

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra geoinformatiky

Marek KVAPILÍK

**ANALÝZA DAT PRODUKOVANÝCH
NOSIČEM PIXY**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Jakub MIŘIJOVSKÝ

Olomouc 2011

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci bakalářského studia oboru Geoinformatika a geografie vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Jakuba Miřijovského.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 15. května 2011

Děkuji vedoucímu práce RNDr. Jakubu Miřijovkému za podněty a připomínky při vypracování práce. Dále děkuji konzultantu RNDr. Vilému Pechanocovi, Ph.D. za pomoc a konzultace ohledně technických specifikací a problémů. Dále bych také chtěl poděkovat RNDr. Janu Brusovi za pomoc při sběru dat a za jeho ochotu při práci v terénu.

OBSAH

ÚVOD	8
1 CÍLE PRÁCE.....	9
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.....	10
2.1 Letadlo Mountain Models.....	10
2.2 Vrtulník Philae Concept.....	11
2.3 Balon Aerial Product.....	13
2.4 Maloformátové letecké snímkování.....	14
2.5 Komentář.....	15
3 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	15
3.1 Metody.....	15
3.2 Postup práce.....	16
4 HLAVNÍ ČÁSTI LETOVÉHO MODELU.....	17
4.1 UAV PIXY.....	17
4.2 Fotoaparát Canon EOS 500D.....	20
4.2.1 Snímač.....	20
4.2.2 Hledáček.....	20
4.2.3 Funkce Life View.....	20
4.2.4 Citlivost a kvalita obrazu.....	21
4.2.5 Celkové hodnocení.....	21
4.3 Objektiv Canon EF-S 18-55 mm f/3.5-5.6 IS.....	22
4.3.1 Popis.....	22
4.3.2 Stabilizace.....	22
4.3.3 Clona.....	23
4.3.4 Vnitřní prvky.....	23
5 TESTOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ PŘÍSTROJE.....	24
5.1 Snímkovací věž.....	24
5.2 Modul gyrostabilizace.....	25
5.2.1 Popis.....	25
5.2.2 Modul.....	26
5.2.3 Vertikální testování.....	26
5.2.4 Horizontální testování.....	26
5.2.5 Hodnocení.....	27
5.3 Modul konstantní letové hladiny.....	27
5.3.1 Popis.....	27

5.3.2 Princip fungování.....	28
5.3.3 Testování.....	29
5.3.4 Hodnocení.....	29
5.4 Pozemní stanice.....	31
5.4.1 Popis.....	31
5.4.2 Obal.....	31
5.4.3 Rozložení ovládacích prvků.....	31
5.4.4 Součásti.....	32
5.5 Měřičské značky.....	34
5.5.1 Popis.....	34
5.5.2 Rozmístění a zaměření.....	35
5.5.3 Výroba.....	35
5.6 Testování fotoaparátu Canon EOS 500D s objektivem EF-S 18-55mm.....	36
5.6.1 Popis.....	36
5.6.2 Distorze objektivu.....	37
5.6.3 Vinětace.....	37
5.6.4 Další nepřesnosti a korekce.....	37
5.7 Terénní sběr	38
5.7.1 Popis.....	38
5.7.2 Výběr lokality.....	38
5.7.3 Technická kontrola zařízení.....	40
5.7.4 Kontrola lokality.....	41
5.7.5 Kompletace sestavy.....	41
5.7.6 Let a pořizování snímků.....	42
5.7.7 Přistání a ukončení sběru.....	43
5.8 Navigace snímkového letu.....	44
6 VÝSLEDKY.....	46
6.1 Obrazová data.....	46
6.2 Přenosová data.....	47
7 DISKUZE.....	48
7.1 Využití.....	48
7.2 Další možnosti zdokonalení.....	48
8 ZÁVĚR.....	51
POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE.....	53
Tištěné zdroje.....	53
Internetové zdroje.....	53
Seznam obrázků, tabulek a grafů.....	54

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE
SUMMARY
PŘÍLOHY

ÚVOD

Zpracovaná bakalářská práce reaguje na iniciativu Katedry geoinformatiky, díky které bylo na toto pracoviště v roce 2010 zakoupeno zařízení pro vzdálený monitoring krajiny a maloformátové snímkování z ultra nízkých výšek. Celé toto zařízení je výrobkem francouzské společnosti Philae Concept a nese název UAV PIXY.

Zpracované informace slouží uživateli tohoto zařízení k dobrému pochopení fungování přístroje. Slouží k podrobnému seznámení se s celým přístrojem a jeho jednotlivými částmi. Po prostudování této práce tak bude potenciální uživatel dobře obeznámen s principem fungování UAV PIXY a připraven tak pro jeho praktické využití.

Cílem této bakalářské práce bylo provedení analýz produkovaných nosičem PIXY. Na základě těchto analýz provést hodnocení daného přístroje a ověřit tak jeho deklarovanou vhodnost pro pořizování snímků zájmových území.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je kompletní analýza dat produkovaných nosičem PIXY. V rámci bakalářské práce bude proveden kompletní rozbor zařízení obsažené na nosiči PIXY s následnou analýzou dat. Jedná se zejména o ověření technických parametrů pro telemetrii, gyrostabilizaci, GPS systém a kameru. Před analýzou dat bude proveden testovací nálet vybraného území. Ve výstupu práce se očekává statistické a slovní zhodnocení všech dostupných technických parametrů a charakteristik.

Cílovou skupinou uživatelů této práce může být skupina odborníků ale i veřejnosti, pomýšlející na zakoupení a využívání daného zařízení v praxi. Avšak také současní majitelé tohoto zařízení, pro rozšíření jejich stávajících znalostí.

Řešení cíle bakalářské práce se zaměřilo především na ověřování a testování technických vlastností, jež dané zařízení dosahuje. Tyto hodnoty byly poté důkladně analyzovány, porovnávány a v závěrečné fázi hodnoceny. Porovnávání zjištěných hodnot bylo založeno na několika datasetech obsahujících veškeré potřebné informace, a také za pomoci externích zařízení.

Hlavní přínosem této práce je zjištění daných nepřesností a odchylek, kterých toto zařízení dosahuje. S těmito nově zjištěnými a přesně specifikovanými informacemi je pak dále počítáno při zpracovávání pořízených dat pomocí UAV PIXY

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Pro pořizování leteckých maloformátových snímků je v dnešní době využíváno několik dalších typů letových zařízení. Jedná se jak o stroje pilované, tzv. MAV (Manned Aerial Vehicle), tak i nepilotované UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Pro svoji dostupnost a nenáročnost jsou nejčastěji využívány přístroje bezpilotní, tedy UAV, pracující na principu rádiově dálkově řízeného modelu. Nejčastěji využívanými platformami, jednoduše použitelnými pro bezkontaktní monitoring krajiny, jsou v současnosti stroje založené na principu vrtulníku, letadla, či balonu. Tyto jsou oblíbené pro svoji jednoduchou pilotáž, dostupnost a také pro relativně vysokou přesnost a kvalitu pořizovaných snímků.

2.1 Letadlo Mountain Models

Další možnou variantou pro pořizování maloformátových leteckých snímků je použití letadla. Také tyto platformy jsou UAV a jejich řízení a pořizování snímků probíhá dálkově, za pomoci rádiového vysílače. Jedním z těchto modelů je také velice lehký a nenáročný Magpie AP, zkonstruovaný společností Mountain Models. Toto letadlo bylo primárně navrženo a zkonstruováno tak, aby bylo možné pomocí něj pořizovat letecké fotografie z ultra nízkých výšek. Magpie AP je vybavena zvětšenou plochou křídel a větším trupem, než ostatní modely této společnosti. Umožňuje tak připevnění snímacího zařízení do trupu letounu. Snímací zařízení je umístěno v pevném držáku v trupu letadla. Tento držák umožňuje pohyb s kamerou a tím také nastavení jejího snímacího úhlu. Tento úhel je možno nastavovat ručně, nebo jeho přesné držení nechat na automatickém servu spolu s gyrostabilizací. O pohon tohoto letounu se stará elektromotor typu EPS400 GWS. Tento motor byl zvolen záměrně tak, aby dokázal zvládnout větší zatížení letounu, způsobené snímkovací kamerou. Zdrojem energie jsou pro něj pak LiPol baterie, základně dodávány s kapacitou 1500mAh. Celá sestava je dodávána jako skládačka spolu s manuálem na sestavení. Trup letounu je vyroben z lehké a pevné plastové pěny. Křídla a ocasní část je laserem vyřezávaná překližka a podvozek letounu je tvořen ohýbanými hliníkovými trubkami. Ovládání celé této sestavy je pomocí rádiového ovladače. Ke kvalitní pilotáži a pořizování snímků je určeno pět vysílacích kanálů. Tři kanály pro

ovládání samotného letounu (plyn, klapky křídel) a dva pro ovládání kamery a pořizování snímků (pohyb rámu kamery, pořizování snímků). Využití letadel tohoto typu je při pořizování maloformátových snímků velice oblíbené. Jejich jednoduchá konstrukce a relativně nízké pořizovací náklady je činí velice oblíbené. Avšak možnost pořizování snímků je více omezena, z důvodu umístění kamery do trupu letadla. Je zde tedy možnost využití pouze jednoosého pohybu kamery a tudíž i gyrostabilizace, která zajišťuje přesnost pořizovaných snímků. Pilotování těchto letounů vyžaduje také již jisté zkušenosti, zvláště fáze přistávání a vzletu. Modely letadel jsou však oblíbeny pro svoji jednoduchou manipulaci a údržbu.



Obr. č. 1 Letadlo Magpie od Mountain Models (zdroj: <http://www.mountainmodels.com>).

2.2 Vrtulník Philae Concept

Tento model je možné zařadit do kategorie UAV (Unmanned Aerial Vehicle), tedy bezpilotní letový model. UAV Jazz je malý model klasického vrtulníku. Tento model byl vyroben stejně jako UAV PIXY francouzskou společností Philae Concept a i on je především určen pro využití v bezkontaktním monitoringu krajiny. Použití vrtulníků v maloformátovém snímkování krajiny z ultra nízkých výšek (50-500m) je velice oblíbené. Tyto stroje jsou velice nenáročné na přepravu, údržbu a pořizovací náklady. Cena UAV Jazz je na požádání u výrobce. Také jednotlivé náhradní díly nejsou příliš drahé, a je nutno při provozu s jejich nákupem počítat. Celý UAV Jazz je poměrně velký. Délka samotného těla vrtulníku je 1,68m. Včetně rotoru (vrtule) pak dosahuje hodnoty 1,78m. Tato hodnota je dána především velkým rozpětím vrtulových listů, jejichž velikost je nezbytná pro dostatečnou nosnost stroje. Do šířky pak Jazz zabírá pouhých

0,38m, při rovnoběžných vrtulových listech s ocasní částí letounu, a výška dosahuje 0,68m. Tyto hodnoty tak dělají z UAV Jazz vcelku velký stroj, který je možné využít pro větší a náročnější snímkování. Model je také standardně vybaven snímkovací věží. Je také možné zakoupit GPS modul pro navigaci, modul gyrostabilizace snímkovací věže a další z nabídky společnost Philae. Díky dostatečně velké a dobře dimenzované vrtuli unese Jazz maximálně 14 kilogramů zátěže. Samotný vrtulník pak váží okolo 4 kg. Možnost jednoduché demontáže ocasní části a rotoru usnadňuje přepravu vrtulníku na lokalitu snímkování. O pohon UAV Jazz se stará dvoutaktní benzínový motor plněný pomocí karburátoru předem mixovanou směsí bezolovnatého benzínu a vysokootáčkového dvoutaktního oleje. Tento motor má potřebný výkon pro let celé sestavy včetně senzorů pro monitoring, a dovoluje tak dosti velké zatížení celého modelu. Rychlost letu dosahuje rychlosti až 70km/h. Maximální rychlost však bývá při sběru dat využita jen minimálně. Hlavní předností vrtulníku UAV Jazz je možnost „levitace“ nad zájmovým územím. Ta umožňuje pořízení více snímků stejného místa, bez potřeby nových náletů, což celý proces sběru dat urychluje a zpřesňuje. Jeho rychlost změny směru letu a velká manévrovatelnost je také kladně hodnocena zkušenými uživateli. Také princip kolmého horizontálního vzletu může být velice přínosný při sběru dat ze špatně dostupných lokalit. Pilotáž takového modelu vyžaduje již značné dřívější zkušenosti. Začátečnickům a méně zkušeným uživatelům může však jeho rychlá manévrovatelnost být spíše na škodu. Z tohoto důvodu se jim také tento model nedoporučuje. Využijí jej především zkušení uživatelé.



Obr. č. 2 Vrtulník UAV Jazz od Philae Concept (zdroj: <http://www.philaeconcept.com>).

