



GEODETICKÝ a KARTOGRAFICKÝ

obzor

opzor

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

11/2018

Praha, listopad 2018
Roč. 64 (106) ● Číslo 11 ● str. 233–256

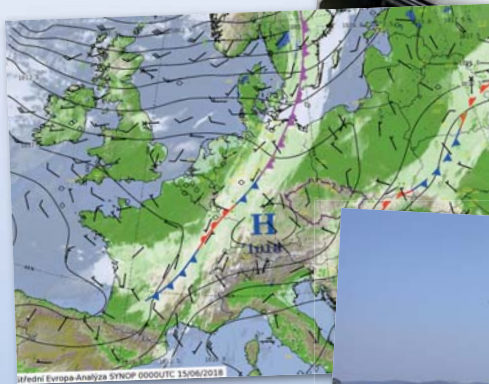
100 LET



Hydrometeorologická služba armády České republiky si v letošním roce připomíná 100. výročí své existence.

Hydrometeorologické podmínky jsou důležitým činitelem bojové situace – jednou vojskům napomáhají, jindy ztěžují bojovou činnost. Proto se musí brát v úvahu jak při plánování bojové činnosti, tak v průběhu boje. Příznivé hydrometeorologické podmínky je třeba vždy využívat a před nepříznivými vlivy počasí musí být vojska vždy včas zabezpečena. Vliv hydrometeorologických podmínek nesmí být v žádném případě podceňován. Podcenění vlivu počasí nebo nedostatečná hydrometeorologická podpora vojsk může vést k nesplnění úkolu, ke zvýšenému vyčerpání sil a prostředků, ale i ke ztrátám.

Rozvoj bojové techniky a výcviku vojsk umožňuje boj za každých hydrometeorologických podmínek. Znalost těchto podmínek a jejich dovedné využití umožňují šetření silami a materiálem a plné využití možností této techniky při provádění jednotlivých bojových operací. Naopak nepříznivé hydrometeorologické podmínky, jako mlha, nízká oblačnost, sníh a náledí, mohou podstatně snížit rychlost bojových operací a přesunů. Důležité pro vedení bojové činnosti je také zjišťování rychlosti a směru šíření zamoření bojovými otravnými a radioaktivními látkami na bojišti, které závisí na směru a rychlosti větru.



HYDROMETEOROLOGICKÁ SLUŽBA
ARMÁDY ČR

<http://www.hydrometeoservice.army.cz>

Obsah

Ing. Pavol Letko
Newtonovská limita vo všeobecnej teórii relativity 233

Ing. Marián Marčiš, PhD.,
doc. Ing. Marek Fraštia, PhD.
Fotogrametria ako efektívny pomocník geodeta na príklade zamerania stavebného objektu 236

Z MEDZINÁRODNÝCH STYKOV 243

SPOLOČENSKO-ODBORNÁ ČINNOSŤ 250

MAPY A ATLASY 256

Newtonovská limita vo všeobecnej teórii relativity

Ing. Pavol Letko,
Katedra geodetických základov,
Stavebná fakulta STU v Bratislave

Abstrakt

Predkladaný článok sa zaoberá spojitostou medzi klasickou teóriou gravitácie zavedenou I. Newtonom a všeobecnou teóriou relativity, teda geometrickou teóriou gravitácie. Konkrétne sa zameriava na vysvetlenie vzťahu medzi parametrami ako gravitačný potenciál a metrický tenzor, resp. z nich odvodenými veličinami.

Newtonian Limit in General Theory of Relativity

Abstract

The following paper deals with connection between classical theory of gravitation as viewed by I. Newton and general theory of relativity, i.e. geometrical view of gravitation. Specifically the relations between parameters such as gravitational potential and metric tensor and their respective derived variables are explained.

Keywords: gravitational potential, metric tensor, Riemann tensor, geodesic equation

1. Úvod

Srdcom všeobecnej teórie relativity je tzv. princíp ekvivalencie – ekvivalencia gravitačnej a zotrvačnej hmotnosti (pohyb v gravitačnom poli je nezávislý od hmotnosti) a poukazuje na fakt, že v nehomogénom gravitačnom poli nie je možné zaviesť globálny inerciálny súradnicový systém, v ktorom by sme popisovali všetky fyzikálne deje s použitím špeciálnej teórie relativity (ŠTR), pretože nehomogenita gravitácie sa prejaví v slapových zrýchleniach. Jedinou možnosťou je celé toto pole zložiť z dostatočne časopriestorovo ohraničených lokálnych inerciálnych systémov, kde môžeme pracovať so ŠTR a slapové efekty sa neprejaví.

Podobne je to v prípade krivých plôch a možnosti ich rozvinutia do roviny. Ak je tzv. Gaussova krivosť nenulová, nie je možné rozvinúť tieto povrchy do roviny bez toho, aby došlo ku skresleniam; vnútorná krivosť plochy (nezavislá od spôsobu votknutia danej n -rozmernej plochy do $n+1$ -rozmerneho priestoru) sa nedá odstrániť transformáciou – je skutočná a tým pádom nie je možné na danej krivej ploche zaviesť súradnicový systém s rovnými súradnicami (konštantný a diagonálny metrický tenzor $g_{\mu\nu}$). Musíme použiť len krivočiare súradnice, čo sa prejaví v kompozícií metrického tenzora. O vnútornej (skutočnej) krivosti dáva informáciu Riemannov tenzor krivosti $R^{\alpha}_{\beta\gamma\delta}$, ktorý je zovšeobecnením pojmu Gaussova krivosť pre

n -rozmerne plochy. Dôležité je, že tento tenzor je funkciou parametrov len vnútornej geometrie a nie je teda nutné zavádzať žiadny nadpriestor.

Z uvedenej analógie je zjavné, že pri prepojení oboch týchto oblastí bude v geometrickej teórii gravitácie pojem slapových zrýchlení zrejme ekvivalentný s tenzorom krivosti $R^{\alpha}_{\beta\gamma\delta}$. V ďalšom texte odvodíme podmienky tejto ekvivalencie.

2. Newtonovská limita vo všeobecnej teórii relativity – odvodenie podmienok

Všeobecná teória relativity ako rozšírenie klasickej teórie gravitácie musí byť v istej limite totožná s touto klasickou teóriou. Táto limita je charakterizovaná nasledovnými tromi podmienkami [1]:

1. metrický tenzor je nezávislý na čase a je diagonálny,
2. teleso sa pohybuje malou rýchlosťou v porovnaní s rýchlosťou svetla c ,
3. gravitačné pole je slabé, t. j. zakrivenie časopriestoru je malé.

Cieľom je zostaviť ekvivalent Newtonovej pohybovej rovnice pre pohyb častice v poli:

$$\ddot{x} = -\nabla V, \quad (1)$$

kde \ddot{x} je vektor zrýchlenia a V je gravitačný potenciál, pričom z princípu ekvivalencie Einstein odvodil, že všetky telesá voľne padajúce v gravitačnom poli sa pohybujú po rovnakých trajektoriách (pohyb je nezávislý od hmotnosti) a týmito trajektoriami sú geodetické čiary vo všeobecnom zakrivenom priestore, čoho dôsledkom je gravitácia (fiktívna *sila*). Pohybovú rovnicu telesa padajúcom v gravitačnom poli by teda mala nahradiť rovnica geodetickej čiary, ktorá má vo všeobecných súradniciach tvar [2]:

$$\frac{d^2 x^\mu}{d\tau^2} + \Gamma_{\alpha\beta}^\mu \frac{dx^\alpha}{d\tau} \frac{dx^\beta}{d\tau} = 0, \quad (2)$$

kde x^μ sú súradnice štvorvektora udalosti, $\mu = 0, 1, 2, 3$ označuje súradnicu, τ je vlastný čas (invariantný parameter krivky), $\Gamma_{\alpha\beta}^\mu$ je Christoffelov symbol.

Podmienka 1. nie je nevyhnutná, zjednodušuje však výpočet. Vhodnou voľbou súradnicovej sústavy docielime, že metrika bude diagonálna a spojením sústavy s telesom generujúcim pole bude zároveň stacionárna, t. j. $g_{\alpha\beta,\gamma} = 0$ (čiarkou je symbolicky označená parciálna derivácia a indexy $\alpha, \beta, \gamma = 0, 1, 2, 3$).

Malá rýchlosť telesa vzhľadom k rýchlosti svetla v podmienke 2. znamená, že nemusíme rozlišovať medzi súradnicovým a vlastným časom a časová zložka štvorrýchlosti je výrazne väčšia než priestorové zložky [1]:

$$\frac{dt}{d\tau} = \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \approx 1, \quad \left| \frac{dx^k}{d\tau} \right| \ll \frac{dx^0}{d\tau}, \quad k = 1, 2, 3, \quad (3)$$

kde dt a $d\tau$ sú diferenciály vlastného a súradnicového času, γ je Lorentzov faktor, v je veľkosť priestorovej zložky štvorrýchlosti telesa, c je rýchlosť svetla, k predstavuje priestorové súradnice.

Slabé gravitačné pole v podmienke 3. znamená, že sa metrika bude len veľmi málo odlišovať od Minkowského diagonálnej metriky platnej v ŠTR [1]:

$$g_{\alpha\beta} \approx \eta_{\alpha\beta} + h_{\alpha\beta}, \quad \alpha, \beta = 0, 1, 2, 3, \quad (4)$$

kde $h_{\alpha\beta}$ sú malé odchýlky od Minkowského metriky $\eta_{\alpha\beta}$ (v zmysle takom, že vo všetkých výrazoch budeme zanedbávať ich kvadráty). Metrika $g_{\alpha\beta}$ teda bude mať konečný tvar [1]:

$$g_{\alpha\beta} = \begin{pmatrix} -1 + h_{00} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 + h_{11} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 + h_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 + h_{33} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Inverzná matica $g^{\alpha\beta}$ bude v tvare [1]:

$$g^{\alpha\beta} = \begin{pmatrix} -1 - h_{00} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - h_{11} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 - h_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 - h_{33} \end{pmatrix}, \quad (6)$$

kde sme zohľadnili fakt, že poruchy $h_{\alpha\beta}$ sú malé a môžeme urobiť Taylorov rozvoj do prvého rádu – využili sme približnú rovnosť $(1+x)^n \approx 1+nx$.

Vzhľadom k predpokladu (3) zostanú v druhej časti rovnice geodetickej čiary (2) len časové členy a po úprave dostaneme:

$$\frac{d^2 x^\mu}{d\tau^2} + \Gamma_{00}^\mu \frac{dx^0}{d\tau} \frac{dx^0}{d\tau} = 0 \rightarrow \frac{d^2 x^\mu}{d\tau^2} + c^2 \Gamma_{00}^\mu = 0, \quad (7)$$

kde τ je vlastný čas, Γ_{00}^μ je Christoffelov symbol spojený s časovou zložkou metriky, x^μ sú zložky štvorvektora udalosti ($\mu = 0, 1, 2, 3$; $x^\mu = (ct, x^k) = (ct, x, y, z)$ v karteziánskych súradniciach, pričom $k = (1, 2, 3)$ sú priestorové súradnice udalosti). Zohľadnili sme fakt, že v newtonovskej limite nie je rozdiel medzi vlastným a súradnicovým časom, takže platí $t = \tau$, resp. $dx^0/d\tau = d(ct)/dt = c$.

Zostáva určiť Christoffelove symboly Γ_{00}^μ , pre ktoré s ohľadom na vyššie uvedenú podmienku stacionárnej metriky platí [1]:

$$\Gamma_{00}^\gamma = \frac{1}{2} g^{\gamma\epsilon} (g_{\epsilon 0,0} + g_{\epsilon 0,0} - g_{00,\epsilon}) = -\frac{1}{2} g^{\gamma\epsilon} g_{00,\epsilon}, \quad (8)$$

čo sú vlastne štyri Christoffelove symboly pre $\gamma = 0, 1, 2, 3$; využijeme nulovosť nediagonálnych prvkov metriky a časových derivácií a dostávame:

$$\begin{aligned} \Gamma_{00}^0 &= -\frac{1}{2} g^{00} g_{00,0} = -\frac{1}{2} g^{00} g_{00,0} - \frac{1}{2} g^{01} g_{00,1} - \frac{1}{2} g^{02} g_{00,2} - \frac{1}{2} g^{03} g_{00,3} = 0, \\ \Gamma_{00}^1 &= -\frac{1}{2} g^{1\epsilon} g_{00,\epsilon} = -\frac{1}{2} g^{11} g_{00,1} = -\frac{1}{2} (1 - h_{11})(-1 + h_{00,1}) \approx -\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{h_{00}}{2} \right), \\ \Gamma_{00}^2 &= -\frac{1}{2} g^{2\epsilon} g_{00,\epsilon} = -\frac{1}{2} g^{22} g_{00,2} = -\frac{1}{2} (1 - h_{22})(-1 + h_{00,2}) \approx -\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{h_{00}}{2} \right), \\ \Gamma_{00}^3 &= -\frac{1}{2} g^{3\epsilon} g_{00,\epsilon} = -\frac{1}{2} g^{33} g_{00,3} = -\frac{1}{2} (1 - h_{33})(-1 + h_{00,3}) \approx -\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{h_{00}}{2} \right). \end{aligned} \quad (9)$$

V rovnici geodetiky (7) môžeme zameniť vlastný čas za súradnicový ($t = \tau$, $d\tau = dt$), časová zložka je splnená triviálne ($0 = 0$) a z rovnice geodetiky (7) pri zohľadnení (9) zostane len rovnica pre časové derivácie priestorových zložiek štvorvektora udalosti x (formálne zhodná s Newtonovou pohybovou rovnicou (1)) v tvare:

$$\frac{d^2 \mathbf{x}}{dt^2} = \nabla \left(\frac{c^2 h_{00}}{2} \right) \rightarrow \ddot{\mathbf{x}} = \nabla \left(\frac{c^2 h_{00}}{2} \right) \rightarrow h_{00} = -\frac{2V}{c^2}, \quad (10)$$

pričom porovnaním oboch rovníc dospejeme k záveru, že obe teórie budú zhodné, ak bude platiť posledný výraz v (10). Preto finálny tvar metriky pre newtonovskú limitu je:

$$g_{\alpha\beta} = \begin{pmatrix} -\left(1 + \frac{2V}{c^2}\right) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 + h_{11} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 + h_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 + h_{33} \end{pmatrix} \quad (11)$$

a pre invariantný časopriestorový interval $ds^2 = g_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta$ bude platiť:

$$\begin{aligned} ds^2 &\approx g_{00} (dx^0)^2 + g_{11} (dx^1)^2 + g_{22} (dx^2)^2 + g_{33} (dx^3)^2 = \\ &= -\left(1 + \frac{2V}{c^2}\right) c^2 dt^2 + \dots, \end{aligned} \quad (12)$$

pričom o priestorovej časti metriky g_{kk} ($k = 1, 2, 3$) v tomto priblížení nevieme nič, ale časová časť je zjavne deformovaná prítomnosťou telesa, ktoré zakrivuje časopriestor. Je zrejmé, že potenciál a jeho derivácie súvisí s metrikou a jej deriváciami. Tým pádom sme ukázali, že parametre gravitačného poľa a pohyby telies v tomto poli sa dajú popísať

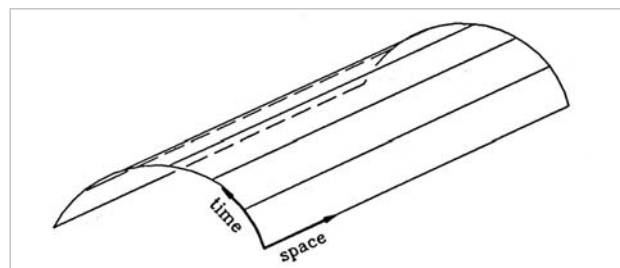
pomocou geometrických veličín, presnejšie, že telesá voľne padajúce v gravitačnom poli a nepodliehajúce iným silám, sa pohybujú po geodetických čiarach sledujúc zakrivenie časopriestoru (pri splnení podmienky (10)).

Odchýlka krivého časopriestoru od rovného Minkowského časopriestoru bude teda v prípade slabých a statických gravitačných polí úmerná gravitačnému potenciálu tohto poľa. V najjednoduchšom prípade poľa generovaného homogénnou sférou platí pre gravitačný potenciál [3] a následne pre poruchový člen h_{00} :

$$V(r) = -\frac{GM}{r} \rightarrow h_{00} = \frac{2GM}{c^2 r}, \quad (13)$$

kde r je radiálna vzdialenosť od stredu homogénnej sféry, G je univerzálna gravitačná konštanta, M je hmotnosť telesa generujúceho gravitačné pole, c je rýchlosť svetla. Je zrejmé, že vo veľkých vzdialenostiach od telesa ($r \rightarrow \infty$) sa metrika zmení na Minkowského metriku rovného časopriestoru ŠTR a naopak. Najväčšia porucha a zakrivenie časopriestoru bude blízko povrchu telesa, teda napr. v prípade takto aproximovanej Zeme ($GM = 3,986004418 \cdot 10^{14} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$, $c = 299792458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $R = 6363672,6 \text{ m}$) [4] je $h_{00} \sim 10^{-9}$, presnejšie:

$$g_{00} = -(1 - h_{00}) = -(1 - 2GM/c^2/R) = -(1 - 1,4 \times 10^{-9}). \quad (14)$$



Obr. 1 Časopriestor s časovou zložkou zakrivenia [5]

Pre Slnko vychádza $h_{00} \sim 10^{-6}$, pre bieleho trpaslíka 10^{-4} , neutrónovú hviezdu 10^{-1} , resp. pre čiernu dieru $h_{00} \sim 1$ [2].

Priestorovú časť metrického tenzora sme síce neodvodili, pre jednoduchosť však môžeme predpokladať, že je to jednotková matica a jediným zdrojom pokrivenia časopriestoru je časová zložka (potenciál telesa). To nám umožňuje vypočítať zložky $R^{\alpha}_{\beta\gamma\delta}$ a jeho postupným úžením parameter skalárna krivosť R , ktorý môže slúžiť ako jednoduchý parameter na posúdenie približnej miery zakrivenia časopriestoru v okolí daného telesa. Kovariantný a kontravariantný metrický tenzor teda predpokladáme v tvare (napr. v [5]):

$$g_{\alpha\beta} = \begin{pmatrix} -\left(1 + \frac{2V}{c^2}\right) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (15)$$

$$g^{\alpha\beta} = \begin{pmatrix} -\left(1 - \frac{2V}{c^2}\right) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

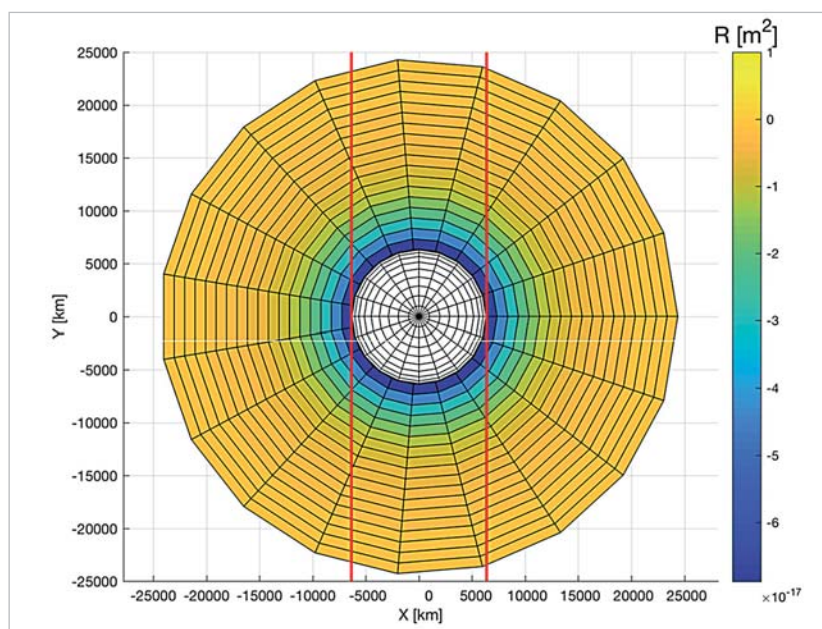
pričom sme zanedbali kvadratické členy a takýto časopriestor si môžeme jednoducho predstaviť ako na obr. 1.

