PG2 byl velmi úspěšný pro mapování v malých měřítkách, vyrobeno bylo asi 700 kusů. (Ze švýcarských výrobců větší série 1035 kusů dosáhl jen přístroj Wild A8.) Základní typ byl určen pro snímky pořízené kamerami s ohniskem 150 mm, verze PG 21 pro ohniska od 210 mm, verze R a SSL byly určeny pro vyhodnocování snímků, pořízených širokoúhlými a velmi širokoúhlými objektivy. Pro PG 2-AT byl vyvinut systém PS pro vyhodnocování profilů a řezů. Registrační zařízení a koordinátograf nesly označení ER 2 a ECR 2. Roku 1968 byl na kongresu v Lausanne představen univerzální přístroj PG 3,

Tab. 3 Nivelační přístroje

Typ	NK 3M	NK 2	GK 1	GK 23	GK 0-A	GK 2-A	Kernlevel
Citlivost l. "/2 mm	5–8	30	40–50	18	--	--	--
Přesnost kompenzace	--	--	--	--	3"	0,3"	1"
Zvětšení dalekohledu	30	24	22,5	30	21	32,5	25
Minimálmí zaostření v m	1,7	1,3	0,9	1,8	0,75	2,2	0,5
Chyba mm/1 km	0,4	2,5	2,5/4,0	0,5/2,0	2,5	0,3/0,7	2,0
Hmotnost v kg				2,1/1,5	1,9	4,2/3,5	1,6

Obr. 6 PG 2, Sammlung Kern (foto autoři)

určený pro tvorbu map velkého měřítka. V 80. letech byl nabízen monokomparátor MK 2 (zvětšení až 60x, střední chyba 1µm), kreslicí stoly AT (860 mm x 1 360 mm) a GP, ortoprojektor OP 2, přístroj pro označení bodů pro aerotriangulaci PMG 1, resp. PMG 2 (zvětšení 5x až 25x).

2.3 Elektronické a digitální přístroje

Další vývoj fotogrammetrických přístrojů spadá už do 3. období, charakterizovaného elektronizací a digitalizací, začínajícího okolo roku 1965. V té době již byla u některých přístrojů – např. u tzv. registračního tachymetru – zaváděna fotografická registrace dat (**obr. 7**). V roce 1980 představil Kern v Hamburku analytický vyhodnocovací přístroj DSR 1 s plotrem GP 1, později model DSR 11. Do kongresu ISPRS v japonském Kyoto, konaném v roce 1988, následovaly DSR 12 (se software MS-DOS), DSR 14 (Unix) a jako vrchol analytických přístrojů DSR 15 (VAX pod VMS). Na tomto kongresu byl představen prototyp špičkového vyhodnocovacího přístroje DSP 1 (Digitalen Stereo Photogrammetriesystem), jehož vývoj byl dokončen a uveden na trh již pod označením Leica [3].

V roce 1971 byl představen samostatný, poměrně rozměrný, elektrooptický dálkoměr DM 1000. Zdrojem infračerveného záření byla GaAs dioda, dosah byl zhruba 3 km, rozsah vnějších teplot -20 °/+50 °C, přesnost pod 4 mm + 4 ppm, rozměry 20 x 16 x 16 cm, hmotnost s bateriemi 12 kg. Nástupcem se stal DM 2000. (Poznámka: ppm znamená 1 miliontinu měřené délky, údaj v mm.)

Dálkoměr DM 102, uvedený na trh roku 1973, a pozdější DM 104, byl pomocí adapteru nasazovací na klopnou osu dalekohledu klasických teodolitů a tachymetrů DK-RT, DK-RV, K1-RA nebo na většinu přístrojů jiných výrobců; displej z tekutých krystalů, dosah 1 km při použití 1 hranolu, více než 1,7 km při použití hnízda s 3 hranoly, přesnost (5 mm + 5 ppm); model DM 150 měl vestavěný senzor pohybu.

Obr. 7 Registrační tachymetr, Sammlung Kern (foto autoři)

Světelné dálkoměry řady DM 500 až DM 504, uvedené na trh v polovině 70. let, byly v té době nejmenšími (hmotnost 1,8 kg) a patřily k nejpřesnějším. Měly tvar U, z okulárové strany se nasouvaly na dalekohledy elektronických teodolitů Kern, ale – po úpravě v servisu – i na dalekohledy teodolitů DKM 2-A a K1-S. Zdrojem infračerveného záření (875 nm) vysílače byla galium-arsenidová fluorescenční dioda (LED), v přijímači byla osazena siliciová fotodioda. Dosah 300 m při použití 1 hranolu, asi 500 m při použití hnízda s 3 hranoly, doba měření cca 15 s. K těmto přístrojům byla nabízena řada příslušenství, např. adapter pro trojnožky Zeiss Jena (0,6 kg). Na nohu stativu byly závěsné 12V baterie 2,5 A (3,1 kg) nebo plochá 1,2 A s tabulkou atmosférických korekcí (2,6 kg). Odrazný hranol v plastovém pouzdře s nasazovacím plastovým krytem proti dešti (1,0 kg) mohl být umístěn na stativu nebo hranolové výtyčce. K hranolu bylo možno připojit stejně velké čidlo (0,5 kg), které na displeji na zadní stěně volitelně ukazovalo (např. při vytyčování) okamžitou vodorovnou

či šikmou délku nebo převýšení. Pro práce inženýrské geodézie byl určen kovový přesný minihranol s dosahem asi 300 m a s nutností hranolového adapteru (předsádky) na objektivu teodolitu E2 (**obr. 8**).

Světově nejpřesnější byly 3 modely dálkoměrů Mekometer. Byly vyvinuty ve spolupráci s firmou Com-Rad Ltd., Slough/London, na základě výzkumu rychlosti šíření světla v britské National Physical Laboratory v Teddingtonu. (Vedoucími výzkumu byli K. D. Froome a R. Bradsell.) V roce 1973 to byl ME 1000, následoval oblíbený ME 3000 a v roce 1986 přístroj 2. generace ME 5000. K základním parametrům ME 5000 patří dosah 20–8 000 m, zdrojem záření je HeNe laser (třída II, výkon 1 mW, vlnová délka 632,8 nm), displej se zobrazením v řádu 100 µm. Pro drahou výrobu, omezená použití a rostoucí přesnost běžných typů dálkoměrů následoval po roce 1980 útlum produkce. Krátký přehled je v **tab. 4**.

