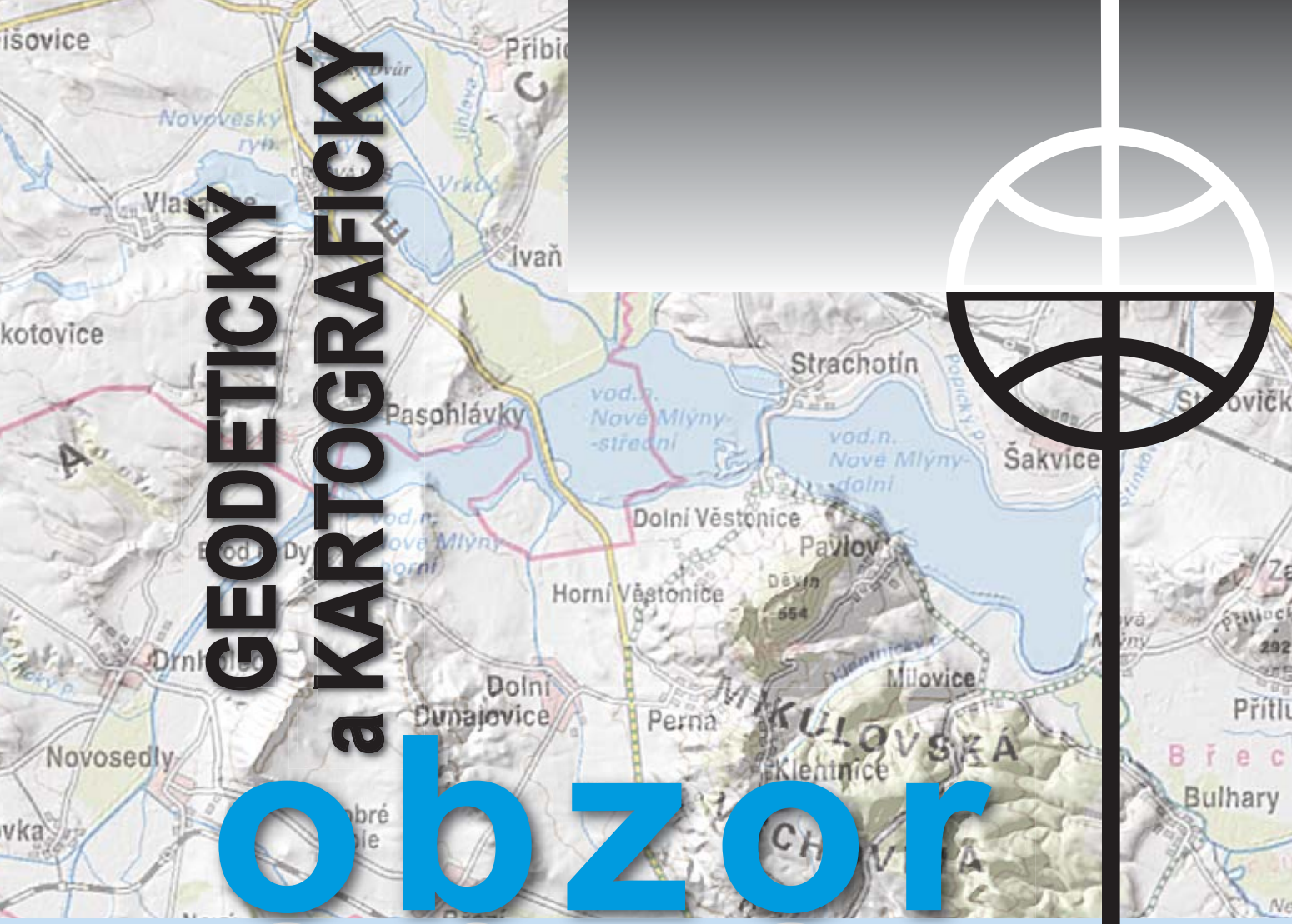


GEODETICKÝ a KARTOGRAFICKÝ

Obzor

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

5/2021

Praha, květen 2021
Roč. 67 (109) ● Číslo 5 ● str. 85–104

Obsah

Ing. Richard Honti
Odhad sférických plôch z mračien bodov 85

Mgr. Jan Langr
Mapy pro orientační běh 91

Z MEZINÁRODNÍCH STYKŮ 101

SPOLEČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST 102

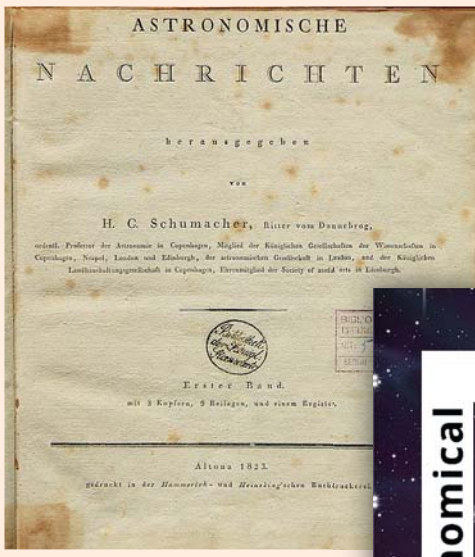
LITERÁRNA RUBRIKA 104

Z HISTORIE

200 LET ČASOPISU ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN

Německý astronom a geodet Heinrich Christian Schumacher (1780–1850) založil v rodné Altoně, která je dnes městskou částí Hamburku, hvězdárnu a v roce 1821 časopis Astronomische Nachrichten (obr. 1). Ten je nejstarším specializovaným, dosud existujícím vědeckým periodikem. Na jeho stránkách publikovali přední vědci; například v ročníku 1837, svazek 14/333, zveřejnil Friedrich Wilhelm Bessel článek o stupňových měřeních, na jejichž podkladě vypočítal elipsoid, nesoucí jeho jméno (obr. 2).

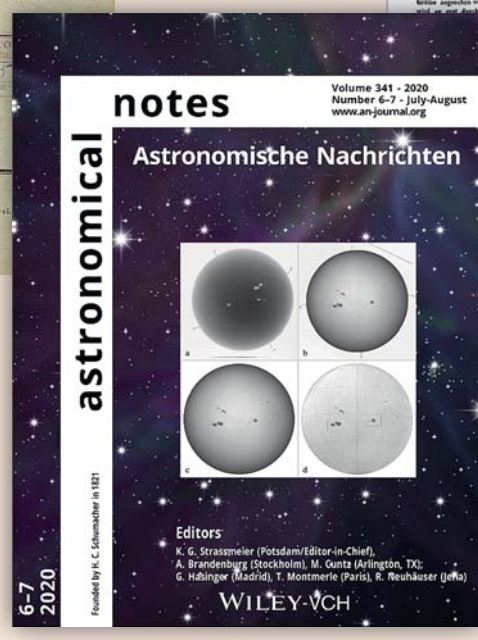
Určitou zajímavostí bylo samostatné číslování sloupců, texty vycházely v němčině nebo angličtině, výjimečně ve francouzštině či italštině. V letech 1974 až 1990 byly používány jen oba prvně jmenované jazyky. Od svazku č. 326 z roku 2005 časopis nese název Astronomical Notes s podtitulem Astronomische Nachrichten. Je vydáván v angličtině Leibnitzovým institutem pro astrofyziku v Postupimi (Leibniz Institute for Astrophysics Potsdam, www.aip.de/AN, obr. 3). Je za úplatu dostupný na stránkách nakladatelství Wiley-VCH Verlag. (Há)


ASTRONOMISCHE
NACHRICHTEN
herausgegeben
von
H. C. Schumacher, Ritter vom Danebrog,
Erster Band.
Altona 1823.

Obr. 1 Titulní list 1. svazku z roku 1823. Zdroj: https://de.wikipedia.org/wiki/Astronomische_Nachrichten [2021/04/06].

ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.
№. 333.

Obr. 2 Besselův text. Zdroj: meziknihovní služba Zeměměřické knihovny VÚGTK, v. v. i.



Obr. 3 Současná podoba časopisu. Zdroj: www.aip.de/AN.

Odhad sférických plôch z mračien bodov

Ing. Richard Honti,
Katedra geodézie,
Stavebná fakulta, STU v Bratislave

Abstrakt

Získať obrovské množstvo priestorových údajov je dnes možné za relatívne krátky čas. Po získavaní týchto údajov, ďalším krokom, je ich spracovanie. Automatizácia jednotlivých krokov spracovania môže prispieť k zvýšeniu efektivity, k zníženiu času potrebného na spracovanie a k zníženiu potreby užívateľských interakcií. V článku je uvedený stručný popis možných metód pre odhad sférických plôch z mračien bodov. Ďalej bol navrhnutý inovatívny algoritmus na účel automatizácie detekcie a segmentácie sfér v mračnách bodov. Bolo vykonané experimentálne testovanie algoritmu na komplexných mračnách bodov. Navrhnutý algoritmus bol implementovaný do samostatnej aplikácie v softvéri MATLAB®.

Extraction of Spherical Surfaces from Point Clouds

Abstract

Nowadays huge datasets can be collected in a relatively short time. After capturing these data sets the next step is their processing. Automation of the processing steps can contribute to efficiency increase, to reduction of the time needed for processing, and to reduction of interactions of the user. The paper brings a short review of the most reliable methods for sphere segmentation. An innovative algorithm for automated detection of spheres and for estimating their parameters from 3D point clouds is introduced. The algorithm proposed was tested on complex point clouds. Finally the implementation of the algorithm proposed to a standalone application is described.

Keywords: *automated data processing, point clouds, sphere extraction, segmentation*

1. Úvod

Mračná bodov sa v súčasnosti dajú získať relatívne rýchlo a jednoducho, čoho výsledkom je, že sa stávajú čoraz viac používanou prvotnou digitálnou reprezentáciou stavebných objektov. Mračná bodov ale vo väčšine prípadov obsahujú obrovskú množinu údajov, niekoľko miliónov 3D bodov, práve preto je potrebný vývoj algoritmov na ich spracovanie. Mračná bodov hrajú dôležitú úlohu pri rôznych činnostiach, ako napr. pri tvorbe 3D modelov s vysokou detailnosťou v oblastiach, ako sú interiérový (exteriérový) dizajn, informačné modelovanie stavieb (z angl. Building Information Modeling – BIM), informačné systémy miest a obcí, dokumentácia skutočného vyhotovenia objektov, 3D kataster a pod.

V stavebnom priemysle sa často stretávame s objektmi, ktorých tvar je tvorený zo základných geometrických útvarov, ako sú rovina, valec, sféra. Z tohto dôvodu pri spracovaní mračien bodov zachytávajúcich takéto objekty jedným zo základných krokov je detekcia a odhad geometrických tvarov z mračna. Tejto problematike sa vo svete venuje viacero odborníkov. O možnostiach segmentácie rovín je možné sa dočítať v [1] o segmentácií valcových plôch v [2].

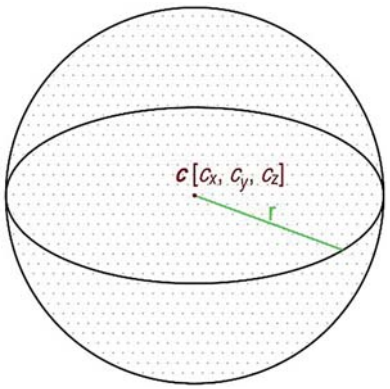
Po rovinných a valcových útvaroch, tretím najčastejšie sa vyskytujúcim geometrickým útvarom v stavebnom priemysle je sféra (resp. guľa). Identifikácia a modelovanie sférických plôch má využitie vo viacerých oblastiach, ako sú napr. reverzné inžinierstvo [3], lekárske zobrazovanie [4], kalibrácia terestrických laserových skenerov (resp. digitálnych kamier) [5], registrácia mračien bodov [6]. Keďže pri viacerých zo spomenutých aplikácií je nutné aby segmentácia sfér bola vykonaná automatizovane a s čo najvyššou presnosťou, tento článok je venovaný práve tejto problematike.

Na začiatku článku sú stručne popísané možné prístupy a metódy na identifikáciu a odhad sfér z 3D mračien bodov. Následne je predstavený navrhnutý algoritmus na segmentáciu sfér. Algoritmus dokáže vykonať segmentáciu plne automatizovane, presne a robustne aj z mračien bodov, ktoré obsahujú šum. Príspevok ďalej predstavuje experimentálne testovanie a výsledky z testovania navrhnutého algoritmu. V poslednej časti je popísaná implementácia algoritmu do samostatnej aplikácie v softvéri MATLAB®.

2. Odhad sfér z mračien bodov

Vo všeobecnosti sférickú plochu je možné popísať so štyrmi parametrami, ktoré sú nasledovné (**obr. 1**):

- priestorové súradnice stredu sféry (**c** [c_x, c_y, c_z]),
- polomer sféry (r).



Obr. 1 Parametre sférickej plochy

Následne, rovnicu sféry je možné matematicky sformulovať pomocou (1):

$$(x - c_x)^2 + (y - c_y)^2 + (z - c_z)^2 = r^2 , \qquad (1)$$

kde *x, y* a *z* sú priestorové súradnice bodu na povrchu sférickej plochy.

Segmentácia sfér z mračien bodov sa vo väčšine prípadov vykonáva na základe dvoch prístupov, prvým je RANSAC (z angl. RANdom SAmple Consensus) [7] a druhým je využitie Houghovej transformácie (HT) [8].

Algoritmus RANSAC je definovaný ako iteratívna metóda na určenie parametrov matematického modelu z meraných údajov, ktoré môžu obsahovať aj vybočujúce merania [9]. Tento algoritmus sa dnes často používa na robustný odhad parametrov matematických modelov geometrických tvarov z mračna bodov. RANSAC používa na odhad parametrov modelu minimálny počet náhodne vybraných bodov. Minimálny počet predstavuje najnižší možný počet bodov, ktorý je potrebný pre jednoznačné definovanie daného geometrického útvaru (napr. pre odhad roviny v 3D priestore minimálny počet bodov je 3). Pomocou tejto metódy je možné vykonať segmentáciu rýchlo a presne, avšak v niektorých prípadoch je potrebné si nastaviť niekoľko prahových hodnôt. V prípade komplexných zašumených mračien to môže byť problematické. Ďalšou nevýhodou je, že výsledok segmentácie je závislý od náhodného výberu počiatočného bodu, a v najhoršom prípade sa môže stať, že RANSAC nekonverguje k správnemu výsledku, teda neodhadne sa sférická plocha, ktorá sa nachádza v mračne. Okrem toho prístupy založené na metóde RANSAC sú väčšinou obmedzené na odhad jednej sféry naraz.

Druhou metódou je HT [10]. HT je jedna z najviac používaných metód, ktorá bola vyvinutá na odhad priamok, následne ale bola rozšírená na odhad parametrických a neparametrických tvarov. Hlavným nedostatkom HT je, že v prípade rozsiahlych a komplexných mračnách segmentačný proces je časovo a výpočtovo náročný. Okrem toho sa takisto väčšinou využíva na odhad jednej sféry naraz. Každá metóda má svoje výhody, ale aj nevýhody, práve preto v praktických aplikáciách sa vo väčšine prípadov využíva ich kombinácia.

3. Navrhnutý algoritmus na automatizovanú segmentáciu a odhad sfér

V rámci tejto sekcie je predstavený navrhnutý algoritmus pre automatizovanú segmentáciu viacerých sfér z mračna bodov naraz. Pseudokód algoritmu je zobrazený na **obr. 2**. Vstupom do algoritmu je mračno bodov, predpokladaný počet sfér v mračne a prahová hodnota pre odhad sféry – vzdialenostný filter (t_d).