2.3 Balon Aerial Product

Jednou z letových platforem je také možnost využití leteckých balonů. Americká společnost Aerial Product se zabývá primárně výrobou těchto balonů, ale také dalších výškových snímacích zařízení. Využití balonů pro pořizování maloformátových leteckých snímků je v současnosti velice oblíbené. Výraznou výhodou zařízení založených na této platformě je možnost využít je také v husté městské zástavbě, kde nemohou pracovat jiné rádiem řízené zařízení. Výškový dosah těchto balonů je v rozmezí 15 – 300 metrů (50 – 1000 stop). Nejvyužívanější snímkovací výšky se však nacházejí do cca 100 metrů nad zemí. Díky speciálně navrženému tvaru KingFisher balonů společnosti Aerial Product je možné jejich použití i za silného větru. Díky pevnému postroji a možnosti využití ručního, či elektrického navijáku, tak máte celou sestavu balonu a snímacího zařízení neustále pod kontrolou. Díky jednoduchosti ovládání tohoto zařízení stačí pro pořizování kvalitních snímků a současnému řízení balonu jen jeden člověk. Díky bezdrátové pozemní stanici a 7“ LCD displeji tak zachytí obraz, jež je přijímán přes čočku snímače. Veškeré snímací zařízení je upevněno na trojosém snímacím rameni, které umožňuje pořizovat všechny možné druhy snímků (kolmé, šikmé, šikmé s obzorem ...). Přenos video signálu ze snímače do pozemní stanice je prováděn bezdrátově s využitím pásma 2,4GHz. Oblíbenost těchto zařízení v posledních letech velice stoupá, jejich využití je především v husté zástavbě, kde nemohou být použity jiné UAV platformy. Nosnost těchto zařízení je však omezena, pohybuje se od 2 do 6 kilogramů, podle typu zvoleného balonu. Nejsou však vhodné pro pořizování snímků větších území mimo zastavěnou plochu, z důvodu omezené možnosti jejich řízení pouze pomocí navijáku. Pořizovací a provozní náklady tohoto zařízení jsou ve srovnání s ostatními platformami minimální. Nejdražší zařízení včetně kvalitního fotoaparátu se pohybují v cenách do 10.000 USD. Také údržba tohoto zařízení nevyžaduje žádnou zvláštní péči. Vzhledem k tomu, že sestava není vybavena žádným hnacím zařízením (motorem), odpadají tak veškeré komplikace s tím spojené (opravy motorů, rotorů, palivo, a jiné).



Obr. 3 Balon KingFisher od Aerial Product (zdroj: <http://www.aerialproducts.com>).

2.4 Maloformátové letecké snímkování

Maloformátové letecké snímkování je založeno na lehkých fotoaparátech s formáty filmu 35 nebo 70 mm. Nebo rovnocenných digitálních fotoaparátech či elektronických snímacích zařízeních. Nejvíce populární přístroje pro toto použití jsou kompakty či zrcadlovky, jež jsou využívány pro amatérské nebo i profesionální fotografování. Těmto přístrojům však chybí geometrická věrnost a prostorové rozlišení, které jsou u speciálních leteckých mapovacích kamer. V případě malofornátového leteckého snímkování však záleží především na nízkých pořizovacích nákladech a jednoduché dostupnosti.

Fotoaparáty pro malofornátové letecké snímkování jsou poměrně levné. Ceny se pohybují v řádech tisíců, či desetitisíců, na rozdíl od velkoformátových profesionálních zařízení, jejichž cena je v řádech milionů. Také náklady na nosiče jsou v porovnání s profesionálními zařízeními minimální. Malofornátové letecké snímkování nachází své využití u organizací, jež si nemohou dovolit klasické letecké snímkování. Nevýhodou těchto zařízení však zůstává jejich rozsah použití a velikost plochy, jež jsou schopny kvalitně pokrýt během jednotlivých snímkových letů (Aber a kol., 2010).

2.5 Komentář

V současné době je využíváno více letových platforem jež jsou aplikovány při pořizování leteckých snímků z ultra nízkých výšek. Cílem této práce však není jejich jednotlivé vyjmenovávání a obecný rozbor. Výše uvedená zařízení byla vybrána jako demonstrativní zástupci nejčastěji využívaných platforem pro uvedení se do problematiky.

3 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

3.1 Metody

Pro kvalitní zpracování celé práce bylo zapotřebí důkladně nastudovat veškerou dostupnou literaturu. Využito bylo především webových zdrojů, ale také tištěné knižní verze. Jednalo se o obory fotogrammetrie, dálkový průzkum Země a hlavně maloformátové snímkování a bezkontaktní monitoring krajiny. Nalezené zdroje byly konzultovány s vedoucím práce a použity až po jeho schválení.

Celé zařízení, na které se bakalářská práce vázala, bylo podrobena pečlivému studiu. Bylo provedeno několik testování, zkoumání a podrobný rozbor všech jeho částí. Díky tomu bylo možno brát data z něj pořízená za relevantní a mohla být použita pro následné odborné nadstavby a aplikace.

Při zpracování veškerých nasbíraných dat ve formě maloformátových leteckých snímků bylo využito znalostí z oboru fotogrammetrie a digitálního zpracování obrazu. Pořízené snímky byly v programech ArcMap a Erdas Imagine převáděny do potřebného souřadného systému (georeferencovány).

Po převedení všech potřebných snímků a dat do požadovaných formátů byly provedeny následné analýzy. Tyto analýzy ověřovaly přesnost a kvalitu všech získaných dat. Při všech analýzách a testování snímků bylo využíváno běžně dostupného softwaru, vhodného k těmto aplikacím, a to především ArcMap a Erdas Imagine. Nad snímky byla prováděna široká škála transformací (polynomické transformace I.-IV. řádu a další). Byly také porovnávány se stávajícími, volně dostupnými snímky. Byla zkoumána především

jejich geometrická přesnost a přesnost zobrazení dat (dpi). Všechny zjištěné informace byly prezentovány textovou a grafickou formou do přehledných tabulek, popisů a samotných snímků

3.2 Postup práce

Na základě nastudované literatury a průběžně získávaných informací o problematice během odborných konzultací, byl zvolen nejvhodnější přístup ke kvalitnímu zpracování celé práce. Možnost využití v současnosti dostupných dat byla minimálně, nebo spíše prakticky nulová. Bylo tedy nutné v první fázi celé práce zajistit si dostatečné množství potřebných dat k následnému zpracování.

Vstupní data potřebná pro zpracovávání analýz byla dvojího typu. Jednalo se především o obrazová data ve formátu JPEG. Tato data tvořila sady snímků pořízené při testovacích letech. Na těchto snímcích bylo následně zpracováno množství pracovních verzí pro jejich přesnou geolokaci a vybrané kvalitní snímky byly také transformovány do souřadnicového systému WGS 1984. Dále se jednalo o data vektorového charakteru. Zde bylo vytvořeno několik sad vrstev bodů, jež byly zaměřeny při terénním sběru dat, současně s pořizováním výše zmiňovaných snímků. Na propojení těchto typů dat pak byl kladen značný důraz, vzhledem k přenosu prostorových informací mezi bodovou a rastrovou vrstvou.

Veškerá tato data byla, jak již bylo ve zkratce řečeno, podrobena následným úpravám a všechna byla pečlivě zpracována pomocí grafických a geoinformačních softwarových produktů, a byly analyzovány jejich výsledky. Na základě těchto výsledků pak byla vytvořena značná textová část této práce. Veškeré tyto práce byly prováděny v programovém prostředí ArcGIS, a jistá grafická část také v prostředí Photoshop.

Současně s prací na grafických datech také probíhalo testování jednotlivých částí celého systému. Podle zadání práce byl proveden kompletní rozbor celého zařízení, a následně byla hlavní pozornost věnována částem, jež se aktivně podílejí na pořizování grafických výstupů, jež jsou stěžejními daty poskytovanými tímto zařízením. Testování jednotlivých částí, jeho popisu a odborná charakteristika se jsou v celé práci zastoupeny nejvíce. Tato část zabrala značnou část času, jež byl vynaložen na zpracování celé bakalářské práce.

4 HLAVNÍ ČÁSTI LETOVÉHO MODELU

4.1 UAV PIXY

Letový model s názvem PIXY zkonstruovala, vyrobila a prodává Francouzská společnost Philae Concept se sídlem v Orange. Jedná se o aktivní letový radiově ovládaný model rožala primárně určený pro geovědní disciplíny, především pro dálkový průzkum Země a snímání zemského povrchu. Model PIXY je vyráběn v několika modelových řadách, které se vzájemně mírně liší. Rozdílnosti spočívají především v konstrukci a velikosti rámu, křídla a drobných úpravách motoru a ovládání. Model 26.40 je konstruován na 3 kolovém podvozku. Tento model je vybaven dvoutaktním motorem Zenoah 260 o objemu 26 cm³ o výkonu 2.2 koní a jeho užitečné zatížení je uváděno maximálně 4 kilogramy. Další model s označením 29.40 je konstruován na stejném podvozku a rámové části, avšak liší se výkonem motoru. Model 29.40 je osazen opět motorem Zenoah, avšak modelové řady 290 o objemu 29 cm³. Díky většímu výkonu motoru má tento model také větší užitečné zatížení a to 6 kg. Tím je modelu umožněno nést lepší a těžší snímací zařízení. Dalším ze série PIXY je model PIXY Vision. Tento model se svojí konstrukcí již odklání od předchozích typů. Tento typ je konstruován na 4 kolovém podvozku, díky kterému se zvětšila šířka spodní základny a tak umožnila větší pracovní záběr při snímání povrchu. PIXY Vision je osazen pohonnou jednotkou Zenoah 290 o výkonu 2.6 HP, a užitečné zatížení je rovno 6 kilogramům.

Všechny výše zmiňované modely mají obdobné letové podmínky. Dosah jejich radiového ovládání končí zhruba na hranici 1500 m. Letové možnosti jsou omezeny povětrnostními podmínkami. Doporučená rychlost větru pro dobrou ovladatelnost a bezpečnou práci je 3 – 35Km/h. Minimální rychlost je udána hlavně pro zlepšení startovací délky a rychlosti vzletu. Omezení 35km/h je dáno z důvodu hmotnosti a odporu celé soustavy. Díky nízké hmotnosti (kolem 10kg) a relativně velké ploše padáku je model dosti náchylný na boční a nárazový vítr. Větrnými poryvy by tak mohlo dojít k vážným nehodám, především ve vzletové a přistávací fázi. Všechny modelové řady jsou vybaveny palivovou nádrží o užitečném objemu 1 litr. S touto nádrží dokáže každý model PIXY při startu s plnou fungovat ve vzduchu kolem jedné hodiny.

Rám všech PIXY je konstruován jako kompletně demontovatelný a u typu Vision se skládá ze 4 hlavních částí a pevného motorového bloku, jež je jako jediný pevně svařován metodou TIG. Vše je koncipováno tak, aby konstrukce a osazení celé jednotky byla jednoduchá a celé zařízení je dodáváno již od výrobce tzv. na klíč. Pro zajištění dostatečné pevnosti a zároveň zachování minimální hmotnosti jsou všechny pevné kovové části (mimo blok motoru a karburaci) vyrobeny ze speciální slitiny hliníku a zircalu.

Všechny modely ke svému pohybu ve vzduchu využívají dvouplášťového křídla o velikosti 2,9m². Toto křídlo je vyrobeno z padákového materiálu, díky čemuž je zajištěna nízká hmotnost a relativní pevnost. Celé křídlo je od výrobce dodáváno v plátěném obalu, který jej chrání před působením vnějších vlivů po dobu skladování a přepravy. Je důležité dbát na jeho dobré skladování a skládání. Při neodborné manipulaci by mohlo dojít k jeho poškození a následným případným komplikacím při letové části.

Ovládání je zajištěno za pomoci 3, na sobě nezávislých, servo motorů, jež jsou standardně napájeny akumulátory připevněnými k rámu. Dvě serva zajišťují ovládání modelu při zatáčení. Každé je umístěno na jedné straně rámu, a tak může pomocí stáhnutí či vytáhnutí kladky ovládat padák, jež je k nim připojen. Třetí servo slouží pro ovládání plynu na motoru. Všechna serva jsou dobře přístupná, a díky tomu je jednoduchá jejich kontrola a případná výměna.

Veškeré ovládání všech částí je zajištěno pomocí tzv. ground station (pozemní stanice). Na tomto ovládacím pultu jsou umístěny veškeré prvky, potřebné k ovládání modelu a snímání. Stanice je -dále vybavena malým LCD monitorem, na kterém jsou zobrazena veškerá data ze snímacího zařízení. Pomocí funkce Live View můžeme po dobu celého letu pozorovat zájmové území. Další součástí je malý displej, jež slouží jako informační panel. Zde jsou zobrazovány veškeré dostupné technické údaje o sestavě (model + snímací zařízení). Jde především o aktuální výšku letu, stav baterií pro napájení, délka letu a další. Celou stanici je možno propojit s PC, a díky zabudovanému GPS modulu, tak aktuálně sledovat polohu a pohyb sestavy. Za pomoci propojení je tedy možno provádět jednoduchou navigaci a přesné zacílení modelu na předem zvolené zájmové území a uchovávat tak data o letu.

Hlavní částí každého letového modelu PIXY je snímkovací „věž“. Tato věž zajišťuje pevné a relativně stabilní připojení snímacího zařízení. Standardně je každý model dodáván s digitální zrcadlovkou Canon EOS 500D a příslušnou optikou (objektivem). Díky všestrannosti snímací základny (věže) je možné na ni umístit jiné zařízení, např. kamery, multispektrální scanery a další. Hlavní předností je možnost využití dvojosé gyrostabilizace, jež zajišťuje stálou zvolenou polohu snímacího zařízení k zemskému povrchu. Zařízení tak lze zafixovat v „pevném“ úhlu k povrchu, a dále není nutno jej nastavovat při změnách postavení modelu během letu. Lze se tak plně věnovat letové navigaci a záznamu zájmového území.