Firma Kern však také vyráběla ve spolupráci se známou vysokou školou ETH Curych mechanický přístroj Distometer ISETH, jehož základem je invarový drát. Sloužil pro přesná měření délkových změn do 100 mm pro délky 1 m až 50 m se speciálně stabilizovanými koncovými body. Do 20 m délky je přesnost 0,02 mm, pro větší délky 1 ppm. Dvojice ručičkových měřičů ukazovala délkové změny a změny v tahu (napětí drátu). Typickým použitím bylo měření vzájemných posunů stavebních částí (přehrad, tunelů atd.).

Obr. 8 E2 s DM503A předsádkou pro průmyslový hranol, FSv ČVUT – K 1154 (foto autoři)

V praxi oblíbená byla tzv. E – série elektronických teodolitů s inkrementálním dělením kruhů. Po E1 byl po roce 1977 základem řady vteřinový E 2. Z tohoto typu byly odvozeny varianty se servopohonem: E 2-SD byla nosičem mobilního družicového laserového měřicího systému FLRT, E 2-SE (r. 1985) s obslužným panelem E 2-SP byla vybavena integrovanou CCD kamerou a určena pro systém průmyslových měření SPACE, E 2-ST(L) s kontrolní jednotkou E 2-STC byl určen pro sledování a řízení stavebních strojů při výstavbě tunelů (s laserem), E 20 byla speciální verzí pro průmyslová měření. K těmto přístrojům se používaly dálkoměry řady DM 500. Výpočty byly prováděny programovatelným kalkulátorem HP 41 s interface DIF 41, data mohla být ukládána registrátorem R 48 (48 kB). Jako příslušenství byl vyráběn Kern Laser (He-Ne, 2,85 kg) s vnější 12V baterií, který se upevňoval na nohu stativu. Poslední konstrukcí byla totální stanice E10, vyvíjená od roku 1985, dokončená jako prototyp v srpnu 1988. Jejím vedoucím konstruktérem byl Reinhard Gottwald. Nosná konstrukce přístroje byla opláštěna plasty.

Teodolity řady E byly vybaveny konstrukčně zajímavým dvouosým kapalinovým kompenzátorem bez mechanických dílů s citlivostí 0,003 mgon. Jeho vývoj začal už v roce 1960 pro kompenzaci svislého kruhu teodolitů DK. Z něj byl vyvinut rozměrově malý elektronický systém pro určování sklonu (rovinatosti) ve 2 směrech Nivel 10, resp. Nivel 20 (90 x 90 x 63 mm, 0,83 kg, 12 V, přesnost 0,001 mm/m)[4], určený pro strojírenství a dlouhodobá sledování objektů.

Je třeba též zmínit systémy průmyslových měření ECDS (Electronic Coordinate Determination System), založené na prostorovém protínání vpřed[5]. Varianta ECDS 1 z roku 1980 byla vyvinuta americkou pobočkou Kern a pracovala s vlastním software RT11, v Aarau byla na základě příznivé odezvy představena 1983. ECDS 2 spolupracovala s počítači pod MS-DOS, ECDS 3 s MS-Windows. V systému mohlo být zapojeno až 8 teodolitů řady E. Od roku 1985 byla pro koncern General Motors pracovišti v Aarau a v Brewsteru vyvíjena automatizovaná verze ECDS 2 – SPACE (System for Positioning and Automated Coordinate Evaluation) s motorizovanými teodolity E 2-SE s CCD kamerou a s potřebným software. Systém byl dokončen roku 1987.

Systémy průmyslových měření se v praxi nejvýznamnějších světových strojírenských výrobců rychle prosadily a staly se součástí firemní metrologie. Proto byly hledány i další možné systémy, vycházející z geodetických postupů. Jedním z posledních vývojových programů byl první mobilní 3D laserový interferometr SMART 310, pracující na principu prostorové polární metody, umožňující mě-

4) Dalším vývojem vznikly přesné senzory Leica Nivel 210/220/230 pro současné určení sklonu, směru sklonu a teploty.

5) K prvním na trhu patří systémy amerických firem Hewlett-Packard hp3822A z roku 1980, určený pro výrobce letadel Boeing Aircraft, a AIMS firmy Keuffel & Esser. Známé jsou též systémy dalších výrobců, např. Leica Axyz, Zeiss IMS, Brunson BETS.

Tab. 4 Světelné dálkoměry

Typ	DM 1000	DM 102	DM 500	ME 5000
Zdroj	GaAs	GaAs	GaAs	HeNe
Umístění	stativ	adaptér dal.	dalekohled	stativ
Dosah (km)	3	1/1,7	0,3/0,5	8
Přesnost mm + ppm (mm)	< (4 + 4)	5 + 5	5 + 5	0,2 + 0,2

Obr. 9 SMART 310 (firemní materiál)

ření pohybujících se objektů (**obr. 9**). Vznikl na podkladě US patentu. Základem je laserový interferometr s vlnovou délkou 633 nm a přesná úhlová čidla. Rozsah měření s hranolem nebo fólií je 235° v horizontální rovině a ±45° ve vertikální rovině. Leica Geosystems (od roku 2005 součást Hexagon – Metrology) ho po převzetí firmy Kern dále vyvíjela a úspěšně prodávala pod označením LT500/LTD500. Pro cíle pohybující se rychlostí max. 4,0 m/s ve směru paprsku a 6,0 m/s v příčném směru, je polohová přesnost 20–40 µm při dosahu 30 m, pro nepohybující se cíle 10 µm. Pro tento typ je úhlová přesnost 0,14", délková 1,26 µm, pracovní rozsah teplot +5 ° až + 40 °C, hmotnost 31,5 kg, rozměry 220 x 280 x 855 mm, rozměry kontroléru 455 x x 350 x 200 mm s hmotností 10,5 kg. Za nástupce lze dnes označit Leica Absolute Tracker AT 930.

Tento text vznikl v rámci grantového projektu Ministerstva kultury ČR NAKI II, č. DG18P02OVV054 Zeměměřické a astronomické přístroje používané na území ČR od 16. do konce 20. století.