Výpočet skalárnej krivosti R v prípade metriky (15) vyzerá nasledovne:

$$R = g^{\alpha\beta} R_{\alpha\beta} = g^{00} R_{00} + R_{11} = -\left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right) R_{010} + R_{101} = -\Gamma^1_{00,1} - \Gamma^0_{00,1} = -\frac{4}{r^2 c^2} V(r), \quad (16)$$

kde $R^{\alpha}_{\beta\gamma\delta}$ sú zložky Riemannovho tenzora krivosti, $\Gamma^{\gamma}_{\alpha\beta,\delta}$ sú parciálne derivácie Christoffelových symbolov, r je radiálna vzdialenosť bodu od zdroja potenciálu, $V(r)$ je gravitačný potenciál generovaný homogénnou sférou.

Výpočet sme vykonali pre vyššie uvedené parametre Zeme s použitím sférických súradníc, čo uľahčilo výpočet derivácií časovej zložky metrického tenzora, pričom sme prijali rovnaké podmienky ako pri odvodení newtonovskej limity vyššie. Výsledok je znázornený na obr. 2 vo forme



Obr. 2 Grafické znázornenie zakrivenia časopriestoru v okolí Zeme

skalárneho poľa. Ten predstavuje všeobecný rez koncentrickými ekvipotenciálnymi sférickými plochami, na ktorom je zavedená polárna sieť súradníc, nakoľko takýto potenciál je len funkciou radiálnej vzdialenosti (pre účely vykreslenia boli transformované na pravouhlé).

Z obr. 2 a vzťahu (16) je zrejme, že maximálne zakrivenie časopriestoru bude v bezprostrednej blízkosti povrchu aproximovanej Zeme a postupne klesá úmerne prevrátenej hodnote kvadrátu radiálnej vzdialenosti (podobne ako gravitačná sila). Na obr. 2 je červenou čiarou znázornený zemský povrch a farebná mierka skalárnej krivosti R je normovaná koeficientom 10^{19} . O priebehu zakrivenia však dostávame názorný obraz.

3. Záver

V krátkosti sme uviedli mechanizmus prepojenia klasickej teórie gravitácie a geometrického ponímania tohto fenoménu v rámci všeobecnej teórie relativity, kedy sa potenciál poľa a jeho derivácie (intenzita, gradienty) nahrádza metrickým tenzorom a jeho deriváciami (Christoffelove symboly, Riemannov tenzor krivosti). Na veľmi jednoduchom príklade sme názorne ukázali a graficky znázornili pomocou parametra skalárnej krivosti zakrivenie časopriestoru v blízkom okolí homogénnej gule aproximujúcej Zem, pričom sme predpokladali limitu slabého a stacio-

nárneho gravitačného poľa pri rýchlostiach oveľa nižších než je rýchlosť svetla. Uvedené zjednodušenia je možné zavádzať, napr. v rámci slnečnej sústavy. Pre hmotnejšie objekty typu neutrónovej hviezdy alebo čiernej diery je nutné vychádzať priamo z poľných rovníc všeobecnej teórie relativity.

LITERATÚRA:

- [1] KULHÁNEK, P.: Obecná teorie relativity. [Online]. Dostupné z: <http://www.aldebaran.cz/studium/otr.pdf>.
- [2] HOBSON, M. P.-EFSTATHIOU, G.-LASENBY, A. N.: General Relativity. New York, Cambridge University Press, 2006. ISBN 978-0-511-13795-2.
- [3] LOWRIE, W.: A Student's Guide To Geophysical Equations. New York, Cambridge University Press, 2011. ISBN 978-0-521-18377-2.
- [4] IERS Technical Note No. 36. [Online]. Dostupné z: <https://www.iers.org/SharedDocs/Publikationen/EN/IERS/Publications/tn/TechnNote36/tn36.html>.
- [5] HOFFMAN-WELLENHOF, B.-MORITZ, H.: Geometry, Relativity, Geodesy. Karlsruhe, Wichmann, 1993. ISBN 3-87907-244-2.

Do redakcie došlo: 6. 2. 2018

Lektoroval:
prof. Dr. Ing. Leoš Mervart, DrSc.,
ČVUT v Praze

Fotogrametria ako efektívny pomocník geodeta na príklade zamerania stavebného objektu

Ing. Marián Marčíš, PhD.,
doc. Ing. Marek Fraštia, PhD.,
Katedra geodézie,
Stavebná fakulta STU v Bratislave

Abstrakt

Jednou z najčastejších úloh geodeta býva zameranie skutočného stavu stavebného objektu, napr. na účely architektonickej štúdie súvisiacej s rekonštrukciou stavby. V súčasnosti si pritom môže geodet vybrať z viacerých metód a technológií, ktoré mu pri riešení uvedenej situácie môžu byť nápomocné. Každá z nich má svoje výhody i nevýhody, spojené s finančnou náročnosťou potrebného vybavenia, s jeho technologickými obmedzeniami alebo s časovou náročnosťou terénnych a kancelárskych prác. Digitálna fotogrametria so sebou prináša možnosť úplnej a efektívnej dokumentácie priestorového tvaru objektu v čase merania s výraznou pridanou hodnotou vo forme textúrových informácií s vysokým rozlíšením. Príspevok sa venuje silným aj slabým stránkam aktuálnych automatizovaných fotogrametrických metód pri zameraní skutočného stavu stavebného objektu a demonštruje ich na konkrétnom praktickom príklade.

Photogrammetry – Effective Help for a Surveyor – Building Measurement

Abstract

One of common tasks of a surveyor is to measure the real state of a building, e.g. for the purpose of an architecture study related to building reconstruction. Today, the surveyor can choose from various methods and technologies that can help him to solve the mentioned situation. Every one of them has its pros and cons related to financial costs of required equipment, its technological limitations or the time consuming process of terrain or office works. The digital photogrammetry brings the possibility of full and effective documentation of the state of the building in the time of measurement with significant benefit in the form of high-resolution textural information. The contribution deals with strengths and weaknesses of the existing automated photogrammetric methods and demonstrates them on the process of measurement of a real building.

Keywords: image based modelling, structure from motion, digital photogrammetry, 3D model of building

1. Úvod

V súčasnosti môže geodet na zameranie skutočného stavu stavebného objektu využiť v zásade niektorú z nasledovných troch metód:

- priestorovú polárnu metódu s podporou univerzálnej meracej stanice (UMS),
- terestrické laserové skenovanie (TLS),
- digitálnu fotogrametriu.

Architekti pre svoje merania veľmi často využívajú aj príručné laserové diaľkomery, no vzhľadom na často komplikovaný priestorový tvar stavebných objektov môže byť rekonštrukcia ich tvaru len na podklade omerných mier nespoľahlivá a zdĺhavá.

Použitie UMS by ešte pred pár rokmi bolo prvou voľbou každého geodeta, keďže na účely zamerania skutočného stavu mnohokrát postačuje aj značne generalizované selektívne meranie charakteristických bodov stavebného objektu. Úplnosť zamerania však významne závisí od komunikácie s architektom alebo projektantom, ktorí musia ešte pred meraním alebo najneskôr počas merania presne zadefinovať, čo všetko má geodet zmerať, aby nebolo potrebné sa do terénu vracieť. Z tohto hľadiska môže byť použitie iba UMS neefektívne – jednak pre prácu selektívneho merania vybraných prvkov a zároveň pre pravdepodobnosť, že architektovi bude napokon nejaký prvok v zameraní chýbať. Situácia, kedy architekt počas neskorších konzultácií so statikom zistí, že ním zadefinovaný rozsah geodetického merania nebol postačujúci, nie je nič výnimočné. A tak sa musí geodet opäť vrátiť na stavbu, čo so sebou prináša ďalšie náklady. V tomto smere sú veľmi nápomocné technológie merania, ktoré automatizujú proces zberu dát v teréne a je možné ich označiť za neselektívne, ako napr. TLS alebo digitálna fotogrametria. Každá z týchto metód má svoje výhody aj nevýhody a aj určité hraničné oblasti, kde je vzhľadom na technologické obmedzenia možné využiť len jednu z nich.

2. Terestrické laserové skenovanie a fotogrametria

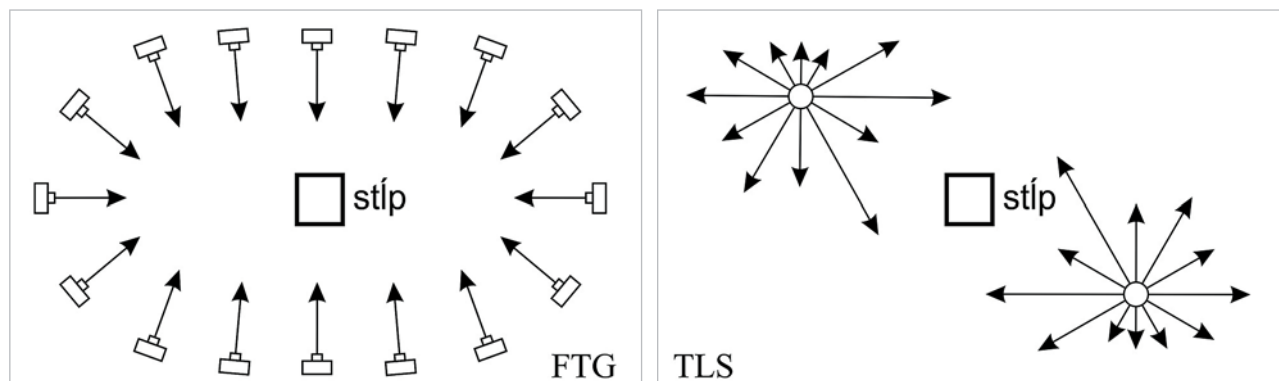
TLS nachádza široké využitie pri všetkých typoch stavebných objektov, hlavné problémy môžu nastať len na reflexných plochách (sklo, voda) alebo čiernych povrchoch. Hlavnou výhodou metódy je pritom fakt, že výsledný produkt – mračno bodov – je k dispozícii prakticky okamžite po skončení merania v teréne. Presnosť určenia polohy bodu v mračne je u súčasných skenerov viac než postačujúca

(2-5 mm pre vzdialenosti do 10 m), nehovoriac o tom, že výsledný povrch modelu je následne generovaný z veľkého množstva bodov a teda nimi preložená plocha je presnejšia, než poloha jednotlivého bodu. No vzhľadom na skutočnosť, že TLS podobne ako UMS funguje tiež na princípe priestorovej polárnej metódy, môžu pri veľmi členitých objektoch vzniknúť zákryty a počet stanovísk TLS tým enormne narastá. A s ním aj miliardy bodov v objemných (a často duplicitných) mračnách. Z tohto pohľadu sa teda nie len predlžuje čas strávený v teréne (na každom stanovisku trvá meranie pár minút v závislosti od hustoty skenovania, výberu skenovanej oblasti a typu skenera), ale aj náročnosť práce s objemnými dátami, ktoré vyžadujú výkonný počítač.

Z pohľadu voľnosti v polohe stanoviska skenera existujú určité obmedzenia, ktoré značne závisia od použitého prístroja. Veľkosť a váha skenerov sa neustále zmenšuje ako aj operabilita s vybavením je stále jednoduchšia. Avšak dostať skener, napr. do výšky 5 metrov bez špeciálnej plošiny a stabilizovať ho po celú dobu skenovania nemusí byť práve ľahká úloha. V tomto smere má teda fotogrametria jasnú výhodu.

Finančná náročnosť TLS je otázkou samou o sebe – cenové rozpätie skenerov je veľmi široké, no ak chce geodet plne využiť rýchlosť a automatizáciu aktuálnych technológií, musí sa zmieriť s cenami v desiatkach tisíc, až do stoviek eur. Vlastniť TLS sa teda bežnému geodetovi nemusí oplatiť a vhodnou cestou sú potom požičovne geodetických prístrojov.

Problém so zákrytovými oblasťami je u fotogrametrie vzhľadom na princíp technológie minimalizovaný nutnosťou väčšieho počtu stanovísk kamery a teda častou zmenou perspektívy snímaných prvkov (obr. 1). Jedinou podmienkou je, aby bol modelovaný povrch zobrazený aspoň na dvoch snímkach z odlišných stanovísk. Digitálna fotogrametria v súčasnosti zažíva nevídaný rozmach vďaka užívateľskej prístupnosti fotogrametrických softvérov, ktoré umožňujú plne automatizovanú tvorbu 3D modelov zo snímkov z prakticky akýchkoľvek digitálnych kamier. Fotogrametrický 3D model je dnes možné bez problémov vytvoriť aj pomocou mobilného telefónu [1]. Prirodzene, čím kvalitnejší je kamerový systém, tým kvalitnejší je aj výstup. Pre väčšinu aplikácií však postačuje digitálna zrkadlovka nižšej alebo strednej triedy. Základným prínosom, ktorý potom so sebou tieto fotogrametrické softvéry prinášajú je absencia nutnosti kameru kalibrovať, pretože proces kalibrácie prebieha priamo na snímkach objektu (tzv. súbežná kalibrácia). Užívateľ tak nemusí ani vedieť, čo to kalibrácia kamery vlastne je, a ak objekt nasnímkuje v od-



Obr. 1 Fotogrametria (vľavo) a TLS (vpravo) – poloha stanovísk voči meranému povrchu v interiéri s prekážkami

porúčanej konfigurácii stanovisk kamery, môže sa dopracovať ku kvalitným výsledkom. Fotogrametriu vďaka tomu začínajú používať profesie, ktoré majú s fotogrametriou a geodéziou iba veľmi málo spoločné. Je zarážajúce, že fotogrametriu v súčasnosti využívajú archeológovia [2], architekti [3], botanici [4], biológovia [5], geológovia [6], poľnohospodári [7] alebo hydrológovia [8] viac ako bežní geodeti.

Nesporňovanou výhodou fotogrametrických metód je pritom relatívne veľká voľnosť v polohe stanoviska kamery, čo následne umožňuje získať priestorové dáta z miest bežne nedostupných pre UMS alebo TLS. Kameru je možné veľmi jednoducho upevniť na teleskopický statív a vysunúť ju do výšky niekoľko metrov, je možné upevniť ju, napr. na diaľkovo ovládaný letecký prostriedok – RPAS (Remotely Piloted Aircraft System – dron) a snímkovať strechu objektu a rovnako nie je problém kameru spustiť na statíve do inak neprístupnej šachty. Časová náročnosť terénnych prác je pri fotogrametrii malá (v porovnaní s ostatnými geodetickými technológiami). Nie je problém v priebehu pol hodiny v teréne vyhotoviť niekoľko stoviek snímok pokrývajúcich povrch celého objektu a následne v kancelárii sa rozhodnúť, ktoré z nich sa reálne využijú pri spracovaní. Túto vlastnosť fotogrametrie ocení každý geodet, ktorý musel v zimnom období mrznúť niekoľko hodín za UMS alebo laserovým skenerom, aby zamerlal aj ten posledný vikier.

Čo sa týka finančnej náročnosti fotogrametrie, najdrahšou položkou býva fotogrametrický softvér, no ten nezvykne prekročiť 15 000 eur – napr. komerčná licencia softvéru Agisoft PhotoScan Professional stojí necelých 3 000 eur. K tomu treba pripočítať fotografické vybavenie (cca 1 000 – 5 000 eur) a samozrejme dostatočne výkonný počítač (cca 3 000 – 15 000 eur). Pre väčšinu fotogrametrických aplikácií postačuje počítač s cca 16 – 32 GB RAM, ktorý je možné získať aj v cenách 1 500 – 3 000 eur.

3. Počítačové videnie vo fotogrametrii

Významný pokrok v automatizácii spracovania obrazu, konkrétne v oblasti tzv. počítačového videnia, umožnil za poslednú dekádu vznik veľkého množstva užívateľsky prístupných fotogrametrických softvérov podporujúcich tvorbu mračen bodov zo snímok. Terminológia pre označovanie týchto metód sa v našom prostredí zatiaľ len vyvíja, keďže sa jedná o anglické názvy algoritmov a doslovné preklady nie sú úplne vhodné. Tieto metódy je možné zhrnúť pod označenie IBMR (Image Based Modelling and Rendering), čiže zjednodušene „modelovanie a renderovanie zo snímok“. Uvedené označenie je však značne zovšeobecňujúce, keďže je možné doňho zaradiť prakticky akúkoľvek fotogrametrickú metódu, ktorej výsledkom je 3D model a neberie sa ohľad na charakteristický prístup k spracovaniu obrazu na princípoch obrazovej korelácie a detekcie tzv. významných bodov v povrchovej textúre. Z tohto dôvodu sa na Katedre geodézie Stavebnej fakulty STU v Bratislave prikláňame k označeniu tejto modernej metódy termínom „obrazové skenovanie“, ktoré vyjadruje určitú paralelu s terestrickým laserovým skenovaním v zmysle výstupov merania. Výraz „skenovanie“ logicky navádza k výslednému produktu metódy (mračnu bodov) a prívlastok „obrazové“ napovedá, že sa k uvedenému výstupu dospeje na základe spracovania obrazu. Záväzný termín pre označenie metódy však necháme na terminologickú komisiu Slovenskej republiky a Českej republiky.

Fotogrametrické softvéry ako sú, napr. Agisoft PhotoScan, PhotoModeler Scanner, Reality Capture alebo Bentley Context Capture pracujú pri automatizovanom spracovaní snímok na podobnom princípe a postup spracovania je tak možné zhrnúť do nasledovných krokov:

- detekcia tzv. významných alebo kľúčových bodov (v angl. „key points“ alebo „interest points“) na snímkach v prirodzenej povrchovej textúre,
- párovanie identických (spojovacích) bodov (tzv. matching) – hľadanie obrazovej zhody medzi snímkami,
- vzájomná orientácia snímok na základe nájdených identických bodov,
- zväzkové vyrovnanie určujúcich lúčov a súčasné určenie prvkov vnútornej orientácie kamery (tzv. kalibrácia) a vonkajšej orientácie kamery (poloha a orientácia kamery v modelovanej scéne),
- georeferencovanie, resp. meranie vlíčovacích bodov (niekedy postačuje definícia mierky),
- výpočet podrobného mračna bodov na princípoch obrazovej korelácie (normalizovaná krížová korelácia NCC – normalized cross correlation, zhoda na princípoch metód najmenších štvorcov – LSM least square matching, semi-globálna zhoda – SGM semi global matching),
- generovanie 3D modelu – triangulácia mračna bodov (TIN, alebo tzv. mesh),
- generovanie ortofotomozaík a export do rôznych údajových formátov.

Uvedené procesy môžu prebiehať plne automatizovane v závislosti od konkrétneho softvéru a jeho nastavení. Z hľadiska počítačového videnia sa tu využívajú algoritmy ako SFM (Structure from Motion), SIFT (Scale Invariant Feature Transform), SGM (Semi-global Matching) alebo RANSAC (Random Sample Consensus). Základným predpokladom je však disponovať výkonným počítačom, pričom v závislosti od množstva spracovávaných snímok je nutnou podmienkou aspoň dostatočné množstvo pamäte RAM – 16 GB je možné považovať za úplné minimum. Výkonnosť procesora, grafickej karty a rýchlosť zápisu pevného disku potom vplýva najmä na rýchlosť výpočtu.

