

Renesance letecké fotogrammetrie v České republice

Doc. Ing. Jiří Šíma, CSc.,
Praha

Abstrakt

Letecká fotogrammetrie je od 30. let 20. století důležitou metodou sběru prostorových dat nejen pro tvorbu státních mapových děl, ale i dalších fotogrammetrických produktů. Uvedení digitálních kamer s vysokým rozlišením a rozsáhlé užití bezpilotních letadlových systémů na počátku 21. století vyvolalo její skutečnou renesanci, která je šířeji popisována v tomto příspěvku.

Renaissance of Aerial Photogrammetry in the Czech Republic

Abstract

Since the 1930s, aerial photogrammetry has been an important method of gathering spatial data not only for the creation of state map series, but also for other types of photogrammetric products. The introduction of high-resolution digital cameras and the extensive use of unmanned aircraft systems at the beginning of 21st century have given rise to its true renaissance, which is widely described in this paper.

Keywords: aerial photogrammetry, digital cameras, extreme large GSD, orthophoto, unmanned aircraft systems

1. Úvod

Příspěvek nejprve uvádí pohled do historie leteckého snímkování státního území, počínaje lety 1936-1938 zajišťovaného Vojenským zeměpisným ústavem a inspirovaného nepochybně ohrožením ze strany Německa, na které – po skončení 2. světové války navázala povinnost vytvoření vojenské topografické mapy 1 : 25 000 podle jednotných parametrů diktovaných Varšavskou smlouvou v 50. letech – tentokrát v ovzduší studené války. Záhy na ně navázala tvorba velmi hodnotné (i když rovněž utajované) topografické mapy v měřítku 1 : 10 000.

Od 70. let do konce 80. let se stala letecká fotogrammetrie hlavním zdrojem prostorových dat pro tvorbu základní mapy ČSSR 1 : 10 000 a technických map velkých měřítek (1 : 2 000 a 1 : 1 000), ale počátkem 90. let nastal výrazný útlum těchto činností a také privatizace technických prostředků pro pořizování a vyhodnocení leteckých měřických snímků. Hlavním produktem se na přelomu století stalo nejprve černobílé a záhy pak barevné ortofoto. Konec 1. dekády 21. století přinesl další zásadní změnu – letecké měřické snímky se od té doby pořizují výhradně digitálními kamerami a ortofota celého státního území vykazují stále větší rozlišení – od 50 cm, přes 25, 20 až po 12,5 cm na zemském povrchu. Fotogrammetrické mapování ve velkých měřítkách se přesto výrazněji nerozvinulo.

2. Letecké měřické snímkování ve 20. století

Počátky leteckého měřického snímkování většiny území českých zemí se datují do období let 1936-1938 (obr. 1), kdy Vojenský zeměpisný ústav pořídil snímky přednostně z území tehdejších Sudet a na celkové ploše 67 000 km², zejména za účelem budování obranných opevnění a pásma pro zajištění obrany Československé republiky proti Německu a Rakousku, a to měřickou kamerou Zeiss C3

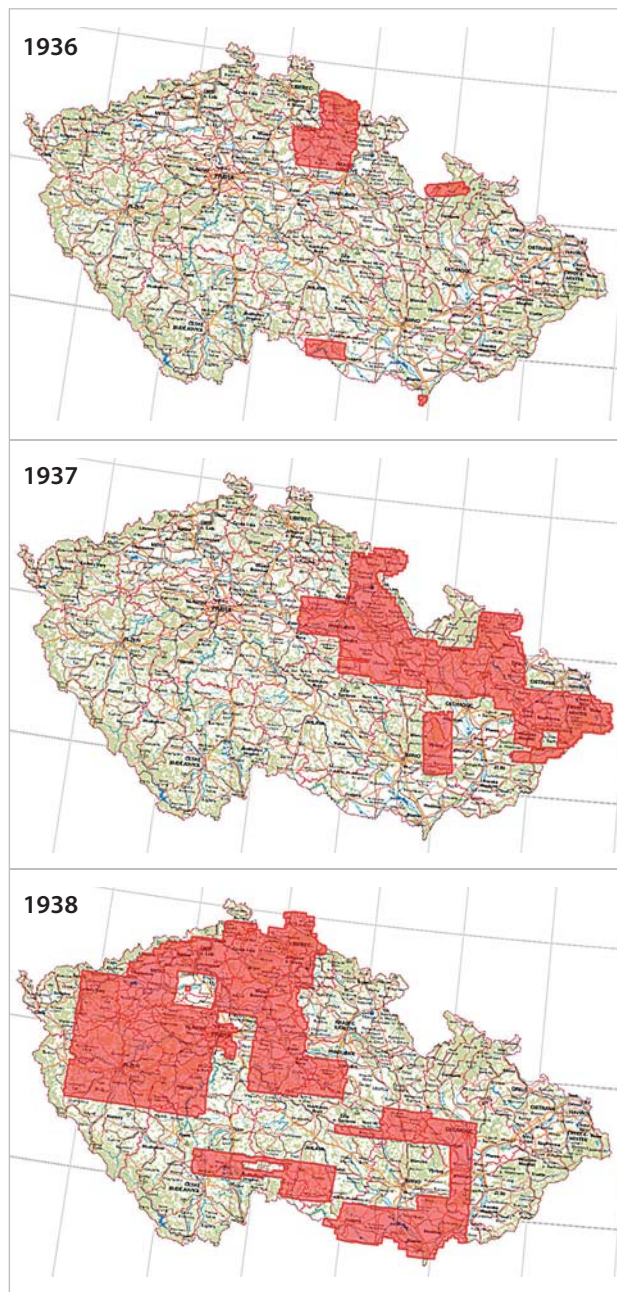
a C5 s konstantou 210 mm o formátu 18 x 18 cm na černobílý ortochromatický a poté i panchromatický film na nitrocelulóze. Snímky byly pořizovány z výšky 4 200 až 5 000 m v měřítku 1 : 20 000 – 1 : 24 000 a fotogrammetricky vyhodnoceny na stereoplanigrafu Zeiss C5.

Po zhruba 15leté pauze, vynucené 2. světovou válkou, bylo celé území opět již Československé republiky snímkováno pro účely vyhotovení nové vojenské topografické mapy v měřítku 1 : 25 000 ve všech členských státech Varšavské smlouvy. Během příštích 45 let pořizovala letecké měřické snímky výhradně fotoletecká skupina Ministerstva národní obrany (MNO).

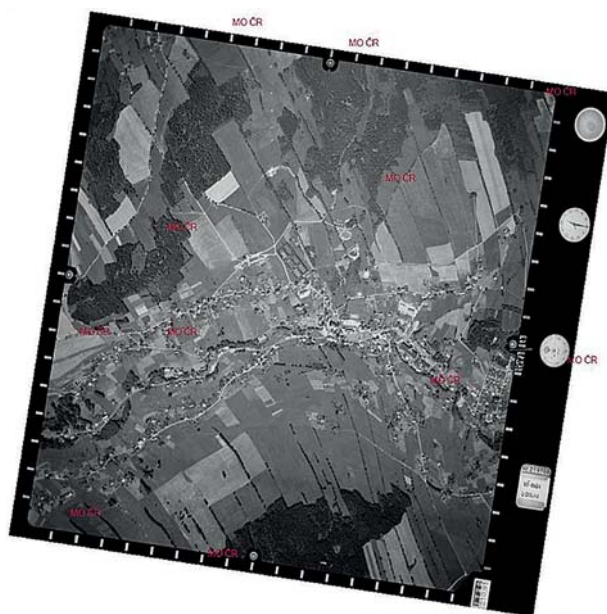
Od roku 1956 byla používána zejména letecká měřická kamera Wild RC5a (obr. 2) s konstantou 210 mm o formátu 18 x 18 cm. V roce 1957 byla fotoletecká skupina MNO vybavena letouny Lisunov LI-2, což byla sovětská kopie amerického letounu Dakota DC-3. Navigátor určoval dráhu letu z vypouklého postranního okénka na boku pilotní kabiny.

Na snímkování pro účely topografického mapování v měřítku 1 : 25 000 plynule navázalo snímkování pro topografickou mapu v měřítku 1 : 10 000 určenou již i pro civilní účely. Byly používány letecké měřické kamery Zeiss MRB 21/1818 (obr. 3) ke snímkování v měřítku 1 : 13 000 a od roku 1961 pak i v měřítku 1 : 8 500 pro stereofotogrammetrické vyhodnocení Technickohospodářské mapy v měřítku 1 : 2 000 s převážně grafickým výstupem a následně i pro číselné stereofotogrammetrické vyhodnocení k vyhotovení Technickohospodářské mapy urbanizovaných území v měřítku 1 : 1 000, kdy se pořizovaly snímky v měřítku 1 : 4 700.

Od poloviny 60. let začala být letecká stereofotogrammetrie intenzivně využívána také pro vyhotovení Jednotné železniční mapy širé trati v měřítku 1 : 1 000 a Jednotné mapy železničních stanic v měřítku 1 : 500, přičemž dráhy letu sledovaly podélnou osu trati a snímky byly pořizovány v měřítku 1 : 4 000. Od roku 1967 byla fotoletecká skupina vybavena fotogrammetrickou verzí letounů Iljušin-14,



Obr. 1 Letecké měřické snímkování v letech 1936-1938

Obr. 2 Wild Rc5a ($f=210$ mm) pro THM 1 : 1 000

Obr. 3 Zeiss MRB 21/1818 pro THM 1 : 2 000

kteří byli v českých závodech Avia vybaveny prosklenou nástavbou pro navigátora a označeny jako Av-14FG (obr. 4).

V 70. letech začaly být používány ve stále větším rozsahu kamery o formátu 23 x 23 cm s konstantou 152 mm a již nesrážlivý polyesterový film českého výrobce FOMA. Od roku 1985 byla postupně zaváděna nová generace fotogrammetrických letounů L-410 FG (obr. 5), vyráběných v závodě Let Kunovice a úspěšně i exportovaných do zahraničí.

V 90. letech, také v důsledku politických a společenských změn, přestal platit monopol vojenských orgánů na vyhotovování leteckých měřických snímků a touto činností se začaly postupně zabývat i specializované soukromé firmy. Vybavily se převážně různými typy letounů Cessna (obr. 6) s moderními navigačními systémy, velkým rozsahem dostupů a rychlostí letu.



Obr. 4 Letoun Av-14FG



Obr. 5 Letoun L-410 FG



Obr. 6 Letoun Cessna 402B

3. Letecké měřické snímkování na počátku 21. století

Standardem se na počátku 21. století stal barevný letecký měřický snímek o formátu 23 x 23 cm (viz obr. 7), který byl vyhodnocován na analytických vyhodnocovacích přístrojích nebo již digitalizován do rastrové formy a vyhodnocen na fotogrammetrických pracovních stanicích. Nastal útlum stereofotogrammetrického mapování ve velkých měřítkách a hlavním produktem se až do současnosti stalo ortofoto celého státního území nebo i menších lokalit, které je vyhotovováno doposud.

V letech 2003-2011 vyhotovoval Zeměměřický úřad v kooperaci s Vojenským geografickým a hydrometeorologickým úřadem Ortofoto ČR v 3letém intervalu, přičemž byla každý rok snímkována 1/3 státního území a vyhotoveno ortofoto v přirozených barvách s rozlišením nejprve 50 cm na zemském povrchu a v období 2009-2015 pak s rozlišením 25 cm.

Zásadní změnou bylo použití digitálních leteckých měřických kamer typu Vexcel UltraCam (obr. 8) od roku 2010

[1] namísto všech dosavadních kamer na film, který přestaly světové i domácí firmy vyrábět. Obrazová data byla zaznamenána senzory typu CCD v několika pásmech spektra elektromagnetického záření. Princip digitálního záznamu byl takový, že panchromatický černobílý záznam o formátu 64,8 x 105 mm s vysokým rozlišením byl počítačově sestaven z více dílčích panchromatických (černobílých) záznamů a posléze „obarven“ na principu zvaném pan sharpening do formy snímku v přirozených barvách (R, G, B) (obr. 9), přičemž tyto složky vykazovaly postačující rozlišení obrazu cca 3x nižší, nebo do formy barevného infračerveného snímku, kdy složka BLUE byla nahrazena obrazovým záznamem v blízkém infračerveném spektru (NIR). Tato verze je využívána zejména složkami Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem pro národní inventarizaci a mapování zdravotního stavu lesa.

Od roku 2012 se zvýšila frekvence celostátního leteckého měřického snímkování pro účely tvorby Ortofoto ČR na dvouletý interval (Pásmo západ a východ, oddělená 16° poledníkem). V roce 2016 bylo zvýšeno rozlišení tohoto



Obr. 7 Černobílý a barevný letecký snímek 23 x 23 cm pro Ortofoto ČR (2002 a 2008)



Obr. 8 Digitální kamera Vexcel UltraCam



Obr. 9 Digitální obrazový záznam RGB (vlevo) a CIR (vpravo)

produktu na 20 cm na zemi. V roce 2020 bylo změněno rozhraničení obou pásů podle hranic krajů, aby zejména krajské úřady a další instituce dostávaly Ortofoto ČR vždy uceleně pro celý kraj z jednoho období snímkování (od konce dubna do poloviny září příslušného roku). V roce 2021 bylo dále zvýšeno rozlišení Ortofota ČR na 12,5 cm na zemi (obr. 10).

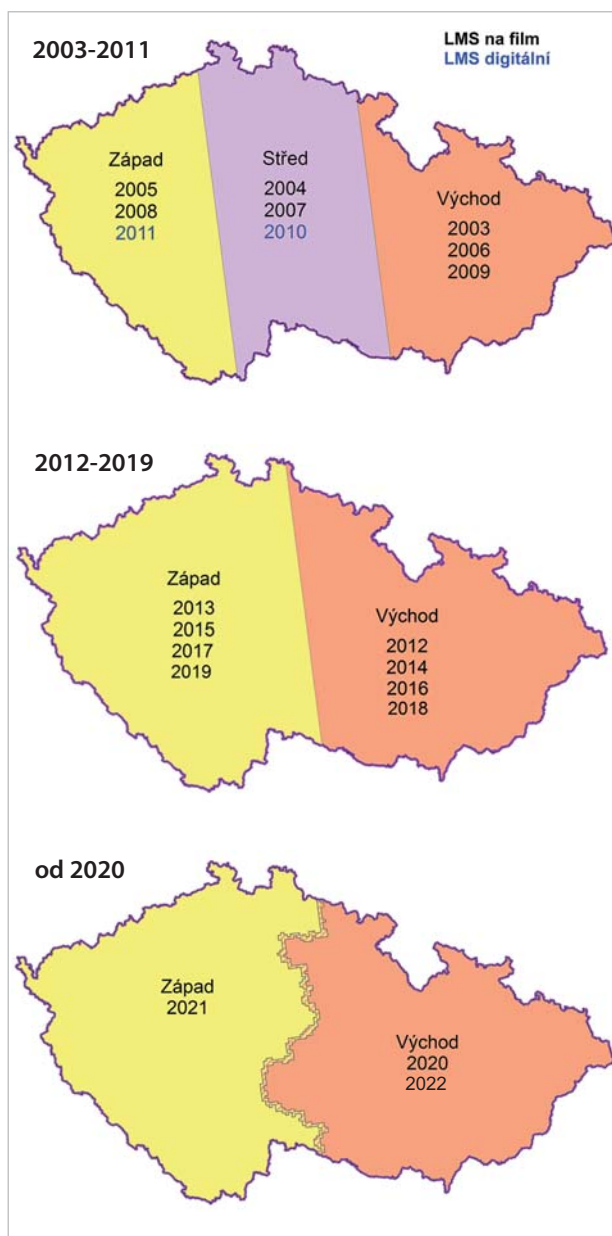
Letecké měřické snímkování celého státního území pro tvorbu Ortofota ČR se provádí ve 48 blocích, z nichž největší mají rozměr 75 x 40 km. Bloky v příhraničním území končí při obvyklé šířce 40 km na státní hranici. Podmínkou je úhel Slunce výše než 30° nad obzorem a bezoblačné počasí v rozmezí od 25. dubna do 15. července (výjimečně až do poloviny září).

4. Příčiny renesance leteckého měřického snímkování v České republice

Až potud šlo o historii leteckého měřického snímkování v České republice. V čem však lze spatřovat renesanci těchto činností ve 3. dekádě 21. století? Tři české firmy zakoupily a již využívají novou generaci digitálních měřických kamer, jejichž senzor poskytuje digitální obraz o objemu kolem 400 milionů pixelů o rozměru 4 x 4 mikrometry (v případě 5 disponibilních kamer Vexcel UltraCam Eagle M3) a 3,9 x 3,9 mikrometrů v případě jedné disponibilní kamery Leica DMC III.

Mimo technické parametry v tab. 1 je třeba zmínit „rekordní parametry“, kdy kamerou UltraCam Eagle Mark 3 lze s kadencí snímků 1,5 sekundy pořídit černobílé, barevné a barevné infračervené obrazové záznamy s rozlišením **2 cm na zemském povrchu** [2] při rychlosti letu 180 km/h a relativní výšce letu 500 m nad terémem. Obdobně inzeruje firma Leica pořízení podobných obrazových záznamů kamerou DMC III s kadencí 1,9 sekundy a rozlišením **3 cm na zemském povrchu** při rychlosti letu 150 km/h a relativní výšce letu 708 m.

Uplatnění takto početných a kvalitních dat dálkového průzkumu Země v rozsahu celého území státu umožnil vývoj moderních technologií zpracování velkých objemů dat (Big Data) a sofistikovaných postupů extrakce zeměměřických informací z obrazových dat leteckých měřických snímků, případně i v kombinaci s jinými daty dálkového průzkumu Země, například s daty leteckého laserového skenování, nebo s daty již existujícími.



Obr. 10 Pokrytí území České republiky leteckými měřickými snímky (2003 – 2022)

Tab. 1 Technické parametry

Typ digitální kamery	UltraCam Eagle Mark3	Leica DMC III
Vlastník	GEOREAL 2 ks PRIMIS 1 ks TopGis 2 ks	GEOREAL 1 ks
Typ senzoru	nový typ CD	CMOS
Počet pixelů	26 460 x 17 004 450 Mpx	26 112 x 15 000 392 Mpx
Rozměr pixelu	4,0 μm	3,9 μm
Formát snímku	68 x 105,8 mm	58,5 x 101,8 mm

Autor článku inicioval uspořádání webináře dne 15. 3. 2022 na webu Asociace podnikatelů v geomatice (APG), jehož záznam je k dispozici na YouTube [3].

Do konce května 2022 jej shlédlo více než 360 odborných zájemců. Kromě autorova příspěvku, obsahujícího informace z kapitol 1 – 3 tohoto článku, vystoupili na webináři další 4 přednášející a uvedli důležité nové a aktuální informace na téma:

- Ortofoto ČR s rozlišením 12,5 cm na zemi (Mgr. Petr Dušánek, Zeměměřický úřad),
- Digitální technická mapa kraje (Ing. Luboš Hübsch, GEOREAL spol. s r. o., Plzeň),
- Fotogrammetrické produkty s rozlišením 2-3 cm na zemi pro pasportizaci dálniční sítě a projektování vysokorychlostní železnice (Ing. Zdeněk Klusoň, PRIMIS, spol. s r.o., Brno),
- Nezastupitelné využití bezpilotních letadlových systémů – dronů (Ing. Jakub Karas, prezident Asociace pro bezpilotní letecký průmysl).

5.

Produkty dosažené leteckým měřickým snímkováním s rozlišením 2-10 cm na zemi

Počínaje rokem 2021 vyhotovuje Zeměměřický úřad ve spolupráci s Vojenským geografickým a hydrometeorologickým úřadem Ortofoto ČR s rozlišením 12,5 cm na zemi a v přirozených barvách (RGB), které je k dispozici na Geoportálu ČÚZK zatím k volnému prohlížení v aplikaci Geoprohlížeč [4] nebo ke koupi prostřednictvím aplikace E-shop na též geoportálu. Pozoruhodná je vysoká absolutní polohová přesnost Ortofota ČR ve vztahu k referenčnímu souřadnicovému systému S-JTSK, ověřená v Zeměměřickém úřadě v roce 2021, kterou lze charakterizovat takto [5]:

- Střední **polohová** chyba, zjištěná na trigonometrických a zhušťovacích bodech, **signalizovaných terči** a umístěných centricky v ochranných betonových skružích v západní části ČR v počtu 1 123 bodů, dosáhla hodnoty $m_p = 0,191$ m.
- Střední polohová chyba, zjištěná na umělé **nesignalizovaných**, avšak dobře identifikovatelných objektech zobrazených na ortofotu (rohy domů, paty sloupů VN, železniční přejezd, osa silnice, železniční trati, jednočarého vodního toku apod.), zaměřených geodeticky v 7 vybraných lokalitách v západní části ČR v počtu 284 kontrolních bodů, dosáhla hodnoty $m_p = 0,259$ m. Ta odpovídá střední **souřadnicové chybě** $m_{xy} = 0,192$ m, takže Ortofoto ČR lze využít například k identifikaci nesouladů na katastrálních mapách v rámci revize katastru nemovitostí, ale ne k jejich zaměření za účelem tvorby geometrického plánu, který vyžaduje dosažení střední souřadnicové chyby 0,14 m.

Ortofoto ČR je používáno mimo jiné jako základní referenční podklad při správě a aktualizaci Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®), k aktualizaci geografických dat Vojenského informačního systému o území (VISU) a k digitalizaci produkčních jednotek v rámci projektu LPIS (Land Parcel Information System) v resortu Ministerstva zemědělství. Vlastní letecké měřické snímky jsou používány v Zeměměřickém úřadu ke stereofotogrammetrickému vyhodnocení vybraných objektů ZABAGED® ve 3D (XYH) a k aktualizaci Digitálního modelu povrchu 1. generace (DMP 1G) generováním nových výškopisných dat metodou obrazové korelace leteckých měřických snímků.

Velkou příležitostí k uplatnění digitálního leteckého měřického snímkování se nyní stává ambiciózní projekt vyhotovení **Digitální technické mapy kraje (DTM)** na celém státním území, přesněji řečeno tam, kde se vyskytují i objekty dopravní a technické infrastruktury. Vzhledem ke krátkosti termínu realizace (do 30. 6. 2023 – dokdy lze čerpat finanční prostředky z evropských fondů v 1. etapě) jde o úkol na samém okraji technických a časových možností zúčastněných českých firem. Osnovou DTM je tzv. základní prostorová situace, která má být ve větší části lokalit vyhotovena digitálním stereofotogrammetrickým vyhodnocením ve třídě přesnosti 3, tj. se střední souřadnicovou chybou $m_{xy} = 0,14$ m, respektive se střední výškovou chybou $m_H = 0,12$ m. Vyhodnocení zahrnuje aktuální stav stavebních objektů, komunikací a na snímcích identifikovatelných prvků dopravní a technické infrastruktury.

Z porovnání objemu leteckého měřického snímkování s rozlišením 5 cm na zemi s parametry snímkování pro Ortofoto ČR v **tab. 2** vyplývá – při respektování parametrů pro dosažení takového rozlišení – enormní počet leteckých měřických snímků, vyvolaný zejména požadavkem zvláště velkého podélného překrytu snímků 75 % i příčného překrytu řad 65 %. Celé území státu by tak pokrylo více než 920 tisíc snímků, což si vyžádá podle kvalifikovaného odhadu cca 850 letových hodin.

Jednoznačně úspěšnými jsou aplikace, v nichž zejména vyniká česká firma PRIMIS Brno se svým fotoleteckým týmem v Hradci Králové. Již v roce 2019 provedla zkušební snímkování kamerou UltraCam Eagle Mark 3 v Hradci Králové z výšky 500 m s rozlišením 2 cm na zemi pro zkoušku vyhotovení true ortofota městské zástavby na ploše 5 km² [2]. Dosažená polohová i výšková přesnost digitálního stereofotogrammetrického vyhodnocení, při porovnání s výsledky měření mobilním mapovacím systémem firmy Geovap (na 133 kontrolních bodech $m_p = 4,4$ cm, $m_H = 3,2$ cm), potvrdila široké potenciální uplatnění ve velkých městech při mapování v měřítku 1 : 500 včetně vnitrobloků, při vyhotovení pasportů komunikací a dopravního značení i zpřesnění Digitálního modelu reliéfu a povrchu se střední výškovou chybou 6,5 cm v těchto lokalitách.

Další aplikace záhy následovaly: stačí vyjmenovat aktualizaci Základní mapy dálnice a jejího ochranného pásma o šířce 75 m, v místě nájezdů a křižovatek 120 m, mapování dopravní a technické infrastruktury na dálničním tělese, obslužných zařízeních a odpočívkách včetně vyhotovení pasportu doprovodné zeleně ve vzdálenosti do 40 m od osy dálnice a její databáze ve spolupráci s jinou geodetickou firmou. Po úspěšném začátku na části dálnice D5 byla tato technologie již použita na všech provozovaných dálnicích v ČR v rozsahu více než 1 000 km (**tab. 3**).

Další aplikace jsou realizovány při mapování a dokumentaci ochranného pásma dráhy v rozsahu 60 m od osy vnějších kolejnic a zejména při mapování aktuálního polohopisu a výškopisu vybraných územních pruhů pro projekt vysokorychlostní železnice – dosud v rozsahu 257,9 km v úsecích vyjmenovaných v **tab. 4**.