LITERATURA:

[1] VOGEL, P.: *Das Lebenswerk Jakob Kerns: 160 Jahre Kern Aarau*. Aarauer Neujahrsblätter 1980. http://doi.org/10.5169/seals-558866. [2019-04-30].
[2] Internetové stránky Kern & Co. AG Aarau - přehled. [online]. Dostupné na: http://www.kern-aarau.ch/kern/rundgang/ueberblick.html. [2019-06-06].
[3] HAAS, F.: *Kern-Geschichten*. Vydavatel Heinz AESCHLIMANN. Aarau 2002, 132 s. ISBN 978-3-033-03692-5.
[4] Internetové stránky Kern & Co. AG Aarau - úvod. [online]. Dostupné na: http://www.kern-aarau.ch/kern/willkommen/welcome.html. [2019-04-30].
[5] MÜLLER, F.-NOVOTNÝ, F.: *Geodésie nižší*. Díl I, II, III. 3. vydání. Praha, ČMT 1913.
[6] FARKAŠOVSKÝ, J.-KUKUČA, J.-BUKOVINSKÝ, E.: *Geo-Topo*. Bratislava, SVTL 1963.
[7] ROSENMUND, M.: *Spezial-Berichte über den Bau des Simplontunnels. Erster Teil: Die Bestimmung der Richtung, der Länge und der Höhenverhältnisse.* Bern, Hallersche Buchdruckerei 1901.
[8] PROCHÁZKA, E.: *Vývoj geodetického ústavu pražské techniky*. Praha, ČVUT 1975.

Do redakce došlo: 22. 7. 2019

Lektoroval:
RNDr. Tomáš Grim, Ph.D.,
Zeměměřický úřad

NÁRODNÍ TECHNICKÉ MUZEUM
www.ntm.cz

Sympozium je polytematické, sleduje události z geodézie, kartografie, fotogrammetrie a katastru, které přispívají k doplňování zeměměřické historie. Pozornost je věnována osobnostem, významným dílům a sbírkám přístrojů a map. Vybrané příspěvky budou publikovány v rozpravách NTM.

XL. SYMPOZIUM Z DĚJIN GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

Z MEZINÁRODNÍCH STYKŮ

Zasedání mezinárodní iniciativy EUPOS v roce 2018 v Tallinnu

Zasedání mezinárodní iniciativy Evropské sítě permanentních stanic (EUPOS) se konalo ve dnech 14. a 15. 11. 2019 v estonském Tallinnu (**obr. 1**, **2**). EUPOS je nezisková iniciativa sdružující státní instituce poskytující služby sítí permanentních stanic globálních navigačních družicových systémů (GNSS), jejímž cílem je zavedení a podpora interoperabilní infrastruktury GNSS pro určování polohy na území členských států zejména střední a východní Evropy za užití jednotných standardů a společných produktů a služeb. Pro dosažení uvedených cílů spolupracuje EUPOS též s mezinárodními organizacemi a vědeckými institucemi působícími v oblasti technologií GNSS. Český úřad zeměměřický a katastrální (ČÚZK) je zapojen do projektů EUPOS prostřednictvím Zeměměřického úřadu (ZÚ) a Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického, v. v. i. (VÚGTK), konkrétně je v rámci EUPOS zapojena Síť permanentních stanic GNSS České republiky (CZEPOS).

Zasedání EUPOS bylo rozděleno na jednání rady EUPOS dne 14. 11. a vlastní technické zasedání dne 15. 11. V úvodu jednání rady EUPOS přivítal účastníky zasedání A. *Ellmann*, zástupce generálního ředitele Estonského zeměměřického a katastrálního úřadu, který představil vývoj a současný stav zeměměřických činností úřadu včetně poskytovaných služeb. Poté již účastníky přivítal a jednání rady oficiálně zahájil J. *Šimek* z VÚGTK dočasně pověřený vedením EUPOS. Účastníkům zasedání byli dále představeni noví zástupci, a to zástupce rumunského Národního centra pro kartografii a nový zástupce Slovinského zeměměřického a katastrálního úřadu.

B. *Droščák* z Geodetického a kartografického ústavu Bratislava (GKÚ), t. č. současně místopředseda EUPOS, shrnul dosavadní stav složení iniciativy EUPOS, která se aktuálně skládá z 15 organizací, z nichž 10 bylo zasedání v Tallinnu přítomno. Složení se změnilo vzápětí, poté, co přítomní delegáti podpořili žádost o členství Slovinského zeměměřického a katastrálního úřadu, který se tak stal 16. členem EUPOS. J. *Šimek* a B. *Droščák* poté shrnuli aktivity EUPOS za uplynulý rok, jejíž činnost byla prezentována jak na uplynulém zasedání pracovní skupiny Positioning Knowledge Exchange Network (PosKEN) iniciativy EuroGeographics v Bruselu, tak na konferenci Subkomise Mezinárodní geodetické asociace pro Evropské referenční rámce (EUREF) v Amsterdamu. S. *Wajda*

Obr. 1 Účastníci zasedání EUPOS 2018

Obr. 2 Česko-slovenská účast na EUPOS 2018 (zleva: J. Řezníček, K. Smolík, J. Šimek a B. Droščák)

z Polska referoval o stavu webových stránek EUPOS, které podávají aktuální informace o činnosti EUPOS. Stránky v současné době spravuje polský Hlavní úřad geodézie a kartografie (GUGiK). Následovala diskuse nad možnými změnami stanov EUPOS. Diskutován byl zejména návrh na možné zřízení kanceláře EUPOS a s tím spojené pozice jejího sekretáře, který však nebyl realizován především z finančních důvodů.

Součástí jednání rady byly volby nového předsedy EUPOS a složení výkonného výboru EUPOS na další čtyřleté období. Ze dvou kandidátů na pozici předsedy přítomní zvolili většinou hlasů B. *Droščáka*. Funkci místopředsedsy následně B. *Droščák* coby nově zvolený předseda nabídl druhému z kandidátů I. *Mitrofanovsovi* z Lotyšska, který tuto přijal. Za členy výkonného výboru EUPOS byli zvoleni A. *Kenyeres* z Maďarska, I. *Mitrofanovs*, S. *Wajda*, a dále J. *Šimek* a J. *Řezníček* z České republiky (ČR).

A. *Kenyeres* podal zprávu o aktivitách EUREF. Zejména zmínil projekt zhuštění Permanentní sítě EUREF (EPN), na kterém je osobně zainteresován. Do projektu zhuštění EPN je v současnosti zapojeno kolem 3 000 permanentních stanic z celé Evropy včetně stanic sítě CZEPOS. Výsledkem je detailní sledování polohových a výškových změn zemského povrchu na území Evropy. Výpočet je časově náročný, problémy působí např. chybějící log soubory některých stanic (pozn. soubory s parametry stanic a jejich antén včetně historie), či absence kalibrací většiny antén vůči evropskému satelitnímu systému Galileo.