V súčasnosti najvyužívanejším z týchto softvérov je Agisoft PhotoScan, no každý zo softvérov má svoje silnejšie aj slabšie stránky a môže vyžadovať mierne odlišný prístup, napr. aj k snímkovaniu. Z našich skúseností vyplýva, že napr. RealityCapture je výrazne rýchlejší pri orientácii snímok v porovnaní s ostatnými SW, no na druhej strane PhotoScan dokáže zorientovať aj snímky vyhotovené pod značne nepriaznivými uhlami záberu (zatiaľ čo RealityCapture potrebuje hustejšie snímkovanie, kratšie základnice medzi susednými stanoviskami kamery. RealityCapture však má ako jeden z mála softvérov nepopierateľnú výhodu v možnosti kombinovať fotogrametrické meranie s terestrickým laserovým skenovaním a z oboch metód tak využiť ich najsilnejšie stránky – robustnosť a geometrickú presnosť TLS a vysoké rozlíšenie geometrických a textúrnych informácií zo snímok.

Voľba konkrétneho softvéru je teda len na užívateľovi a na jeho skúsenostiach s daným softvérom. Praktický príklad uvedený ďalej je spracovaný v systéme PhotoScan.

4. Modelový príklad – chata v Štefanovej

Základným pravidlom každého geodetického merania, je prispôbiť metodiku merania a spracovania požadovaným výstupom. Architekti pritom pre svoju štúdiu nemu-

musia striktné požadovať len výkresy objektu v rôznych pohľadoch a pohľadov na rez. Častokrát im môže stačiť, napr. zjednodušený 3D model, prehliadateľný, napr. v softvéri Google Sketchup, pretože v rámci svojej práce tak či tak generujú vizualizácie navrhovaného dizajnu, ktorých podkladom je 3D model. Svoj 3D návrh teda môžu umiestniť priamo do 3D podkladu od geodeta a získať tak jednoduchšie a rýchlejšie predstavu o vzájomných vzťahoch medzi novo navrhovanou konštrukciou a existujúcimi objektmi, než y si všetko museli nanovo modelovať zo štandardných 2D výkresov. V nasledovnom praktickom príklade sa jedná práve o podobnú situáciu, kde bolo potrebné zamerať existujúce stavebné objekty v zástavbe rodinných domov, aby mohol architekt jednak navrhnuť novostavbu do voľného priestoru medzi nimi a zároveň vytvoriť návrh rekonštrukcie jednej zo súvisiacich budov, vrátane podkrovia.

4.1 Predmet merania

Konkrétna situácia je znázornená na obr. 2. Stavebný objekt je rodinný dom slúžiaci ako chata v obci Štefanová neďaleko mesta Pezinok. Časť objektov vo dvore sa mala zbúrať kvôli uvoľneniu miesta pre novostavbu rodinného domu a budova slúžiaca ako vjazd od ulice sa mala zrekonštruovať. Architekt pôvodne ako podklad vyžadoval iba 3D model vo formáte SW Sketchup, ktorý by obsahoval okolité stavby aj s priebehom strechy, interiéru vstupnej budovy od ulice a časť hlavných trávov v podkroví. V exteriéri bolo dôležité zachytiť najnižšie body pod prečnievajúcimi strešnými konštrukciami (najmä podbitie a ríny) – prízemná novostavba mala byť projektovaná podľa možnosti čo najtesnejšie medzi susedné objekty. Na základe uvedených požiadaviek bola pre meranie zvolená metóda digitálnej fotogrametrie s podporou UMS. Snímky vďaka významnej dokumentačnej hodnote neskôr umožnili domerať aj prvky, ktoré pri pôvodnom zadani neboli špecifikované.

4.2 Terénne práce

Blízka fotogrametria sa zväčša nezaobíde bez merania vličovacích bodov (VB), s výnimkou priamej kombinácie fotogrametrie s TLS, kedy je miera, poloha a orientácia fotogrametrického modelu prispôsobená 3D geometrii získanej z laserových skenovanou.

Na meranie VB bola v tomto prípade použitá UMS Leica TCR 407 Power s presnosťou merania dĺžok v bezhranolovom režime 2 mm + 2 ppm. Vhodne zvolené stanovisko umožnilo viditeľnosť do všetkých predmetných priestorov a zameranie minimálne 4 priestorovo rozložených VB v každom z nich. Celkovo bolo zameraných 19 prirodzene signalizovaných VB (rozloženie VB v rámci objektu je na obr. 3).

Na snímkovanie bola použitá 36 megapixelová digitálna zrkadlovka Nikon D800E s dvomi objektívmi:

- Nikkor 35 mm AF-S ED 1:1.8G (171 snímok),
- Nikkor 16 mm AF fisheye f/2.8 (66 snímok).

Fisheye objektív bol použitý predovšetkým v stiesnených interiérových priestoroch. Z hľadiska konfigurácie stanovísk snímkovania a orientácie osí záberu môžeme hovoriť o relatívnej voľnosti, no stále je potrebné dodržať niekoľko základných podmienok:

- osi záberu by mali byť približne paralelné alebo konvergujúce pod uhlom maximálne 30°,
- základnicový pomer $b:y$ susedných snímok by mal byť v intervale 0,2-0,5,
- medzi snímkami v páse by mal byť vždy zabezpečený aspoň trojnásobný prekryt,
- vytvárať podľa možnosti uzatvorené snímkové pásy (okolo objektu),
- je vhodné vyvarovať sa tvorbe viac snímok z jedného stanoviska a vždy aspoň trochu zmeniť polohu, resp. orientáciu kamery.

4.3 Fotogrametrické spracovanie – orientácia snímok a georeferencovanie

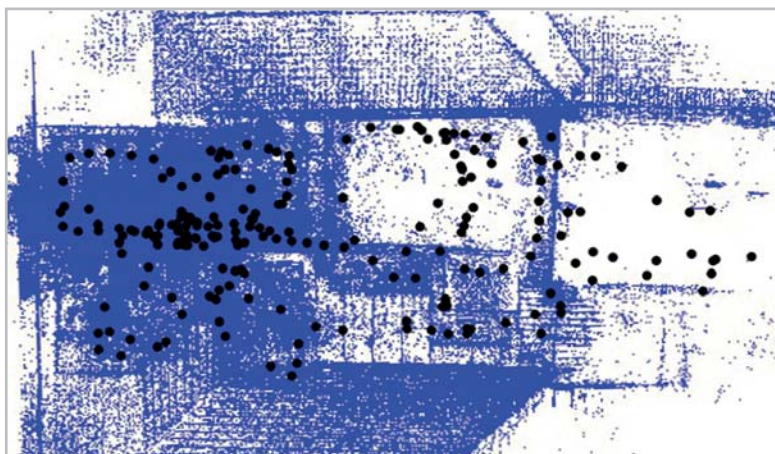
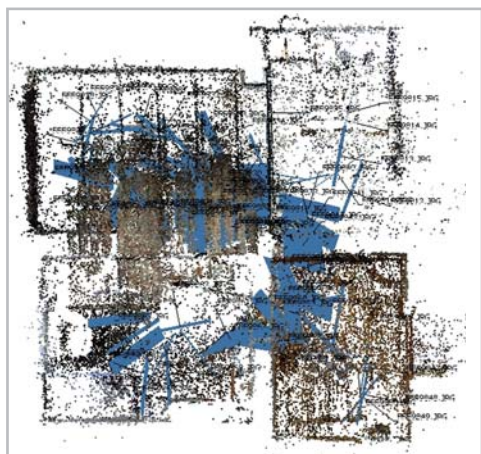
Fotogrametrické metódy, ktoré na generovanie 3D modelu využívajú prirodzenú textúru meraného povrchu sú prirodzene závislé od jej kvality v zmysle premenlivosti a od svetelných podmienok. Textúra by mala byť zreteľná, nepravidelná, náhodná. Za ideálny povrch je z tohto hľadiska možné považovať, napr. prírodný kameň alebo zvetranú omietku. Hladké stierkované biele steny sú značne nevhodným povrchom pre výpočty obrazovej korelácie, zatiaľ čo pri starších stenách bez stierkovania môžu drobné nerovnosti a nimi tvorené tieň pomôcť pri detekcii povrchových bodov. No textúra snímkaného povrchu nie je dôležitá len kvôli výpočtom obrazovej korelácie, ktorých výsledkom je podrobné mračno bodov – významnú úlohu má textúra aj pri orientácii snímok. Tu však môžu byť nápomocné aj prvky scény, ktoré zo stavebného hľa-



Obr. 2 Širokouhlé (fisheye) snímky dvora a interiéru chaty v Štefanovej



Obr. 3 Rozloženie VB v záujmovom priestore



Obr. 4 Polohy stanovísk kamery – v interiérovej časti (vľavo) a v rámci celého objektu (vpravo)

diska vôbec nie sú zaujímavé pre spracovanie, ako napr. nábytok, obrazy na stenách, koberce na podlahe a pod. Všetky tieto objekty môžu slúžiť ako zdroje tzv. významných bodov, vďaka ktorým je možné snímky vzájomne zorientovať.

Softvér Agisoft PhotoScan Professional podporuje aj kalibračné modely pre kamery s fisheye objektívmi – umožňuje teda kalibrovať aj optické systémy, pre ktoré nie je vhodný, napr. štandardný Brownov model radiálnej distorzie [9]. Ako už bolo spomenuté, kalibrácia kamery

(určenie prvkov vnútornej orientácie) prebieha priamo na tzv. spojovacích bodoch (*tie points*), ktoré sú v textúre snímaného povrchu detegované ako jasové extrémny identifikovateľné aj na susedných snímkach. Po ich spárovaní prebehne zväzkové vyrovnanie, počas ktorého sú určené nie len prvky vnútornej a vzájomnej orientácie, ale vzniká aj tzv. mračno spojovacích bodov (*sparse cloud*). Toto „riedke mračno“ napriek výraznej generalizácii už dáva približnú predstavu o štruktúre modelovanej scény (obr. 4) a v mnohých prípadoch už samo o sebe postačuje

Tab. 1 Nastavenia orientácie snímok v softvéri Agisoft PhotoScan a dosiahnuté výsledky

Presnosť orientácie snímok	Stredná
Limit detegovaných významných bodov na snímku	60 000
Výsledný počet 3D spojovacích bodov	487 021
Maximálna chyba spätnéj projekcie do snímky	0,4 pixela
Stredná chyba spätnéj projekcie do snímky	0,11 pixela
Kvadratický priemer reziduí na VB v obrazovej rovine	2,3 pixela
Stredná chyba na VB po transformácii v ref. sur. sys.	6 mm

ako výsledný produkt (napr. na výpočet objemu vyťaženého štrku). Je možné ho editovať a filtrovať (môže totiž obsahovať odľahlé merania, ktoré znehodnocujú výsledky orientácie snímok) a následne opätovne celé riešenie opakovane vyrovnáť.

Výsledky orientácie snímok je možné skontrolovať viacerými parametrami. Jedným z nich je chyba spätnéj projekcie do snímky (*reprojection error*), teda rozdiel medzi meranou polohou bodu na snímke a premietnutou polohou výsledného bodu z 3D priestoru späť do snímky. Počas zväzkového vyrovnania je snaha o minimalizáciu tejto chyby – v ideálnom prípade by nemala presiahnuť 1 pixel, no ani v takom prípade nemusí byť zaručené geometricky korektné vyriešenie orientácie snímok. Za najdôležitejšiu kontrolu je preto možné považovať meranie VB, ktoré sú homogénne a priestorovo rozložené v rámci objektu. Po prvotnom načítaní a priradení 3D súradníc meraným VB vykoná SW PhotoScan priestorovú podobnostnú transformáciu (PPT) z modelového do referenčného súradnicového systému. Na jednotlivých VB je potom možné skontrolovať reziduá a overiť, či nie je fotogrametricky rekonštruovaná geometria scény deformovaná – ak áno, je možné fotogrametrické riešenie prevyrovnáť a prispôbiť geometrii definovanej pomocou VB. V **tab. 1** sú znázornené vybrané vstupné a výstupné parametre súvisiace s orientáciou snímok.

Z hľadiska vstupných parametrov sú kritické hlavne prvé dva – voľba presnosti orientácie snímok a limit pre počet významných bodov na jednu snímku. PhotoScan ponúka na výber 5 nastavení presnosti orientácie (najvyššiu, vysokú, strednú, nízku a najnižšiu), ktoré reprezentujú úroveň nového vzorkovania pôvodných obrazových dát pred detekciou významných bodov. Napr. pre vysokú presnosť to znamená, že sa na detekciu využijú originálne dáta bez prevzorkovania. Pre strednú sa naopak obraz geometricky zmenší faktorom 4 (každá strana snímky bude 2-krát menšia), pre nízku – faktorom 16 a pre najnižšiu – faktorom 64 (tzv. *downscaling*). Voľba najvyššej presnosti vedie dokonca k zväčšeniu obrazu o faktor 4 (*upscaling*), využitie však nachádza iba v špeciálnych prípadoch (veľmi kvalitné, ostré snímky na vedecké účely). Prevzorkovanie obrazu na menšie rozlíšenie má zmysel nie len kvôli urýchleniu výpočtu, ale najmä kvôli eliminácii prípadného šumu na snímkach, ktorý spôsobuje detekciu nevhodných extrémov v textúre – prevzorkovanie obrazu eliminuje šum a umožňuje zvýrazniť prvky textúry, ktoré majú pre orientáciu snímok skutočne zmysel. Vo väčšine prípadov teda postačuje nastavenie strednej presnosti (nastavenie „medium“).

Limit detegovaných významných bodov na snímke je vývojármi softvéru odporúčaný na 40.000, avšak pri väčšom počte snímok môže byť potrebné ho zvýšiť – čím viac extrémov bude detegovaných na každej snímke, tým väč-

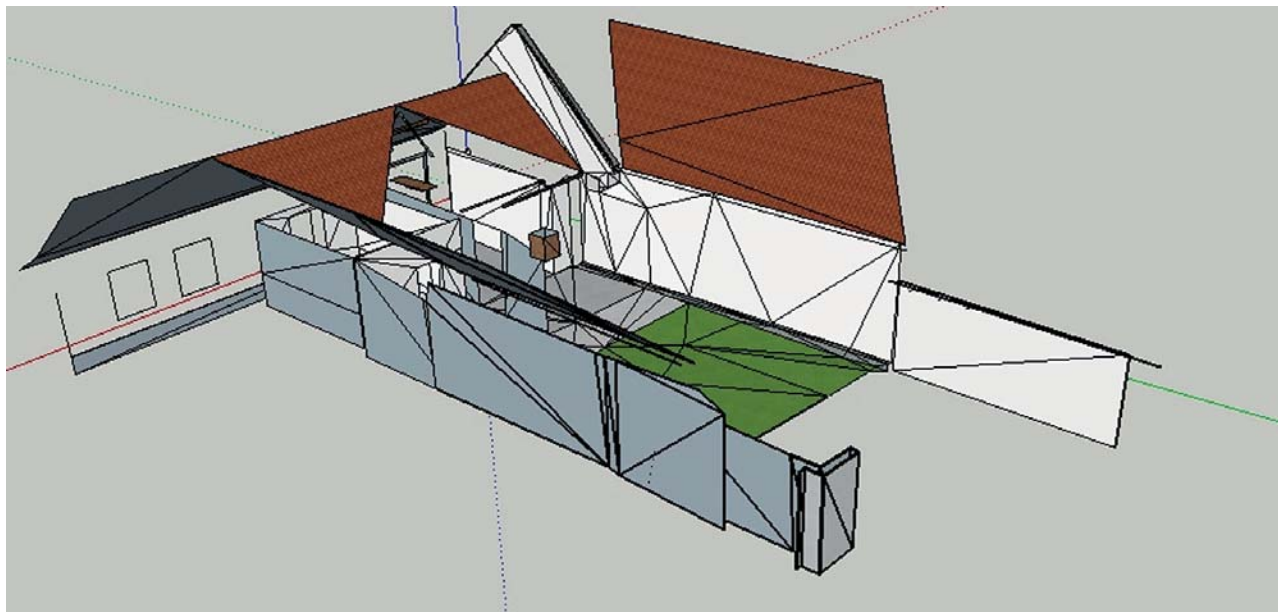
šia je pravdepodobnosť, že medzi nimi budú správne spojovacie body medzi snímkami, a že všetky snímky budú zorientované.

Z výsledkov uvedených v **tab. 1** je zrejmé, že v uvádzanom príklade nebolo potrebné fotogrametrické riešenie prevyrovnáť s ohľadom na VB, keďže väčšina architektonických aplikácií, najmä pri starších stavebných objektoch vyžaduje priestorovú presnosť 0,01 m. Je vhodné dodať, že softvér PhotoScan zorientoval všetky snímky v rámci jedného projektu a umožnil spojenie exteriéru s interiérom a krovom, a to všetko cez pomerne malé dverné otvory a schodiško na povalu.

4.4 Fotogrametrické spracovanie – výstupy

Za hlavný dôvod, prečo sa obrazové skenovanie využíva v interiéroch stavebných objektov iba ojedinele, je možné považovať už spomínanú nevhodnosť povrchovej textúry. Agisoft PhotoScan pri výpočte podrobného mračna bodov využíva obrazovú koreláciu medzi dvojicami snímok, ktorá môže pri plochých nevýrazných textúrach (napr. bielych stenách) produkovať výrazný šum. Presnosť výsledného modelu potom síce môže stačiť na generovanie pomocných ortofotomosaík, no geometrická kvalita výstupov je neporovnateľne horšia než z TLS. Ak nám však výsledky kontroly na VB napovedajú, že snímky sú zorientované dostatočne presne, nie je na rekonštrukciu podrobného tvaru objektu vyslovene nutné využiť aj obrazovú koreláciu. Väčšina fotogrametrických softvérov, PhotoScan nevynímajúc, umožňuje merať body na snímkach aj manuálne, a to nie len za účelom merania VB. Stačí predmetný bod (roh steny) odmerať na dvoch snímkach a automaticky je dopočítaná jeho priestorová poloha. Presnosť samozrejme závisí od základnicového pomeru snímok, počtu projekcií meraného bodu a kvality jeho prirodzenej signalizácie, no jednoznačne je vyššia než pri obrazovej korelácii na plochej textúre a v uvedenom prípade dosahovala 5-10 mm v referenčnom súradnicovom systéme. Merané body je následne možné exportovať a vektorizovať do podoby 3D modelu ako, napr. v softvéri Google Sketchup (**obr. 5**).

Uvedený postup sa dá považovať za strednú cestu medzi meraním objektu iba pomocou UMS a meraním automatizovanými metódami ako TLS, či obrazovým skenovaním. Z obrazového skenovania je v tomto prípade využitá automatická orientácia snímok a UMS je použitá iba na meranie VB. Odpadá tak nutnosť pracovať s objemnými mračnami bodov a principiálne nemusí byť k dispozícii ani extrémne výkonný počítač s viac než 16 GB pamäte RAM. Hlavnou výhodou je pritom najmä krátky čas strávený v teréne a úplná dokumentácia stavu objektu nie len po-



Obr. 5 Vektorizácia modelu stavebného objektu v softvéri Sketchup z manuálne meraných bodov



Obr. 6 Rezopohľadová ortofotomozaika steny s odvetrávajúcimi otvormi

mocou priestorových údajov, ale aj textúrových informácií s vysokým rozlíšením. Prínos veľkého počtu digitálnych snímok sa ukázal počas nasledovných projektových prác, kedy vznikali ďalšie požiadavky na dodatočné informácie k prvkom na okolitých objektoch – napr. bolo potrebné doplniť polohu odvetrávajúcich otvorov pivnice pod susedovým domom. Keďže sa tieto otvory nachádzali na exteriérovej stene s ideálnou (výrazne zrnitou) textúrou pre výpočty obrazovej korelácie, bolo možné veľmi jednoducho vygenerovať rezopohľad na predmetnú stenu vo forme ortofotomozaiky (obr. 6).

