

Metodika určení prostorových objektů pro
komplexní pozemkové úpravy s využitím
systému bezpilotních prostředků (UAS)



Státní pozemkový úřad
Husinecká 1024/11a, 130 00 Praha 3

v y d á v á

O S V Ě D Ě N Í
(5/2019-SPU/O)

o uznání metodiky v souladu s podmínkami Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací, schválené usnesením vlády dne 8. února 2017 č. 107 a její samostatné přílohy č. 4 schválené usnesením vlády dne 29. listopadu 2017 č. 837

Název metodiky: Metodika určení prostorových objektů pro komplexní pozemkové úpravy s využitím systému bezpilotních prostředků (UAS)

Autoři: Ing. David Vilím, Ing. Jan Sehnal, Ing. Jiří Lechner CSc. a Ing. Milan Kocáb, MBA

Název organizace: Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i., GEOLINE, spol. s r.o.

Místo a rok vydání metodiky: Praha, 2018

Metodika byla vypracována v rámci výzkumného projektu/podpory na rozvoj výzkumné organizace č. TH02030291

Projekt využívá „Pravidla pro odvětví zemědělství, lesnictví a rybolovu“ ANO/NE*

V *PRÁZE* dne *06-05-2019*

STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD
Husinecká 1024/11a
130 00 Praha 3 (2)

.....
Razítko odborného orgánu státní správy

Jméno zástupce odborného útvaru státní správy: Mgr. Jaroslava Doubravová
Funkce zástupce odborného útvaru státní správy: ředitelka Odboru pozemkových úprav

.....
Podpis zástupce odborného útvaru státní správy

Souhlas ředitelky Odboru vědy, výzkumu a vzdělávání MZe:

V *Práze* dne *11.5.2019*

.....
Ing. Pavlína Adam, Ph.D.



Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.



GEOLINE, spol. s r.o.,

Autoři:

Ing. Milan Kocáb, MBA

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.

Se sídlem, Ústecká 98/98, 25066 Zdiby

Ing. Jiří Lechner, CSc

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.

Se sídlem, Ústecká 98/98, 25066 Zdiby

Ing. David Vilím

GEOLINE, spol. s r.o.

Se sídlem, Na Křivce 96, 101 00 Praha 101

Ing. Jan Sehnal

GEOLINE, spol. s r.o.

Se sídlem, Na Křivce 96, 101 00 Praha 101

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	6
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	7
1 CÍL METODIKY - ÚVOD	9
2 BEZPILOTNÍ LETECKÉ SYSTÉMY (UAS)	9
3 VÝHODY FOTOGRAMMETRICKÉHO MĚŘENÍ S VYUŽITÍM UAS	10
4 NEVÝHODY MAPOVÁNÍ S VYUŽITÍM UAS	11
5 PRAVIDLA PRO LÉTÁNÍ UAS PŘI MAPOVÁNÍ V ČR	11
5.1 Povolení k provozování leteckých prací	12
5.2 Bezpečnostní pravidla pro létání s UAS	12
6 PARAMETRY PRO MAPOVÁNÍ S UAS	14
6.1 Senzory	14
6.2 Parametry snímkování	14
7 KRITÉRIA PŘESNOSTI VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ	15
8 VOLBA TERMÍNU SNÍMKOVÁNÍ	15
9 URČENÍ VÝCHOZÍCH A KONTROLNÍCH BODŮ	15
10 PŘÍPRAVA LETU A VOLBA EXPOZIČNÍHO ČASU A RYCHLOSTI LETU	17
11 MAPOVÁNÍ S POMOCÍ UAS	18
11.1 Tvorba DMP	19
11.2 Tvorba ortofota	19
12 VYTVOŘENÍ POLOHOPISU A VÝŠKOPISU MAPY	20
13 MĚŘICKÉ NÁČRTY	21
14 KONTROLA PROSTOROVÉ PŘESNOSTI MAPOVÁNÍ PRO POZEMKOVÉ ÚPRAVY	22
15 POROVNÁVÁNÍ SOUŘADNIC PODROBNÝCH A VÝŠKOVÝCH BODŮ	23
16 KVALITA VÝSLEDKU ZEMĚMĚŘICKÝCH ČINNOSTÍ PŘI METODĚ UAS PRO POZEMKOVÉ ÚPRAVY	26
17 METADATA	28

18 TECHNICKÁ ZPRÁVA	29
19 SHRNUÍ TECHNICKO-ORGANIZAČNÍCHPOSTUPŮ PRO POUŽITÍ METODY UAS	29
20 SHRNUÍ ZÁKLADNÍCH PODMÍNEK PRO MAPOVÁNÍ S UAS V ČR.....	30
21 ZÁVĚR	30
22 SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	30
23 POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	30
24 EKONOMICKÉ ASPEKTY	30
25 SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY.....	30
26 SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	30
27 JMÉNA Oponentů	330
28 DEDIKACE.....	330

Seznam obrázků

Obrázek 1:Projekt výchozích bodů (červené) a kontrolních bodů (modré barvy) a jejich geodetické určení před náletem.....	17
Obrázek 2: Tvorba letového plánu pro mapování (řešení Trimble).....	19
Obrázek 3: Protokol o porovnání souřadnic kontrolních bodů z geodetického měření a měření UAS (výsledky s použitím RTK)	25
Obrázek 4: Statistika výsledných hodnot z testování dvojic souřadnic kontrolních bodů s použitím RTK	25
Obrázek 5: Vzor kalibračního listu	28

Seznam použitých zkratk

ATZ	Aerodrome TrafficZone– letištní provozní zóna
BPEJ	bonitované půdně ekologické jednotky
Bpv	výškový systém Balt po vyrovnání
BVLOS	BeyondVisualLine ofSight – létání mimo dohled pilota
CAA	Civil AviationAuthority – obdoba českého ÚCL v zahraničí
ČMI	Český metrologický institut
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DMP	digitální model povrchu
FPV	First-person Viewing –řízení UASz vlastního pohledu podle palubní kamery na UAS
GIS	geografický informační systém
GNSS	GlobalNavigationSatelliteSystem – služba umožňující pomocí družic prostorové určování polohy s celosvětovým pokrytím
GPS	GlobalPositioningSystem – globální družicový polohovací systém provozovaný USA
GPS – ATTI	režim letu dle signálu GPS
GSD	GroundSample Distance – velikost obrazu jednoho pixelu na terénu
CHKO	chráněná krajinná oblast
ISKN	informační systém katastru nemovitostí
JPÚ	jednoduché pozemkové úpravy
K. zákon	zákon č. 256/2013 Sb., o katastru nemovitostí v platném znění
k.ú.	katastrální území
k.vyhláška	vyhláška č. 357/2013 Sb., o katastru nemovitostí v platném znění
KoPÚ	komplexní pozemkové úpravy
Li-pol	Lithium polymerové akumulátory – nejčastěji používanými
Návod pro obnovu	Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod ze dne 30. ledna 2015, č.j. ČÚZK-01500 /2015-22
PSZ	plán společných zařízení
RC	RemoteControl, RadioControl – dálkové ovládání
RPAS	RemotelyPilotedAircraft Systems – dálkově ovládané letecké systémy, ekvivalent UAS nebo UAV
ŘLP	řízení leteckého provozu
S-JTSK	systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SKS	zaměření skutečného stavu polohopisu a výškopisu pořízená pro zpracování PSZ
SPÚ	Státní pozemkový úřad

S-údaj	technický údaj uváděný s číslem, jako například 4S, 5S, který udává počet článků Li-polakumulátorů
SW	software – počítačový program
TA ČR	Technologická agentura České republiky
UAS	Unmanned Aerial Systems – bezpilotní letecké systémy
UAV	Unmanned Aerial Vehicles – bezpilotní letecké prostředky
ÚCL	Úřad pro civilní letectví – úřad, který má v ČR dohled nad legislativou a provozem UAS
ÚOZI	úředně oprávněný zeměměřický inženýr
ÚZPLN	Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod
VFK	výměnný formát ISKN
VFP	Výměnný formát pozemkových úprav
VLOS	Visual Line of Sight – létání v přímém dohledu pilota UAS, podmínka provozu v ČR a téměř všude po světě
VTOL	Vertical Take-off and Landing – značí vertikální vzlet a přistání
VÚGTK	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.
výchozí body	body v terénu rovnoměrně rozmístěné v mapovací lokalitě, signalizované pro měření UAS, určené v S-JTSK a Bpv a sloužící ke georeferencování snímků
ZPMZ	záznam podrobného měření změn

1 Cíl metodiky - úvod

Metodické pokyny pro určení prostorových objektů pro jednoduché i komplexní pozemkové úpravy (dále jen pozemkové úpravy) s využitím systému bezpilotních prostředků (UAS) jsou dokumentem, který definuje jak pořídit data, způsob zpracování dat a tvorbu výsledné digitální mapy s využitím UAS. Dodržení postupu zabezpečuje kvalitu výstupních souborů podkladové mapy pro potřebu pozemkových úprav. Metodika vznikla jako výstup projektu č. TH02030291 „Výzkum uplatnění a začlenění prostředků UAS do zpracování pozemkových úprav a udržitelného rozvoje krajiny“, který řeší VÚGTK, v.v.i., ve spolupráci s firmou GEOLINE s.r.o. s finanční podporou TA ČR.

Výchozími dokumenty pro zpracování metodického postupu byl „Zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku“ ve znění pozdějších předpisů a „Metodický návod k provádění pozemkových úprav č.j.: 10747/2010-13300“. Pro zeměměřické činnosti byl využit „Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod ze dne 30. ledna 2015 č.j. ČÚZK-01500 /2015-22, v aktuálním znění“.

Cílem metodických pokynů je vytvořit dokument pro zpracovatele a objednatele zeměměřických dat pro pozemkové úpravy a stanovit kvalitativní podmínky tvorby a distribuce dat.