B. *Droščák* informoval o činnosti pracovní skupiny EUPOS pro monitoring kvality služeb. EUPOS provozuje vlastní aplikaci pro monitorování kvality služeb permanentních stanic, do které v současnosti přispívá 6 členských zemí. Průměrná přesnost služeb v poloze činí 1 cm v poloze, resp. 1,7 cm ve výšce.

V závěru jednání rady EUPOS představil K. *Smolík* z GKÚ aplikaci na sledování kvality služeb, která slouží zejména jako kontrolní nástroj administrátorům Slovenské prostorové observační služby (SKPOS). Aplikace též využívá software Anubis vyvinutý ve VÚGTK.

Úvod technického zasedání EUPOS zahájil J. *Šimek*, který nejprve stručně představil činnost EUPOS. Poté vystoupil jako host L. *Huisman* z Holandska, který představil holandskou státní síť permanentních stanic NetPOS, jež v současnosti čítá kolem 200 stanic. Software používaný v síti NetPOS dosud nepodporuje signály evropského navigačního satelitního systému Galileo, v NetPOS však současně probíhají podrobné analýzy kvality signálu Galileo, které L. *Huisman* pravidelně prezentuje i na zasedáních EUREF. Jako druhý z hostů vystoupil S. *Alissa* ze Švédska, který představil švédskou státní síť permanentních stanic SWEPOS. Tato síť, která čítá kolem 400 stanic, podporuje Galileo od roku 2018. Ze zkušeností vyplývá, že Galileo nepřineslo výrazné zpřesnění služeb sítě, avšak jejich zkvalitnění v místech nedostatečné viditelnosti družic, což je na území Švédska např. v lesích. Problematiku zhoršení příjmu družicového signálu v důsledku rušení signálem vysílaným radioamatéry prezentoval B. *Droščák* v zastoupení E. *Zahna* z Rakouska. Provozovatel rakouské sítě permanentních stanic APOS toto rušení detekoval na permanentní stanici Vídeň, kdy byl radioamatéry rušen zejména příjem signálů ruského GNSS GLONASS. Problém byl

byl vyřešen až po dohodě s radioamatéry, kteří museli změnit vysílanou frekvenci. Jako další z hostů vystoupil M. *Kakko* z Estonska, který je předsedou Rady evropských zeměměřičů (CLGE). Vystoupil tak v podstatě jménem evropských soukromých geodetů a shrnul jejich potřeby vůči sítím GNSS, které by měly mít dostatečnou přesnost na úrovni centimetrů, jež by se neměla lišit ani v přeshraničních oblastech. B. *Droščák* dále představil zkušenosti výzkumu provedeného v GKÚ založeného na principu testování sestav dvojic přijímačů, resp. dvojic antén GNSS. Testování přineslo výsledky v podobě detekce chyby příjmu konkrétních antén typu choke-ring způsobené zřejmě dosažením limitu životnosti těchto antén.

Následoval blok národních zpráv, který měl v podstatě společné téma, a to rozšíření kompatibility státních sítí permanentních stanic o signály evropského navigačního satelitního systému Galileo, resp. čínského BeiDou (dále jen „nové signály"). Za Polsko podal zprávu S. *Wajda*. V polské síti ASG-EUPOS se připravuje podpora nových signálů a současně zhuštění celé sítě. Za ČR podal zprávu J. *Řezníček*. Síť CZEPOS podporuje nové signály od roku 2017, služby s novými signály jsou poskytovány uživatelům od roku 2018, zatím však pouze z interních stanic CZEPOS, rozšíření o externí stanice se plánuje v roce 2019. V Maďarsku podporuje státní síť GNSSnet.hu příjem nových signálů pouze na 2 stanicích, modernizace sítě se však připravuje v roce 2019. Estonská síť permanentních stanic prochází podobným vývojem, jako tomu bylo u sítě CZEPOS, nové signály jsou v estonské síti zatím přijímány, je však potřeba pořídit licenci pro jejich poskytování uživatelům. V Lotyšské síti LATPOS je plánován upgrade stanic do roku 2020, zajímavostí je, že služby sítě jsou poskytovány od roku 2018 zdarma. V rumunské síti ROMPOS zatím podporuje nové signály 9 ze 74 stanic. Slovinská síť SIGNAL čítající 16 stanic rozšíření o nové signály připravuje. Slovenská síť SKPOS již nové signály plně podporuje, a to včetně jejich poskytování uživatelům.

V závěru zasedání EUPOS byly formulovány rezoluce obsahující dohodnuté závěry, např. přijetí Slovinska coby nové členské země EUPOS, výsledky voleb EUPOS, potřeba rozšíření podpory sítí permanentních stanic o signály Galileo včetně potřeby provádění kalibrací antén vůči Galileo, a v neposlední řadě poděkování hostitelské organizaci – Estonskému zeměměřickému a katastrálnímu úřadu za excelentní organizaci zasedání.

Ing. Jan Řezníček, Ph.D.,
Zeměměřický úřad,
foto: Estonský zeměměřický a katastrální úřad

Počítačová podpora v archeológii 2019

V termíne od 29. do 31. 5. 2019 sa po druhýkrát v Slovenskej republike – SR, (prvý krát v roku 2013) konal už 18. ročník medzinárodnej konferencie Počítačová podpora v archeológii. Miestom konania bolo Učebno-výcvikové zariadenie Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave (SvF STU Bratislava) v Kočovciach (**obr. 1**), kde bola pre účastníkov konferencie k dispozícii novostavba s modernou konferenčnou sálou, ako aj stará budova kaštieľa. Konferencia bývava striedavo organizovaná, každý rok na inom mieste, archeologickými inštitúciami z Českej republiky (ČR). Tento rok sa organizácie zhostili slovenské inštitúcie a tím vytvorila Katedra geodetických základov (KGZA) SvF STU Bratislava, Katedra archeológie Filozofickej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave (FiF UK Bratislava), Pamiatkový úrad (PÚ) SR, v spolupráci s Ústavom pro klasickou archeologii Filozofickej fakulty Univerzity Karlovej (FF UK Praha) a Archeologickým ústavom Akademie vied ČR.