Každý model je v základu vybaven modulem pro dodržování konstantní letové hladiny. Tento modul zjednodušuje složité ovládání celého modelu a zajišťuje zhruba stejnou výšku snímání pro veškeré pořízené záznamy (snímky) a s tím spojené měřítko (závislé na zvolené ohniskové vzdálenosti a dalších parametrech letu). Při testování bylo jisté, že modul konstantní letové hladiny dosahuje vcelku velice dobrých výsledků. Odchylka od zvolené výšky dosahuje maximálně 5 metrů, což vzhledem k velikosti a hmotnosti celé sestavy je uspokojivé.



Obr. 4 UAV PIXY (<http://www.philaeconcept.com>).

4.2 Fotoaparát Canon EOS 500D

4.2.1 Snímač

Canon EOS 500D je vybaven standardním CMOS snímačem vysoké kvality a úrovně zpracování o rozměrech 22.3 x 14.9 mm a aktivním rozlišení 15.1 Mpix. Tento snímač udává díky svému standardnímu poměru stran 3:2 crop faktor 1.6. Díky dostatečně velkému a kvalitnímu rozlišení není uživatel nijak omezen velikostí fotografií i pro následné úpravy a zvětšování. Ve fotoaparátu lze zvolit několik velikostí a potažmo kvalit rozlišení. Pro uživatele je přednastaveno 15.1 Mpix dále pak 12.2 Mpix (4752x3168), 6 Mpix (3088x2056) a nejmenších 3 Mpix (2256x1504). Tento snímač také umožňuje fotit do několika formátů – RAW, RAW+JPEG, JPEG. Vzhledem k volbě formátu a tedy i kompresím snímku je tak dána jeho výsledná velikost.

4.2.2 Hledáček

Optický hledáček u Canonu EOS 500D je vybaven možností dioptrické korekce a je tradičně umístěn zhruba vprostřed horní části těla přístroje. Možnost dioptrické korekce umožňuje nastavit si jej na hodnoty -3 až +1 dioptrie a fotografující dále nemusí používat běžné dioptrické brýle. Hledáček bohužel nemá 100% pokrytí, ale i 95% hodnota, které dosahuje, je pro běžné použití dostatečná. Bohužel je však stále ještě konstruován se zrcátky a ne s optickým hranolem, který je typický u kvalitnějších zařízení, avšak i přes tuto nedokonalost nabízí kvalitní a vyvážený obraz. Místo analogového hledáčku je nově možno využít také digitální displej, který se dříve pro focení u fotoaparátů této kategorie využít nedal. Rozměr celého displeje je 75 mm a kvalitní rozlišení o 920 000 bodech. V hledáčku je nastaveno zobrazování základních hodnot, jako je clona, citlivost ISO, expozice a jiné. Bohužel se však spousta dalších informací nezobrazuje, například AF, měření expozice a WB.

4.2.3 Funkce Life View

Funkcí Life View je nazývána funkce focení na LCD displej tak, jak je to běžné u moderních kompaktních přístrojů. Pro zapnutí této funkce je nutné zapnout funkci živého náhledu. Zapnutím živého náhledu se v hledáčku sklopí zrcátko a vše je promítáno na

snímač a dále na displej. Celý náhled je možno zvětšit, a to buď 5x nebo i 10x. V tomto režimu je však mírný problém s ostřením, nelze použít plně automatický mód ostření. Je zapotřebí veškeré snímky ostřit ručně, nebo tzv. poloautomaticky. To znamená, že se musí použít tlačítko, jinak běžně určené na blokaci expozice. Nevýhodou automatického ostření při funkci Life View je na krátkou dobu (0.1s-2s) ztracení obrazu z displeje, kvůli dobrému nastavení CMOS senzoru. Nejideálnější je ruční doostřování, které je také nejpřesnější.

4.2.4 Citlivost a kvalita obrazu

Díky dostatečně velkému a kvalitnímu obrazovému snímači CMOS s aktivním rozlišením 15.1 Mpix jsou výsledné fotografie dostatečně kvalitní, v celém spektru možností nastavení hodnoty ISO (100 – 12800). V rozmezí hodnot ISO 100 – ISO 800 jsou veškeré fotografie velice čisté a hodnota šumu je prakticky nulová. Od hodnoty ISO 1600 je již hladina šumu nepatrně zaznamenána, avšak ještě ve stále nízkých hodnotách. Hodnota ISO 3200 je na tom však již značně hůře, ale v praxi je možno snímky i s touto hodnotou ještě po případné drobné digitální korekci dobře použít. Zbylé hodnoty ISO 6400 a ISO 12800 je lepší volit již jen pro nouzová řešení. Podíl šumu a neostrotí ve snímku je již dosti patrný, a jsou tak ztraceny důležité detaily obrazu. V daném přístroji lze také ručně nastavit míru redukce šumu. Manuálně lze volit mezi třemi, nebo spíše čtyřmi hodnotami. A to standardní, nízká, silná, a bez redukce. Pro názornost bylo pořízeno několik snímků v určitých hodnotách ISO a vlivů redukce šumu.

4.2.5 Celkové hodnocení

EOS 500D je vzhledem ke svým rozměrům velice výkonná a lehká amatérská zrcadlovka. Díky svému senzoru je schopna pořizovat velice kvalitní snímky, také ve všech úrovních nastavení hodnoty ISO, clony a dalších volitelných parametrů. Plastové tělo fotoaparátu nepatří k nejpevnějším. Tento nedostatek je však vyvážen vcelku nízkou hmotností, která se u aparátů této kategorie cení. I přesto je však dostatečně robustní pro práci venku, a dá se využít pro nejrůznější spektrum prací a snímkování. Po stránce funkčního vybavení je na tom také velice dobře. Standardním vybavením je funkce živého náhledu (Life View), nebo také proti prachová clona. Tyto součásti vybavení byly velice oceněny při použití pro dálkový průzkum Země, bez kterého by nebylo možno

tento typ aparátu použit. Vzhledem k pracovnímu nasazení fotoaparátu je kladně hodnocena menší velikost a nízká váha přístroje, díky které může být připevněn k letovým nosičům, určených pro vědecké použití v oboru DPZ a fotogrammetrie.



Obr. 5 Fotoaparát Canon EOS 500D (zdroj: <http://www.fotoradce.cz>).

4.3 Objektiv Canon EF-S 18-55 mm f/3.5-5.6 IS

4.3.1 Popis

Canon EF-S 18-55 je standardní, velice kvalitní objektiv. Díky širokému ekvivalentu ohniskové vzdálenosti 18-35 mm ve formátu 35 mm je vhodný pro většinu klasických fotek. Automatické ostření funguje již u malých vzdáleností (cca 25 cm).

4.3.2 Stabilizace

Tento objektiv je standardně vybaven moderní 4 krokovou stabilizací obrazu Canon Image Stabilizer, tato funkce tak zajišťuje dostatečnou ostrost veškerých snímků a minimalizuje riziko nedostatečně kvalitních a málo ostrých snímků. Vzhledem k této funkci je umožněno používat několika násobně delší časy závěrky, které jsou využity za špatných světelných podmínek.

4.3.3 Clona

Díky kruhové cloně objektivu je zachováno rozostřené pozadí snímků, na kterých následně lépe vyniknou zájmové objekty v popředí fotografie. Rozostření pozadí je však zachováno pouze při režimu zcela otevřené clony.

4.3.4 Vnitřní prvky

Objektiv je vybaven novými moderními asférickými prvky povrchové úpravy Super Spectra. Tyto prvky zajišťují velice ostré, jasné a vysoce kontrastní snímky při zachování plně otevřené clony. Tato úprava minimalizuje veškeré stíny a absorbuje záblesky světla odrážejícího se od vnitřních součástí objektivu a těla fotoaparátu.



Obr. 6 Objektiv Canon EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS (zdroj: <http://www.bobatkins.com>).

5 TESTOVÁNÍ ZAŘÍZENÍ PŘÍSTROJE

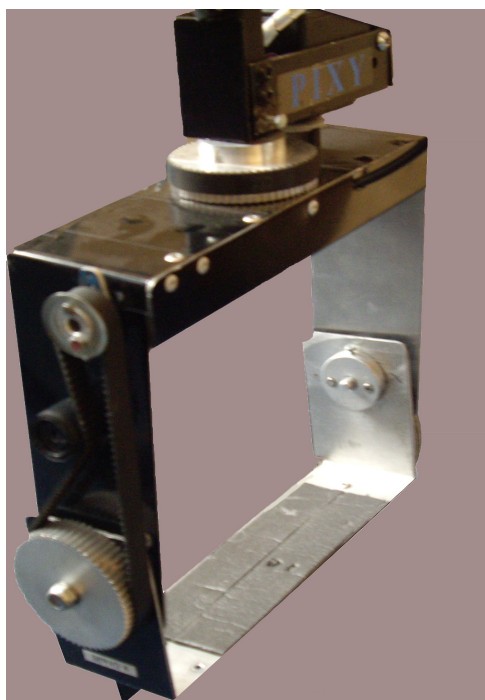
5.1 Snímkovací věž

Aby bylo možné použít UAV PIXY pro pořizování snímků krajiny, je zapotřebí mít na něm bezpečně a kvalitně umístěno jakékoliv snímací zařízení. Z tohoto důvodu je každý model vybaven tzv. snímkovací věží. Na snímkovací věž je dále možné připojit téměř jakékoliv snímací zařízení. Ukotvení je k rámu věže zajištěno pomocí standardního stativového šroubu typu B1/4. Tento šroub je možné zaměnit za libovolné jiné upevňovací zařízení, jako mohou být různé rychlo spojky či jiné další mechanismy. Díky tomu jsou veškerá zařízení pevně spojena s věží a je znemožněno jejich nechtěné odpojení a případné ztracení či zničení při práci.

Tělo celé věže je vyrobeno z ohýbané hliníkové slitiny, což zaručuje jeho nízkou hmotnost ale zároveň zachovává potřebnou pevnost. Jeho spodní dotyková část mezi samotným senzorem a rámem věže je polstrována pomocí polyuretanové pěny. Díky ní jsou veškerá snímací zařízení dobře chráněna od drobných otřesů, nedochází k jejich mechanickému poškození a také pohlcuje nežádoucí drobné vibrace motoru.

Aby mohla být celá sestava dobře využita k pořizování záznamů krajiny, je vybavena dvěma na sobě nezávislými servomotory. Tyto motory zajišťují možnost dálkového pohybu s kamerou, který je zajišťován z panelu pozemní stanice (ground control). Pohyb kamery je tak možný v obou rovinách. Horizontální pohyb je zajištěn pomocí dvou otočných kloubů a jednoho serva. Pohyb vertikální pak zajišťuje jeden kloub a druhý ze dvou serv. Celou věž je možno zaaretovat v nastaveném směru a dále se jen plně věnovat pořizování snímků či záznamu. Aretace se provádí stlačením ovládacího joysticku na pozemní stanici na cca 2 vteřiny. Oba dva jsou nezávisle na sobě napájeny elektrickým proudem, o napětí 9.6V. Zdrojem tohoto napětí je dostatečně velká NiMh baterie o kapacitě 2500mAh jež je připevněna na rámu letounu. Aby mohly být veškeré pohyby věže uskutečněny, je za potřebí, aby bylo v naprostém pořádku veškeré zpřevodování, jež provádí samotné pohyby s věží. Před každým použitím věže by měla být zkontrolována veškerá ozubená kola, jejich uchycení a stav propojovacího gumového

řemene. Při poruše některé z částí, by nemohla být následně prováděna manipulace s věží, a bylo by tak také znemožněno automatického pohybu kamery pomocí modulu gyrostabilizace (viz. kapitola 5.2). Pomocí servo motorů je možné během celého snímkového letu upravovat polohu kamery, vůči zemskému povrchu a docílit tak potřebných snímků v jakémkoliv, námi požadovaném, úhlu. Celá věž je napojena na modul gyrostabilizace, který ji dokáže neustále udržovat v námi nastaveném úhlu ke snímkovací ploše (viz. kapitola 5.2).



Obr. 7 Snímkovácí věž.

5.2 Modul gyrostabilizace

5.2.1 Popis

Testovaný letový model UAV PIXY je vybaven modulem gyrostabilizace. Modul zajišťuje přesnou polohu snímkovací věže a následně také čočky snímacího zařízení vůči zemskému povrchu. Při snímkování je primárně modul vypnut, aby bylo možné provést ruční nastavení věže a připevněného zařízení. Ručním nastavením můžeme zvolit typ snímku (kolmý, šikmý, atd.). Po nastavení požadované orientace čočky snímače je možné modul aktivovat. Aktivace se provádí pomocí stlačení ovladače snímkovací věže (obr. X)

po dobu cca 1 vteřiny, dokud nezazní krátké pípnutí, oznamující aktivaci modulu. Aby byla námi požadovaná poloha brána jako primární, musíme tento modul aktivovat v momentě jejího nastavení. Tudiž musí být ovládací joystick v dané poloze, nikoli ve svém neutrálním středu.

5.2.2 Modul

Funkci gyrostabilizace zajišťuje externí modul, jenž je umístěn v tzv. „black boxu“. Samotná jednotka gyrostabilizace je plně automatizovaná. Funkci vyrovnávání roviny věže pak zajišťují dva servomotory (viz. kapitola 5.1), které dostávají informace z tohoto modulu, pro přesné a rychlé upravení polohy. Všechny gyro senzory jsou elektronické a jsou pevně implementovány uvnitř těla celého modulu. Implementací senzorů do těla je tak zajištěna jejich bezpečnost a jsou chráněny proti vnějším vlivům, jež by mohly mít přímý vliv na jejich přesnost a funkci.