Výsledným produktem metodiky je digitální technická mapa vytvořená pro pozemkové úpravy, polohopisně a výškopisně připravená pro projekční činnosti a jako podklad pro geometrické plány, vytyčování hranic pozemků a stanovení obvodu pozemkové úpravy.

2 Bepilotní letecké systémy (UAS)

Využití UAS v zeměměřictví vychází ze známých fotogrammetrických metod, se kterými jsou geodeti dostatečně obeznámeni, co se týče principů měření. U UAS lze využívat různá závěsná zařízení (gimbal) pro kamery, fotoaparáty, termokamery, lasery. Většina dnes prodávaných UAS má již vestavěnou kameru. Kamery umějí natáčet video i fotit. Pokud je potřeba pořídit vysoce kvalitní fotografie, používají se UAS, kde je možné používat vlastní fotoaparát. Tyto UAS jsou většinou drahé a vyžadují závěsné zařízení pro daný typ fotoaparátu. Pro speciální práce v zemědělství nebo stavebnictví se využívají termokamery, kde je možné určit úniky tepla, poruchy na solárních panelech nebo kontrolovat kvalitu plodin. V současné době se zkoušejí i UAS osazené laserem – LIDAR, pro laserové skenování. Tato metoda je zatím v našich podmínkách nevyzkoušená.

Z velkého počtu vyráběných UAS a jejich odborné kategorizace jsou pro mapování důležité jejich parametry, které je třeba brát v úvahu, zvláště pak váhu, velikost, druh pohonu, způsob ovládání, typy senzorů, počty motorů a nosnost. UAS se rozlišují podle konstrukce na malá letadla (křídla) a multikoptéry. Pro mapování a potřeby pozemkových úprav převážně v extravilánu obcí jsou doporučována malá letadla, která létají delší dobu a pokrývají větší prostor při mapování. Multikoptéry mají udávanou dobu letu mezi 20-30 minutami, většinou je to o něco méně. Malá letadla mají udávanou dobu letu okolo 50 minut. Také létají ve větší

výšce, tudíž nasnímkují větší území. Rozdíl ve velikosti nalétnutého území může být 2 – 5 krát větší ve prospěch křídla.

Řízení UAS je poměrně snadné, jednak ručně prostřednictvím malé telekomunikační jednotky, častěji jsou UAS vybaveny automatickou pilotáží. Pro pozemkové úpravy je doporučeno využívat automatickou pilotáž z důvodu dodržení podélného a příčného překrytu snímků. Automatická pilotáž není při létání omezena, za podmínek stanovených pravidly pro létání. UAS, jejich konstrukce a podmínky pro provoz se velmi rychle vyvíjejí. V současné době pro profesionální využití musí být UAS pilotován způsobilou osobou s povolením k létání letadla bez pilota na palubě a znalou podmínek letového provozu.

UAS jsou vybaveny přijímačem GNSS, gyroskopy, akcelerátory, barometrem a přijímačem ultra krátkých vlnových délek. Před začátkem měření pro pozemkové úpravy musí být UAS kalibrováno podle metrologických pravidel pro měřidla, musí mít kalibrační listinu měřidla UAS a také kamera musí být kalibrována na vhodném kalibračním etalonu. Všechny tyto podmínky zabezpečuje provozovatel letu a na objednateli je povinnost vše zkontrolovat.

3 Výhody fotogrammetrického měření s využitím UAS

UAS jsou stále považovány za novou metodu získávání geodetických informací v terénu. Představují další zdokonalení a rozšíření využitelnosti fotogrammetrie pro praktické zeměměřické činnosti.

Hlavní výhody UAS:

- a) Malá velikosti.
- b) Jednoduché ovládání.
- c) Dostupnost na trhu a velký výběr.
- d) Bezpečnost provozu.
- e) Cenová dostupnost.
- f) Náklady na provoz jsou relativně nízké.
- g) Možnost nasazení a měření v málo přístupných místech, kde jsou schopny zajistit měření s dostatečnou prostorovou přesností.
- h) Rychlé pořízení aktuálního ortofota a DMT, jako podkladu pro vyhotovení mapy pro PÚ v měřítku 1 : 1000 nebo 1 : 2000.
- i) Doba měření je krátká v porovnání s klasickými geodetickými metodami.
- j) Operativnost měření.

Operativnost měření je dána hlavně malými rozměry UAS, malou hmotností, SW programy pro plánování letů, možnostmi provádět opravy dráhy letu přímo v terénu, možnostmi rychlých úprav stávajícího letu nebo i nastavení nového letu přímo v terénu. Oproti klasické fotogrammetrii je využití UAS velmi rychle přizpůsobitelné povětrnostním podmínkám jako jsou mraky, stíny a rychlost větru.

Výhodou metody je rychlé pořízení ortofota a DMT, které pak slouží jako aktuální podkladová mapa při jednání s vlastníky a dalšími účastníky řízení, jako podklad pro projekt pozemkové

úpravy, a dále s možností pořízení nové aktuální mapy v případě větších změn během pozemkových úprav.

UAS lze použít jak pro intravilán, tak extravilán obcí, v nepřístupném terénu, ve skalnatém terénu, při měření, které vyžaduje enormní úsilí zeměměřičů nebo nelze provést vůbec.

Kratší čas měření a relativně méně náročná práce v terénu (hlavně fyzická, menší počet lidí v terénu) se projeví ve snížení nákladů na měřické práce až o 30% s tím, že jsou již rychle pořízeny všechny podklady a splněny podmínky pro provádění zvolené metodiky měření pomocí UAS. Měření pomocí UAS může být prováděno i malými a středními podniky zeměměřičství bez toho, že by fotogrammetrické práce bylo třeba zadávat velkým firmám samostatně nebo pouze jim, jak tomu bylo dříve. V důsledku toho si mohou zpracovatelé pozemkových úprav lépe plánovat měřické práce a daleko pružněji reagovat na potřeby zeměměřických činností.

Informace o parametrech snímkování jsou známé a v terénu lze zkontrolovat i kvalitu snímků. Díky tomu může být případně provedeno nové snímkování s vhodnějšími parametry. Data, snímky jsou následně ve vhodném SW snadněji zpracovatelné do konečné podoby.

4 Nevýhody mapování s využitím UAS

Mapování metodou UAS má také své nevýhody a limity využitelnosti. Nelze počítat, že veškerá data pro pozemkové úpravy budou pořízena pouze s využitím UAS.

Hlavní nevýhody UAS:

- a) Hlavním limitem je vegetace. Vegetace obecně stále zůstává problémem fotogrammetrických metod a z tohoto pohledu je vhodné provádět měření v jarních a podzimních měsících, kdy je vegetace nejméně a je bez olistění, nebo v prostorách, kde vegetace příliš nebrání ve viditelnosti na terén.
- b) Počasí je jedním z limitujících faktorů při provádění měření. Není možno měřit při bouřce, dešti, krupobití, sněžení, silném dešti, mlze a dalších extrémních podmínkách. Nelze také měřit, pokud je sněhová pokrývka. Při slunečných dnech je třeba brát ohled na stíny, proto je vhodnější provádět mapování, pokud je slunce za mrakem.
- c) Nelze touto metodou vyhodnocovat lesní prostory,
- d) V intravilánu je potřeba brát ohledy na přesahy střech. Proto zpracování těchto míst je uživatelsky a časově náročnější
- e) Potřeba pořízení výkonnějších počítačů a větší objem dat a specializovaný SW na zpracování dat

5 Pravidla pro létání UAS při mapování v ČR

UAS se pohybují ve frekventovaném vzdušném prostoru a proto podléhají striktním pravidlům. Veškeré civilní využívání vzdušného prostoru a provoz letadel podléhá v České republice zákonu č.49/1997 Sb., o civilním letectví. Od roku 2012 je v platnosti „Doplněk X“, který nově

zavedl pojem "bepilotní letadlo", pro jehož provoz stanovil základní podmínky. Těmito předpisy je vždy potřeba se řídit.

V České republice je provoz ve vzdušném prostoru řízen Ministerstvem dopravy ČR, které zřídilo pro vlastní uplatnění předpisů Úřad pro civilní letectví ČR (ÚCL). V České republice byly stanoveny kategorie komerčních bepilotních leteckých prostředků podle maximální vzletové hmotnosti následovně: do 0,91 kg, mezi 0,91 kg a 7 kg, mezi 7 kg a 20 kg a nad 20 kg. Pro mapování se používají převážně UAS z kategorií v rozmezí od 0,91kg do 7kg.

5.1 Povolení k provozování leteckých prací

Pro získání povolení k mapování pro daný UAS, což je první ze dvou kroků k získání povolení k leteckým pracím, je potřeba vyplnit „Žádost o evidenci pilota letadla bez pilota“ a „Povolení k létání“, která jsou k vyhledání na webových stránkách ÚCL. Dále je potřeba postupovat dle pokynů a doplnit specifikaci UAS o řadu příloh. Součástí procesu schvalování povolení k mapování pro daný UAS je nutnost sjednat pojištění odpovědnosti za škody způsobené provozem UAS.

Po odeslání všech dokumentů je třeba u ÚCL získat přidělenou imatrikulační značku UAS. ÚCL založí a vede po celou dobu správní řízení, kontroluje dokumenty a v případě nedostatků vyzve k jejich doplnění. Je také třeba zaplatit správní poplatek, který v současné době činí 4000 Kč. Následně ÚCL zaeviduje přihlášený UAS a jeho piloty a vydá Povolení k létání letadla bez pilota s omezením pilot-žák, které umožňuje pilotům získat potřebné pilotní dovednosti pro následující praktickou zkoušku popsanou v tipu 62.