Tak, ako aj po minulé roky, na konferencii odzneli príspevky zamerané na aktuálne témy a inovatívne využitie počítačových metód v archeológii, ako sú geografické informačné systémy (GIS), letecké laserové skenovanie (LLS, Light Detection And Ranging – LiDAR), trojrozmerné (3D) modelovanie a vizualizácia, štatistiky, priestorové databázy, digitalizácia, fotogrametria, publikovanie výsledkov na internete a pod., preto nie je prekvapením spolupráca organizácií zaoberajúcich sa geodéziou a archeológiou. Silné puto potvrdzuje aj fakt, že pracovníci z KGZA SvF STU Bratislava Tibor *Lieskovský* a Alexandra *Rášová*, dlhodobo uplatňujú svoje znalosti z geoinformatiky a geodézie vo výskumných úlohách priestorovej archeológie, aj v rámci zahraničných projektov v Guatemale, Iraku či Sudáne.

Počas prednáškových dní si celkovo 120 účastníkov (**obr. 2**) vypočulo a pozrelo 34 zaujímavých príspevkov a 10 posterov. Tento rok ako horúce témy rezonovali projekt LLS na území SR a projekt pamiatkový informačný systém (PAMIS). K uvedeným témam prebehli aj dve diskusné sekcie, v rámci ktorých si účastníci povymieňali svoje názory, skúsenosti a poznatky. Na podporenie študentských aktivít bol odmenený najlepší študentský poster a príspevok. Počas prestávok si mohli účastníci pozrieť simulácie a aj vyskúšať zariadenia, od firiem Studio 727 a Dwarf digital archeology, vďaka ktorým sa pomocou 3D virtuálnej reality preniesli na archeologické lokality alebo sa stali účastníkmi života v určitej historickej dobe.

Obr. 1 Spoločná fotka účastníkov konferencie pred kaštieľom v Kočovciach

Obr. 2 Naplnená konferenčná sála v Kočovciach

V prvý deň konferencie odzneli príspevky zamerané prevažne na témy tvorby trojrozmerných (3D) modelov, vizualizácií a dokumentácií archeologických nálezísk a artefaktov, ale zaujímavé boli aj prezentácie venujúce sa digitalizácii, dokumentovaniu a publikovaniu pamiatkového fondu SR alebo fotogrametrii ako dokumentačnej metóde archeológie pod vodou.

Druhý deň konferencie bol prevažne venovaný téme LiDAR, ale odzneli aj príspevky venujúce sa témam databáz, archeogeofyzike, virtuálnej realite či štatistickým a matematickým metódam modelovania osídlenia v minulosti na základe tzv. „veľkých" dát.

Po odprezentovaní príspevku zástupkyňou Úradu geodézie, kartografie a katastra SR Lindou *Gálovou* o projekte LLS územia SR (**obr. 3**), tvorbe a bezplatnom poskytovaní celoplošného nového digitálneho modelu reliéfu (DMR), a následne aj v rámci diskusie na túto tému, sa celé plénum zhodlo na veľkom potenciáli a využití týchto dát v oblasti kultúrneho dedičstva. Potvrdzujú to aj tvrdenia účastníkov (napríklad Peter *Bisták*, Matej *Ruttkay*, David *Novák*), že práca so špecifickými trojdimenzionálnymi dátami z konkrétnych lokalít získaných prostredníctvom technológie LiDAR umožňuje využiť rôzne prístupy a skúmať otázky, ako sú napr. výšky hradieb, hĺbky priekop a pod., pre výpočet rozmerov jednotlivých objektov. V posledných rokoch sa vďaka dátam z LLS aktivity a výskumy rozšírili do mnohých oblastí Slovenska. Podarilo sa úspešne znázorniť dispozície omnoho väčších opevnení umiestnených na širšom území ako bolo na jednotlivých lokalitách v prvých fázach projektov skúmané a zároveň sa získalo aj množstvo zaujímavých poznatkov vo výskumoch týkajúcich sa existencie pevností, usporiadania opevnení a dokonca ich možných funkcií a postupnej chronológie.

Využitie dát z LLS v archeológii má skutočne široké využitie pri vyhľadávaní doteraz neznámych objektov alebo výtvorov ľudskej činnosti, alebo ako vraví Tibor *Lieskovský*, „z neviditeľného urobiť viditeľné". Veľkou výhodou je aj identifikovanie útvarov priamo v štandardných geodetických súradnicových systémoch, čím sa v aplikáciách GIS získava hneď kvalitný mapový podklad pre evidenciu archeologických aktivít a dokumentáciu skutočného stavu, ako aj pre následné 3D modelovanie.

Vyššie uvedené príklady použitia len potvrdzujú, že DMR získaný z dát LLS je pre archeológov aj pamiatkarov nenahraditeľným podkladom a už teraz sa tešia na prvé poskytnuté a vypublikované lokality, na ktorých si budú môcť porovnať, obohatiť a otestovať svoje geodetické merania vykonané priamo v teréne, prípadne porovnať výsledné DMR, ktorých LLS bolo vykonávané v rôznych vegetačných obdobiach. Účastníci konferencie pochválili slovenský rezort geodézie a kartografie, že sa vydal cestou tvorby a bezplatného poskytovania celoplošného DMR a že sa mu aj úspešne darí napĺňať stanovené ciele.

Prednáškovú časť konferencie uzavrel svetovo uznávaný odborník na využitie výpočtových metód v archeológii, Andrew *Bevan* (Instute of Archaeology,

Obr. 3 Zástupkyňa ÚGKK SR Linda Gálová pri prezentovaní projektu LLS územia SR

Obr. 4 Pozvaný hosť Andrew Bevan prednášal o najnovších trendoch vo výpočtovej archeológii

University College London – **obr. 4**), svojou inšpiratívnou prednáškou. Najnovšie technológie a metódy, o ktorých hovoril, sa objavili aj v príspevkoch od jeho predrečníkov počas celej konferencie.

Posledný deň konferencie patril exkurzii, so sprievodcom Tomášom *Michalíkom* (Trenčianske múzeum), po blízkych archeologických lokalitách (Rakov-

ského kaplnku a hradisko Kočovce – Skalka, Haluzice – ruiny starého románskeho kostola a významné laténske hradisko Trenčianske Bohuslavice).

Medzinárodná konferencia Počítačová podpora v archeológii 2019 v Kočovciach bola zorganizovaná na vysokej úrovni, či už po odbornej alebo organizačnej stránke a príjemná atmosféra kaštieľa a komunity archeológov prispela k úspechu konferencie.

