

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Pozemkové úpravy a převody nemovitostí

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Pasportizace staveb zemědělských podniků pomocí bezpilotní technologie a
porovnání s KN**

Autor diplomové práce: **Bc. Pavel Božák**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Pavlíček, Ph.D.

Konzultant práce: Ing. Jakub Polenský

České Budějovice, 2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel BOŽÁK**
Osobní číslo: **Z15314**
Studijní program: **N4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**
Název tématu: **Pasportizace staveb zemědělských podniků pomocí bezpilotní technologie a porovnání s KN**
Zadávací katedra: **Katedra krajinného managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Teoretická část.

Popis bezpilotních technologií.

Využití bezpilotních technologií pro aktualizaci katastru nemovitostí.

Praktická část.

Výběr vhodných lokalit.

Popis staveb a pozemků zemědělských družstev z katastru nemovitostí.

Zmapování vybraných lokalit pomocí bezpilotních technologií.

Porovnání pořízených snímků se stavem zaneseným v katastru nemovitostí.

Vyhodnocení zjištěných nesouladů.

Cíl práce: Práce má být zaměřena na porovnání údajů z katastru nemovitostí s pořízenými snímky. Cílem práce je potvrdit, zda by byla bezpilotní technologie vhodná jako součást prací pro obnovu katastrálního operátu.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran textu
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

KHEL, T., VOPRAVIL, J., VRABCOVÁ, T., ČERMÁKOVÁ, M., BANÝROVÁ, J., NOVÁK, P., LAGOVÁ, J., CHRAMOSTOVÁ, B. Metodický postup interpretace podkladů Dálkového průzkumu Země k omezení dopadů přírodních a antropických vlivů na půdu. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2009. ISBN 978-80-904027-6-8.

KARAS, J., TICHÝ, T. Drony. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4680-4.

DOLEŽAL, P., PAVLÍK, M., STŘÍTECKÝ, L., DUMBROVSKÝ, M., MARTÉNEK, J. 2010. Metodický návod k provádění pozemkových úprav. Praha: Ministerstvo zemědělství - Ústřední pozemkový úřad. 173 s. .

TLAPÁKOVÁ, L., ČMELÍK, M., ŽALOUDÍK, J., KARAS, J. Metodika identifikace drenážních systémů a stanovení jejich funkčnosti. Pardubice: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2016. ISBN 978-8087361-58-0.

Hánek, P., a kol.: Geodézie pro obor pozemkové úpravy a převody nemovitostí. České Budějovice 2008.

Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod. ČÚZK, Praha, Zákon č. 256/2013 Sb. o katastru nemovitostí.

Vyhláška č. 357/2013 Sb., vyhláška o katastru nemovitostí

<http://www.cuzk.cz/>

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Pavlíček, Ph.D.

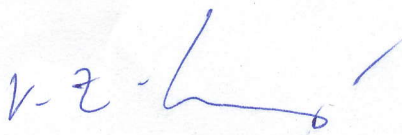
Katedra krajinného managementu

Datum zadání diplomové práce:

23. února 2017

Termín odevzdání diplomové práce:

30. dubna 2018



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 1868, 370 05 České Budějovice



doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 23. února 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích 10.4.2018



Bc. Pavel Božák

Poděkování

Chtěl bych touto cestou poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Pavlíčkovi, Ph.D. za odbornou pomoc a vedení mé práce. Stejně tak bych rád poděkoval svým rodičům za jejich trpělivost a podporu po celou dobu mého studia. V neposlední řadě patří také velký dík konzultantovi mé diplomové práce Ing. Jakubu Polenskému za technickou podporu při létání s bezpilotním zařízením a při zpracováním pořízených dat.

Abstrakt

Tato práce se zabývá bezpilotními zařízeními a jejich použitelností v rámci přesného fotogrammetrického mapování. První část práce je věnována historii bezpilotních technologií a teoretickému úvodu do dané problematiky. Ve druhé části je řešen modelový příklad fotogrammetrického mapování nad územím zemědělského družstva, kde se nachází budova, která není zanesena v katastrální mapě. Konkrétně je řešeno pořízení leteckých snímků a jejich následné vyhodnocení v softwaru Agisoft Photo Scan. Výstupem je podrobná ortofoto mapa části zemědělského družstva s přesně polohově určenou zemědělskou budovou.

Klíčová slova:

Bezpilotní zařízení, fotogrammetrické mapování, katastrální mapování, ortofoto, Agisoft Photo Scan.

Abstract

This dissertation deals with unmaned aerial vehicles and their use in an accurate photogrammetric mapping. The very first part of my thesis describes a history of UAV (unmaned aerial vehicles) and a theoretical introduction of the issue. In the second part of this thesis a specific example of mapping agricultural area with a missing building in cadastral map is solved. The disertation is focused on an aerial photo-shooting and then on matching the pictures in the software Agisoft Photo Scan. The result of the work is a detailed ortophoto map of the agricultural area where the missing building is exactly positionally determined.

Key Words:

Unamaned Aerial Vehicles, photogrammetric mapping, cadastral mapping, ortophoto, Agisoft Photo Scan.

Obsah

1. ÚVOD	9
1.1 CÍL PRÁCE.....	9
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE	10
2.1 BEZPILOTNÍ TECHNOLOGIE	10
2.1.1 <i>Definice UAV</i>	10
2.1.2 <i>Historie UAV</i>	11
2.1.3 <i>Kategorizace UAV a typy bezpilotních prostředků</i>	14
2.1.4 <i>UAV využitelné pro snímkování</i>	15
2.1.5 <i>Výhody a nevýhody UAV</i>	22
2.1.6 <i>Civilní a komerční využití bezpilotních dronů</i>	23
2.2 LEGISLATIVA TÝKAJÍCÍ SE UAV	26
2.2.1 <i>Doplněk X</i>	27
2.2.2 <i>Povolení k leteckým činnostem s bezpilotními letadly</i>	30
2.3 FOTOGRAMMETRIE.....	31
2.3.1 <i>Definice a princip</i>	31
2.3.2 <i>Dělení a využití fotogrammetrie</i>	32
2.3.3 <i>Principy fotogrammetrie</i>	33
2.3.4 <i>Výhody a nevýhody fotogrammetrie</i>	34
2.4 ZAMĚŘENÍ BODU DLE NÁVODU PRO OBNOVU KATASTRÁLNÍHO OPERÁTU A PŘEVOD.....	34
2.4.1 <i>Metody terestrického měření</i>	35
2.4.2 <i>Fotogrammetrické metody měření</i>	37
2.4.3 <i>Technologie GNSS měření</i>	38
3. METODIKA	39
3.1 POPIS ZKOUMANÉ LOKALITY.....	39
3.1.1 <i>Areál zemědělského družstva v Haklových Dvorech</i>	39
3.2 POPIS POUŽITÉHO UAV.....	40
3.2.1 <i>Technická data:</i>	41
3.2.2 <i>Součásti bezpilotní systému DJI S900</i>	42
3.2.3 <i>Předletová kontrola prostoru</i>	42
3.2.4 <i>Standardní meteorologická minima pro provedení bezpilotního letu</i>	43
3.2.5 <i>Předletová kontrola stroje</i>	43
3.2.6 <i>Rozmístění a zaměření vlícovacích bodů – prvky vnější orientace</i>	43
3.3 FÁZE LETU	47
3.3.1 <i>Zapnutí stroje</i>	47

3.3.2	<i>Konfigurace stroje a příslušenství v aplikaci DJI Ground Station Pro</i>	47
3.3.3	<i>Vzlet a sběr dat</i>	50
3.4	VYHODNOCENÍ AUTOMATICKÝCH LETŮ V UAV FOTOGRAMMETRII.....	50
3.4.1	<i>Specifikace parametrů výstupních dat</i>	50
3.4.2	<i>Překryv pořízených snímků</i>	51
3.4.3	<i>Popis zpracování pořízených snímků v SW Agisoft Photo Scan</i>	51
4.	VÝSLEDKY A DISKUSE	59
4.1	VYTVORENÁ AKTUÁLNÍ ORTOFOTO MAPA (OBR. Č. 43)	59
4.2	ZNÁZORNĚNÍ NEZANESENÉ ZEMĚDĚLSKÉ BUDOVY V KATASTRÁLNÍ MAPĚ (OBR. Č. 44).....	60
4.3	POLOHOVĚ URČENÝ OBVOD NEZANESENÉ BUDOVY (OBR. Č. 45).....	61
4.4	VYKERESLENÍ NEZANESENÉ ZEMĚDĚLSKÉ BUDOVY V KATASTRÁLNÍ MAPĚ A URČENÍ SOUŘADNIC ROHŮ BUDOVY (VIZ. OBR. Č. 46 A TAB Č. 7)	62
4.5	PODROBNOST A PŘESNOST VYTVORENÉ ORTOFOTO MAPY.....	63
4.6	ČASOVÁ NÁROČNOST.....	65
4.7	NÁKLADY NA POŘÍZENÍ TECHNOLOGIÍ.....	66
5.	ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR	67
6.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	69
7.	SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	72
8.	SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK	74
9.	SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍLOH	75

1. Úvod

Během posledních let se velmi rozmohlo komerční i nekomerční využití, dnes již cenově dostupných, bezpilotních zařízení - multikoptér, často označovaných též jako „drony“. V současné době se čím dál tím více setkáváme s aplikací těchto bezpilotních technologií nejen na poli vědeckých a technických disciplín, ale i v běžném každodenním životě. Kromě toho, že tyto stroje dokážou nosit záznamová zařízení a senzory pro sběr dat nejrůznějšího druhu, se také zjednodušuje jejich ovládání. Tento fakt jde ruku v ruce s nezastavitelným technologickým pokrokem.

Jedním z mnoha uplatnění pro bezpilotní technologie je možnost snímkování zemského povrchu z ptáčích perspektivy, v přesnější formě pak fotogrammetrického mapování. Letecká fotogrammetrie umožňuje mapování rozsáhlých mapových celků, ale je velice nákladná. Také se provádí z velké nadmořské výšky, takže podrobnost a přesnost, odvislá od rozlišení snímků, není zpravidla dostatečná pro mapy velkých měřítek. Cenově dostupná bezpilotní zařízení však mohou menší územní celky mapovat daleko podrobněji i přesněji a celý proces mapování je hlavně mnohem dostupnější, co se nákladů a veškerých vynaložených sil týče.

Přesnost fotogrammetrického mapování bezpilotními technologiemi z malých výšek by v dnešní době již měla být dostatečně přesná i pro využití při obnově katastrální mapy. Při dodržení správných postupů, za předpokladu využití přesně zaměřených vlíčovacích bodů a správně provedeného snímkování, je teoretická přesnost určení souřadnic řádově do centimetru, v „horším případě“ do jednotek centimetrů, což je pro katastr nemovitostí zcela dostatečné. Otázkou však zůstává, jestli se mapování změn v katastru nemovitostí pomocí bezpilotní technologie vyplatí, popřípadě za jakých okolností by se mohlo vyplatit a předčít technologie konvenční.

1.1 CÍL PRÁCE

Cílem práce je ověřit použitelnost bezpilotních technologií při mapování změn v katastru nemovitostí, konkrétně na příkladu zmapování a polohového určení zemědělské budovy nezanesené v katastrální mapě.

2. Literární rešerše

2.1 BEZPILOTNÍ TECHNOLOGIE

2.1.1 Definice UAV

Poprvé se zkratka UAV objevila mezi lety 1970 a 1980, kdy byla ministerstvem obrany Spojených států amerických použita v souvislosti s vývojem bezpilotních bojových letounů. Samotná zkratka UAV tedy vychází z anglického sousloví Unmanned Aerial Vehicle, přeloženo do češtiny – bezpilotní letecký prostředek. Rozdíl od klasických strojů je, že pilot se nenachází přímo na palubě stroje, ale na určitém stanovišti. Stroj může být řízen plně, z části nebo zcela automatizovaným způsobem pomocí složitých dynamických autonomních systémů, a to i na vzdálenosti přesahující 10 000 km. To je však běžné zejména ve vojenském průmyslu, pro komerční využití se UAV využívají zpravidla na kratší vzdálenosti [1].

Bezpilotní letecký prostředek se tedy nemusí řídit sám, v mnoha případech trajektorii, po které se tento stroj pohybuje, vybírá jeho pilot či posádka, nacházející se na zvláštním stanovišti [2].

S pojmem UAV se dále běžně můžeme setkat v oborech jako jsou například výpočetní technika, robotika, umělá inteligence nebo fotogrammetrie [3].

Z hlediska komerčního využití UAV se setkáváme nejčastěji se zavádějícím pojmem „dron“, vycházejícího z anglického slova „drone“, které nese více významů – trubec, líná osoba, soustavný basový tón a především vrčivý zvuk, díky čemuž vzniklo připodobnění tohoto vrčivého zvuku ke zvuku, který vydává toto zařízení během svého letu. Kromě komerční sféry se s označením dron setkáváme i ve sci-fi literatuře, kde se jedná o pojmenování pro vojenské dálkově ovládané technologie [1].

Bezpilotním prostředkem mohou být různé druhy létajících strojů. Jedná se o různá letadla, ale i balóny, vzducholodě, draky a hlavně dnes velice rozšířené vícemotorové vrtulníky, tzv. multikoptéry. Úřad pro civilní letectví (ÚCL) za bezpilotní letadlo považuje jakýkoliv typ létajícího prostředku (letadlo, balón, vrtulník atp.), který buď přesáhne hmotnost 20 kg, nebo pokud je při hmotnosti nižší než 20 kg využíván k jiným než rekreačním a sportovním účelům, tzn. např. k experimentálním a komerčním [20].

ÚCL definuje bezpilotní letadlo jako letadlo, které je určeno pro provoz bez pilota na palubě. Bepilotní systém je pak dle ÚCL definován jako systém, který se skládá z bepilotního letadla, řídicí stanice a jakéhokoliv dalšího prvku nezbytného k umožnění letu, jako například datového spojení pro řízení a kontrolu prvku pro vypuštění a návrat [4].

Jednou z nejdůležitějších součástí moderních UAV je software, pomocí kterého je bepilotní zařízení ovládáno a software, díky kterému je zařízení schopné orientace ve vzdušném prostoru a reakcím na okolní povětrnostní podmínky. V souvislosti s tímto se často setkáváme s pojmem Inertial Measure Unit (IMU) neboli inerciální řídicí jednotka, která vyhodnocuje na základě senzorů (akcelerometry, gyroskopy, optické senzory, sonary, kamery, laserové skenery apod.) polohu zařízení vůči danému souřadnicovému referenčnímu systému. V tomto odvětví za poslední roky udělali velký pokrok zejm. výrobci „dronů“ pro komerční využití, které dnes dokáže pomocí aplikace a chytrého telefonu ovládat snad každý [5].

2.1.2 Historie UAV

Prvním člověkem, jež si nechal patentovat prapůvodní autonomní ovládací systém byl v roce 1898 Nikola Tesla. Jednalo se o teleautomatizaci, která představovala dálkové ovládání motorové loďky. V poznámkách Tesly se pak našly úvahy o sestrojení bepilotního leteckého systému [1].

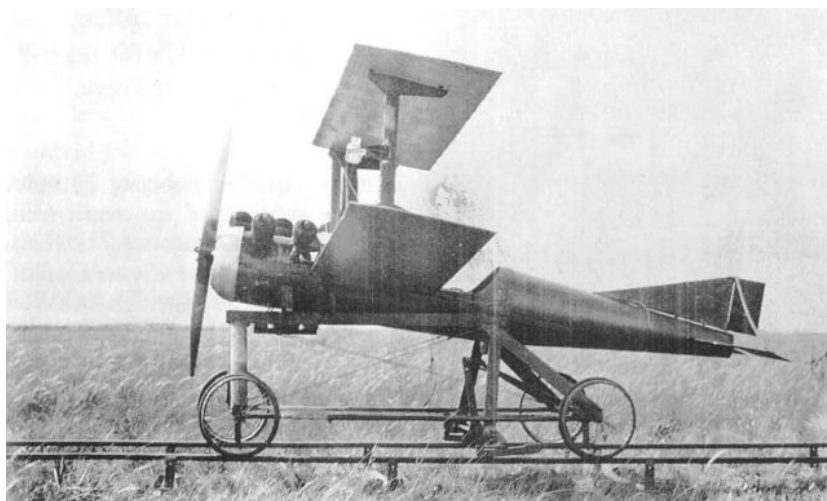
Dokonce ještě před Teslou tu byly bepilotní horkovzdušné balóny, pomocí kterých byly například v roce 1849 poprvé shazovány výbušniny při rakousko-uherském útoku na zbarikádované nepřátele v Benátkách. Hovoříme o pol. 19. století, tedy době dřívější, než bratři Writhové uskutečnili první pilotovaný let. Jeden z prvních bepilotních horkovzdušných balónů byl označován jako Unmanned Aerial Bomber, disponoval závěsným košem s výbušninou a časovým mechanismem pro odpálení. Tyto balóny se vypouštěly nad území nepřátel, kde měly působit škody. Podobných balónů využívala i japonská armáda (viz. obr. č. 1) o mnoho let později během 2.sv.v.. Souběžně s rozvojem balónů, různých draků a samonaváděných raket se uskutečňovaly i pokusy s holuby, kterým byl na tělo připevněn fotoaparát a vznikaly tak první letecké snímky. Pro špionážní účely se balóny a draky nasazovaly poprvé

během 1. světové války, kdy jimi měl být sledován hlavně postup nepřátelských vojsk [6].



Obrázek č. 1: Japonský balón s výbušninou.

Teprve v roce 1916 pak bylo sestrojeno první bezpilotní letadlo v rámci projektu „Aerial Target“ (Vzdušný cíl), který měl na svědomí anglický inženýr Archibald Montgomery Low, známý vynálezce raket a torpéd. Tento počín nastartoval rozmach ve vývoji bezpilotních letounů a hned v roce 1918 vzniklo další dálkově ovládané letadlo „Kettering Bug“ (viz. obr. č. 2), které bylo schopné přesně zasáhnout cíl na vzdálenost až 64 km. V průběhu následujících tří dekad a během celé 2. světové války se objevovala i další rádiem řízená letadla, která byla schopna opakovaného použití. Německé nacistické střely V-1 lze rovněž považovat za první UAV [1].



Obrázek č. 2: Dálkově ovládaný Kettering Bug.

Po ukončení druhé světové války došlo k zakládání mnoha specializovaných pracovišť pro vývoj bezpilotních prostředků. V 60. letech už americká armáda naplno požívala tyto prostředky ve válce ve Vietnamu. Šlo hlavně o letoun D-21 a proslulé bezpilotní letadlo Firebee, které bylo několikrát modifikováno a využíváno i v dalším století. Vedle USA se nejintenzivněji vývojem UAV zabýval Izrael, kde byly v 70. a 80. letech vyvinuty nejpoužívanější spojenecké UAV Pioneer a Scout (viz. obr. č. 3 a 4), jež byly vybaveny vyspělými funkcemi pro sledování okolního prostředí, radarem a hlavně disponovaly možností on-line přenosu videa [6].



Obr. č. 3 a 4: Izrealská UAV Scout a Pioneer.

Doposud sloužily bezpilotní letouny hlavně pro špionáž, pozorování a taktické mise. Od této doby až do současnosti však dochází k jejich dokonalejšímu a účinnějšímu vyzbrojování. Zařízení Reaper a Predator (obr. č. 5) prokázala již na přelomu 80. a 90. let schopnost likvidovat vzdálené cíle na druhé straně planety, přičemž byla ovládána z letadlových lodí nebo i základen v USA. Svými funkcemi a především manévrovatelností se takové prostředky rovnají skutečným bitevníkům a navíc neohrožují život pilota na palubě [7].



Obr. č. 5: UAV MQ 1 Predator.

Z historie vývoje UAV vyplývá, že jak tomu tak bývá, iniciátorem pokroku vždy byla a stále je vojenská síla. Vidina zdokonalování zbraňových systémů a minimalizace počtu obětí znamenala pro toto odvětví velkou honbu za zlepšováním. Postupem času se některé z těchto sofistikovaných technologií uvolňovaly v různém rozsahu i pro civilní použití. Vývoj se dnes soustřeďuje jak na konstrukci a pohonnou jednotku, tak samozřejmě také na řídicí systémy (IMU – Inertial Measure Unit) a možnost dálkového ovládání, zpracování a streamování dat [1].

2.1.3 Kategorizace UAV a typy bezpilotních prostředků

UAV, bezpilotní prostředky je možné kategorizovat dle různých kritérií. A to hlavně dle hmotnosti, velikosti, typu křídla nebo pohonu (viz. tab. č.1). Dalšími kritérii jsou pak letové parametry stroje, kam patří zejména dolet, maximální možná výška a doba letu (viz tab. č. 2).

Tabulka č.1: Základní rozdělení UAV [8].

	Lehčí než vzduch	Těžší než vzduch		
		Stavitelné křídlo	Pevné křídlo	Rotální křídlo
Bez pohonu	Balón	Drak	Větroň	
		Paraglide		
S pohonem	Vzducholod'	Rogalo	Letadlo	Vrtulníky
				Multikoptéry

Tabulka č.2: Dělení UAV dle velikosti a letových parametrů [9].

Označení	Kategorie	Dolet (km)	Letová výška (m)	Letová doba (h)	Hmotnost (kg)
μ	Mikro	<10	250	1	<5
Mini	Mini	<10	350	<2	<30
CR	Close Range	10-30	3000	2-4	25-150
SR	Short Range	30-70	3000	3-6	50-250
MR	Medium Range	70-200	3-5000	6-10	150-500
MRE	MR Endurance	>500	8000	10-18	500-1500
LADP	Low Alt. Deep Penetration	>250	50-9000	0,5-1	250-2500

LALE	Low Alt. Long Penetration	>500	3000	>24	15-25
MALE	Medium Alt. Long Penetration	500-750	5000-8000	24-48	1500
HALE	High Alt. Long Penetration	>250	20 000	24-48	2500-5000
UCAV	Unm. Combat Aerial Vehicle	400	<20 000	2	10000

Dále pak můžeme UAV dělit dle způsobu použití:

- Pro vojenské účely – UCAV (Unmanned Craft Aerial Vehicle).
 - opakovaně využitelné.
 - jednorázově a sebevražedně využitelné (suicidal UCAV).
- terčová zařízení – cvičné nebo klamné cíle (target drones).
- UAV k elektronickému boji.
- UAV sloužící k logistickým účelům.
- UAV sloužící k výzkumným a univerzitním účelům (fotogrammetrie, monitoring, testování a vývoj).
- UAV sloužící k civilním účelům (záchranné složky, policejní složky, ale i reklama zábava) [10][11].

2.1.4 UAV využitelné pro snímkování

LETADLA

Do této kategorie spadají stroje nejrůznější konstrukcí – klasická letadla, dvouplošníky nebo tzv. delta – křídla, někdy také označovaná jako samokřídla. Každá z těchto konstrukcí skýtá určité opodstatnění. Letadla patří globálně mezi nejčastější bezpilotní letecké prostředky. Jejich výhoda spočívá v dlouhém doletu, relativně vysoké nosnosti, jednodušší konstrukci a hladšímu chodu např. oproti vrtulníkům. Velkou výhodou je bezesporu i možnost přistání, dojde-li k poruše motoru. Letecké dálkově ovládané modely jsou v dnešní době také velice dostupné pro širokou veřejnost skrze modelářství. V malých měřítkách jsou letadla relativně bezpečnými leteckými nosiči, které startují z malé odpalovací rampy nebo hodem z ruky [1] [10].

Letadla jsou ve fotogrammetrii vhodná pro monitorování a snímkování rozsáhlejších územních celků. Dovolí pak i snímkování z větších nadmořských výšek.

Za zmínku z této oblasti jistě stojí profesionální letecké stroje Pteryx UAV (obr. č. 6), Mavinci, či Swinglet CAM nebo eBee (obr. č. 7) od společnost SenseFly. Tyto stroje disponují i vyspělými řídicími systémy pro plánování letu a orientaci ve vzdušném prostoru a výrobce k nim poskytuje i vyhodnocovací software [12][13].



Obr.č. 6: UAV Pteryx s odpalovací rampou.

Nevýhodou letounů oproti jiným UAV je nutnost neustálého a relativně rychlého pohybu ve vzdušném prostoru a nároky na větší přistávací plochu bez terénních nerovností a jiných překážek, které by při přistání mohly stroj poškodit [11].



Obr. č. 7: UAV eBee od společnosti SenseFly.

Hovoříme-li o kompaktních strojích, pak jejich limitním faktorem je složitost instalace výměnných senzorů a snímačů. Fotoaparát bývá umístěn zpravidla pouze fixně a možnost výměny snímacích aparátů většinou chybí nebo je velice nákladná. Tento fakt pramení z technické stránky věci, kdy konstrukce letadla tyto aspekty limituje, či přímo vylučuje. Proto se tyto stroje používají většinou pouze profesionálně a ke specifickému účelu. K masovému užití je vhodnější využití tzv. multikoptér [1].

BALÓNY, VZDUCHOLODĚ

Zde se bavíme o zařízeních, jež mají měrnou objemovou hmotnosti nižší, než má vzduch v atmosféře, tím pádem jsou schopné stoupat vzhůru. Velikou výhodou je možnost plynule setrvávat ve vzduchu po relativně dlouhou dobu. Nevýhodami jsou naopak špatná manévrovatelnost za nepříznivých povětrnostních podmínek a značně omezená hybnost při letu [10].

Jako médium se u vzducholodí a balónů v dnešní době používá nejvíce hélium. Je tomu tak hlavně z bezpečnostních důvodů, neboť hélium je inertní plyn. S dříve používaným vodíkem byly v minulosti značné problémy. Plnění horkým vzduchem je rovněž zastaralé a energeticky zbytečně náročné [14].

Díky plynulému a pomalému letu jsou však vzducholodě a balóny vhodnými nosiči pro fotografické aparáty a video zařízení. Společnost Skive například využívá vzducholod' (viz. obr. č. 8) pro on-line streamování video-televizních přenosů. Společnost Mothership Aeronautics pak zkonstruovala vzducholod', která je napájena solární energií (viz. obr. č. 9) [15].



Obr. č. 8: UAV vzducholod' od společnosti Skive.



Obr. č. 9: UAV vzducholoď od společnosti Mothership Aeronautics se solárním napájením.

Balóny se často využívají pro meteorologické účely jako nosiče meteorologických snímačů. Jsou schopné pořizovat i záznamy z výšek několika desítek kilometrů. Jedná se o poměrně levné prostředky a to i co se týče nákladů na provoz. Přestože se jedná o první využívané nosiče snímkovacích zařízení, jejich vývoj stále není na ústupu. V dnešní době jsou využívány i ve velmi malých měřících, velké jen tak, aby unesly digitální zrcadlovku a mohly snímkovat zemský povrch z malých nadmořských výšek [11].

DRAK

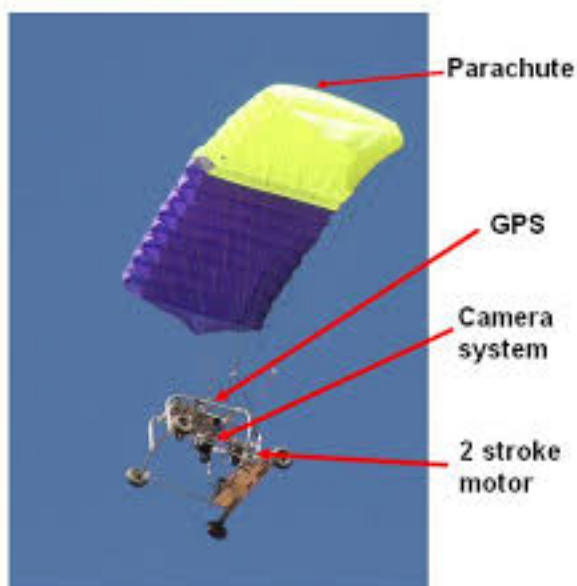
Jedná se o bezpilotní zařízení, které ke svému provozu potřebuje stálý vítr o rychlosti vyšší než 4,5 m/s. Drak nebo-li kite nese zespod zavěšené fotografické zařízení uzpůsobené pro snímkování nebo přenos videa z malé výšky. Je vhodný pro rychlé průzkumné účely s detailní možností kontinuálního snímkování, či video přenosu. Takové zařízení využívali například američtí archeologové [10].

Dnes je toto překonané multikoptéry, nebo-li drony.

PARAGLIDE

Paraglide je jednoduchým bezpilotním zařízením, které disponuje poměrně vysokou užitečnou nosností. Skládá se z paraglidového křídla a gondoly, kde je upevněn zpravidla spalovací motor a veškeré další příslušenství. K ovládání nejsou zapotřebí složité elektronické systémy a let samotný je úsporný na spotřebovanou energii, tudíž takový stroj dokáže setrvat ve vzduchu i několik hodin. Další výhodou je i vysoká relativní bezpečnost, stroj dokáže přistát i při vysazení motoru. Nevýhodami pak jsou horší manévrovatelnost, vysoká hlučnost a nároky na přítomnost startovací a přistávací plochy.

Příkladem takového zařízení je paraglide Susi (viz. obr. č. 10), který má na svědomí technická univerzita v Bonnu. Jedná se o snímkovací zařízení, vybavené GPS jednotkou, které je schopné automatického letu nebo může být manuálně ovládáno operátorem ze stanoviště na zemi. Pohon zajišťuje dvoutaktní spalovací motor, maximální vzletová hmotnost je 12 kg, nosnost je úctyhodných 5 kg a maximální letový čas 3 hod. Stroj dokáže vystoupat až do výšky 4 500 m, s tím, že maximální vzdálenost od operátora by neměla přesáhnout 6 km [16].



Obr. č. 10: Paraglide SUSI [16].

HELIKOPTÉRA

Helikoptéra, či jinak řečeno vrtulník (obr. č. 11), je letadlo vážící více než vzduch, k jehož pohonu slouží horizontálně rotující plochy – listy rotoru s možností naklápění. K řízení a směrové stabilitě je pak využíván vertikálně rotující menší rotor. Mezi přednosti helikoptéry patří schopnost kolmého startu a přistání, přesná ovladatelnost na malém prostoru a dobrá užitná nosnost vzhledem k rozměrům stroje. Vzhledem k těmto parametrům jsou helikoptéry vhodné k menším operacím v exponovaném terénu i za přítomnosti větších terénních nerovností [16].



Obr. č. 11: Survey Copter 1B – UAV francouzská helikoptéra.

MULTIKOPTÉRY

Multikoptéra, v dnešní době na poli masově využívaných UAV nejčastěji označovaná jako dron, je vícerotorové zařízení, které disponuje více než dvěma horizontálně rotujícími plochami, kterých bývá zpravidla 4, 6 nebo 8 (dispozice vrtulí viz. obr. č. 12, 13, 14). Hlavním rozdílem oproti klasickému vrtulníku je absence naklápěcích listů rotoru. Multikoptéra má pevné vrtule a je ovládána rozdílnými otáčkami na jednotlivých rotorech. Směrová stabilita, která je u vrtulníku zajištěná ocasní vrtulí, je u multikoptéry řešena použitím proti sobě rotujících rotorů, respektive použitím levo i pravo točivých vrtulí. Reakční momenty rotorů se proto dokonale vyruší. Díky tomu je multikoptéra schopna při stejných otáčkách rotorů stát v klidu na místě [17].



Obr. č. 12: Mikrokopter – oktokoitéra, prototyp 2015.

Vzheledem k tomu, že multikoptéry nedisponují složitým mechanismem pro naklápění listů rotoru ani vyrovnávacím rotorem, patří mezi jejich největší výhody o poznání jednodušší konstrukce a systém řízení oproti vrtulníkům. V případě výpadku některého z motorů, je multikoptéra schopná přistání. Čím více rotorů pak má, tím více se toto pravidlo nechá uplatnit. Vždy však potřebuje minimálně 3 rotory a jeden musí být s protirotací vůči zbylým dvěma. Díky vyspělé elektronice pak multikoptéra dokáže dosednout. V případě výpadku všech motorů multikoptéra, narozdíl od vrtulníku, není schopná autorotace (vzhledem k absenci naklápění listů), tudíž nedokáže samovolně přistát a zřítí se. Další nevýhodou je energetická náročnost na provoz motorů, tím pádem letová doba u multikoptér bývá poměrně krátká, většinou do 30 min na jednu baterii [1] [10][17].



Obr. č. 13: DJI Phantom 4 – kvadrokoitéra.



Obr. č. 14: DJI Matrice 600 Pro –hexakoptéra.

2.1.5 Výhody a nevýhody UAV

Tato kapitola je zúžena na civilní a komerční využití běžně dostupných UAV, hlavně multikoptér, nebo-li dronů.

V komerční sféře nejsou bezpilotní technologie používány dlouho, neustále se vyvíjejí, avšak tento vývoj je v posledních letech doslova raketový, důraz je kladen na jednoduchost ovládání a zejm. bezpečnost používání.

Výhody a nevýhody je možné posuzovat srovnáním konvenčních způsobů pro docílení dané věci se způsobem novým alternativním za pomoci využití dronu. Nebo je možné porovnávat bezpilotní drony s letadly, ovládanými přímo z paluby.

Výhody dronů plynou z jejich technických parametrů. Jedná se o kompaktní stroje, které mohou být operativně během krátké doby téměř kdekoliv nasazeny do akce. Neustálý technický vývoj předurčuje těmto zařízením bezpochyby slibnou budoucnost.

Výčet hlavních výhod:

- Relativně levné provozní náklady (při srovnání s pilotovanými stroji);
zejm. pořizovací cena, servisní náklady.
- Mobilita a jednoduchá manipulace;
možnost vzlétnout téměř kdekoliv.

- Různorodost využití při spojení s nejrůznějšími druhy záznamových zařízení a senzorů, které se díky technickému pokroku neustále vyvíjejí a zmenšují.
- Možnost využití na špatně přístupných místech.
- Poměrně nízká hlučnost provozu.
- Za určitých okolností využitelné i v interiérech.
- On-line streamování obrazu na velké vzdálenosti.

Nevýhody dronů plynou zejména z nedokonalosti zařízení jako takových. Neustálým technickým vývojem se však nedostatky postupně odstraňují zdokonalováním technických vlastností strojů.

Výčet hlavních současných nevýhod

- Dolet je pouze několik km (hovoříme-li o kompaktních komerčně využívaných zařízeních).
- S tím koresponduje krátká doba letu.
- Závislost na povětrnostních podmínkách.
- Poměrně nízká užitná nosnost, která navíc silně ovlivňuje dobu letu.
- Nejednotná mezinárodní legislativa.

Různorodá mezinárodní legislativa pro komerční používání dronů představuje jednu z hlavních nevýhod, jelikož značně limituje rozvíjející se pole využitelnosti dronů. Tento fakt vyplývá ze skepse ke zneužitelnosti těchto zařízení k nekalým činnostem, jako je šmírování, omezování lidského soukromí nebo dokonce teroristický atentát [1][15][25].

2.1.6 Civilní a komerční využití bezpilotních dronů

S nadsázkou se dá říci, že existují stovky způsobů využití bezpilotních dronů a že každým dnem mohou vznikat další nové možnosti pro uplatnění těchto bezpilotních zařízení [1].

Pro lepší orientaci ve způsobech využití se nechají zavést následující kategorie:

- Využití pro letecké snímkování.
- Využití pro mapování terénu.
- Využití za účelem pořízení videa.

- Monitoring vzdušného prostoru a výškových nebo jinak nepřístupných objektů.
- Měření a skenování s využitím speciálních senzorů.
- Transport předmětů, logistika.
- Zábava.

Jedním z nejčastějších způsobů využití je pořizování snímků z ptačí perspektivy. Letecké fotografie jsou velmi žádané na poli marketingu, kde se uplatní fotografování panoramatických fotek přírody, památek, měst, obcí, kulturních akcí nebo třeba pro virtuální letecké prohlídky. Letecké snímky dále dobře slouží pro dokumentaci průběhu staveb, developerských projektů, či zhodnocení stavu určitého místa v daném čase. V neposlední řadě jsou letecké snímky platné jako podklady pro vypracování analýz, studií a nejrůznějších modelů [5].

Ruku v ruce se leteckým snímkováním jde letecké mapování území. Letecké mapy, tzv. ortofotomapy se staly v poslední době velice populárními mapovými podklady. O pořizování leteckých snímků pro ortofotomapy se doposud nejvíce starala speciální pilotovaná letadla nebo družice s velkoformátovými kamerami, které pořizují snímky z kolmému pohledu na zemský povrch. Rozlišení takových snímků bývá zpravidla 20 – 50 cm na pixel. Dražší kamery při speciálním podrobném, leteckém snímkování zvládají rozlišení 3 cm/pixel, to však sebou nese velice vysoké náklady na pořízení takto podrobné mapy. Komerční bezpilotní drony v tomto ohledu přinášejí revoluci v podrobném leteckém mapování zemského povrchu. Tato zařízení běžně nabízejí rozlišovací schopnosti i menší než 1 cm/pixel. Je však nutné brát v potaz fakt, že drony nemohou zatím podrobně mapovat rozsáhlé územní celky, ale pouze území o rozloze řádově jednotek čtverečních kilometrů [1][25].

Pořízené fotografie z leteckého snímkování nesou údaje o GPS poloze, tím pádem je možné za pomoci vyhodnocovacích softwarů mapové snímky poskládat a přiřadit přesně do požadovaného souřadnicového systému pomocí geodeticky zaměřených vztažných bodů a to jak polohově, tak výškově. Díky tomu je pak možné v těchto mapových podkladech přesně určovat vzdálenosti, plochy a dokonce i kubatury při vytvoření 3D modelu zkoumaného terénu [5].

Zmapování a vyhodnocení snímků z určitého území může být díky jednoduchosti použití dronů otázkou několika hodin, dnů, maximálně týdnů. Takové

rychlosti není možné z hlediska leteckého snímkování, či dokonce družicového, nikdy dosáhnout. Pro příklad, výstupem jsou pak ortofoto mapy ve vysokém rozlišení, aktualizované mapové podklady nejrůznějších prostor a areálů, zmapované následky škod vyvolaných vlivem krizových událostí, podklady pro databázové geografické informační systémy, 3D modely, vrstevnicové modely, prostorové analýzy aj.

Možnosti využití dronů se rozrůstají s množstvím nejrůznějších senzorů, které je pod drony možné zavěsit, a sbírat tak speciální data a výstupy nejrůznějších druhů. Hlavně díky neustálému zmenšování veškerých snímačů je možné na drony připevňovat taková záznamová zařízení, které mohla být zavěšena pouze na velkých letadlech. Běžně se dnes setkáváme s kompaktními termovizními kamerami, využitelnými v energetice (tepelné úniky), stavebnictví (vnitřní struktura staveb), zemědělství (identifikace podpovrchových poruch, drenáží), na poli ochrany přírody (identifikace zvěře před sklizní obilí) nebo při krizových událostech (pátrání po pohřešovaných, identifikace skrytých ohnišť). Pro precizní zemědělství a ochranu životního prostředí jsou využitelné tzv. multispektrální a hyperspektrální kamery, jež jsou dostatečně citlivé pro zachycení radiace vyzařované vegetací. Ve stavebnictví se začíná využívat dronů s laserovými skenery, které dokážou přesně nasnímat povrch a budovy a vytvořit tak podklad pro sestavení precizních 3D modelů objektů a terénu. Dále se využívají nejrůznější senzory pro detekci znečištění ovzduší nebo pro detekci radiace.

Drony se využívají hojně ve filmařském průmyslu pro pořízení unikátních stabilizovaných záběrů ze třetí osoby pohledu. Vhodné jsou také pro natáčení adrenalinových sportů a outdoorových aktivit. Na trhu už se objevují i takové drony, které dokážou sledovat a natáčet osobu, jež je vypustila do vzduchu. Z hlediska komerčního využití stojí jistě za zmínku také sportovní drony, které jsou ovládány pomocí FPV (first person view) brýlí, kdy pilot z první osoby sleduje dění před přístrojem a řídí ho. Společnost Red Bull například v tomto klání pořádá závody s úctyhodnou sledovaností.

Pro využití dronů k nejrůznějším účelům je nejvíce svazujícím faktorem legislativa, která téměř vždy zakazuje volný pohyb dronů nad nezúčastněnými osobami nebo soukromým majetkem bez předchozího souhlasu. V tomto směru je třeba pokročit dále, avšak na prvním místě vždy mít bezpečnost nezúčastněných osob.

Zvláště platné mohou být drony pro monitoring areálů, výškových budov, vysokých zařízení a jiných těžko přístupných míst. Již v nynějších dobách se testují nebo dokonce využívají drony v logistice pro přepravu balíčků na hůře dostupná místa. Za zmínku stojí holandské pokusy se záchranářskými drony (viz. obr. č. 15), které disponují defibrilátorem a komunikátorem pro inkriminovanou osobu. Existují i futuristické pokusy o nastínění možností využití dronů, jde například o pokusy s drony roznášejícími jídlo a pití v restauraci nebo dokonce drony, jež mají přepravovat osoby z bodu A do bodu B na základě objednání a nakonfigurování trasy pomocí aplikace v chytrém telefonu [1][5][25].



Obr. č. 15: Holandský záchranářský dron.

2.2 LEGISLATIVA TÝKAJÍCÍ SE UAV

Letectví jako takové je nutné koordinovat množstvím komplexních norem, předpisů, regulí a sofistikovaným systémem nejrůznějších předpisů. Tento fakt je nutné chápat i z mezinárodního hlediska, neboť překračování hranic ve vzdušném prostoru vyvolává povinnost respektovat mezinárodní pravidla týkající se letového prostoru. Vážnost této legislativy je zřejmá a podložena často skutečnými fakty nebo dokonce tragickými událostmi, které se staly v důsledku nedokonalosti nastavení pravidel o využívání vzdušného prostoru.

V souvislosti s vývojem leteckých technologií se letectví dynamicky vyvíjí a je nutné, aby na to reagovala i legislativa. Například před rokem 89 by málokoho nenapadlo, že se budou vzduchem prohánět letecké modely, avšak překročením tohoto roku nastal rozvoj mimo jiné i v tomto odvětví a rádiově řízené letecké modely se staly běžnou součástí letového provozu a platí tak pro jejich provozování určitá pravidla stanovená leteckým zákonem. Podobná situace nastává nyní s bezpilotními drony, jejichž vývoj se žene raketově kupředu. Na rozdíl od leteckých modelů z dob dřívějších, nynější drony disponují vyspělými orientačními, naváděcími a ovládacími technologiemi, díky kterým je jejich ovládání velice jednoduché. A to dokonce až tak, že je zvládne určitým způsobem pilotovat i osoba bez jakýchkoliv dřívějších zkušeností s řízením bezpilotního zařízení. Problém je v tom, že účinkování takových osob v letovém prostoru může být velice nebezpečné pro jejich okolí, jelikož tito lidé jsou neznalí základních principů a často si ani nedokážou domyslet následky, spojené s fatálními chybami, jež mohou vyplynout z jimiž zaviněné havárie nebo střetu jejich zařízení. Legislativa by proto vždy měla chránit osoby nezúčastněné, stejně tak jako jejich majetek.

Zákon č. 49/1997 o civilním letectví v České republice upravuje jakékoliv civilní využívání leteckého prostoru a provoz letadel. Dle jeho § 2 odst. 2 se ve znění tohoto zákona nepovažuje model letadla, jehož maximální vzletová hmotnost nepřesahuje 20 kg, přičemž provoz modelů letadel tak podléhá spíše občanskému zákoníku, kdy z něj vyplývající odpovědnost pilota je pro tyto účely dostačující. Dne 1. března 2012 vešel v platnost tzv. Doplněk X předpisu L2 dle ustanovení § 102 odst. 2 zákona o civilním letectví. V tomto předpisu byl jasně zaveden pojem „bepilotní letadlo“ a stanoveny podmínky pro provoz vycházející ze zvyklostí pro pilotované letectví. Tímto se jasně odděluje hobby modelářství od profesionálně a komerčně využívaných bepilotních technologií [1][19][23][24][25].

2.2.1 Doplněk X

Doplněk X vychází z evropské legislativy a obsahuje závazná pravidla a předpisy pro provozování veškerých bepilotních letadel nebo leteckých modelů, jejichž vzletová hmotnost přesahuje 20 kg. O dohled nad vzdušným prostorem,

veškerým pohybem v něm, leteckou technikou a piloty se stará Úřad pro civilní letectví ČR (ÚCL) zřízený pod Ministerstvem dopravy ČR.

Jestliže je účel bezpilotního letadla stanoven jako výdělečně prospěšný, je nutná jeho evidence pod ÚCL vždy a to i v případě, že jeho vzletová hmotnost nepřekračuje stanovenou hranici 20 kg. Doplněk X stanovuje 4 kategorie UAV dle hmotnosti, podle kterých se stanovuje minimální horizontální vzdálenost od cizích osob a majetku - do 0,91 kg, 0,91 – 7 kg, 7 – 20 kg a nad 20 kg (Detailně viz. naskenovaná tabulka z Doplněku X, obr. č. 16). Do 7 kg jsou tyto vzdálenosti chápány pouze jako doporučené dle uvážení pilota. Nad 7 kg je však nutné při vzletu a přistání respektovat 50 m a za letu 100 m minimální horizontální hranici od osob a cizího majetku. Bezpečná hranice od osídlených prostor se pak stanovuje na 150 m. Zcela jasně je stanovena i maximální možná výška, do které je možné s bezpilotním zařízením vystoupat a to pouze do 300 m nad zemským povrchem, tedy v rámci vzdušného prostoru třídy G. Je však žádoucí sledovat, zda tento prostor není přerušen prostorem jiným, ve kterém je zakázáno létat úplně nebo ve kterém platí pro let a vlétnutí další náležitosti. Zde hovoříme především o prostorech řízených okrsků letišť (CTR) nebo letištních provozních zón neřízených letišť (ATZ). Prostorů CTR máme v ČR 10 a ATZ okolo 100. Dále pak existují prostory zakázané (LKP), omezené (LKR), nebezpečné (LKD), dočasně zakázané (TRA) a dočasně omezené (TSA). V takových prostorech je možné létat pouze na základě výjimek udělených od ÚCL. Pro pomoc s uvědomením si v jakém prostoru se zrovna nacházíme můžeme využít platnou leteckou mapu ICAO od letecké informační služby, aplikaci AisView ŘLP nebo MAIA Free.

Tabulka 1 (viz ust. 16)										
ř.	maximální vzletová hmotnost	≤ 0,91 kg		> 0,91 kg a < 7 kg		7 – 20 kg		> 20 kg		bezpilotní letadlo provozované mimo dohled pilota
-	účel použití požadavek	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	rekreačně sportovní	výdělečné, experimentální, výzkumné	
1	evidence letadla	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
2	evidence pilota	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
3	praktický a teoretický test pilota	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
4	povolení k létání	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano
5	povolení k provádění LP a LCPVP	nelze	ano	nelze	ano	nelze	ano	nelze	ano	nelze
6	označení UA: ID štítek / ID štítek + pozn. značka	ne / ne	ano / ano	ano / ne	ano / ano	ano / ne	ano / ano	ano / ne	ano / ano	ano / ano
7	min. ve vzdálenosti (m): vzlet, přistání / osoby, stavby / osídlený prostor	bezpečná	bezpečná	bezpečná	bezpečná	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150	bezpečná, ale minimálně 50/100/150
8	pojištění: běžný provoz / LVV (mil. Kč)	ne / 0,25	dle nař. č. 785/2004 ¹	ne / 1	dle nař. č. 785/2004 ¹	ne / 3	dle nař. č. 785/2004 ¹	dle nař. č. 785/2004 ¹	dle nař. č. 785/2004 ¹	dle nař. č. 785/2004 ¹
9	dozor	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ano	ano	ne
10	„failsafe“ systém	ne	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
11	provozní příručka UAS	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ne
12	hlášení událostí	ne	ano	ne	ano	ne	ano	ano	ano	ano

Obr.č. 16: Tabulka rozdělení váhových kategorií a způsobů využití bezpilotních prostředků dle Doplňku X [20].

Výčet základních pravidel pro provoz UAV na území ČR dle aktuálně platného znění Doplňku X:

- Bezpilotní letadlo smí být provozováno pouze takovým způsobem, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti létání ve vzdušném prostoru osob, majetku na zemi a životního prostředí.
- Pilot musí trvale dodržovat vizuální kontakt s pilotovaným strojem bez užití vizuálních pomůcek. Výjimka platí pouze pro tzv. bezpilotní prostředky mimo dohled pilota.

- S výjimkou provozu bezpilotního prostředku mimo dohled pilota se nesmí lety bezpilotních prostředků provádět ve výšce větší než 100 m nad zemí.
- Provoz bezpilotního prostředku mimo dohled pilota je možný pouze ve vyhrazených letových prostorech.
- Bepilotní prostředek nesmí být použit k transportu nebezpečných či jiných látek, které by mohly způsobit veřejné ohrožení.
- Z bezpilotního prostředku není možné shazovat předměty za letu.
- Není možné provozovat bezpilotní prostředky v noci.
- Bez udělení výjimky od Úřadu na základě předchozího souhlasu příslušného správního orgánu nebo jiné oprávněné osoby, nesmí být lety UAV prováděny v ochranných pásmech podél nadzemních dopravních staveb, podél tras nadzemních inženýrských sítí, podél tras nadzemních telekomunikačních sítí, v okolí vodních zdrojů, podél hranic zvláště chráněných území, v okolí nemovitých kulturních památek, památkových rezervací, památkových zón a v blízkosti přírodních léčivých zdrojů a zdrojů nerostného bohatství.

[20][21][22]

2.2.2 Povolení k leteckým činnostem s bezpilotními letadly

Tabulka č.3: Přehled základních požadavků na UAV dle Doplnku X:

Modely letadel s maximální vzletovou hmotností nepřesahující 20 kg	Bepilotní letadla do 20 kg pro rekreační a sportovní létání	Ostatní bezpilotní letadla bez ohledu na vzletovou hmotnost
<ul style="list-style-type: none"> - není vyžadováno povolení ani evidence těchto strojů - není možné užití ke komerční činnosti - Doplněk X představuje pouze doporučené postupy vyjma ust. 7, Prostory - není vyžadováno pojištění 	<ul style="list-style-type: none"> - není vyžadováno povolení ani evidence těchto strojů - není možné užití ke komerční činnosti - závazná aplikace Doplnku X - pro veřejné letecké vystoupení je požadováno pojištění 	<ul style="list-style-type: none"> - nutné povolení a evidence strojů k provozu - pro komerční činnost nutné Povolení k provozování leteckých prací /leteckých činností pro vlastní potřebu - závazná aplikace Doplnku X - vždy vyžadováno pojištění

Při záměru využívat UAV k pracovní činnosti za úplatu (k leteckým pracím), pro využívání k zajištění vlastní podnikatelské činnosti (k letecké činnosti pro vlastní potřebu) nebo pro provozování soukromého modelu těžšího než 20 kg je povinností provozovatele získat pro svůj stroj tzv. Povolení k létání letadla bez pilota (viz. tab. č. 3).

Prvním krokem je tedy získání Povolení k létání letadla bez pilota (PkL), kdy je při správním řízení stroji přidělena imatrikulační značka ve tvaru „OK-X a pořadové číslo evidence“. Žadatel před podáním žádosti na ÚCL o PkL musí stroj řádně pojistit a shromáždit náležitosti předepsané pro podání této žádosti. ÚCL následně zahájí správní řízení, o jehož průběhu budou řádně informováni všichni účastníci (především provozovatel letadla a jeho piloti). Po úplnosti podání, vyzve ÚCL žadatele o zaplacení správního poplatku ve výši 4000 Kč. Po zaplacení ÚCL vydá Povolení k létání letadla bez pilota s omezením pilot – žák, kdy dotyčný může provozovat svůj stroj za účelem osvojení si letových dovedností s omezenou výškou a vzdáleností stroje od pilota. Po osvojení si těchto dovedností a nabytí odpovídajících teoretických znalostí složí žadatel v rámci přezkoušení pod ÚCL teoretickou a praktickou zkoušku. Uspěje-li, zaplatí správní poplatek ve výši 400 Kč a po nabytí právní moci mu Úřad vydá Povolení k létání bezpilotního letadla. PkL však neopravňuje provozovatele k leteckým pracím.

Pro získání povolení k leteckým pracím (LP) nebo pro leteckou činnost pro vlastní potřebu (LČpVP) musí žadatel absolvovat další správní řízení u ÚCL. Toto správní řízení vyžaduje spíše kroky formálního charakteru, avšak vedle obecně nutných náležitostí je nutné také vypracovat a doložit provozní příručku bezpilotního prostředku pro letecké práce, jejíž části jsou jasně stanoveny. Shledá-li Úřad veškeré doložené přílohy jako kompletní, vyzve žadatele o zaplacení částky 10 000 Kč. Po zaplacení vydá Úřad LP se specifikací povolených leteckých prací, letového parku a pravidel letu. Stejně je tomu také u žádosti o LČpVP, pouze příručka se vypracovává v omezeném rozsahu [1][19][20][21][22][23][24][25].

2.3 FOTOGRAMMETRIE

2.3.1 Definice a princip

Fotogrammetrie využívá fotografické snímky k vyobrazení tvarů předmětů, měření jejich rozměrů, určování polohy předmětů a nebo dokonce i k výpočtům

jejich kubatur. Obecně fotogrammetrie představuje vědní obor, který se zabývá zpracováním a vyhodnocením informací obsažených ve fotografických snímcích. Z této definice pramení i původ slova „fotogrammetrie“ (PHOTOS – světlo, GRAMMA – záznam, METRON – měřit), které vzniklo ve snaze o nazvání činnosti, zabývající se měřeními fotografických snímků, vhodným pojmenováním [28][37].

Fotogrammetrie je exaktní věda, zabývající se technikami a dovednostmi získávání informací o objektech v daném prostředí a samotném prostředí. Užívá k tomu procesy zaznamenávání, měření a interpretace fotografických snímků, obrazů a vzorů elektromagnetického záření a dalších jevů. Informace jsou ve fotogrammetrii chápány především jako geometrické vztahy, kterými jsou tvar, velikost, poloha zobrazovaných objektů. Záznamovou informací je samotný měřický fotografický snímek, který vznikl za určitých speciálních podmínek měřickou komorou. Fotogrammetrie je velmi výhodná pro rozsáhlé mapování, protože využívá postupy bezkontaktních metod měření. Snímané objekty tak mohou být vzdálené od místa snímání. Proto je fotogrammetrie například důležitou součástí dálkového průzkumu Země (DPZ) [37].

2.3.2 Dělení a využití fotogrammetrie

Podle polohy snímače dělíme fotogrammetrii především na pozemní, leteckou a družicovou.

Pozemní fotogrammetrie se dříve využívala hlavně k mapování horského a exponovaného terénu. Dnes je využívána nejčastěji při určování kubatur těžby v povrchových dolech a dále pak ve stavebnictví při dokumentaci vertikálních částí budov a historických objektů (zaměření fasád, klenby atp.) Výhodou je možnost přesného polohového určení snímače, neboť je vždy pevně fixován na určitém bodě.

Letecká fotogrammetrie, kdy snímací přístroj je umístěn na palubě určitého leteckého prostředku, má největší uplatnitelnost. Využívá se při zhotovování map různých měřítek a různého rozsahu. Letecká fotogrammetrie je nezastupitelná i pro mapování nepřístupných míst. Její rozvoj je podpořen i bezpilotními UAV prostředky, jejichž vývoj otevírá v tomto odvětví nové možnosti.

Družicová fotogrammetrie využívá snímky pořízené výkonnou fotografickou aparaturou z družic na oběžné dráze. Díky vysokému rozlišení snímačů a dobré světelnosti objektivů nesou snímky vysokou kvalitu. Výhodou je možnost poskytnutí dat v různých spektrálních pásmech. Družicové snímkování je vhodné zejm. pro tvorbu geografických map středního a malého měřítka.

Podle počtu snímků můžeme fotogrammetrii dělit na jedno snímkovou a více snímkovou. Jedno snímková fotogrammetrie dokáže pracovat pouze s rovinnými souřadnicemi a je vhodná jen pro určité zmapování rovinných objektů. Více snímková fotogrammetrie pak skládá a vyhodnocuje minimálně 2 snímky dohromady, většinou jde však alespoň o stovky, tisíce nebo i daleko více snímků. Tyto snímky se musí vždy překrývat a lze zde počítat i s výškovým určením polohy. Snímky jsou mezi sebou navzájem graficky (překryv) a polohově (GPS souřadnice pořízení daného snímku) určeny a je možné je pak využít i pro 3D zpracování [28][29][37].

2.3.3 Principy fotogrammetrie

Centrální projekce

Středem promítání u centrální projekce předmětu je střed objektivu a obrazovou rovinou pak tvoří citlivá vrstva kino filmu nebo čipu u digitálního fotoaparátu. Veškeré paprsky odražené od snímaných bodů prochází objektivem fotoaparátu (středem promítání), pokračují přímočaře dále a tvoří na fotografické vrstvě perspektivní obraz. Souhrn těchto paprsků se nazývá fotogrammetrický svazek paprsků. Pro převedení centrální projekce do paralelní roviny mapy je nutné znát tvar a polohu fotogrammetrického svazku paprsků [37].

Vnitřní a vnější orientace snímků

Tvar fotogrammetrického svazku paprsků je definován vnitřní orientací snímků, která definuje vztah středu objektivu fotoaparátu k obrazové rovině. Mezi prvky vnitřní orientace patří obrazová vzdálenost, tj. délka kolmice měřené od středu objektivu k obrazové rovině a poloha paty této kolmice v obrazové rovině. Protože fotogrammetrické kamery ostří vždy na nekonečno, je jejich ohnisková vzdálenost objektivu totožná s obrazovou vzdáleností. Fotografický snímek, u kterého známe prvky vnitřní orientace, je možné označit za měřický.

Vnější orientace snímků znamená jejich polohové určení vzhledem k polohovým osám daného souřadnicového systému. V dnešní době se nejčastěji k určení souřadnic pořízených snímků používá globální polohový systém a inerciální měřící jednotky [28][29][36][37].

2.3.4 Výhody a nevýhody fotogrammetrie

Výhody:

- Možnost mapovat rozsáhlé územní celky.
- Rychlost mapování velkých územních celků.
- Realisticky působící data vzniklých ortofoto map.
- Neustálý vývoj technologií a s tím související nové možnosti (např. UAV mapování).

Nevýhody (letecké fotogrammetrie):

- Vysoké náklady.
- Časová náročnost celého procesu od administrace, přes pořízení dat až po vyhodnocení.
- Radiální zkreslení snímků, zejména u objektů vyvyšujících se nad terénem. Toto zkreslení se zvětšuje směrem k okrajům snímků.
- Zpracování dat je velmi náročné na hardwarové požadavky, zvláště při tvorbě 3D modelů.

S pokrokem v oblasti UAV zařízení se možnosti mapového snímkování posouvají vpřed. Zejm. pro mapování menších územních celků by mohla být tato zařízení v blízké budoucnosti velkým přínosem, a to jak z hlediska podrobnosti a přesnosti mapování, tak z hlediska časové a finanční dostupnosti [28][29][37].

2.4 ZAMĚŘENÍ BODU DLE NÁVODU PRO OBNOVU KATASTRÁLNÍHO OPERÁTU A PŘEVOD

„Katastr nemovitostí je veřejný seznam, který obsahuje soubor údajů o nemovitých věcech vymezených zákonem č. 256/2013 Sb. Zákon zahrnuje soupis, popis, jejich geometrické a polohové určení a zápis práv k těmto nemovitostem.“

Katastr nemovitostí obsahuje množství informací o nemovitostech, o právech k nim přidruženým a také jejich vlastnících. Jeho správa by tak měla být zodpovědná přesná, moderní, dostupná a zodpovědná [34].

Body podrobného polohového bodového pole (PPBP) lze zaměřit následujícími metodami:

- Geodetické metody.
- Metody fotogrammetrického měření.
- GNSS metody.
- Metody laserového skenování, statické i mobilní.

Do budoucna se počítá s dalšími možnými metodami měření PPBP v katastru nemovitostí, např.:

- Využití UAV fotogrammetrických zařízení, kde senzorem snímání je buď neměřická kamera, nebo laserové skener.
- Různé metody pozemní fotogrammetrie.
- Kombinace UAV fotogrammetrických snímků a pozemního laserového skenování.

Nejčastěji se katastrální operát obnovuje v rozsahu celého katastrálního území. Jedná se vyhotovení nového souboru geodetických informací (SGI) a nového souboru popisných informací (SPI) v elektronické podobě. Obnova katastrálního operátu se provádí jedním z následujících způsobů:

- Novým mapováním.
- Přepracováním stávajícího souboru SGI.
- Na základě podkladu výsledků pozemkových úprav [30][33][34][35].

2.4.1 Metody terestrického měření

Body podrobného polohového bodového pole (PPBP) je možné zaměřit dle následujících způsobů:

- Plošnými sítěmi s měřenými vodorovnými úhly a délkami.
- Polygonovými pořady, které jsou oboustranně připojené a oboustranně orientované. U polygonový pořadů kratších než 1,5 km stačí jednostranná

orientace nebo vetknutí. Neorientované pořady nesmí mít více než 4 strany a alespoň z jednoho vrcholu je nutné zaměřit orientační úhel.

- Metodou protínání vpřed z úhlů nebo protínání z délek nebo kombinovaným protínáním alespoň ze tří bodů ZPBP, ZhB nebo z jiných bodů odpovídající příslušné přesnosti. Na určovaném bodě musí být úhel protínání v rozmezí od 30 do 170 gon a vzdálenost od daného bodu k bodu určovanému nesmí překročit 1500 m. V případě, že určovaný bod je vzdálenější než 500 m, je nutné měřit ve dvou skupinách.
- Rajónem, s orientací na daném bodě na dva body ZPBP, ZhB nebo jiné body s prokazatelnou střední souřadnicovou chybou do 0,04 m nebo orientací na daném i určovaném bodě a do délky rajónu 1500 m. Podmínka je, že délka rajónu nesmí být delší než nejvzdálenější orientace. Ve dvou skupinách se měří za předpokladu, že délka rajónu je větší než 800 m. Jestliže rajón vychází z bodu se střední souřadnicovou chybou mezi 0,04 m až 0,06 m nesmí být delší než 300 m.
- Rajónem, s orientací na určovaném bodě nejméně na tři body ZPBP, ZhB nebo jiné body s prokazatelnou střední souřadnicovou chybou do 0,04 m. Úhel protínání mezi směrem s měřenou délkou a ostatními orientačními směry na určovaném bodě musí být v rozmezí 30 až 170 gon. Ve dvou skupinách se měří za předpokladu, že délka rajónu je větší než 800 m. Jestliže rajón vychází z bodu se střední souřadnicovou chybou mezi 0,04 m až 0,06 m nesmí být delší než 300 m. Body na technických objektech se zaměřují rajóny, zpravidla do vzdálenosti 50 m od pomocného bodu. Kontrolně se měří vzdálenosti mezi body, které musí splňovat kritéria mezní odchylky.

Vodorovné úhly se vždy měří alespoň v jedné skupině za pomoci teodolitu, který zajišťuje přesnost měřených úhlů 0,0006 gon. Jestliže měřené délky přesahují 500 m, je dovoleno použít přístroj s nižší přesností 0,002 gon. Mezní odchylka pro uzávěr skupiny a mezní rozdíl mezi skupinami je do 0,003 gon. Délky se měří vždy dvakrát, oboustraně, a to pomocí dálkoměru s přesností na 0,01 m. Pro krátké vzdálenosti je možné použít pásmo. K měření se využívají kalibrované měřicí přístroje a naměřené hodnoty pak opravujeme o fyzikální a matematické redukce a o redukce do zobrazovací roviny S-JTSK. Mezní rozdíl pro dvojici měřených délek je do 0,02 m u délek nepřesahujících 500 m, u delších vzdáleností je mezní odchylka stanovena na

0,04 m. U polygonových pořadů a u plošných sítí se k měření využívá základ trojpodstavcové soupravy [31][33][34].

Tabulka č.4: Geometrické parametry a kritéria polygonových pořadů [33][34]

Připojovací body	Mezní délka strany [m]	Mezní délka pořadu [m]	Mezní odchylka v uzávěru pořadu	
			Úhlová [gon]	Polohová [m]
ZPBP,ZhB	200 - 1500	5000	$2.5*(n)^{1/2}$	$0.0025*(\sum d)^{1/2}$
ZPBP,ZhB	50 - 400	3000	$5.0*(n)^{1/2}$	$0.0040*(\sum d)^{1/2}$
PPBP, ZPBP, ZhB	50 - 400	1500	$10*(n)^{1/2}$	$0.0060*(\sum d)^{1/2}$

Kde: n je počet bodů polygonového pořadu včetně bodů připojovacích $\sum d$ je součet délek stran polygonového pořadu, pořad má nejvýše 15 nových bodů a mezní poměr délek sousedních stran v polygonovém pořadu je 1:3.

Tabulka č.5: Mezní odchylky pro úhly a délky [33][34]

		Mezní odchylka	
		V úhlu	V délce
a	Mezi body ZPBP nebo mezi jejich orientačními body OB1 a OB2	0,0015	0,03 a 0,05
b	Mezi bodem ZPBP a ZhB	0,0020	0,05
c	Mezi ZhB	0,0030	0,05
d	Mezi body dle písmen a),b),c) a orientačním bodem OB3	0,0060	
e	Mezi body podle písmene b) a bodem podle písmene f)	0,0100	0,13
f	Mezi body PPBP	0,0300	0,15
g	Mezi body podle písmene f) na technických objektech přidružených k témuž určujícímu	0,0500	0,04

2.4.2 Fotogrammetrické metody měření

Určení bodů podrobného polohového bodového pole (PPBP) nebo vlíčovacích bodů probíhá analytickou nebo digitální aerotriangulací. K tomu je zapotřebí měřických leteckých snímků z kalibrovaného fotoaparátu s minimálním 60% podélným a 30% příčným překryvem. K těmto snímkům se dodávají prvky vnější orientace. Výchozími body pro vnější orientaci jsou vlíčovací body základního polohového bodového pole (ZPBP) a zhušťovací body (ZhB), případně další body, jež splňují kritéria mezních odchylek. Výchozí body by měly být na snímcích rozloženy co nejrovnoměrněji a musí být dobře identifikovatelné na pořizovaných snímcích. Nadmořské výšky těchto bodů se určují s nejvyšší možnou přípustnou chybou do 0,10 m [28] [29] [34] [35].

2.4.3 Technologie GNSS měření

Není přípustné vycházet jen z jednoho neověřeného měření. Vždy je zapotřebí alespoň dvou nezávislých měření. Buď provedeme dvě nezávislá GNSS měření nebo jedno měření GNSS a k ověření použijeme některou z klasických geodetických metod. Během dvou na sobě nezávislých měření GNSS metodou by měla být pro každé měření využita doba s jiným rozmístěním družic na oběžné dráze [29][35].

Transformace souřadnic do souřadnicového systému S-JTSK se provádí jen schváleným transformačním programem. Pro kontrolu se volí alespoň 4 kontrolní body v blízkosti určovaných bodů. Určení souřadnic kontrolních bodů musí být stejné přesnosti jako u určovaných bodů. Z vybraných bodů je nutno volit ty, které jsou rozmístěny v lokalitě rovnoměrně a tak, aby jejich počet byl úměrný její velikosti a žádný určovaný bod nebyl vzdálen vně od spojnice k němu nejbližších identických bodů o více než $1/10$ délky této spojnice. Pokud je lokalita rozsáhlá, je potřeba ji rozdělit na menší dílčí lokality a při výběru bodů dodržet jejich překryt [33][34][35]

3. Metodika

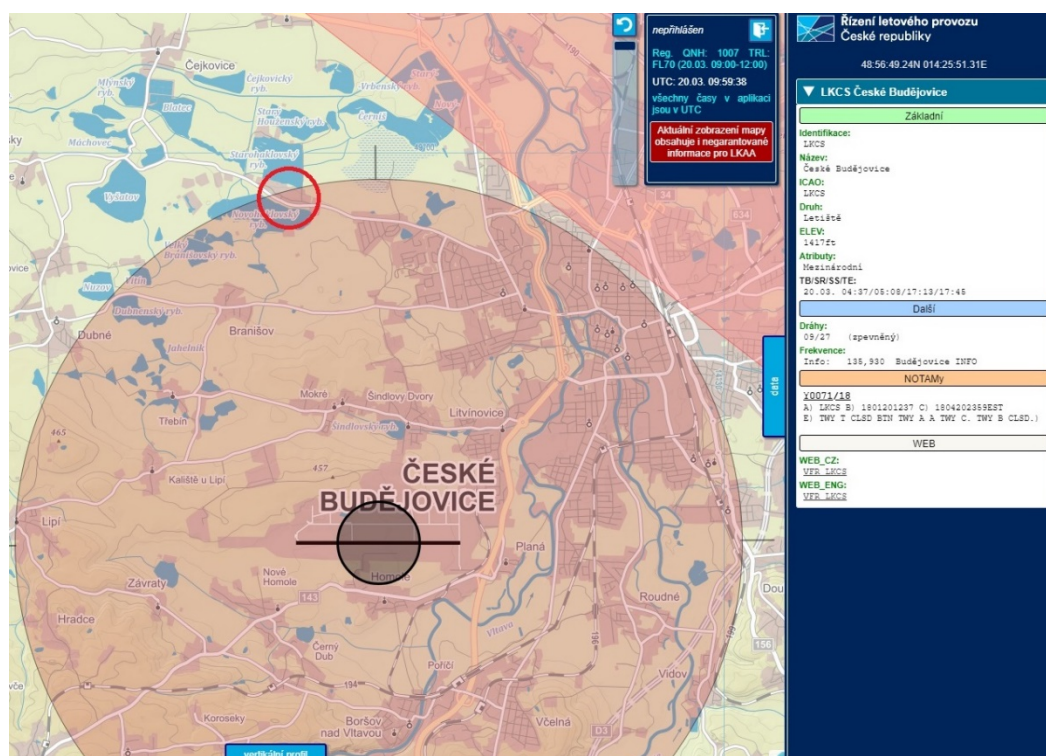
3.1 POPIS ZKOUMANÉ LOKALITY

3.1.1 Areál zemědělského družstva v Haklových Dvorech

Haklovy Dvory se nacházejí v Jihočeském kraji, konkrétně se jedná o místní část obce České Budějovice. Katastrální území Haklovy Dvory (636797) má rozlohu přibližně 6 km² a nachází se asi 1 km od západního okraje Českých Budějovic mezi Starohaklovským a Novohaklovským rybníkem.

Sledované budovy zemědělského družstva v Haklových Dvorech jsou majetkem Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, ve správě je má pronajaté společnost ZD Krásná Hora nad Vltavou a.s.

Areál tohoto družstva se jevil jako vhodný modelový příklad pro využití UAV pasportizace zemědělských staveb v praxi. V katastru nemovitostí, na území k.ú. Haklovy Dvory (636797), obec České Budějovice, totiž není doposud zaznamenána nová zemědělská stavba na pozemku č. 40/1 (viz. obr. č. 18 a dále kapitola č. 4.2).



Obr. č. 17: Znárodnění zóny CTR Letiště České Budějovice v aplikaci AisView.

Vzhledem k tomu, že se areál družstva nachází dle Doplňku X v oblasti hustě osídleného prostoru (HOP), bylo nutné vyřídit patřičné povolení, tj. Žádost o udělení

výjimky pro provoz bezpilotního letadla v HOP (viz. příloha č. 1). Online aplikací AisView, bylo zjištěno, že se areál dále nachází také v zóně řízeného okrsku letiště v okruhu 5,5 km (CTR), letiště LKCS České Budějovice (viz. obr. č. 17), byla proto nutná koordinace letu s letovým provozem v rámci tohoto okrsku.



 Zájmová oblast

0 15 30 60 metry



Obr. č. 18: Zkoumaný prostor z ptačí perspektivy.

3.2 POPIS POUŽITÉHO UAV

Pro snímkování byl využit stroj od firmy DJI model S 900 (viz. obr. č. 19). Jedná se o hexacopter s rozpětím ramen 900 mm a váhou cca 8 kg (dle neseného senzoru). Stroj je navrhnout tak, aby mohl nést fotoaparát, v konkrétním případě Sony Alpha

5100 s rozlišením 24 Mpx, nebo termální kameru Optris PI 450. Letová doba stroje se pohybuje mezi 12 a 17 minutami dle povětrnostních podmínek, neseného senzoru a rychlosti létání. K ovládání stroje slouží dvě vysílací jednotky. První vysílací stanice ovládá letové funkce stroje a druhá ovládá nesené příslušenství.



Obr.č. 19: Hexokoptéra DJI S 900.

3.2.1 Technická data:

průměr rotoru:	1,18m
výška:	0,5m
druh pohonu:	vrtulový
počet motorů:	6
typ motoru:	DJI4114/500 W
vrtule:	DJI prům. 380 mm
regulátor:	DJI OPTO
akumulátory:	LiPol, napětí 22,2V
maximální vytrvalost letu:	8-16 min.

maximální rychlost:

60 km/h

3.2.2 Součásti bezpilotní systému DJI S900

- copter DJI S900 – drak UAV včetně pohonu a řídicí jednotky
- stabilizovaný držák snímacího zařízení
- pohonné akumulátory
- systém pro nabíjení akumulátorů
- zařízení pro kontrolu akumulátorů
- vysílací a přijímací RC systém pro řízení UAS, včetně přenosu telemetrických údajů
- vysílací a přijímací RC systém pro ovládání stabilizovaného držáku
- snímací zařízení (fotoaparát, kamera)
- kompletní systém pro přenos a zobrazení náhledu obrazu ze snímacího zařízení
- DataLink, systém pro komunikaci UAV s počítačem, zobrazení UAV na mapě, zobrazení telemetrických údajů, plánování trasy (pokud je součástí UAV)
- notebook s internetovým připojením, tablet
- mobilní telefon s internetovým připojením
- anemometr
- dokumentace, povolení
- příslušenství: veškeré příslušenství pro provoz a údržbu jednotlivých komponentů sestavy

3.2.3 Předletová kontrola prostoru

V první řadě je třeba zkontrolovat, zda se v prostoru nenacházejí nezúčastněné osoby. Dále je nutné určit výšku okolních porostů, výškových budov, drátů vysokého napětí apod. pro nastavení letové hladiny takové, aby nedošlo ke kolizi. V případě daného letu byla výška určena podle požadovaného rozlišení 1,4 cm/pixel. Pro takové rozlišení software Ground Station (popis SW Ground Station viz. dále) určil letovou hladinu 58,2 m. Taková výška byla bezpečná vzhledem k okolním porostům, které byly odhadnuty maximálně na 26 m.

Před letem bylo nutné se spojit s dispečinkem LKCS České Budějovice pro koordinaci letu v zóně CTR tohoto letiště.

3.2.4 Standardní meteorologická minima pro provedení bezpilotního letu

Před samotným letem je nutné sledovat předpověď počasí na daný den a meteorologické podmínky, např. na stránkách <https://www.yr.no/> nebo mobilní aplikaci Aladin, který je provozován Českým hydrometeorologickým ústavem. Zvláště důležité pro bezproblémové řízení stroje je vyloučení solárních erupcí slunce, které mění magnetické pole na zemi a tím i zkreslují GPS pozice od souřadnic a kompasu samotného letounu. Při silné solární erupci se vychylují navigační přístroje a je možné, že stroj se stane neovladatelným. Pro získání dat o síle solárních erupcí se používá kupříkladu mobilní aplikace Solar Storm.

Provoz je možný pouze za těchto meteorologických podmínek:

- Za dobré viditelnosti, UAV musí být pilotem dobře pozorovatelné a říditelné dohlednost je vyšší než 100 m.
- Minimální teplota nesmí klesnout pod 0 °C (bylo by zde nebezpečí namrzání vrtulí a rychlého poklesu napětí u baterií).
- Maximální rychlost větru nesmí být vyšší než 10 m/s.
- Stroj nesmí být provozován za deště ani mrholení.

3.2.5 Předletová kontrola stroje

Je nutné zkontrolovat stav napětí akumulátorů, a to jak ve vysílačkách, tak u samotných baterií pro napájení dronu. Na stroji se kontrolují všechny otáčivé prvky, zda jsou pevně uchyceny. Jedná se zejména o vrtule, jejich uchycení, ramena, veškerá šroubení na podvozku apod.

Důležité je zkontrolovat i nesené příslušenství, v tomto případě nabitý fotoaparát s paměťovou kartou.

Pro kontrolu řídicí jednotky UAV je vhodné provést vnitřní inspekci softwarových součástí (kalibrace kompasu, gimbalu, GPS jednotky).

3.2.6 Rozmístění a zaměření vlíčovacích bodů – prvky vnější orientace

Pro přesné vyhodnocení leteckých snímků je nutné znát alespoň přibližně hodnoty prvků vnější orientace. Zejm. se jedná o polohu a natočení snímku vůči zvolenému souřadnicovému systému. V moderní digitální fotogrametrii jsou tyto prvky určovány pomocí GPS modulu a inerciální jednotky. Teoreticky jsou zapotřebí minimálně 3 geodeticky zaměřené body na každý snímek. V praxi je toto však obtížně realizovatelné a celý model se vyrovnává po spojení za pomocí tzv. svazkového vyrovnání. Aerotriangulace naplno ukazuje výhody digitálních postupů, kdy spojovací body jsou namísto zdlouhavých manuálních měření, vyhodnoceny na základě korelace letecky pořízených snímků [26].

V letecky zaměřovaném prostoru je nutné rozmístit a přesně geodeticky zaměřit dostatečný počet vlíčovacích bodů. Body slouží pro přesné stanovení rozměrů a polohové orientace modelu v prostoru.

Přesnost vlíčovacích bodů určuje přesnost vnější orientace. Vlícovací body slouží vedle geometrického vyhodnocení prvků vnější orientace také k přesnému zasazení výsledného projektu do požadovaného souřadnicového systému. Jako vlícovací body je dobré volit přirozeně signalizované body nebo umělé terče. Pro dobré rozeznání signálního terče na zemi by měla jeho velikost být dostatečná pro rozeznání z pořízených snímků, tedy alespoň 3-5 krát větší než použitelné rozlišení [27].



Obr. č. 20: Vlícovací bod umístěný ve zkoumané oblasti.

Vlčovací body je (viz. obr. č. 20) vhodné rozmístit rovnoměrně v zaměřované oblasti, tak abychom v každém snímku byly alespoň 2 vlčovací body. Obecně platí, že čím více vlčvacích bodů se po ploše rozmístí, tím více se zpřesní výstup, co se týče polohového určení v daném souřadnicovém systému.

V tomto případě bylo použito 10 vlčvacích bodů (viz. obr. č. 23), jelikož na danou plochu a k daným účelům se jednalo o dostatečný počet a na každém pořízeném snímku se nacházejí minimálně 2 vlčvací body.

Tyto vlčvací body byly 2 x zaměřeny, s odstupem jedné hodiny, přístrojem Trimble GPS NSS TRS 2 (viz. obr. č. 21, 22) s přesností střední souřadnicové odchylky viz. tabulka č. 6. Stroj byl zapůjčen katedrou KKM ZF JČU.



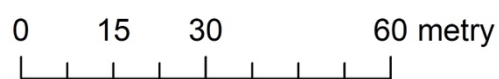
Obr. č.: 21 a 22: Přesné pozemní GPS zaměření vlčvacích bodů.

Tabulka č. 6: Seznam vlčvacích bodů a jejich souřadnice v systému S-JTSK v zájmové lokalitě

BOD	Souřadnice Y	Souřadnice X	Souřadnice Z	Přesnost XY
1	760168.09	1163273.55	389.78	0.017
2	760201.82	1163329.05	391.70	0.014
3	760134.38	1163317.28	390.02	0.018
4	760131.11	1163346.91	390.65	0.014
5	760238.07	1163290.69	392.49	0.009

6	760168.91	1163298.43	390.53	0.019
7	760199.64	1163291.67	391.32	0.016
8	760230.89	1163280.10	392.14	0.008
9	760248.70	1163322.05	393.02	0.011
10	760170.11	1163340.87	390.94	0.013

Situační přehled zvolených vlíčovacích bodů ve zkoumané lokalitě:



Obr. č. 23: Schématické znázornění rozmístěných vlíčovacích bodů v GIS.

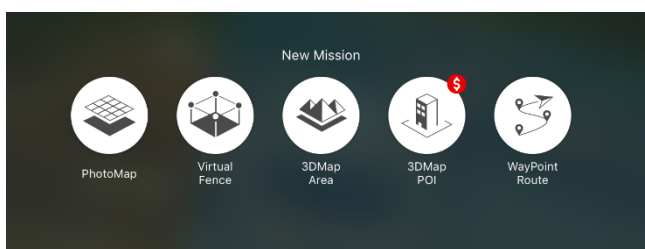
3.3 FÁZE LETU

3.3.1 Zapnutí stroje

Před konfigurací a vzletem je zapotřebí stroj zapnout. Nejprve se zapnou vysílačky a poté až samotný stroj. V obráceném případě je vysoká pravděpodobnost, že stroj nebude přijímat signál z vysílaček a bude nutné stroj restartovat. Při zapnutí stroje je nutné dodržet pouze správné zapojení kabelových svazků. Při špatném zapojení kabelů jako je spojení kabelu mínus (–) stroje se spojením kladného kabelu (+) od baterie, dojde k přepólování a následnému zkratu řídicí jednotky z důvodu absence přepětové ochrany. Zda stroj komunikuje s vysílačkami v pořádku zjistíme podle diody umístěné na stroji. Zelená dioda indikuje normální stav, červená případně oranžová indikuje chybu spojení.

3.3.2 Konfigurace stroje a příslušenství v aplikaci DJI Ground Station Pro

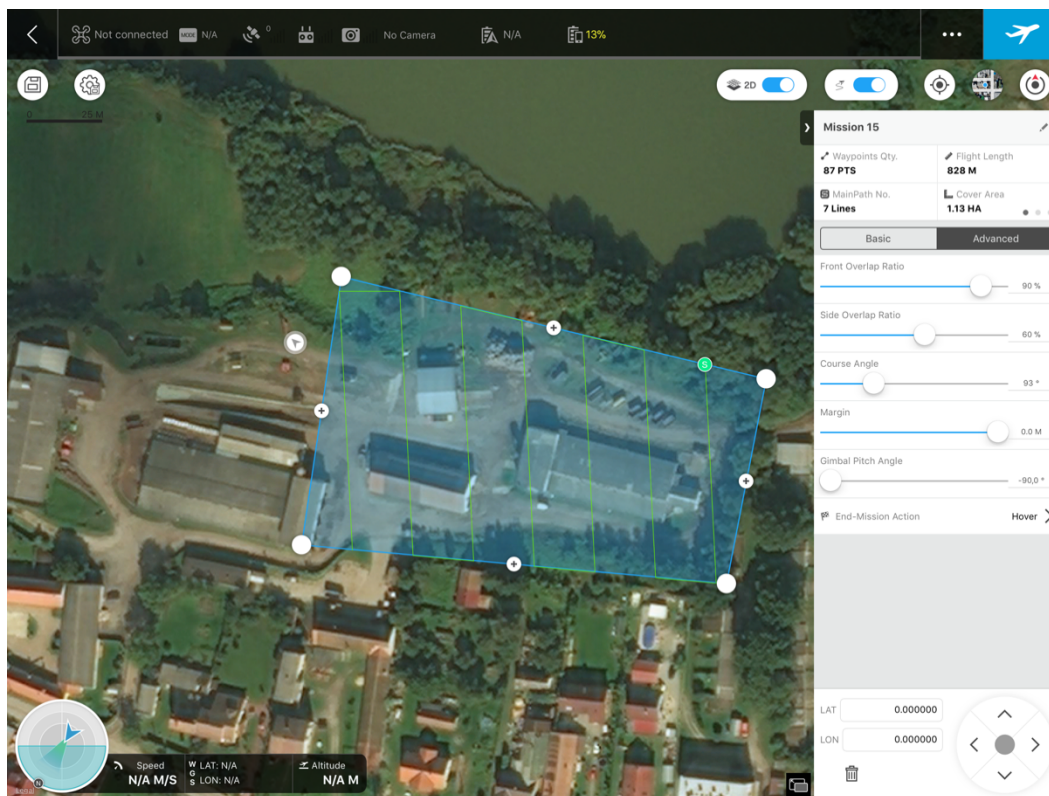
Samotná konfigurace stroje se provádí v bezplatné aplikaci DJI Ground Station Pro podporovanou pouze pro systémy iOS (V tomto případě bylo pro konfiguraci letových parametrů použito zařízení Apple Ipad Pro). V základním menu aplikace je možné zkontrolovat parametry stroje jako jsou síla signálu mezi strojem a vysílačem, kapacita baterií stroje i vysílače, počet připojených satelitů, teplota řídicí jednotky a stav fotoaparátu. Pro účely automatického letu a mapování se zvolí v aplikaci sekce Mission, dále New Mission (obr. č. 24).



Obr. č. 24: DJI Ground Station Pro – New Mission.

V New Mission (obr. č. 24) lze zvolit několik druhů provedení letů jako je například 3DMap Area, 3D Map POI a PhotoMap. Pro vytvoření ortofoto mapy a 3D modelu je vhodné zvolit 3DMap Area z důvodu možnosti naklopení fotoaparátu pod úhlem, čímž je docíleno jak získání kolmého snímku na budovy, tak i bočního náhledu. V dalším kroku nabídky se vybere snímkané území. Jsou dva způsoby, první je pomocí ohraničení daného prostoru na letecké mapě (Google Maps). Druhý způsob je ohraničení prostoru strojem, kterým obletíme hraniční body území a tím získáme

prostor, který chceme snímkovat. Nevýhodou přímého zadání do mapy bez samotného zanesení bodů v mapě od létajícího UAV je velká nepřesnost GPS pozice. Když na mapě ohraničíme požadovaný prostor, stroj poté snímkuje plochy i mimo prostor v řádech metrů. Po zvolení lokality se vytvoří trasa letu (viz. obrázek č. 25).

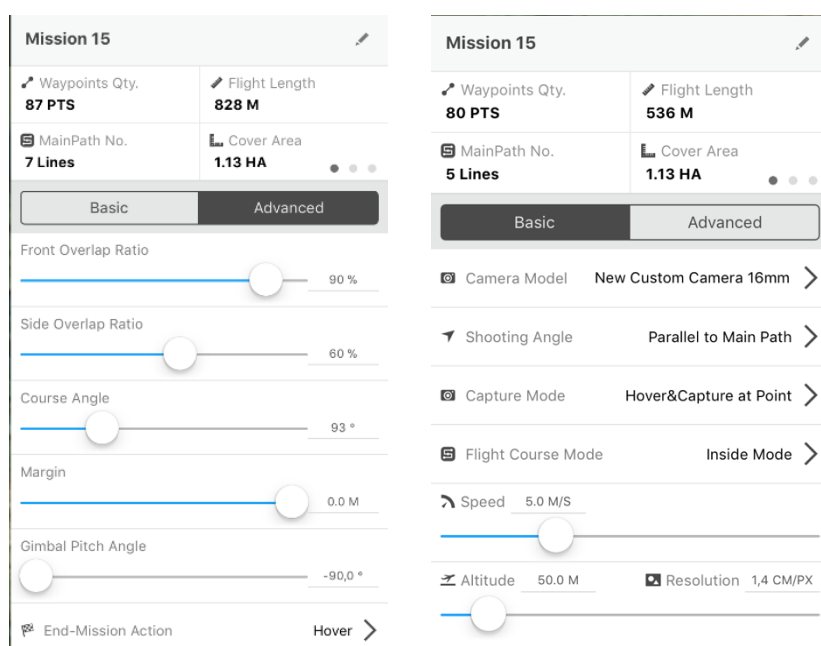


Obr. č. 25: DJI Ground Station Pro – Ohraničení přelétávané lokality.

V pravém menu se zobrazí nová mise, nejprve se zvolí název mise, pod názvem jsou zobrazeny parametry, které si vypočítává aplikace sama Waypoints (Body v prostoru, ze kterých jsou pořízeny jednotlivé snímky), Flight Length (Délka letu), Mainpath (Trasa), Cover Area (Překryv oblasti), Flight Time (Doba letu), Photos (Snímky). U prvního údaje je důležité dodržet počet Waypointů, který je limitován kapacitou paměti stroje na 99 bodů. Po překročení počtu bodů nelze nahrát misi do stroje. Délka a doba letu je limitovaná kapacitou baterie, lze však po vybití baterie let přerušit a po výměně baterie opět pokračovat v rozpracované misi.

V dalším nastavení mise je volba kamery. Aplikace má předvolené kamery od firmy DJI, avšak lze manuálně vložit parametry kamery, která není v seznamu uvedená. Volí se zde rozlišení snímače, šířka a výška snímače, délka objektivu, distorční výška, šířka a intenzita závěrky. Po zvolení těchto parametrů se vrátíme

zpět do základního menu Basic (obr. č. 26) a volíme další parametry. Volby úhlu snímání nastavíme na dopřednou pozici, Capture mode volíme na zastavení stroje při každém pořízení snímku, čímž získáváme kvalitnější snímky bez možného rozostření na úkor menší letové doby. Rychlost letu nastavujeme na hodnotu 5 m/s, kdy tato hodnota je optimální pro lety v námi požadované výšce. Hodnotu Altitude (výška letu) nastavujeme dle požadovaného rozlišení. V tomto případě byla nastavená hodnota na 1,4 cm/pixel, čemuž odpovídá výška letu 58,2 metrů. Vedle menu Basic je dále na výběr menu Advanced (obr. č. 26), kde volíme překryv snímků a úhel naklonění fotoaparátu. Překryv snímků je zcela zásadní pro samotné vytvoření 3D modelů a ortofoto mapy. S dostatečným překryvem získáváme několik tisíc totožných bodů v každém snímku a poté je pro software Agisoft Photo Scan snadnější tyto snímky orientovat. Viz. kapitola 3.4.2. Čelní překryv snímků je zvolen na 90 % a boční 60 %. Tímto nastavením získáme optimální hustota snímků na plochu. Dále můžeme v menu nastavit úhel naklonění kamery (Gimbal Pitch Angle). V daném případě byl 0° a 45°, kdy úhel 0° je poloha kamery kolmo k zemi. Na závěr je zde funkce akce po ukončení mise (End Mission Action). Touto funkcí se nastavuje, zda má stroj po ukončení snímkování a mise zůstat ve vzduchu na daném bodě, či autonomně přistát na místě vzletu. Pro bezpečnost je vhodné stroj převzít do vlastní pilotáže pomocí vysílače a přistát manuálně na zem. Po nastavení všech těchto nezbytných parametrů misi uložíme a při následném vzletu stroje vyšleme skrze aplikaci příkaz k zahájení autonomního letu.



Obr. č. 26: DJI Ground Station Pro – Nastavení parametrů mise.

3.3.3 Vzlet a sběr dat

Samotný vzlet byl proveden v manuálním režimu pomocí vysílačky. No stroji lze nakonfigurovat i autonomní vzlet, avšak je zde pak vyšší riziko případné nehody, pokud by se během vzletu na stroji objevila závada. Při kontrole všech řídicích prvků za letu můžeme pomocí zařízení iOS s aplikací Ground Station Pro vyslat pokyn pro zahájení autonomní letu a sběru dat. Během provádění snímkování musíme sledovat jak pohyb stroje v prostoru, tak i parametry v aplikaci Ground Station Pro, kde je možné vidět aktuální pozici na mapě, aktuální počet vytvořených snímků, čas do konce a další parametry.

3.4 VYHODNOCENÍ AUTOMATICKÝCH LETŮ V UAV FOTOGRAMMETRII

3.4.1 Specifikace parametrů výstupních dat

Pro získání dostatečně kvalitních a ostrých snímků, které jsou podmínkou pro následné, přesné zpracování, je vhodné přizpůsobit fotoaparát daným podmínkám.

Při snímkování je dobré dodržet následující zásady. Manuální zaostření by mělo být nastavené vždy na nekonečno, dále je dobré zvolit vyšší ISO hodnotu (200-400) pro eliminování nedostatku světla nebo nízké světelnosti objektivu. Rychlost závěrky by neměla být delší než 1/500 s. Clonové číslo volíme co nejvyšší kvůli dobré hloubce ostrosti snímků. Ve výsledku je lepší mít snímky podexponované a zrnitější s dostatečnou ostrostití než snímky přexponované s chybějící hloubkou ostrosti.

Pro co nejpřesnější výsledek je třeba zvolit dostatečně vysoké rozlišení snímků. V tomto případě byl použit 24 MPix (6000 x 4000 Pix) APS-C bezzrcadlový snímač fotoaparátu Sony Alpha 5100. Velikost tohoto senzoru je 23,6 x 15,8 mm, což odpovídá zkreslujícímu CROP faktoru 1,52.

Dále bylo nutné nastavit fixní ohniskovou vzdálenost, stejnou pro všechny pořízené snímky, přičemž v konkrétním případě byla použita 16 mm ohnisková vzdálenost.

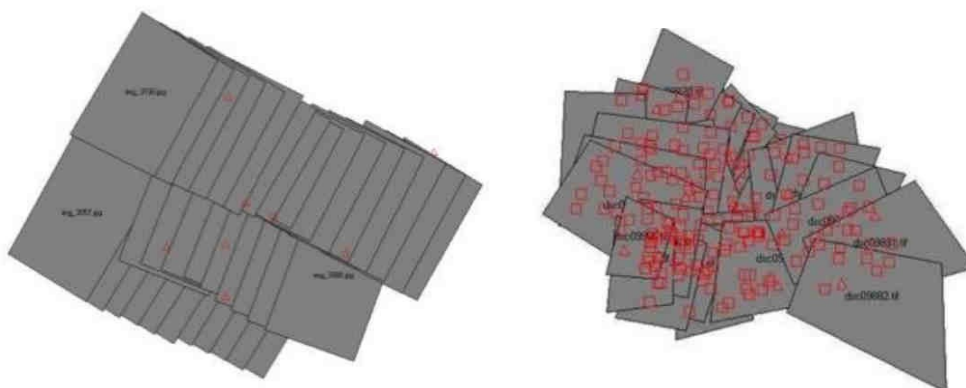
Pořízené snímky je nejlepší ukládat v profesionálním fotografickém formátu typu RAW. Tento formát však při velkém objemu snímků vykazuje vysoké nároky na datový tok a objem dat samotných. Stačí proto většinou použít i komprimovanější

datový formát typu JPEG. Rozdíl v náročnosti zpracování dat na počítači je pak také velice znatelný. V případě této práci byl proto zvolen formát JPEG.

3.4.2 Překryv pořízených snímků

Míra překryvu je důležitým aspektem při plánování snímkování. Rozlišujeme podélný a příčný překryv. Podélný překryv se zpravidla volí 60 – 80 %, příčný pak o něco méně – 40 %. Pro dodržení těchto parametrů je rozhodující rychlost letu a výška, ze které jsou snímky pořizovány. Obecně platí, že čím vyšší překryv snímků zvolíme, tím menší zkreslení pak výsledný model bude mít, a tím vyšší bude dosažené celkové přesnosti [28].

S mírou překryvu úzce souvisí i způsob ovládání stroje při pořizování snímků (viz. obr. č. 27). Stroj můžeme pilotovat manuálně nebo se stroj pilotuje sám dle předem definovaných požadavků. Druhá varianta je pak rozhodně lepší. Při manuálním letu nedokážeme dodržet takovou rovnoměrnost pořízených snímků, jakou dokáže stroj v autonomním režimu. A značně tím trpí kvalita pořízených dat [29].



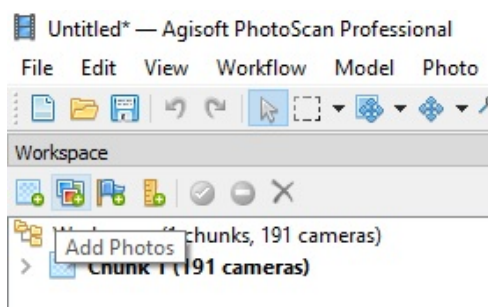
Obr. č. 27: Schématické znázornění rozmístění snímků při automatickém a manuálním ovládaní [29].

3.4.3 Popis zpracování pořízených snímků v SW Agisoft Photo Scan

Pořízené letecké snímky byly pospojovány v rámci SW Agisoft Photo Scan. Bylo využito zkušební verze tohoto SW. Jedná se o poměrně složitý proces, co se nastavení vstupních parametrů a výstupních požadavků týče. Tato práce se věnuje zejm. tvorbě ortofoto mapového výstupu a následného vyhodnocení.

Import snímků:

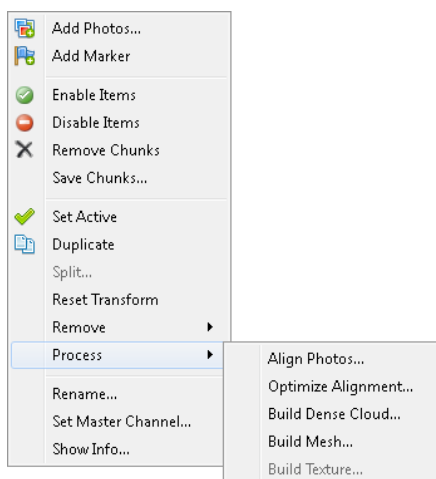
Snímky, které mají být zpracovány společně, jsou hromadně importovány do tzv. Chunk. Snímky se přidávají pomocí ikony Add Photos a tím dojde k vytvoření nového Chunk (viz. obr. č. 28).



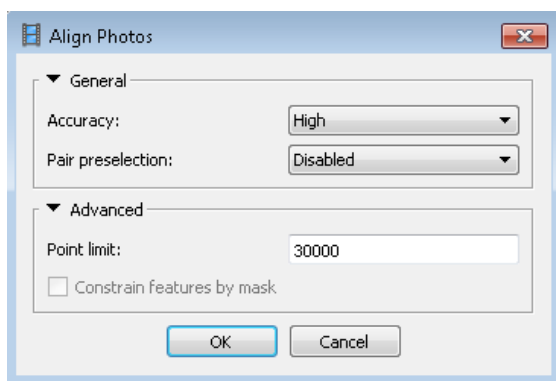
Obr.č. 28: Přidání snímků (Add Photos).

Určení prvků vnější orientace:

Snímky se orientují funkcí Align Photos (viz. obr. č. 29), dostupné z menu pod odkazem Workflow. Zde je nutné nastavit přesnost (Accuracy viz. obr. č. 30) z pěti možností. V tomto případě byla použita přesnost High, kdy software pracuje s plným rozlišením snímků a je tak dosaženo předpokladu pro vysokou přesnost výstupu. Pair Preselection určuje, zda mají být vypočteny podmnožiny snímků, ve kterých jsou počítány spojovací body. Volba Generic odhadne páry snímků. Point Limit nastavuje maximální množství klíčových bodů snímku. Pro konkrétní potřebu byl Point limit nastaven na 40 000.



Obr.č. 29: Roletové menu s otevřenými procesy.



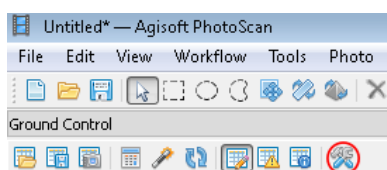
Obr.č. 30: Dialogové okno Align Photos.

Import souřadnic vlíčovacích bodů

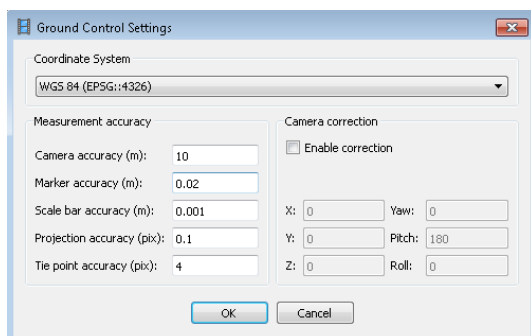
Souřadnice vlíčovacích bodů (VB) se importují z textového souboru v požadovaném formátování „název – souřadnice x – souřadnice y – souřadnice z“. Výběr snímků, kde je VB viditelný, se provede funkcí Filter Photos by Markers. Roletové menu se vyvolá pravým tlačítkem myši nad zvoleným vlíčovacím bodem.

Svazkové vyrovnání

Nastavení souřadnicového systému a parametrů svazkového vyrovnání se vyvolá ikonou na obr. č. 31. V dialogovém okně se nastaví souřadnicový systém a parametry pro svazkové vyrovnání, obr. č. 32 Svazkové vyrovnání se provede funkcí Optimize Alignment, obr. č. 33.



Obr.č. 31: Ikona pro nastavení souřadnicového systému a parametrů svazkového vyrovnání.

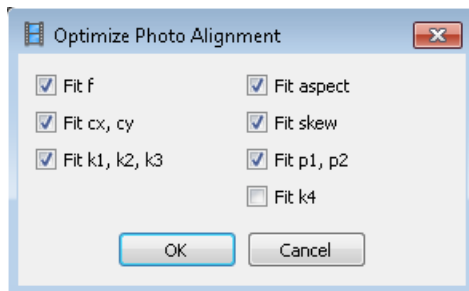


Obr. č. 32: Dialogové okno Ground Control Settings.



Obr. č. 33: Ikona svazkového vyrovnání.

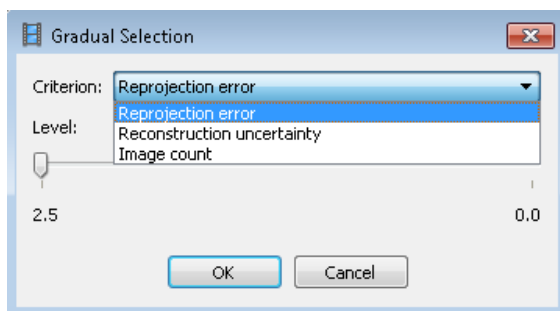
Proces je plně automatický a je možné zvolit prvky vnitřní orientace (Optimize Photo Alignment), které mají být vyrovnány (viz. obr. č. 34).



Obr.č. 34: Optimize Photo Alignment.

Filtrace spojovacích bodů

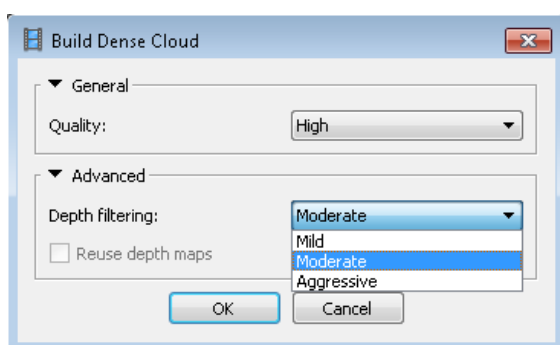
Dialogové okno (viz. obr. č. 35) pro filtraci spojovacích bodů je v roletovém menu Edit – Gradual Selection. Zvoleným kritériem může být Reprojection error, Reconstruction uncertainty a Image count. Označené body se smažou Edit – Delete Selection. Následně se provede svazkové vyrovnání a celý proces se opakuje, dokud není dosaženo požadované maximální odchylky.



Obr. č. 35: Dialogové okno Gradual selection.

Vytvoření hustého mračna bodů

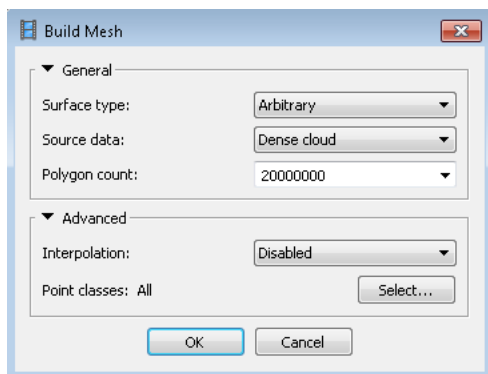
Husté mračno bodů se vytvoří funkcí Build Dense Cloud, dostupné z Workflow. V dialogovém okně (viz. obr. č. 36) je možnost zvolit kvalitu hloubkových map (Quality). Ultra High pracuje s plným rozlišením snímku, zpracování je pak velmi náročné na výpočetní výkon. Každý zvolený nižší parametr znamená o jednu úroveň nižší rozlišení snímku. Depth filtering (hloubka filtrování) filtruje mračno o odlehlé body. Mild je využíván pro členité objekty, Aggressive pro hladké objekty a Moderate je jejich kompromisem. V daném případě byla kvalita nastavena na Ultra High a hloubka filtrování na Moderate.



Obr. č. 36: Dialogové okno Build Dense Cloud.

Vygenerování polygonové sítě

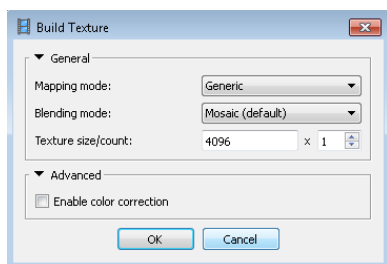
Polygonová síť se vytvoří funkcí Build Mesh, která je dostupná z Workflow. V dialogovém okně (viz. obr. č. 37) je možné nastavit typ rekonstruovaného povrchu (Surface type). Zde je možno nastavit Arbitrary, nebo Height field. První možnost se používá pro uzavřené objekty, typu socha atd. Druhá využívá zjednodušení a je vhodná pro zpracování snímků pořízených leteckým systémem. Druhou možnost zvolena v tomto případě pro zpracování ortofota.



Obr. č. 37: Dialogové okno Build Mesh.

Vygenerování textury

Textura se vytvoří funkcí Build Texture, která je dostupná z Workflow. V dialogovém okně (viz. obr. č. 38) je možné nastavit způsob mapování textury na model (Mapping mode), způsob prolnutí snímků do výsledné textury (Blending mode). Pro snímky s velkým rozptylem jasu je možno využít funkci Color correction.

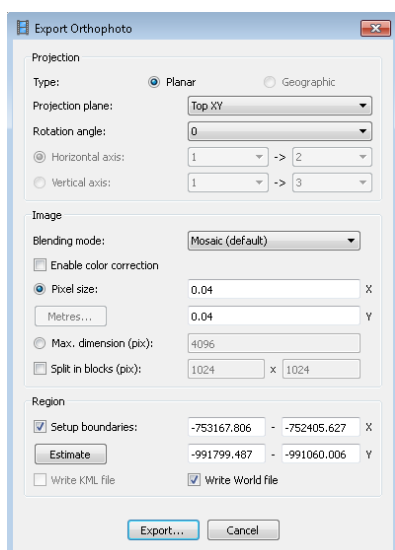


Obr. č. 38: Dialogové okno Build Mesh.

Nyní se model musí převést do souřadnic S-JTSK. Podobně jako u kroku svazkového vyrovnání je třeba v Ground Control Settings (obr. č. 32) nastavit místní systém (Local Coordinates). Dále se provede import vlíčovacích bodů se souřadnicemi v S-JTSK.

Export ortofota

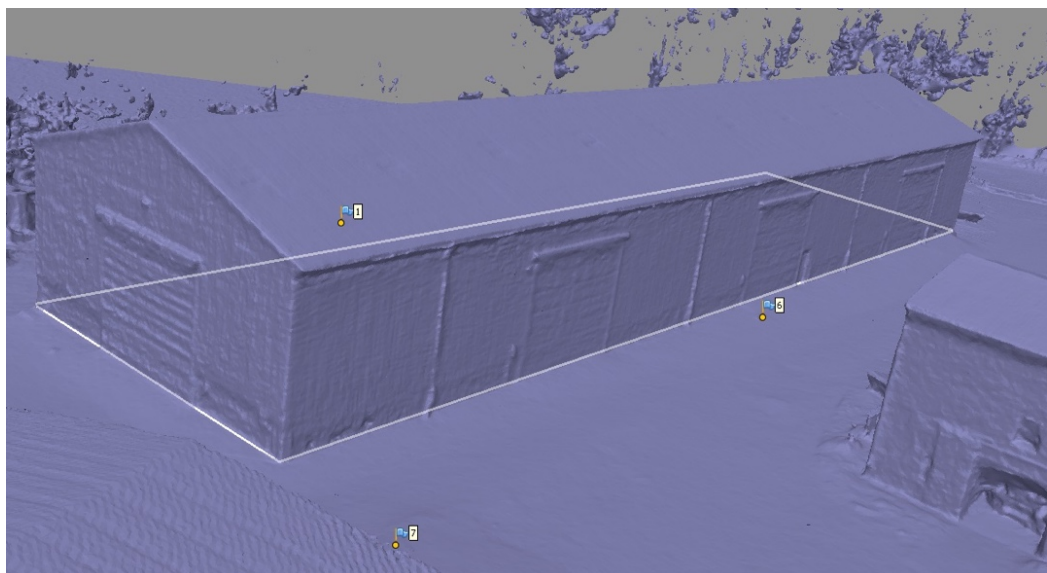
Pro rendering ortofota se zvolí funkce File – Export orthophoto. V dialogovém okně (viz. obr. 39) je možné nastavit rovinu zobrazení ortofota (Projection plane), zvolit velikost pixelu ortofota a vytvoření „World“ souboru k ortofotu. Vytvořené ortofoto je souřadnicově určené a je možné s ním dále pracovat například v GIS softwaru Arc Map.



Obr. č. 39: Dialogové okno Export Orthophoto.

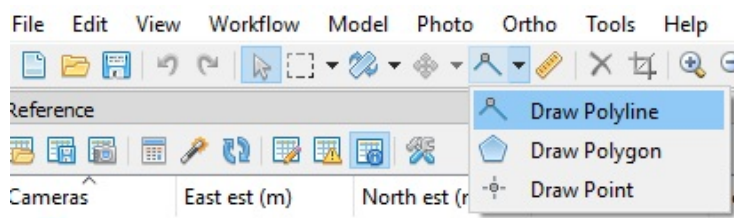
Určení obvodových hranic budovy

Ortofoto mapa sama o sobě neposkytuje možnost přesného stanovení obvodových hranic budovy, protože tyto hranice jsou zakryté přesahem střech. V softwaru Agisoft Photo Scan je však možné hranice půdorysu přesně určit z 3D modelu při bočním náhledu (viz. obr. č. 40).



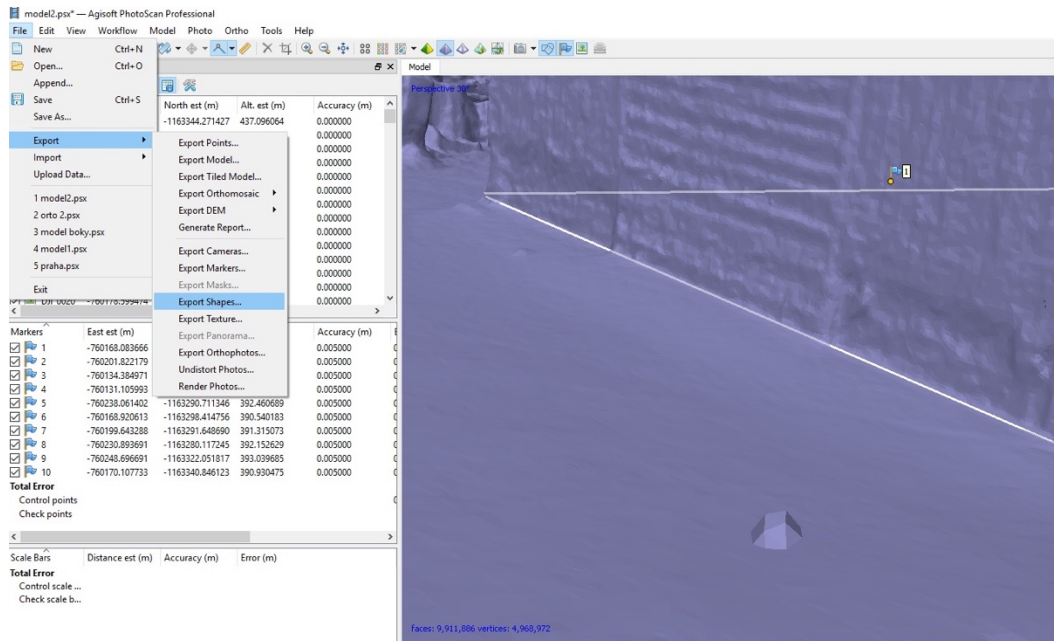
Obr. č. 40: 3D model terénu (budovy) vytvořený v softwaru Agisoft Photo Scan.

Pro vykreslení linií základů budovy je nutné se přepnout z textury zpět na plnou síť mračna bodů (viz. Build Mesh). V tomto pohledu zvolíme na základní liště Draw Polyline (viz. obr. č. 41), přičemž v tomto vyobrazení modelu je snadné přesně identifikovat rohy budovy a zakreslit tak přesně půdorys budovy. Vzhledem k tomu, že už pracujeme v souřadnicově určeném modelu, vytvořené linie jsou již také rovnou souřadnicově určeny v S-JTSK.



Obr. č. 41: Draw Polyline.

Tyto linie je možné vyexportovat ve formátu shp (shape file), se kterým je poté možné pracovat v softwaru Arc Map (viz. obr. 42).

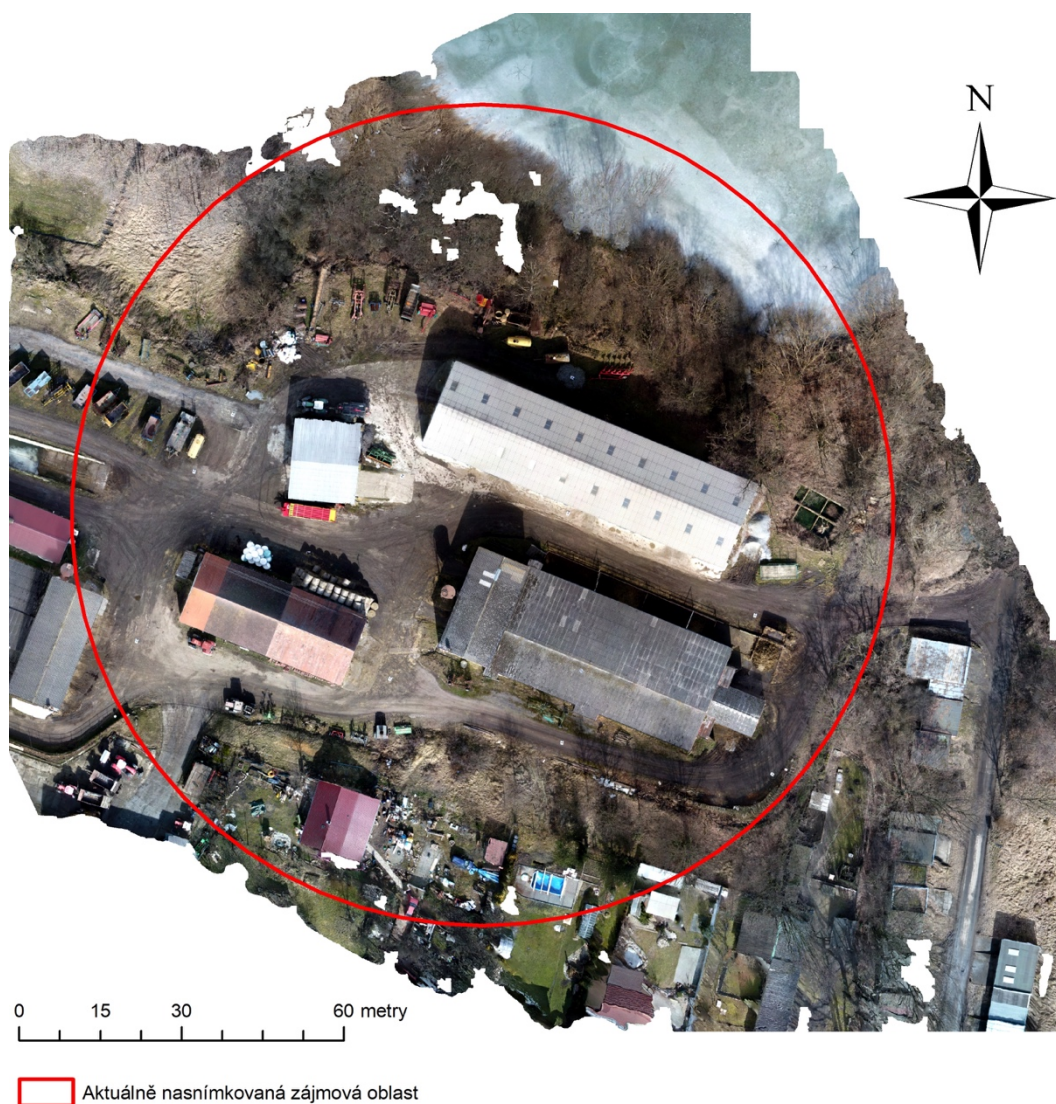


Obr. č. 42: Export Shapes.

4. Výsledky a diskuse

Výsledkem této práce je zejména vytvoření podrobné aktuální ortofoto mapy zkoumané oblasti v souřadnicovém systému S-JTSK. Dále pak byly na základě 3D modelu přesně vykresleny obvodové linie zemědělské budovy ve zkoumané lokalitě pro možnost vyobrazení této stavby v katastrální mapě, kde tato stavba doposud není zakreslena.

4.1 VYTVOŘENÁ AKTUÁLNÍ ORTOFOTO MAPA (obr. č. 43)



Obr. č. 43: Aktuální ortofoto mapa zájmové oblasti.

Detailní ortofoto mapa vytvořená pomocí softwaru Agisoft Photo Scan má rozlišení 15771 x 17104 pixelů (1,4 cm/pixel). Ve formátu TIF je velikost tohoto souboru 507 MB.

4.2 ZNÁZORNĚNÍ NEZANESENÉ ZEMĚDĚLSKÉ BUDOVY V KATASTRÁLNÍ MAPĚ (obr. č. 44)




Obr. č. 44: Znáznornění nezanesené budovy s prolnutím katastrální mapy nad ortofoto mapou.

Z prolnutí ortofoto mapy a katastrální mapy v GIS softwaru ArcMap (viz. mapový výstup výše) jasně vyplývá, že v katastrální mapě není zanesená zemědělská budova dle znázornění. Vytvořený mapový výstup (viz. obr. č. 45) nese informace o polohovém určení v souřadnicovém systému S-JTSK a je možné ho dále využívat pro geodetické výpočty jako je určování vzdáleností, ploch a polohy bodů.

4.3 POLOHOVĚ URČENÝ OBVOD NEZANESENÉ BUDOVY (obr. č. 45)



0 5 10 20 metry

 Přesně polohově určená zemědělská budova nezanesená v KN



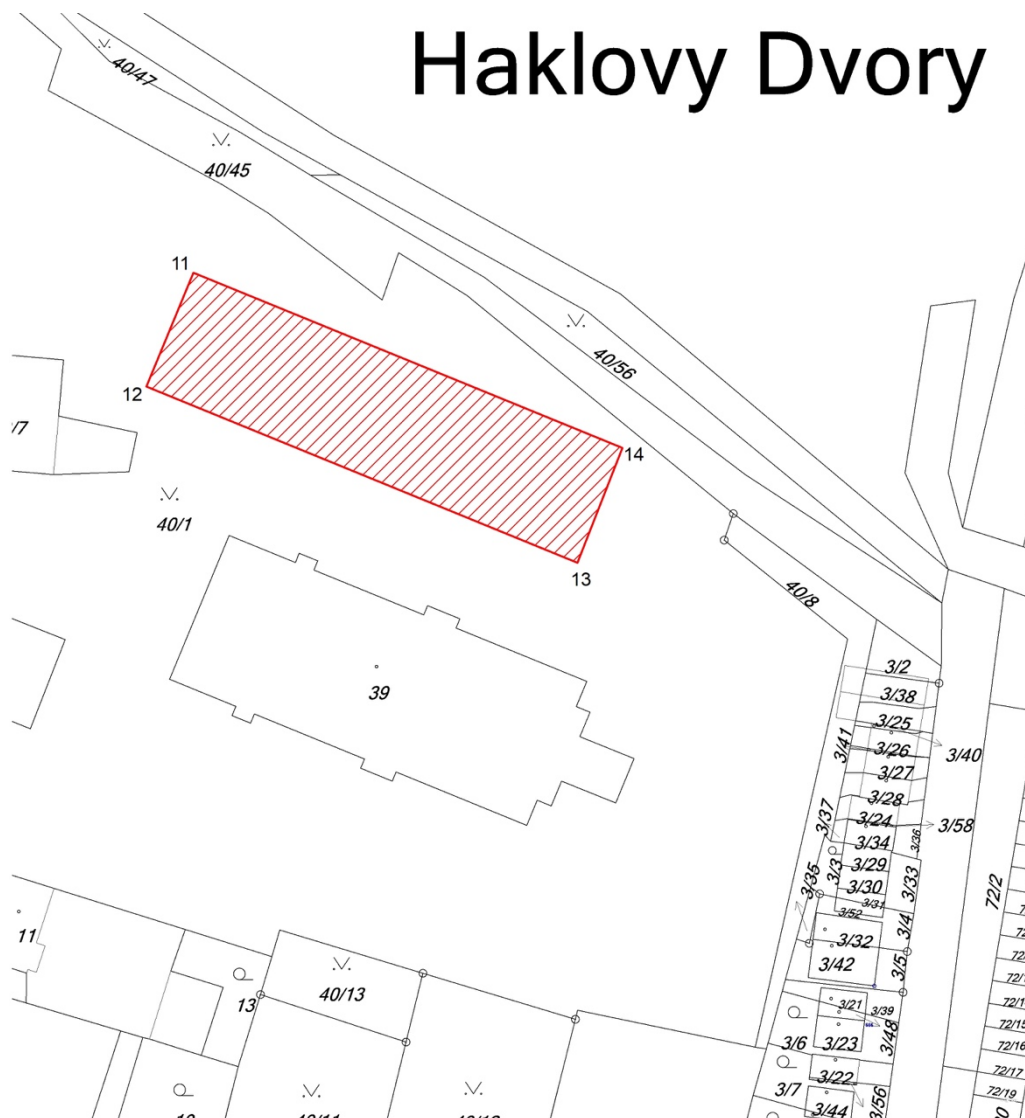
Obr. č. 45: Přesně určený obvod budovy nezanesené v katastrální mapě.

Pro možnost doplnění chybějící zemědělské budovy do katastrální mapy byl vyexportován obvod této budovy pomocí Agisoftu Photo Scan v souborové formátu typu shapefile (shp). Obrys je polohově určený v souřadnicovém systému typu S-JTSK a je možné s ním ihned pracovat v rámci GIS softwaru ArcMap.

Díky tomu bylo možné přesně určit souřadnice rohů zemědělské budovy pouhým odečtením z mapy (viz tabulka č. 7). Také bylo možné určit výměru této budovy, která dle odečtení v softwaru ArcMap činí 962 m².

4.4 VYKERESLENÍ NEZANESENÉ ZEMĚDĚLSKÉ BUDOVY V KATASTRÁLNÍ MAPĚ A URČENÍ SOUŘADNIC ROHŮ BUDOVY (viz. obr. č. 46 a tab č. 7)

Haklovy Dvory



 Přesně polohově určená zemědělská budova pomocí technologie UAV



Obr. č. 46: Aktuální ortofoto mapa zájmové oblasti.

Tabulka č. 7: Seznam přesně odečtených souřadnic rohů budovy

BOD	Y	X
11	760189,72	1163270,77
12	760195,84	1163285,53
13	760139,97	1163308,39
14	760134,15	1163293,51

4.5 PODROBNOST A PŘESNOST VYTVOŘENÉ ORTOFOTO MAPY

Kvalita nově vytvořené ortofoto mapy je vyšší než u běžně dostupných ortofoto map, které poskytují WMS servery pro GIS softwary (viz. obr. č. 47).



Obr. č. 47: Porovnání kvality nové ortofoto mapy a běžně dostupné při detailním zvětšení.

Rozlišení nové ortofoto mapy je mnohem podrobnější, jak je patrné z obr. č. 47 a 48, konkrétně 1,4 cm/pixel vs. 25 cm/pixel. Díky tomu je možné určovat body v mapě s daleko vyšší přesností.



0 0,75 1,5 3 metry



Obr. č. 48: Detail střechy z podrobné ortofoto mapy vytvořené v rámci této práce.

Polohová přesnost vůči souřadnicovému systému je dána podrobností pořízených snímků, přesností zaměření vlčovacíh bodů a zpracováním modelu v softwaru Agisoft Photo Scan. Po vytvoření modelu, software Agisoft Photo Scan

generuje procesní report (viz. příloha č. 2), ve kterém je vyhodnocena i polohová přesnost. Konkrétně byla vygenerována maximální možná střední souřadnicová XY odchylka 1,96 cm. Tato odchylka víceméně koresponduje s nevyšší odchylkou určenou přístrojem Trimble GNSS GPS - 1,70 cm (viz. metodika, kapitola 3.2.6, tabulka č. 6).

Pro katastrální mapování se předpokládá dodržení geodetického kódu kvality 3 – tedy základní souřadnicová chyba do 14,00 cm. Z dat výše vyplývá, že přesnost dosažená při mapování dronem se zdá být dostatečná. Toto však platí pouze při využití přesně zaměřených vlícovacích bodů, které se použijí pro georeferencování celého modelu. Pokud bychom využívali k výpočtu modelu pouze GPS data pořízená strojem při snímkování, střední souřadnicová odchylka XY by pak byla několásobně vyšší, v našem případě téměř 10 m (viz. porovnání vygenerovaných reportů pro modelování s využitím a bez využití vlícovacích bodů, příloha č. 3).

4.6 ČASOVÁ NÁROČNOST

Rozmístění a zaměření deseti vlícovacích bodů samo o sobě trvalo 1 hodinu ve dvou osobách (byl dodržen časový rozestup minimálně jedné hodiny mezi dvěma měřeními). Přelétnutí modelové lokality dronem i s přípravou a veškerou konfigurací zabralo přibližně další hodinu.

Proces vyhodnocení dat a vytvoření modelů pro tuto práci zabral na školním počítači s průměrnou konfigurací cca 17,5 hodin výpočetního času. Vzhledem k tomu, že mezi jednotlivými operacemi je nutné zkontrolovat, zda proběhly správně a poté manuálně přepnout na další krok, je nutné proces stále hlídat.

Lze tvrdit, že mapování i s vytvořením výstupů je možné zvládnout řádově během dvou pracovních dnů.

Doba vypracování je závislá na zkušenostech a znalostech zpracovatele dat. Bylo zapotřebí se naučit pracovat se softwarem Agisoft Photo Scan. Vzhledem k tomu, že tento software je velice uživatelsky náročný, bylo žádoucí se nechat zaškolit zaměstnancem Katedry krajinného managementu Ing. Jakubem Polenským a stážistou Ing. Jakubem Kočicou, který má se softwarem Agisoft Photo Scan dlouholeté zkušenosti. Let musel být proveden certifikovaným pilotem. Tuto činnost obstarali

zaměstnanci Katedry krajinného managementu Ing. Tomáš Pavlíček Ph.D. a Ing. Jakub Polenský.

Bez pomoci výše jmenovaných osob by bylo velice náročné si osvojit veškeré znalosti týkající se zpracování dat v softwaru Agisoft Photo Scan. Neméně důležitá byla pomoc z hlediska obsluhy dronu. Využití bezpilotní technologie k takovým účelům vyžaduje značné zkušenosti a hlavně náležitá povolení.

4.7 NÁKLADY NA POŘÍZENÍ TECHNOLOGIÍ

Bezpilotních technologie vč. licencí:	220 tis. Kč
GNSS GPS přijímač:	230 tis. Kč
Software Agisoft Photo Scan:	78 tis. Kč
Tablet s iOS:	12 tis. Kč
Počítač s odpovídající konfigurací:	50 tis. Kč

Výše uvedené náklady jsou vyčísleny řádově a to vč. DPH. Aktuální nabídky daných produktů se mohou měnit každý den. Zejména bezpilotní technologie cenově velmi klesají. Například aktuálně dostupný DJI Phantom 4 Pro je možné pořídit za 50 tis. Kč vč. příslušenství. Jedná se sice o hobby zařízení, ale svými parametry již dokáže předčít dron Katedry krajinného managementu.

S přihlédnutím k faktu, že by se v dnešní době dalo ušetřit na bezpilotních technologiích, pořizovací náklady by se vešly řádově do půl milionu Kč. To už je investice, která by stála za uvážení, zejm. s ohledem na možnost multidisciplinárního využití takového zařízení. Navíc počítač, tablet a GNSS GPS přijímač je také možné brát jako víceúčelovou investici.

5. Zhodnocení a závěr

V této práci byla popsána možnost využití bezpilotních technologií pro účel podrobného fotogrammetrického mapování, které by mohlo být podkladem nejen pro aktualizaci katastrální mapy.

V rámci modelového příkladu byla vybrána lokalita menšího zemědělského družstva, ve kterém se nachází zemědělská budova, která není zanesena v katastrální mapě. Po získání veškerých teoretických znalostí a splnění legislativních náležitostí bylo provedeno snímkování za pomoci bezpilotní technologie nad částí tohoto areálu. Přesnost snímkování s ohledem na propojení se souřadnicovým systémem S-JTSK byla zajištěna pomocí vlíčovacích bodů, které byly jasně identifikovatelné z leteckých snímků a přesně zaměřené pomocí geodetického GNSS GPS přijímače. Pořízené snímky byly následně pospojovány a georeferencovány pomocí softwaru Agisoft Photo Scan.

Praktická část jasně ukázala, že využití kompaktních bezpilotních technologií pro podrobné a přesné mapování menších územních celků je výhodné. Výstupem z modelového snímkování je detailní a aktuální ortofoto mapa, která má rozlišením 1,4 cm/pixel. Díky přesnému zaměření vlíčovacích bodů je tato mapa i přesně polohově určená vůči souřadnicovému systému S-JTSK, který používá katastr nemovitostí. Z takové ortofoto mapy však není možné samo o sobě přesně určit rohy budov z důvodu přesahů střech. Agisoft Photo Scan však dokáže, díky snímkům pořízeným šikmo k zemi, vytvořit DEM (digitální výškový model terénu) nebo přesný 3D model objektů. Z takového modelu, je pak bezproblémové určit rohy budovy a vyexportovat si je v potřebném formátu pro využití v GIS softwaru. Tato metoda byla rovněž úspěšně ověřena v této práci.

V praxi se ukázalo, že mapování pomocí bezpilotních technologií má i své nevýhody. Území, kde se nachází husté a vysoké vegetační porosty není možné snímkovat detailně. Tento fakt je ale logicky zcela pochopitelný. Další nevýhodou je poměrně složitá legislativa týkající se komerčního využití bezpilotních zařízení. Z administrativního hlediska může být velmi složité vyřizovat povolení pro snímkování hustě osídlených oblastí, kde se nachází více různých majitelů. Také legislativa týkající se katastru nemovitostí zatím nepočítá s využitím bezpilotních zařízení k obnově katastrálního operátu.

Výstupy ze zmapovaných území dále mohou sloužit pro aktualizaci land-use (způsob využití plochy) například při provádění pozemkových úprav. Na základě těchto dat je možné vytvářet i přesné 3D modely terénu a získávat tak relativně snadno a rychle přesné podklady pro územní studie a nejrůznější projekty. Nelze však přepokládat, že by snímkování dronem mohlo dnes již plně nahradit běžně používané geodetické metody. V určitých případech by ale mohlo zjednodušit a urychlit mapování zejména takových územních celků, které jsou k tomu dispozičně vhodné. Své uplatnění naleznou bezpilotní zařízení jistě také při tvorbě tematických map, monitoringu areálů a všude tam, kde je nutné často, rychle a přesně aktualizovat potřebná data.

Důležité je uvědomit si, že odvětví s bezpilotními technologiemi prodělalo velký technologický pokrok během posledních let. Tato zařízení jsou dnes již dostatečně kompaktní, sofistikovaná, uživatelsky relativně snadno obsluhovatelná a cenově poměrně dostupná pro využití v různých komerčních odvětvích. Klíčové je, že možnost uplatnění bezpilotních zařízení je multidisciplinární a jejich efektivní využití spočívá ve specializaci na vícero oborů.

6. Seznam použitých zdrojů

- [1] KARAS, J., TICHÝ, T.: Drony, Brno: Computer Press, 2016, ISBN 978-80-251-4680-4.
- [2] EVERAERTS, J.: The Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVS) for Remote Sensing and Mapping, In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Beijing, China, XXXVII. Part B1, 1187-1192, 2008.
- [3] COLOMNIA, I., BLÁZQUES, M., MOLINA, P., PARÉS, M. E. and WIS, M.,: Towards A New Paradigm for High-Resolution Low-Cost Photogrammetry and Remote Sensing, In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Beijing, China, XXXVII. Part B1, 1201-1206, 2008.
- [4] Zákon o civilním letectví 49/1997 sb. § 52, Létání letadel bez pilota
- [5] UAV Types. The UAV: Unmanned Aerial Vehicle [online]. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.theuav.com/>
- [6] A Short History of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Draganfly [online]. 2012 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.draganfly.com/news/2009/03/04/a-short-history-of-unmanned-aerial-vehicles-uavs/>
- [7] Nova: Time Line of UAVs. Nova: Science programming on air and online [online]. 2002 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.pbs.org/wgbh/nova/spiesfly/uavs.html>
- [8] EISENBEISS, H.: UAV Photogrammetry, Curych: DISS. ETH NO. 18515, 2009 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: http://www.igp-data.ethz.ch/berichte/Blaue_Berichte_PDF/105.pdf
- [9] BLYENBURGH, v. P.: Unmanned Aircraft Systems: The Current Situation. Dostupné z: http://www.acrtucson.com/Presentations_n_Publications/pdf/6_UVS_International.pdf
- [10] VISINGR, L.: Bezpilotní vzdušné prostředky. 2006. Dostupné z: <http://lvisingr.czweb.org/stazeni/atm/uav.rtf>
- [11] SCHWARZ, D.: Využití bezpilotních létajících prostředků pro telemetrické účely. 2006, roč. 5, III. Dostupné z: http://pernerscontacts.upce.cz/19_2010/Schwarz.pdf
- [12] Trigger Composites Pteryx UAV. Troybuiltmodels [online]. 2012 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.troybuiltmodels.com/items/PTERYX-UAV.html>
- [13] SenseFly: Autonomous flying sensors [online]. Curych, 2011 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.sensefly.com/>
- [14] The Evolution and Application of Mini UAV System [online]. 2009-10-12 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.scribd.com/doc/27686341/The-Evolution-and-Application-of-UA-VER-Mini-UAS>

- [15] History of UAVs [online]. 2009 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://www.uavm.com/uavindustry/historicalbackground.html>
- [16] THAMM, H.P.: Susi 62: Robust and safe parachute UAV with long flight time and good payload. 2011. Dostupné z: <http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/1-C22/papers/thamm.pdf>
- [18] Mikrokopter [online]. 2011 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.mikrokopter.de>
- [19] ČESKOMORAVSKÁ MODELÁŘSKÁ ASOCIACE [online]. 2012 [cit. 2018-10-03]. Dostupné z: <http://cmma.cz/>
- [20] Doplněk X – Bezpilotní systémy, hlava 3, ust. 3.1.12. 2008. Dostupné z: <http://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/effective/doplX.pdf>
- [21] Česká Republika. Směrnice SLS: Postup pro vydání povolení k létání letadla bez pilota. In: Praha, 2012, č. 1. Dostupné z: <http://www.caa.cz/file/5965>
- [22] MACEK, P.: Doplnující informace ÚCL k návrhu Doplněku X leteckého předpisu L2. 2011. Dostupné z: http://www.volny.cz/pavel.macek/regulace/UCL_soubory/Doplujici_informace.pdf
- [23] NOVÁK, V.: Předpisy pro létání s drony v ČR. 2017. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/37-predpisy-pro-letani-s-drony-v-cr>
- [24] GOŠPIC, P.: Právní aspekty dronů v ČR I a II. 2018. Dostupné z: <http://www.droneweb.cz/legislativa-provozu-dronu/item/193-pravni-aspekty-provozu-dronu-v-cr>
- [25] KOCOUREK, J., ŘEŠÁTKO, J.: Drony, TELINK spol. s.r.o., 2017.
- [26] Fotogrammetrie. Geodis [online]. [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.geodis.cz/sluzby/fotogrametrie>
- [27] ABER, J., MARZOLFF, I. and RIES, J.: Small-Format Aerial Photography Principles, techniques and geoscience applications. 1st ed. Amsterdam: Elsevier Science, 2010. 268 p. ISBN 0444532609
- [28] PAVELKA, K.: Fotogrammetrie 10. 2. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02649-3
- [29] PAVELKA, K.: Fotogrammetrie 20. 2. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-02762-7
- [30] ŠAFÁŘ, V.: Dálkově pilotované letecké systémy a Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod. Sborník Workshop RPAS a studentské vědecké konference, Telč 2014, ISBN 978-80-01-05647-9.
- [31] RIJSDIJK, M., HINSBERGH, W. H. M. van, WITTEVEEN, W., BUUREN, G. H. M. ten, SCHAKELLAR, G. A., PERSIE, M. van, LADIGES, R.: Unmanned aerial systems in the process of juridical verification

of cadastral border, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1/W2, 2013, UAV-g2013, 4 - 6 September, Roctock, Gwermeny.

[32] Eisenbeiss, H.: UAV Photogrammetry. Curych, DISS. ETH NO. 18515. ETH Curych, 2009. Dostupné z: http://www.igp-data.ethz.ch/berichte/Blaue_Berichte_PDF/105.pdf.

[33] BAREŠOVÁ, E., BLÁHOVÁ, I., DOUBEK, P., JANEČEK, B., NEDVÍDEK, L., ŠANDOVÁ, H.: Katastrální zákon. Komentář, Praha, Wolters Kluwer, a.s., 2015, 472 s., ISBN 978-80-7478-703-4.

[34] Návod na obnovu katastrálního operátu a Převod, [online]. [citace 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/Predpisy/Resortni-predpisy-a-opatreni/Navody-CUZK.aspx>.

[35] KARAS, J.: RPAS – charakteristika a doporučení, Sborník Workshop RPAS a studentské vědecké konference, Telč 2014, ISBN 978-80-01-05647-9.

[36] KASSER, M; EGELS, Z.: Digital Photogrammetry. New York: Taylor & Francis, 2002.

[37] MARŠÍK, Z.: Fotogrammetrie. Díl 1, Základy letecké fotogrammetrie. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1982.

7. Seznam použitých obrázků

Obr. č. 1: Japonský balón s výbušninou.

Dostupné z: <https://www.npr.org/sections/npr-history-dept/2015/01/20/375820191/beware-of-japanese-balloon-bombs>

Obr. č. 2.: Dálkově ovládaný Kettering Bug.

Dostupné z: <http://flyingmachines.ru/Site2/Crafts/Craft29033.htm>

Obr. č. 3 a 4: Izrealská UAV Scout a Pioneer.

Dostupné z: <http://www.israeli-weapons.com/weapons/aircraft/uav>

Obr. č. 5: UAV MQ 1 Predator.

Dostupné z: https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=46

Obr.č. 6: UAV Pteryx s odpalovací rampou.

Dostupné z: http://www.kompozyty.trigger.pl/EN/samoloty_bezpilotowe.php

Obr. č. 7: UAV eBee od společnosti SenseFly.

Dostupné z: <https://www.sensefly.com/drones/>

Obr. č. 8: UAV vzducholod' od společnosti Skive.

Dostupné z: <https://www.skive.aero>

Obr. č. 9: UAV vzducholod' od společnosti Mothership Aeronautics se solárním napájením.

Dostupné z: <https://www.mothership.aero>.

Obr. č. 10: Paraglide SUSI [16].

Obr. č. 11: Survey Copter 1B – UAV francouzská helikoptéra.

Dostupné z: <https://www.bpress.cn>

Obr. č. 12: Mikrokopter – oktokopectera, prototyp 2015.

Dostupné z: <https://www.mikrokopter.de>

Obr. č. 13: DJI Phantom 4 – kvadrokopectera.

Dostupné z: <https://www.dji.com>

Obr. č. 14: DJI Matrice 600 Pro – hexakopectera.

Dostupné z: <https://www.dji.com>

Obr. č. 15: Holandský záchranářský dron.

Dostupné z: <https://www.securitymagazin.cz/technologie/prvni-pomoc-ze-vzduchu-budou-nas-zachranovat-drony-1404043557.html>

Obr.č. 16: Tabulka rozdělení váhových kategorií a způsobů využití bezpilotních prostředků dle Doplnku X [20].

Obr. č. 17: Znázornění zóny CTR Letiště České Budějovice v aplikaci AisView. (vlastní tvorba)

Obr. č. 18: Zkoumaný prostor z ptačí perspektivy. (vlastní tvorba)

Obr.č. 19: Hexokoptéra DJI S 900. (archiv Ing. Jakuba Polenského)

Obr. č. 20: Vlícovací bod umístěný ve zkoumané oblasti. (vlastní archiv)

Obr. č.: 21 a 22: Přesné pozemní GPS zaměření vlícovacích bodů. (vlastní archiv)

Obr. č. 23: Schématické znázornění rozmístěných vlícovacích bodů v GIS. (vlastní tvorba)

Obr. č. 24: DJI Ground Station Pro – New Mission. (vlastní archiv)

Obr. č. 25: DJI Ground Station Pro – Ohraničení přelétávané lokality. (vlastní archiv)

Obr. č. 26: DJI Ground Station Pro – Nastavení parametrů mise. (vlastní archiv)

Obr. č. 27: Znázornění rozmístění snímků při automatickém a manuálním ovládní [29].

Obr. č. 28 – 42: Dialogová okna a obrazy z pracovního prostředí softwaru Agisoft Photo Scan znázorňující pracovní postupy jednotlivých výpočetních úkonů. (vlastní archiv)

Obr. č. 43: Aktuální ortofoto mapa zájmové oblasti. (vlastní tvorba)

Obr. č. 44: Znázornění nezanesené budovy s prolnutím katastrální mapy nad ortofoto mapou. (vlastní tvorba)

Obr. č. 45: Přesně určený obvod budovy nezanesené v katastrální mapě. (vlastní tvorba)

Obr. č. 46: Aktuální ortofoto mapa zájmové oblasti. (vlastní tvorba)

Obr. č. 47: Porovnání kvality nové ortofoto mapy a běžně dostupné při detailním zvětšení. (vlastní tvorba)

Obr. č. 48: Detail střechy z podrobné ortofoto mapy vytvořené v rámci této práce. (vlastní tvorba)

8. Seznam použitých tabulek

Tabulka č.1: Základní rozdělení UAV [8].

Tabulka č.2: Dělení UAV dle velikosti a letových parametrů [9].

Tabulka č.3: Přehled základních požadavků na UAV dle Doplnku X [20].

Tabulka č.4: Geometrické parametry a kritéria polygonových pořadů [33][34].

Tabulka č.5: Mezní odchylky pro úhly a délky [33][34].

Tabulka č. 6: Seznam vřícovacích bodů a jejich souřadnice v systému S-JTSK v zájmové lokalitě.

Tabulka č. 7: Seznam přesně odečtených souřadnic rohů budovy.

9. Seznam použitých příloh

Příloha č. 1: Žádost o udělení výjimky pro provoz bezpilotního letadla v HOP (hustě osídleném prostoru).

Příloha č. 2: Procesní report softwaru Agisoft Photo Scan.

Příloha č. 3: Porovnání procesních reportů softwaru Agisoft Photo Scan při modelování s vřícovacími body a bez nich.

Příloha č. 1: Žádost o udělení výjimky pro provoz bezpilotního letadla v HOP (hustě osídleném prostoru)

Úřad pro civilní letectví

K letišti 1149/23
160 08 PRAHA 6

Vydáno pod č. j.: **003659-18-701**
Sp. zn.: LP-UAS-0423



ROZHODNUTÍ

Úřad pro civilní letectví (dále jen „Úřad“), jako věcně a místně příslušný správní orgán podle ust. § 89 odst. 2 písm. o) bodu 2 a bodu 5 zákona č. 49/1997 Sb., o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „letecký zákon“), **rozhodl po provedeném správním řízení podle zákona č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „správní řád“), podle ust. § 52 leteckého zákona, a podle leteckého Předpisu L2 – Pravidla létání** na základě žádosti č. j.: 003267-18-701 podané dne 19. 3. 2018

o udělení

jednorázového **povolení k létání letadla bez pilota na palubě** nad rámec standardně udělených provozních omezení letadla bez pilota na palubě poznávací značky **OK-X021Q** provozovatele **Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**, IČ 60076658, se sídlem Branišovská 1645/31a, 370 05 České Budějovice (dále jen „žadatel“ nebo „provozovatel“), a to **v lokalitě vymezené tímto rozhodnutím za dodržení následujících dodatečných podmínek:**

- 1) **Lokalita: České Budějovice - Haklovy Dvory, okres České Budějovice**
- 2) Provozovatel je při uplatňování jednorázového povolení k létání letadla bez pilota na palubě nad rámec standardně udělených provozních omezení povinen dodržovat tyto **dodatečné podmínky:**

- i. **dopadovou oblastí** se rozumí prostor mnohoúhelníkového tvaru, jehož jednotlivé vrcholy tvoří v souladu se žádostí žadatele body definované zeměpisnými souřadnicemi dle WGS-84 následovně:

48°59'41.743"N, 14°24'35.895"E; 48°59'41.230"N, 14°24'38.888"E;

48°59'40.723"N, 14°24'38.724"E; 48°59'41.185"N, 14°24'35.736"E.

Dopadová oblast může být provozovatelem s ohledem na situaci a podmínky v místě a době provedení letu, příp. série letů, zmenšena tak, aby dodatečné podmínky stanovené ve výrokové části tohoto rozhodnutí byly splněny;

- ii. let, příp. série letů, může být proveden jako:
 - a) jako kombinace **vertikálního a horizontálního letu**, přičemž maximální výška letu bude stanovena tak, aby i v případě nastalé nouzové situace bezpilotní letadlo neopustilo dopadovou oblast. **Žádný bod hranice dopadové oblasti nesmí být horizontálně vzdálen méně než dvojnásobek aktuální výšky letu nad zemí.** V případě nestandardního chování bezpilotního letadla bude let **okamžitě ukončen**; nebo
 - b) jako **vertikální let**, přičemž maximální výška letu bude stanovena tak, aby i v případě nastalé nouzové situace bezpilotní letadlo neopustilo dopadovou oblast. **Žádný bod hranice dopadové oblasti nesmí být horizontálně vzdálen méně než aktuální výška letu nad zemí.** V případě nestandardního chování bezpilotního letadla, především ve smyslu nedodržení vertikální dráhy letu, bude let **okamžitě ukončen**;
 - iii. k využití plochy specifikované v bodu i. této výrokové části, která není letištěm ani plochou vymezenou v územně plánovací dokumentaci nebo v územním rozhodnutí o využití území ke vzletům a přistáním, ke vzletům, přistáním a s tím souvisejícím činnostem musí být písemně udělen souhlas vlastníkem plochy;
 - iv. musí být přijata opatření pro zajištění dopadové oblasti proti vstupu osob nezapojených do provozu ve smyslu ust. 16 g) Doplnku X leteckého předpisu L 2;
 - v. osoby, prostředky nebo stavby nacházející se v dopadové oblasti musí být součástí předmětného provozu ve smyslu ust. 16 g) Doplnku X leteckého předpisu L 2, **včetně přijetí odpovídajících bezpečnostních opatření**, přičemž za doporučenou formu dohody se považuje písemná forma;
 - vi. let, příp. série letů, může být proveden pouze v období mezi občanským svítáním a občanským soumrakem;
 - vii. poskytnutí Úřadu základních informací o skutečném průběhu letu/-ů v nejkratší možné době po provedení předmětných letů, nejpozději však do **9. 4. 2018**.
- 3) Jednorázové povolení k létání letadla bez pilota na palubě je platné **dne 29. 3. 2018** pro provedení letu, příp. série letů. Povolení zaniká v případě:
- a) provedení letu, příp. série letů pro naplnění účelu vydání tohoto rozhodnutí;
 - b) skončení platnosti, nebyla-li před skončením prodloužena;
 - c) že se jej držitel vzdá nebo je zrušeno.

V případě c) musí být povolení vráceno Úřadu.

Odůvodnění

Na základě žádosti o udělení jednorázového povolení k létání letadla bez pilota na palubě nad rámec standardně udělených provozních omezení bezpilotního letadla ze dne 19. 3. 2018 rozhodl Úřad v souladu s ust. § 52 leteckého zákona o udělení jednorázového povolení k létání letadla bez pilota na palubě nad rámec standardně udělených provozních omezení bezpilotního letadla za předpokladu, že nebude ohrožena bezpečnost létání ve vzdušném prostoru, stavby, osoby a životní prostředí. Po zvážení veškerých relevantních skutečností dospěl Úřad k závěru, že za předpokladu dodržení všech dodatečných podmínek během provozu bezpilotního letadla bude zajištěna přijatelná úroveň bezpečnosti.

Platnost jednorázového povolení k létání letadla bez pilota na palubě uvedená ve výroku tohoto rozhodnutí byla stanovena s ohledem na požadavky uvedené v žádosti o udělení jednorázového povolení k létání nad rámec standardně udělených provozních omezení

bezpilotního letadla a dále s ohledem na dobu platnosti příslušného povolení k létání letadla bez pilota na palubě a příslušného povolení k provozování leteckých prací.

Toto rozhodnutí je pouze doplněním již vydaného Povolení k létání letadla bez pilota na palubě č. j. 001791-17-701 poznávací značky **OK-X021Q**, avšak pouze pro lokalitu uvedenou ve výrokové části 1) tohoto rozhodnutí a současně za dodržení dodatečných podmínek stanovených ve výrokové části 2) tohoto rozhodnutí.

Vydání tohoto rozhodnutí je výsledkem správního řízení, které bylo zahájeno na základě žádosti č. j. 003267-18-701 a v této souvislosti není za doplnění již vydaného Povolení k létání účtován správní poplatek dle zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích.

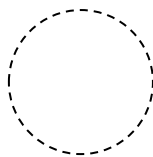
V souvislosti s předmětným provozem Úřad upozorňuje na povinnost žadatele hlásit, v souladu s Hlavou 4 leteckého předpisu L 13, případné události spojené s provozem, zejména pak leteckou nehodu, narušení vyhrazeného prostoru osobami nezúčastněnými na provozu a rušení řídicích signálů v míře ohrožující bezpečné provedení letu.

Poučení

- i. Proti tomuto rozhodnutí lze podat odvolání, a to do 15 dnů po jeho oznámení, k Ministerstvu dopravy prostřednictvím Úřadu pro civilní letectví.
- ii. Lhůta pro odvolání se počítá ode dne následujícího po doručení písemného vyhotovení rozhodnutí, nejpozději však po uplynutí desátého dne, kdy bylo nedoručené a uložené rozhodnutí připraveno k vyzvednutí. V případě doručení datovou schránkou se lhůta pro podání odvolání počítá ode dne následujícího po doručení rozhodnutí do datové schránky, nejpozději však po uplynutí desátého dne od okamžiku, kdy bylo rozhodnutí dodáno do datové schránky adresáta.
- iii. Toto rozhodnutí nabývá rovněž právní moci, pokud se účastník řízení vzdá práva na odvolání proti tomuto rozhodnutí.

„otisk úředního razítka“

V Praze dne 28. 3. 2018



Ing. Viktor Nath
oprávněná úřední osoba
sl. č. 79

Rozdělovník pro vyzvednutí účastníků řízení (ve smyslu ust. § 27 odst. 1 správního řádu):

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, IČ 60076658, Branišovská 1645/31a,
370 05 České Budějovice, DS vu8j9dv**

Příloha č. 2: Procesní report softwaru Agisoft Photo Scan

Agisoft PhotoScan

Processing Report
23 March 2018



Survey Data

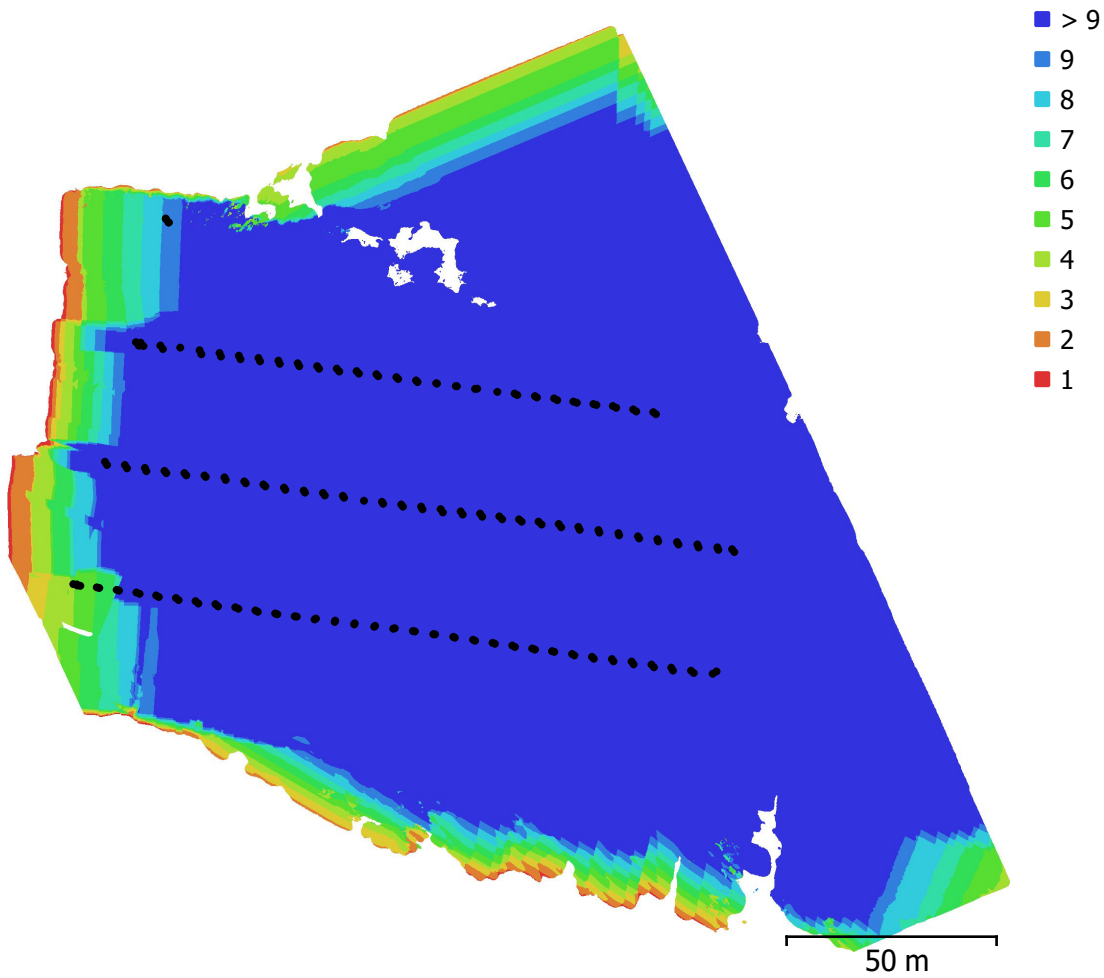


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	191	Camera stations:	191
Flying altitude:	58.2 m	Tie points:	591,116
Ground resolution:	1.4 cm/pix	Projections:	2,138,072
Coverage area:	0.0319 km ²	Reprojection error:	0.615 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310 (8.8mm)	5472 x 3078	8.8 mm	2.53 x 2.53 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

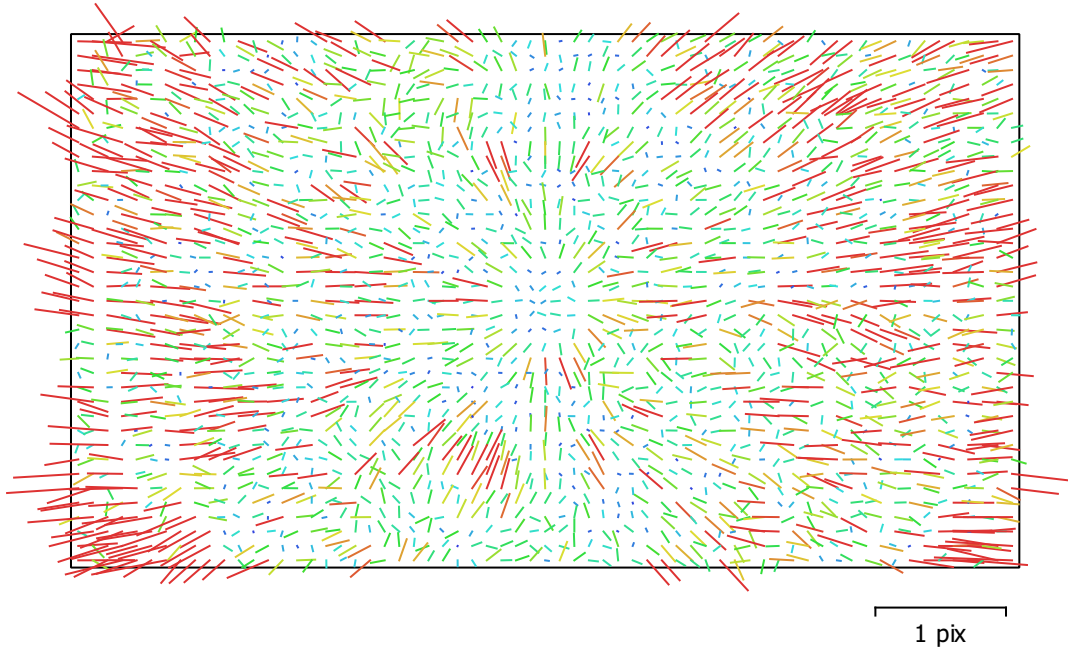


Fig. 2. Image residuals for FC6310 (8.8mm).

FC6310 (8.8mm)

191 images

Type **Frame** Resolution **5472 x 3078** Focal Length **8.8 mm** Pixel Size **2.53 x 2.53 μm**

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	3685.68	0.055	1.00	-0.03	0.19	-0.07	0.07	-0.11	0.13	-0.10	0.09	0.02	0.35
Cx	-0.63162	0.086		1.00	-0.02	-0.06	-0.15	-0.01	0.02	-0.03	0.04	0.94	-0.01
Cy	-13.3307	0.12			1.00	-0.07	0.20	0.06	-0.06	0.07	-0.07	-0.00	0.91
B1	-7.63973	0.08				1.00	-0.01	-0.01	-0.00	0.01	-0.02	-0.07	-0.05
B2	1.90134	0.054					1.00	0.02	-0.02	0.02	-0.02	0.02	0.16
K1	0.0270874	7e-05						1.00	-0.96	0.91	-0.85	0.01	0.07
K2	-0.113393	0.00038							1.00	-0.98	0.95	0.01	-0.07
K3	0.21774	0.00081								1.00	-0.99	-0.02	0.07
K4	-0.143807	0.00058									1.00	0.03	-0.07
P1	0.0024518	5.9e-06										1.00	0.01
P2	-0.00334902	6.6e-06											1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

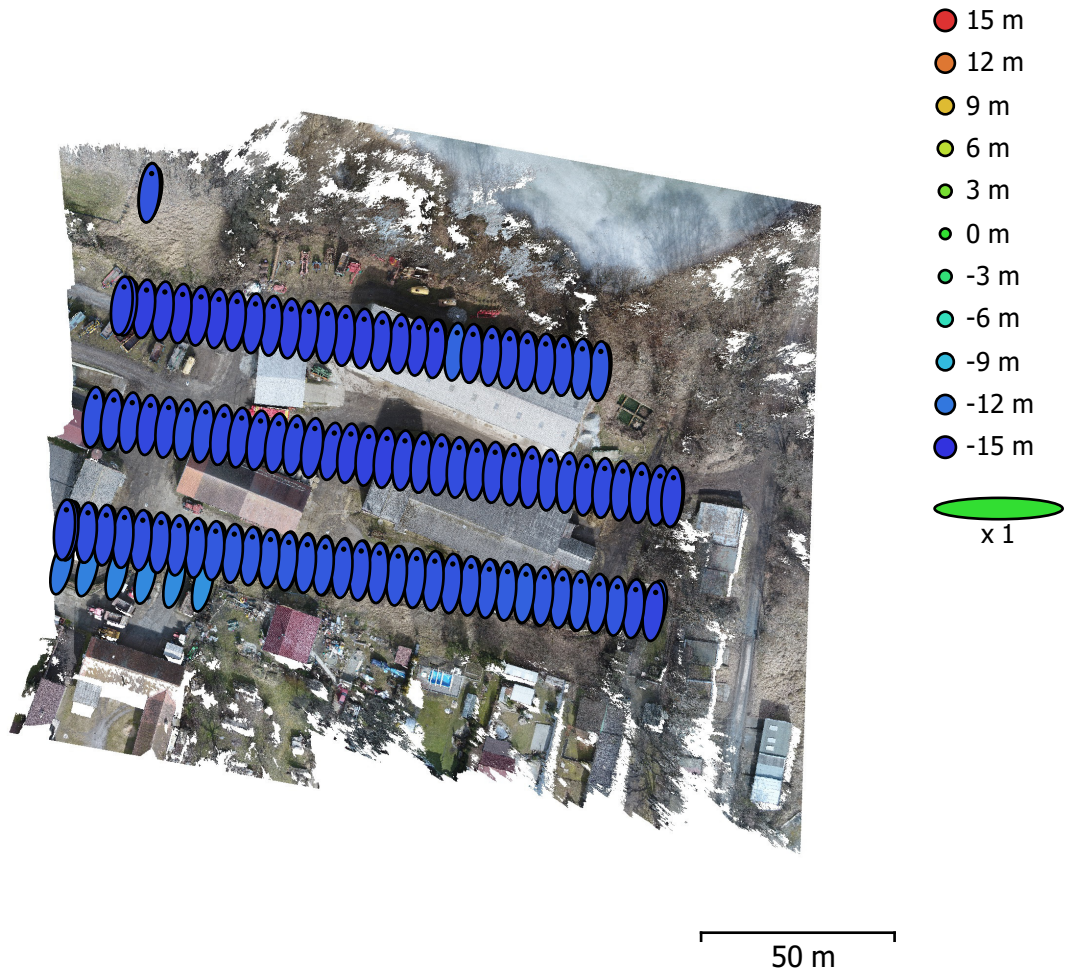


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
1.29447	9.82763	13.4934	9.91251	16.7431

Table 3. Average camera location error.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Camera Orientations

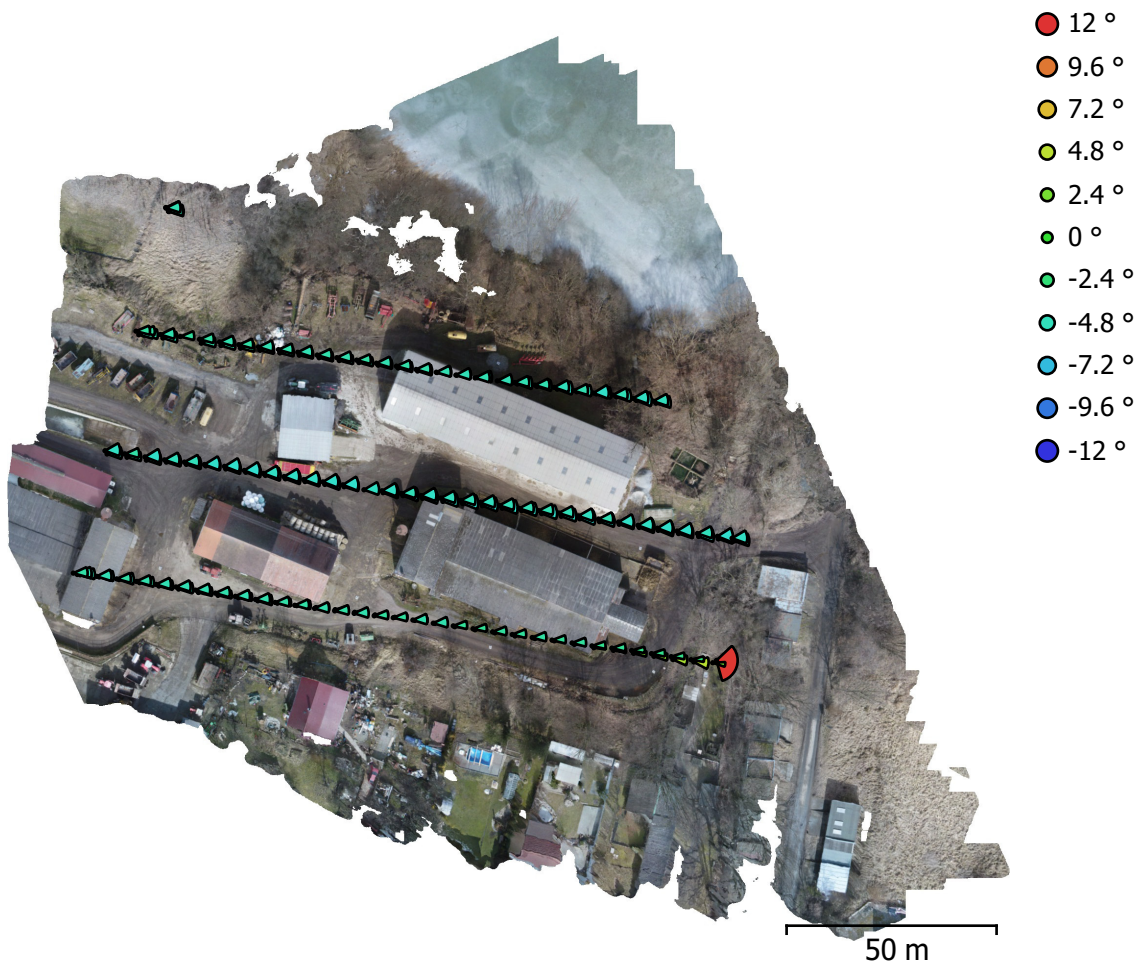


Fig. 4. Camera orientations and error estimates.
Arcs represent yaw error estimates.

Yaw error (°)	Pitch error (°)	Roll error (°)	Total error (°)
4.40722	31.7397	5.63988	32.5367

Table 4. Average camera rotation error.

Ground Control Points

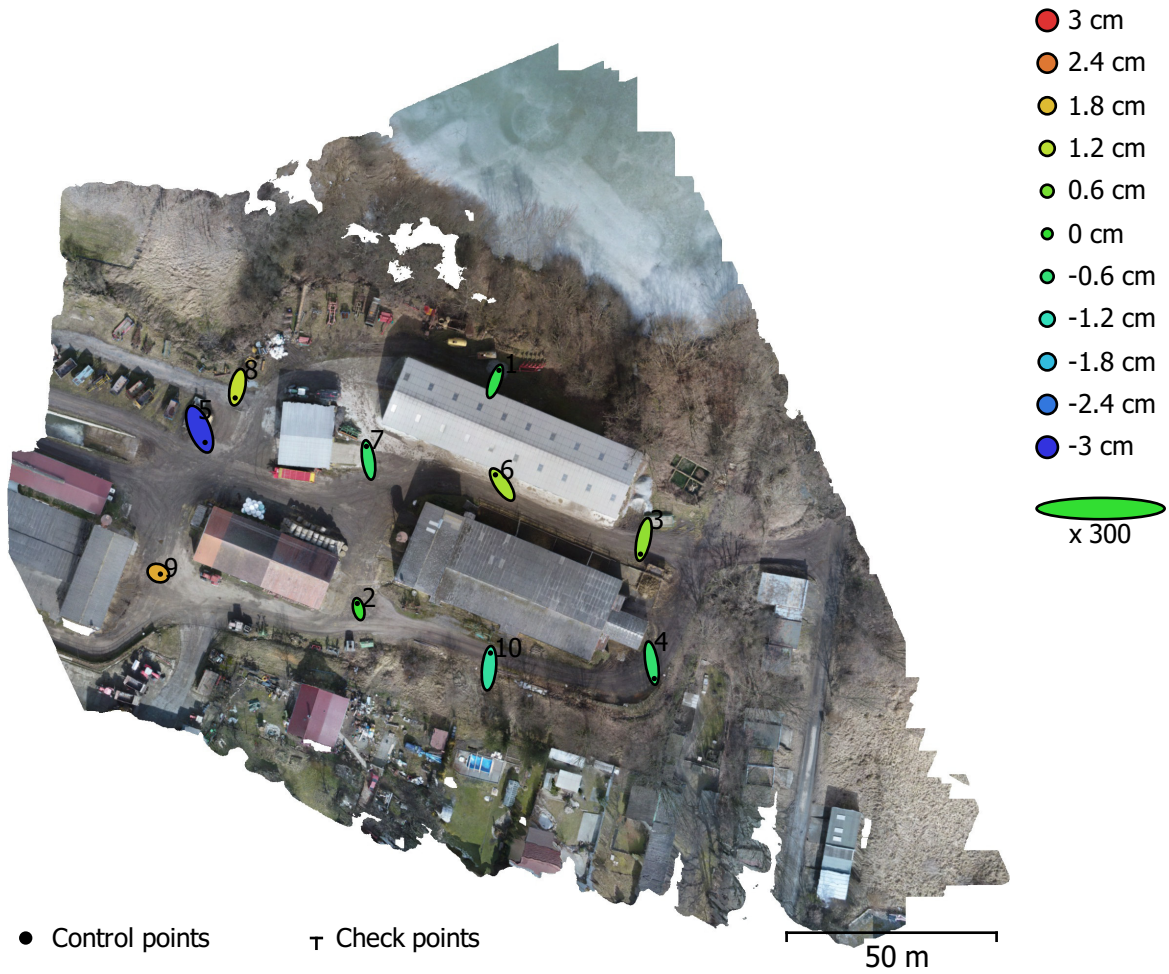


Fig. 5. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
10	0.559244	1.88679	1.31377	1.96792	2.36616

Table 5. Control points RMSE.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
1	0.636297	1.75914	-0.235917	1.88549	0.239 (24)
2	-0.215041	0.900803	0.0591671	0.928002	0.259 (24)
3	-0.49429	-2.33498	0.826	2.52562	0.327 (58)
4	0.403608	-2.45429	-0.520026	2.54104	0.286 (34)
5	0.862699	-2.11392	-2.93107	3.71539	8.107 (21)
6	-1.05847	1.54528	1.01833	2.13196	0.319 (39)
7	-0.32599	2.15195	-0.492732	2.23158	0.465 (39)
8	-0.366292	-1.70382	1.26293	2.15225	0.769 (21)
9	0.333828	-0.16097	1.9685	2.00308	0.650 (17)
10	0.229595	2.40868	-0.952466	2.60031	0.392 (32)
Total	0.559244	1.88679	1.31377	2.36616	2.151

Table 6. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

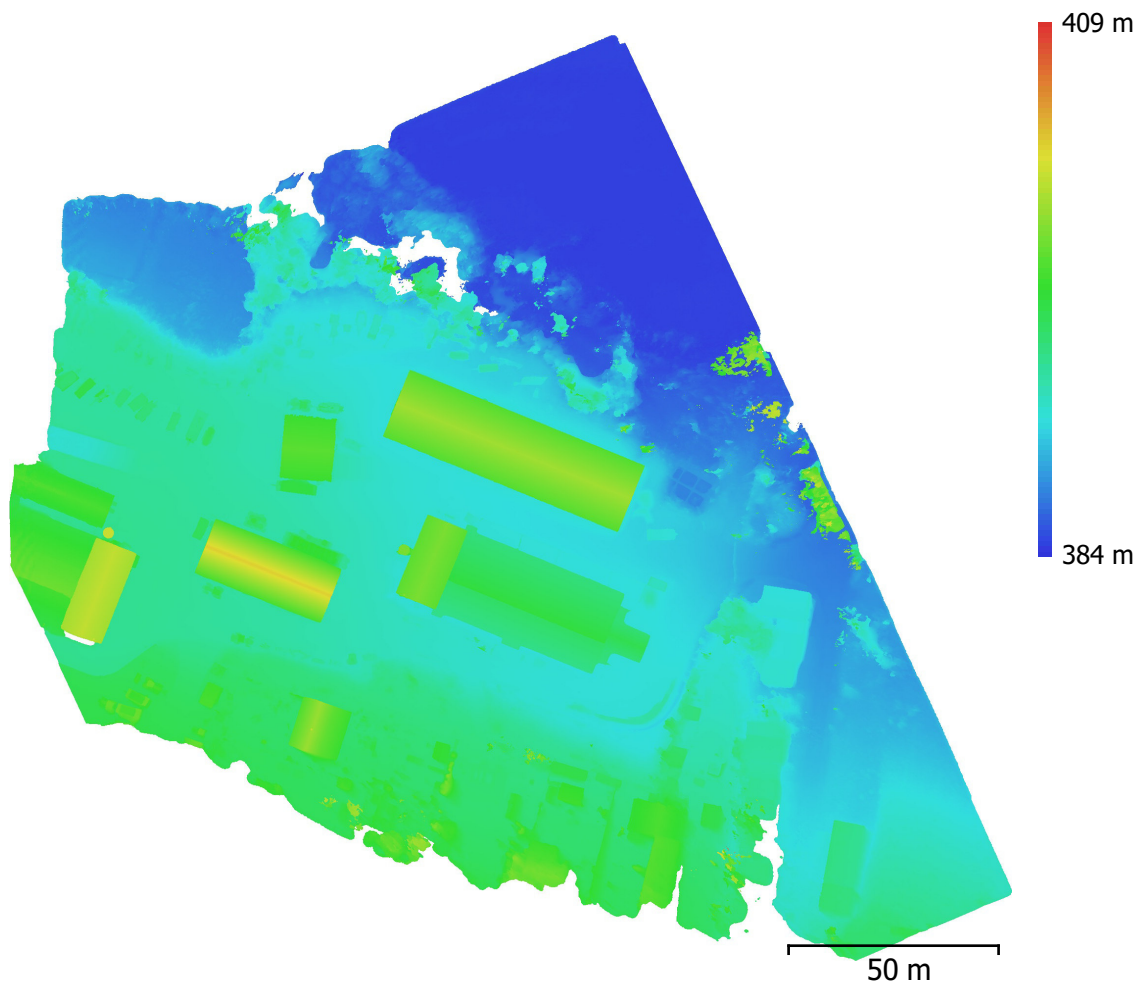


Fig. 6. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 2.79 cm/pix
Point density: 12.8 points/cm²

Processing Parameters

General

Cameras	191
Aligned cameras	191
Markers	10

Shapes

Polylines	4
Coordinate system	S-JTSK / Krovak East North (EPSG::5514)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	591,116 of 640,499
RMS reprojection error	0.170231 (0.615066 pix)
Max reprojection error	1.87127 (35.6268 pix)
Mean key point size	3.46378 pix
Effective overlap	3.85562

Alignment parameters

Accuracy	High
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	0
Matching time	16 minutes 43 seconds

Optimization parameters

Parameters	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Fit rolling shutter	No
Optimization time	17 seconds

Depth Maps

Count	191
-------	-----

Reconstruction parameters

Quality	High
Filtering mode	Moderate
Processing time	5 hours 27 minutes

Dense Point Cloud

Points	49,628,936
--------	------------

Reconstruction parameters

Quality	High
Depth filtering	Moderate
Depth maps generation time	5 hours 27 minutes
Dense cloud generation time	2 hours 44 minutes

Model

Faces	9,911,886
Vertices	4,968,972
Texture	8,192 x 8,192, uint8

Reconstruction parameters

Surface type	Arbitrary
Source data	Dense
Interpolation	Enabled
Quality	High
Depth filtering	Moderate
Face count	9,911,887
Processing time	1 hours 22 minutes

Texturing parameters

Mapping mode	Orthophoto
Blending mode	Max intensity
Texture size	8,192 x 8,192
Enable hole filling	Yes

Enable ghosting filter	No
UV mapping time	1 minutes 4 seconds
Blending time	2 minutes 6 seconds
Tiled Model	
Reconstruction parameters	
Source data	Dense cloud
Tile size	4096
Processing time	1 hours 59 minutes
Orthomosaic	
Size	17,104 x 15,772
Coordinate system	S-JTSK / Krovak East North (EPSG::5514)
Channels	3, uint8
Reconstruction parameters	
Blending mode	Mosaic
Surface	Mesh
Enable hole filling	Yes
Processing time	10 minutes 11 seconds
Software	
Version	1.4.0 build 5650
Platform	Windows 64

Příloha č. 3: Porovnání procesních reportů softwaru Agisoft
Photo Scan při modelování s vlíčovacími body a bez nich

Camera Locations

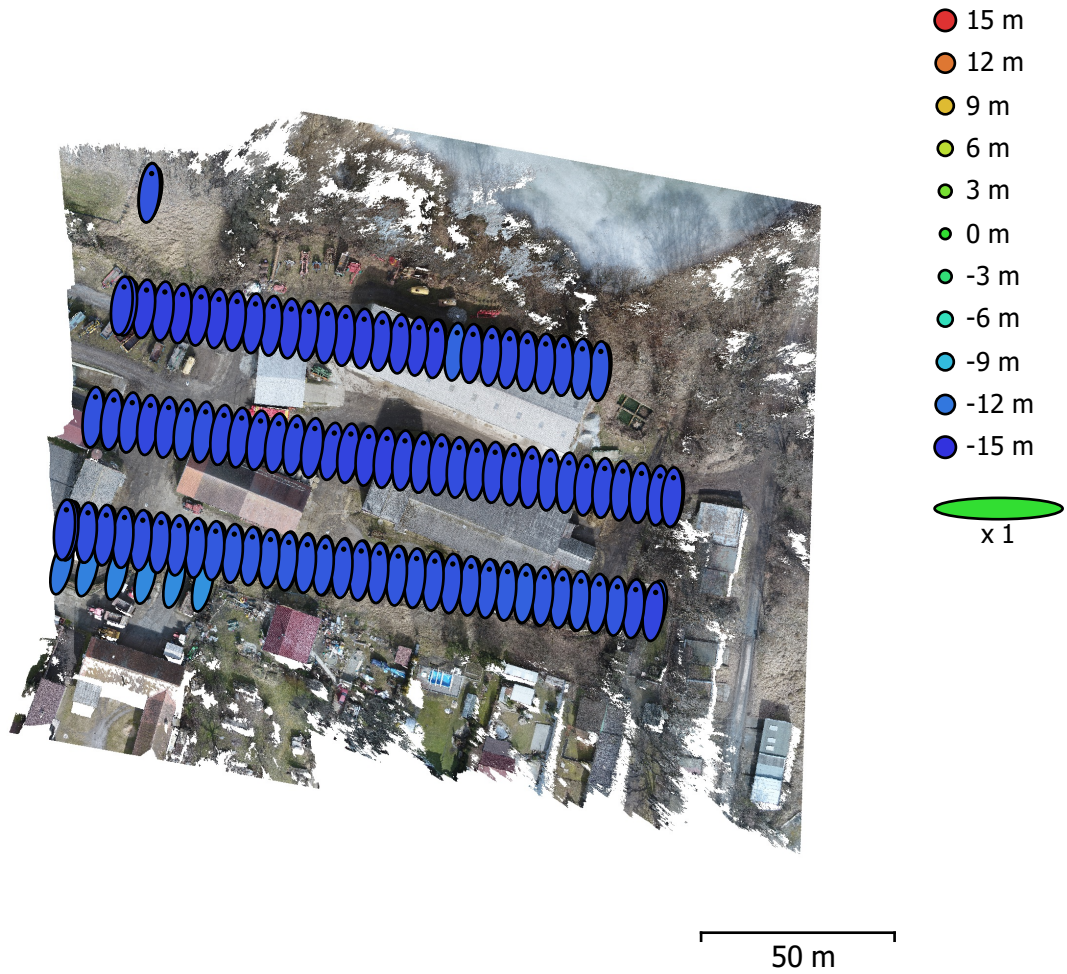


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
1.29447	9.82763	13.4934	9.91251	16.7431

Table 3. Average camera location error.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Ground Control Points

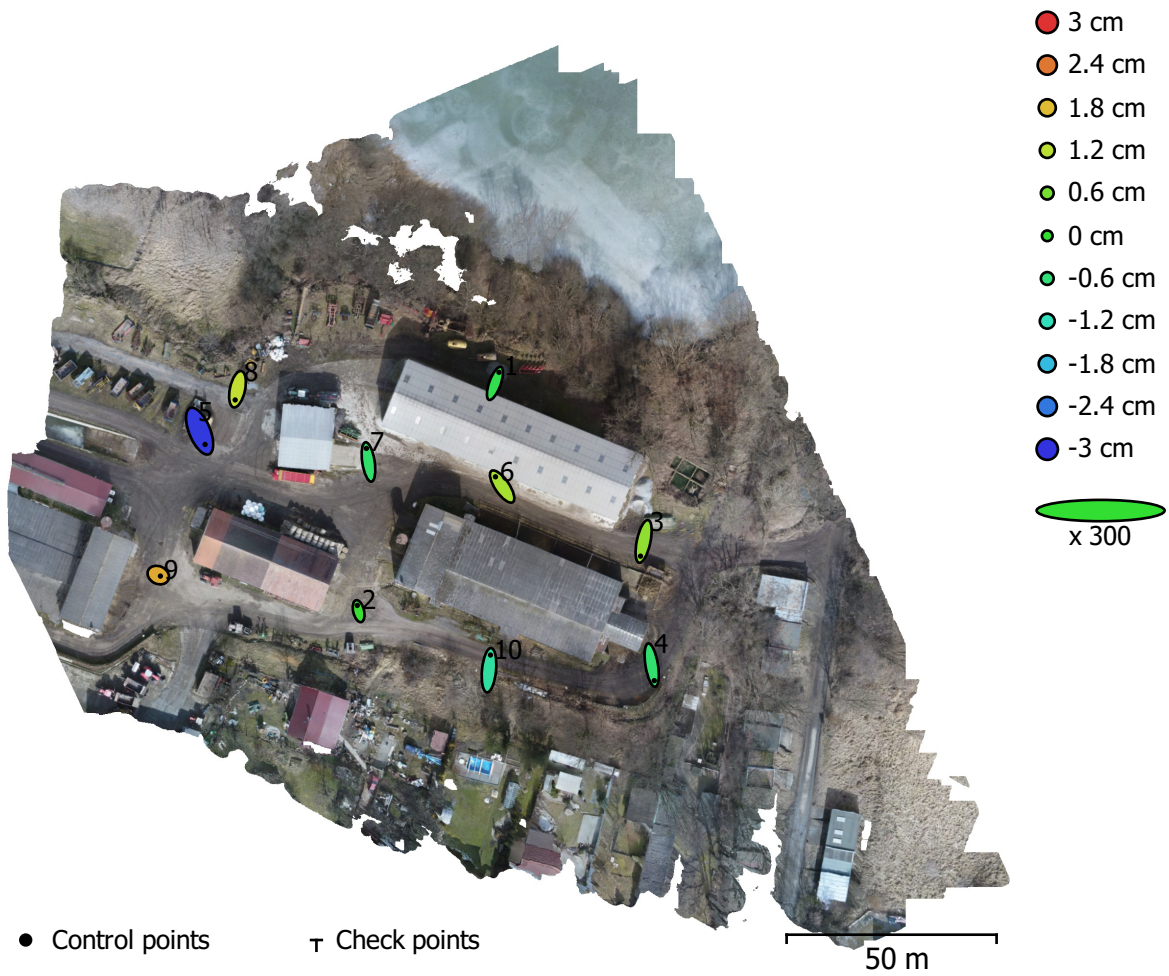


Fig. 5. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
10	0.559244	1.88679	1.31377	1.96792	2.36616

Table 5. Control points RMSE.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.