Algoritmus pre automatizovanú segmentáciu viacerých sfér z mračna bodov

➢ **Vstupné údaje:** *Point Cloud* (*.pts, *.xyz, *.txt);
predpokladaný počet sfér v mračne bodov (n_{sphere});
prahová hodnota pre vzdialenostný filter (t_d);

$iter := 15$ – maximálny počet iterácií;
$sk := 0$ – indikátor pre zle zvolený počiatočný bod.

```
for i = 1 : n_sphere
    while sk == 0
        1. Náhodný výber počiatočného bodu a výber najbližších susedných bodov.
        2. Výpočet približných parametrov sféry {c_init [c_x; c_y; c_z]; r_init} z vybraných bodov.
        for j = 1 : iter
            3. výpočet vzdialeností medzi bodom mračna a odhadnutou sférou.
            4. Extrakcia: aktualizácia množiny vyhovujúcich bodov Φ na základe vzdialenostného filtra.
                5. if iter > 4   &&   size(Φ) < 200
                    sk := 0
                    break
                end
                6. if iter > 5   &&   convergence > ϵ
                    sk := 0
                    break
                end
                7. if iter > 13   &&   std_fitting > ϑ
                    sk := 0
                    break
                else
                    sk := 1
                end
            8. Geometrické fitovanie: vyhovujúce body Φ sú použité na prepočet parametrov sféry
            {c [c_x; c_y; c_z]; r}.
        end
        9. Φ – body ležiace na povrchu odhadnutej sféry.
           {c [c_x; c_y; c_z]; r} – parametre odhadnutej sféry.
    end
end
```

➢ **Výsledky:** parametre odhadnutých sfér $\{c\,[c_x; c_y; c_z]; r\,; inlier_{number}; std_{fitting}\}$;
segmentované mračná (Φ) pre jednotlivé sféry.

Obr. 2 Pseudokód navrhnutého algoritmu

Prvým krokom algoritmu je náhodný výber počiatočného bodu, t. j. algoritmus vyberie jeden bod z mračna náhodne, kde sa začne výpočet. Následne prvý odhad sféry je vykonaný z 50 najbližších susedov pomocou metódy, ktorá minimalizuje ortogonálne vzdialenosti bodov od sféry. Odhadnutými parametrami sú už spomínané parametre ($\mathbf{c}$ [c_x, c_y, c_z]). Riešenie vychádza zo všeobecnej rovnice sféry (1), ktorá v rozšírenej a preusporiadanej forme vyzerá nasledovne:

$$x^2 + y^2 + z^2 = 2xc_x + 2yc_y + 2zc_z + r^2 - c_x^2 - c_y^2 - c_z^2 . \quad (2)$$

Zápis rovnice do vektorovo-maticového tvaru:

$$\mathbf{f} = \begin{bmatrix} x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 \\ x_{i+1}^2 + y_{i+1}^2 + z_{i+1}^2 \\ \vdots \\ x_n^2 + y_n^2 + z_n^2 \end{bmatrix} , \quad (3)$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 2x_i + 2y_i + 2z_i & 1 \\ 2x_{i+1} + 2y_{i+1} + 2z_{i+1} & 1 \\ \vdots \quad \vdots \quad \vdots & 1 \\ 2x_n + 2y_n + 2z_n & 1 \end{bmatrix} , \ \mathbf{c}_{param} = \begin{bmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \\ r^2 - c_x^2 - c_y^2 - c_z^2 \end{bmatrix} , \quad (4)$$

kde vektor **f** v (3), matica **A** a vektor $\mathbf{c}_{param}$ v (4) predstavujú konsolidované vzťahy rozšírenej rovnice sféry v (2), a $\boldsymbol{x}_i$, $\boldsymbol{y}_i$, $\boldsymbol{z}_i$ sú priestorové súradnice bodov mračna. Po úprave:

$$\mathbf{f} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{c}_{param} . \quad (5)$$

Rovnica (5) sa rieši pomocou rozšíreného systému lineárnych rovníc, ktoré sú podrobnejšie popísané v [11].

Druhým krokom algoritmu (**obr. 2**) je výpočet približných parametrov sférickej plochy. Tieto odhadnuté parametre sa následne použijú v iteračnom procese spresňovania odhadu a aktualizácie množiny vyhovujúcich bodov (extrakcia – 4. v pseudokóde – **obr. 2**), ktorý sa vykonáva na základe vzdialenostného filtra. Kritérium pre vzdialenostný filter vyzerá nasledovne:

$$|\Delta dist_i| < r \, . \, t_{d[\%]} , \quad (6)$$

kde r predstavuje polomer sféry, a t_d je prahová hodnota pre vzdialenostný filter.

$$\Delta dist_i = |p_i - c| - r , \quad (7)$$

kde $\Delta dist_i$ je ortogonálna vzdialenosť medzi vybraným bodom p_i a povrchom odhadnutej sféry.

Pri vzdialenostnom filtri kritérium $r \, . \, t_{d[\%]}$ prakticky znamená, že ak odhadnutá sféra má polomer 10 cm, a za prahovú hodnotu t_d sa zvolí hodnota 5, iba body, ktoré sú bližšie k povrchu sféry ako 0,5 cm (predstavuje 5 % z polomeru sféry), sa považujú za vyhovujúce. Príliš vysoká prahová hodnota môže spôsobiť, že do procesu odhadu sa pridajú aj body, ktoré neležia na povrchu danej sféry (napr. šum v mračne, body z okolitých konštrukcií a pod.).

Pri každej iterácii sa postupne vyberajú body z mračna, ktoré spĺňajú kritérium vzdialeností. Následne sa vykoná odhad (resp. fitovanie) (8. krok v pseudokóde – **obr. 2**) sféry pomocou všetkých vyhovujúcich bodov, t. j. v každej iterácii sú prepočítané parametre odhadnutej sféry, a do nasledujúcej iterácie sa tieto hodnoty použijú ako vstupné hodnoty. Tým pádom, postupom algoritmu sú odhadnuté parametre stále presnejšie.

Tieto dva po sebe idúce kroky algoritmu, extrakcia a odhad, sa vykonávajú až kým nie sú vybraté všetky body danej sféry, alebo kým nie je splnená niektorá z podmienok na prerušenie výpočtu. V algoritme sa používajú 3 podmienky na prerušenie výpočtu:

1. príliš malé množstvo vyhovujúcich bodov pre daný počiatočný bod (5. v pseudokóde),
2. parametre sféry sa nekonvergujú v jednotlivých iteráciách (6. v pseudokóde),
3. štandardná odchýlka fitovania odhadnutej sféry je príliš vysoká (7. v pseudokóde).

Prvé kritérium je splnené, ak segmentované mračno pre danú sféru obsahuje menej ako 200 bodov pre daný počiatočný bod po štvrtej iterácii. Druhá podmienka je založená na určení rozdielov medzi odhadnutými parametrami sféry po 5. iteračnom cykle v dvoch po sebe idúcich iteráciách. Kritérium je splnené, ak tento rozdiel presahuje hodnotu parametra konvergencie ($\epsilon = 10^{-4}$). Tretia podmienka zaručuje, aby štandardná odchýlka fitovania nebola príliš veľká. Táto odchýlka sa počíta na základe ortogonálnych vzdialeností vyhovujúcich bodov od povrchu odhadnutej sféry.

V prípade, ak je splnená aspoň jedna z podmienok, výpočet sa preruší a následne sa začne nový výpočtový cyklus s novým náhodným počiatočným bodom. Validácia, resp. uvedené podmienky prerušenia výpočtu sú potrebné z dôvodu, že výsledok odhadu sféry je priamo závislý od počiatočného bodu a okolitej oblasti. V niektorých prípadoch odhadnuté sféry nemusia reprezentovať charakteristické útvary v mračne bodov. So spomínanými podmienkami sú takéto prípady eliminované.

Mračná bodov bez šumu a s malým počtom vybočujúcich bodov konvergujú k „dobre" odhadnutým sféram už po niekoľkých iteráciách, lenže v prípade zašumených komplexných mračien je potrebné vykonať viaceré iterácie. Z toho dôvodu maximálny počet iterácií je nastavený na 15. Táto hodnota bola určená empiricky na základe testovania niekoľkých mračien bodov s rôznom hustotou, komplexnosťou a zašumením.

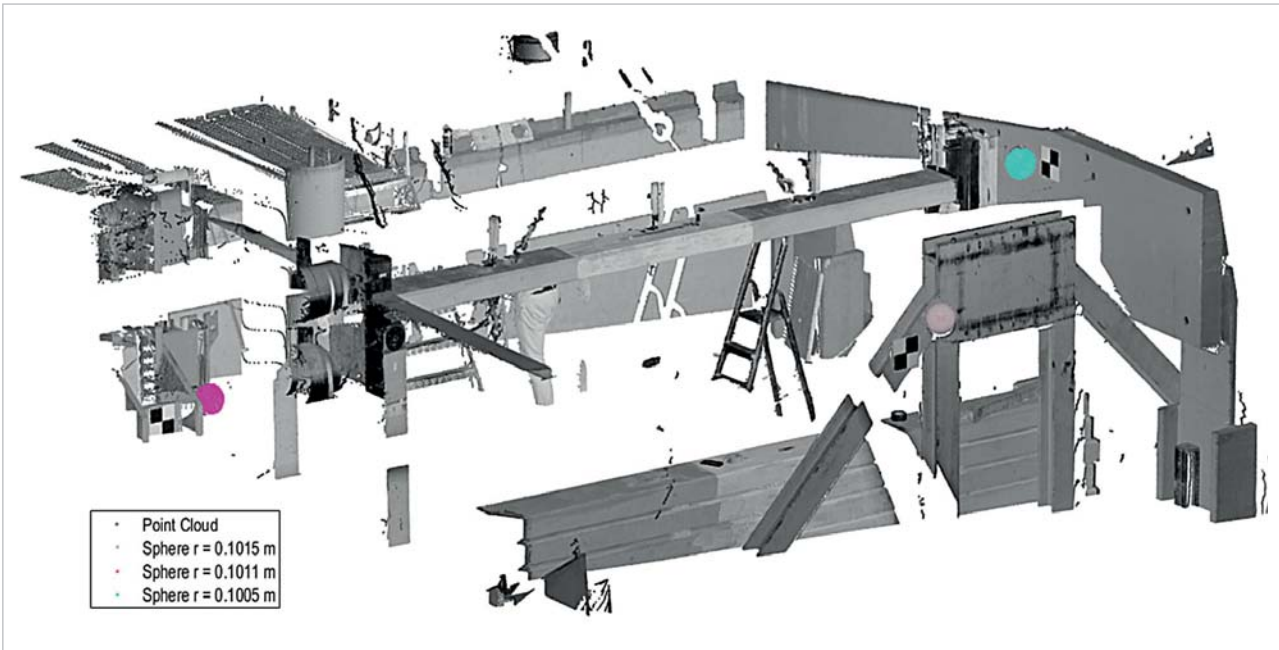
Predstavený proces segmentácie sa vykonáva automatizovane, až kým sa nevykoná segmentácia všetkých sfér z mračna bodov. Počet sfér sa zvolí na začiatku algoritmu.

Výhody uvedeného postupu sú nasledovné:

- vybočujúce body a šum sú z procesu odhadu iteračne vylúčené pomocou navrhnutého extrakčného kroku,
- „zle" odhadnuté sférické plochy sú vylúčené počas validácie výpočtu (krok 5.-7. v pseudokóde),
- po úspešnej segmentácii danej sféry, vyhovujúce body tejto sféry sú odstránené z mračna, tým pádom segmentačný proces ďalších sfér je vykonaný iba na zvyšných bodoch mračna,
- krok extrakcie je vykonaný na celom mračne naraz, nie bodovo, čo výrazne zredukuje výpočtový čas.

4. Experimentálne testovanie navrhnutého algoritmu

Pre experimentálne testovanie uvedeného algoritmu bolo použité mračno bodov (**obr. 3**) obsahujúce približne 2 milióny bodov a 3 sférické objekty (referenčné sféry pre laserové skenery). Tieto referenčné sféry boli vyrobené s priemerom 200 mm. Skenovanie bolo vykonané pomocou lase-



Obr. 3 Mračno bodov zo statickej zaťažovacej skúšky

Tab. 1 Rozdiely medzi známymi parametrami a odhadnutými parametrami jednotlivých sfér

	Referenčné hodnoty [m]	Hodnoty z algoritmu [m]	Rozdiel [mm]
r_1	0,1015	0,1000	1,5
r_2	0,1011	0,1000	1,1
r_3	0,1005	0,1000	0,5

rového skenera Trimble TX5 3D. S uvedeným skenerom a s uvážením podmienok počas merania (maximálna vzdialenosť medzi prístrojom a skenovaným objektom, nastavenie rozlíšenia a kvality skenera, a pod.), presnosť v priestorovej polohe meraného bodu bola nižšia ako 2,5 mm vo všetkých prípadoch.

Na verifikáciu výsledkov segmentácie sa určili rozdiely (**tab. 1**) medzi známymi parametrami (polomer) a odhadnutými parametrami (pomocou navrhnutého algoritmu) jednotlivých sfér.

Rozdiely medzi známymi a odhadnutými parametrami sú 1,5 mm, 1,1 mm a 0,5 mm. V týchto odchýlkach sú zahrnuté aj chyby merania, systematické chyby prístroja a vplyvy prostredia. Okrem toho skutočnosť, že skenovanie bolo vykonané z jedného stanoviska, tým pádom nebol celý povrch sféry pokrytý meranými bodmi, mala tiež negatívny vplyv na odhad parametrov. Taktiež referenčné sféry sú vyrábané s určitou toleranciou.

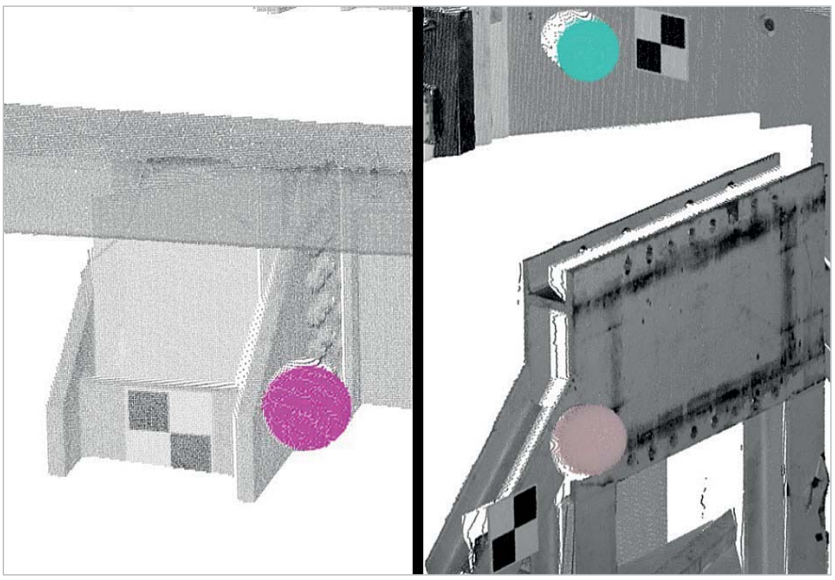
Na **obr. 4** sú zobrazené segmentované body jednotlivých sfér, ktoré sú farebne rozlíšené. **Obr. 5** zobrazuje snímky z experimentu. Štandardná odchýlka fitovania sféry na segmentované mračno bodov dosahovalo hodnoty menej ako 0,8 mm vo všetkých prípadoch. Parametre jednotlivých sfér sú zobrazené v tabuľke na **obr. 6**.

Na základe uvedeného porovnania (**obr. 3**, **4**) verifikácia bola úspešná.