Ing. Linda Gálová, PhD.,
ÚGKK SR,
Ing. Alexandra Rášová, PhD.,
SvF STU Bratislava,
foto: Mgr. Petra Kmeťová,
PÚ SR

MAPY A ATLASY

Výstava Pavel Aretin z Ehrenfeldu: mapa mezi defenestrací a Bílou horou se konala na Albertově

Výstava představila život a dílo Pavla Aretina z Ehrenfeldu, jehož mapa s názvem Regni Bohemiae nova et exacta descriptio (Nový a přesný popis Království českého, vydána v roce 1619) vyšla poprvé před 400 lety (**obr. 1**). Výstavu uspořádala Geografická sekce Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Mapová sbírka a Knihovna geografie, autorkou výstavy byla PhDr. Mgr. Eva *Novotná*. Spoluautory byli Ing. Miroslav *Čábelka* a Mgr. Mirka *Tröglová Sejtková*.

Panelová expozice (**obr. 2**) byla rozdělena na několik částí. V úvodu se nacházel podrobný popis mapy Pavla Aretina z Ehrenfeldu, byla představena mapa J. Crigingera z roku 1568 v měřítku 1 : 683 500 (tzv. salzburská kopie) a mapa A. Ortelia (úprava Crigingerovy mapy v atlase Theatrum Orbis Terrarum) z roku 1570 v měřítku 1 : 780 000, obě jako předchůdkyně díla P. Aretina. Bylo zde vyzdvihnuto několik zajímavostí mapy, jako například první určení rozlohy Českého království, první zobrazení hranic zemských krajů včetně jejich názvů, v neposlední řadě poměrně podrobné měřítko (1 : 504 000) a rejstřík s přesnými souřadnicemi. Revidovaná mapa byla vydána dále v letech 1632, 1665 a někdy před rokem 1747).

V další části byl představen život a dílo Pavla Aretina od studií přes písařská léta až po místo sekretáře. Další panel představil Wussiny, pražský rod tiskařů, nakladatelů a knihkupců, kteří realizovali vydání Aretinovy mapy v letech 1665 a další nedatované.

Zajímavou součástí výstavy bylo i srovnání čtyř vydání mapy. Tak se návštěvníci dozvídali rozdíly v jednotlivých vydáních, ať již to bylo například jméno rytce, mocenské symboly, změny úprav kartuší apod. (**obr. 3**). Byly zde představeny také kartometrické analýzy mapy, při kterých se zkoumalo měřítko, rotace, směrodatná odchylka, nebo střední polohová chyba. Díky analýzám bylo pak mimo jiné upřesněno měřítko Aretinovy mapy na 1 : 543 580. Vznikl i unikátní model k vyhledávání míst z Registru podle návodu na okraji mapy.

V další části výstavy byly představeny i svým obsahem podobné topografické mapy vydané v Augsburgu (W. P. Zimmermann, 1619) a Amsterdamu (E. Sadeler, 1620) a vzájemně porovnán jejich obsah.

K zajímavým exponátům patřila i kopie unikátní rukopisné Aretinovy mapy zábřežského panství (1623, měřítko 1 : 21 630), která dokazuje autorovy kartografické znalosti, o nichž panují dohady. Stále není zcela jasné, zda Aretin je skutečným autorem mapy, či pouze jejím vydavatelem.

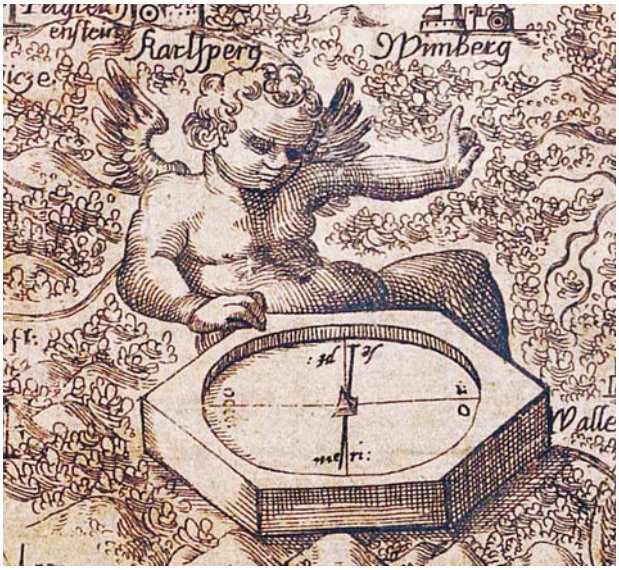
Na samostatném panelu byl popsán i místopis mapy, kde Aretinův místopisný rejstřík s 1 157 uvedenými místy byl oproti předcházejícím mapám M. Klaudyána (z roku 1518, 280 sídel) a J. Crigingera (z roku 1568, 480 sídel), výrazně podrobnější. V topografickém obsahu je i 16 smluvených značek a hranice politického rozdělení na 15 krajů.

Součástí výstavy byl panel s popisem figur na mapě, a to nejen popisem společenského postavení, ale i módou, kterou nosila královská rodina, ale také ostatní společenské vrstvy.

Výstava byla obohacena o dobové historické souvislosti vzniku mapy, neboť dílo vzniklo v bouřlivém období třicetileté války od defenestrace (1618), přes bitvu na Bílé hoře (1620) až po vyplenění Prahy Švédy (1648).

Obr. 2 Panelová expozice

Obr. 1 Ukázka Aretinovy mapy



Obr. 3 Detail mapy

Obr. 4 Autorka výstavy E. Novotná při komentované prohlídce

Návštěvníci výstavy si mohli prohlédnout i knihy a publikace související s obdobím vzniku Aretinovy mapy, ukázku dobových měr a nástrojů na měření z přelomu 16. a 17. století, a také dobový oblek mušketýra s výzbrojí.