5. Zhrnutie a odporúčania

Na praktickom príklade bola prezentovaná využiteľnosť súčasných automatizovaných fotogrametrických metód za

účelom zamerania skutočného stavu stavebného objektu. Snímkovanie bolo v teréne vykonané s cieľom spracovať dáta metódou obrazového skenovania v softvéri Agisoft PhotoScan Professional, no vzhľadom na nekvalitné texturálne informácie na stenách v interiéri, bola táto metóda využitá iba na automatizovanú orientáciu snímok a výsledný zjednodušený model vznikol na podklade manuálne vyhodnotených bodov na snímkach. Ukazuje sa teda, že obrazové skenovanie nachádza uplatnenie aj v aplikáciách, kde prirodzená textúra modelovaného povrchu nie je postačujúca a bežne by viedla k použitiu TLS. Samotné manuálne fotogrametrické meranie 250-tich charakteristických bodov objektu pritom zabralo jednoznačne menej času, než by bolo potrebné pri ich meraní pomocou totálnej stanice v teréne. Tá slúžila iba na zameranie 19 vličovacích bodov, ktoré umožnili jednak transformáciu fotogrametrického modelu do referenčného súradnicového systému a zároveň na kontrolu geometrie rekon-

štruovanej scény. Stredná chyba po transformácii dosiahla 6 mm, čo je postačujúca presnosť pre väčšinu architektonických aplikácií.

Hlavnou výhodou fotogrametrie stále ostáva nízka časová náročnosť terénnych prác a v súčasnosti aj možnosť automatizovaného spracovania obrazu. Rýchlosť fotogrametrického snímokovania ocení určite každý geodet najmä v zimných mesiacoch a dá sa povedať, že fotogrametria nikdy nebola prístupnejšia bežnému užívateľovi než v súčasnosti.

Každá metóda má však prirodzene svoje silnejšie aj slabšie stránky, a tak je vhodné jednotlivé metódy (ak sú k dispozícii) medzi sebou efektívne kombinovať – využiť, napr. TLS na skenovanie interiéru kvôli plochým textúram a fotogrametriu pre tvorbu fotoplánov fasád kvôli vysokému rozlíšeniu textúrnych informácií. V tomto smere majú teda výhodu tí, čo poznajú možnosti uvedených metód a vedú z nich tak vyťažiť maximum.

LITERATÚRA:

- [1] MICHELETTI, N.-CHANDLER, J. H.-LANE, S. N.: Investigating the geomorphological potential off reely available and accessible structure-from-motion photogrammetry using a smartphone. *EARTH SURFACE PROCESSES AND LANDFORMS*, Earth Surf. Process. Landforms 40, pp. 473-486 (2015), © 2014 John Wiley & Sons, Ltd. Published online 11 October 2014 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com), doi: 10.1002/esp.3648.
- [2] VERHOEVEN, G.: Taking ComputerVision Aloft - Archaeological Three-dimensional Reconstructions from Aerial Photographs with PhotoScan, *Archaeological Prospection*, Archaeol. Prospect. 18, pp. 67-73 (2011), Published online 20 January 2011 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com/journal/arp), doi: 10.1002/arp.399.
- [3] KOUIMTZOGLIOU, T.-STATHOPOULOU, E. K.-AGRAFIOTIS, P.-GEORGIOPOULOS, A.: Image-based 3D reconstruction data as an analysis and documentation tool for architects: the case of Plaka bridge in Greece. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-2/W3, 2017, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 1–3 March 2017, Nafplio, Greece, doi: 10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-391-2017.
- [4] MUHD SAFARUDIN CHEK MAT-JEZAN MD DIAH, MOKHTAR AZIZI MOHD DIN-ABD. MANAN SAMAD: Data Acquisition and Representation of Leaves using Digital Close Range Photogrammetry for Species Identification, *IEEE 5th Control and System Graduate Research Colloquium*, 11–12 August, 2014, UiTM, Shah Alam, Malaysia.
- [5] CLARIDGE, D.-DUNN, CH.: Photogrammetry with an Unmanned Aerial System to Assess Body Condition and Growth of Blainville's Beaked Whales, 2015, <https://doi.org/10.7717/peerj.1077>.
- [6] BEMIS, S. P.-MICKLETHWAITE, S.-TURNER, D.-JAMES, M. R.-AKCIZ, S.-THIELE, S. T.-BANGASH, H. A.: Ground-based and UAV-Based photogrammetry: A multi-scale, highresolution mapping tool for structural geology and paleoseismology. *Journal of Structural Geology*, Vol. 69, Elsevier Ltd., 2014, pp. 163-178, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsg.2014.10.007>.
- [7] LUKAS, V.-NOVÁK, J.-NEUDERT, L.-SVOBODOVA, I.-RODRIGUEZ-MORENO, F.-EDREES, M.-KREN, J.: The combination of UAV survey and Landsat imagery for monitoring of crop vigor in precision agriculture, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLI-B8, 2016, XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic, doi:10.5194/isprsarchives-XLI-B8-953-2016.
- [8] CURRAN, M. L.: Application of Agisoft Photoscan and sediment transport modeling for the analysis of sediment wave propagation succeeding gravel augmentation, Oak Grove Fork of the Clackamas river, Oregon, A Thesis Presented to the Faculty of Humboldt State University, in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science in Environmental Systems: Geology, December 2017.

- [9] BROWN, D. C.: Close-range camera calibration. *Photom. Eng.*, 1971; 37, pp. 855–866.

Do redakcie došlo: 14. 5. 2018

Lektoroval:
Ing. Václav Šafář, Ph.D.,
VÚGTK, v. v. i.



Z MEDZINÁRODNÝCH STYKOV

InSAR a chýbajúce kalibrácie antén GNSS pre Galileo nosnými témami výročného sympózia EUREF 2018

V poradí 28. výročné sympóziu subkomisie 1.3 Regionálneho referenčného rámca pre Európu komisie 1. Referenčné rámce Medzinárodnej geodetickej asociácie (IAG) EUREF hostilo v dňoch 30. 5. až 1. 6. 2018 holandské hlavné mesto Amsterdam pod záštitou troch domácich organizácií: Kadaster (Katastrálny, pozemkovo-registrový a mapový úrad Holandska), Rijkswaterstaat (Ministerstvo infraštruktúry a vodného manažmentu, zodpovedné za projekciu, výstavbu, manažment a prevádzku hlavnej infraštruktúry Holandska) a NCG (holandské Centrum pre geodéziu a Geo-informatiku).

Výročné sympóziu EUREF už tradične predchádzal jednoduchý Tutoriál (konan sa 29. 5. 2018), tento krát zameraný na novú technológiu, a to radarovú interferometriu InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar). Technológia InSAR sa vyvinula na úroveň novej geodetickej techniky, kam zaraďujeme, napr. niveláciu, gravimetriu, GNSS (Globálny navigačný družicový systém), a takto je ju potrebné po novom začať chápať. Tutoriál viedli pracovníci NCG, pracovníci Technickej univerzity Delft a vystúpili na ňom aj zástupcovia súkromných spoločností SkyGeo a MetaSensing. Tutoriál bol rozdelený na dve časti. V doobednej časti autori prezentácii R. *Hanssen*, F. *Van Leijen* a H. *Maljaars* informovali o InSAR, ako o novej geodetickej metóde na monitorovanie deformácií zemského povrchu, o jej princípoch a spôsoboch spracovania údajov. Technológia InSAR je založená na spracovaní radarových snímok získaných družicovými radarovými misiami, a ako nová technológia sa rýchlo vyvinula a čoraz častejšie sa uplatňuje v praxi pri monitorovaní rôznych lokálnych alebo regionálnych geokinematických a geodynamických zmien. InSAR nie sú v žiadnom prípade „pekné družicové obrázky“, ale ide o ďalšiu geodetickú metódu na presné určovanie polohy bodov a na sledovanie ich vývoja v čase. InSAR predstavuje relatívnu metódu a jej výsledky je potrebné referencovať, t. j. priradiť im správnu mierku a vzťahnúť ich na referenčnú plochu. Ako výsledky metódy InSAR referencovať, a ako je možné metódu využiť, napr. na správu výškových referenčných systémov odprezentovali v druhej časti Tutoriálu R. *Hanssen*, H. *Van Den Marlen*, G. *Ketelaar*, A. *Meta* a B. *Alberts*. Holandsko je štát, ktorý rozsahom svojich nadmorských výšok predstavuje jednu veľkú rovinu v úrovni, resp. častokrát aj pod úrovňou mora. Z tohto dôvodu je určovanie výšok a poznanie ich vývoja v čase veľmi dôležité. Tento parameter je preto požadované spoľahlivo a veľmi pozorne sledovať, a to v čo najvyššom priestorovom, ako aj časovom rozlíšení. Za týmto účelom začali v Holandsku využívať technológiu InSAR ako veľmi efektívnu metódu, ktorá im takéto sledovanie umožňuje, a tým sa stali lídrami tejto najmladšej geodetickej techniky. Na referencovanie výsledkov metódy InSAR odporúčajú budovať kolokačné (integrované) stanice najmä s technológiou GNSS t. j. umiestnenie kútových odražačov, alebo aktívnych transpondérov vhodných pre družice radarových misií v tesnej blízkosti, resp. až symetricky na permanentné referenčné stanice. Tie zabezpečujú absolútnu polohu, ktorá je veľmi dobre využiteľná práve na referencovanie metódy InSAR. Integrovaná stanica GNSS s kútovým odražačom môže byť použitá aj pri fotogrametrii, laserovom skenovaní, nivelácii či trigonometrii. Kútový odražač

predstavuje pasívny prvok dosť veľkých rozmerov, ktorý je potrebné udržiavať čistý a musí byť z dobre odrazového a nehrdzavejúceho materiálu. V prípade, že na referenčnej stanici nie je možné takéto odrazáče nainštalovať, je možné použiť aktívny transpondér rozmerov štandardnej škatule od topánok, ktorý vyžaduje pripojenie na elektrinu a internet. Výroba kútových odrazáčov, alebo transpondérov nie je rozbehnutá masovo, čomu odpovedajú aj súčasné ceny, ale holandské firmy na tejto úlohe intenzívne pracujú. Príspevok B. *Albertsa* dokonca ukázal, že technológiu InSAR je možné použiť aj na udržiavanie národného výškového systému. Ten bol v Holandsku doposiaľ aktualizovaný a udržiavaný prostredníctvom meraní konvenčnou niveláciou v štátnych sieťach vykonávaných každých 15–20 rokov a v kritických oblastiach v intervale 5–10 rokov. Dnes sa prešlo na využitie kombinácie techník InSAR, GNSS a gravimetrie, čím je možné udržiavať výškový systém vo vysokom časovom rozlíšení a sledovať jeho zmeny takmer v reálnom čase.

Výročné sympóziu EUREF otvorili najvyšší predstavitelia hostiteľských organizácií P. *Hoogwerf*, N. *Zeijlemaker* a A. *Bregt*. Predseda výkonného výboru EUREF A. *Kenyeres* okrem príhovoru predniesol aj stručnú prezentáciu, v ktorej načrtnul, že EUREF má veľa pracovných skupín zameraných na modelovanie rýchlostného poľa Európy na základe meraní GNSS, ale chýba mu pracovná skupina zameraná na výšky a gravimetriu. Potreba založenia takejto pracovnej skupiny sa nakoniec dostala aj medzi uznesenia, resp. rezolúcie schválené prítomnými delegátmi. Súčasťou otváracieho bloku bola aj prezentácia P. *Van Waardena* k 200. výročiu amsterdamského vodočtu NAP (Normaal Amsterdams Peil), ktorý bol kráľovským dekrétom z roku 1818 ustanovený ako počiatočok národného výškového systému pre celé Holandsko. Dnes už pôvodný vodočet NAP nie je prepojený s morom, ale je možné ho navštíviť a pozrieť si ho a s jemu pridruženou malou expozíciou (obr. 1).

Prvý blok sympózia bol zameraný na aktuálne informácie o súčasných systémoch GNSS, a to najmä o systéme Galileo. Zástupcovia Európskej GNSS agentúry (GSA) E. *Yau* a P. *Buist* informovali o vesmírnom segmente systému Galileo, ktorý tvorí momentálne 22 družíc, ďalšie 4 družice boli vypustené na obežnú dráhu v júli 2018. Výhoda Galileo oproti GPS je v tom, že ide o civilný systém, že družice Galileo majú presne známe hodnoty fázových centier a variácií antén, a že pri kódových meraniach dosahuje nižšie štandardné neistoty. Vysoko presná Galileo služba, predtým nazývaná ako komerčná služba, bude po novom dostupná zdarma a pomocou nej bude možné dosahovať presnosť v reálnom čase pod 10 cm. Počiatočná fáza spustenia tejto služby je naplánovaná na roky 2018–2020 a plné spustenie služby až po roku 2020. Zástupcovia GSA ďalej informovali o vlastnej organizačnej jednotke, ktorá nezávisle monitoruje kvalitu služieb Galileo čo publikuje v reportoch, ktoré sú pravidelne zverejňované. Vo všetkých sledovaných parametroch je Galileo presnejší ako bol plánovaný. Podľa R. *Dacha*, prednásajúceho o IGS (Medzinárodná služba GNSS) projekte MGEX (Multi GNSS experiment), je hlavným problémom pre presné spracovanie dostupných multi-GNSS údajov najmä nízky počet geodetických antén kalibrovaných na systémy Galileo a BeiDou, či nedostupnosť spoľahlivých softvérov na kombinované spracovanie meraní z rôznych GNSS. Druhý blok sympózia bol zameraný na aktuálne informácie o systémoch ETRS89 a EVRS (Európsky terestrický referenčný systém 1989, Európsky vertikálny referenčný systém). Z. *Altamimi* sa vo svojej prednáške venoval najaktuálnejšiemu medzinárodnému terestrickému referenčnému rámcu ITRF2014 a odhaleniu sezónnych pohybov niektorých staníc, ktoré sú spôsobené definíciou referenčného rámca. J. *Legrand* vo svojom príspevku informovala o výpočte ročných polôh a rýchlosti EUREF permanentných staníc (EPN) a vykonala ich porovnanie s riešením IGS. Na spracovanie a kombináciu údajov použila softvér CATREF a Hector. Na základe spracovania údajov odporučila do budúcnosti prehodnotiť súčasne delenie staníc EPN na triedu A a B, nakoľko súradnice bodov triedy A nie vždy po celú dobu spĺňajú stanovené kritérium (musia byť do 1 cm) a napr. krátkodobu ho prekročia a podľa súčasného nastavenia z triedy A navždy vypadávajú a nemôžu tak plnohodnotne vstupovať do spracovaní a analýz. V sekcii vystúpila aj M. *Sacher*, aby informovala o stave výpočtu novej realizácie EVRS. Novými údajmi do výpočtu realizácie prispeli krajiny ako: Belgicko, Ukrajina, Česká republika (ČR) a Slovinsko. Ešte sa čaká sa údaje sľúbené z krajín Taliansko a Slovenská republika (SR). Do spracovania pribudli oproti poslednej verzii EVRS aj



Obr. 1 Nulový vodočet

nové prepojenia na nivelačnú sieť Ukrajiny a prepojavacie nivelačné meranie cez tunel La Manche na sieť Anglicka. Nová realizácia EVRS bude predstavená na budúcoročnom výročnom sympóziu EUREF. Tretí blok sympózia bol venovaný stavu a aktualitám siete EPN a UELN. Ako prvá vystúpila C. *Bruyninx* a informovala o stave siete EPN. Sieť EPN tvorí aktuálne 324 staníc, pričom za posledný rok pribudlo 5 staníc. Systémy GPS+GLO+GAL (NAVSTAR GPS, GLONASS, Galileo) prijíma 53 % staníc, iba systém GPS 7 % staníc. C. *Bruyninx* ďalej informovala o potrebe používania tzv. dlhých názvov staníc (akceptované sú zatiaľ aj staré 4 znakové), pretože v názvoch staníc vznikali duplicity a aj sieť staníc IGS začala podporovať túto filozofiu. Do budúcnosti je v rámci EPN záujem prestať používať formát údajov RINEX 2.x a kompletne prejsť iba na používanie formátu RINEX 3.x. Na kontrolu kvality údajov v tvare RINEX 3.x je využívaný softvér G-Nut/Anubis vyvinutý na Geodetické observatoři Pecny v ČR. T. *Liwoz* informoval o EPN lokálnych analytických centrách (LAC), ktoré rutinne na dennej báze spracovávajú údaje všetkých referenčných staníc EPN. Na jeseň 2017 sa konalo v Bruseli stretnutie zástupcov všetkých EPN LAC centier, kde bolo dohodnuté, že od GPS týždňa 1980 budú používané na spracovanie troposféry iba Vienna mapping function (WMF), ďalej že systém Galileo nemá byť použitý v oficiálnych riešeniach centier vstupujúcich do kombinácii kvôli nedostatku informácií o polohe a variácii fázových centier GNSS pre tento systém, ale na druhej strane je odporúčané ho používať v testovacích riešeniach za pomoci produktov poskytovaných centrom CODE. C. *Bruyninx* v ďalšej prezentácii informovala o vývoji používania absolútnych kalibrácií antén v sieti staníc EPN a upozornila, že v súčasnosti takéto kalibrácie pre systémy Galileo a BeiDou stále chýbajú. Problém je taktiež v tom, že nie všetky antény majú individuálnu kalibráciu, ale že viaceré antény iba tzv. typovú kalibráciu. To otvára otázku či vôbec do budúcnosti v sieti staníc EPN využívať individuálne kalibrácie, alebo si vystačiť iba s typovými kalibráciami pre všetky antény staníc. A. *Kenyeres* vo svojom príspevku infor-