5. Realizácia navrhnutého algoritmu

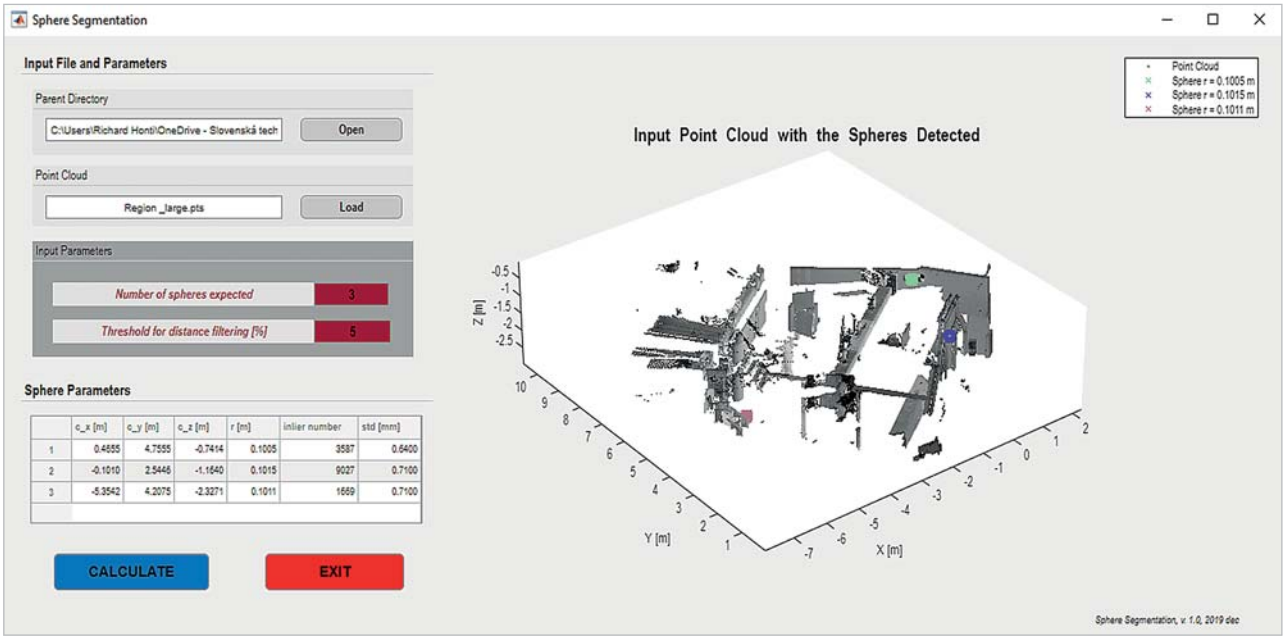
Pre automatizáciu a jednoduché vykonanie uvedenej procedúry bola vyhotovená samostatná výpočtová aplikácia „Sphere Segmentation" v softvéri MATLAB®. Aplikácia bola vyhotovená ako samostatná aplikácia, ale keďže výpočtové jadro prebieha v softvéri MATLAB®, k spusteniu je potrebné mať nainštalovaný Matlab Runtime, ktorý je voľne stiahnuteľný.

Dialógové okno aplikácie (**obr. 6**) je rozdelené do 3 hlavných častí. Prvá časť „Input File and Parameters" slúži na načítanie vstupného mračna bodov a zadanie vstupných hodnôt, ktorými sú počet sfér nachádzajúcich sa v mračne a prahová hodnota pre vzdialenostný filter. V druhej časti je zobrazená tabuľka („Sphere Parameters"), kde sa vypíšu odhadnuté parametre jednotlivých sfér. A treťou časťou je grafické zobrazenie mračna bodov a odhadnutých sfér. V tejto časti je pôvodné mračno bodov zobrazené sivou farbou a počas priebehu aplikácie sú zobrazené



Obr. 4 Detaily výsledkov segmentácie

Obr. 5 Snímky z experimentu



Obr. 6 Dialógové okno aplikácie Sphere Segmentation

jednotlivé segmentované sféry, ktoré sú farebne odlíšené. Výsledkom aplikácie sú segmentované mračná jednotlivých sfér uložené do textového súboru pre ďalšie spracovanie a parametre jednotlivých sfér zobrazené v tabuľke dialógového okna aplikácie.

6. Záver

Sférické plochy sú často používané pre geometrické útvary v stavebnom priemysle a majú využitie v rôznych oblastiach. V mnohých aplikáciách sa vyžaduje automatizácia ich detekcie a odhadu ich parametrov z mračna bodov.

V rámci uvedeného príspevku bol navrhnutý robustný algoritmus na automatizáciu segmentácie sférických plôch z mračien bodov. Algoritmus dokáže vykonať detekciu a segmentáciu podmnožín bodov prislúchajúcich k jednotlivým sféram v komplexných, rozsiahlych a zašumených mračnách na základe vzdialenostného filtra. Validačný krok zabezpečuje, aby boli odhadnuté práve tie charakteristické sféry meraného objektu. Experimentálne testovanie algoritmu na komplexnom mračne bodov, ktorý obsahuje približne 2 milióny bodov je tiež popísané. Pre automatizáciu bol algoritmus implementovaný do samostatnej aplikácie. Iba dve vstupné hodnoty sú potrebné k spusteniu aplikácie, predpokladaný počet sfér v mračne a prahová hodnota pre vzdialenostný filter. Výsledkom aplikácie sú segmentované mračná pre jednotlivé sféry uložené do textového súboru a parametre odhadnutých sfér zobrazené v tabuľke.

V rámci ďalšieho vývoja aplikácie bude doplnený algoritmus na výber počiatočných bodov na základe výpočtu zakrivenia lokálnej plochy v jednotlivých bodoch mračna, ktorý zvýši efektívnosť výpočtu a zníži výpočtový čas.

Poďakovanie:
„Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-18-0247".

LITERATÚRA:

[1] HONTI, R.-ERDÉLYI, J.-KOPÁČIK, A.: Plane segmentation from point clouds, Pollack Periodica, Vol. 13, No. 2, 2018, pp. 159-171.
[2] HONTI, R.-ERDÉLYI, J.-KOPÁČIK, A: Automation of cylinder segmentation from point cloud data, Pollack Periodica, Vol. 14, No. 3, 2019, pp. 189-200.
[3] BENKŐ, P.-VÁRADY, T.: Segmentation methods for smooth point regions of conventional engineering objects, Computer-Aided Design, Vol. 36, No. 6, 2004, pp. 511-523.
[4] van der GLAS, M.-VOS, F. M.-BOTHA, C. P.-VOSSEPOEL, A. M.: Determination of position and radius of ball joints, Proceedings SPIE 4684, Medical Imaging, Image Processing, San Diego, California, United States, 9 May 2002, pp. 1571-xx.
[5] WANG, L.-CAO, J.-HAN, C.: A calibration algorithm for 3D laser scanner based on spatial sphere, Journal of Xi'an Jiaotong University, Vol. 47, No. 4, 2013, pp. 79-85.
[6] HUANG, J.-WANG Z.-GAO, J.-HUANG, Y.-TOWERS, D. P.: High-precision registration of point clouds based on sphere feature constraints, Sensors, Vol. 17, No. 1, 2017, pp. 72-xx.
[7] SCHNABEL, R.-WAHL, R.-KLEIN, R.: Efficient RANSAC for point-cloud shape detection, Computer Graphics Forum, Vol. 26, No. 2, 2007, pp. 214-226.
[8] CAMURRI, M.-VEZZANI, R.-CUCCHIARA, R.: 3D Hough transform for sphere recognition on point clouds, Machine Vision and Applications, Vol. 25, No. 7, 2014, pp. 1877-1891.
[9] FISCHLER, M. A.-BOLLES, R. C.: Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography, Communications of the ACM, 1981 Vol. 24, No. 6, pp. 381-395.
[10] HOUGH, P. V. C.: Method and means for recognizing complex patterns. USA Patent 3069654, 18 12 1962.
[11] JEKEL, C. F.: Digital image correlation on steel ball (Appendix A), in Obtaining non-linear orthotropic material, (diploma Thesis) Stellenbosch, South Africa, Stellenbosch University, 2016, pp. 83-87.

Do redakcie došlo: 8. 7. 2020

Lektoroval:
Ing. Jiří Lechner, CSc.,
Výzkumný ústav geodetický,
topografický a kartografický, v. v. i.

Mapy pro orientační běh

Mgr. Jan Langr,
HSI, člen skupiny Unicorn,
předseda Mapové rady
Českého svazu orientačních sportů

Abstrakt

Článek představuje orientační běh a speciální mapy jako základní pomůcku pro orientaci v neznámém terénu. Je představen obsah map a mapový klíč, kterým se řídí jejich zpracování. Je uveden historický kontext vývoje map, mapových klíčů, mapových podkladů, mapovacích a kresličských postupů, technického vybavení a tiskařských technik. Je představen archiv map, v němž jsou zdokumentovány, archivovány a v digitální podobě zpřístupněny veřejnosti všechny dosud vydané mapy pro orientační sporty na území České republiky.

Orienteering Maps

Abstract

The article presents orienteering and special maps as a basic tool for orientation in an unfamiliar terrain. The content of maps and a map key that govern their processing are introduced. The historical context of the development of maps, map keys, map materials, mapping and drawing procedures, technical equipment and printing techniques are presented. A map archive is introduced, in which all previously published maps for orienteering in the Czech Republic are documented, archived and made available to the public in digital form.

Keywords: *history, ISOM, map key, map materials, digital mapping, map archive*

1. Úvod

Článek pod stejným názvem byl v GaKO uveřejněn v roce 1985, tedy před 35 lety. A to z pera Petra Uhra [1], tehdy pracovníka Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického, jinak zkušeného autora map pro orientační běh (OB) a v sedmdesátých letech 20. století úspěšného československého reprezentanta v OB. S takto značným časovým odstupem je možné nahlédnout na vývoj, kterým tvorba map pro OB za toto období prošla.

Mapy pro orientační sporty jsou speciální topografické mapy, které slouží společně s buzolou jako základní pomůcka pro navigaci v neznámém terénu v různých odvětvích orientačních sportů. Závodí se v lesích i ve městech, ve dne i v noci, pěšky, na kole i na lyžích. Tento moderní sport, jehož kolébkou je Skandinávie a tělocvičnou je zejména příroda kolem nás, si získává stále více nových příznivců. Jen pěších orientačních běžců je v Českém svazu orientačních sportů (ČSOS), který provozování orientačních sportů v České republice (ČR) zastřešuje, registrováno více než 12 000. Pro závodní, tréninkové a výukové účely vzniká ročně několik set map pro OB.

2. Mapa pro orientační běh

Principem OB je nalezení sledu kontrolních bodů v neznámém terénu v co nejkratším čase. Základními pomůckami pro navigaci jsou jen mapa a buzola. Proto musí mapa pro OB obsahovat informace o všech podstatných skutečnostech a objektech v terénu, které je závodník schopen identifikovat a použít pro výběr nejvýhodnější trasy na postupu mezi jednotlivými kontrolními body tratě. Z mapy musí být patrný charakter terénu a jeho členitost, důležité navigační body a vodící linie, jako jsou cesty a pěšiny, vodní toky a vegetační hranice, ale rovněž překážky v pohybu, jako jsou zdi, ploty, skalní srázy, vodní plochy a bažiny a hustá vegetace.

Ve srovnání s dalšími kartografickými díly jsou mapy pro OB velmi podrobné a na první pohled výrazně zaplněné. Míra jejich zaplnění závisí na morfologické členitosti terénu, míře zásahů člověka do krajiny a je determinována měřítkem mapy. Pro lesní disciplíny se používá výchozí měřítko mapy 1 : 15 000, případně je mapa zvětšena do měřítka 1 : 10 000, resp. 1 : 7 500 z důvodu lepší čitelnosti pro děti a starší věkové kategorie závodníků (**obr. 1**). Pro závody ve sprintu se ustálilo použití měřítka 1 : 4 000 (**obr. 2**). I přes poměrně podrobná měřítka musí být často obsah výsledné mapy generalizován, aby byla zachována její čitelnost při vysoké rychlosti běhu a srozumitelnost. To se týká zejména velmi členitých terénů, jako např. pískovcová skalní města nebo lokality v historii dotčené těžbou.

Mapa pro OB je šestibarevná s doplňkovou fialovou barvou pro zákres tratě a dotiskových značek. Hnědá barva je určena pro znázornění reliéfu vrstevnicemi a značkami pro hliněné srázy a valy, rýhy, kupky a prohlubně. Modrá barva slouží pro znázornění vodních ploch, řek, potoků, meliorací, bažin a drobných vodních objektů, jako jsou např. prameny a studny. Bílá barva představuje typický průchodný les, žlutá barva je určena pro otevřené prostory, jako jsou pole, louky a mýtiny, zelená barva různé intenzity znázorňuje vegetaci znesnadňující průchodnost. Černá barva je určena pro skály a balvany a dále pro umělé objekty vytvořené člověkem, jako jsou komunikace, mosty a tunely, liniová vedení, budovy, ploty, zdi, věže, krmelce a posedy.

Mapy pro OB obvykle nejsou opatřeny žádnými místopisnými názvy, polohovými kótami, ani souřadnicovou sítí. Výškové a vrstevnicové kóty jsou uváděny jen zcela výjimečně. Vzhledem k použití společně s buzolou jsou mapy opatřeny pravidelnou sítí magnetických poledníků. Kresba mapy je orientována tak, aby magnetické poledníky byly

rovnoběžné se svislým okrajem mapy. Tím se liší od převážné většiny dalších map včetně topografických. Mapy pro OB obvykle neobsahují žádné rámové údaje, protože vzhledem k účelu užití nejsou podstatné. V mimorámových údajích musí být povinně a výrazně uveden název mapy, číselné měřítko mapy, interval vrstevnic (ekvidistance) a časový údaj o stavu aktuálnosti obsahu mapy. Mapy jsou povinně opatřeny dalšími tirážními údaji – evidenčním číslem ČSOS, použitou mapovou specifikací (mapovým klíčem), autory topografického a kartografického zpracování, použitými mapovými podklady, autorem tisku, vydavatelem a správcem mapy. Dále musí být na mapě uvedena přehledka se schematickým vyznačením autorů topografického zpracování. Pokud jsou na mapě použity mapové značky bez přesné definice v mapovém klíči, musí být jejich význam vysvětlen v legendě mapy (**obr. 1**).

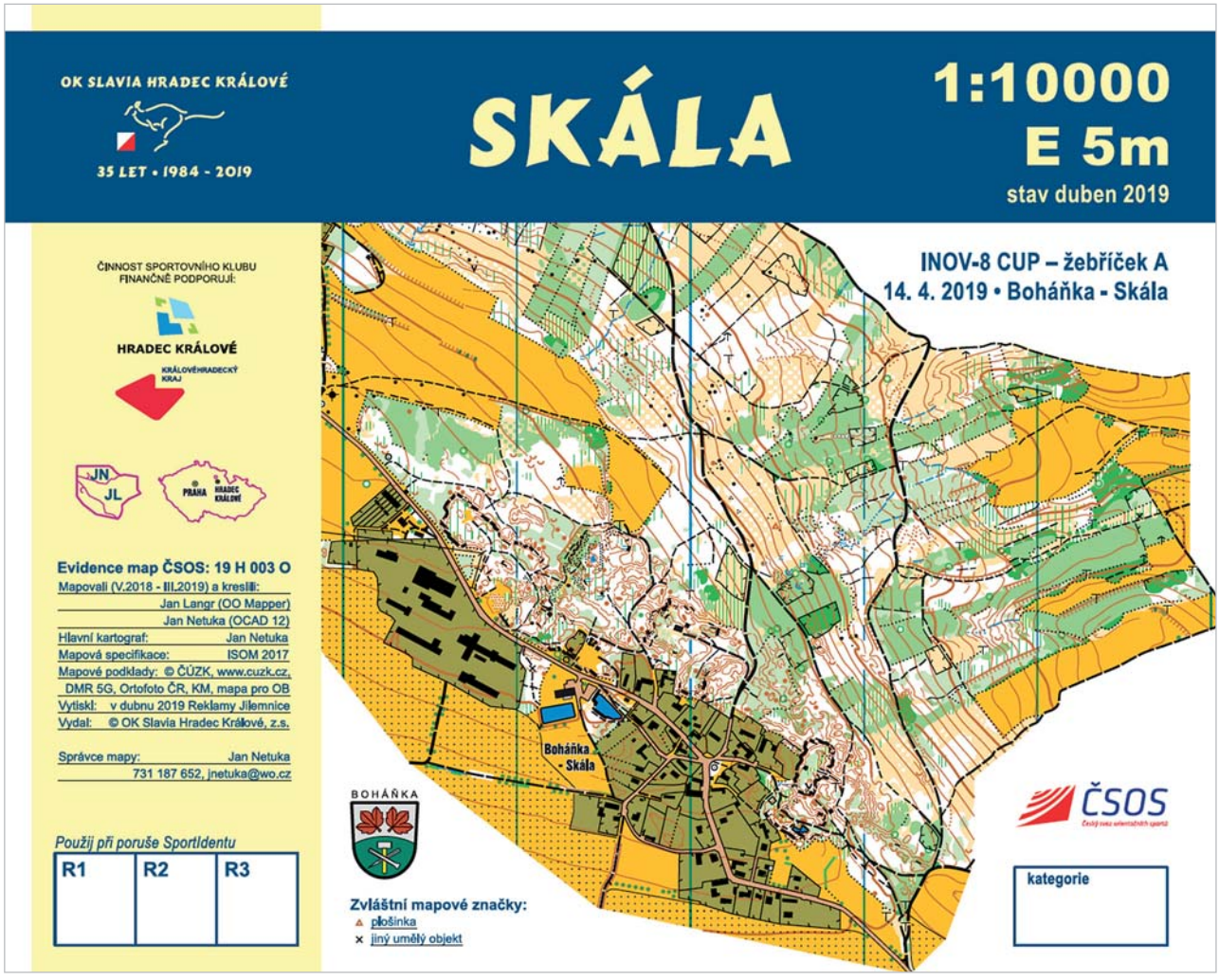
Grafické řešení mapy a její obsah nad rámec povinných údajů je plně v kompetenci vydavatele a jednotlivé kluby používají zpravidla ustálené grafické šablony a vlastní rukopis. Pro uživatele map pro OB je stěžejní vlastní mapový obsah, proto je doporučováno střídmější grafické řešení, aby zbytečně neodvádělo pozornost.

Mapy pro OB se pořizují novým mapováním, nebo revizí stávajících map. Způsob zpracování je volen s ohledem na účel použití mapy. Pro významné závody musí být mapa zcela aktuální a zpracovaná novým mapováním, pro menší závody a trénink zpravidla postačí revize stávající mapy. Nové mapování se používá rovněž v prostorech dosud nezpracovaných nebo v prostorech, kde předchozí vydaná mapa je zastaralá nebo z pohledu přesnosti nedostatečně spolehlivá. Mapy pro OB rychle zastarávají, zejména podrobná kresba vegetace. Objevují se nové paseky, často i oplocené, postupným zarůstáním ztrácejí průchodnost, odrůstající les se naopak stává průchodnějším, oplocení mizí. Další momentem stárnutí map pro OB je pohyb magnetického pólu Země, mapy pro OB musí být orientovány tak, aby magnetické poledníky byly rovnoběžné s okrajem papíru. Mapy intenzivně využívaných terénů jsou z výše uvedených důvodů velmi často revidovány a znovu vydávány, v některých případech každý rok.

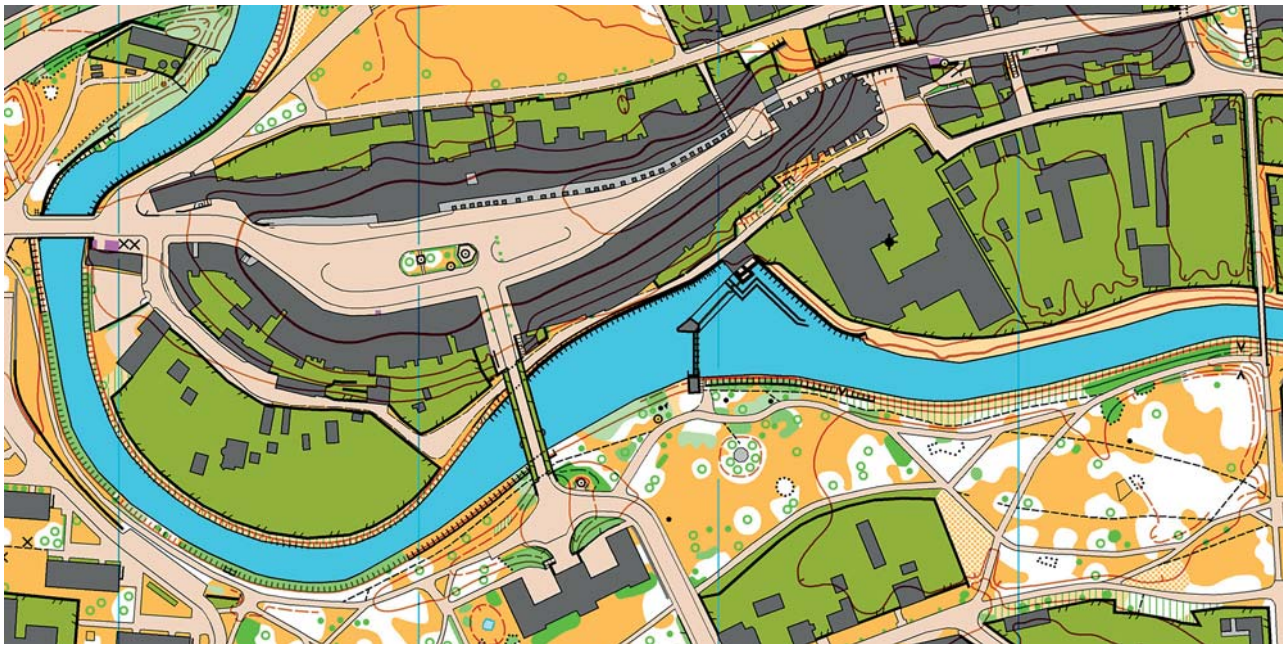
2.1 Pohled do historie

Podoba map používaných v začátcích OB se výrazně lišila od těch současných a v průběhu desítek let se značně vyvíjela. První datovaný orientační závod se uskutečnil v Norsku již v roce 1897[1]. Tehdy každý účastník mohl mít při zá-

1) Možná to bude jinak, ale na výsledky podrobného archivního výzkumu si musíme ještě počkat https://orienteering.sport/new-find-rewrites-orienteering-history-bike-orienteering-started-first/.



Obr. 1 Mapa pro OB Skála v mapovém klíči ISOM 2017 [2] (zmenšeno)



Obr. 2 Výřez mapy pro OB Jaroměř v mapovém klíči ISSOM 2005 [3]

vodě jakoukoliv dostupnou mapu dle svého výběru [4]. Ve skandinávských zemích si tento přírodní sport brzy získal velkou oblibu, což s sebou přineslo potřebu podrobnějších a přesnějších účelových map. První pokusy se objevily již ve čtyřicátých letech 20. století v Norsku, skutečný přechod na speciální mapy pro OB se však uskutečnil až v šedesátých letech 20. století [5].

Historie OB na území ČR se datuje od roku 1950. První závod tříčlenných hlídek uspořádali turisté a lyžaři z tehdejšího Gottwaldova 21. – 22. 10. 1950 na Bunči v Chřibech. Pro závod byla použita jediná dostupná mapa, a to tzv. speciální mapa v měřítku 1 : 75 000 v černobílém provedení se zeleně zvýrazněnými porosty. Následujících sedm desetiletí historie orientačních sportů v ČR podrobně mapuje výpravná publikace 70 let ORIENŤÁKU [6], vydaná k tomuto jubileu v květnu 2020 ČSOS.

Zpočátku byly „orientační závody" jen speciální odnoží turistiky, závody hlídek s povinnou zátěží a plněním úkolů při zkouškách na kontrolních stanovištích. Pro tuto formu ještě vyhovovaly mapy v měřítku 1 : 75 000, na kterých byl terén znázorněn šrafováním. Počátkem šedesátých let 20. století se již odložily batohy a zrušily zkoušky a jediným kritériem závodu se stal dosažený čas. To si již vyžádalo podrobnější a přesnější mapy. Významným krokem vpřed bylo užití čtyřbarevných vojenských tzv. topografických map v měřítku 1 : 50 000 a posléze i 1 : 25 000, které byly podrobnější, aktuálnější a měly terén již znázorněn vrstevnicemi. Nevýhodou těchto tajných map byla procesní nutnost mapy od vojska vypůjčit a po skončení akce protokolárně vrátit.

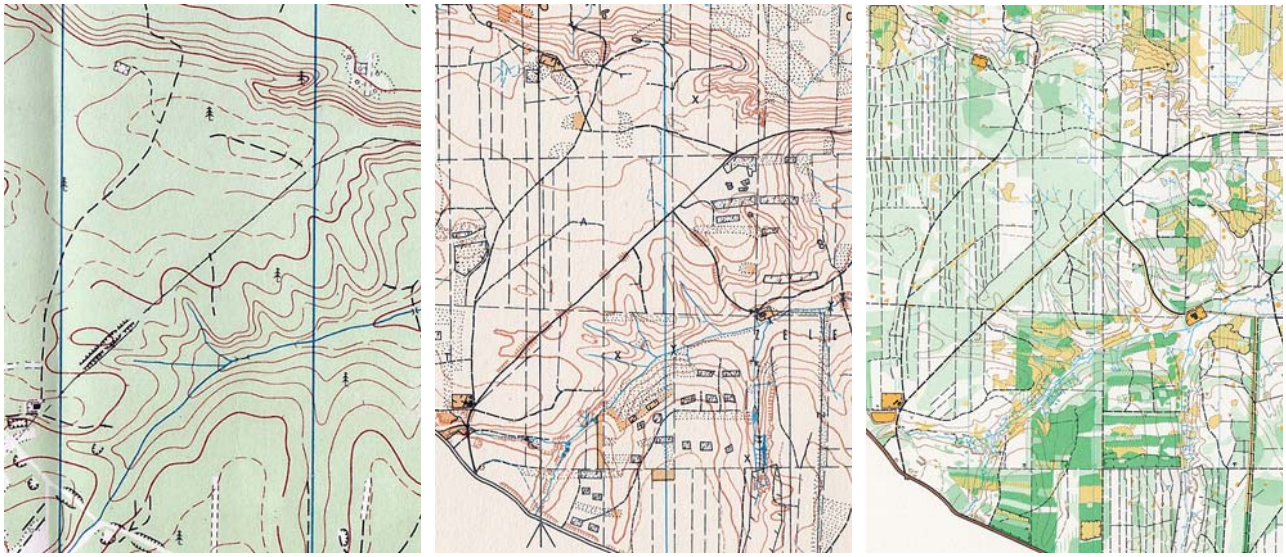
Jako alternativa začaly v polovině šedesátých let 20. století vznikat na podkladě vojenských map mapy obkreslené, často zjednodušeným způsobem. Tyto mapy nebylo třeba vracet. Odtud už byl jen krůček ke speciálním mapám pro OB a zhruba pětiletému období evoluce. Mnozí pořadatelé, často z řad závodníků, začali do překreslených map dokreslovat vybrané skutečnosti zjištěné v terénu, jako jsou strže, cesty či krmelce. Někteří z nich dokonce provedli mapování po celé ploše. Zásadním krokem vpřed bylo vydání mapy Hornopožárské polesí v měřítku 1 : 25 000, která je považována za první moderní mapu pro OB v ČR [6]. Vznikla v roce 1969 jako diplomová práce studenta kartografie na ČVUT a reprezentanta v OB Stano Nosála a překvapovala množstvím detailů v celé ploše mapy.

Souběžně se na oficiální úrovni používaly tzv. zeleňavky (podle zelené barvy pro les, **obr. 3**). Jednalo se o výřezy vojenských map v měřítku 1 : 25 000 zbavené „citlivých" údajů tištěné na základě dohody ve Vojenském zeměpisném ústavu (VZÚ). Další variantou byly tzv. mapy nadstavbové (**obr. 3**), které se již barevností podobaly mapám dle specifikace Mezinárodní federace orientačního běhu (International Orienteering Federation, IOF), kdy les byl vyjádřen bílou barvou, pole, louky a paseky žlutou barvou a vegetace omezující průchodnost černým tečkovým rastrem. Tyto mapy již byly mapovány po celé ploše a díky podrobnějšímu měřítku 1 : 20 000 mohly zachytit vyšší míru detailu.

Posledním krokem k moderním mapám pro OB bylo zavedení zelené barvy pro vegetaci omezující průchodnost (**obr. 3**). Ta se v Česku prosadila na mapách pro Mistrovství světa 1972, které hostilo Československo v náročných pískovcových terénech severních Čech. Garantem jejich přípravy a zpracování byl pověřen právě Stano Nosál, první československý profesionální kartograf map pro OB.

Na něj v dalších letech navázaly desítky výhradně amatérských kartografů (mapařů[2)]), kteří začali na základě specifikací IOF tvořit podrobnější, přesnější a věrnější mapy pro OB, což bylo umožněno přechodem na ještě podrobnější měřítka 1 : 15 000, resp. 1 : 10 000. Mapy byly zpočátku tištěny ve VZÚ, později převážně v krajských tiskárnách národního podniku (n. p.) Geodézie. Komplikací se stala povinnost od roku 1971 žádat Ministerstvo národní obrany (MNO) o povolení ke zpracování mapy. Žádosti měly formu průsvitek s obrysem prostoru [6]. A jen těžko předvídatelná část žádanek byla vyřízena kladně. Od roku 1979

2) Mapař – tímto pojmem je běžně označován tvůrce map pro OB. Formálně je od roku 1970 zavedena odbornost kartograf OB, nicméně označení kartograf se používá mezi mapaři jen pro vystudované.



Obr. 3 Srovnání výřezů map téhož prostoru poblíž Borohrádku: zeleňavka 1 : 25 000 (1967 – zpracoval VZÚ), žlutobílá nadstavbová 1 : 20 000 (1971 – autoři V. Krajča a S. Nosál) a pětibarevná ISOM 1990 1 : 15 000 (1990 – autoři J. Doležal, B. Jindra a J. Langr)

bylo nutno žádat o souhlas kromě MNO ještě Ústav geodézie a kartografie. Tyto povinnosti byly ukončeny až po roce 1989.

Část mapařů po roce 1989 vycítila příležitost využít nabyté zkušenosti a začala se tvorbě map pro OB věnovat profesionálně, a to i v zahraničí. Průkopníky v tomto ohledu byli např. Jiří Šumbera a Bohumil Háj, zakladatelé firmy SH O-cart (dnes vydavatelství SHOCart). Čeští mapaři mají v zahraničí výbornou pověst, zejména ve Francii, Norsku, Švédsku, Rakousku, Slovinsku, Itálii a Španělsku.

V současnosti se tvorbě map pro OB v Česku aktivně věnuje kolem 200 kvalitních mapařů, asi pro 20 z nich je mapování hlavním zdrojem příjmů.

2.2 Standardy pro tvorbu map

S mapami pro OB a orientačními běžci je možné se setkat na všech obydlených kontinentech. Aby si orientační běžci z různých koutů světa navzájem rozuměli a závody byly fair, používají společný jazyk. Mapový klíč je mezinárodní specifikací vydanou institucí IOF, která zastřešuje prostřednictvím 76 národních federací orientační běžce z celého světa. IOF byla založena v roce 1961 a Československo bylo jedním z deseti zakládajících států.

Jedním ze základních úkolů IOF je právě standardizace pravidel a zásad pro tvorbu map. Za tímto účelem byla v roce 1965 ustavena mapová komise IOF, která v tomtéž roce vydala první mapový klíč (tzv. International Specification for Orienteering Maps, ISOM), a to na základě skandinávských map. Ten byl v roce 1969 doplněn o metodický návod k tvorbě map pro OB. ISOM byl opakovaně revidován ve vydáních z let 1967, 1975, 1982, 1990, 2000 a 2017. Podrobněji vývoj ISOM a přínosy jednotlivých revizí uvádí Zentai [7].

V roce 1968 byla ustavena československá mapová komise (MK), jejímž předsedou se stal Václav Krajča a jedním z členů Stano Nosál. MK v roce 1969 zorganizovala mezinárodní seminář v Doksech a vydala mapový klíč pro mezinárodní závody v Československu. O rok později MK vydala metodický dopis Tvorba map pro OB, český překlad základního díla mapové komise IOF. V dalších letech MK pravidelně školila amatérské kartografy, zajišťovala částečné financování tvorby map v klubech a organizovala celostátní soutěž o nejlepší mapu. V roce 1981 zorganizovala srovnávací seminář v Třeboni s mezinárodní účastí. Ke standardizaci MK přispěla vydáním dalšího metodického dopisu o tvorbě map (1982) a revizemi mapového klíče (1985, 1992). V první polovině devadesátých let 20. století došlo k organizačním změnám souvisejícím s rozdělením Československa a byla ustavena MK a posléze Mapová rada ČSOS (MR). MR vydala v roce 2000 metodický dopis Tvorba map pro OB [4] a revizi ISOM. MR organizuje každoroční školení začínajících kartografů a dále semináře (2000, 2012) a workshopy (2015, 2018) k aktuálním tématům přípravy mapových podkladů a vlastní tvorby mapy.

Po roce 2000 byly z ISOM vyčleněny samostatné mapové klíče pro disciplínu sprint (ISSOM 2005, ISSprOM 2019), pro lyžařský OB (ISSkiOM 2010, ISSkiOM 2014, ISSkiOM 2019) a pro orientační závody na horských kolech (ISMBOM 2007, ISMBOM 2010). Mapy pro OB se aktuálně řídí mapovým klíčem ISOM 2017-2. Přes toto rozdělení do samostatných specifikací zůstávají zachovány principy jejich konstrukce a skutečnost, že byly odvozeny z ISOM. Ke každé mezinárodní specifikaci MR vydává českou verzi mapového klíče, přičemž originální text IOF není při překladu významově měněn ani zkracován, jen je doplněn dodatky a vysvětlivkami MR [8] (**obr. 4**).

ISOM obsahuje v první části výkladové kapitoly, ve kterých jsou vysvětleny principy, zásady a všeobecné požadavky, na kterých je specifikace postavena. Je zde popsán obsah mapy, měřítko a interval vrstevnic, požadavky na georeferenci, přesnost a čitelnost, grafické minimální rozměry (mezer, linií, ploch) a z toho plynoucí generalizaci, povolené kombinace značek, požadavky na použité barvy a technologie tisku. V druhé části jsou uvedeny definice všech objektů, které mají být mapovány, a mapových značek, kterými mají být v mapě vyjádřeny. Poslední kapitolou je přesná definice vybraných mapových značek.

ISOM v jednotlivých revizích vždy reagoval na nové poznatky, technické podmínky a získané zkušenosti a snažil

Obr. 4 Mapové klíče ISOM

se řešit potíže a nekonzistence zjištěné zpětnou vazbou od uživatelů prostřednictvím národních federací. ISOM 2017 při revizi ISOM 2000 byl dle Krtičky [9] zaměřen na následující oblasti:

- všechny mapy podrobnějšího měřítka jsou pouze zvětšením mapy v měřítku 1 : 15 000,
- důraz na generalizaci a dodržení minimálních velikostí a mezer v kresbě mapy,
- zpřesnění a zvýšení konzistence klíče,
- zlepšení čitelnosti mapy pro závodníky s poruchami barvocitu,
- přizpůsobení barev pro tisk map digitálními a neofsetovými technologiemi.

Podkladem pro revizi ISOM byly rovněž výzkumy prováděné v ČR. Identifikací problémových míst v ISOM a ISSOM a možnostmi vytvoření univerzálního mapového klíče sjednocujícího ISOM i ISSOM se zabýval Král [10]. Poruchami barvocitu a návrhem úprav mapového klíče pro zlepšení čtení map závodníky postižených deuteranopií se zabývali Semrád [11] a Semrád, Stachoň a Krtička [12].

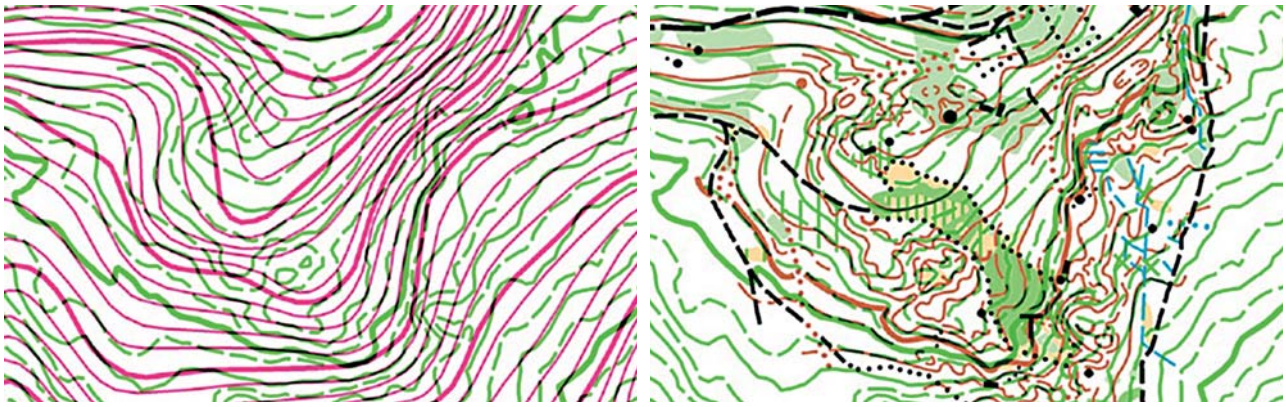
Přesto některé problémy zůstávají i ve verzi ISOM 2017-2 nedořešeny. Jedná se zejména o zřetelné odlišení komunikací a překážek, které jsou vyjádřeny v obou případech černou barvou. Vyřešení tohoto problému bude jistě velkou výzvou pro příští revizi ISOM.

2.3 Mapové podklady

Kvalita výsledné mapy pro OB je do značné míry dána dvěma základními faktory – zkušeností a dovedností mapaře a podrobností a kvalitou dostupných mapových podkladů. A právě druhý zmíněný aspekt se v průběhu let zásadním způsobem vyvíjel a má podstatný vliv na podobu dnešních map pro OB.

Při tvorbě nových map pro OB se mapař snaží ulehčit a zpřesnit svou práci využitím co nejlepších dostupných podkladů. Z topografických map přebírá objekty spolehlivě geodeticky zaměřené a jednoznačně identifikovatelné v terénu. Bývají to body polohové a výškové triangulace, parcelní mezníky a ploty, hraniční kameny, křižovatky cest a jejich průběhy, budovy a další stavby, samostatně stojící stromy a výrazné hranice využití krajiny. Z moderních výškopisných podkladů pak přebírá průběh vrstevnicového obrazu a zřetelné terénní anomálie s výraznou změnou sklonu jako jsou lokální zvýšeniny či sníženiny a terénní zlomy. Z těchto převzatých vstupních údajů vytváří základní kostru, kterou využívá jako oporu při mapování v terénu.

Dlouhá léta převládaly jako podklad pro mapování listy Základní mapy 1 : 10 000 (ZM10) občas doplněné Státní mapou odvozenou 1 : 5 000 (SMO5) či lesnickou porostovou mapou. ZM10 obsahovala v lesních prostorech po celé ploše dostatek polohopisných údajů, nicméně jen malá část z nich byla spolehlivá a polohově správná. Vrstevnice často dávaly jen představu o výškových rozdílech, ale členitější morfologické charakteristiky terénu nezachycovaly vůbec nebo ve zřejmém rozporu s realitou (**obr. 5**). Často se tak stávalo, že na celé ploše mapovaného území bylo k dispozici jen několik spolehlivých kótovaných bodů, které měly správnou polohu a určenou nadmořskou výšku. SMO5 zobrazující parcelní kresbu byla užitečná v sídlech a na okrajích lesních ploch, ale uvnitř lesa byla nepoužitelně prázdná. Vrstevnicový obraz se nelišil od ZM10. Lesnické porostové mapy vycházející ze ZM10 nebo SMO5 byly ve srovnání s nimi v zachycení vegetace výrazně podrobnější, ale polohovou přesností byly často velmi nespolehlivé. Jako podklad pro práci v terénu se používal přímo oříznutý originální výtisk mapy nebo jeho fotokopie, která však často trpěla rozměrovou deformací ve srovnání s originálem. ZM10 neobsahovala žádné souřadnicové údaje, takže



Obr. 5 Srovnání vrstevnic ZABAGED-3D a DMR 4G (vlevo), srovnání vrstevnic mapy pro OB z roku 2000 a DMR 4G (vpravo) – Brada u Jičína

Obr. 6 Odvozeniny LLS: stínovaný model povrchu Radvanice, Česko (vlevo), vrstevnice a vyhodnocení vegetace Longchaumois, Francie (uprostřed), stínovaný model výšky vegetace a budov Fürstenfeld, Rakousko (vpravo)

určení správné orientace podkladu do směru magnetického severu nebylo snadné. V počátcích se neznámý údaj o magnetické deklinaci zanedbával nebo odhadoval, později se vypočítával zprůměrováním směrů odvozených měřením azimutů vybraných linií v podkladové mapě, zpravidla cest nebo průseků.

Letecké snímky se zprvu využívaly jen okrajově. Ty nevyhodnocené byly zatíženy perspektivním zkreslením a bylo možné je použít jen jako lokální doplněk dalších podkladů. Stereofotogrammetrické vyhodnocení přineslo zásadní změnu kvality podkladových dat, zejména ve vegetačně otevřenějších typech terénu. V zahraničí bylo hojně využíváno a zpracování těchto podkladů pro OB se věnovaly specializované firmy (Harveys ve Velké Británii, Helgesen v Norsku), ale rovněž národní mapovací agentury (Institut Geographique National ve Francii). Značným limitem byla vysoká pořizovací cena, což omezilo použití tohoto typu podkladu v Česku na vybrané světové soutěže, například pro mapy Mistrovství světa 1991 v Mariánských Lázních.

Výrazný posun kupředu přineslo ortofoto, zejména díky jeho dostupnosti z celého území ČR prostřednictvím Zeměměřického úřadu (ZÚ) na přelomu tisíciletí. Nejprve černobílé a později barevné ortofoto poskytlo nebývalou míru polohově nezkreslených objektů, které bylo možné identifikovat přímo v terénu a použít je pro vlastní měření. Největším přínosem se staly ortofotosnímky pořízené v mimovegetačním období, které nezakrývaly důležité detaily pod korunami listnatých stromů.

Nástup digitálního kreslení map v devadesátých letech 20. století společně s poskytováním rastrové reprezentace referenčních mapových děl a ortofota znamenal významný mezník pro tvůrce map pro OB. Mapy se nejen v počítači překreslovaly, ale digitálně se začaly připravovat rovněž mapové podklady. Digitální prostředí umožňovalo kombinovat georeferencované, polohově soumístně zobrazené podklady a vytvářet účelový mapový podklad kombinací vektorových dat, rastrových obrazů a nad nimi vyhodnocené vektorové kresby identifikovaných objektů. Tímto způsobem došlo ke georeferenci mapového podkladu dle georeference použitých vstupních dat a tato georeference byla zachována i pro výslednou mapu. V ČR se pro mapy pro OB používá nejčastěji Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK), méně často Světový geodetický systém v univerzálním příčném Mercatorově zobrazení (WGS84-UTM33). Znalost souřadnic polohy a souřadnicového systému podkladových dat umožnila s podporou dostupných kalkulátorů zjistit hodnotu magnetické deklinace a nastavit správnou orientaci mapového podkladu do směru magnetického severu.

Zásadní posun v kvalitě podkladových dat přineslo letecké laserové skenování (LLS). Je schopno poskytnout takovou hustotu dat, že z něho vytvořené modely terénu dokážou zachytit i drobné terénní detaily a odvozené vrstevnice velmi věrně popisují morfologii terénu. Navíc lze pořízená data využít k analýze zachycené vegetace z hlediska výšky porostu a očekávané prostupnosti (**obr. 6**). Podrobněji se přínosům dat LLS pro zpracování map pro OB věnují Zentai [13], Gartner a Ditz [14] či Trier [15]. V ČR je nejčastěji užívaným podkladem digitální model terénu DMR 5G, případně doplněný o digitální model povrchu DMP 1G (zahrnující budovy a vegetaci), oba poskytované ZÚ. Hustotou v průměru přibližně 1-1,5 bodu na metr čtvereční nepatří DMR 5G k nejpodrobnějším, přesto je pro české mapaře výraznou pomocí.

Kombinací již uvedených podkladů doplněných o prvky digitální katastrální mapy a digitální technické mapy lze

připravit účelový mapový podklad, který poskytuje pevnou oporu při vlastním mapování. I díky němu se polohová a zejména výšková přesnost map pro OB zpracovaných v posledním desetiletí znatelně zvýšila.

2.4 Mapování v terénu

Úkolem mapaře je s požadovanou přesností v celé ploše mapy vyjádřit morfologii terénu a všechny pro orientaci podstatné objekty, a to předepsanou symbolikou a dle zásad příslušného mapového klíče. Absolutní přesnost je často vyloučena požadavky na čitelnost kresby (vynucené posuny značek, generalizace), a částečně i požadavky na efektivitu mapařské práce v terénu (nelze geodeticky doměřovat). Lenhart a Háj v [4] uvádějí, že pro mapu pro OB není nutná absolutní přesnost, ale postačí relativní přesnost se zachováním správných vztahů mezi sousedními objekty. Relativní přesnost mapy musí být taková, aby orientační běžec v závodním tempu žádné nesrovnalosti nezpozoroval. Mapa musí být v celé své ploše dostatečně konformní, musí tedy zachovávat směry. Orientační běžec používající pro navigaci buzolu je citlivější na odchylky ve směru spíše než ve vzdálenosti.

Rozvoj OB v historii je velmi úzce spjat s rozvojem mapovacích postupů, technik a pomůcek. V šedesátých letech 20. století začala tvorba map jen opatrným dokreslováním chybějících výrazných objektů do existujících map. V sedmdesátých letech 20. století již bylo prováděno celoplošné mapování, ale bez jemnějších detailů a jen s minimálními zásahy do přebíraného výškopisu. Mapy tak byly až na výjimky hrubé a nepřesné. V dalších dekádách vznikaly díky zvětšení měřítka a získané zkušenosti mapařů podrobnější mapy s přesnějším vyjádřením reliéfu vrstevnicemi. Tento trend pokračuje až do současnosti, a to zejména díky neustále se zvyšující kvalitě a přesnosti mapových podkladů a dostupnosti kvalitního technického vybavení. Naopak v současnosti je kladen důraz na generalizaci obsahu mapy tak, aby zůstala čitelná a srozumitelná. To se týká například vrstevnic odvozených z dat z LLS, které dokážou zachytit pro orientačního běžce nepodstatné terénní detaily. K realizaci tohoto cíle se využívá výběr, zjednodušení a zveličení.

Od počátků tvorby map pro OB až do konce 20. století byl používán výhradně analogový způsob mapování. Mapař měl na pracovní desce nalepen mapový podklad a do něho zakresloval veškerá měření. Zpočátku kreslil tužkami a pastelkami přímo do originálu ZM10, od osmdesátých let 20. století kreslil na průsvitnou, voděodolnou a rozměrově stálou překryvnou fólii mikrotužkami s barevnými vodovzdornými tuhami. Mapování probíhalo v měřítku zpravidla dvakrát větším než měřítko výsledné mapy.

Mapař pro měření vzdálenosti používal obvykle krokování s pevnou délkou kroku[3]. Pohodlnější a přesnější měření umožňuje dnes laserový dálkoměr. Nefunguje však v hustém porostu, za mlhy a deště, na rozdíl od krokování. Korekci sklonu provádí mapař odhadem nebo využívá sklonoměr. Dálkoměr vybavený sklonoměrem dokáže zobrazit vodorovný průmět.

Směry azimutových tahů měří mapař pomocí buzoly. S průzorovou buzolou lze měřit azimuty s úhlovou chybou nepřevyšující 1°. To mapaři umožní vytvářet polygonální pořady (azimutové tahy, polygony) s pevným či volným koncem. Pro zjištění polohy neznámého bodu na základě polohy dvou známých bodů mapař využívá metod protínání vpřed a protínání vzad. V kombinaci s dálkoměrem lze použít jen azimut a vzdálenost.

Pro určování nadmořské výšky je užitečný barometrický výškoměr, ale lze se obejít i bez výškoměru, zejména při použití vrstevnic z LLS. Pro výšky na mapách OB zcela jednoznačně platí již dříve zmíněná teze o dostatečnosti relativní přesnosti. Orientačnímu běžci stačí, když vrstevnicový obraz dává správnou představu o sklonu svahu a zejména o terénních tvarech. Přestože je odhad relativních výškových rozdílů poměrně nepřesný, byla to až do nástupu laserového skenování hlavní v praxi rozšířená metoda.

V dobách nedostupnosti kvalitních podkladových dat mapování zahrnovalo tři základní etapy. V první etapě mapař zkonstruoval základní polohovou síť, tzv. kostru mapy. Azimutovými tahy propojil zřetelnými spojnicemi (zpravidla cestami) dvojice spolehlivých, polohově známých bodů, a vytvořil tak síť po celé ploše mapy. Tuto síť azimutových tahů následně vyrovnal tak, aby eliminoval naměřené chyby. V druhé etapě kostru mapy opatřil výškovými údaji. Mapař bez výškoměru postupoval tak, že odhadem nebo měřením sklonu na liniích spojujících body o známé nadmořské výšce na tyto linie vyznačil místa protnutí vrstevnicemi. Třetí etapou bylo plošné mapování. Při něm mapař dalšími azimutovými tahy rozdělil oka základní sítě na dostatečně malé oblasti a v nich provedl podrobné mapování v celé jejich ploše. Při měření výškopisu změřil osy údolí a hřbetů a opět na ně vynesl průsečíky s vrstevnicemi. Nakonec procházel terénem a pocitově propojoval vrstevnicemi místa se stejnou nadmořskou výškou. Jednotlivá oka sítě uzavíral a navazoval řešením sousedících ok (**obr. 7**).

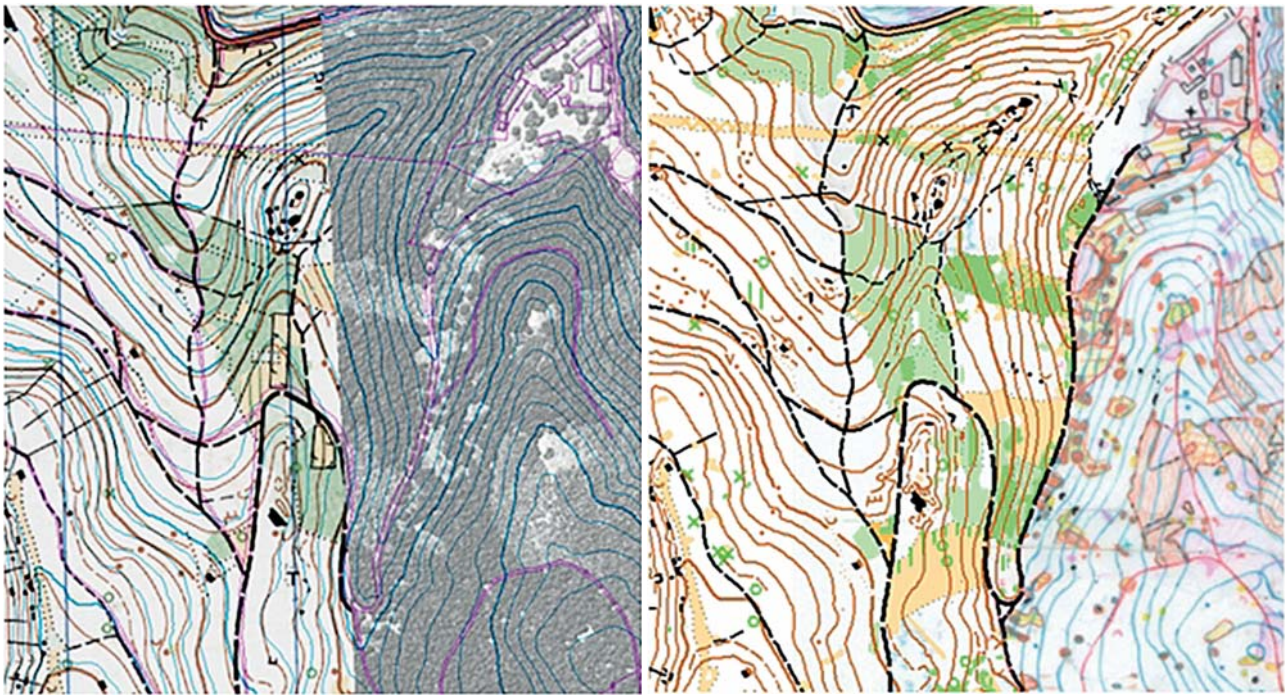
V současnosti při vysoké kvalitě dostupných podkladů první a druhá etapa odpadá a mapař řeší přímo plošné mapování. Navíc data LLS mapaři výrazně usnadní složitý a časově náročný proces vytvoření vrstevnicového obrazu terénu. Pokud mapaři pracují ve skupině, musí si dohodnutým způsobem předat společnou hranici tak, aby výsledkem byla bezešvá mapa. Přípravu podkladů a koordinaci činností ve skupině zajišťuje hlavní kartograf.

S rozvojem digitalizace se revoluční změnou v přístupu stalo digitální mapování, při němž mapař destičku s analogovými podklady nahrazuje mobilním zařízením s digitálními podklady a sadu barevných tužek nahrazuje stylusem, jímž ovládá přístroj přes dotykovou obrazovku. Při mapování zakresluje provedené měření přímo do datového souboru v digitálním zařízení, kterým může být notebook, tablet, mobil či PDA. Zásadním okamžikem pro digitální techniku mapování bylo zrušení selektivní dostupnosti (Selective Availability – SA) signálu z družic systému GPS[4] armády USA v květnu 2000. Řádové zpřesnění družicového signálu zatraktivnilo největší přednost digitálního mapování, totiž průběžné zobrazení reálné polohy mapaře na vytvářené mapě získané z GNSS[5] signálu. Nutnou podmínkou je korektní georeference mapového souboru do použitého souřadnicového referenčního systému. Dalšími výhodami je možnost v terénu kombinovat a přepínat podklady, kreslit mapovými značkami dle mapového klíče a průběžně editovat kresbu. Společně s kvalitními podklady tento přístup umožňuje výrazně vyšší přesnost práce. Zároveň nevyžaduje propojení všech měřených míst

3) Mapař má vycvičený krok s pevnou délkou, který je schopen udržet v různém typu terénu. Počítá počet kroků nebo dvojkroků a do mapy vynáší vzdálenost připraveným grafickým měřítkem na hraně buzoly. Zkušený mapař dokáže měřit vzdálenosti s chybou obvykle nepřesahující 3 % délky měřeného úseku.

4) Global Positioning System.

5) Global Navigation Satellite System.



Obr. 7 Vlevo dvě varianty podkladu: a) stará mapa OB plus modře vrstevnice z LLS plus fialově kresba katastrální mapy, b) stínovaný model povrchu z LLS plus vrstevnice z LLS plus fialově kresba katastrální mapy; vpravo a) výsledná kresba mapy, b) autorský originál; autor Aleš Hejna

azimutovými tahy. Pro mapování se využívá mobilní zařízení v odolné úpravě s aktivním stylusem a obvykle externím GNSS přijímačem, který je připojen přes Bluetooth (**obr. 8**). Polohová chyba signálu GNSS v přijímači turistické kategorie činí v zalesněném prostoru obvykle 3-10 metrů dle konfigurace satelitů a charakteru terénu. Slabým místem digitálního mapování je závislost na technice, kritická je zejména výdrž baterií. Podrobně se popisu a možnostem užití GNSS pro tvorbu map pro OB věnuje Boström [16]. První mapy zpracované plně digitálním způsobem byly v ČR vydány v roce 2008.

V současnosti zůstává u klasické metody mapování tužkami jen asi třetina pravidelných mapařů [6]. Pracnost mapování v mapovém klíči ISOM činí v běžných českých terénech 40-100 hodin na čtvereční kilometr. V případě značně členitých terénů pískovcových skal to může být až trojnásobek.

2.5 Kreslení a tisk

Při klasickém analogovém mapování bylo nutno autorský originál nakreslený tužkami v terénu překreslit do kartografického originálu. Kreslič, nejčastěji sám mapař, rozkreslil obsah autorského originálu trubičkovými pery černou tuší na astralonové fólie, vždy objekty jedné tiskové barvy či rastrové výplně na samostatnou fólii. Mapové značky pro bodové objekty se kreslily ručně nebo pomocí speciálních šablon či nalepovacích obtisků. Jednotlivé fólie obsahovaly vlícovací křížky, aby bylo při tisku dosaženo přesného soutisku jednotlivých barev. Tento model práce vydržel až do nástupu digitálního kreslení na začátku devadesátých let 20. století.

Dominantní pozici nástroje pro zpracování map pro OB si velmi záhy získal SW OCAD autora Hanse Steineggera ze Švýcarska [6]. V ČR byly první mapy pro OB nakresleny digitálně v roce 1992. Zpočátku se kresba neobkreslovala myší na obrazovce, ale z autorského originálu na zařízení tehdy zvaném tablet přímo do grafického souboru. Od roku 1994 bylo v OCAD možné překreslovat naskenovaný autorský originál již přímo na monitoru stolního počítače. Součástí OCAD byly vždy šablony pro jednotlivé mapové klíče s přesně definovanou symbolikou jednotlivých mapových značek.

OCAD sloužil nejen k překreslení autorského originálu, ale rovněž k přípravě a tisku podkladů a na závěr i ke grafické úpravě mapy (layout). Nedílnou součástí vybavení mapaře pracujícího klasicky tužkami na desce se tak stala tiskárna a skener.

S nástupem digitálního mapování začal OCAD a další podobné SW nástroje poskytovat rovněž funkcionalitu pro práci v terénu na mobilním zařízení s podporou signálu GNSS. V případě digitálního mapování vzniká digitální kresba už při mapování v terénu, byť ve zjednodušené podobě, aby mapař ušetřil drahocenný čas ve prospěch dalších měření. K doladění kresby dochází zpravidla až na stolním počítači na velkém displeji. Odpadá skenování autorského originálu a adjustace skenu pod kresbu, stačí přenést mapový soubor mezi mobilním zařízením a stolním počítačem. Vedle SW OCAD získává v posledních letech své příznivce svobodný (Open Source) SW OpenOrienteering Mapper, který poskytuje stolní řešení napříč platformami a mobilní verzi pro OS Android (**obr. 8**).

Posledním krokem tvorby mapy pro OB, nikoli však méně důležitým než ty předešlé, je tisk mapy. Od počátků až do nástupu domácích inkoustových a laserových tiskáren byly mapy tištěny profesionály v polygrafických podnicích na ofsetových tiskových strojích. Kresba tuší na fóliích se fotograficky zmenšila do výsledného měřítka mapy, byly doplněny rastrové výplně a vysázeny požadované texty (tiráž, legenda) a výsledné filmy v počtu dle počtu tiskových barev se staly předlohou pro tiskový stroj.

Obr. 8 Digitální mapování v prostředí mobilní verze SW OpenOrienteering Mapper [2]

Na tisk map pro OB se u nás v průběhu vývoje zaměřila řada jednotlivců a firem spojených s OB. Špičkovou kvalitou si vydobyla výborné jméno tiskárna Cartprint v garáži Jano Ďurína v Nitře. Po rozdělení Československa na ni navázala tiskárna Žaket, která díky svému renomé dodnes tiskne mapy pro největší a nejvýznamnější světové závody.

Až do poloviny devadesátých let 20. století se výhradně používal tisk přímými (přesně namíchanými) barvami, definovanými vzorníkem Pantone. Tento tisk byl ostrý, ale cenově nákladnější a pracnější, neboť bylo nezbytné požadované odstíny objednat a po skončení tisku jednotlivé barvy celý stroj důkladně umýt. V polovině devadesátých let 20. století se začalo využívat tisku technologií CMYK, která využívá tisk standardními barvami, tedy bez míchání barev a umývání. Jeho výhodou byla možnost použít v grafickém řešení mapy jakýkoli barevný odstín bez omezení. Tisk technologií CMYK byl méně ostrý, což se projevovalo negativně u hnědých prvků výškopisu, ale byl méně pracný a vycházel levněji. Praktickým kompromisem se stalo řešení CMYKB, kdy kresba mapy bez výškopisu byla tištěna technologií CMYK a výškopis byl dotištěn přímo míchanou hnědou barvou. Nevýhodou ofsetového tisku byla časová náročnost celého procesu a z důvodu ekonomie tisku zbytečně vysoký náklad, kdy často značná část map zůstávala ve skladech nevyužita.

S rozvojem a dostupností domácích a kancelářských tiskáren se začala pro tisk map pro OB využívat i tato zařízení. Výhodou je operativnost, přiměřená cena a tisk jen potřebného množství výtisků. Pro tréninkové účely to bylo postačující, ale pro závodní účely se tento způsob ukázal jako kvalitativně nedostatečný. V posledním desetiletí se však dramaticky zlepšily technické parametry profesionálních digitálních tiskových strojů, které umožnily se kvalitou k nerozeznání přiblížit ofsetovému tisku CMYK technologií. Proto MR udržuje seznam autorizovaných tiskařů, kteří jsou při tisku na těchto špičkových digitálních tiskových strojích zárukou standardní kvality tisku map pro závodní účely. I díky tomu patří Česko v tisku map pro OB neofsetovými technologiemi mezi špičku ve světě.

3. Evidence a archivace map

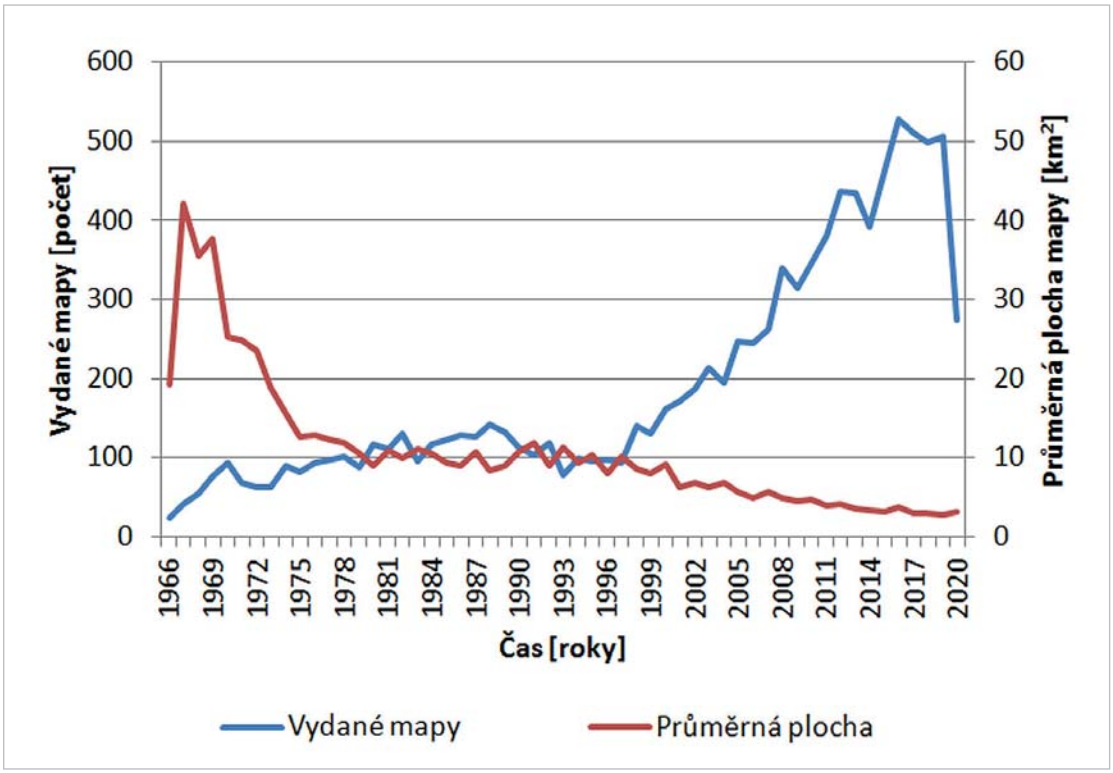
Od šedesátých let 20. století do současnosti bylo na území ČR vydáno již více než 10 000 map pro jednotlivá odvětví a disciplíny orientačních sportů. V letech 1977-1992 MK vydávala sborníky map v počtu 70 kusů, které zachycovaly přehled map vydaných v konkrétním roce. Sbírání a dokumentaci vydaných map v počítačové databázi se v polovině devadesátých let 20. století věnoval příznivec OB Jaroslav Kuchař [6], který kromě přehledů zpřístupnil na internetu i náhledy map. Jeho soukromá sbírka se stala vzorem pro Archiv map ČSOS (Archiv), který byl založen MR v roce 1997. Shromažďuje a eviduje tři výtisky od každé mapy pro orientační sporty, která byla vydána na území ČR. První výtisky zůstávají v Archivu, druhé výtisky jsou ukládány do sbírky OB v Muzeu jihovýchodní Moravy ve Zlíně, třetí výtisky jsou pak zahrnuty do sbírky v Národním archivu České republiky v Praze na Chodově, kde jsou k dispozici odborné veřejnosti ke studijním účelům. Správcem Archivu je od jeho založení Zdeněk Lenhart, bývalý pracovník Moravského zemského muzea v Brně.

Archiv zpočátku poskytoval OB veřejnosti jednoduchou databázi šířenou na disketách, později byla databáze zveřejněna na internetu s možností vyhledávání nad mapou ČR. Od roku 2007 jsou všechny vydané mapy naskenovány a jejich náhledy ve snížené kvalitě publikovány ve webové aplikaci ve vazbě na jejich obrysy a popisná metadata. Od roku 2015 je Archiv zpřístupněn veřejnosti prostřednictvím Mapového portálu ČSOS[6]. Každá mapa je reprezentována rastrovým náhledem, obrysem v podrobné mapě ČR a popisnými metadaty.

S Archivem je integrován systém Centrální evidence map ČSOS, který slouží interní evidenci a jeho cílem je evidovat a archivovat údaje o mapách centralizovaně a zároveň bezpečně v jediném systému v průběhu celého procesu od ohlášení plánované mapy až po archivaci fyzických výtisků. Smyslem systému je efektivní hospodaření s prostory vhodnými pro OB, prevence duplicitního mapování, rezervace zajímavých prostorů pro nejvýznamnější závody. Systém byl představen příspěvkem [17] a posterem na 21. kartografické konferenci v Lednici.

Z evidovaných údajů plyne, že v posledních deseti letech je ročně vydáno 300 až 500 map pro orientační sporty a tento počet neustále stoupá. Výjimkou byl rok 2020, kdy je vidět výrazný propad v souvislosti se zrušením značného množství závodů vzhledem k epidemiologickým opatřením v souvislosti s pandemií COVID-19. Naopak v čase klesá průměrná plocha zmapovaného prostoru. Kromě zvětšování měřítka v sedmdesátých letech 20. století to souvisí zejména se dvěma faktory, které se začaly uplatňovat po roce 2000. Prvním je užití čipů k digitálnímu označování průchodu kontrolami, což umožňuje jednoznačně prokázat, že závodník dodržel správné pořadí kontrolních bodů, a tak s využitím křížení tratě připravit závod na rozsahem menší mapě než v minulosti. Druhým je rozvoj disciplíny sprint, kdy mapa v měřítku 1 : 4 000 zobrazuje obvykle podstatně menší prostor než mapa pro lesní disciplíny (**obr. 9**). V registru je evidováno přes 10 000 map a přes 2 500 osob, které se na jejich vzniku podílely. Mapami pro orientační sporty je pokryto téměř 10 % rozlohy ČR, při započtení opakovaných aktualizovaných vydání odpovídá součet jejich ploch více než 90 % rozlohy ČR.

6) Https://mapy.orientacnisporty.cz/.



Obr. 9 Statistika počtu vydaných map a jejich průměrné rozlohy v období 1966-2020

4. Závěr

Mapy pro orientační sporty jsou vytvářeny převážně v amatérských podmínkách již šest desetiletí. Jedná se o unikátní soubor map dokumentující historii a vývoj nejen orientačního běhu, ale zejména zpracování speciálních map pro OB jako základní pomůcky pro orientaci a navigaci v neznámém terénu. Srovnáním map stejného prostoru vytvořených v různých časových obdobích je možné zaznamenat jednak vývoj společenských podmínek, pracovních postupů, technického vybavení a vyjadřovacích prostředků při tvorbě map, ale rovněž lze sledovat dynamické změny v krajině, kdy dochází zejména v hospodářsky využívaných lesních celcích k výrazné vegetační obměně. Díky Archivu zůstane tento unikátní soubor map zachován jako dědictví i pro budoucí generace.

LITERATURA:

[1] UHER, P.: Mapy pro orientační běh. Geodetický a kartografický obzor, 1985, 31/73, č. 5, s. 130-131.
[2] LANGR, J.-NETUKA, J.: Skála 1 : 10 000. OK Slavia Hradec Králové, z. s., 2019.
[3] LANGR, J.: Jaroměř 1 : 4 000. OK Slavia Hradec Králové, z. s., 2011.
[4] LENHART, Z. a kol.: Tvorba map pro orientační běh. Praha, Český svaz orientačního běhu, 2000, 144 s. [online]. Dostupné na: http://tvorba-map.shocart.cz/.
[5] ZENTAI, L.: Discovery of forested areas in topographic maps: development of orienteering maps. Symposium on "Discovery, Exploration, Cartography", Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary, 2012.
[6] ŽEMLÍK, J.-LENHART, Z.-KARVÁNEK, P.: 70 let ORIENŤÁKU. Praha, Český svaz orientačních sportů, 2020, 568 s.
[7] ZENTAI, L.: Legibility of Orienteering Maps: Evolution and Influences. The Cartographic Journal, 48, 2011, No. 2, pp. 108-115. [online]. Dostupné na: https://doi.org/10.1179/1743277411Y.0000000008.
[8] MAPOVÁ RADA ČSOS: ISOM 2017-2 Mezinárodní specifikace Mapy pro orientační běh. 2019. [online]. Dostupné na: http://www.orientacnisporty.cz/upload/dokumenty/csos/isom2017-2cz.pdf.
[9] KRTIČKA, L.: Nová mezinárodní norma map pro orientační běh ISOM2017. Příspěvek 22. kartografické konference, Liberec, 2017.
[10] KRÁL, V.: Jednotný mapový klíč pro orientační běh. Diplomová práce, Masarykova univerzita, Brno, 2014, 87 s.
[11] SEMRÁD, L.: Poruchy barvocitu a mapy pro orientační běh. Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Brno, 2019, 55 s.
[12] SEMRÁD, L.-STACHOŇ, Z.-KRTIČKA, L.: Poruchy barvocitu a mapy pro orientační běh. Geodetický a kartografický obzor, 2020, 66/108, č. 8, s. 161-167.
[13] ZENTAI, L.: New technologies in making orienteering maps. Abstracts of Papers, XXIII International Cartographic Conference, Roskartografia, Moskva, pp. 343-344.
[14] GARTNER, G.-DITZ, R..: Laserscanning data as basis for deriving orienteering maps – a survey of the potential and further research. In: Proceedings of the 24th International Cartographic Conference, Santiago de Chile, 2009.
[15] TRIER, Ø.: Automatic mapping of forest density from airborne lidar data. GEODESY AND CARTOGRAPHY, 41, 2015, No. 2, pp. 49-65.
[16] BOSTRÖM, M.: The Utilization of GPS In Orienteering Mapping In Urban Helsinki and Rural Kenya. Master's Thesis, University of Helsinki, 2011, 65 p.
[17] KRTIČKA, L. aj.: Nový systém centrální evidence a archivace map pro orientační sporty. Příspěvek 21. kartografické konference, Lednice, 2015.

Do redakce došlo: 26. 10. 2020

Lektoroval:
Zdeněk Lenhart,
Brno

Z MEZINÁRODNÍCH STYKŮ

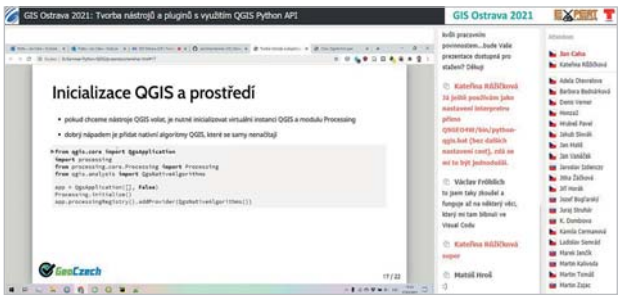
Sympozium GIS Ostrava 2021

V polovině března letošního roku se již tradičně sešla komunita odborníků působících v oblasti geoinformatiky na sympoziu GIS Ostrava. S ohledem na panující pandemické restrikce však bohužel pouze ve virtuálním prostředí videokonference. Z pohledu základního konceptu se organizátoři z Katedry geoinformatiky VŠB-TUO drželi zavedené podoby a událost tvořily dvě samostatné konference. První z nich nesoucí název *Prostorové služby pro Smart City a Smart Region* směřovala zejména na česko-slovenské publikum. Cílem druhé konference *Advances in Localization and Navigation* bylo věnovat se na mezinárodní úrovni současným vědecko-výzkumným tématům souvisejícím s lokalizací a navigací v prostoru. Z celkového počtu třiceti devíti prezentovaných příspěvků jich dvacet pět připadalo na první uvedenou konferenci a čtrnáct na druhou.

V dopoledních hodinách prvního dne (17. 3.) se uskutečnily dva semináře v českém jazyce. První z nich byl pod vedením Jana *Cahy* z Mendelovy univerzity v Brně věnován tvorbě nástrojů a pluginů s využitím QGIS Python API (**obr. 1**). V rámci druhého semináře připraveného Jiřím *Horákem* a Lucií *Orlíkovou* z katedry geoinformatiky VŠB-TUO se účastníci seznámili s programem GeoDa sloužícím pro explorativní analýzu dat. Po zahájení sympozia byl přednesen příspěvek klíčového řečníka Guenthera *Retschera* z Technical University of Vienna věnovaný ryze aktuálnímu tématu, tedy zhodnocení vhodnosti využití technologie Bluetooth v aplikacích pro trasování kontaktů během pandemie nemoci COVID-19. Následně proběhla sekce věnovaná konceptu Smart City a inteligentním dopravním systémům. Zaznělo na ni šest příspěvků se zaměřením na specifické problémy ověřování podmínek bezbariérovosti a navigace v městském prostředí, dopravní a hlukové modelování ve městě a přenosu mezinárodních standardů pro železniční dráhy do českého prostředí.

V průběhu druhého dne (18. 3.) vedle sebe po celou dobu běžely sekce s česko-slovenskými a anglickými příspěvky. Dopolední česká sekce byla věnována Digitální technické mapě (DTM) a informačnímu modelování staveb (BIM), kde zazněly aktuální příspěvky pro budování národní infrastruktury pro prostorové informace (NIPI) ve vazbě na digitální stavební řízení a BIM, příklady budování DTM ve městech a jejich využití. Mimo jiné Jiří *Čtyroký* vysvětlil problém identifikace stavby a nutnost propojení různých systémů veřejné správy ve vazbě na jednotnou identifikaci, jednotnou klasifikaci a jednotný popis staveb (**obr. 2**). V paralelní anglické sekci se autoři věnovali tématům z oblasti družicové navigace. Za zmínku v tomto ohledu jistě stojí prezentace Jana *Douši* z Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického, v. v. i. představující výsledky kontinuálního nezávislého monitoringu signálů a služeb dokončovaného evropského systému Galileo v rámci projektu GRC-MS, které jednoznačně hovoří o jejich vysoké kvalitě (**obr. 3**). Následovaly dvě české sekce, z nichž první se zaměřovala na Geoinformační infastruktury a druhá na Dálkový průzkum Země (DPZ) a UAV (bezpilotní letadlo). V první zmíněné sekci se dva příspěvky věnovaly aktuálnímu stavu GeoInfoStrategie a budování Informačního systému pro veřejné služby a služby veřejné správy dle požadavku INSPIRE, další dva příspěvky představily novinky v resortu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního při rozšiřování evidence účelových územních prvků (např. BPEJ, DP, CHLÚ, ZZZK, volební obvody, památková ochrana) v Registru územní identifikace, adres a nemovitostí (**obr. 4**) a transformace dat státního mapového díla pro veřejné užití s důrazem na střední měřítko a procesy jeho přípravy. V sekci DPZ a UAV (**obr. 5**) byly prezentovány příspěvky k využití dat družic Sentinel-2 k výpočtu vhodných ekosystémových indexů a Sentinel-1 k automatizované detekci povodní či k pohybům terénu s možnostmi jejich aplikačního využití. Následující česká sekce se věnovala prostorovému modelování a simulacím se zahrnutím např. modelování dopravní dostupnosti, či modelování svozu komunálního odpadu, anglická sekce pak mapování a službám založeným na lokalizaci. Paralelně s nimi probíhal také workshop, jehož účastníci získali přehled o možnostech využívání cloudu pro práci s agregovanými lokalizačními daty mobilních operátorů. Čtvrteční program uzavřela klíčová přednáška Stephana *Weisse* z Alpen-Adria-University Klagenfurt představující současný stav na poli lokalizace robotů při využití více senzorového přístupu.

Třetí a zároveň poslední den sympozia (19. 3.) bylo prezentováno šest anglických příspěvků včetně výsledků práce Adriana *Kaczmareka* z Wroclaw University of Environmental and Life Sciences představující realizovaný vývoj nízkonákladového navigačního systému postaveného nad kombinací přijímače GNSS a inerciálních senzorů. Zároveň proběhla studentská soutěžní konference GISáček, kde studenti samostatně v bakalářské a navazující magisterské sekci soutěžili o titul nejlepší závěrečné práce geoinformatického zaměření.



Obr. 1 Seminář vedený Janem Cahou z Mendelovy univerzity

Obr. 3 Téma z oblasti družicové navigace Jana Douši

Obr. 2 Jiří Čtyroký při prezentaci

Obr. 4 Novinky v resortu ČÚZK představil Petr Souček

Vyjma již uvedeného byly v průběhu konání sympozia realizovány taktéž tři anglické workshopy s volným vstupem. Každý z nich směřoval na jiné téma související s lokalizací a navigací, což účastníkům poskytlo ucelený přehled současného stavu a vývoje v této oblasti. Paolo *Dabove* z Politecnico di Torino se zaměřil na využívání nízkonákladových přijímačů GNSS (zejména těch v mobilních telefonech) pro mapování a navigaci pěších uživatelů (**obr. 6**). Prezentované výsledky dokládaly, že i s těmito zařízeními je možné dosahovat centimetrové až decimetrové úrovně přesnosti určování polohy. Již zmíněný Guenther *Retscher* souhrnně představil principy a současný vývoj v lokalizaci pomocí technologie Wi-Fi a Stephan *Weiss* se ve svém obdobně strukturovaném workshopu věnoval problematice vizuální a inerciální navigace a jejich kombinaci.

Obr. 5 Martin Mokroš a využití UAV

Obr. 6 Paolo Dabove se zaměřil na využívání nízkonákladových přijímačů GNSS

Ačkoliv se přes důkladnou přípravu a zkušenosti s realizováním sympozia v online prostředí z loňského roku vyskytlo několik technických problémů, všechny příspěvky byly zdárně prezentovány a celkově je možno sympozium prohlásit za úspěšně proběhlé. Organizátoři si dovolují i touto cestou poděkovat všem prezentujícím a účastníkům a těší se na příští ročník. Takový, který proběhne prezenčně, s možností osobního kontaktu, živé diskuse, se společenským večerem. Tedy v podobě, která sympoziu GIS Ostrava a všem konferencím sluší daleko více.

Webové stránky sympozia jsou k dispozici na https://gis.vsb.cz/gisostrava/.

Doc. Ing. Michal Kačmařík, Ph.D.,
doc. Dr. Ing. Jiří Horák,
Hornicko-geologická fakulta VŠB-TU Ostrava

SPOLEČENSKO-ODBORNÁ ČINNOST

Výstava Obory a bažantnice – opomíjená hodnota kulturního dědictví

Výstavu připravil Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i. (VÚGTK) ve spolupráci s Národním památkovým ústavem (NPÚ) a s jeho územně odborným pracovištěm v Českých Budějovicích. Konala se od 2. 9. do 29. 10. 2020 v Galerii NPÚ (**obr. 1**) a byla zahájena vernisáží (**obr. 2**). O přípravě a obsahu výstavy hovořil místopředseda redakční rady Geodetického a kartografického obzoru Ing. Karel *Raděj*, CSc. s ředitelem VÚGTK Ing. Jiřím *Drozdou*.

Pane řediteli o čem výstava byla?

Výstava prezentovala projekt **Obory a bažantnice – opomíjená hodnota kulturního dědictví**, financovaný z programu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity ministerstva kultury České republiky. Projekt svým zaměřením odpovídá aplikovanému výzkumu v oboru umění, architektura, kulturní dědictví a naplňuje tematické priority nemovitého kulturního dědictví a území s kulturně historickými hodnotami.

Cílem projektu bylo především identifikovat, dokumentovat, evidovat a prezentovat zaniklé, přeměněné a funkční obory a bažantnice jako opomíjenou hodnotu kulturního dědictví, přičemž se vycházelo z předpokladu, že krajina

Obr. 1 Výstavní prostor Galerie NPÚ

České republiky má z pohledu četnosti a historie obor a bažantnic nezpochybnitelný význam v evropském i celosvětovém měřítku.

Jak lze popsat obory a bažantnice?

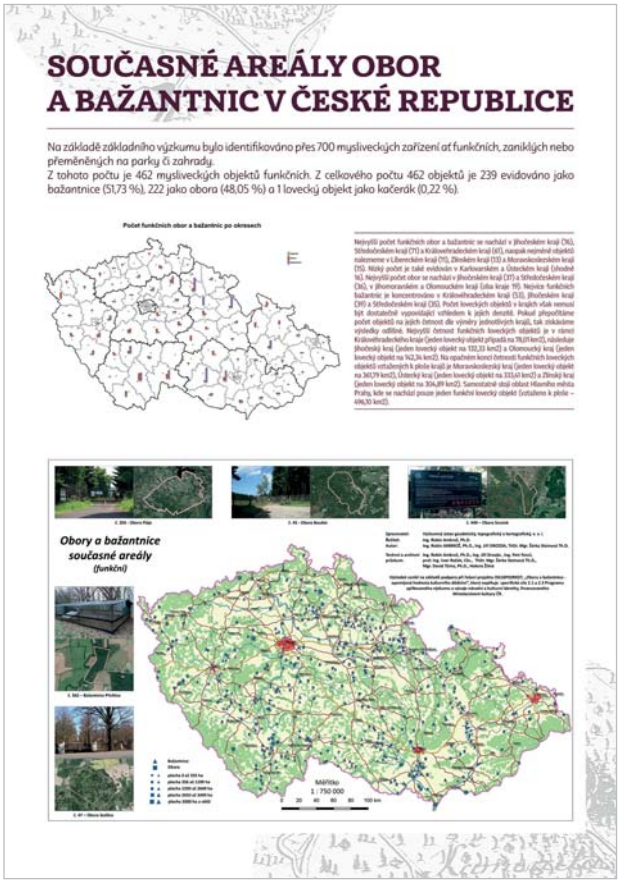
Obory a bažantnice, které jsou dnes obecně chápány jako zalesněný ohrazený prostor sloužící k chovu a lovu zvěře, zůstávají nadále stranou badatelského zájmu. Obory a obornictví však mají v našich zemích dlouhou a bohatou tradici. Dostupná odborná literatura uvádí první zmínky o zřizování obor na našem území již ve 2. polovině 13. století. Velký rozmach zaznamenalo obornictví mezi 15. a 17. stoletím a udrželo se až do současnosti. Měnil se i význam obor. V počátcích svého vzniku sloužily především jako zásobárny zvěřiny, později sloužily k loveckým kratochvílím a prezentovali postavení jejich majitelů. Na našem území se dochovala celá řada historických loveckých objektů s bohatou historií. Studiem těchto obor a bažantnic získáváme cenné informace o vývoji chovu a lovu zvěře a lovecké kultury.

Co mohli návštěvníci na výstavě vidět?

Na výstavě byl na 18 panelech prezentován vývoj obor a bažantnic ve světě a na našem území (**obr. 3**). Prezentovány byly i informace o loveckých kompozičních principech obor vyvolaných způsobem lovu, o významných loveckých stavbách a ostatních loveckých zařízeních. Součástí byly i panely z podrobného mapování loveckých objektů, ať již zaniklých či těch současných, dle vybraných sledovaných parametrů (lesní porosty, stavby, druhu chované zvěře atd.) Na závěrečných osmi panelech mohli návštěvníci vidět podrobněji zpracované vybrané významné lovecké objekty – Stará obora, Lánská obora, Jemčina, bažantnice Mikulov, Klokočka a Valdštejnsko, Roštejnská obora, Sedlická obora a Žehuňská obora. Každý z těchto loveckých objektů je něčím specifický a zaslouží si tak zvláštní pozornost. Výstavu doplnily i předměty vztahující se k obornictví a bažantnictví. Jednalo se o staré mapy, historické průzkumy lesa, loveckou uniformu (**obr. 4**), nebo předměty spojené s historií Lánské obory.

Jak dlouho trvala příprava výstavy?

Příprava výstavy trvala několik měsíců. Práce bylo možné zahájit až po vyhodnocení výsledků výzkumu mapování historických loveckých objektů tak, aby prezentované závěry poskytovaly co nejpřesnější informace. Paralelně s vyhodnocováním byly zpracovávány vybrané obory a bažantnice. Výsledkem kolektivní práce autorů je katalog k výstavě, který byl k dispozici všem návštěvníkům výstavy, a jsou v něm obsaženy podrobnější výstupy několikaletého výzkumu. Výstavní předměty pocházely převážně z osobních sbírek autorů. Velké poděko-



Obr. 3 Ukázka jednoho z výstavních panelů

Obr. 2 Vernisáž výstavy, zprava ředitel NPÚ Daniel Šnejd a ředitel VÚGTK Jiří Drozda

Obr. 4 Ukázka předmětů doplňujících výstavu (lovecká uniforma, publikace aj.)

vání za přípravu výstavy patří i mým spolupracovníkům z našeho ústavu, z nichž si dovolím jmenovat zejména odpovědného řešitele projektu Robina *Ambrože* a také Šárku *Steinovou*.

Jaké informace si návštěvník výstavy odnesl?

V první řadě se mohl seznámit s historií a vývojem loveckých objektů a jejich významem. Lov je v dnešní době vnímán často negativně, ale je i součástí naší kultury několik desítek tisíc let. Vzpomeňme například nástěnné malby pravěkých lovců. Lov v oborách a bažantnicích byl nezřídka využíván jako nástroj k prosazení zájmů vlastníka loveckého objektu, k demonstraci moci a ukázky prosperity jednotlivých panství, neboť barokní lovy byly mimořádně finančně nákladnými akcemi. Dále se návštěvník seznámil se stavem těchto objektů v současnosti, kdy obory slouží převážně k chovu kvalitních populací zvěře. Úspěch dnešních majitelů obor není posuzován podle počtu ulovených kusů, ale na základě chovatelských výsledků, které lze snadno vyhodnotit dle mezinárodně platných hodnotících metod určených k hodnocení trofejí. Dnešní obornictví se tak z velké části posunulo od metod pokus – omyl k vědě, a to nejen na poli genetiky v oblasti hledání vhodných populací a jejich křížení, ale například i ve výživě zvěře. Bude zajímavé sledovat, jak se tyto moderní postupy využívané v obornictví a bažantnictví budou vyvíjet v dalších letech a desetiletích.

Z Vašich odpovědí je zřejmé, že výstava má putovní charakter. Jaká bude její budoucnost?

Výstava bude instalována v průběhu roku 2021 v prostorách Metodického centra zahradní kultury v Kroměříži. O zapůjčení výstavy lze požádat na adrese jiri.drozda@vugtk.cz.

Děkuji za rozhovor.

Ing. Karel Raděj, CSc.,
Výzkumný ústav geodetický,
topografický a kartografický, v. v. i.,
foto: NPÚ České Budějovice

LITERÁRNA RUBRIKA

70 ROKOV GEODETICKÉHO A KARTOGRAFICKÉHO ÚSTAVU BRATISLAVA (1950 – 2020)

Ing. Branislav Droščák, PhD., 2020, vydal Geodetický a kartografický ústav Bratislava. 1. vydanie, 224 s. Náklad 400 ks. Nepredajné. ISBN 978-80-972452-1-4.

V zhone života si ani neuvedomujeme, do akej extrémnej miery ovplyvnila pandémia vírusového onemocnenia COVID 19 a s ňou spájané obmedzenia spoločenskej komunikácie náš život. Na uplynulý rok 2020 pripadlo sedemdesiate výročie založenia Geodetického a kartografického ústavu Bratislava (GKÚ), resp. inštitúcií, ktoré mu pod inými názvami predchádzali. Dnešný názov nesie tento ústav od roka 1991. V prvej polovici tohto sedemdesiatročného obdobia prechádzal ústav početnými organizačnými zmenami, s ktorými sa niesla aj zmena názvu inštitúcie, ale nástupníctvo po predchádzajúcej forme bolo vždy zachované prebratím záväzkov, hlavných úloh i zamestnancov predchádzajúcej organizácie. Vedenie GKÚ pôvodne predpokladalo v jubilejnom roku 2020 sériu slávnostných podujatí, na ktorých si chceli dôstojne pripomenúť spolu so súčasnými zamestnancami, bývalými zamestnancami i so žijúcimi dôchodcami – bývalými zamestnancami toto jubileum. Súčasťou tohto slávnostného aktu malo byť v závere roka 2020 aj slávnostné privítanie publikácie „70 rokov Geodetického a kartografického ústavu Bratislava (1950 – 2020)“ z pera Ing. Branislava *Droščáka*, PhD. Predstava vedenia GKÚ bola, že na tomto slávnostnom akte bude osobne odovzdaná táto faktografická spomienková publikácia aj bývalým zamestnancom, niektorým dnes už aj na dôchodku, ktorí prijmú pozvanie zúčastniť sa tohto aktu osobne. Žiaľ, pre zásadné obmedzenia mobility všetkých občanov v druhej polovici roka 2020 v dôsledku protipandemických opatrení zorganizovanie takéhoto podujatia nebolo možné a muselo byť nahradené expedovaním publikácie všetkým žijúcim bývalým zamestnancom GKÚ poštovou zásielkou.

S o to väčším záujmom vítame a predstavujeme predmetnú publikáciu *„70 rokov Geodetického a kartografického ústavu Bratislava (1950 – 2020)“* na stránkach Geodetického a kartografického obzoru. Publikácia v rozsahu 224 strán sprevádza čitateľa chronologicky cez všetky organizačné zmeny predchodcov GKÚ na pozadí sortimentného zloženia vykonávaných odborných úloh a činností a ich zmien. Vhodne je táto problematika doplnená informáciami o organizačných štruktúrach vrátane organizačných schém, o personálnych údajoch hlavných riadiacich pozícií, o spôsobe hospodárenia, o medzinárodnej spolupráci a aspoň informatívne o prístrojovom vybavení a o použitých technológiách. Celá publikácia je príťažlivým spôsobom spestrená bohatým fotografickým sprievodným obsahom.

Publikácia bude určite bohatým zdrojom sústredených informácií z histórie geodézie a kartografie za obdobie ostatných 70 rokov, čo je o to cennejšie, lebo nás s plynutím času postupne opúšťajú naši starší kolegovia a teda čoraz väčší úsek z predmetnej časovej etapy zostáva bez živých pamätníkov a ich spomienok. Spoločne si môžeme vysloviť želanie, aby si predstavená publikácia našla cestu k veľkému počtu geodetov a kartografov a najmä ku všetkým priaznivcom GKÚ. Vďaka a uznanie patrí osobitne autorovi diela, Ing. Branislavovi *Droščákovi*, PhD., za jeho poňatie obsahového spracovania spojené s precíznosťou a širokým rozsahom využitia zdrojových dokumentov rezultujúce do výnimočného diela v slovenskom priestore geodézie, kartografie a katastra. Ja som presvedčený, že s kolegom *Droščákom* ako autorom sa priaznivci geodézie, kartografie a katastra nestretli v tomto diele naposledy.

Autorský počin B. *Droščáka* a zároveň vydavateľský počin GKÚ bude určite impulzom a výzvou pre ďalšie rezortné organizácie, t. j. Výskumný ústav geodézie a kartografie v Bratislave i katastrálne odbory v sídle krajov, na tvorbu analogických faktografických publikácií z ich sféry pôsobnosti. Je najvyšší čas, aby sa riadiaci pracovníci týchto organizácií a perspektívni autori začali touto „hodenou rukavicou“ zaoberať, lebo mnoho zaujímavých informácií sa nám každým rokom nenávratne stráca.

Publikáciu „70 rokov Geodetického a kartografického ústavu Bratislava (1950 – 2020)“ z pera Ing. Branislava Droščáka, PhD., vydal GKÚ v novembri 2020 v náklade 400 exemplárov pod ISBN 978-80-972452-1-4. Publikáciu lektorovali Ing. Katarína Leitmannová a doc. Ing. Imrich Horňanský, PhD.

Doc. Ing. Imrich Horňanský, PhD.,
Bratislava

Pro příští GaKO připravujeme:

BRAUNOVÁ, H.–SKOŘEPA, Z.: **Automatické cílení totálních stanic z pohledu analýzy oprav měření**

VEVERKA, B.: **Augustine Herrman – významný americký kartograf českého původu**

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

Redakce:

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

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

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

e-mail redakce: gako@egako.eu

Redakční rada:

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

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

Ing. Svatava Dokoupilová
Český úřad zeměměřický a katastrální

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

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

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

Vydavatelé:

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

Inzerce:

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

Sazba:

Petr Mach

Vychází dvanáctkrát ročně, zdarma.
Toto číslo vyšlo v květnu 2021, do sazby v dubnu 2021.

CC BY SA

ISSN 1805-7446

https://www.egako.eu
https://www.geobibline.cz/cs

Český úřad zeměměřický a katastrální

Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky

Geodetický a kartografický obzor (GaKO)
5/2021