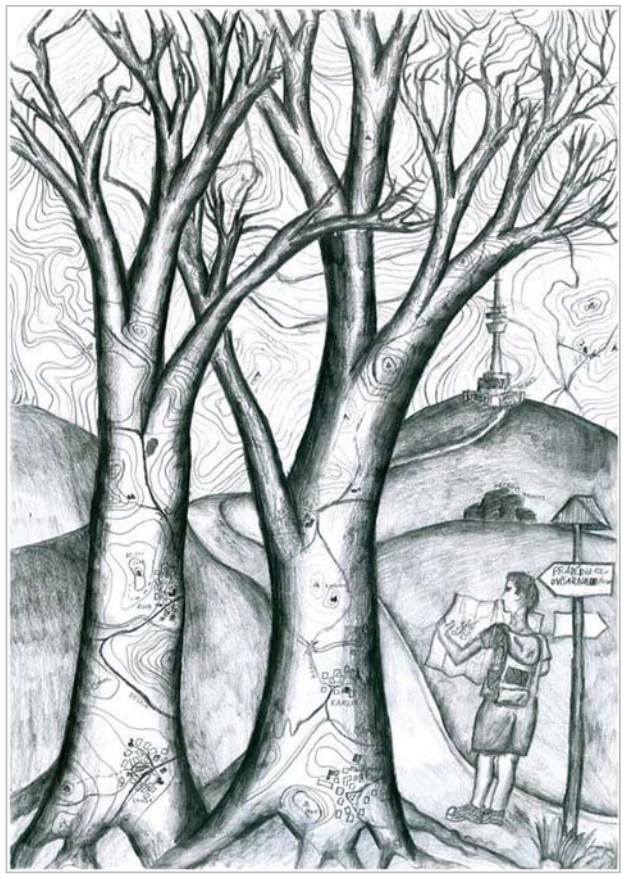
Výstavu doplnily i dvě komentované prohlídky s autorkou výstavy (**obr. 4**) a přednáška Z. Munzara (Vojenský historický ústav) Začátek třicetileté války v kontextu evropských událostí.Výstava Pavel Aretin z Ehrenfeldu: mapa mezi defenestrací a Bílou horou v prostoru předsálí Mapové sbírky PřF UK v Praze na Albertově byla dalším z pečlivě připravených počinů PřF UK z historie kartografie.

Putovní výstavu budou moci vidět v příštím roce zájemci v Národním archivu na Chodovci, v gymnáziu Teplicích a dalších institucích.

Petr Mach,
Zeměměřický úřad

Český zástupce uspěl v mezinárodní soutěži dětských kreseb

V rámci Mezinárodní kartografické konference, která se v letošním roce konala v japonském Tokiu ve dnech 15. až 20. 7. 2019, byla vyhodnocena soutěž Dětské kresby Barbary Petchenik. V České republice ji organizuje Česká kartografická společnost, která do mezinárodního kola vyslala z kola národního šest výtvarných děl (viz GaKO 2019/7). Ocenění v mezinárodní soutěži získal v kategorii „Special Mention“, udělované nad rámec tradičních věkových kategorií, obrázek



Obr. 1 Oceněný obrázek

„The Map Show Me the Way“ Roberta *Hopjana* (Základní škola Šrámkova, Opava, **obr. 1**), který se umístil v národním kole na 2. místě v kategorii 9–12 let.

RNDr. Alena Vondráková, Ph.D., LL.M.,
Univerzita Palackého v Olomouci

OSOBNÍ ZPRÁVY

K pětasedmdesátinám Ing. Františka Beneše, CSc.

Ing. František *Beneš*, CSc., se narodil 8. 10. 1944 ve vesnici Brsina, okres Příbram. Po studiu na SVVŠ v Sedlčanech absolvoval v roce 1967 geodeticko-astronomickou specializaci oboru geodézie a kartografie na Fakultě stavební (FSv) ČVUT v Praze. Externí aspiranturu ukončil na téže škole v roce 1978 obhajobou práce „Korelace v nivelaci“. V letech 1975 a 1976 externě studoval na Matematicko-fyzikální fakultě UK v postgraduálním kurzu „Numerické metody a programování“. Po promoci nastoupil 1. 7. 1967 na umístěnku na Středisko geodézie ve Voticích, okres Benešov. Po roční vojenské službě na Vojenské akademii v Brně (1967 a 1968) až do roku 2002 pracoval v Zeměměřickém úřadu (ZÚ) a v jeho předchůdcích: 1968-1972 jako technik a vedoucí polní měřické skupiny

v nivelaci a geodetické astronomii, 1972-1980 byl vedoucím oddělení v provozu nivelace, 1981-1984 vedoucím provozu triangulace a mapování, 1985-1990 byl náměstkem ředitele GKP, 1991-1994 vedoucím technického odboru ZÚ a v období 1995-2002 vedoucím odboru nivelace a gravimetrie. Od roku 2002 byl na jedno volební období poslancem Poslanecké sněmovny Parlamentu ČR, kde byl místopředsedou Výboru pro veřejnou správu, regionální rozvoj a životní prostředí. V červnu roku 2006 se vrátil do ZÚ, od 1. 5. 2007 do 31. 10. 2009 byl ředitelem Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického, v. v. i., ve Zdibech, který získal v roce 2007 Českou Hlavu v kategorii Industrie. Od 1. 11. 2009 je v důchodu a do 30. 6. 2017 pracoval v ZÚ jako odborný referent. Od 1. 1. 2007 do 30. 6. 2017 byl vedoucím redaktorem GaKO.

Po celou dobu odborné praxe se F. *Beneš* zabývá oblastmi základní geodézie, geodynamiky a informačních systémů. Autorsky se podílel mj. na projektech mezinárodních opakovaných nivelací ve východní Evropě (1974-1979), Modernizace geodetických základů ČSFR (1990) a vzniku Základní geodynamické sítě ČR, 1995. Byl statutárním zástupcem ČR pro evropskou výškovou síť – EUVN z roku 1997. Aktivní byl i v Komisi akademií věd pro geodézii jako člen odborné sekce pro geodynamiku a pro recentní pohyby v poddolovaných oblastech (1974-1988), od roku 1995 byl členem EUREF – subkomise IAG pro Evropu.

F. *Beneš* se podílel na tvorbě technických předpisů, publikoval dosud přes 80 odborných prací z geodézie, katastru, geodynamiky a informatiky a přes 400 příspěvků do novin a internetových médií z oblasti informatiky, katastru nemovitostí, lokalizace a bydlení.

V letech 1992-2010 byl členem Zastupitelstva MČ Praha 8, od roku 2006 je členem Dozorčí rady Státního fondu rozvoje bydlení. Kromě toho byl pětadvacet let trenérem, vedoucím a funkcionářem v házené a ledním hokeji, od roku 2011 je čestným členem TJ Bohemians Praha.

V období let 1988-1990 byl F. *Beneš* předsedou Českého výboru společnosti geodézie a kartografie ČSVTS, v letech 2007-2012 členem předsednictva ČSVTS, v letech 2004-2018 byl členem Rady Českého svazu geodetů a kartografů. V roce 2008 získal ocenění Osobnost roku Komory geodetů a kartografů. Na Fakultě aplikovaných věd ZČU v Plzni byl členem Oborové rady oboru Geomatika doktorského studijního programu a na FSv ČVUT v Praze je členem Státní zkušební komise pro závěrečné zkoušky doktorského studia a komise pro obhajoby bakalářských a diplomových prací oboru geodézie a kartografie. Je citován v encyklopediích Kdo je kdo v ČR (2005) a Hübners Who is Who (od roku 2003).