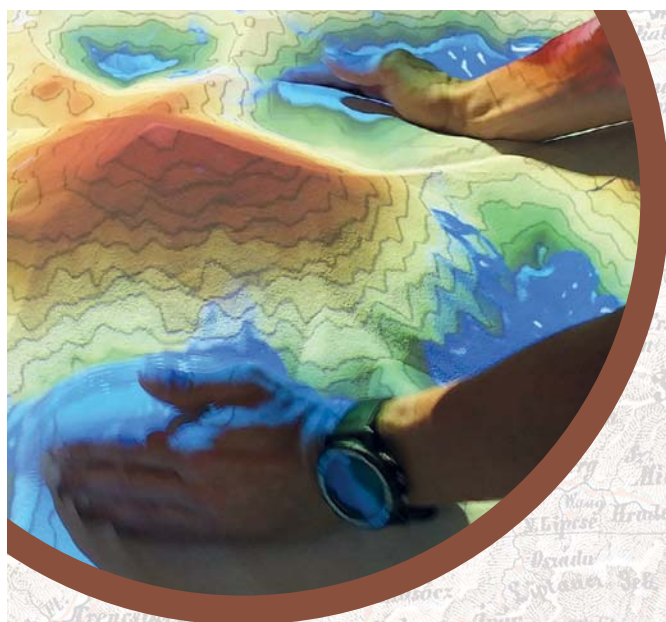
moval o aktuálnom stave projektu zhŕšťovania siete staníc EPN (EPN densification project). Do projektu je k dnešnému dňu zapojených vyše 3 000 permanentných staníc z Európy a blízkeho okolia, čo predstavuje viac ako 10 000 týždenných SINEX súborov o objeme vyše 11 GB dát, ktoré je potrebné skombinovať do jedného riešenia. Samotný čas kombinácie predstavuje cca 32 hodín výpočtu. Výsledkom je kombinované riešenie so súradnicami všetkých staníc a mapy eurázijskej tektonickej platne zobrazujúce horizontálne a vertikálne rýchlosti – pohyby. Nakoľko ide o vysoko presné spracovanie, výsledné mapy rýchlostí sú zaujímavé pre geofyzikálne komunity, a preto bolo navrhnuté tento produkt zverejniť a ponúkať ho týmto komunitám. Iný prístup k tvorbe rýchlostných modelov eurázijskej tektonickej platne odprezentoval S. Lutz zo Švajčiarska. Švajčiarsky prístup je založený na skombinovaní hodnôt výsledných rýchlostí v systéme ETRS89 (ETRF2000) vypočítaných lokálnymi analytickými centrami jednotlivých štátov. Do projektu je začlenených cca 2 000 permanentných staníc z územia Európy a projekt slúži ako nezávislé riešenie k projektu zhŕšťovania siete staníc EPN. Tretí prístup k riešeniu problematiky rýchlostných modelov predstavil M. Lindberg. Výsledkom aktivity jeho pracovnej skupiny je tvorba rýchlostných modelov v tvare pravidelnej mriežky na základe výsledkov vyššie spomenutých projektov a po automatickej eliminácii vybočujúcich hodnôt. Automatická eliminácia vybočujúcich hodnôt je založená na predpoklade, že rýchlosť jednotlivých staníc s rýchlosťami staníc v ich okolí si má byť podobná. Tento princíp eliminácie a tvorby jednotného gridu je testovaný na Islande a podľa výsledkov bude použitý pre celú Európu. Štvrtý blok sympózia bol zameraný na geodetické techniky ako nivelácia, GNSS a ich kombinácie. Jeden z príspevkov predniesol K. Smolík, zástupca Geodetického a kartografického ústavu (GKÚ) Bratislava, ktorý sa vo svojej prezentácii venoval analýze meraní používateľov Slovenskej priestorovej observačnej služby (SKPOS) z pohľadu rýchlosti fixácie. Pomocou aplikácie ASMARUP boli spracované všetky merania za 10 rokov prevádzky služby a bola vykonaná analýza dĺžky fixácie od rôznych faktorov, ako počet a rozmiestnenie družíc, značka prijímača, mount-point, poloha merača atď. Analýzou boli potvrdené pozitívne závislosti rýchlosti fixácie od zahŕšťovania siete a aktualizácie softvéru a hardvéru a zanedbateľné závislosti od použitého mountpointu či značky prijímača. M. Lidberg v príspevku predstavil nový gravimetrický systém Švédska, ktorý vznikol v kombinácii absolútnych gravimetrických meraní s relatívnymi meraniami. Na absolútne meranie boli použité gravimetre FG5 a poľný absolútny gravimeter A10. Hlavnou motiváciou pre vznik nového systému bola potreba vylepšenia modelov geoidu na prepočet elipsoidických výšok určených metódami GNSS na nadmorské výšky. B. Droščák z GKÚ predniesol príspevok zameraný na určovanie recentných vertikálnych pohybov na území SR na základe vykonaných niveláčnych meraní. Určovanie vertikálnych pohybov je založené na porovnaní niveláčnych meraní uskutočnených na rovnakých niveláčnych ťahoch v rôznych časových obdobiach. Prezentovaným výsledkom boli mapy vertikálnych pohybov určených viacerými prístupmi, t. j. na základe meraní alebo vyrovnaných prevýšení, alebo na základe meraní alebo vyrovnaných výšok. Najreprezentatívnejší výsledok bol z použitia nivelovaných prevýšení, kde boli odhadnuté rýchlosti okolo ± 1 mm/rok voči bodu EH500. V ďalšom príspevku C. Slobbe informoval o výpočte nového kvázigeoidu pre Holandsko, Belgicko a južnú čas Severného mora pomenovaného NEVREF. Na validáciu kvázigeoidu bolo použitých 82 GNSS/niveláčnych bodov na území Holandska a 3 760 bodov na území Belgicka. Štandardná odchýlka rozdielov dosiahla 0,66 cm pre Holandsko a 1,62 cm pre Belgicko. Autori však prišli k záveru, že na potvrdenie subcentimetrovej presnosti kvázigeoidu nie je porovnanie s použitím GNSS/niveláčnych bodov dostatočné a do budúcnosti bude nutný nový typ validácie. Posledný v bloku vystúpil R. Cunderlik zo Slovenskej technickej univerzity (STU) v Bratislave. V príspevku odprezentoval štúdiu modelovania lokálneho tiažového poľa na území SR, kde je k dispozícii veľmi husté podrobné gravimetrické mapovanie. Prístup je založený na numerickom riešení a je schopný vyhodnotiť narušenie geopotenciálnych kót priamo v miestach gravimetrických meraní. Ďalším blokom sympózia bol blok venujúci sa prezentácii národných správ prítomných delegátov. Každý z prednášajúcich sa pokúsil v piatich minútach predstaviť národné aktivity z oblasti geodetických základov a GNSS za posledný rok. Za SR vystúpil s národnou správou B. Droščák a informoval o akti-



Obr. 2 Delegáti z ČR a SR

vítach a novinkách v Slovenskej priestorovej observačnej službe (nárast negeodetov, prestabilizácia dvoch staníc), niveláčnej siete (výpočet novej realizácie výškového systému), gravimetrickej siete (budovanie gravimetrickej základnice), o aktivitách Úradu geodézie kartografie a katastra SR (projekt na ortofotoa DMR z Lidaru) a o výskume a vývoji na GKÚ a STU (geohazard pomocou InSAR, multipath, výpočet ZTD). Z prezentovaných informácií ostatných štátov možno spomenúť najmä trend znižovania, resp. v niektorých krajinách až rušenia poplatkov za národné služby GNSS pre reálny čas, ďalej štáty západnej Európy (Nórsko, Fínsko) informovali o renovácii a budovaní nových kolokačných staníc na svojich územiach pre techniky VLBI a SLR, zaujímavé boli aj informácie viacerých štátov (Švédsko, Nemecko) zamerané na výpočet gravimetrických kvázigeoidov s centimetrovou presnosťou, prekvalifikovali štáty informujúce o vykonávaní nových geomagnetických meraní (Estónsko, Litva, Lotyšsko), a zaujali najmä zmienky o začatí využívania technológie InSAR na územiach niektorých štátov (Nemecko, Holandsko, Slovensko). Poslednou odbornou sekcii sympózia bol blok zameraný na geovedné a geoinformatické aplikácie. V sekcii vystúpil J. Kaplan a informoval o využití vysokorýchlostných prijímačov GNSS ako doplnku pre výskum seizmickej aktivity. Očakáva sa, že spracovanie údajov GNSS má významnú koreláciu so seizmickými údajmi a kombinácia metód umožní určiť dĺžku zemetrasenia, amplitúdu posunov a polarizáciu seizmických vĺn. V sekcii vystúpil aj R. Fernandes a informoval o projekte EPOS (European plate observing system). Projekt integruje existujúce údaje z rôznych geovedných oblastí do jednej platformy. Informácie budú voľne dostupné, ale samotné krajiny budú platiť za prístup. Projekt sa nachádza v implementačnej fáze. Dostupný je už EPOS portál, ktorý umožňuje jednoduché vyhľadávanie dostupných údajov. Záverečná sekcia sympózia bola venovaná celkovému zhodnoteniu, schváleniu rezolúcií a predstaveniu budúceho dejiska sympózia. Prítomní delegáti schválili 6 rezolúcií. Prvá bola zameraná na pomoc vyriešiť chýbajúce kalibrácie antén GNSS pre systém Galileo, tým že kto s takýmto kalibráciami disponuje, aby ich poskytol odbornej komunite na využitie. Druhá rezolúcia sa týkala potreby založenia v rámci EUREF aj pracovnej skupiny zameranej na výšky a gravimetriu. Tretia rezolúcia schválila prezentované výsledky spracovania slovenskej kampane GNSS. Štvrtá rezolúcia vyzvala na masívnejšie začatie využívania technológie InSAR v kombinácii s permanentnými stanicami EPN. Piata rezolúcia zaviazala zástupcov výkonného výboru EUREF pripraviť stratégiu a dokumentáciu prepojenia GNSS s InSAR a záverečná šiesta rezolúcia obahovala podakovanie holandským organizátorom za vynikajúce zorganizovanie sympózia. Ako posledný na sympóziu vystúpili delegáti z Estónska, aby pozvali prítomných do Tallinu, kde sa bude konať v dňoch 22. až 24. 5. 2019 výročné sympóziu EUREF 2019. Bola to krásna bodka za skvelým programom aj organizačne nabitým sympóziom, ktorého sa zúčastnili aj delegáti z ČR a SR (obr. 2).

Ing. Branislav Droščák, PhD.,
Ing. Karol Smolík,
GKÚ Bratislava

SLOVENSKÉ
MÚZEUM MÁP

JEDINÉ ZÁŽITKOVÉ MÚZEUM MÁP *svojho druhu na Slovensku*



Model krajiny
s rozšírenou realitou



Zábavná
kartografia



Ako vzniká
maľovaná mapa



Trochu
histórie

Slovenské múzeum máp

Kynceľová 77

974 01 Banská Bystrica

Rezervácie:

Mobil: +421 948 366 026

E-mail: info@muzeummap.sk

www.MuzeumMap.sk



Školenie ELRA ohľadom projektu IMOLA II. a workshop členov ELRA

V dňoch 31. 5. 2018 až 1. 6. 2018 sa v Talline uskutočnilo školenie ELRA (European Land Registry Association, čo možno preložiť ako Združenie európskych registrov nehnuteľností) ohľadom projektu IMOLA II. a workshop členov ELRA (konferencia). Ide o medzinárodnú neziskovú organizáciu, ktorá vznikla v roku 2004. Združenie je spolufinancované z DG Just a momentálne má 32 členov z 25 európskych krajín, nakoľko v niektorých štátoch existuje viacero inštitúcií, zaoberajúcich sa registráciou práv k nehnuteľnostiam. Doterajším najdôležitejším úspechom združenia ELRA bolo, že Európska komisia a Európsky parlament ho uznali ako združenie (asociáciu), ktorá zastupuje inštitúcie evidujúce nehnuteľnosti v Európskej únii. Hlavným účelom združenia ELRA je vývoj a pochopenie úlohy registrácie práv k nehnuteľnostiam v rámci trhov s nehnuteľnosťami a kapitálových trhov. ELRA chce propagovať vzájomné porozumenie medzi registrami nehnuteľností jednotlivých krajín a napomôcť k vytvoreniu otvorenej a bezpečnej Európy.

Vo všeobecnosti, ľudia prídu do kontaktu s registráciou nehnuteľností aspoň jedenkrát za život. Či už sa to týka kúpy a predaja nehnuteľností, hypotéky alebo ďalších postupov, v ktorom je systém registrácie nehnuteľností obsiahnutý či už priamo, alebo nepriamo. Niekedy sú nevyhnutné iba jednoduché, základné alebo ľahko získateľné informácie, avšak vo väčšine prípadov sú potrebné komplexné informácie. Všetko to závisí na dostupnosti informácií v systéme a skúsenosti tých, ktorí už s uvedeným prišli do kontaktu.

Čo sú to dostupné informácie? Ako môžu byť prístupné? Aká je hodnota týchto informácií? Neexistuje všeobecná odpoveď ohľadom všetkých systémov registrácie nehnuteľností v Európe, avšak každý systém musí byť vypracovaný samostatne, aby sa dosiahla správna odpoveď. Hĺbka odpovedí sa okrem toho líši aj v závislosti od úrovne vedomostí v tejto oblasti a od potrieb každého jednotlivého štátu. Na druhej strane je potrebné zvážiť dynamiku vnútroštátnych a európskych právnych predpisov, aby odpovede na otázky, ktoré by mohli vzniknúť v súvislosti s katastrom nehnuteľností, boli nielen správne, ale aj aktuálne.

Systémy evidencie nehnuteľností fungujú na celom svete ako právny základ pre dôkladné zaznamenávanie vlastníckych a iných zákonných práv k nehnuteľnostiam. Systémy evidencie nehnuteľností odrážajú právne tradície územia, v ktorom pôsobia, a preto sa líšia z miesta na miesto. V niektorých krajinách registre nehnuteľností vykonávajú svoju činnosť v mene štátu a zaručujú právny titul nadobudnutia nehnuteľností, avšak v niektorých krajinách registre nehnuteľností, t. j. katastre iba evidujú právne listiny, na základe ktorých vzniklo, zmenilo sa, alebo zaniklo právo k nehnuteľnostiam. Avšak v každom štáte je kataster oficiálnou organizáciou zodpovednou za prevádzku systému evidencie nehnuteľností.

Členovia ELRA chcú vytvoriť informácie ohľadom katastra nehnuteľností ľahšie dostupnejšie tak, aby mohli podporiť cezhraničné aktivity, štyri základné slobody a uľahčiť spoluprácu v oblasti súdnictva. ELRA preto s radosťou spolupracuje s európskymi inštitúciami na projektoch, ktoré môžu prispieť k dosiahnutiu tohto cieľa. Projekt ohľadom súčasného prepojenia je založený na:

- dobrovoľnej účasti,
- rešpektovaní právnej rôznorodosti,
- tom, že pozemkové registre si ponechávajú kontrolu nad tým, ktoré informácie poskytujú a na akom základe.

Cieľom spolupráce je nastavenie nástrojov, ktoré uľahčujú priateľský prístup k službám katastra nehnuteľností na európskej úrovni, poskytnutie relevantných a užitočných informácií širokej verejnosti o registrácii majetku v rámci Európskej únie (EÚ) a poskytnutie informácií k lepšiemu porozumeniu systému registrácie majetku v rozdielnych právnych poriadkoch. ELRN by však mala poskytovať pomoc aj iným európskym právnym odvetviam, zloženým zo sudcov, súdnych exekútorov, právnikov, notárov a iných právnikov, ktorí sa každý deň podieľajú na záležitostiach týkajúcich sa katastra nehnuteľností.

ELRN je iniciatívou ELRA, ktorá vznikla v roku 2010 a momentálne má 28 členov z 21 krajín EÚ. Cieľom ELRN je poskytnúť nástroje, ktoré uľahčia prístup

k službám registra nehnuteľností na európskej úrovni, poskytnú širokej verejnosti relevantné a užitočné informácie o registrácii nehnuteľností v rámci EÚ a zároveň ponúknu informácie na lepšie pochopenie registračných systémov rôznych jurisdikcií.

Prostredníctvom svojej vlastnej webovej stránky poskytuje ELRN sieť kontaktných osôb zaoberajúcich sa registráciou práv k nehnuteľnostiam. Každý člen určí minimálne jednu kontaktnú osobu, ktorej úlohou bude poskytovať informácie ohľadom evidencie nehnuteľností v danej krajine a odpovedať na žiadosti od používateľov z iných členských krajín.

ELRA je organizáciou, ktorá sa prostredníctvom svojich kontaktných bodov v každom členskom štáte snaží uľahčiť obchodovanie s nehnuteľnosťami. Myšlienka asociácie je veľmi prínosná najmä v tom zmysle, že dnes už množstvo ľudí z jedného členského štátu je vlastníkom nehnuteľnosti v inom členskom štáte, pričom princíp registrácie nehnuteľností nie je v jednotlivých štátoch rovnaký. Z uvedeného dôvodu v prípade potreby sa „contact point“ z jedného členského štátu spojí s „contact point“ z iného členského štátu, aby zistil podmienky prevodu vlastníckeho práva. Týmto bodmi sú spravidla osoby pracujúce na katastri nehnuteľností, ktorí majú spravidla právne vzdelanie, vedomosti a skúsenosti s tým, ako prevod nehnuteľností prebieha – od vyhotovenia zmluvy, ktorá musí obsahovať zákonom predpísané náležitosti, až po završenie celého procesu vkladového konania.

Každý člen ELRN vymenuje jednu alebo viac osôb ako kontaktný bod. Osoba vymenovaná za kontaktný bod musí byť registrátorom (vkladárom) s právnym vzdelaním a primeranými znalosťami anglického jazyka.

Kontaktný bod musí reagovať na žiadosť od iného kontaktného bodu tak, že mu poskytne všetky informácie, ktoré umožnia spoluprácu medzi členskými štátmi tým, že vytvoria najvhodnejšie priame kontakty pre každý konkrétny prípad.

Kontaktný bod má v náplni činnosti taktiež poskytnutie informácií ostatným kontaktným bodom o príslušnom domácom práve a ďalšie formálne alebo vecné hľadiská, ktoré vzniknú v cezhraničných prípadoch, ktoré sú predmetom konania na katastri nehnuteľností, alebo poskytnutie usmernenia organizáciám katastra nehnuteľností o uplatnení práva Spoločenstva, vrátane príslušných orgánov alebo usmernenia o osobitných postupoch, keď sa právo Spoločenstva uplatňuje na postupy katastra nehnuteľností.

Kontaktný bod má tiež uľahčiť koordináciu spracovania žiadostí o spoluprácu súdneho registrátora v príslušnom členskom štáte a európskych orgánov vo všeobecnejšom zmysle, má spolupracovať s kontaktnými bodmi členských štátov a zúčastňovať sa na stretnutiach kontaktných bodov. Kontaktný bod by mal pomáhať pri príprave a aktualizácii informačného systému pre verejnosť a snažiť sa o zachovanie potrebnej nezávislosti úlohy katastrálnych nehnuteľností.

V apríli 2018 sa na Úrade geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (SR) konalo stretnutie s prezidentom ELRA, na ktorom sme sa ako ústredný orgán na úseku katastra nehnuteľností, uchádzajúci sa o členstvo v tejto organizácii, zaujímali aj o povinnosti, ktoré z tohto členstva vyplývajú. ELRA nemá záujem o naše údaje a dáta, cieľom je výlučne iba spolupráca na spoločných projektoch, ktorých cieľom je uľahčenie fungovania procesu kúpy a predaja nehnuteľností, prípadne s tým súvisiacich úkonov. ELRA v súčasnosti pracuje na svojich projektoch a v budúcnosti sa bude venovať projektom, ktorých potrebu vzniku prinesú ďalšie životné okolnosti. V budúcnosti by ELRA rada spolupracovala tiež so súkromnou sférou, resp. advokátmi či osobami, pracujúcimi v oblasti realitného trhu. ELRA sa taktiež zaoberá novými trendmi v oblasti trhu s nehnuteľnosťami, ktorou je v súčasnosti aj „block-chain technology“, čomu bola venovaná aj časť v rámci posledného valného zhromaždenia ELRA.

Výhodou členstva je aj znalosť problematiky katastra nehnuteľností v iných členských štátoch EÚ, prostredníctvom valného zhromaždenia existuje možnosť dozvedieť sa o problémoch, ktoré ten-ktorý členský štát rieši a ktorý by sa mohol týkať aj SR. Zároveň sa ozrejmia princípy fungovania katastra v rôznych právnych systémoch, čo by mohlo slúžiť ako zdroj inšpirácií pre rozvoj katastra v SR. V prípade, ak by občan SR chcel nadobúdať majetok v inom členskom štáte, nie je problém zistiť podrobnosti ohľadom prevodu práve prostredníctvom „kontaktného bodu“. Taktiež ELRA sa snaží vybudovať jednotný slovník, prostredníctvom ktorého by sa docielil rovnaký význam jednotlivých právnych

inštitútov v oblasti katastra nehnuteľností, čo je taktiež prostriedok predchádzania problémov pri cezhraničných prevodoch nehnuteľností.

Organizačné členenie ELRA:

- Valné zhromaždenie
- Predstavenstvo
 - Predseda
 - Generálny tajomník a koordinátor
 - Pokladník
 - 2 x Administrátori
- Sekretariát

Hlavné aktivity organizácie:

- výročné valné zhromaždenia na ktorých sa informujú členovia o európskych iniciatívach a zároveň sa tam identifikujú nové ciele združenia,
- stretnutia s európskymi inštitúciami s cieľom sledovať iniciatívy EÚ týkajúce sa registrácie práv k nehnuteľnostiam,
- predkladanie správ európskym inštitúciami,
- spolupráca s európskymi organizáciami ako EJNI, ELI, UNECE, CNUE, Euro-Geographics, PCC atd.,
- vývoj ELRN aktivít,
- vývoj projektov ako, napr. IMOLA.