Po úspěšném absolvování praktické i teoretické zkoušky před inspektory ÚCL následuje už jen přerušení správního řízení a výzva k zaplacení správního poplatku 400 Kč za změnu evidence. Po uplynutí lhůty na odvolání nebo ihned po vzdání se práva na odvolání Úřad vydá konečné **Povolení k létání bez pilota**, které opravňuje k legálnímu létání ve vzdušném prostoru ČR, ale nikoli k provozování Leteckých mapovacích prací.

Pro udělení **Povolení k provozování leteckých prací** musí organizace požádat UCL na formalizované žádosti. K žádosti se jako příloha připojí podnikatelský plán a doloží se „**Provozní příručka**“.

Vytvoření provozní příručky UAS pro letecké práce je stěžejní dokument popisující organizaci provozu UAS ve standardizovaném formátu. Součástí příručky je rozdělení odpovědností ve firmě, normální a bezpečnostní postupy při provozu daného UAS, technické specifikace UAS a kvalifikace pilotů, analýza rizik jednotlivých uvedených leteckých prací nebo systém kontroly a pravidelné údržby UAS.

5.2 Bezpečnostní pravidla pro létání s UAS

Bezpečnostní pravidla při mapování pro pozemkové úpravy s využitím UAS se oproti běžným bezpečnostním pravidlům při zeměměřických činnostech v terénu rozšiřují o další bezpečnostní podmínky. Létat s UAS lze jen takovým způsobem, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti létání

v celém vzdušném prostoru, nedošlo k újmě osob a majetku na zemi a životnímu prostředí s tím, že výška letu UAS musí být ve výšce maximálně 300 m.

Po celou dobu letu je nutný dohled pilota. Dohled při létání UAS u všech modelů smí být pouze za předpokladu přímé viditelnosti (VLOS) po celou dobu letu bez jakýchkoliv pomocných vizuálních pomůcek.

Všechny UAS atestované pro létání umožňují pilotovi při okolnostech vedoucích k ohrožení zasáhnout do průběhu letu nebo let ukončit. UAS pro komerční létání, musí být vybaveny bezpečnostním systémem, který při poruše provede ukončení letu (“failsafe”).

Prostory pro lety UAS musí být předem nahlášeny a prováděny pouze v určitých vzdušných prostorech. Nesmí se létat v ochranných pásmech stanovených příslušnými právními předpisy, podél nadzemních dopravních staveb, inženýrských sítí, telekomunikačních sítí, vodních zdrojů a dalších bez povolení ÚCL a příslušného správce.

Pohyb pilota UAS při létání nesmí být prováděn pomocí technického zařízení (automobil a další) bez povolení ÚCL. Platí zákaz létání s UAS po setmění a v noci.

Odpovědnost za provedení bezpečného letu UAS, včetně přípravy a kontroly, má vždy pilot UAS. V případě pádu UAS registrovaného na ÚCL, je vždy nutností, pokud možno do 24 hodin od nehody, informovat ÚCL a Ústav pro odborné zjišťování příčin leteckých nehod (ÚZPLN).

Pro létání s UAS dále platí další podmínky; nelze např. létat nad cizími pozemky bez souhlasu majitele pozemku, nad lidmi, v zástavbě a dalších místech uvedených přesněji v „Doplňku X“. Pro start a přistání UAS je potřeba souhlasu vlastníka pozemku. Pro všechny UAS platí, že nesmí létat ve vzdušném prostoru třídy G, tedy mimo řízené a jinak omezené prostory do maximální výšky 300 m nad zemí a také v letištní provozní zóně (ATZ).

Pro provoz UAS platí zákon na ochranu osobních údajů, a není tedy možné UAS létat k sousedovi nad jeho pozemek, nebo mapovat bez jeho vědomí. Při mapování většího území je třeba si vyžádat hromadný souhlas všech vlastníků pozemků před vlastním měřením. Létání nebo letecké práce v hustě osídleném prostoru jako je intravilán obce nebo města lze realizovat pouze na základě výjimky udělené ÚCL pro konkrétní případ na určitý čas. Pro získání takové výjimky je potřeba dodat ÚCL žádost o létání v hustě osídleném prostoru.

V zájmu bezpečnosti je ve vzdušném prostoru možno létat pouze s mnoha různými omezeními a za předem domluvených podmínek. Při mapování pro pozemkové úpravy je cesta ve většině případů schůdná po předchozí komunikaci a koordinaci takového letu s účastníky pozemkové úpravy v souhlasu s pokyny ŘLP a ÚCL. V nebezpečných prostorech pro létání je potřeba si požádat v zájmu bezpečnosti o výjimku na omezený čas a prostor za podmínek, které zajistí bezpečnost létání UAS a letového provozu.

Při vyhlášení KoPÚ je vhodné informovat vlastníky pozemků o metodě, kterou se bude provádět mapování.

6 Parametry pro mapování s UAS

6.1 Senzory

Snímačem (senzorem) umístěným v bezpilotním letadle a pořizujícím letecké snímky, musí být digitální kamera s vhodnou velikostí snímacího senzoru, která by neměla být menší než 0.5". Digitální kamera může být součástí bezpilotního letadla (a nelze ji měnit) nebo je možné použít vlastní kameru, která je vhodná pro daný typ UAS a většinou je potřeba pořídit závěs (gimbal) pro umístění příslušné kamery.

6.2 Parametry snímkování

Aby bylo dosaženo požadované kvality a přesnosti ortofota a DMT, je potřeba dodržet následující požadavky pro snímkování. Systém UAS zahrnuje programové prostředky pro plánování snímkového letu, záznam trajektorie letu, parametry letu automatické řízení. Pro dodržení všech parametrů musí být let proveden automatickým řízením. Při použití UAS jako metody pro určování podrobných bodů polohopisu a výškopisu pro pozemkové úpravy jsou požadovány tyto parametry snímkování:

- a) **Vyhotovení letového plánu**, stanovení výšky letu a rychlosti letu, které se určí na základě požadavku obrazového rozlišení. Výsledné parametry se spočítají v programu pro plánování letu, SW jsou různé podle výrobců UAS. Dále zajišťuje výpočet důležitých parametrů pro stabilitu letu s ohledem na hmotnost UAS a kamery, podmínky v letovém plánu, letové vzdálenosti a možnosti výdrže baterie pro mapování. Během měření je možno let i zastavit a upravit výšku a směr letu dle daných podmínek.
- b) Výška letu je dána požadovanou velikostí pixelu. **Maximální výška letu je do 300 m a je dána předpisy pro létání** (je možné létat i ve větší výšce, ale za podmínek stanovených ÚCL a ŘLP nebo AFIS), výška letu je ovlivněna i případně nepříznivými klimatickými podmínkami (nelze létat v oblacích). V případě potřeby snížení letové hladiny musí být operativně zvětšen počet letových řad tak, aby byl dodržen požadovaný překryt.
- c) Lineární vzdálenost mezi středy pixelů na zemi (Ground sample distance - GSD) musí být menší nebo rovna 3 centimetrům. Pro mapování pro pozemkové úpravy je doporučen **podélný překryt snímků na 70 - 80 % a příčný překryt 60 - 70 %**.
- d) Snímkování musí být provedeno tak, aby za požadovanou hranicí pozemkových úprav bylo na všech letových drahách pořízeno ještě nejméně **šest snímků vně hranice pozemkových úprav**.
- e) Signalizace podrobných bodů se provádí zřídka a jen tehdy, pokud vlastní podrobný bod je menší než třiapůlnásobek velikosti GSD, nebo tehdy, když se zeměměřič obává, že kontrast s okolím neumožňuje jednoznačnou interpretaci podrobného bodu na ortofotomapě.
- f) Snímkový blok musí být fotogrammetricky zpracován vhodnými SW jako je Pix4D, Agisoft, Trimble TBC, CapturingReality, BentleyContextCapture.

7 Kritéria přesnosti výsledků měření

Výsledkem měření s využitím UAS pro pozemkové úpravy je počítačový grafický soubor polohopisu a výškopisu podle standardů ČSN 013410 a 013411, Mapy velkých měřítek s parametry uvedenými v katastrální vyhlášce pro tvorbu a obnovu katastrálního operátu, kde charakteristikou přesnosti určení souřadnic x , y podrobných bodů polohopisu je střední souřadnicová chyba. Vyhláška 357/2013 Sb., ze dne 1. listopadu 2013 ve znění změny 87/2017 Sb., v aktuálním znění o katastru nemovitostí (katastrální vyhláška) stanovuje, že souřadnice podrobných bodů polohopisu se určují s přesností, která je dána základní střední souřadnicovou chybou $m_{xy} = 0,14\text{m}$.

Výšky podrobných bodů musí být určeny tak, aby charakteristika m_z nepřekročila kritérium $u_z = 0,12\text{ m}$ a u bodů výškopisu a na nezpevněném povrchu nepřekročila kritérium $3u_z = 0,36\text{ m}$. DMT musí být vytvořen tak, aby z něho bylo možno určit výšky bodů terénního reliéfu s přesností, která nepřekročí kritérium $u_v = 0,50\text{ m}$.

8 Volba termínu snímkování

Pokud chceme pořídit letecké snímky v co nejlepší kvalitě, je potřeba mezi jiným plánovat létání a snímkování podle počasí, a především pořizovat snímky v nejvhodnější období, a to jak z hlediska ročního období, tak i během dne. Jedná se o určité časové intervaly (které se mění s ročními obdobími), kdy je velká šance, že pořízené snímky budou co nejlepší z hlediska světla, stínů a kompozice, která se ovlivní volbou směru letu.

Pro snímkování pro potřeby pozemkových úprav je na rozdíl od komerčních snímků, kde je důležitý vizuální vzhled, nutné získat z ortofota maximum informací. Nejvhodnější doba pro pořizování leteckých snímků je tedy v mimo vegetačním období bez olistění.

Z hlediska volby denní doby a oslunění je vhodnější snímkování pro měřické práce provádět pod souvislou oblačností. Pro účely PÚ, pokud svítí slunce, je vhodné snímkovat v době, když je slunce co nejvýš, aby stíny byly co nejkratší. Stíny způsobují významnou ztrátu interpretačního detailu při identifikaci podrobných bodů mapování v prostorách zastínění terénu terénními předměty.

9 Určení výchozích a kontrolních bodů

Při určování výchozích a kontrolních bodů je potřeba dodržet následující zásady.

- a) Výchozí identické a kontrolní body pro fotogrammetrické vyhodnocení a vytvoření fotomozaiky musí být zaměřeny s prostorovou přesností tak, aby jejich střední souřadnicová chyba nepřesáhla $0,025\text{ m}$ v poloze a $0,055\text{ m}$ ve výšce.

- b) Prostorová přesnost se docílí geodetickým měřením, které je připojeno na základní polohové a výškové bodové pole. Veškerá měření pro pozemkové úpravy jsou vyhotovena v jednotném polohovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv.
- c) Výchozí a kontrolní body musejí být stabilizovány. Signalizace výchozích a kontrolních bodů se provede terčí z vhodného materiálu o rozměru rovném minimálně třinásovkou velikosti GSD. Pro jednodušší identifikaci středu a vyhledání v ortofotomapy, je vhodné použít terč z černobílých kostek.
- d) Rozložení výchozích a kontrolních bodů musí být pravidelné v celé ploše pozemkové úpravy a tyto body musí ležet i vně obvodu tak, aby vytvořily „obálku“ kolem hranice a byly zobrazeny na alespoň šesti snímcích.
- e) Počet výchozích a kontrolních bodů musí odpovídat počtu snímků a jejich počet se určuje jako podíl počtu snímků na lokalitě děleno 100 plus jedna; v prostoru pozemkových úprav se zřizují i body kontrolní; tyto body jsou zřizovány stejnými postupy jako body výchozí, avšak nevstupují do fotogrammetrického zpracování dat a slouží výhradně ke kontrole kvality a přesnosti měření podrobných bodů; výchozí a kontrolní body musí být umístěny v úrovni terénu nebo natřeny na vhodných zpevněných plochách barvou vytvářející dostatečný kontrast s plochou, na které je výchozí nebo kontrolní bod umístěn (nejlépe bílá, oranžová nebo i červená barva).

Výchozí body není potřeba použít, pokud se použije pro nalétnutí zájmového území letadlo vybavené RTK a postprocesními korekcí. Jinak platí postup pro plánování a létání stejně jak s vlicovacími body. V SW dojde k transformaci z WGS souřadnic do S-JTSK a do Bpv. Výhodou je ušetření času strávených s určováním výchozích bodů. Kontrolní body je vždy potřeba určit. Při testování a ze zkušenosti při použití UAS s RTK je rozdíl v přesnosti oproti použití výchozích bodů asi o 1,0–1,5 cm horší. Určované body se i tak vejdou bez problému do požadované přesnosti.



Obrázek 1: Projekt výchozích bodů (červené) a kontrolních bodů (modré barvy) a jejich geodetické určení před náletem

10 Příprava letu a volba expozičního času a rychlosti letu

Při testovacích letech byla (vzhledem k stanovené hodnotě střední polohové odchylky podrobných bodů polohopisu dle vyhlášky 357/2013 Sb., ze dne 1. listopadu 2013 ve znění změny 87/2017 Sb., v aktuálním znění o katastru nemovitostí $m_{xy} = 0,14\text{m}$) stanovena velikost GSD v hodnotě 3cm, aby bylo možné na základě výsledků předchozích prací jako TB02CUZK002 - Integrace nové techniky a technologie do procesu obnovy katastrálního operátu novým mapováním uvedenou požadovanou polohovou odchylku dodržet.

Pro stanovení mezního smazu snímků (jak je praxí přijímána v hodnotě maximálně $\frac{1}{2}$ GSD) je tak potřeba stanovit hodnotu rychlosti chodu závěrky vůči rychlosti pohybujícího se letounu a na základě takto stanovené hodnoty vhodně upravit hodnotu apertury. V případě nastavení

její mezní hodnoty pak přistoupit k navýšení citlivosti snímacího čipu. Pro praktický výpočet velikosti přípustného zbytkového smazu lze tedy použít následující vztah:

$$\text{GSD}[\text{m}] * 0.5 < (\text{v}[\text{m/s}] / \text{t}[\text{s}])$$

Příklad: $\text{GSD} = 0,03[\text{m}] \Rightarrow \text{GSD} * 0,5 = 0,015[\text{m}]$ pak pro hodnoty rychlosti nosiče $\text{v} = 15[\text{m/s}]$ a t expozičního času $1/1500[\text{s}]$ je výsledná hodnota $0,01\text{m}$ což je méně jak $0,015\text{m}$ a hodnota smazu je v praxi pro tento příklad přípustná.

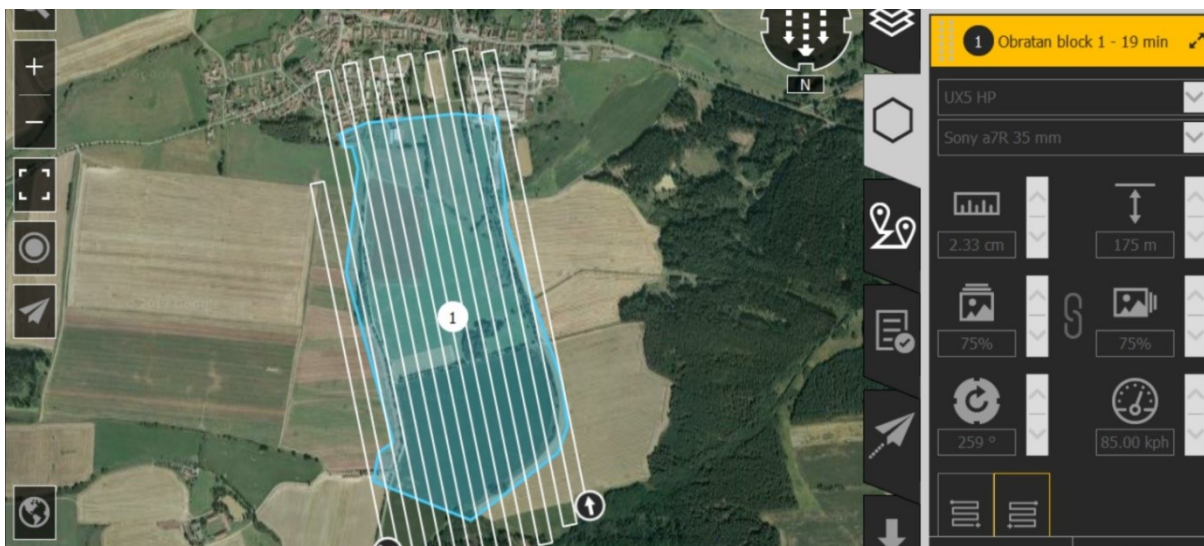
11 Mapování s pomocí UAS

Mapování fotogrammetrickými metodami se dosud provádělo především z klasických pilotovaných prostředků se speciálními velkoformátovými kamerami nebo z družic. Příchod UAS přinesly úplně nové možnosti mapování ve vysokém obrazovém rozlišení a zachycení detailů. UAS pro mapování ve velkém měřítku jsou velmi užitečné pro vyhotovení kvalitního mračna bodů, ze kterého se vytváří ortofotomapy. Mapování z UAS je velmi vhodné pro potřeby pozemkových úprav. Pořízené letecké snímky se ve speciálních fotogrammetrických softwarech již automaticky zpracují a vytvoří mračno bodů, ze kterého se vytváří ortofoto celé lokality v požadovaném rozlišení. Z mračna bodů lze vyhodnotit podrobné body polohopisu a výškopisu. Z ortofota se vyhodnotí podrobné body polohopisu.

Prvním krokem při mapování je vyhotovení letového plánu. Letový plán se vytvoří pomocí softwarové aplikace pro plánování letů UAS. Aplikaci k vytváření letového plánu UAS nabízí buď přímo výrobce UAS, nebo je k tomu možné využít i nějakou externí volně přístupnou aplikaci. V aplikaci označíme hranice lokality mapování, nastavíme v jakém obrazovém rozlišení chceme lokalitu snímat, z jaké výšky a nastavíme podélné a příčné překryty. Letový plán je možno vytvořit předem a do UAS se přenese v terénu pouze aktivizací letového plánu a UAS automaticky nalétne lokalitu a pořídí snímky v daném nastavení dle letového plánu s využitím souřadnic GNSS. Častější způsob je příprava a vyhotovení letového plánu přímo v terénu podle aktuálních podmínek. Některé aplikace dovolují nastavit hranice letového území pouze pravoúhlé a není možné vytvořit například lichoběžníkový tvar lokality. V případě neplánovaného přistání nebo přerušení či ukončení letu lze v SW aplikaci přerušit automatické řízení a přejít na ruční ovládání. Navázání letu UAS je možné tam, kde jsme skončili mapování předchozím letem.

Obdobně jako letadla i UAS se ovládají systémem radiového řízení v propojení vysílače a přijímače příslušného UAS. Dálkové ovládání UAS je různé a závisí na výrobcí. Může to být počítač, tablet nebo mobilní telefon, který je spojen s konzolí pro ovládání UAS. Pro mapování se využívá letový režim GPS – ATTI, který umožňuje létání podle signálů GNSS, které jsou ve většině případů dostupné. Je to zatím nejbezpečnější způsob ovládání UAS. Pokud dojde z různých důvodů k přerušení signálu GNSS je nutné přepnout do režimu ATTI, který umožňuje ruční způsob korekce letu. Dalším bezpečnostním prvkem je nastavení času kdy nemusí komunikovat řídicí jednotka a UAS. V nastaveném času UAS letí podle letového plánu a v případě překročení nastavené doby, se vrátí do výchozího bodu, kde sám automaticky přistane.