Do dalších let přejeme F. *Benešovi* neutuchající elán ve všech jeho četných aktivitách. Kromě těch pracovních zejména také pevné zdraví a štěstí v osobním a rodinném životě.

NEKROLOGY

Prof. Ing. Milan Burša, DrSc.

Dne 17. 8. 2019 zemřel ve věku 90 let přední světový odborník v oblasti geodézie prof. Ing. Milan *Burša*, DrSc.

Milan *Burša* se narodil 4. 7. 1929 v Bojanově u Chrudimi, v rodině učitele, kde vychodil základní školu. Po absolvování gymnázia zahájil geodetická studia na Vysoké škole speciálních nauk ČVUT v Praze, ve kterých pokračoval na astronomicko-geodetické fakultě Moskevského Institutu inženýrů Geodézie, fotogrammetrie a kartografie (MIIGAiK). Od roku 1955 studoval u prof. Izotova Moloděnského, jednoho z největších geodetů 20. stol., teorii a fyzikální a matematické principy řešení úloh vyšší geodézie a geodetické gravimetrie. Roku 1959 obhájil kandidátskou dizertační práci „Určení parametrů zemského elipsoidu". Na základě Buršových modifikací byly v období příprav na definování moderních, klasických geodetických systémů (S-42 a S-42/83) byly ve Výzkumném ústavu geodetickém, topografickém a kartografickém (VÚGTK) zkonstruovány mapy průběhu kvazigeoidu a izočar tížnicových odchylek pro přenos měřených dat na výpočetní plochu. Jeho významným dílem bylo zpracování třídílné učebnice kosmické geodézie, která má dodnes svůj přínos. V roce 1973 obhájil doktorskou práci „Určení parametrů geodetických referenčních systémů Země a Měsíce z družicových a povrchových údajů". Ve VÚGTK působil do 30. 6. 1974. Publikoval pravidelně v domácích a zahraničních časopisech a pracoval v tehdejším národním komitétu geodetickém a geofyzikálním Akademie věd. V roce 1974 se stal vedoucím oddělení dynamiky sluneční soustavy Astronomického ústavu Akademie věd, které založil a vybudoval. Tuto funkci zastával až do roku 1990. V roce 1984 byl zvolen členem korespondentem Československé akademie věd (ČSAV). V letech 1983 až 1987 byl místopředsedou Mezinárodní asociace geodézie (IAG) a zároveň předsedou speciálních studijních skupin „Slapové tření a rotace Země" a „Parametry společného významu pro astronomii, geodézii a geodynamiku". Od roku 1991 zastával funkci předsedy speciální komise IAG pro fundamentální astronomicko-geodetické konstanty zabývající se definicí základních parametrů geodetického geocentrického systému. Svou vědeckou činnost spojil i s angažmá v Mezinárodním komitétu pro výzkum kosmického prostoru (COSPAR) a v Mezinárodní astronomické unii (IAU). Dále byl odborným vedoucím mezinárodní speciální studijní skupiny globální geodézie (Special Study Group on Global Geodesy Topics: Satellite Altimetry Applications) při Geografickém výboru NATO řešící problematiku testování modelů a vytvoření globálního systému výšek - s ohledem na praktické potřeby navigace v podmínkách existence GPS. Významnou měrou se podílel na výzkumných úlohech vojenské topografické služby.

Od roku 1995 byl vědeckým pracovníkem Topografické služby Armády České republiky ve Vojenském topografickém ústavu v Dobrušce. Jeho vědecké i praktické přínosy jsou velmi významné. Přispěl k řešení problematiky tvaru a tíhového pole Měsíce a dalších planet, teorie rotace Země a vlivů slapů na vývoj sluneční soustavy. Zabýval se základními problémy geodynamiky. Je autorem teorie vlivu rotačních deformací tělesa Země na poruchy drah umělých družic Země a připravil IAG doporučované parametry trojosého elipsoidu. Problematika zpřesňování parametrů modelu geopotencionálu má v současné době velký význam pro teorii geodézie a její důsledky v navigaci.

Byl členem redakčních rad významných časopisů – „Studia geophysica et geodetika Earth, Moon and Planets a Acta geodetica et geophysica Hungarica" Ve Studiích nadto od roku 1976 působil jako předseda redakční rady. Byl ale i předsedou komise pro obhajoby doktorských dizertačních prací v oboru geodézie při ČSAV. Na základě své přednáškové a vědecké práce se stal v roce 1987 profesorem ČVUT, aniž by byl před tím docentem. Od roku 1964 přednášel družicovou geodézii na ČVUT v Praze, dále přednášel na matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy a na Vojenské akademii v Brně, kde působil jako externí profesor kosmické geodézie. Řadu svých přednášek přednesl také na zahraničních univerzitách a vysokých školách, kam byl zván.

Významná byla jeho publikační činnost. Byl autorem či spoluautorem více než 450 původních prací, několika knih a učebnic, které byly přeloženy i do angličtiny a ruštiny. Je dokumentováno na tisíc citací jeho prací ve vědecké literatuře. Za svůj život se mu dostalo mnoho zahraničních ocenění. Jmenujme alespoň „Fellow of IAG", či pamětní medaili university v Uppsale, a další. Jeho jméno je uvedeno v mezinárodních biografických publikacích. Svým dílem se trvale zapsal mezi přední světové odborníky v oblasti geodézie.

Čest jeho památce!

Pro příští GaKO připravujeme:

ŠÍMA, J.: **Ověření polohové přesnosti Ortofota ČR na celém státním území (2017-2018)**

HUSÁR, L.: **Astronomický základ gregoriánskeho kalendára a juliánskeho dátumu**

GEODETICKÝ A KARTOGRAFICKÝ OBZOR
recenzovaný odborný a vědecký časopis
Českého úřadu zeměměřického a katastrálního
a Úradu 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 Keblúšková – 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

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, tel.: 00420 284 041 656 (P. Mach)

Sazba:

Petr Mach

Vychází dvanáctkrát ročně, zdarma.
Toto číslo vyšlo v říjnu 2019, do sazby v září 2019.

CC BY SA

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

Geodetický a kartografický obzor (GaKO)
10/2019