Projekt IMOLA

Členovia združenia spolupracujú na viacerých projektoch, z ktorých asi najdôležitejším je projekt IMOLA (IMOLA – Interoperability Model for Land Registers, čo možno preložiť ako Model interoperability pre registre nehnuteľností). Projekt je rozdelený na dve časti – IMOLA I. a IMOLA II.

Prvý projekt je už ukončený (2014-2016) a bol zameraný na vytvorenie modelu pre štandardizovaný výstup z evidencie nehnuteľností, ktorý bude prepojený s vysvetľujúcim materiálom v rôznych jazykoch. Zároveň má poskytnúť školenia s cieľom zlepšiť porozumenie rôznych zainteresovaných právnych systémov. Hlavným cieľom projektu bolo zvýšiť dostupnosť a transparentnosť informácií z procesu registrácie práv k nehnuteľnostiam a uľahčiť registráciu cezhraničných dokumentov.

Výsledkom projektu je dokument ELRD (European Land Register Document), čo možno chápať ako „Európsky list vlastníctva“. Tento dokument je šablónou na štandardizovaný prístup k informáciám registra nehnuteľností. Bol vyvinutý prostredníctvom schémy XSD/XML, ktorá umožňuje poloaautomatické spracovanie informácií prostredníctvom zdieľaných pravidiel s metaúdajmi odvodenými z tezauru.

Projekt IMOLA II. (2017-2019), ako nadväzujúci projekt, si dal za cieľ pripraviť platformu interoperability medzi jednotlivými európskymi registrami nehnuteľností. Základnými prvkami projektu sú riadené slovníky, ktoré slúžia ako východisko pre dosiahnutie sémantického zdieľaného úložiska (Knowledge Repository). Zároveň má projekt umožniť jednotný prístupový bod v rámci e-Justice portálu.

Projekt CROBECCO

Uvedený projekt sa týka podpory trhu s nehnuteľnosťami, v rámci ktorého zahraniční kupujúci/predávajúci kupujú/predávajú nehnuteľnosti v inom členskom štáte EÚ. Conveyancer – osoba, ktorá tento obchod sprostredkúva má na starosti jeho bezproblémové uskutočnenie v štáte, v ktorom sa nehnuteľnosť nachádza. Ide o osobu, ktorá je znála práva a právneho systému ohľadom prevodu vlastníckeho práva. Z uvedeného dôvodu je to určitá záruka pre obe zmluvné strany, že nedôjde k nejakým diskrepanciám, ktoré by mali negatívny vplyv na zrealizovaný obchod.

Konferencia počas oboch dní prebiehala v priestoroch Ministerstva spravodlivosti Estónskej republiky v meste Tallinn.

Prvý deň konferencie bol venovaný projektu IMOLA II (2017-2019). Konferenciu otvoril svojím príhovorom Jan Moerkerke, prezident ELRA (obr. 1) a následne Jesús Camy predstavil zlepšenia a pokroky, ktoré nastali v rámci projektu.



Obr. 1 L. Fiľagová a prezident ELRA J. Moerkerke

Jorge Lopez, Mihai Taus a Anabel Fraga, koordinátori projektu, predstavili ciele pokroky v systéme, týkajúce sa vstupného systému a postup s jednotlivými národnými koncepciami.

Druhá časť zasadnutia bola venovaná praktickej časti projektu, t. j. ako konkrétny nástroj „Knowledge Manager“ používať, nástrojom na správu tezauru a ontológií, slovníku katastra nehnuteľností, všeobecnej slovnice zásoby, ako aj hierarchii týchto slov v systéme. V závere tejto časti Prof. Elena Ioriatti z Univerzity v Trente predstavila právnú terminológiu a porovnávacie právo a úlohu prevádzkových pravidiel.

Tretia časť zasadnutia prvého dňa konferencie bola venovaná postupu, ako vytvoriť kontrolovaný slovník, ako vytvoriť hierarchiu v systéme, zlepšením v oblasti pozemkových registrov, ako aj preskúmaniu doteraz vytvorenej ontológie doménového registra. Táto časť zasadnutia bola vedená koordinátormi projektu – Juan Llorens, Borja Lopez, Miguel Tellez a Anabel Fraga.

Prvý deň konferencie uzatvorili stručným zhrnutím Jesús Camy a Anabel Fraga.

Druhý deň konferencie bol venovaný praktickým prípadom v oblasti bezpodielového spoluvlastníctva manželov a block-chain technológií a otvoril ho svojím príhovorom Jan Moerkerke, prezident ELRA a Neeme Laane, riaditeľ oddelenia katastra nehnuteľností. Následne Nuria Raga, generálna sekretárka ELRA stručne predstavila obsah druhého dňa konferencie a problematiky, ktorá bola predmetom rokovania.

O oboch časti zasadnutia bola venovaná opatreniam, prijatým v nadväznosti na európske právne predpisy, týkajúce sa evidencie nehnuteľností v režime bezpodielového spoluvlastníctva manželov. Reguláciu v oblasti režimu bezpodielového spoluvlastníctva manželov odprezentovali Paula Pott, sudkyňa z Portugalska a Gabriel Alonso, bývalý prezident ELRA a zástupca Colegio de Registradores de España. Následne prebehla panelová diskusia za okrúhlym stolom, kde sa moderátor tejto časti pýtal jednotlivých zástupcov členských štátov ELRA na spôsob evidovania bezpodielového spoluvlastníctva manželov v katastrí (či majú oddelený register, alebo tieto údaje sú súčasťou údajov katastra nehnuteľností).

Po ukončení panelovej diskusie vystúpil Vivien Whyte, prezident EÚ súdnych úradníkov ohľadom spolupráce týchto osôb v členských štátoch.

Následne vystúpil Piotr Trzeciakowski, sudca Disciplinárneho súdu v Białymoku (Poľsko), ktorý sa podrobne zaoberal rozsudkom Súdneho dvora Európskej únie č. C-218/16 – Alexandra Kubicka, ktorý pojednával o neexistencii právneho inštitútu v jednom členskom štáte európskej únie a jeho vynútiteľnosti, resp. uplatnení v inom členskom štáte EÚ. Michele Cuccaro, sudca súdu

v Rovereto (Taliansko) predniesol kontroverzný dopad rozsudku Európskeho súdu pre ľudské práva na kataster nehnuteľností.

Na záver do obedného stretnutia vystúpila Katja Zimmermann z Univerzity v Maastrichte, ktorá zverejnila výsledky svojho prieskumu ohľadom zápisov práv k nehnuteľnostiam v rámci medzinárodného dedenia. Následne prebehla panelová diskusia kontaktných bodov z členských štátov ELRA ohľadom zápisov medzinárodných dedičstiev do katastra nehnuteľností.

Poobedná časť zasadnutia bola venovaná technológii „Blockchain“, v rámci ktorého vystúpila Mariam Turašvili, vedúca divízie riadenia projektov Národnej agentúry verejného registra v Gruzínsku, ktorá opísala skutočnosti od plánovania zavedenia technológie do praxe až po samotný proces fungovania v súčasnosti. Ďalej vystúpila Teresa Rodríguez de las Heras Ballell z Oxfordskej univerzity, ktorá rozprávala o technológii v rovine abstraktnej/teoretickej a rovine praktickej, Jacques Vos z holandského katastra rozprával o plánovaní zaviesť túto metódu do praxe v Holandsku a na záver vystúpil Ingmar Vali z Centra registrov a informačných systémov v Estónsku, ktorý rozprával o pohnútkach, ktoré viedli Estónsko k zavedeniu tejto technológie do praxe a aj nasadení pilotného projektu dňa 31. 5. 2018.

Konferenciu krátkym príhovorom ukončil vo večerných hodinách Jan Moerkerke, prezident ELRA, ktorý zároveň poďakoval prítomným za účasť a následne ich pozval na najbližšie zasadnutie valného zhromaždenia ELRA, ktoré sa uskutoční dňa 30. 11. 2018 v Bruseli.

Ing. Lucia Filágová,
ÚGKK SR

7. ročník českého uživatelského fóra Copernicus

Ve dnech 7. a 8. 6. 2018 se konal v Praze v budově Agentury pro evropský GNSS (GSA) 7. ročník Českého uživatelského fóra Copernicus (obr. 1). Akci pořádalo Ministerstvo životního prostředí (MŽP) České republiky (ČR) ve spolupráci s Ministerstvem dopravy (MD) ČR a Podnikatelským inovačním centrem Evropské kosmické agentury v Praze (ESA BIC Prague). Účastníci letošního uživatelského fóra (obr. 2) se mohli opět seznámit s nejnovějšími pokroky evropského programu pro monitorování životního prostředí a bezpečnosti, jehož cílem je poskytování včasných a přesných informací pro podporu rozhodování v této oblasti.

Účastníky přivítali a jednání zahájili zástupci pořadajících resortů, Vladislav Smrž z MŽP a Tomáš Čížek z MD, a Carlo des Dorides, výkonný ředitel GSA. Ve svých úvodních vystoupeních zdůraznili význam programu Copernicus a vyjádřili svoji podporu využití výsledků jak ve státní správě, tak v podnikání, připomněli rovněž rozsah a význam evropské spolupráce v této oblasti. Obsírněji a konkrétněji rozvedl přínosy E-GNSS a programu Copernicus pro trvalé udržitelný rozvoj zástupce GSA Gian-Gherardo Calini. Uvedl významné příklady využití dat poskytovaných oběma programy v oblastech jako je zemědělství, hydrologie, krizové řízení, geologie, ale i územní správa a územní plánování. Po tomto vystoupení následovaly prezentace dalších přednášejících, ti se již převážně zaměřili na klíčové téma letošního uživatelského fóra, kterým bylo využití pozemní komponenty programu Copernicus, tzv. in situ dat, tedy dat pořízených pozemními senzory. Tato data slouží pro kalibraci a validaci informací získávaných z družicových dat.

První den dopoledne vystoupili s příspěvky převážně zahraniční hosté, zástupci evropských organizací podílejících se na realizaci programu Copernicus. Prvním přednášejícím byl Hans Bruyninckx, výkonný ředitel Evropské agentury pro životní prostředí (EEA), který upozornil na význam koordinace při sběru in situ dat. Následující přednášející Catharina Bamps, odborná konzultantka Evropské komise, uvedla konkrétní fakta o sběru dat v rámci in situ komponenty programu Copernicus a upozornila na významnou spolupráci výzkumné sféry při využití a analýze těchto dat. Další přednáška zazněla od ředitele programu Copernicus ESA Simona Jutze, který podal informaci o tom, jaký je současný stav kosmické komponenty programu Copernicus reprezentovaný druž-



Obr. 1 Budova GSA – místo konání konference



Obr. 2 Účastníci konference při debatách v kuloárech

cemi Sentinel. Ve druhé části své přednášky se zabýval validací dat získávaných sondami Sentinel, speciálně se zaměřil na oblast využití pro analýzu znečištění atmosféry. Validace dat se zaměřením na meteorologii, klimatologii a geofyzikální vlastnosti Země byla předmětem přednášky Francoise Montagnera z Evropské organizace pro výzkum meteorologickými družicemi (EUMETSAT). Otázkami využití in situ dat pro klimatologii se zabývala také přednáška Jeana-Noëla Thépauta, ředitele služby pro klimatickou změnu z Evropského centra pro střednědobou předpověď (ECMWF). Podíl českých vývojářů na využití dat poskytovaných ECMWF poté představil Tomáš Slavkovský, posluchače seznámil s volně poskytovanou aplikací na předpověď počasí Windy. O činnosti Skupiny pro pozorování Země (GEO), která je koordinační iniciativou programů GEOSS a Copernicus, podrobně informoval Steven Ramage. Poslední prezentaci prvního půldne konference přednesl Stéphane Ourevitch, zástupce konzultační skupiny SpaceTec Partners. Činnost této skupiny se soustřeďuje na poskytování služeb strategického a technologického poradenství pro projekty z oblasti pozorování Země. Prezentace byla zaměřena na seznámení posluchačů s jednotlivými formami činnosti konzultační skupiny.

Odpolední blok přednášek obstarali již výhradně domácí prezentující, ti se soustředili na konkrétní projekty a činnosti realizované převážně v rámci ČR. Jako první vystoupil Ondřej Šváb z MD. Informoval o tom, jak je zabezpečován přístup k rychle se rozvíjícímu množství dat poskytovaných družicemi Sentinel prostřednictvím pozemního segmentu programu Copernicus. Následoval



Obr. 3 Účastníci konference v přednáškovém sále při prezentaci Hanse Bruyninckxe

příspěvek Petra Mareše ze SCIENCE IN, s. r. o., o projektu podpory primárního vzdělávání v oblasti využití dat pozorování Země, který zaštiťuje Evropská kancelář pro vzdělávání o vesmíru (ESERO). Frekventované téma věnující se sledování kvality povrchových vod za pomoci analýzy družicových dat zpracoval kolektiv odborníků z Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, souhrnnou informaci o tom přednesl Jakub Brom. Monitoringem stavu vegetace pomocí dálkového průzkumu Země se zabývají v Ústavu výzkumu globální změny – Czech Globe, nezastupitelnou roli dat pozemní komponenty programu Copernicus dat v této oblasti prezentoval Petr Lukeš. Významným uživatelem družicových dat je rovněž Česká geologická služba. Veronika Kopačková z této organizace seznámila posluchače s tím, jaké široké možnosti a perspektivy využití mají hyperspektrální data. Problematika meteorologie a sledování stavu ovzduší byla tématem další přednášky, ve které se Jan Horálek z Českého hydro-meteorologického ústavu zabýval kombinovaným užitím in situ dat. Tradičním účastníkem konference a častým příspěvatelem uživatelských zkušeností je firma GISAT. Společně s Ústavem globální změny AV ČR se firma podílela na projektu, jehož cílem bylo zkoumání a ověření postupů modelování biofyzikálních a produkčních parametrů zemědělských plodin na podkladě dat získaných z družic Sentinel, zprávu o tom přednesl Jan Mišurek. Lukáš Brodský ze společnosti Mapradix v prezentaci na konkrétních příkladech ukázal možnosti operačního monitorování Země za pomoci in situ dat. Poslední přednáškou dne bylo vystoupení Vladimíra Jirky ze společnosti ENKI. Představeny byly postupy získávání termovizních snímků a kalibrace a validace termálních leteckých dat.

Program druhého dne se odehrával v režii ESA BIC Prague, zúčastnil se již jen užší okruh účastníků, zájemců o problematiku využití dat Copernicus v podnikání. Prezentovány byly možnosti, jak nastartovat podnikání s pomocí dat Copernicus, předneseny byly inspirativní náměty a nové technické trendy, jako je například využití blockchainu (speciální druh distribuované zabezpečené databáze), umělé inteligence a jejich propojení s družicovými daty. Na závěr pak zazněly úst zástupců firem, které data Copernicus využívají, první zkušenosti o úspěšně realizovaných podnikatelských projektech.

Účastníci konference (obr. 3) se tentokrát mohli vedle novinek v poskytování dat pozorování Země seznámit již s řadou projektů, které využívají tato data a jejichž výsledky mají konkrétní přínosy v řadě odvětví a pomáhají především orgánům státní správy při rozhodování. Podrobnější informace o průběhu konference, program a prezentace z prvního dne lze nalézt na stánkách <http://copernicus.gov.cz/7.-uzivatelske-forum>.

Ing. Petr Dvořáček,
Zeměměřický úřad,
foto: GSA



SPOLOČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST

Pri príležitosti osláv 100. výročia vzniku Československého vojenského zemepisného ústavu sa v Topografickom ústave v Banskej Bystrici (TOPÚ) uskutočnila slávnostná oslava, z ktorej sme Vám, čitateľom Geodetického a kartografického obzoru (GaKO), pripravili 4 reportáže v rámci rubriky SPOLOČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST:

- redakčná rada sa stretla s riaditeľom TOPÚ,
- spomenieme si na niektoré historické udalosti od vzniku prvého Zemepisného ústavu Armády Československej republiky až po súčasný TOPÚ Armády Slovenskej republiky (ASR),
- predstavíme Vám úsek diaľkového prieskumu Zeme,
- konala sa prehliadka stálej expozície „Sieň tradícií“ venovanej vojenskej kartografii.



Stretnutie redakčnej rady GaKO s riaditeľom TOPÚ plk. Ing. Marošom Miškolciom

Pri príležitosti osláv 25. výročia vzniku TOPÚ požiadala redakčná rada GaKO o rozhovor súčasného riaditeľa TOPÚ plk. Ing. Maroša Miškolciho. Dňa 13. 9. 2018 sa s ním rozprávala predsedníčka redakčnej rady GaKO Ing. Katarína Leitmannová.

Pán riaditeľ, predstavte prosím čitateľom časopisu GaKO pôsobnosť TOPÚ.

TOPÚ je jedinečné a špecifické zariadenie rezortu obrany, ktoré vzniklo po rozpade federácie dňa 1. 10. 1993 na základe nariadenia veliteľa ASR. Jeho hlavným poslaním je zhromažďovať a zabezpečiť informácie o území pre účely obrany a bezpečnosti štátu.

Zo zákona Národnej rady (NR) SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov je Ministerstvo obrany Slovenskej republiky (MO SR)

zodpovedné za vypracovávanie koncepcií smerov rozvoja geodetických a kartografických činností pre potreby obrany štátu a krízového manažmentu, určuje záväzné geodetické systémy a lokalizačné štandardy, spravuje bodové polia, zabezpečuje tvorbu, aktualizáciu a vydávanie vojenského štátneho mapového diela, budovanie a správu Vojenského geografického informačného systému, vedie evidenciu leteckých meračských snímok a prvotných materiálov leteckého diaľkového prieskumu Zeme a archivuje ich, zhromažďuje, zhodnocuje, dokumentuje a archivuje výsledky geodetických a kartografických činností, zabezpečuje medzinárodnú spoluprácu na úseku vojenskej geodézie a kartografie a poskytuje údaje z vojenského štátneho mapového diela a geografického informačného systému subjektom, ktoré plnia úlohy na úseku obrany štátu a krízového riadenia mimo času vojny a vojnového stavu.

Ďalej zo zákona č. 3/2010 Z. z. o národnej infraštruktúre pre priestorové informácie v znení neskorších predpisov je MO SR prostredníctvom TOPÚ zodpovedné za zhromažďovanie, uchovávanie, poskytovanie a šírenie jednotlivých zložiek národnej infraštruktúry priestorových informácií.

Vzhľadom k členstvu SR v štruktúrach NATO (Severoatlantická aliancia) je TOPÚ zodpovedný za geografické zabezpečenie a podporu aliančných krajín NATO spracovaním a poskytnutím základného unifikovaného kartografického diela kompatibilného so všetkými krajinami NATO, poskytovaním geografických údajov pre potreby aliancie či participáciou v niekoľkých mnohonárodných geografických projektoch.

Aké súradnicové a výškové systémy používa ASR pre geografické zabezpečenie svojej činnosti a ako udržiava ich realizácie TOPÚ?

Na základe zákona NR SR č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii v znení neskorších predpisov, medzinárodnej štandardizačnej dohody NATO STANAG 2211 IGEO a vyhlášky MO SR č. 194/2007 Z. z. o podrobnejšej úprave vykonávania geodetických a kartografických činností pre potreby obrany štátu, Ozbrojené sily (OS) SR používajú Svetový geodetický referenčný súradnicový systém 1984 WGS-84, zobrazenie UTM v 33. a 34. páse. Jediným záväzným geodetickým výškovým systémom v OS SR je výškový systém Baltský po vyrovnaní (Bpv).