5.2.3 Vertikální testování

Abychom mohli brát data z modulu gyrostabilizace za relevantní a přesná, bylo provedeno jejich testování. Jako první byla testována rychlost odezvy celé sestavy na změnu sklonů a postavení celého UAV PIXY. Základní postavení snímkovací věže po uvedení UAV PIXY do provozu je výrobcem nastaveno na 15.5° (úhlového) od vodorovné roviny. Jako první bylo provedeno měření rychlosti odezvy na změnu vertikálního úhlu. Tato změna může vzniknout při prudkém stoupání či klesání celé sestavy. Odezva na změnu tohoto úhlu byla velice rychlá, pohybovala se v čase do 1 sekundy. Dále byl zjišťován rozsah možnosti vertikálního pohybu věže, jež úzce souvisí s automatickou úpravou polohy snímacího zařízení pomocí modulu gyrostabilizace. Vertikální pohyb je však dosti omezen. Dosahuje pouze 134° . Pořizování kolmých snímků je možné jen v jednom bodě nastavení a možnost automatické úpravy pomocí modulu je tak značně omezena.

5.2.4 Horizontální testování

Stejná testovací měření byla shodně provedena také pro možnosti pohybu ve směru horizontálním. Změna horizontálního úhlu (otočení vpravo-vlevo), nastává

nejčastěji. Jedná se o změnu při každém zatočení letového sestavy. Proto je znepokojující, že doba odezvy na změnu horizontálního úhlu je značně delší, než doba odezvy na změnu vertikální. Při provedeném testování dosahovala délky do 1 vteřiny na skokové krátkodobé změny polohy, avšak při konečné dlouhodobé změně byla rychlo 6 až 8 vteřin, což je vzhledem k rychlosti letu celé sestavy poměrně dlouhý čas. Rozsah možností rotace ve směru horizontálním je však mnohem větší, než je tomu u směru vertikálního. Možnost otočení celé věže v levém směru dosahuje maximálního úhlu 143,4°, ve směru pravém pak ještě více, celých 183°. Tato možnost byla hodnocena jako velice kladná. Díky ní je možné po celou dobu letu zachovat stejnou orientaci snímků ke světovým stranám a nemusí být prováděno jejich následné otáčení a úprava.

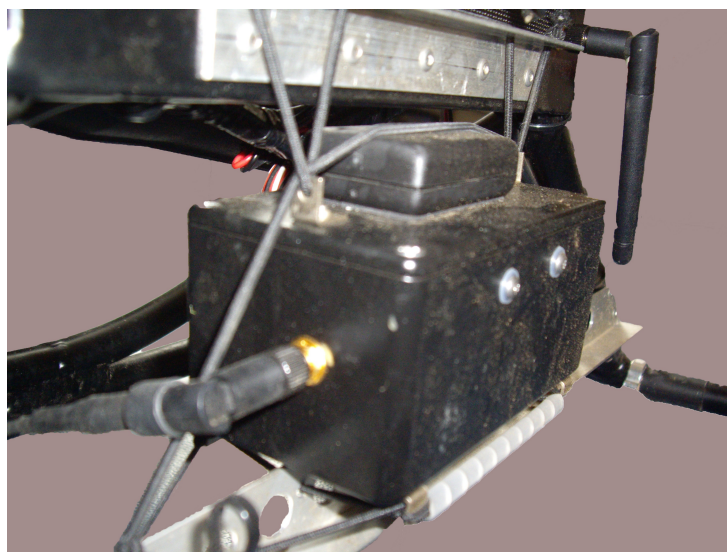
5.2.5 Hodnocení

Velice kladně byla také hodnocena přesnost celého modulu gyrostabilizace. Po každé změně úhlu přístroje byla automaticky přestavěna snímkovací věž do přesně stejného úhlu k zemskému povrchu, jenž byl primárně uživatelem nastaven. Toto zjištění je velice důležité, vzhledem k přesnosti snímků potřebné k jejich následnému použití. Rychlost odezvy na vertikální změny je také dostatečná, avšak rychlost odezvy na změnu úhlu horizontálního je značně dlouhá a je potřeba s ní při pořizování snímků a řízení letu počítat.

5.3 Modul konstantní letové hladiny

5.3.1 Popis

Pro zachování kvalitního a přesného pořizování leteckých snímků z ultra nízkých výšek (50-500m) byl letový model UAV PIXY vybaven tzv. modulem konstantní letové hladiny. Díky tomuto modulu mohou být pořizovány veškeré potřebné snímky zájmového území z předem nadefinované, přesně dané výšky. Je tak možné mít veškeré potřebné snímky ve stejném rozlišení, ostrosti a měřítku, což usnadňuje jejich následné zpracování a umožňuje tak na všech, pro které byl modul konstantní letové hladiny použit, provádět potřebné geografické analýzy a nadstavby.



Obr. 8 „Black box“.

5.3.2 Princip fungování

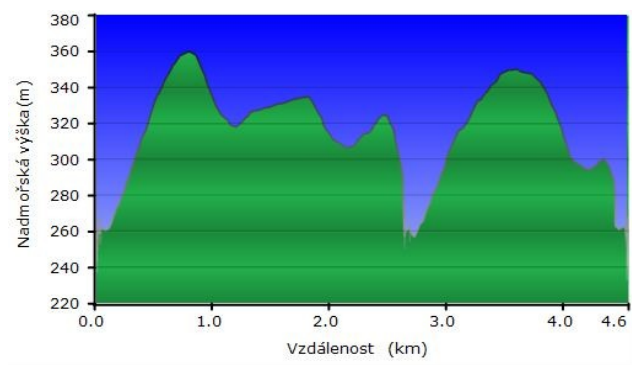
Modul konstantní letové hladiny pracuje na principu zjišťování nadmořské výšky pomocí barometrického měření, čímž je zcela nezávislý na dalších modulech a částech celého letového modelu. Měření touto metodou jsou mnohem přesnější než odvozování výšky ze signálu GPS. Metoda je tedy velice přesná, pracující řádově v jednotkách metrů. Pro použití při snímkovém letu je nutné před každým letem nastavit nadmořskou výšku sledovaného území. Nastavení se většinou provádí před zahájením celého letu. Jako nulová hodnota je tak brána pozice pilota na zemském povrchu. Jelikož modul pracuje po každém zapnutí UAV PIXY, je tedy nutné těsně před každým letem vynulovat hodnoty aktuálních barometrických měření. Po vynulování tak bereme v úvahu, že relativní nulová hodnota nadmořské výšky je v místě, kde bylo provedeno nulování. Další veškeré hodnoty výšky jsou vztahovány k místu nulování - startu. Můžeme tudíž vcelku velice přesně zjišťovat informace o aktuální výšce modelu PIXY nad námi snímkaným územím. Je však nutné brát v úvahu geologické zakřivení krajiny (kopce, údolí, hrany ...). Proto je nutné při plánování snímkovacího letu přihlídnout k reliéfu snímkaného území, jelikož letoun nedokáže kopírovat terén jako takový, ale jen držet námi nastavenou výšku.

5.3.3 Testování

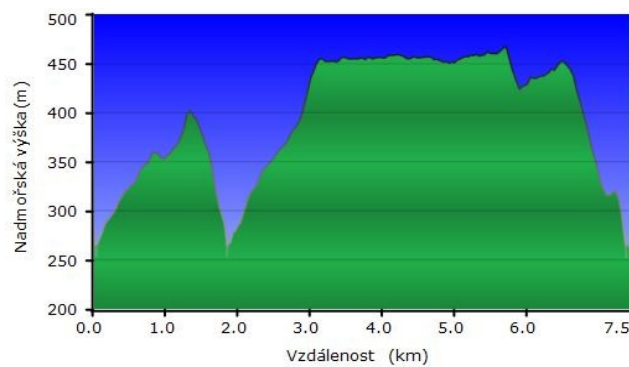
Aby mohly být data zjištěná pomocí modulu konstantní hladiny umístěném pevně na UAV PIXY za směrodatná a relevantní, bylo zapotřebí provést několik testovacích letů, při kterých bylo na těleso UAV PIXY přiděleno další nezávislé zařízení snímající nadmořskou výšku. Vzhledem k dostupným technickým prostředkům bylo zvoleno testování pomocí méně přesného, avšak dostatečného GPS modulu. Jako další zdroj hodnot nadmořské výšky tak byl zvolen dostatečně odolný a vyhovující GPS přístroj Garmin GPSmap 60CSx pracující s čipem SiRF III. Tento přístroj díky osazení kvalitním čipem a tyčovou anténou dosahuje velice dobré citlivosti, jež byla pro celé měření důležitá.

5.3.4 Hodnocení

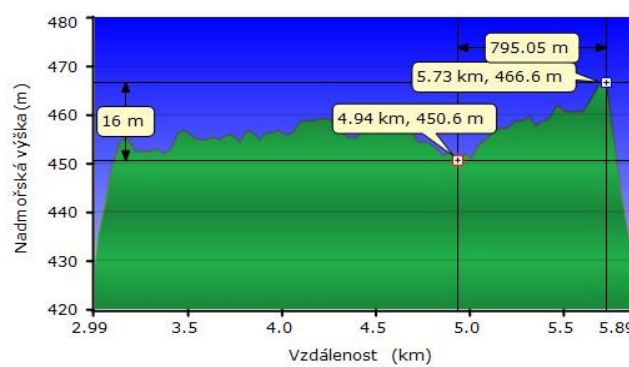
Jak je možno z přiložených profilů vidět (obr. 10,11,12), modul konstantní letové hladiny pracoval velice přesně. Po jeho uvedení do provozu ve zvolené výšce (cca 150m nad snímaným povrchem), následně držel celou sestavu velice přesně. Drobné odchylky od zvolené výšky je nutno přičíst povětrnostním podmínkám, které panovaly v dané letové hladině. Ačkoliv na povrchu bylo téměř bezvětří, ve výšce požadovaných 150 metrů panovaly slabé větry, na které je UAV PIXY náchylný, vzhledem ke své hmotnosti a velikosti. I přes tyto drobné problémy však modul pracoval velice přesně. Měrná odchylka, která dosahuje kolem 8 metrů, jak ve směru vzhůru tak dolů, je při přihlédnutí k již zmiňovaným povětrnostním podmínkám téměř zanedbatelná a na výslednou kvalitu a přesnost snímků má téměř nulový vliv. Práce tohoto modulu je velice rychlá a je vhodné použít jej na veškerá snímkování, jež vyžadují stejné parametry všech snímků.



Obr. 9 Profil letu bez zapnutého modulu konstantní letové hladiny.



Obr. 10 Profil letu se zapnutým modulem konstantní letové hladiny.



Obr. 11 Detail profilu letu se zapnutým modulem konstantní letové hladiny.

5.4 Pozemní stanice

5.4.1 Popis

Pro ovládání kompletní letové sestavy UAV PIXY, včetně snímače pro pořizování leteckých snímků, je spolu s modelem dodávána takzvaná pozemní stanice (ground control). Zjednodušeně by se dala nazvat radiový ovladač. Ground control je osazen veškerými komponenty potřebnými k bezpečnému a přesnému řízení celé sestavy UAV PIXY a pořizování kvalitních leteckých snímků krajiny.



Obr. 12 Pozemní stanice.

5.4.2 Obal

Veškeré komponenty potřebné ke kvalitnímu a přesnému řízení a pořizování snímků jsou uloženy v pevném hliníkovém kufru, jenž je možné bezpečně uzavřít a chránit tak zařízení před nechtěným poškozením, či změně nastavení. Celý kufr funguje jako jeden velký ovladač, do kterého jsou implementovány všechny jednotlivé součásti a moduly.

5.4.3 Rozložení ovládacích prvků

Při otevření kufru se na horním víku nachází malý, 7 palcový, širokoúhlý LCD display Takara MO70. Na tomto displeji jsou zobrazovány veškeré informace ze

snímacího zařízení. Spodní část je určena k samotnému řízení letounu a pořizování snímků. Z tohoto důvodu jsou na ní umístěny veškeré ovládací prvky. Jako hlavní je ve středu umístěn přepínač na vypnutí a zapnutí celého ovladače, dále především páčky pro řízení směru letu, rychlosti letounu, brzdy a také pro dálkové vypnutí motoru. Jsou zde také nástroje pro pořizování snímků, zoom objektivu senzoru, všesměrový joystick pro pohyb se snímkovací věží. Ve střední horní části je umístěn malý dvouřádkový display, na kterém jsou zobrazovány veškeré důležité informace o celé sestavě a ovladači, jako stav baterií, délka letu, výška letu a jiné. Pod tímto displejem jsou navíc umístěny dva malé přepínače pro pohyb v menu stanice a jeho nastavení.

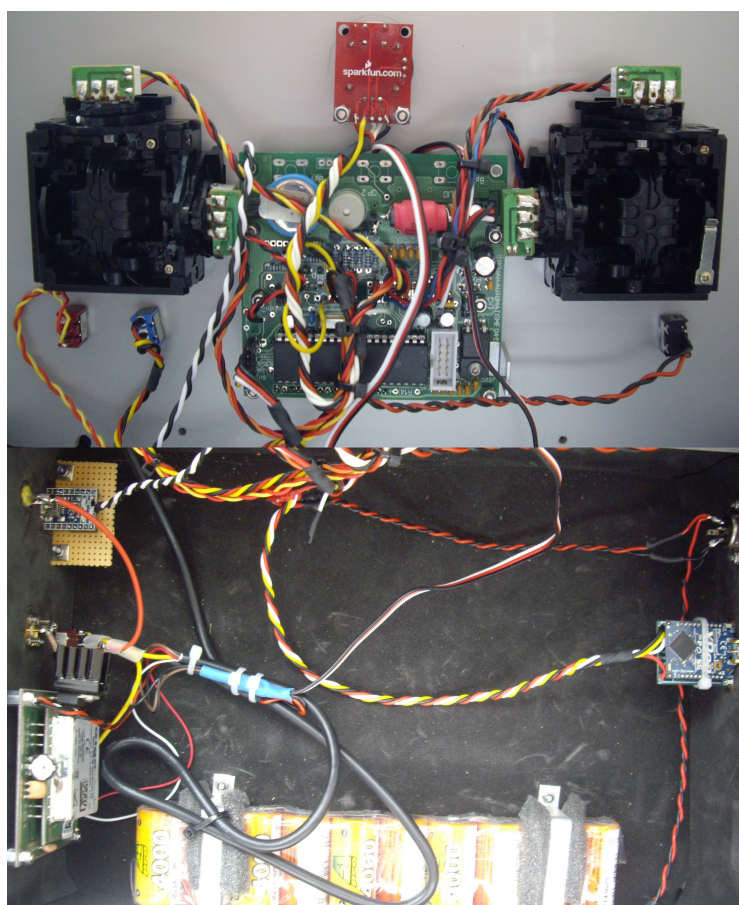


Obr. 13 Rozložení ovládacích prvků na pozemní stanici.

5.4.4 Součásti

Celý ovladač je složen z jednotlivých součástí, dodávaných různými výrobci komponentů. Výrobce páček plynu a řízení nebyl zjištěn. Ostatní komponenty jsou však dodávány od kvalitních celosvětových výrobců a dodavatelů. Všesměrový joystick dodala včetně integrovaného obvodu společnost Sparkfun. Jedná se o komplet všesměrového joysticku typu COM-09032 a integrovaného sběrače BOB-09110. O příjem video signálu se stará miniaturní GIGA LINK Mini OEM Receiver IV, pracující na frekvenci 2,4835 GHz, od německého prodejce VTQ Videotronik. Zpracování, příjem a vysílání signálu potřebného k ovládání samotného UAV PIXY zajišťuje malý modul XBee-PRO 55. Tento modul pracuje na frekvenci 868 MHz. Při použití tohoto modulu je

potřeba jej předem spárovat s druhým přístrojem. Toto však bylo již provedeno výrobcem celé sestavy UAV PIXY. Moduly XBee pracují se standartními AT příkazy. Tento protokol byl dříve využíván pro sériové modemy, dnes se však již nepoužívá a tak jej bylo možno využít zde. AT příkazy umožňují editaci vnitřních registrů XBee. Každý registr je označen svým jedinečným jménem a prefixem, který nese informaci o přenosové rychlosti. Tato rychlost je důležitá, jelikož každý modul XBee pracuje pouze na jedné. Ta určuje počet odeslaných bitů za vteřinu. Implicitně má každý modul XBee nastavenou hodnotu 9600bps. Rychlost přenosu dat však lze změnit pomocí změny registru ATBD. Oba XBee které mají spolu komunikovat musejí mít nastavenou stejnou rychlost. Rozsah rychlostí přenosu dat je od 2400bps po 115200bps. Dosah modulu XBee ve volném terénu je okolo 80 km (údaje výrobce). Připojení na PC je možné pomocí mini USB konektoru. Všechny informace ze všech těchto čipů a přijímačů jsou následně odesílány do centrální řídicí desky, která je osazena mikročipem a zajišťuje centrální řízení celého ovladače a následně také UAV PIXY. O napájení stanice se starají kvalitní NiMh baterie o dostatečné kapacitě.



Obr. 14 Součásti pozemní stanice.

5.5 Měřičské značky

5.5.1 Popis

Aby mohly být pořízené snímky kvalitně uplatněné v praxi, a bylo možno nad nimi aplikovat různé prostorové metody a měření, je třeba uvést pořízené snímky do potřebného georeferenčního systému a přidělit každému bodu na snímku jeho nezaměnitelné souřadnice. Vzhledem k maloformátovému snímkování z výšky maximálně 150 metrů (vzhledem k volné letové hladině, jež je platná podle stanov vzdušného prostoru ČR) zahrnují snímky území o rozlohách maximálně několika kilometrů čtverečných. Na těchto malých územích je velice těžké získat dostatečný počet přírodních prvků potřebných pro kvalitní georeferencování a bylo zapotřebí vytvořit několik desítek přenosných vlíčovacích a georeferenčních bodů. Vzhledem k nemožnosti využití například uzlů silniční sítě, je zapotřebí potřebné body vybrat a zaměřit individuálně, podle charakteru území a snímků na něm pořízených. V praxi jsou často a hojně využívány například sloupy elektrického vedení, velice dobře zřetelné ze všech snímků a usnadňující jejich nalezení a přiřazení potřebných souřadnic. Z pevných bodů bylo využito několik božích muk, výrazně vzrostlých stromů, či automobilů, u kterých bylo bezpečně známo, že po celou dobu snímkování zůstanou na potřebném místě.



Obr. 15 Měřičská značka.

5.5.2 Rozmístění a zaměření

Vhodných bodů bylo pro kvalitní georeferencování bývá v lokalitách snímkování nedostatek, bylo tak nutno přistoupit k tvorbě přenosných značek, které by bylo možno jednoduše přenést a rozmístit po zájmovém území. Bylo vytvořeno zhruba 30 vlíčovacích bodů, které byly při snímkování nepravidelně rozmístěny po území a relativně přesně, s odchylkou do 3 metrů, zaměřena jejich poloha. Přesná poloha všech vlíčovacích bodů byla vždy zaměřena za pomoci GPS přístroje Garmin 60CSx, jež používá kvalitní čip Sirf Star III. Veškerá měření byla provedena průměrováním, při kterém se provede několik desítek či stovek dílčích měření, na základě kterých je pak určena průměrná poloha. Technická vybavenost neumožnila lepšího zaměření s větší přesností. Výhodou by zajisté byl dvou frekvenční GPS přijímač, jež by toto měření mnohem více upřesnil. Dále bylo uvažováno nad zaměřením bodů pomocí teodolitu, avšak tato varianta je pro odlehlá území velice pracná a zdlouhavá, a celé snímkování by tak neúnosně prodloužila.



Obr. 16 Rozmístění a zaměření měřičských značek.

5.5.3 Výroba

Zmiňované přenosné body byly vyrobeny svépomocí, z materiálů běžně dostupných ve všech hobby marketech. Avšak i přes tento jednoduchý způsob vytvoření odpovídaly veškerým požadavkům. Jednotlivé značky byly vyrobeny z pevné, asi 5mm silné lepenky (kartonu), která byla rozřezána na pravidelné čtverce o rozměrech 40x40 cm. Díky těmto rozměrům byla zaručena jejich dostatečná viditelnost i z výšek okolo 150 metrů nad povrchem. Pro snadnější a přesnější hledání a následné určování jednotlivých

umělých bodů, byly všechny značky natřeny dostatečně výraznou červenou akrylovou barvou splňující veškeré nároky na viditelnost a cenovou dostupnost

Červená barva, stejně jako následující další část značky (CD/DVD disk), byla vybrána záměrně. Jelikož se snímkování provádí v přírodním terénu, je tato barva dostatečně kontrastní s jinými, v přírodě se běžně vyskytujícími se barvami, např. různé odstíny zelené, hnědé až černé. Po aplikaci barvy na svrchní část značek, a po jejím dostatečném zaschnutí, byl do středu každého bodu navíc umístěn starší CD či DVD disk. Díky povrchové úpravě těchto disků bylo ještě více zjednodušeno jejich nalézání na snímcích. Vzhledem k lesklosti povrchu byla obava nepříjemných oslnění, které by mohli znehodnocovat jednotlivé snímky, avšak tato obava se nepotvrdila a aplikace CD a DVD disků se ukázala být velice dobrým nápadem. Také díky nim bylo zaměřování jednotlivých značek přesnější. Měřicí zařízení bylo vždy soustředěno do středu značky, a tudíž na disk, a to se při následném georeferencování ukázalo jako velice přínosné. Díky kontrastním diskům tak bylo snazší nalézt vždy střed dané značky.

5.6 Testování fotoaparátu Canon EOS 500D s objektivem EF-S 18-55mm

5.6.1 Popis

Aby bylo možno brát snímky pořízené používaným fotoaparátem Canon EOS 500D s optikou Canon EF-S 18-55mm za relevantní, bylo velice důležité zjistit kvalitu snímků touto sestavou pořízených. Každý fotoaparát se svojí danou optikou vykazuje jiné míry zkreslení a nepřesností. Aby bylo možno se těmito chybám daným použitím tímto přístrojem vyhnout, muselo být nejdříve přesně zjištěno a lokalizováno, za kterých hodnot nastavení se projevují nejvíce, a za kterých nejméně. Pro zjištění těchto chyb bylo provedeno několik desítek testovacích snímků za ideálních světelných podmínek. Všechny tyto snímky byly prováděny na speciální, předem stanovené kalibrační a měřicí terče. Díky těmto terčům tak dané specifické chyby objektivu a snímače byly dobře patrné.

5.6.2 Distorze objektivu

Nejdůležitějším bylo zjištění distorze daného objektivu. Distorze je vada objektivu, projevující se posunem částí bodů obrazu od jejich správné polohy v rovině daného snímku. Velice důležitým bylo zjištění tzv. soudkovitého zkreslení. Tento typ zkreslení se nejčastěji vyskytuje při velice krátkém ohnisku. V našem případě bylo také nejvíce patrné při nastavení pevné ohniskové vzdálenosti na 18 mm (viz. příloha 1). S postupným zvětšováním ohniskové vzdálenosti toto zkreslení ubýval, až bylo téměř neměřitelné, a to v rozmezí ohniskových vzdáleností zhruba od 30-40 mm (viz. příloha 1). S postupným prodlužováním ohniskové vzdálenosti se však začal projevovat jiný typ zkreslení, zkreslení poduškovité. Toto zkreslení je na zvoleném objektivu nejvíce patrné především při maximální ohniskové vzdálenosti 55 mm (viz. příloha 1).

5.6.3 Vinětace

Důležitým typem zkreslení je také zjištění tzv. vinětace. Tento typ změny charakteru snímku se projevuje především poklesem množství světla k okrajům snímku. Tuto vadu nejčastěji způsobuje konstrukce daného objektivu. U testovaného objektivu EF-S 18-55mm se míra vinětace zvětšovala s postupným snižováním délky expozice. Při provádění testovacích snímků byla nejvíce patrná při nastavené ohniskové vzdálenosti na 33 mm a délce expozice 1/60 sekundy (viz. příloha 1). Tuto vadu objektivu však není možné nijak zvláště korigovat. Je pouze důležité provádět snímkování za maximální jasnosti.

5.6.4 Další nepřesnosti a korekce

Zjištění dalších typů zkreslení a nepřesností objektivu nebylo bohužel za daných laických podmínek možné. V současnosti je však možno tyto snímky zpětně upravit pomocí speciálního software dodávaného výrobcí spolu se zařízeními. Daný software tak již přesně počítá s těmito chybami, a pomocí údajů uložených v informacích o snímku je tak schopen tyto vady odstranit, nebo alespoň eliminovat. Kompletní kalibraci a případné doladění celé sestavy fotoaparátu s objektivem je tak možné provést pouze za asistence odborníků na objektivy ve specializované laboratoři.

5.7 Terénní sběr

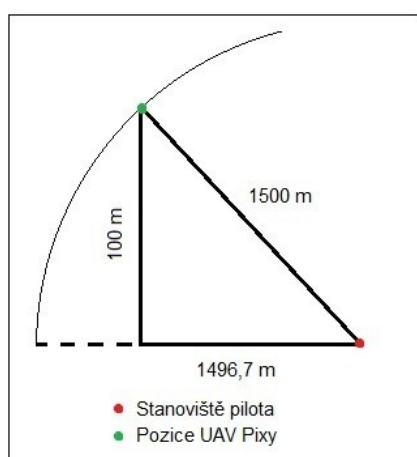
5.7.1 Popis

Před každým sběrem dat (snímkováním) je nutné provést důkladnou přípravu pro zajištění maximálně eliminace množství komplikací, jež mohou vzniknout na zájmové lokalitě, jelikož jejich řešení v terénu může být velice komplikované.