Pomocí speciálních fotogrammetrických softwarů (jako jsou například AgisoftPhotoscan, Pix4D nebo PhotoModeler, CapturingReality, které se dají vyzkoušet i zdarma) pak tyto pořízené letecké snímky zpracujeme automatickým procesem po jednotlivých dílčích krocích do výsledného ortofota v požadovaném obrazovém rozlišení. Ke zpracování leteckých dat z mapování UAS lze s daty pracovat i v systému cloudové služby a vytvářet prostorová data v on-line režimu. V softwarech je možné vytvořit další výstupy, jako je mračno bodů, digitální model povrchu lokality nebo její model 3D, vizualizaci terénu, profily terénem, vrstevnicové mapy, výpočty objemů a nejrůznější geoprostorové analýzy.



Obrázek 2: Tvorba letového plánu pro mapování (řešení Trimble)

11.1 Tvorba DMP

Ze zpracovaných snímků se vytvoří mračno bodů, které reprezentuje digitální model povrchu zájmového území. Z výpočetních SW možností je na zpracovateli, aby nastavil přesnost automatické obrazové korelace pro vyhledávání bodů. Pro pozemkové úpravy to znamená, aby korelace proběhla přibližně pro každý čtvrtý pixel. I přes zvolenou úroveň trvá generování hustého mračna bodů i v řádu hodin až dnů v závislosti na použitém SW a HW, a především na počtu zpracovávaných snímků. Celé mračno čítá někdy až miliardy bodů, které je například následně exportováno do souboru např. ve formátu LAS verze 1.4 dle standardu ASPRS nebo e57.

Výsledná data DMP pořízená metodou UAS se předávají ve formátu **LAS**.

11.2 Tvorba ortofota

Finálním krokem ve zpracování zájmového území z leteckých snímků pořízených neměřickými kamerami z UAS je tvorba bezešvého ortofota pomocí speciálních programů. Tyto programy iteračním postupem vypočtou současně vnější orientaci všech neměřických snímků ve snímkovém bloku a určí parametry vnitřní orientace kamery použité ke snímkování bloku a na základě znalosti těchto parametrů vnitřní a vnější orientace snímků následně vypočtou digitální model terénu, ze kterého se vytvoří ortofoto.

Tyto speciální programy jsou obvykle odvozeny od algoritmu HeikoHirchmullera, který v roce 2005 popsal metodu účinnějšího zpracování stereoskopických dvojic prostřednictvím Semi-Globalní obrazové korelace (Semi-GlobalMatching - SGM), které na základě uveřejněné algoritmizace vytvořili postupy automatické korelace snímků. Výhodou tohoto postupu je využití pro výpočet jen celočíselných hodnot a tím účinně zvyšuje rychlost výpočtů především na více jádrových procesorech. Pro rychlejší výpočet je potřeba mít výkonnou grafickou kartu a dostatečně velikou operační paměť.

Dalším inovativním a důležitým krokem řešené problematiky je eliminace, respektive významná redukce v jednom stereo páru neviditelných prostor multinásobným řešením výpočtu míst v kterých z počátečního snímkového páru nebyla obdržena informace a její doplnění do celkového modelu povrchu vypočítané scény. Zároveň v této fázi se postupně hodnotí prostory, kde zbudou prostory nevyřešené (tedy prostory bez informace), kombinací všech snímků pak vybere mediánem hodnoty nejvíce se přibližující předpokládanému řešení a to i v prostorách diskontinuit a krajů násobně překrytých scén. Tento hierarchický výpočetní postup pro vyrovnání snímků bez významné citlivosti k různým světelným a barevnostem podmínkám v různých snímcích. Hirschmüllerův algoritmus je používán ve většině současných programů pro tvorbu digitálních modelů terénu a ortofoto.

Nejnámější programy založené na tomto (nebo obdobném) principu jsou připravené především k zpracování neměřických snímků od firem PhotoScan – program Agisoft, program Pix4D od stejnojmenné švýcarské firmy, software firmy Autodesk 123CATCH nebo například CapturingReality. Dalšími možnými řešeními je produkt firmy Bentley (dříve Acute 3D) s názvem ContextCapture a existuje celá další řada řešení jako například Smart3DCapture nebo PIEngineering.

V současné době se nabízí na trhu (ale i jako otevřené programy) přibližně 30 různých programů a programových balíčků a je pouze na uživateli pro jaké výpočty a v jaké frekvenci a kvalitě je pro tvorbu DTM a ortofoto potřebuje a použije. Nejvíce používanými SW jsou Agisoft a Pix4D. Všechny SW zpracovávající snímky jsou náročné na HW, na kterých běží daný SW. Je doporučeno mít výkonný procesor nejlépe Intel i7 nebo i9 s co nejvíce jádry, operační paměť minimálně 16 GB nejlépe 64 GB, výkonnou grafickou kartu doporučeno alespoň 4 GB a také rychlý SSD disk pro ukládání výsledků.

Výsledná data ortofota pořízená metodou UAS se předávají ve formátu georeferencovaného **JPG**.

12 Vytvoření polohopisu a výškopisu mapy

Podrobná lokalizace všech předmětů měření se provádí identifikací z pořízené ortofotomapy a mračna bodů. Rozsah je dán obvodem pozemkové úpravy a jejím cílem je lokalizace jevů na povrchu s využitím dat pořízených z UAS s následným doměřením a kontrolními údaji z geodetických měření.

Vytvoření polohopisu a výškopisu se řídí platným metodickým návodem k provádění pozemkových úprav. Všechny související předpisy lze najít na webové adrese:

[“<https://www.spucr.cz/uzemkovy-uprav/uzemkovy-uprav/pravni-predpisy-a-metodiky/metodiky-navod-k-provedeni-uzemkovych-uprav-a-technicky-standard-planu-spolecnych-zarizeni>“](https://www.spucr.cz/uzemkovy-uprav/uzemkovy-uprav/pravni-predpisy-a-metodiky/metodiky-navod-k-provedeni-uzemkovych-uprav-a-technicky-standard-planu-spolecnych-zarizeni)

Vytvoření polohopisu a výškopisu se z metodického řídí návodu kapitolou 7 Zeměměřické činnosti při provádění pozemkových úprav a to především částí 7.2 Podrobné měření polohopisu (výškopisu).

Vlastní grafické zpracování se řídí dle „**Technického standardu dokumentace plánu společných zařízení v pozemkových úpravách (aktualizovaná verze 2016)**“ pro zaměření skutečného stavu polohopisu a výškopisu pořízená pro zpracování PSZ a je definovaná Technickým standardem polohopisu, který je součástí VFP. Vše je definováno v **Tabulce atributů.xlsx**. Při zpracovávání polohopisu a výškopisu v SW Bentley je potřeba využívat základní výkres, tabulku barev, knihovny značek a typů čar dle vzoru pro PÚ.

Vektorová data základní části PSZ, data zaměření polohopisu a výškopisu se předávají ve výměnném formátu pozemkových úprav VFP. Ostatní vektorové podklady se předávají ve formátu dle požadavku objednatele.

Předměty měření polohopisu jsou body bodových polí, hranice, stavební objekty, dopravní síť a dopravní zařízení, potrubní a elektrické vedení a jejich zařízení, objekty a zařízení související s těžbou nerostných surovin, vodstvo, vodohospodářské stavby a zařízení. Velmi častým a přirozeným jevem je, že hranice druhu pozemku se v terénu utvořily v důsledku drobných pozvolných dlouhodobých posunů hranic jako přirozené změny druhu pozemku (lesy, louky, potoky, apod.). Tyto změny se zaměřují podle skutečného stavu v terénu. Průběh hranice způsobu ochranných pásem se nezjišťuje a zobrazují se z podkladů předložených orgány příslušných institucí, které mají ochranu ve svém zájmu. Průběh hranic věcných břemen k části pozemku se rovněž nezjišťuje a převezme se z dosavadních katastrálních operátů a určí se jejich vztah k nově zaměřeným hranicím.

Předměty měření výškopisu jsou výškově určené body polohopisu a body pro modelování tvaru zemského povrchu.

13 Měřické náčrty

Pod názvem měřické náčrty se rozumějí náčrty a poznámky z podrobného měření a šetření geodetickými a fotogrammetrickými metodami a z vyhodnocení mračna bodů a ortofotomapy pořízené prostředky UAS. Měřické náčrty se dělí na polohopisné (včetně údajů o místním šetření) a výškopisné, mohou být však společné. Měřické náčrty obsahují spolu se zápisníkem měření a seznamem souřadnic podrobných bodů všechny výsledné údaje podrobného šetření a měření. Měřické náčrty se vyhotovují současnými digitálními technologiemi, ale mohou se i kreslit ručně v terénu (tužkou) a adjustují se poté (počítačem), nebo jako digitální náčrty s využitím tabletu. Je vhodná a možná i kombinace obou metod.

Měřítko náčrtů se volí tak, aby dovolovalo měřiči jasné a čitelné zobrazení a zapsání všech potřebných měřických a popisných údajů. Zpravidla se použije měřítko 1 : 1 000 nebo 1 : 500. Formáty polních náčrtů pro tisk jsou zpravidla B3 (353 x 500 mm) nebo A3 (297 x 420 mm). Polní náčrty jsou rámové nebo blokové. Rámové náčrty se zakládají postupně dělením

mapového listu. Blokované náčrtky se orientují přibližně na sever a zakládají se tak, aby zobrazovaly ucelený měřický blok.

Výškopisné náčrtky se vyhotovují do polohopisných náčrtů anebo ve složitějších případech jejich výtisků, případně zvětšením polohopisného podkladu mapy apod. Výsledný originál měřického náčrtu je opatřen stvrzovací doložkou ÚOZI, že náležitostmi a obsahem odpovídá předpisům.

Číslování měřických náčrtů je zobrazeno na přehledu náčrtů v aritmetickém pořadí pro zpracovávanou lokalitu. Přehled náčrtů se vyhotovuje pro každou lokalitu na rastrovém obrazu mapy 1 : 10 000. V přehledu se vyznačí svým obvodem všechny náčrtky s uvedením jejich čísel, klad mapových listů a jejich označení. V případě potřeby se vyhotoví obdobně samostatný klad výškopisných náčrtů. Číslování podrobných bodů v zápisnicích i náčrtech probíhá současně a čísla se přidělují v rámci náčrtů průběžně a začínající číslem 1.

14 Kontrola prostorové přesnosti mapování pro pozemkové úpravy

Přesnost mapování pro potřeby pozemkových úprav je přesnost daná číselnou přesností bodového pole, číselnou přesností podrobného měření a grafickou přesností zobrazování. Posuzuje se podle hodnot středních chyb (směrodatných odchylek) nebo mezních odchylek. Přesnost podrobného měření a výsledných souřadnic podrobných bodů polohopisu se vyjadřuje ve vztahu k blízkým bodům podrobného polohového bodového pole, popř. základního polohového nebo výškového bodového pole. Charakteristika přesnosti podrobného měření je daná číselnou přesností podrobného bodového pole a podrobného měření.

Skutečná souřadnicová chyba nesmí překročit hodnotu mezní souřadnicové chyby u_{xy} vypočtenou jako dvojnásobek základní střední souřadnicové chyby m_{xy} . Přičemž základní střední souřadnicová chyba se stanoví podle kódu kvality podrobných bodů. Kód kvality podrobných bodů se stanoví podle hodnoty výběrové střední souřadnicové chyby v závislosti na základní střední souřadnicové chybě m_{xy} . Body polohopisu schváleného návrhu pozemkových úprav se považují za body určené se **základní střední souřadnicovou chybou $m_{xy} = 0,14$ m. Požadovaná základní střední výšková chyba je $m_z = 0,12$ m.**

K ověření homogenity souboru obsahujícího více než 20 podrobných bodů polohopisu s bodovým polem musí být současně nejméně 40 % výběrových středních souřadnicových chyb menších, než je hodnota základní střední souřadnicové chyby m s tím, že za skutečnou souřadnicovou chybu se považuje rozdíl původních a nově určených souřadnic. Testování probíhá postupem porovnání s přesnějšími body.

15 Porovnávání souřadnic podrobných a výškových bodů

Pro každou lokalitu mapování s využitím prostředků UAS pro potřeby pozemkových úprav je potřeba doložit a prokázat prostorovou přesnost a homogenitu digitálního souboru polohopisu a výškopisu. K tomuto účelu je potřeba před začátkem leteckých prací v terénu navrhnout kontrolní body rovnoměrně rozmístěné po lokalitě mezi body vstupní a s hustotou obdobnou jako body vstupní. Kontrolní body mají v terénu velikost minimálně 9x9 cm a jsou převážně v barvě bílé. Zaměřují se s přesností 0,025 m, odpovídající přesnosti bodů bodového pole.

Prokázání přesnosti mapování se provede na základě nezávislého určení souřadnic kontrolních bodů polohopisu a výškopisu z měření prostřednictvím UAS a jejich porovnání s prvotně určenými hodnotami souřadnic kontrolních bodů určených s vyšší přesností převážně geodetickými metodami.

Za testovaný soubor bodů se určí seznam souřadnic a výšek kontrolních bodů určených z DMT a jako referenční soubor je seznam souřadnic identických kontrolních bodů určených geodetickou metodou s vyšší přesností.

Po jednotném očíslování dvojic bodů se oba soubory uloží do databáze. Výpočet začíná statistickým porovnáním dvou seznamů souřadnic. Nejprve jsou vypočteny souřadnicové rozdíly

$$d_x = x_k - x_m, d_y = y_k - y_m, d_z = z_k - z_m,$$

kde x_m, y_m, z_m jsou souřadnice z testovaného souboru a x_k, y_k, z_k jsou souřadnice z referenčního souboru.

Z těchto rozdílů je vypočtena polohová odchylka

$$d_{Pol} = \sqrt{d_x^2 + d_y^2}$$

a směrník polohové odchylky.

Obdobně jsou porovnány i výšky bodů s tím, že lze porovnávat i seznamy, v nichž mají body pouze výšky a polohu nemají definovanu.

Dále se vypočte empirická střední souřadnicová chyba z dvojice měření dle vztahu

$$s_{xy} = \frac{1}{2} \sqrt{d_x^2 + d_y^2}$$

Při posouzení dosažené přesnosti souřadnic nově určovaného podrobného bodu polohopisu postupem, kdy se přesnost považuje za vyhovující, když

a) výběrová střední souřadnicová chyba vypočtená metodou nejmenších čtverců, nebo

b) výběrová střední souřadnicová chyba vypočtená z dvojice měření

je menší, než mezní souřadnicová chyba, která byla vypočtená tak, že:

- mezní souřadnicová chyba u_{xy} se stanoví dvojnásobkem základní střední souřadnicové chyby m_{xy} .

V případě souboru obsahujícího více než 20 nově určovaných podrobných bodů polohopisu musí být současně nejméně 40 % výběrových středních souřadnicových chyb menších, než je hodnota základní střední souřadnicové chyby m .

Při testování kontrolních bodů zaměřených s vyšší přesností s jejich souřadnicemi vyhodnocenými z mapování UAS se bude postupovat tak, jako kdyby souřadnice kontrolních bodů zaměřených prokazatelně s vyšší přesností byly bezchybné. Souřadnicový rozdíl odpovídajících si kontrolních bodů nemá charakter rozdílu mezi dvojím měřením, ale jde o určení skutečné souřadnicové chyby.

Dále se postupuje při posouzení dosažené přesnosti určení souřadnic nově určovaného kontrolního bodu z mračna bodů a určení souřadnic a výšek kontrolního bodu z ortofotomapy, jako porovnání nezávislého určení souřadnic kontrolního bodu polohopisu a výškopisu s jejich souřadnicemi z geodetického měření vyšší přesnosti.

Skutečná souřadnicová chyba nesmí překročit hodnotu mezní souřadnicové chyby u_{xy} vypočtenou jako dvojnásobek základní střední souřadnicové chyby m_{xy} . Přičemž základní střední souřadnicová chyba se stanoví podle kódu kvality podrobných bodů. Kód kvality podrobných bodů určených geodetickými metodami se stanoví podle hodnoty výběrové střední souřadnicové chyby v závislosti na základní střední souřadnicové chybě m_{xy} .

Kód kvality Základní střední souřadnicová chyba v metrech

3	0,14 m
4	0,26 m
5	0,50 m

Požadovaná základní střední výšková chyba je $m_z = 0,12$ m.

Testovaná hodnota s_{xy} je tedy jejich kvadratický průměr, je tedy $2^{1/2}$ krát větší, než hodnota vypočtená podle výše uvedeného vztahu.

Pro celý zpracovávaný soubor jsou spočteny střední chyby souřadnic

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum(d_x^2/2)}{N}},$$

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum(d_y^2/2)}{N}},$$

$$s_z = \sqrt{\frac{\sum(d_z^2/2)}{N}}, \text{ kde } N \text{ je počet testovaných bodů.}$$

V závěrečné statistice je mimo jiné potřeba uvést, kolik procent bodů mělo s_{xy} menší než je požadovaná m_{xy} , (má být alespoň 40%) u kolika procent bodů byla s_{xy} v intervalu (m_{xy} , $2m_{xy}$) a u kolika procent bodů byla $2m_{xy}$ překročena. Požadovaná střední chyba je stanovena pro každý bod podle jeho kódu kvality 3.

POROVNÁNÍ SEZNAMŮ SOUŘADNIC

Testovaný soubor : V:\VUGTK\OBRATAN\2018\MERENI\ObratanDronVB.crd
 Referenční soubor: V:\VUGTK\OBRATAN\2018\MERENI\ObratanGeoVB.crd

Bod	Y Test	X Test	Z Test	KvT	Y Ref	X Ref	Z Ref	KvR	dY	dX	dZ	sX	sY	sZ	sXY	dPol	Směrník	Poz

5001	715203.960	1121511.850	584.897	3	715204.029	1121511.782	584.864		0.069	-0.068	-0.034	0.05	0.05	0.02	0.05	0.10	149.5353	
5002	715300.617	1121988.131	602.062	3	715300.639	1121988.060	602.061		0.022	-0.072	-0.001	0.05	0.02	0.00	0.04	0.07	180.9970	
5003	715353.912	1122538.023	611.277	3	715353.909	1122538.002	611.308		-0.004	-0.022	0.031	0.02	0.00	0.02	0.01	0.02	210.2735	
5004	715767.132	1122352.834	624.017	3	715767.091	1122352.845	624.033		-0.041	0.011	0.016	0.01	0.03	0.01	0.02	0.04	316.6871	
5005	716355.219	1122205.466	632.863	3	716355.215	1122205.455	632.892		-0.005	-0.011	0.029	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	224.7211	
5006	716298.063	1121798.774	625.636	3	716298.008	1121798.811	625.604		-0.055	0.037	-0.033	0.03	0.04	0.02	0.03	0.07	337.2997	
5007	715924.034	1121880.482	626.231	3	715924.007	1121880.501	626.230		-0.028	0.019	-0.002	0.01	0.02	0.00	0.02	0.03	338.4899	
5008	716218.174	1121443.684	596.703	3	716218.174	1121443.701	596.632		0.000	0.017	-0.072	0.01	0.00	0.05	0.01	0.02	0.0000	
5009	715971.717	1121378.445	588.788	3	715971.696	1121378.399	588.739		-0.021	-0.046	-0.049	0.03	0.01	0.03	0.03	0.05	227.2641	
5010	715700.931	1121524.315	591.658	3	715700.911	1121524.299	591.646		-0.021	-0.017	-0.013	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	256.8558	

Posun těžiště:									0.008	0.015	0.013			0.02		0.02	231.6711	

Obrázek 3: Protokol o porovnání souřadnic kontrolních bodů z geodetického měření a měření UAS (výsledky s použitím RTK)

STATISTIKA:

Typ testování	: Pro kód kvality 3
Počet bodů (n)	: 10
Požadovaná střední souřadnicová chyba (mxy)	: 0.14m
Požadovaná střední výšková chyba (mz)	: 0.12m
Mezní střední souřadnicová chyba (uxy=2.0*mxy)	: 0.28m
Koeficient konfidence	: 2.0
Počet bodů s sxy v intervalu <0, mxy)	: 10 (100.0%)
Počet bodů s sxy v intervalu <mxy, 2.0*mxy)	: 0 (0.0%) (označeny ???)
Počet bodů s sxy v intervalu <2.0*mxy, +Nek.)	: 0 (0.0%) (označeny xxx)
Maximální výběrová střední souřadnicová chyba (sxy)	: 0.05m
Výběrová střední souřadnicová chyba X (sx)	: 0.03m
Výběrová střední souřadnicová chyba Y (sy)	: 0.02m
Výběrová střední souřadnicová chyba Z (sz)	: 0.02m
Výběrová střední souřadnicová chyba (sxy)	: 0.03m
Koeficient použitý pro výpočet výběrových chyb (k)	: 2.0
Počet nenalezených bodů	: 0
Počet bodů nalezených vícekrát	: 0

Obrázek 4: Statistika výsledných hodnot z testování dvojic souřadnic kontrolních bodů s použitím RTK

16 Kvalita výsledku zeměměřických činností při metodě UAS pro pozemkové úpravy

Zeměměřické činnosti prováděné v rámci pozemkových úprav patří k činnostem prováděným ve veřejném zájmu. Z tohoto hlediska je nezbytné, aby byly při požití metody UAS splněny požadavky právních a technických předpisů, které tyto zeměměřické činnosti určitým způsobem regulují. Jde zejména o splnění požadavků zákona o zeměměřictví a jeho prováděcí vyhlášky a zákona o metrologii:

- a) Zeměměřické činnosti ve veřejném zájmu, vyžadující použití měřidel, mohou být vykonávány pouze s použitím těchto měřidel splňujících požadavky zvláštního právního předpisu, kterým je obecně závazný předpis – zákon o metrologii. Kalibrace UAS provádí kalibrační laboratoř akreditovaná ČMI nebo přidružená laboratoř ČMI. Standardní nejistota měření musí být určena v souladu s dokumentem EA-04/02 M:2013, tj. metodice vyjadřování nejistot měření při kalibraci. Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardních nejistot měření a koeficientu rozšíření, který při normálním rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95%. Rozšířená nejistota měření je uvedena na kalibračním listu měřidla UAS a je součástí dokumentace k měření.
- b) Zeměměřické činnosti jsou dle výše uvedeného zákona oprávněny vykonávat pouze odborně způsobilé osoby, kterými jsou: 1. fyzická osoba se středoškolským vzděláním zeměměřického směru, 2. fyzická osoba s vysokoškolským vzděláním zeměměřického směru.
- c) Výsledky zeměměřických činností, využívané ve veřejném zájmu orgány zeměměřictví a katastru musí, být dokumentovány v závazných geodetických referenčních systémech. V případě, kdy je posuzována platnost certifikátů dle bodu a), se postupuje v souladu ustanovením Metrologického řádu resortu ČÚZK, č. j. ČÚZK 1558/2009-22, účinnost od 1. 9. 2009, v platném znění.

Zeměměřické činnosti a výsledky obnovy katastrálního operátu na podkladě pozemkových úprav a polohopisné a výškopisné mapování se kontrolují po ucelených etapách se zaměřením na jejich úplnost, návaznost a soulad dílčích operátů, dodržení stanovených charakteristik a kritérií přesnosti, platných pro zeměměřické činnosti stanovené v kritériích podle normy ČSN EN ISO 19157 – norma pro kvalitu.

Kvalita prostorové přesnosti mapování a úplnosti díla se dokládá splněním požadavků pro 3. třídu mapování uvedené ve statistice z kontrolního měření, kalibrací UAS a stvrzovací doložkou úředně oprávněného zeměměřického inženýra.



Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v. v. i.
Kalibrační laboratoř



Kalibrační list č.: VÚGTK/12345/2017

VZOR KALIBRAČNÍHO LISTU

Datum vystavení: 30.11.2017

Stránka 1 z 2

Zadavatel:	GEOLINE, spol. s.r.o., V planinách 163/3, 109 00 Praha 10
Datum přijetí měřidla:	28.11.2017
Měřidlo:	Pracovní měřidlo nestanovené, skenovací systém
Výrobní číslo:	LLS071405826
Použitý etalon:	Souřadnicový měřicí stroj (CMM) Leica Absolute Tracker AT-401 (Leica AT-401), KL č. VÚGTK/41706/2017 Teploměr, KL č. 2691F-16 Barometr, KL č. 1033-KL-D006S-16
Předpisy:	Kalibrační postup č. 12/2012 Kalibrace pomocí souřadnicového měřicího stroje EA-04/02 M: 2013 Metodika vyjadřování nejistot měření při kalibracích
Podmínky pro kalibraci:	Teplota 20,0°C ± 0,5°C, tlak 970 hPa.
Místo kalibrace:	Kalibrační laboratoř, Ústecká 98, Zdiby

Kalibrační list může být rozšiřován v celkovém počtu stran beze změn. Změny a doplňky mohou být provedeny pouze laboratoři, která dokument vystavila.

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i. – Kalibrační laboratoř
<http://kalibrace.vugtk.cz>, tel: +420 226 802 338, fax: +420 284 890 056, Ústecká 98, 25066 Zdiby

Kalibrační list č. VÚGTK/12345/2017

Stránka 2 z 2

Výsledky měření: Měření polohy bodů (v rozsahu do 30 m)

Celková prostorová směrodatná odchylka měřeného bodu je $u = 0,9$ mm.

Celková rozšířená nejistota měřeného bodu v prostoru je $U = 1,8$ mm.

Pozn: Výsledná hodnota je platná pro měření do vzdálenosti 30 m od přístroje.

Uvedená rozšířená nejistota měření je součinem standardních nejistot měření a koeficientu rozšíření $k = 2$, který při normálním rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí přibližně 95 %. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA-04/02 M: 2013.

Ve Zdíbech dne 28.11.2017, kalibraci provedl: Ing. Michal Volkmann.



Ing. I. Umnov

zástupce vedoucího KL

Konec kalibračního listu

Obrázek 5: Vzor kalibračního listu

17 Metadata

K výsledným datům polohopisného a výškopisného měření určeného pro pozemkové úpravy jsou zpracována metadata o datech. Normou pro metadata geodat je Norma ČSN EN ISO 19115-2 (97 9834) 1.9.2010 - Norma ČSN - Geografická informace - Metadata - Část 2: Rozšíření pro data zobrazení a mřížová data.

ČSN EN ISO 19115-2 je velmi rozsáhlá a definuje základní množinu „CORE“ elementů pro popis dat. Mezi hlavní a povinné údaje metadat patří:

- Název datové sady, Datum vzniku datové sady, Zodpovědná strana za data
- Geografický rozsah datové sady, Jazyk datové sady, Znaková sada (značkový klíč)
- Zatřídění do základních kategorií, Prostorové rozlišení, Abstrakt (výtah)
- Formát distribuce, Další informace o rozsahu dat, Typ prostorové reprezentace, Referenční systém, Historie vzniku (rodokmen), On-line přístup
- Identifikátor záznamu metadat, Jméno a verze standardu metadat,
- Jazyk a znaková sada metadat, Kontaktní místo uložení, Datum vzniku metadat.
- Další údaje podle zadání zadavatele

18 Technická zpráva

V závěru prací se pro každé mapované území vyhotoví technická zpráva, která obsahuje všechny důležité údaje a informace o mapování s využitím UAS jako:

- všeobecné údaje o mapovaném území,
- způsob a postup realizace, časové údaje, rozsah prací,
- odchylky od normálního postupu, pracovní překážky mající vliv na kvalitu díla, krizové momenty a jejich zdůvodnění,
- dodržení platných technických předpisů,
- stav daného datového pole, rozbor přesnosti, metadata,
- údaje o přesnosti a kontrole, - použité přístroje a metody,
- zhodnocení kvality prací a údaje o ověření díla ÚOZI,
- odevzdání (protokol) pozemkovému úřadu s dokumentací.
- technická zpráva a ověřovací doložka ÚOZI,
- kontrolní záznamy z průběžných kontrol a závěrečné kontroly
- ověřovací doložka celého díla o ověření výsledků měření úředně oprávněným zeměměřickým inženýrem (ÚOZI) v rozsahu podle § 13 odst. 1 písm. a), a b), zákona č. 200/1994 Sb., ve znění pozdějších předpisů, že „Náležitostmi a přesností odpovídá právním předpisům“.
- vyhotovitel očísluje všechny části výsledného díla, seřadí a odevzdá objednateli na záznamovém počítačovém médiu.

19 Shrnutí technicko – organizačních postupů pro použití metody UAS

Při použití UAS pro určování podrobných bodů při mapování je potřebné:

1. Rozhodnout, zda pro mapování konkrétní trati je metoda UAS vhodná a rentabilní.
2. Provést stabilizaci a signalizaci výchozích a kontrolních bodů.
3. Naplánovat snímkový let lokality s GSD = 1 až 3 cm s podélným překrytem 80% a příčným překrytem 60% - 70% s tím, aby bylo na všech letových drahách pořízeno ještě nejméně šest snímků vně hranice lokality s bloky, které musí být nejméně třířadové.
4. Uskutečnit snímkový let.
5. Vytvořit DMP pro určení výšek a pro vytvoření ortofotomapy, jako podkladu pro určení polohopisu mapování. Výsledná data jsou ve formátu LAS.
6. Vytvořit ortofotomapy. Výsledná data jsou ve formátu georeferencovaného JPG.
7. Vyhodnotit požadované prvky polohopisu a výškopisu při mapování z DMP.
8. Určit prostory, které je potřeba doměřit klasickými geodetickými metodami.
9. Doměření prostor, které nebylo možné vyhodnotit z DMT a ortofomapy, případně, které nesplňují požadovanou přesnost.
10. Zpracovat doměření a doplnit do výsledného polohopisu a výškopisu.

11. Vyhodnotit měření na kontrolních bodech, vytvořit všechny potřebné seznamy, záznamy a dokumentaci.

20 Shrnutí základních podmínek pro mapování s UAS v ČR

1. Pojištění pro provozování UAS
2. UAS s přidělenou registrační značkou od ÚCL (OK-XXXX)
3. Teoretické a praktické zkoušky pro dané UAS každého pilota
4. Platné povolení k létání pro každé UAS
5. Schválená letecká příručka od ÚCL
6. Platné povolení k leteckým pracím. Povolení leteckých prací se prodlužuje na základě doložení letových deníků registrovaných pilotů a zaplacení správních poplatků.
7. Platné povolení k leteckým pracím na dané lokalitě.
8. Ke snímkování je třeba vyčlenit minimálně 1 - 2 piloty na jeden konkrétní UAS (daného OK-XXXX) přezkoušené od ÚCL a zapsané v povolení k létání.
9. Pro mapování pro pozemkové úpravy je potřebné mít k dispozici softwaru pro práce plánovací, grafické, video editory, počítačové a programové vybavení pro práci s mračny bodů a ortofoty.

21 Závěr

Spolehlivost metody byla ověřena zpracovatelem metodiky, pracovní tým mohl využívat metodu bez jakýchkoli problémů a získal z terénu vysoce kvalitní obrázky snímků ve vysokém rozlišení mezi 1-5 cm. Nejvýhodnější je použít UAS s RTK, kde se ušetří čas na určení výchozích bodů, přičemž vše probíhá stejně jak s výchozími body. Metoda umožňuje bez zbytečných organizačních omezení téměř okamžitě reagovat na změny v terénu a vytvářet a aktualizovat ortofota a DMT. Metoda s využitím UAS **splňuje požadovanou přesnost** pro mapování v katastru a řídí se všemi legislativními rámci, které jsou vyžadovány pro podrobné měření polohopisu (výškopisu). Ještě se nabízí další využití dat nad rámec vyhotovování polohopisu a výškopisu pro PÚ.

Možnosti dalšího využití dat pomocí metody UAS:

1. Pro kontrolu DTR.
2. Využití pro jednání s vlastníky, lepší přehlednost, k dispozici DMT.
3. Využití dat pro správu majetku ve vlastnictví státu.
4. Pro kontrolu realizací staveb.

22 Srovnání novosti postupů

Metodika popisuje využití nového nástroje pro provádění podrobného měření polohopisu a výškopisu při pozemkových úpravách a využití nových technických prostředků pomocí

bezpilotního létání a nové fotogrammetrické zpracování měřických snímků. Tato metoda zatím nebyla nikde zpracována v podobě metodiky a komplexního srovnání se stávajícími metodami měření, jako jsou geodetické metody, případně klasické fotogrammetrické metody. Byly stanoveny podmínky pro její využití, závislost na typu lokality, kde se může metoda uplatnit, stanovení vhodného období pro použití a ale také její omezení v závislosti na typu vegetace a ročního období. Metodika sjednocuje a doporučuje postupy, aby byly splněny všechny požadované přesnosti měření a dodrženy všechny podmínky pro pozemkové úpravy a katastr nemovitostí. Metodika je nová, a proto srovnání s obdobnými metodikami není možné.

23 Popis uplatnění certifikované metodiky

Rozsah využití metodiky je velký. Metodika podporuje rozvoj prostředků informačních a komunikačních technologií využitelných pro získání dat nutných ke zpracování projektů pozemkových úprav, rozvoje krajiny, životního prostředí a pod. Součástí těchto projektů jsou vždy zeměměřické činnosti, které prostorově určují aktuální jevy na zemském povrchu, což je pro zpracování projektu pozemkových úprav zcela zásadní. Tyto měřické práce jsou však velmi drahé, mnohdy neoperativní a zpomalují postup zpracování projektů hlavně pozemkových úprav. Metodika je určena především pro řešitele pozemkových úprav a pro pozemkové úřady, aby byla stanovena jednotná metodika při použití prostředků UAS a aby byla zaručena požadovaná kvalita dat. Metodika se využije i při revizní a kontrolní činnosti, zvláště, v rozsáhlých a méně přístupných oblastech, při zadávání veřejných zakázek a kalkulacích.

24 Ekonomické aspekty

Předpokládané přínosy metodiky uplatnění UAS se projeví při zrychlení procesu prostorového určení objektů měření a vyhotovení grafických výstupů. Nová ověřená metoda přispěje k urychlení měřických prací, jejich komplexnosti využití i obsahové dokonalosti. Začleněním metody do stávajících technických předpisů se zvýší rychlost a operativnost při provádění pozemkových úprav v části pořizování adekvátních a standardizovaných geoprostorových dat. Zrychlením prací dojde i k snížení ceny geodetických prací při pozemkových úpravách. Dalším významným ekonomickým přínosem je několikanásobné využití takto pořízených komplexních dat pro další činnost pozemkových úřadů (pro kontrolu DTR, využitá pro správu majetku, kontrolu realizací staveb).

25 Seznam použité související literatury

1. REKTORYS a kol. Přehled užití matematiky, SNTL, 1968, 1140 s.č. L11-EI-II-84/1566/III
2. VYKUTIL.J.: Vyrovňovací počet, VUT Brno, 1973, 299 s. č.55-574-73
3. KARAS, J., TICHÝ, T.: Drony. Computer Press, Brno, 2016, 264 s., ISBN 978 80 251-4690-4
4. CHARVÁT, K.; KOCÁB, M.; KONEČNÝ, M.; KUBÍČEK, P.: Geografická data v informační společnosti. Zdíby : VÚGTK, v.v.i., 2007. 268 s.,ISBN 978-80-85881-28-8.
5. Zákon č. 256/2013 Sb., o katastru nemovitostí (katastrální zákon) v aktuálním znění
6. Vyhláška č. 13/2014 Sb., o postupu při provádění pozemkových úprav a náležitostech návrhu pozemkových úprav, ve znění pozdějších předpisů
7. Vyhláška č. 357/2013 Sb., ČÚZK, ze dne 1.11.2013 o katastru nemovitostí (katastrální vyhláška) ve znění vyhlášky č. 87/2017 Sb. v platném znění
8. ANDĚL, J.: Matematická statistika. Praha, SNTL, 1978
9. KOCH, K.-R.: Bayesian Inference with Geodetic Applications, Springer-Verlag, 1990
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Jeffreys_prior#One-parameter_case
11. https://en.wikipedia.org/wiki/Incomplete_gamma_function

26 Seznam publikací, které předcházely metodice

1. KOCÁB, M.; ZAORALOVÁ, J.; VILIM, D.; SOUKUP, L.; RADĚJ, K. Terms for Determination of Spatial by the Unmanned aerial Systems used for Land Consolidation. In 18th International Multidisciplinary Scientific Geokonference SGEM2018, 30 June – 8 July 2018 : Conference Proceedings. Volume 18 : Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing ISSUE 21. Sofia 2018, p. 435-442. ISBN 978-619-7408-40-9, ISSN 1314-2704, DOI: 10.5593/sgem2018/2.2/S08.055
2. ZAORALOVÁ, J.; ŠAFÁŘ, V.; KOCÁB, M. Modern Ways of the Czech cadastral Documentation renewal by new mapping Methods. In 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016, SGEM2016 Conference Proceedings, June 28 - July 6, 2016, Book2 Vol. 1, pp. 759-766. ISBN 978-619-7105-58-2 / ISSN 1314-2704

3. KOCÁB, M.: VILÍM,D.: SOUKUP,L: Geodetická měření bezpilotními leteckými systémy při pozemkových úpravách. 54.geodetické informační dny Brno, 5-6.3.2019: Conference Proceedings, Brno 2019, s.1-24. ISBN 978-80-02-02855-0

4. KOCÁB, Milan; LECHNER, Jiří; RADĚJ, Karel; SOUKUP Lubomír. Ověření prostorové přesnosti ortofota vytvořeného prostředky UAS (drony). In: Geodetický a kartografický obzor. Roč. 65/107, 2019, č.5, s. 110-118: 3 il. Lit. 11. ISSN 1805-7446

27 Jména oponentů

Oponenti:

1. Ing. Arnošt Muller, Státní pozemkový úřad, Husinecká 1024/11a, 130 00 Praha3
2. Ing. Martin Nedoma, Geodetická kancelář Nedoma & Řezník, s.r.o., Plukovníka Mráze 1425/1, 102 00 Praha 10 - Hostivař

28 Dedikace

Metodika vznikla jako výstup projektu č. TH02030291 „Výzkum uplatnění a začlenění prostředků UAS do zpracování pozemkových úprav a udržitelného rozvoje krajiny“, který řeší VÚGTK,v.v.i., ve spolupráci s firmou GEOLINE s.r.o. s finanční podporou TA ČR.