Využíva ASR službu SKPOS?

Áno, samozrejme, TOPÚ v plnej miere využíva službu SKPOS (Slovenská priestorová observačná služba) na geodetické zabezpečenie OS SR. Službu prioritne využívame na určovanie súradníc a výšok v reálnom čase. TOPÚ v spolupráci s Geodetickým a kartografickým ústavom (GKÚ) zabezpečuje nepretržitú prevádzku permanentnej stanice (PS BBYS), ktorá sa nachádza priamo v areáli nášho zariadenia a ktorá permanentne poskytuje údaje do SKPOS.

Ako by ste opísali spoluprácu TOPÚ a rezortu Úradu geodézie, kartografie a katastra SR (ÚGKK)?

Spolupráca rezortu ÚGKK SR a TOPÚ je dlhodobá na veľmi dobrej úrovni. Myslím si, že je veľmi dôležité, aby v takejto malej krajine obidva subjekty, ktoré sú zo zákona zodpovedné ako za civilnú tak i vojenskú oblasť geografie, geodézie a kartografie úzko spolupracovali. Obidve inštitúcie podpísali v roku 2000 Dohodu o koordinácii činnosti a spolupráci v oblasti geodézie a kartografie, ktorú v roku 2013 nahradila Zmluva o vzájomnej spolupráci v oblasti geodézie, kartografie a referenčných priestorových údajov medzi ÚGKK SR a MO SR. Na základe tejto zmluvy sú na jednotlivé roky spracovávané a vykonávané „Harmonogramy prác“, kde vzájomne kooperujeme, napr. v oblasti geodetických základov, kde sa spoločne zúčastňujeme medzinárodnej kampane GNSS (Globálny navigačný satelitný systém) konanej v rámci projektu Lokálna geodetická sieť Tatry, ktorej účelom je spresňovanie štátnej priestorovej siete a jej väzby na realizáciu Slovenského terestrického referenčného rámca.

Ďalšími oblasťami spolupráce sú zabezpečenie prevádzky PS BBYS pre SKPOS s následnou distribúciou nameraných hodnôt do Európskej siete permanentných staníc, aktualizácia priestorových databáz ZB GIS (Základná



K. Leitmannová a M. Miškolci pri rozhovore

báza údajov pre geografický informačný systém) a DMÚ VISÚ (Digitálny model územia Vojenského informačného systému o území) a recipročná výmena území s aktualizovanými údajmi a v poslednom rade i vzájomná výmena a poskytovanie povinných výtlačkov máp a ďalších geografických údajov.

Aj keď je spolupráca na dobrej úrovni, vidím tam isté rezervy a do budúcnosti by som bol rád, keby sa naša spolupráca ešte viac prehĺbila a zintenzívnila k obojstrannej spokojnosti.

Aj ÚGKK SR, aj TOPÚ spravujú databázu topografických objektov. Aká je spolupráca v tejto oblasti?

TOPÚ spravuje databázu topografických objektov s názvom DMÚ, ktorá je súčasťou VISÚ. Vektorový model územia SR je spracovaný a kontinuálne aktualizovaný pomocou fotogrametrických metód a metód pozorovaní a meraní vlastností objektov a javov na stanovenom území.

Okrem informácií o hmotných objektoch reálneho sveta (budovy, mosty, cesty, lesy atď.) DMÚ VISÚ obsahuje aj informácie o nehmotných objektoch, napr. hranice administratívneho členenia a pod. Objekty reálneho sveta sú v priestorovej databáze modelované ako trojrozmerné a súčasťou informácií o objektoch je aj údaj o čase získania informácií.

Priestorová databáza topografických objektov DMÚ VISÚ je využívaná hlavne pre potreby obrany štátu pre účely tvorby rôznych geografických analýz, referencovania geografických objektov, tvorby rozmanitých kartografických produktov ako aj rôznych účelových mapovaní a priestorových analýz.

V rámci spolupráce medzi GKÚ a TOPÚ sa samozrejme obidve inštitúcie informujú aj o vzájomných aktivitách v oblasti aktualizácie údajov pre ZBGIS a DMÚ VISÚ. Snažíme sa o zamedzenie duplicity vykonávaných prác, koordináciu svojej činnosti no a v konečnom dôsledku si aj vzájomne poskytovať výsledné aktualizované databázy.

Uvedomujeme si však aj rozdielnosť a špecifickosť zamerania obidvoch rezortov, z čoho jasne vyplýva, že obidve databázy nie sú obsahovo úplne totožné v preferovaných objektoch, ale hlavne v ich atribútoch.

Napriek tomu sa však snažíme nájsť nejaký konsenzus. Boli vytvorené špeciálne expertné skupiny, ktoré vzájomne spolupracujú s cieľom nájsť technické a obsahové riešenie, ktoré bude obojstranne výhodné pre obidve strany.

Obidva rezorty sa tiež zaviazali, že budú koordinovať postupy a distribúciu geografických údajov na verejné portály a tiež budú koordinovať postupy a distribúciu geografických údajov vyplývajúcich z stanovení zákona č. 3/2010 Z. z. o národnej infraštruktúre priestorových informácií v znení neskoršieho predpisu.

Je v súčasnej dobe ešte stále aktuálne utajovanie niektorých skutočností?

Táto otázka je v súčasnej dobe široko diskutovaná ako v odbornej, tak i laickej časti verejnosti. Má vôbec význam utajovať objekty a informácie v dobe súčasných moderných technológií, ktorých výsledky si môžete voľne vyhľadať na

internetu? Samozrejme, odpoveď nie je jednoduchá a každá strana má svoju pravdu. V zásade všetky štandardné geografické produkty a informácie, ktoré TOPÚ spracováva sú vytvárané pre potreby príslušníkov OS SR, pre ich služobnú potrebu a nie sú utajované. Produkty a informácie, ktoré sú poskytované do civilnej sféry nie sú taktiež utajované, ale podliehajú licenčným podmienkam. TOPÚ však spracováva niektoré špeciálne produkty pre potreby OS SR, ktoré obsahujú informácie o objektoch strategického významu a v tomto prípade už predmetné databázy alebo výsledné analógové produkty podliehajú utajovaniu režimu. Špecifickou oblasťou je samozrejme letecké snímkovanie.

V súčasnej dobe je stále v platnosti zákon č. 215/2004 Z. z. o Ochrane utajovaných skutočností a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, ktorý jasne hovorí, že za „letecké snímkovanie územia SR a vykonávanie geodetických a kartografických prác zodpovedá a vykonáva MO SR. S jeho súhlasom môže vykonávať letecké snímkovanie aj podnikateľský subjekt, ktorý ma platné potvrdenie o priemyselnej bezpečnosti. Podnikateľ, ktorý nadobudne letecký snímkový materiál ho musí predložiť MO SR (TOPÚ) na posúdenie, ktoré určí stupeň utajenia snímkového materiálu. Do posúdenia snímkového materiálu sa s ním zaobchádza ako s utajovanou skutočnosťou“. Pokiaľ sa na snímkach nachádzajú objekty osobitnej dôležitosti (OOD) alebo ďalšie dôležité objekty (DDO), tieto sú následne podriadené degračijnému procesu (maskovanie, rasterizácia) a následne poskytnuté žiadajúcim subjektom na ďalšie využitie.

Perspektíva vývoja v tejto oblasti je podmienená aplikáciou inováčných technológií v zobrazovaní krajiny a objektov v nej. Na tomto procese závisí ovplyvňovanie povedomia subjektov, ktoré spravujú tieto špecifické objekty a ich schopnostiam prispôbiť sa dobe a zabezpečiť ochranu objektov iným spôsobom ako zamedziť ich zobrazovaniu na leteckých záberoch. Ak sa docieli stav, že správcovia objektov osobitej dôležitosti a strategických objektov sa prispôbia dobe a podmienkam, ktoré poskytujú informačné a zobrazovacie technológie a zabezpečia ochranu inkriminovaných objektov iným spôsobom, môže vzniknúť tlak na legislatívny proces o úpravu príslušných ustanovení zákona č. 215/2004 Z. z. o Ochrane utajovaných skutočností a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov, a tým k uvoľneniu celého procesu bez režimových opatrení v intenciách uvedeného zákona.

Tento rok si váš ústav pripomína 25. výročie založenia. Ako ho oslávite?

Vzhľadom k súčasným finančným možnostiam TOPÚ budú oslavy 25. výročia založenia TOPÚ viac menej symbolické. Aj keď to síce nie je okrúhle výročie, aj štvrtstoročie organizácie, ktorá vznikla v danom čase na „zelenej lúke“ stojí za to, aby sme si pripomenuli a zaspomínali na neľahké začiatky, postupné budovanie i súčasnosť nášho zariadenia. Oficiálne oslavy budú zahájené 13. 9. slávnostným ceremoniálom za účasti všetkých zamestnancov TOPÚ, ale i pozvaných hostí z MO SR, partnerskej Geografickej a Hydrometeorologickej služby Armády Českej republiky, Univerzity Mateja Bela, bývalých náčelníkov Topografickej služby ASR i riaditeľov TOPÚ.

Cieľom ceremoniálu je nielen si pripomenúť 25 rokov existencie našej inštitúcie, ale zároveň vyznamenať a oceniť tých, ktorí tu prežili väčšiu časť života a sú nezmazateľnými písmenami zapísaní v histórii budovania modernej vojenskej geografie. Sprievodným programom bude taktiež ukážka výrobných pracovísk, súčasných moderných technológií a produktov a návšteva siene tradícií vojenskej geografie pre pozvaných hostí. Aby sme si pripomenuli 25. výročie aj inak ako len oficiálne, pripravili sme pre príslušníkov TOPÚ športový deň v horskom hoteli Granit Smrekovica, kde dúfam strávime všetci príjemný deň v kruhu svojich kolegov a pospomíname na doby minulé, ale s myšlienkami aj na doby budúce.

Ďakujem za rozhovor.

Ing. Katarína Leitmannová,
ÚGKK SR,
foto: Petr Mach,
Zeměměřický úřad

Historické medzníky TOPÚ

Ministerstvom obrany Československej republiky (MNO ČSR) bol v roku 1918 vytvorený 9. odbor – kartografické oddelenie s cieľom vybudovať Zemepisný ústav. V roku 1919 bol premenovaný na Československý vojenský zemepisný ústav s používaným názvom Vojenská zemepisná služba. Začalo sa s vydávaním prvých československých máp v národných názvosloviach, na hraniciach susedných štátov prebiehalo meračské zabezpečenie rozhraničovacích prác s Maďarskom, Rakúskom a Poľskom a nové mapovanie. V roku 1923 prišlo k premenovaniu Československého vojenského zemepisného ústavu na Vojenský zemepisný ústav (VZÚ). Boli zabezpečené technické pomôcky na výkon prác v kartografii, prvý ofsetový stroj a prekreslovač leteckých snímkov. Na topografické práce sa používal stolový tachymeter (eklimeter) a ako doplnkový podklad sa začali používať letecké snímky. V roku 1927 bolo dodané prvé lietadlo na vykonávanie leteckého snímkovania, neskôr fotolet vybavený kamerovou technikou pre radarové snímkovanie a zaviedla sa nová úprava špeciálnej mapy v mierke 1 : 75 000 (terén hnedý, lesy zelené, ostatný obsah čierny). Začali sa používať teodolity Wild so sklenenými kruhmi, bola prijatá nová koncepcia mapového diela, začalo sa používať dočasné šikmé konformné kuželové zobrazenie Křovákov (z dôvodu zjednotenia s civilným), ktoré sa od roku 1937 používalo ako definitívne zobrazenie. V oblasti výučby boli zavedené geodetické kurzy pre dôstojníkov československej armády a dopracovali sa teoretické základy a inštrukcie pre nové vojenské mapovanie. Následne sa v roku 1934 začalo s mapovaním v mierke 1 : 20 000, stanovili sa nové mobilizačné úlohy v súvislosti so situáciou v Európe, boli vydané opatrenia k utajovaniu podkladov a prác v rámci topografickej služby (TS) a bol spracovaný a vydaný nový značkový kľúč a v roku 1935 bol vydaný prvý národný atlas samostatného štátu – ATLAS REPUBLIKY ČESKOSLOVENSKE (obr. 1). V roku 1937 sa začala výstavba záložných objektov VZÚ v Harmanici.

V dôsledku mníchovského diktátu v roku 1938 musel VZÚ odovzdať podklady z odstúpených území Nemecku, Poľsku a Maďarsku a boli vytýčené a do máp zakreslené nové štátne hranice. V rámci demobilizácie armády počas vojnových rokov VZÚ bol zaradený do pôsobnosti protektorátneho Zemepisného ústavu ministerstva vnútra a premenovaný na Vojenský zemepisný ústav v Banskej Bystrici a v roku 1940 premiestnený do Bratislavy.

Po vojne v roku 1945 obnovil činnosť VZÚ v Prahe a do jeho štruktúr bol včlenený VZÚ Bratislava. Za účelom doplnenia chýbajúcich odborníkov VZÚ bola založená topografická škola. Obnovili sa poškodené objekty vo VZÚ Harmanec, VZÚ Bratislava bol premiestnený späť do Banskej Bystrice a začala sa výstavba Vojenskej topografickej služby Československej armády (ČSA). Bola vytýčená a zameraná nová štátna hranica so Zväzom sovietskych socialistických republík. Vytvorilo sa topografické oddelenie operačnej správy Generálneho štábu ČSA a začali sa práce na dočasnej topografickej mape (TM) v mierke 1 : 50 000. V roku 1951 bol VZÚ Praha rozdelený na tri ústavy: VZÚ Praha, VZÚ Dobruška a VZÚ Banská Bystrica. Boli vytvorené topografické oddelenia, československá Jednotná trigonometrická sieť katastrálna (JTSK), transformáciou pripojená k sovietskemu súradnicovému systému 1942 (S-42), zavedený výškový systém Bpv, začalo TM územia ČSR, fotolet z VZÚ bol prepodriadený veliteľstvu letectva, boli stanovené zásady jednotného mapového diela a bol zavedený systém 1952 (S-52). V roku 1954 sa začalo vydávanie Vojenského topografického obzoru. O rok neskôr prišlo k pripojeniu Československej trigonometrickej siete k sovietskemu súradnicovému systému S-42 a k demarkácii štátnej hranice. V roku 1957 bolo dokončené topografické mapovanie celej ČSR v mierke 1 : 25 000, začalo sa s rekognoskáciou, revíziou a údržbou bodov trigonometrickej siete, bola vyvinutá prvá pojadná topografická súprava PST 11 a boli zriadené kartoreprodukčné pracoviská v Příbrami, Táboře a v Písku. Po roku 1960 sa začalo budovanie orientačných bodov na bodoch štátnej trigonometrickej siete, vo Vojenskom topografickom ústave (VTOPÚ) bol nainštalovaný prvý samočinný počítač ZUSE Z-11, boli zavedené geodetické prístroje novej generácie – svetelný dialkometer (obr. 2), geodimeter, rádiový dialkometer MRA-1, gyroteodolit KT-1 a dierkoštitková súprava ARTIMA. V roku 1965 bol dokončený a vydaný Československý vojenský atlas. Začala sa obnova topografickej mapy

z územia ČSR s využitím leteckých meračských snímok (LMS), práce na spojení trigonometrických sietí susedných štátov Varšavskej zmluvy a začali práce na digitálnom vyjadrení údajov terénu (strojová mapa). Začala sa výstavba seizmickej stanice Polom a bola vydaná učebnica kozmickej geodézie.

V roku 1968 nastáva sprísnenie utajovania geodetických a kartografických podkladov a ich oddelené používanie vo vojenskom a civilnom sektore, do prevádzky bola zavedená metóda analytickej aerotriangulácie (AAT), do VTOPÚ bol dodaný sálový počítač Minsk-22, začalo sa spracovanie Vojenského zemepisného atlasu, na stanicu Polom bola dodaná fotografická komora za účelom pozorovania umelých družíc Zeme s pravidelným pozorovaním od roku 1970 a zároveň začala seizmická detekcia jadrových výbuchov.

Začína sa systematický výskum a vývoj digitálneho modelu reliéfu (DMR), vo fotogrametrii bola zavedená technológia diferenciálneho prekresľovania a tvorba fotomáp, vývoj automatizovaného kartografického systému (AKS) DIGIKART a bol vydaný Vojenský zemepisný atlas. V roku 1975 sa začala spolupráca s Českým úradom geodézie a kartografie a Slovenským úradom geodézie a kartografie pri tvorbe máp stredných mierok. Od roku 1980 dochádza k využívaniu automatizovanej a výpočtovej techniky vo všetkých ústavoch, dokončujú sa výskumné práce k výstavbe a využitiu digitálneho modelu terénu, bolo vyriešené unikátne prepojenie fotosádkového automatu s počítačom, neskôr nastáva hromadné prevádzkové využitie DMR1 a 2, do topografickej súpravy POČTÁR bol doplnený 8-bitový mikropočítač POTAS, bol zahájený vývoj a výskum Digitálneho modelu územia (DMÚ) 200, od roku 1989 bol zavedený elektrografický prístroj na farebné kopírovanie a 16-bitový mikropočítač.

Rokom 1990 prichádza k novej koncepcii rozvoja, začala sa využívať metóda GPS (globálny navigačný satelitný systém), sú zrušené vojenské katedry vysokých škôl, nadviazané sú medzinárodné kontakty s mapovacou agentúrou USA, vojenskými zemepisnými službami Bundeswehru a armádou Rakúska.

V roku 1992 po prijatí ústavného zákona o zániku československej federácie a v súlade so zmluvami boli prijaté opatrenia k vytvoreniu samostatných TS republikových armád Českej republiky (ČR) a Slovenskej republiky (SR) k 1. 1. 1993. Slovenská TS bola riadená topografickým oddelením Generálneho štábu armády SR, zastrešuje Správu topograficko-geodetického zabezpečenia Kremnica a Kartoreprodukčnú základňu Nemšová.

1. 10. 1993 bol založený TOPÚ v Banskej Bystrici ako náhrada bývalých odborných federálnych zariadení a bola podpísaná prvá medzinárodná zmluva s mapovacou službou Defence Mapping Agency (DMA) z USA. Postupne sa budoval TOPÚ materiálne aj personálne, boli delimitované materiály a podklady z ČR. V ďalších rokoch sa začali poľné práce obnovy TM v mierke 1 : 25 000, začalo sa systematické letecké meračské snímokovanie, prišlo k transformácii geodetických bodov do jednotného systému a k vydaniu nových katalógov súradníc. Boli podpísané bilaterálne medz štátné zmluvy, dohoda s Geodetickým a kartografickým ústavom v Bratislave o spoločnej údržbe Štátnej trigonometrickej siete a boli usporiadané medzinárodné konferencie „Geoinformatika v službách Armády SR“, „Štátny informačný systém a Armáda SR“. Začal sa projekt Vojenského informačného systému o území (VISÚ). V roku 1999 bola vybudovaná permanentná stanica GPS v objekte TOPÚ s polyfunkčným vybavením, došlo k postupnému ukončeniu analógovej tvorby TM a k prechodu na novú digitálnu technológiu CPD (centrálne priestorová databáza). Vzniklo nové štandardizované dielo z celého územia SR v mierke 1 : 50 000 (obr. 3).