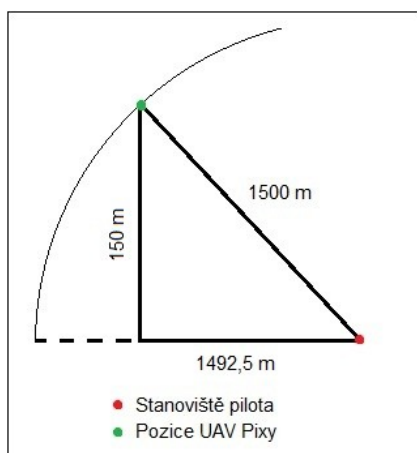
5.7.2 Výběr lokality

Před výjezdem do terénu je dobré prohlédnout si budoucí snímkované území na stávajících leteckých snímcích, volně dostupných například na internetu (mapy.cz, googlemaps ...), či pomocí např. WMS služby. Pokud lokalitu osobně neznáme, využijeme náhledů ke zjištění ideální přístupové trasy na startovací místo. Tímto krokem minimalizujeme mrtvý čas pro příjezd a vyhledání vhodného místa pro startování UAV PIXY. Je nutné dobře prohlédnout okolní i vzdálenější krajinu, nenachází-li se v blízkosti například aktivní lom (zákaz používání radiostanic – ground control!), vojenský prostor či aktivně využívané letiště (ochranná bezletová pásma letišť). Po kontrole veškerých možných limitujících faktorů, je zapotřebí vytipovat vhodné startovací místo. Ideálně by vzletové místo mělo být uloženo ve středu celého snímkovaného území. Zajistíme tak potřebné pokrytí celé plochy dostatečně silným radiovým signálem, jež je nutný k ovládní celé letové sestavy a přenosu video záznamu ze snímače. Vzhledem k omezenému dosahu radiovysílače, který je podle reliéfu terénu cca 1500m, je nutné zvolit adekvátní velikost celého území. Maximální přímá vzdálenost UAV PIXY od pilota s ground control by, z bezpečnostních důvodů, neměla přesáhnout 1300 metrů. Je doporučeno volit území s krajními body snímání do již zmíněných max. 1300 metrů od pilota. Pro zjištění přesné vodorovné vzdálenosti, ve které se může UAV PIXY bezpečně pohybovat byl proveden výpočet na základě pythagorovy věty. Do výpočtu byla zahrnuta maximální možná vzdálenost letové sestavy od pilota a také nejčastější letové hladiny ve výškách 100, 150 a 200 metrů (obr. 18, 19, 20). Při výběru startovacího pole je tak nutné zaměřit se na jeho charakter. Jelikož UAV PIXY potřebuje ke vzletu za ideálních podmínek kolem 20 metrů, je nutné, aby byla startovací lokalita dostatečně otevřená, bez jakéhokoliv vzrostlého porostu (stromy, keře, vysoká tráva ...) v nejbližším okolí. Podvozková část není stavěna pro překonávání velkých nerovností. Jako vhodné

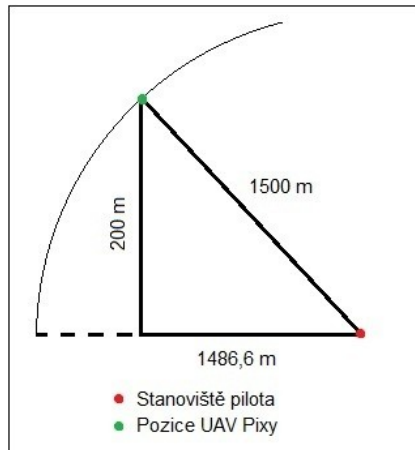
povrchy pro start a přistání se ukázaly být zpevněné povrchy (beton, asfalt, tvrdý jemný štěrk). Vzhledem k tomu, že tyto povrchy bude možné využít spíše jen minimálně, dá se také, bez větších obtíží, využít louky s nízkým porostem, kultivovaná pole a další podobné povrchy. Výběr povrchu je subjektivní záležitost, ale tyto předpoklady by měly být brány na zřetel. Sklon startovací, a potažmo také přistávací plochy, není příliš limitujícím faktorem, ale mělo by k němu být také přihlédnuto (příliš příkré svahy se stoupáním, či klesáním více jak 10 % nejsou optimální). Je nutné předem zjistit, zda nad námi vybranou startovací ploch nevede jakékoliv kabelové vedení (elektřina, telefon, internet ...). Tyto informace se však z leteckých snímků těžce zjišťují. Proto doporučuji vybrat pro jistotu další, alespoň jednu, záložní startovací plochu v blízkosti.



Obr. 17 Vodorovná vzdálenost při výšce letu 100m a vzdálenosti sestavy od pilota 1500m.



Obr. 18 Vodorovná vzdálenost při výšce letu 150m a vzdálenosti sestavy od pilota 1500m.



Obr. 19 Vodorovná vzdálenost při výšce letu 200m a vzdálenosti sestavy od pilota 1500m.

5.7.3 Technická kontrola zařízení

Před výjezdem na lokalitu sběru je doporučeno provést krátkou technickou kontrolu celé letové a snímkovací sestavy. Odstraňování i drobných závad a nedostatků v lokalitě sběru bývá velice komplikované. Především by měly být zkontrolovány veškeré části, které se aktivně podílejí na ovládní sestavy. Jedná se především o správnou funkčnost veškerých servo motorů (serva pro plyn, zatáčení, ovládní snímkovací věže), plné nabití všech baterií (baterie v ground control, pro ovládní serv, pro napájení ostatních částí sestavy), pevné dotažení všech součástí (snímkovací věž, vrtule ...), kontrola motoru (karbonizace zapalovací svíčky, přívod paliva, nastavení karburace ...) a hlavně také zevrubná kontrola padáku a všech jeho částí. Jakákoliv porucha (zamotání přípojných šňůr, jejich přetržení či narušení), či případná perforace samotné plochy, tak zcela znemožní, či případně velice zkomplikuje, jeho použití. Poté, co budou všechny tyto kroky provedeny, je doporučeno celou sestavu zkompletovat a vyzkoušet, funguje-li vše jak má. Nejen však techniku pro let, ale také techniku pro sběr dat. Především radiový přenos obrazu ze snímače do LCD panelu na GC. Jelikož přenos tohoto signálu je prováděn na volné frekvenci 2,4 Ghz, je možné, že může být rušen okolním vysíláním. Z praktického hlediska není nutné připojovat padák, postačí jen jeho důkladná vizuální kontrola.

5.7.4 Kontrola lokality

Po příjezdu na lokalitu nejprve ověříme, zdali je startovací povrch vhodný a není příliš hrbolatý. Také je nutno ověřit limitující faktory, které nejsou na první pohled patrné z dostupných leteckých snímků (nadzemní kabelové vedení, výška okolního porostu ...). Následně je zjištěn směr a rychlost proudění větru. Obě tyto veličiny se nejlépe určují pomocí anemometru. Při zkušebních snímkovacích letech bylo využíváno digitálního anemometru Testo 410-2. Tento typ byl pro zkušební účely dostatečný, dokázal detekovat rychlost větru od hodnot 0.4 do 20 m/s, s přesností $\pm 2\%$ z naměřené hodnoty. Je nutné brát v úvahu jak příliš silný vítr (od 15km/h), tak také příliš slabý. Hodnoty větru jsou důležitými faktory jak pro vzlet a přistání, tak pro následnou přesnost snímání ve výškách. Pokud jsou veškeré tyto hodnoty vyhovující (kvalita terénu, rychlost větru, okolní bariéry), je možno přejít ke kompletaci celé sestavy.

5.7.5 Kompletace sestavy

Nejprve je vyndán rám s motorem a snímkovací věží, poté jsou připojeny obě napájecí baterie do příslušných konektorů. Pokud bylo přípravné zařízení otestováno, připevníme jej nyní do rámu snímkovací věže. Je doporučeno snímací zařízení převážet zvlášť, v kvalitním obalu, aby nedošlo k jeho poškození. Po přesvědčení, že zařízení je pevně spojeno s věží, jsou následně připojeny veškeré konektory, potřebné k jeho ovládání, napájení a přenosu obrazu. Poté je možno přejít k naplnění nádržky benzínem. Doporučena je směs bezolovnatého benzínu s oktanovým číslem 95 (Natural 95) nebo lepší, vysoko otáčkový dvoutaktní olej v poměru 1:50. Nádrž má objem cca 1 litr. Po jejím naplnění vystačí přibližně na jednu hodinu letu. Je doporučeno palivo průběžně kontrolovat a případně doplňovat. Připevnění padáku bylo ponecháno na závěr, z důvodu minimalizování pravděpodobnosti poškození při instalaci ostatních zařízení, a doplňování paliva. Po vyndání padáku z obalu je nutné znovu překontrolovat, zdali nedošlo k jeho perforaci či zamotání zavěšovacích šňůr. Poté padák umístíme do přiměřené vzdálenosti od celého modelu. Je nutné dbát na to, aby byla v tento okamžik čelní plocha směrem dozadu od sestavy a všechny šňůry tak v horní části. Barevné rozlišení napomáhá k jeho jednoduššímu připevnění. Tmavší (černá) část by měla být na pravé straně, stojí-li uživatel čelem proti sestavě a světlejší (oranžová) na straně levé. Tím je předcházeno špatnému připojení padáku. Strany nesmějí být zaměněny, jelikož by se znemožnilo naplnění padákových kapes vzduchem a tím by bylo znemožněno jeho použití. Nyní se

uchopí jednotlivé koncové uzly do ruky a provazy se opatrně napnou, opět se zkontroluje jejich správné vedení (nesmějí se křížit či být zauzlované). Tuto operaci je nejlépe provádět současně, alespoň ve dvou osobách (každá osoba pro jednu stranu padáku). Uchopí se do rukou koncová smyčka všech lan a z ní vycházející lanka určená k připevnění na UAV PIXY. Přední lanka se připevní do karabin, jež jsou pevně spojena s kostrou celé sestavy v přední části, mezi motorem a snímkovací věží. Zadní lanko se nejprve protáhne vodícím okem nad servo motorem, zajišťující řízení sestavy, a následně se pomocí karabiny připne k vodícímu lanku servo řízení. Tento postup se provádí nejlépe současně pro obě strany. Po připojení padáku se důkladně zkontroluje dotažení všech šroubovacích karabin. Následně se opatrně zvedne celá sestava za vodící lana padáku do vzduchu a zjistí se její předozadní vyvážení. Sestava by měla být optimálně vyvážena. Vyvážení se pozná tak, že přední část bude o něco málo výše než zadní (úhel od vodorovné roviny, ze které byla sestava zvednuta, by měl být cca 15°). Případné dovyvážení se provede posunem předních (pevných) karabin buď nahoru, nebo dolů. Pokud by však nedostačovala korekce sklonu sestavy pomocí posunu karabin, je možné přední část letounu dovyvážit přidavným závažím, které se umístí na přední horní hranu rámu (je možné použít kovovou tyč apod.). Je nutné však dbát na bezpečné a dostatečné připevnění přidavného závaží a na jeho umístění tak, aby nijak nepřekáželo při letu a pohybu snímkovací věže. Optimální vyvážení sestavy je důležité pro rychlý a bezproblémový vzlet a přistání.

5.7.6 Let a pořizování snímků

Po kompletním sestavení celé letové a snímkovací sestavy je možné přejít ke vzletu. Před spuštěním motoru se překontroluje, zdali některá ze šňůr padáku není v blízkosti vrtule, aby nedošlo k jejímu poškození. Následně se zapne nejdříve veškeré části na UAV PIXY, včetně snímače, a až poté pozemní stanice (ground control). Pokud by bylo zapnutí provedeno v opačném postupu, nebylo by možno ovládat servo plynu. Poté se vyunulují veškeré hodnoty, jež jsou uloženy v paměti pozemní stanice, aby byla dobře zjištělná výška UAV PIXY nad snímkaným územím. Provede se ujištění, že páčka polohy plynu je na nejnižší pozici a nahodí se motor. Poté se opatrně uchopí šňůry padáku na obou stranách (každá osoba na jedné straně) a mírně se nadzvednou nad povrch. Urychlí a usnadní se tak vzlet. Je nutné dbát, aby žádná z osob nestála přímo za vrtulí. Poté, co je padák držen mírně nad zemí je již přidán plyn do plných otáček a

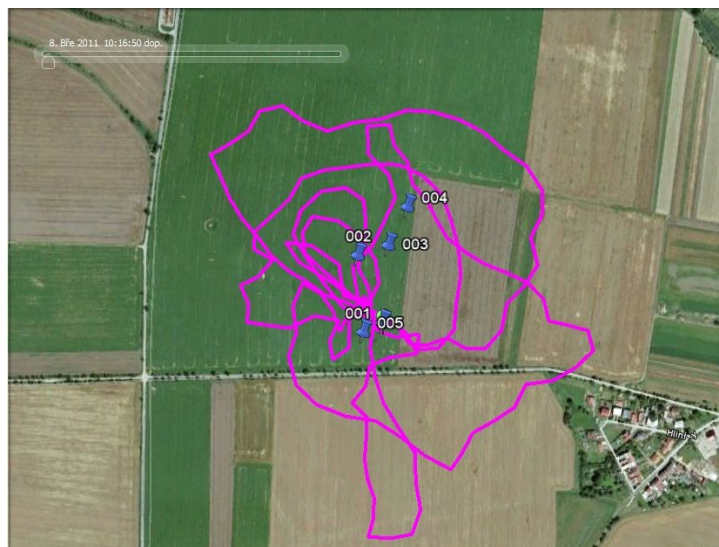
postupně se je proveden rozběh s padákem. Okamžitě, jakmile se UAV PIXY odlepí od země, je padák puštěn. Nyní je již možno se plně věnovat řízení letounu a snímkování zájmové lokality. Po vystoupení do potřebné výšky, která je zjištěna na malém informačním panelu, je možno zapnout modul konstantní letové hladiny (viz. kapitola 5.3), a dále provádět jen řízení letu v pevné výšce. Na malém LCD panelu, jež je umístěn na víku pozemní stanice, je možné živě sledovat obraz, jenž je pořizován přes snímací zařízení. Tímto je ulehčeno pořizování snímků na uživateli přesně předem nadefinovaného území. Jednotlivé snímky jsou pořizovány pomocí páčky „SHOOT“, jenž je umístěna v levé horní části pozemní stanice. Jedná-li se o snímkování většího územního celku, je vhodné použít navigaci snímkového letu (viz. kapitola 5.8). Díky ní je možno pořídit mnohem přesnější a kvalitnější snímky, které budou moci být následně dobře použity při jejich dalším zpracování.

5.7.7 Přistání a ukončení sběru

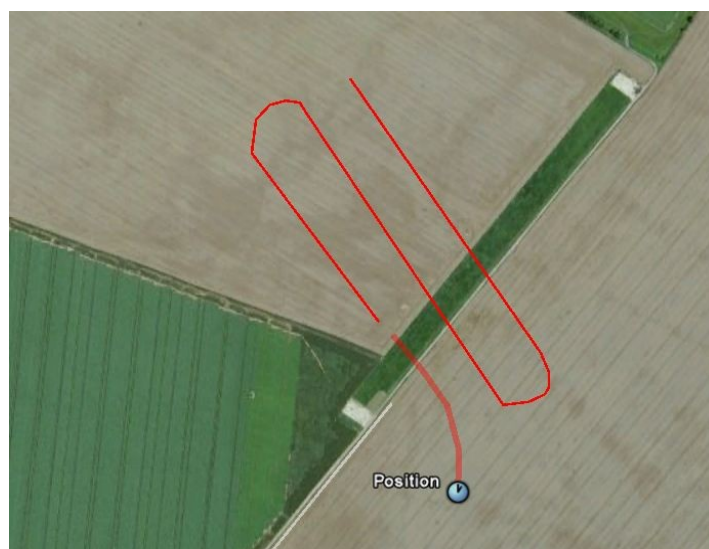
Po pořízení všech potřebných snímků je doporučeno zvednout snímací zařízení tak, aby nedošlo k poškození jeho senzorů (čočky). Nejlépe je nasměrovat jeho senzor vzhůru. Je tak zabráněno jeho přímému kontaktu se zemí, a je minimalizováno riziko zničení. Následně se sestoupá do přistávací výšky, která podle reliéfu terénu a síly větru odpovídá zhruba 15-20 metrům. Jakmile bude letoun nasměrován na přistání, je vypnut ještě za letu motor, a je stáhnut plyn na minimum, čímž je současně stáhnuta zadní část padáku, a zahájeno brzdění. Tato činnost bude současně s drobnou korekcí směru prováděna po celou dobu, než snímkovací sestava dosedne bezpečně na zem. Po dosednutí se co nejrychleji přistoupí k letounu a je sbalen padák. Je tím omezeno smýkání sestavy po zemi, zapříčiněné větrnými poryvy. Následně se, v první řadě, demontujeme padák, je složen jej a uschován. Poté jsou vypnuty veškeré části UAV PIXY, je demontováno snímací zařízení, vypuštěna zbylá část paliva a celou takto rozebranou sestavu je možno již opět bez problémů transportovat. Na závěr je doporučeno, ještě na lokalitě, zběžně zkontrolovat pořízené záznamy a provést jejich okamžitou zálohu.

5.8 Navigace snímkového letu

Pro pořízení kvalitních a přesných snímků zájmového území je vhodné vytvořit si plán náletů na území. Tím je myšleno připravení ideální trasy pro pořizování snímků. Toto je nazýváno navigace snímkového letu. Tato činnost je velice důležitá. Díky navigaci snímkového letu zajistíme 100% pokrytí celého zájmového území požadovanými snímky, a minimalizujeme tak nepřesnosti, jež by mohli vzniknout při snímkování tak zvaně „na slepo“. Před samotným letem je tedy rozvrhnout celý profil zájmového území a naplánovat si nad ním jednotlivé snímkové nálety. Ideálně by měly být tyto nálety rovnoběžné a s dostatečným překryvem jednotlivých snímků (obr. 22). Je dobré připravit tyto letové trasy tak, aby se otáčení celé sestavy UAV PIXY provádělo mimo snímané území a nad zájmové území nalétávalo vždy přesně na potřebnou linii letu. Plánování navigace snímkového letu je prakticky jednoduchou záležitostí, lze ji jednoduše provádět v aplikacích jako je Google Earth (obr. 22), avšak v praxi je to velice užitečná fáze přípravy sběru. Po příjezdu na lokalitu a zaměření námi roznesených, či zvolených vlíčovacích bodů je vhodné nahrát si tuto vrstvu do stejného náhledu, nad kterým budeme provádět samotnou navigaci. Tak dobře uvidíme, kudy vedou námi plánované letové trasy, a kde a v jaké hustotě jsou rozmístěny potřebné vlíčovací body. Bude tak zajištěno, že na každém námi vytvořeném snímku bude vždy dostatečný počet vlíčovacích bodů. Tato navigace by však nebyla možná bez možnosti použití funkce „Real time GPS“. Tato funkce znamená, že může sledovat pozici UAV PIXY v reálném čase, kde se právě nachází. Propojením PC s pozemní stanicí (ground control) tak můžeme stahovat data z GPS modulu umístěném na UAV PIXY přímo do našeho počítače, a ihned si je vizualizovat například do již zmíněného prostředí Google Earth. Aby však bylo možné dobré spojení UAV PIXY s PC přes pozemní stanicí, je nutné mít v počítači nainstalovány potřebné ovladače typu CDM20814, které jsou volně dostupné na internetu. Tak docílíme toho, že budeme mít v jeden okamžik na monitoru počítače veškeré důležité informace, potřebné ke kvalitnímu pořizování snímků. Je možno tak vidět zájmové území, přesně lokalizované vlíčovací body, naplánované náletové trasy a nejdůležitější aktuální polohu celé sestavy UAV PIXY. Je možno tak dávat okamžitá informace pilotovi, jak má celou soupravu nasměrovat, a je tak možné mít kvalitně pokryto celé zájmové území.



Obr. 20 Stopa nenavigovaného letu.



Obr. 21 Plán navigace letu a část stopy.

6 VÝSLEDKY

6.1 Obrazová data

Veškerá pořízená obrazová data byly fotografie ve formátu JPEG v nejvyšší kvalitě. Kvalita všech snímků byla téměř totožná. Všechny pořízené snímky měly rozlišení 4752x3168 pixelů (šířka x výška) a 24 bitovou hloubku. Tyto snímky byly následně digitálně zpracovány. Po kontrole ostrosti a kvality všech potřebných snímků zájmového území byly odstraněny všechny drobné vady a byla provedena jejich drobná korekce, jako například doostření mírně rozostřených snímků a odstranění šumu. Tyto drobné jen čistě fotografické korekce, byly prováděny za použití profesionálního software Adobe Photoshop CS5.1. Zde bylo využito především funkce inteligentního doostřování a případně upravení jasu obrazu. Po provedení všech těchto korekcí bylo možné následující snímky použít pro odborné zpracování a následné analýzy. Nejprve bylo nutné všechny potřebné snímky georeferencovat. Georeferencování bylo provedeno nezávisle na sobě ve dvou dostupných, a nejvíce využívaných komerčních softwarech a to ArcGIS 9.3 a Erdas Imagine. Jako vstupní vrstva prostorových informací, nad kterou byly veškeré snímky zpracovány, sloužila vrstva naměřených vlíčovacích bodů. Tyto body byly cíleně rozmístěny a zaměřeny v terénu (viz. kapitola 5.5). Pomocí těchto bodů byly poté snímky zgeoreferencovány pomocí nástroje „Georeferencing“ (viz. příloha 2). Po georeferencování všech snímků byla provedena polynomická transformace, nejčastěji prvního řádu, a následně z některých vybraných snímků provedena mozaika (viz příloha 2). Mozaika byla prováděna taktéž v ArcGIS 9.3, pomocí toolboxu „Data Management Tools“ → „Raster“ → „Raster Dataset“ → „Mosaic“. Pro tvorbu mozaiky však bylo zapotřebí využít pouze snímků, jež mají dostatečný překryv, a jsou shodně georeferencovány (mají stejný souřadnicový systém, v použitém příkladu WGS 1984). Tyto snímky byly pořízeny pomocí navigovaného snímkovacího letu. Ostatní snímky z nenavigovaných letů nebylo možno pro mozaiku použít, z důvodu jejich nedostatečného, či zcela chybějícího překryvu. Takto upravené snímky již lze použít pro další prostorové a kartografické nadstavby, a lze je tak využít v ostatních příbuzných oborech, jako je digitální zpracování obrazu, rozборы krajiny a jiné. Další ze zpracování obrazových dat byl výpočet měřítka negeoreferencovaných snímků. Jeho výpočet se řídí vzorcem $ms = H/f$, kdy ms je hodnota měřítka snímku, H je výška letu nad zemským povrchem a f je

ohnisková vzdálenost kamery. Toto měřítko nám umožňuje alespoň částečně odvozovat vzdálenosti na jednotlivých snímcích. Výpočet měřítka snímku nebyl proveden pro všechny snímky, ale byly provedeny výpočty z hodnot, které jsou při snímkování nejčastěji využity. Jedná se o letové hladiny ve výškách 100, 150 a 200 metrů a pro ohniskové vzdálenosti 18, 24 a 35mm. Vypočtené hodnoty byly zpracovány do podoby přehledné tabulky (tab. 1)

Tab. 1 Měřítka snímku v závislosti na výšce a ohniskové vzdálenosti

Výška letu (m)	Ohnisková vzdálenost (mm)	Měřítka snímku
100	18	1:5555
	24	1:4160
	35	1:2857
150	18	1:8333
	24	1:6250
	35	1:4285
200	18	1:11111
	24	1:8333
	35	1:5714

6.2 Přenosová data

Přenos veškerých obrazových dat byl uskutečňován na volně užívané přenosové frekvenci 2.4GHz. Vzhledem k širokému využití tohoto frekvenčního spektra může docházet k jeho rušení jinými, velice blízkými frekvencemi, pracujícími na základní frekvenci 2.4GHz. Ostatní data byla přenášena pomocí frekvence 868Hz. Na této frekvenci byl uskutečňován přenos dat potřebných k řízení letounu (ovládání veškerých servo motorů), snímkování (ovládání snímkovacího zařízení) a pohybu snímkovací věže. Data přenášena na této frekvenci jsou posílána pomocí AT příkazů (viz. kapitola 5.4.4). Veškerá tato přenosová data jsou však automaticky zpracovávána v pozemní stanici, kde jsou reprezentována jako obrazový záznam na LCD panelu, nebo jako doplňkové informace na malém informačním displeji (viz. kapitola 5.4.3).

7 DISKUZE

7.1 Využití

Veškeré informace jež byly v rámci této práce ověřeny či případně zcela nově zjištěny, naleznou své uplatnění především u uživatelů, jež se zabývají pořizováním maloformátových snímků pomocí letového modelu UAV PIXY. Jedná se především o uživatele, jež mají totožnou sestavu, jaká byla v této práci testována, tedy UAV PIXY včetně modulů automatické gyrostabilizace a modulu konstantní letové hladiny, společně se snímkovacím zařízením Canon EOS 500D s objektivem EF-S 18-55 mm.

Zjištěné výsledky ve formě slovních hodnocení, tabulek a fotografií však mohou využít všichni zájemci, jež se zabývají tématem pořizování snímků z ultra nízkých výšek a také všichni zájemci, jež uvažují při svojí odborné činnosti využít zařízení UAV PIXY. Většina výsledků pořízených pomocí tohoto zařízení však bude využívána především v rámci Katedry geoinformatiky, jež se v současnosti pořizováním těchto snímků zabývá. Hlavní přínosem této práce bylo zjištění všech přesných hodnot a informací, jež tento přístroj dosahuje a produkuje. Díky datům jež mohou být pořízeny pomocí UAV PIXY mohou být všichni zájemci aktuálně informováni o stavu území, o které se zajímají, a jež je v současnosti nasnímkováno, ale je také možné kdykoliv (za příznivých povětrnostních podmínek) zajisti snímky nové.

Zjištěné informace a hodnoty během této práce jsou již v současnosti aktivně využívány při pořizování snímků tímto přístrojem na Katedře geoinformatiky, na Univeritě Palackého v Olomouci. Mohou být dále nabídnuty všem zájemcům o toto téma také mimo půdu univerzity.

7.2 Další možnosti zdokonalení

Zjišťování kvality a přesnosti dat dále umožňuje mnoho dalších možností pro vylepšení kvality a zpřesnění.

Je možné například detailněji propracovat možnosti pro navigaci snímkového letu. Zajištěním přesnějšího GPS modulu uživatel následně dosáhne přesnějších informací o poloze sestavy ve vzduchu, a tím bude zpřesněna možná navigace celého letu. Také je možné k tomuto letu využít jiných „navigačních softwarů“ než byl v této práci použit.

Kupříkladu využitím softwarového produktu ArcPad může navigátor mít na display v jednom okně současně bodové pole naměřených snímků, plánovanou linii letu, které by se měl pilot držet, a také podkladový rastr snímaného území.

Pro zajištění přesnějších umělých bodů pro georeferencování mohou být také využity lepší přístroje. Ideálně se zde nabízí využití dvoufrekvenčního GPS zařízení s vysokou geometrickou přesností zaměření bodu. Případně mohou být tyto body zaměřovány geodetickou metodou pomocí teodolitu. Bohužel však v této práci nebyl při terénním sběru dostatek času pro zaměřování pomocí teodolitu, a také nebyla dostupná technika pro dvoufrekvenční zaměřování GPS.

Pořizování snímků také nabízí další možnosti k vylepšení. V současné době používaný implicitně dodávaný LCD display umístění na víku kufru pozemní stanice neumožňuje fotografovi dobrý náhled na dané území. Výhled na tento monitor mu omezuje jak pilot, tak také velice často různé odrazy slunce, odlesky od prachových částic na display a další. Tento nedostatek je možné odstranit využitím kvalitnějšího externího displeje nebo v ideálním případě brýlí, jež mohou být ke stanici připojeny, pomocí konektoru cinch, a přenášet tak data fotografovi přímo do externích brýlí či displeje.

Také nastavování snímací techniky (fotoaparát Canon EOS 500D) může být v základu lépe nastaveno. Při zjištění velice přesných hodnot ohniskové vzdálenosti pro používané letové hladiny by tak byla zajištěna perfektní ostrost všech snímků. Toto nastavení však není možné v současných podmínkách, avšak mohlo by být konzultováno s odborníky na fotografování a optiku.

Ideální počet skupiny pro zajištění kvalitních pořízení snímků by pak měl stabilně obsahovat alespoň tři členy. Díky tomu by pak byly přesně dány jednotlivé úkoly, jež by každý člen snímkovací skupiny vykonával. Nejlepším rozdělením by bylo na pilota, jež by se staral pouze o start, let a bezpečné přistání celé sestavy. Fotograf, který by byl vybaven dobrou technikou pro přenos a zobrazování obrazu, jež je na snímacím zařízení a díky tomu by tak mohl pořizovat velice přesné a kvalitní snímky s dostatečným překryvem a počtem bodů, potřebných pro georeferencování, a na navigátora. Navigátor by měl za úkol pouze ideální rozmístění a zaměření umělých bodů (značek), potřebných pro georeferencování, následné naplánování a navrhnutí ideálních náletových tras, se zohledněním polohy Slunce, povětrnostních podmínek a tvaru území, a také předávání aktuálních informací pilotovy o současné poloze sestavy vůči daným náletovým trasám.

Také pořízené snímky mohou být kvalitněji zpracovávány za pomoci vyspělejších a vhodnějších softwarových produktů, určených nejen na zpracování snímků pro následné analýzy, ale také mohou být využity produkty, které jsou schopny pořízené surové snímky lépe upravit, zpřesnit a automaticky odstranit jejich vady způsobené přírodními vlivy, ale také typem zvoleného snímacího zařízení.

Celé zařízení UAV PIXY také umožňuje připevnění jiných snímacích zařízení než jen fotoaparátu pro pořizování jiných typů dat s jinou kvalitou a přesností. Tato platforma nabízí široké využití ve všech ostatních podoborech geoinformatiky.

8 ZÁVĚR

Bakalářská práce **Analýza dat produkovaných nosičem PIXY** je reakcí na zakoupení letového modelu UAV PIXY na pracoviště katedry. Snaží se tak co nejlépe zjistit možnost a přesnost využití dat, produkovaných tímto nosičem (přístrojem).

Cílem celé práce bylo kompletně analyzovat veškerá data získávána a pořizována letovým model UAV PIXY. Vytvořit tak ucelený přehled o jednotlivých datech produkovaných tímto přístrojem, jejich možnost využití v praxi při práci na dalších projektech a také při výuce studentů na katedře geoinformatiky.

Analýza veškerých veřejně dostupných a nasbíraných dat byla zpracována formou textového a grafického výstupu ze všech jednotlivých kroků celého postupu práce. Nejlepších výsledků dosáhly pořízené snímky za dobrých klimatických podmínek a při předem definovaném nastavení snímacího zařízení, jímž byl fotoaparát Canon EOS 500D s objektivem EF-S 18-55mm.

Postup práce pro celkovou analýzu dat obsahoval: kompletní rozbor všech jednotlivých částí zařízení, jejich testování, ověřování všech parametrů dílčích částí v praxi, ověřování jejich kvalit a robustnosti a podrobný technický popis, zpracování všech pořízených snímků během doby testování, jejich zhodnocení zaměřené na praktické využití v praxi pomocí slovního popisu, tabulek a grafických výstupů ve formě georeferencovaných snímků, použitelných pro následující geoinformační a kartografické nadstavby.

Přesně georeferencované snímky jsou jedním z nejdůležitějších výstupů celé práce. Neméně důležité je však také hodnocení všech dílčích částí celého zařízení, které se bezprostředně podílejí na pořizování těchto snímků (dat). Testování jednotlivých částí přístroje bylo prováděno s využitím dalších přístrojů, jež byly velice důležité pro zjištění přesných informací, se kterými byly hodnoty zjištěné ze senzorů UAV PIXY přímo srovnávány. Všechny tyto hodnotící přístroje byly pečlivě zvoleny tak, aby co nejlépe splnily účel pro pořízení stejných, avšak zcela nezávislých dat. Díky tomu bylo možno celý přístroj objektivně otestovat a posoudit tak jeho vhodnost pro pořizování potřebných

dat. Ze zjištěných a otestovaných informací tak lze říci že letový model UAV PIXY se svými externími připojitelnými zařízeními je vhodný pro pořizování leteckých snímků malého měřítka zájmových území.

Tento přístroj nabízí mnohem širší škálu využitelnosti, než pro jakou byl nyní testován. Díky možnosti připojení téměř libovolných snímacích zařízení a senzorů určených nejen pro dálkový průzkum země. Nabízí tak další prostor pro své využití a možnost vývoje aplikací, jež by pracovaly s daty pořízenými výhradně pomocí UAV PIXY.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

Tištěné zdroje

ABER, James S.; MARZOLFF, Irene; RIES, Johannes B. Small-Format Aerial Photography : Principles, Techniques and Geoscience Applications. První vydání. Netherlands : Elsevier B. V., 2010. 266 s. ISBN 978-0-444-53260_2.

Dobrovolný, Petr. *Dálkový průzkum Země, Digitální zpracování obrazu*. 1998. vyd. Brno : MU Brno, 1998. 210 s. ISB 80-210-1812-7.

PIXY : Instruction manual. Orange : PHILAE concept, 2010. 22 s.

Pavelka, K.: *Fotogrammetrie 10*, skripta ČVUT, Praha 1998, 180 str.

Pavelka, K.: *Fotogrammetrie 20*, skripta ČVUT, Praha , 153 str.

Pavelka, K.: *Fotogrammetrie 30 (digitální metody)*, skripta ČVUT, Praha 2001, 179 str.

Internetové zdroje

Philae Concept [online]. 2010 [cit. 2011-05-18]. Philae Concept. Dostupné z WWW: <http://www.philaeconcept.com/site%20philae%20anglais/index_eng.html>.

Drone-PIXY [online]. 2010 [cit. 2011-05-18]. IRD-PIXY, Paramoteur radiocommandé - UMR LISAH. Dostupné z WWW: <<http://www.drone-PIXY.com/>>.

Vision du Ciel [online]. 2010 [cit. 2011-05-18]. Photo aérienne et vidéo aérienne - Vente de drone pour la prise de vue aerienne. Vision du Ciel. Dostupné z WWW: <<http://vision-du-ciel.com/>>.

DIY DRONES [online]. 2010 [cit. 2011-05-18]. DIY Drones. Dostupné z WWW: <<http://diydrones.com/>>.

Northlight Images [online]. 2010 [cit. 2011-05-18]. Test images for printing and lens resolution. Dostupné z WWW: <http://www.northlight-images.co.uk/article_pages/test_images.html>.

Forum Trossenrobotics [online]. 2010 [cit. 2011-05-18]. XBEE Basics - Community Tutorials. Dostupné z WWW: <<http://forums.trossenrobotics.com/tutorials/how-to-diy-128/xbee-basics-3259/>>.

Aerial Products [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. Balloon Camera Systems, Aerial Photography Systems. Dostupné z WWW: <<http://www.aerialproducts.com/aerial-photography-systems/balloon-aerial-photography-systems.html>>.

Mountain Models [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. Mountain Models by Laser Arts. Dostupné z WWW: <http://www.mountainmodels.com/product_info.php?cPath=25_29_73&products_id=221>.

FotoAparát.cz [online]. 2009 [cit. 2011-05-18]. Canon EOS 500D - FotoAparát.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.fotoaparat.cz/article/10800/1>>.

Megapixel.cz [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. Canon EOS 500D tělo, Megapixel.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.megapixel.cz/canon-eos-500d#parameters>>.

Megapixel.cz [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. Objektiv Canon EF-S 18-55 mm F 3,5-5,6 IS , Megapixel.cz. Dostupné z WWW: <<http://www.megapixel.cz/canon-ef-s-18-55-mm-f-3-5-5-6-is>>.

Canon [online]. 2011 [cit. 2011-05-18]. Canon EF-S 18-55mm f/3,5-5,6 IS - Objektivy EF-S - Canon Czech Republic. Dostupné z WWW: <http://www.canon.cz/For_Home/Product_Finder/Cameras/EF_Lenses/EF-S/EF-S_18-55mm_f3.5-5.6_IS/>.

Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obr. č. 1 Letadlo Magpie od Mountain Models (zdroj: <http://www.mountainmodels.com>).

Obr. č. 2 Vrtulník UAV Jazz od Philae Concept (zdroj: <http://www.philaeconcept.com>).

Obr. 3 Balon KingFisher od Aerial Product (zdroj: <http://www.aerialproduct.com>).

Obr. 4 UAV PIXY (zdroj: <http://www.philaeconcept.com>).

Obr. 5 Fotoaparát Canon EOS 500D (zdroj: <http://www.fotoradce.cz>).

Obr. 6 Objektiv Canon EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS (zdroj: <http://www.bobatkins.com>).

Obr. 7 Snímkovací věž.

Obr. 8 „Black box“.

Obr. 9 Profil letu bez zapnutého modulu konstantní letové hladiny.

Obr. 10 Profil letu se zapnutým modulem konstantní letové hladiny.

Obr. 11 Detail profilu letu se zapnutým modulem konstantní letové hladiny.

Obr. 12 Pozemní stanice.

Obr. 13 Rozložení ovládacích prvků na pozemní stanici.

Obr. 14 Součásti pozemní stanice.

Obr. 15 Měřičská značka.

Obr. 16 Rozmístění a zaměření měřičských značek.

Obr. 17 Vodorovná vzdálenost při výšce letu 100m a vzdálenosti sestavy od pilota 1500m.

Obr. 18 Vodorovná vzdálenost při výšce letu 150m a vzdálenosti sestavy od pilota 1500m.

Obr. 19 Vodorovná vzdálenost při výšce letu 200m a vzdálenosti sestavy od pilota 1500m.

Obr. 20 Stopa nenavigovaného letu.

Obr. 21 Plán navigace letu a část stopy.

Tab. 1 Měřítko snímku v závislosti na výšce a ohniskové vzdálenosti.

SUMMARY

The Bachelor thesis *Analysis of the data generated by the PIXY aircraft* is a reaction on the purchase of the aircraft UAV PIXY for the chair work station. This way, it aims at the best to determine the possibility and precision of using the data generated by this aircraft (engine).

In order to master the whole theme, before starting the own testing works and analysis it was necessary to carry out the detailed study of the available literature dealing with the problems of small scaled aerial imagery and the aircraft UAV PIXY.

While elaborating these thesis, the whole equipment was subjected to testing and verifying all his parameters and values indicated by his manufacturer which have the top priority for the data collection. While processing these data, the knowledge especially from the fields photogrammetry and remote earth prospection was used.

The analysis of all available and collected data was elaborated in form of text and graphics output from all single steps of the whole working technique. The best results were obtained by the images made under good climatic conditions and under predefined adjustment of scanning device – camera Canon EOS 500D outfitted with the lens EF-S 18-55mm.

The working technique for the global data analysis included: the complete analysis of all single equipment parts, their testing, verifying all parameters of the single parts in praxis, verifying their quality and robustness, detailed technical specification, elaboration of all images made during testing time, their evaluation directed to practical application by using words, tables and graphical outputs in form of geo-referenced images applicable for subsequent geomatic and mapping superstructures.

The precise geo-referenced images are one of the most important outputs of this thesis. The same importance has however also the evaluation of all single parts of the whole device participating directly on collecting these images (data). The testing of the single engine parts was carried out while using other devices being very important for determination of precise information serving for direct confrontation with the data collected by the UAV PIXY sensors. All these evaluating devices were very carefully selected in order to fulfil optimally the aim – collecting the same, however entirely independent data. Thanks to these circumstances, it was possible to subject the whole device to an objective testing and to estimate his ability for collecting the necessary data.

Based on collected and verified information it can be said that the aircraft UAV PIXY with his external lockable equipments is suitable for making small scaled aerial images of the interested areas.

This engine offers a much larger scale of usability then that one now tested. Thanks to the possible plugging of almost arbitrarily selected scanning devices and sensors assigned not only for the remote Earth observation it offers a larger space for his use and for the possible development of applications which would process the data collected exclusively by means of UAV PIXY.

This thesis offers the future possible upgrading. It can be the improved navigation of the scanning flight which can be tested while using the alternative navigation software packages and schemes. It is also possible to perfect the current status of targeting the artificial points for geo-referencing and their positioning on the interested area. Also the method of obtaining the real images is open for further innovations and perfections especially as to the visualisation of the image coming from the scanning device.

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Obrazové výsledky z testování fotoaparátu ve formě fotografií ve formátu JPEG (DVD-ROM)

Příloha 2: Pořízené snímky pomocí UAV PIXY, zaměřené umělé body, georeferencované snímky, mozaiky (DVD-ROM)

Příloha 3: Kompletní český manuál k UAV PIXY (DVD-ROM)