Z porovnání se souřadnicemi a výškami 133 geodeticky zaměřených kontrolních bodů uvádí firma PRIMIS následující parametry přesnosti vyhodnocení digitálního leteckého měřického snímkování s rozlišením 2 cm v nadiru na zemi:

- Digitální automatická aerotriangulace
 $m_p = 0,025$ m, $m_H = 0,02$ m,
- Digitální stereofotogrammetrické vyhodnocení
 $m_p = 0,044$ m, $m_H = 0,032$ m,
- Vektorizace ortofota $m_p = 0,078$ m.

Tab. 2 Porovnání parametrů LMS pro Ortofoto ČR 2022 a DTM kraje v letech 2021-2022

Parametry LMS	pro Ortofoto ČR = 12,5 cm	pro DTM kraje = 5cm
Relativní výška letu h	2 400 m	1 200 m
Počet řad v bloku 50 x 40 km	24	94
Podélný překryt snímků v řadě $p\%$	60,5 %	75,4 %
Délka vzdušné základny b	641 m	200 m
Počet snímků v řadě n	82	256
Příčný překryt mezi řadami $q\%$	34 %	65,6 %
Vzdálenost os sousedních řad a	1 666 m	435 m
Přírůstek plochy LMS $P = a * b$	106,79 ha	8,70 ha
Rozměr pixelu v nadiru (UCE-M3)	0,096 m	0,048 m
Počet snímků v bloku 50 x 40 km	1 968	24 064
Přibližný počet snímků v celé ČR	77 600	920 000
Požadované období roku pro LMS	květen – červenec (výj. až září)	říjen – duben

Tab. 3 Fotogrammetrická pasportizace dálnic v České republice LMS s rozlišením GSD = 2 cm na zemi

Dálnice	Úsek dálnice	Délka (km)	Počet snímků
D0	Pražský okruh	35,2	414
D1	Praha – Bohumín	339,4	3 877
D2	Brno – Lanžhot	61,0	578
D3	Miličín – Veselí n. Lužnicí	45,5	441
D5	Praha – Rozvadov	151,0	1 857
D8	Praha – Petrovice	94,5	960
D11	Praha – Hradec Králové	91,2	1 160
D35	Olomouc – Hranice	36,1	472
D46	Vyškov – Olomouc	39,0	394
D52	Brno – Pohořelice	16,5	226
	Celkem	909,4	10 379

Údaje poskytla firma Primis, spol. s r. o., Brno

Tab. 4 Fotogrammetrická tvorba podkladů pro projekty vysokorychlostní železnice v ČR GSD = 2 cm na zemi

Úsek železniční trati	Délka (km)	Počet snímků
Prosenice – Ostrava Svinov	71,9	745
Praha Běchovice – Poříčany	38,0	448
Praha Vysočany – Lovosice	67,0	711
Poříčany – Světlá nad Sázavou	81,0	854
Celkem	257,9	2 758

Údaje poskytla firma Primis, spol. s r. o., Brno

6. Bezpilotní letecké systémy jako součást renesance leteckého měřického snímkování

Bezpilotní letecké systémy (drony) rozšířily od 2. dekády 21. století možnosti leteckého měřického snímkování v České republice [6], pokud jde o extrémní rozlišení digitálního obrazu (1 cm i méně na zemi nebo snímaném objektu), pořízení obrazových dat v prostorově stíněných podmínkách (možnost kolmého startu i přistání dronu) a výrazně menší finanční náklady (zejména pokud jde o snímkování jednotlivých objektů nebo ploch o výměře max. 15 km²). Jistým omezením jsou podmínky pro provoz dronů, jako jsou maximální relativní výška letu nad územím (podle předpisu Evropské unie 120 m), dohlednost dronu z pozemní řídicí stanice, výdrž akumulátoru, která zpravidla nepřesáhne 40 minut letu a maximální hmotnost dronem nesených senzorů (kamery, termovize, laserového skeneru) – v součtu do 5 kg (zcela výjimečně i více). Lety ve výšce až 300 m nad hustě obydleným prostorem a mimo dohlednost pilota musejí být realizovány podle prováděcího nařízení Komise (EU) č. 2019/947 ve specifické kategorii a na základě povolení Úřadu pro civilní letectví ČR. Tento orgán také provádí certifikaci všech dronů (s výjimkou dětských hraček), zkoušky pilotů a jejich registraci.

Aplikace leteckého měřického snímkování pomocí dronů jsou již velmi četné a účelově různorodé, například:

- mapování památkových objektů a areálů včetně BIM rozsáhlých interiérů,
- mapování rozsáhlých parků a arboret,
- periodické zjišťování objemu vytěžených hornin ve velkolomech,
- monitoring škod na zemědělských pozemcích (erozí) a plodinách (zvěří a škůdci),
- identifikace průběhu podzemních drenážních systémů,
- monitoring poškození lesních porostů kůrovcem,
- monitoring průběhu povodně a dokumentace jejich následků,
- monitoring pozemků pro účely přesného zemědělství,
- identifikace poškození panelů velkých solárních elektráren,
- pasport hrobů na rozsáhlých hřbitovech.

Aplikace bezpilotních systémů pro účely tematického mapování tak vytvořily v České republice přirozený mezi stupeň mezi geodetickým zaměřením a leteckým měřickým snímkováním.

7. Závěr

Z uvedených informací je zřejmé, že parametry současného leteckého měřického snímkování a dalších dat získaných metodami dálkového průzkumu Země pro účely zeměměřičtví v České republice (např. leteckým laserovým skenováním) již umožňují digitalizaci dobře identifikovatelných předmětů mapování s požadovanou střední souřadnicovou chybou $m_{xy} = 0,14$ m, respektive se střední výškovou chybou $m_H = 0,12$ m – tedy ve třetí třídě přesnosti a dokonce i lepší [2]. Kromě možností pořizovat digitální obrazová data vysoce kvalitními leteckými měřičkými kamerami z letadlových nosičů se jeví jako perspektivní používání středněformátových a maloformátových kamer či jiných senzorů dálkového průzkumu Země, nesených drony s kolmým startem. Tato metoda umožňuje provádět lokální mapování i v hůře dostupných prosto-

rech a minimálně omezuje vlastníky nemovitostí zeměměřičkými činnostmi.

Pokud jde o současné disponibilní kapacity českých firem (viz **tab. 1**), které zajišťují letecké měřické snímkování území České republiky, jsou dostatečné, pokud nejde o plnění extrémních parametrů (zejména překrytí snímků). Tyto firmy uplatňují část svých kapacit i v zahraničí. Problémem může být nedostatek odborného personálu pro stereofotogrammetrické vyhodnocení, například základní prostorové situace Digitální technické mapy kraje z několika set tisíc snímků (viz **tab. 2**).

Drony, maloformátové kamery a další prostředky dálkového průzkumu pro účely zeměměřičtví včetně technologií zpracování se stávají cenově dostupnými i pro menší geodetické firmy a lze očekávat, že si nové zeměměřičké metody rychle osvojí a uplatní v zakázkách v oboru inženýrské geodézie, stavebnictví nebo při správě územních dokumentací obcí.

LITERATURA:

- [1] ŠÍMA, J.: Digitální letecké měřické snímkování – nový impuls k rozvoji fotogrammetrie v České republice. *Geodetický a kartografický obzor* 59/101, 2013, č. 1, s. 15-21.
- [2] KLUSOŇ, Z.: Snímkování města ve dvou centimetrech. *Zeměměřič*, 2020, č. 1, s. 24-26.
- [3] *Renesance letecké fotogrammetrie v ČR – Webinář APG 15. 3. 2022*. [online]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=fdioH8wFX5g>.
- [4] Zeměměřičský úřad: Ortofoto ČR v aplikaci Geoprohlížeč Geoportálu ČÚZK. [online]. Dostupné na: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/?p=79>.
- [5] ŠÍMA, J.: Ověření absolutní polohové přesnosti ortofoto na území České republiky v letech 2016-2018. 229/ *Rozpravy Národního technického muzea v Praze. Z dějin geodézie a kartografie* 20, s. 144-148. ISBN 978-80-7037-330-9.
- [6] ŠÍMA, J.: *Letecké měřické snímkování. Kdy zvolit fotogrammetrický letoun a kdy dron?* *Zeměměřič*, 2018, č.5+6, s. 22-23.

Do redakce došlo: 7. 6. 2022

Lektoroval:
Ing. Karel Brázdil, CSc.,
Zeměměřičský úřad