V roku 2002 SR dostala pozvánku k vstupu do NATO (Severoatlantická aliancia) a boli stanovené podmienky pre vstup. O rok neskôr pokračovali medzinárodné meračské kampane, konala sa medzinárodná konferencia pracovnej skupiny pre mapovanie, geodéziu a kartografiu s účasťou krajín NATO. TOPÚ začal s tvorbou nových produktov: ortofotomapa a vektorová databáza územia SR. Na stránke Ozbrojených síl (OS) SR bola zverejnená voľne dostupná databáza Vmap Sk a rastre nových analógových TM v mierke 1 : 100 000. V roku 2004 vstúpila SR do štruktúr NATO. TOPÚ si zabezpečil stabilnú pozíciu v štruktúre OS SR, zásobovanie mapami prešlo do zodpovednosti logistiky vrátane centrálneho skladu máp, prvýkrát bolo obsadené miesto príslušníkom TS v štruktúrach NATO v pozícii hlavného geografického dôstojníka. Neskôr sa všetky aktivity, koncepcie, úlohy týkajúce sa geografickej podpory koncentrovali do TOPÚ. V roku 2007 prišlo k rozšíreniu produkcie máp o mierkové rady

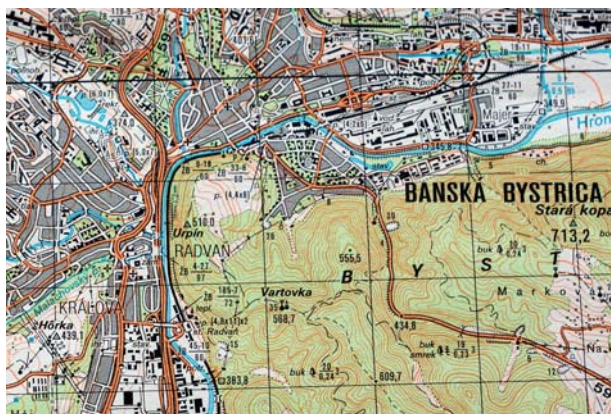
1 : 500 000, 1 : 100 000 a vytvorili sa prototypy máp v mierke 1 : 25 000, 1 : 100 000, ktoré zodpovedajú štandardom NATO. Bol podpísaný dodatok s mapovacou službou USA, umožňujúci vzdušným silám a civilnej leteckej informačnej službe



Obr. 1 ATLAS REPUBLIKY ČESKOSLOVENSKE



Obr. 2 Svetelný diaľkometer



Obr. 3 Ukážka topografickej mapy Banskej Bystrice

prístup k nepretržitým aktualizovaným informáciám z celého sveta prostredníctvom web stránky NGA USA. V TOPÚ boli spracované údaje satelitných snímkov v súlade s medzinárodnou deľbou, bol aktualizovaný VGI (vektorový grafický interfejs) a TM v štandardoch NATO a bol vydaný nový značkový kľúč a prototyp vojenskej TM mierky 1 : 100 000. Spracoval sa aktualizovaný Katalóg Slnka a Polárky na roky 2010-2014 a bol odovzdaný VISÚ do používania, kde jedným z dátových zdrojov je CPD. V mestskom múzeu v Nemšovej bola inštalovaná stála expozícia „Vojenská topografia“. Pre potreby OS SR TOPÚ pripravil podklady a zúčastnil sa na cvičení „Black Bear 2001“ vo vojenskom výcvikovom priestore Lešť, vykonával odborné prednášky pre špecialistov topografického, geodetického a geografického zabezpečenia OS SR, bol realizovaný nový druh geografického produktu – 3D geografický model hlavných areálov ministerstva obrany (MO) SR a prevzal kompletný snímkový materiál z Úradu geodézie, kartografie a katastra SR. V roku 2013 sa TOPÚ reorganizoval a stal sa rozpočtovou organizáciou MO SR. Pre TOPÚ boli prioritnými úlohami zber a aktualizácia priestorových informácií o území SR pre VISÚ a pre tvorbu Vojenského štátneho mapového diela pre priame použitie a využitie v OS SR. Spracovali sa údaje o objektoch reálneho sveta, ktorých súčasťou je aj údaj o čase získania informácií, čo umožňuje posudzovať aktuálnosť jednotlivých informácií, objekty sú v geodatabáze modelované ako trojrozmerné, t. j. je možné poznávať územie komplexne vo všetkých troch priestorových rozmeroch. Medzi ďalšie úlohy TOPÚ patrilo aj vyhľadávanie, zber a spracovanie geografických informácií o zahraničnom území.

TOPÚ v súčasnosti v jednom zo svojich úsekov spracováva geografické informácie zo zahraničného územia s využitím údajov diaľkového prieskumu Zeme pre potreby OS SR v rámci projektov Multinational Geospatial Co-Production Program (MGCP) a TanDEM-X High Resolution Elevation Data Exchange Program (TReX).

*Ing. Darina Keblúšková,
ÚGKK SR,
foto: Petr Mach,
Zeměměřický úřad*

Úsek diaľkového prieskumu Zeme

Úsek diaľkového prieskumu Zeme (Ú-DPZ) je jedno z odborných pracovísk TOPÚ, ktoré vykonáva zber a spracovanie geopriestorových informácií zo zahraničného územia využitím aktuálnych satelitných scén pasívnych aj aktívnych systémov DPZ s vysokým priestorovým rozlíšením ako zdroja informácií.

Odborná činnosť a úlohy Ú-DPZ vyplývajú z aktívnej účasti TOPÚ ako špičkového zariadenia Ozbrojených síl Slovenskej republiky (OS SR), v dvoch medzinárodných NATO (Severoatlantická aliancia) projektoch výroby geopriestorových informácií:

- Multinational Geospatial Co-Production Program – MGCP,
- TanDEM-X High Resolution Elevation Data Exchange Program – TReX.

Multinational Geospatial Co-Production Program (MGCP) je projekt medzinárodnej kooperácie výroby globálnych vektorových dát vysokého rozlíšenia – High Resolution Vector Data (HRVD) z vybraných oblastí sveta, na ktorom participuje 32 krajín NATO. Výroba globálnych vektorových dát je štrukturovaná v rámci geografických buniek s rozmermi $1^\circ \times 1^\circ$ stupeň. Požadovaná absolútna polohová presnosť HRVD dát je stanovená a limitovaná hodnotou strednej polohovej chyby 15 metrov. Zber dát sa vykonáva v softvérovom prostredí ESRI (ArcGIS 9.3). Hustota vyrobených dát je ekvivalentná hustote dát, ktoré sú zobrazené v topografickej mape 1 : 50 000 a 1 : 100 000.

Produkcia globálnych HRVD je realizovaná na základe jednotnej technickej referenčnej dokumentácie – (Technical Reference Documentation – TRD), platnej pre všetky krajiny, ktoré sú zapojené do projektu. Produkcia HRVD je koordinovaná, riadená a ukladaná do Medzinárodného skladu geopriestorových informácií (IGW – International Geospatial Warehouse).



Obr. 1 Spracovávanie dát v rámci programu MGCP



Obr. 2 Spracovávanie dát v rámci programu TReX

Jedným z cieľov projektu MGCP je spracovanie kartografických výstupov nazvaných MGCP Topographic Map – (MTM) požadovanej mierky z vybraného územia. Geopriestorové informácie projektu MGCP majú predpokladané ďalšie využitie vo vojenských a civilných operáciách ([obr. 1](#)).

TanDEM-X High Resolution Elevation Data Exchange Program (TReX) je projekt výroby a vzájomnej výmeny dát globálneho, homogénneho digitálneho výškového modelu povrchu Zeme (DEM). Do projektu TReX je zapojených 32 krajín. Cieľom programu je vyrobiť DEM povrchu Zeme s globálnym pokrytím, vrátane polárnych oblastí, čo predstavuje približne 19 500 geografických buniek s rozmerom $1^\circ \times 1^\circ$, $1^\circ \times 2^\circ$ alebo $1^\circ \times 4^\circ$, v závislosti od zemepisnej šírky. Vzdialenosť bodov modelu TReX DEM s aktuálnymi údajmi o výške je 12 metrov. Navrhovaná relatívna presnosť medzi jednotlivými bodmi modelu TReX DEM je 2 metre v rovinnom území. Absolútna presnosť výškových bodov modelu TReX DEM je 10 metrov v horizontálnom aj vo vertikálnom smere. Výroba a spracovanie výsledných globálnych výškových údajov sa realizuje pomocou špecializovaného editačného softvéru „Digital Elevation Model Editing Software“ (DEMES). Výsledné TReX DEM Finished globálne výškové údaje, ktoré spĺňajú požiadavky špecifikované v Technickej referenčnej dokumentácii sú uložené v centrálnom sklade výškových údajov GEDW (Global Elevation Data Warehouse). GEDW je zároveň nástroj na koordináciu a sledovanie celého projektu ako aj na ukladanie a vzájomnú výmenu dát. Cieľom programu je vyrobiť TReX DEM finálny model celého povrchu Zeme ([obr. 2](#)).

*Ing. František Lukáč,
vedúci úseku DPZ, Topografický ústav OS SR,
foto: Petr Mach,
Zeměměřický úřad*

Sieň tradícií TOPÚ

Dňa 1. 10. 1993 bol založený TOPÚ, poslaním ktorého je zabezpečovať informácie o území pre účely obrany a bezpečnosti štátu a následne poskytnúť užívateľom geografické informácie, produkty a služby potrebné na ich činnosť. Okrem aktuálnych geografických informácií TOPÚ vo svojich priestoroch založil, pri svojom dvadsiatom výročí, stálu expozíciu venovanú vojenskej kartografii „Sieň tradícií“.

Sieň tradícií je rozdelená na historickú, prístrojovú a mapovú časť. Tradícia vojenskej kartografie siaha až do obdobia rakúsko-uhorskej monarchie.

Historická časť je podrobnejšie venovaná historickým udalostiam od vzniku Československej republiky (ČSR) v roku 1918 a prvého Zemepisného ústavu Armády ČSR, až po súčasný TOPÚ Armády Slovenskej republiky. V rámci historickej časti je predstavený prehľad významných udalostí a osobností v geografii a kartografii od 16. storočia až po súčasnosť. Okrem iných významných osobností sa tu môžeme oboznámiť predovšetkým s plukovníkom Jánom Lipským (1766-1826), významným vojenským kartografom, vojenským teoretikom a vynálezcom (obr. 1). Jeho pôvod a ambície rodiny ho predurčili na vojenskú kariéru, ktorú v armáde rozvíjal predovšetkým ako špičkový slovenský kartograf. Po tomto významnom kartografovi nesie ústav čestný názov – Topografický ústav plukovníka Jána Lipského Banská Bystrica.

V prístrojovej časti sú vystavené technické prístroje a pomôcky, ktoré sa používali na prácu v kartografii, geodézii a topografii, nielen v teréne (obr. 2), ale aj pri spracovaní dát (obr. 3). Mnohé z nich umožňovali rozvíjať geodetické a kartografické diela a technické pomôcky, ktoré boli nápomocné pri prechode k dnešným informačným technológiám, globálnym navigačným a družicovým systémom a pod. Niektoré väčšie, dnes už historické prístroje, ktoré sa vzhľadom na svoju veľkosť nezmestili do priestorov Siene tradícií sú vhodne umiestnené aj v iných častiach a priestoroch TOPÚ.

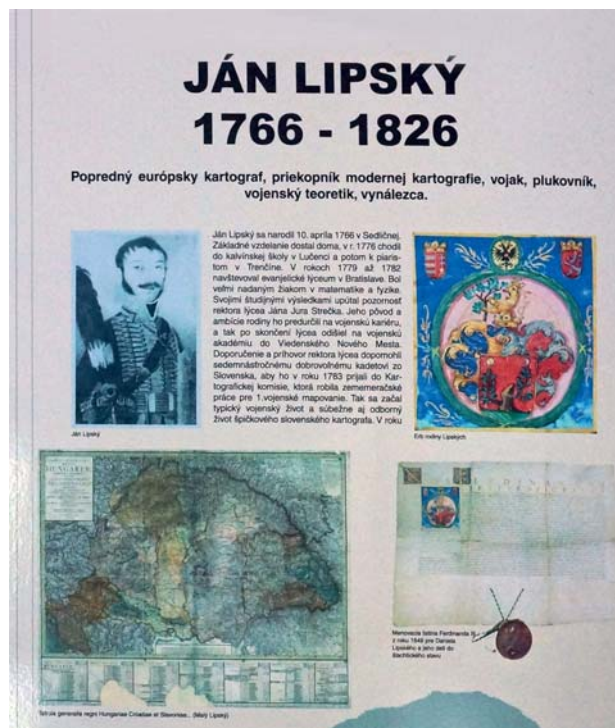
Mapová časť je rozdelená a venovaná rôznym obdobiam zobrazovania terénu po súčasnosť. Nachádzajú sa tu ukážky rôznych mapových podkladov v rôznych mierkach podľa obdobia vzniku a závislosti na technických pomôckach



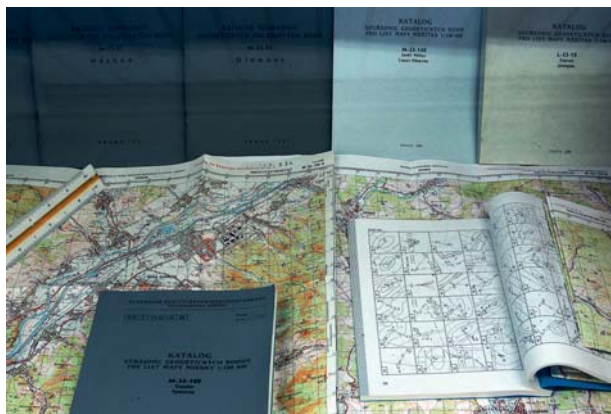
Obr. 2 Meračské prístroje a pomôcky



Obr. 3 Pomôcky pre vyhodnocovanie snímok



Obr. 1 Ukážka časti panelu s životopisnými údajmi plukovníka Jána Lipského



Obr. 4 Ukážky máp a katalógov

(obr. 4). Od kvalitného a podrobného mapového zabezpečenia vojska závisel úspech celej armády, či už pri obrane, výcviku, presune, alebo zásobovaní vojakov.

Vystavené exponáty sú prehľadne usporiadané a umožňujú na nie veľkom priestore dozvedieť sa o histórii vojenskej kartografie, čo využívajú aj žiaci a študenti počas odborných exkurzií v TOPÚ.

Ing. Darina Keblúšková,
ÚGKK SR,
foto: Petr Mach,
Zeměměřický úřad



MAPY A ATLASY

Komenský na výstavě
opět trochu jinak

„Muzejní výstavy s mapovou tematikou jsou složitější, než by se mohlo zdát. Sám jsem takových výstav viděl několik a ve své muzejní praxi jsem jako kurátor mapy do výstav rád zařazoval s mottem: Dobře zvolená mapa řekne návštěvníkovi často víc než podrobný popis v doprovodné brožurce. Jedna má výstava byla přímo mapově tematická (Jesenicko na starých mapách, Vlastivědné muzeum Jesenicka, srpen-září 2006) a návštěvnost výstavy tehdy překonala očekávání. Mapy jsou prostě pro návštěvníka zajímavým tématem. Ale pro kurátora výstavy už to tak jednoznačné není. Potýká se s tím, že se jedná o ploché výstavní materiály, a tedy povětšinou chybí prostorový výstavní efekt. Já to tehdy řešil výpůjčkou glóbulů ze 17. a 18. století ze sbírek Vlastivědného muzea Olomoucka, které zasazené do výstavního prostoru tento efekt poskytl. Mnohdy je také velice složité podat obsah a technické detaily map tak, aby byla výstava srozumitelná a zajímavá pro všechny, nikoli jen pro hrstku kartografických nadšenců a badatelů. Prostě udělat kvalitní, obsahově pestrou, odbornou, ale zároveň přívětivou a návštěvěně zajímavou výstavu o mapách – to je, svým způsobem, výstavní oříšek.“

V muzeu Komenského v Přerově se podařilo takovýto oříšek rozlousknout. Podařilo se zde skloubit jak výběr z bohaté muzejní sbírky, tak i spolupráci s katedrou geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci a Geografickým ústavem přírodovědné fakulty Masarykovy univerzity v Brně. Z této spolupráce vznikl mimo jiné unikátní exemplář 3D haptického modelu „přerovského výtisku“ Komenského mapy Moravy (datována rokem 1627). Autoři výstavy využili faktu, že Komenský sám vykreslil do mapy kopečky různých velikostí a některé z těchto kopečků, respektive kopců a hor, pojmenoval. V dnešní době počítačová technika a znalosti dokáží toto převést do 3D modelu a právě tento výstup zde byl ke zhlédnutí.

Výstava dále obsahovala nejen Komenského mapu Moravy (obr. 1), ale i její mnohá následující vydání, a také mapová díla dalších autorů (obr. 2), kteří vytvořili původní mapu Moravy – Pavla Fabricia, Georga Matthäuse Vischera a Johanna Christopha Müllera. Posledně jmenovaný byl velice významným kartografem počátku 18. století, jehož mapy Moravy a Čech se staly důležitými mapovými díly své doby a také zdroji dalších mapových výstupů ve stoletích následujících.

Výstava však nabídla i další rámec, kterým vybočuje z řady podobných výstav. Ukázala návštěvníkovi, jak staré mapy vznikaly – technické informace o mědirytu a tisku z měděných podkladových desek. Video, které vzniklo při rekonstrukci tisku Müllerovy mapy Moravy z dochovaných tiskových desek, bylo výmluvné a nastínilo složitost celého procesu, který si dnes již velice stěž



Obr. 1 Císařský exemplář Müllerovy mapy Moravy



Obr. 2 Výstava ukazuje různá vydání, a tedy i rozdílná podání Komenského mapy Moravy (foto: Iveta Juchelková, Muzeum Komenského v Přerově)



Obr. 3 Staré mapy byly i nádhernými grafickými díly s dobovou symbolikou, často bohatě zdobené

Ize představit. Bylo tedy možné zhlédnout vývoj mapy od jejího prvotního záznamu až k výslednému tisku, a to v dobovém slova smyslu.

Velice zajímavou částí výstavy byla část věnovaná dobovým výrazům a kartografické terminologii. Zajímavé k prostudování byly informace o figurální a ornamentální výzdobě map (obr. 3), údaje o různých délkových mírách (rozdíly mezi jednotlivými historickými mílemi, jako např. německá, česká, moravská či rakouská poštovní míle), či o dobových přístrojích – například krokvi, hodometru či astrolábu.

Nechyběla ani jednoduchá interaktivita, která je pro dnešní způsob výstavnictví doslova nezbytná. Nejen dětští návštěvníci tedy mohli skládat mapová puzzle, což bylo také provedeno šikovnou formou vyhotovení.

Výstava byla celkově vydařená, její název: „Morava nově zakreslená aneb Komenského mapa Moravy, co bylo před ní a po ní“ byla také vhodně zvolená. Napovídá, že výstava v sobě snoubila jak informace dobové – historické, tak i na ně navazující poznatky moderní techniky a doby. Že sice hlavním dobovým rámcem je doba Jana Amose Komenského, tedy období jeho kartografické činnosti v polovině dvacátých let 17. století, ale že zde návštěvník našel poučení i z dob předchozích i následujících. Výstava byla umístěna v patře malebného přerovského zámku a byla k vidění od 11. 5. do 16. 9. 2018.

Mgr. Martin Buchlovský,
Zeměměřický úřad

GEODETIČKÝ A KARTOGRAFIČKÝ OBZOR
recenzovaný odborný a vědecký časopis
Českého úřadu zeměměřického a katastrálního
a Úřadu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Redakce:

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

Ing. Darina Keblůšková – zástupce vedoucího redaktora
Úřad 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. Katarína Leitmannová (předsedkyně)
Úřad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

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

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
Úřad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Vydavatelé:

Český úřad zeměměřický a katastrální, Pod sídlištěm 1800/9, 182 11 Praha 8
Úřad 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 listopadu 2018, do sazby v říjnu 2018.
Otisk povolen jen s udáním pramene a zachováním autorských práv.

ISSN 1805-7446

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



Český úřad zeměměřický a katastrální



Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky