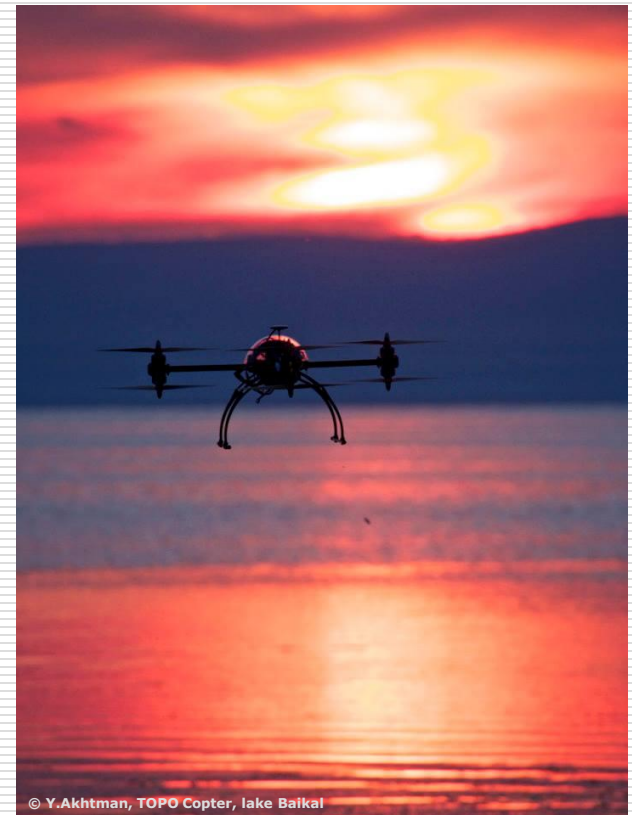


Přesné mapování s RPAS – metody orientace snímků

Martin Řehák, Jan Škaloud

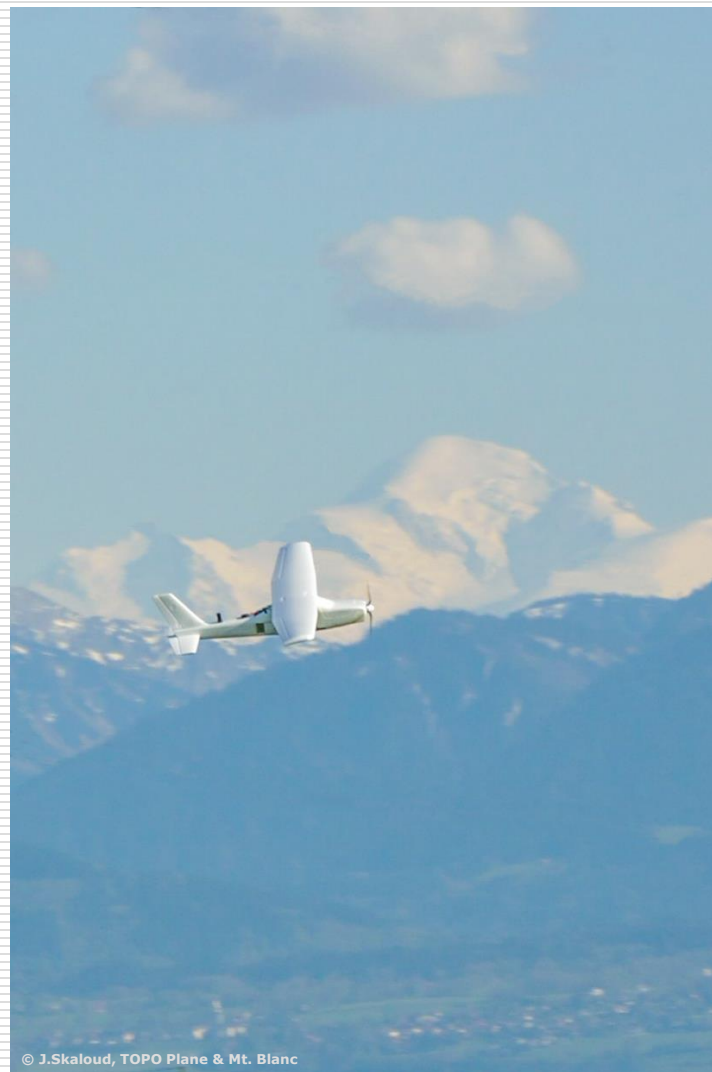
Geodetic Engineering Laboratory TOPO,
Swiss Federal Institute of Technology Lausanne
(EPFL)

Telč, 11.11.2014



Obsah

1. Představení
2. Metody orientace snímků
3. RPAS v laboratoři TOPO
4. Projekty
 - Kalibrace kamer
 - Sběr dat a zpracování
 - Přímé georeferencování
 - Hyperspektrální snímkování
5. Závěr



© J.Skaloud, TOPO Plane & Mt. Blanc

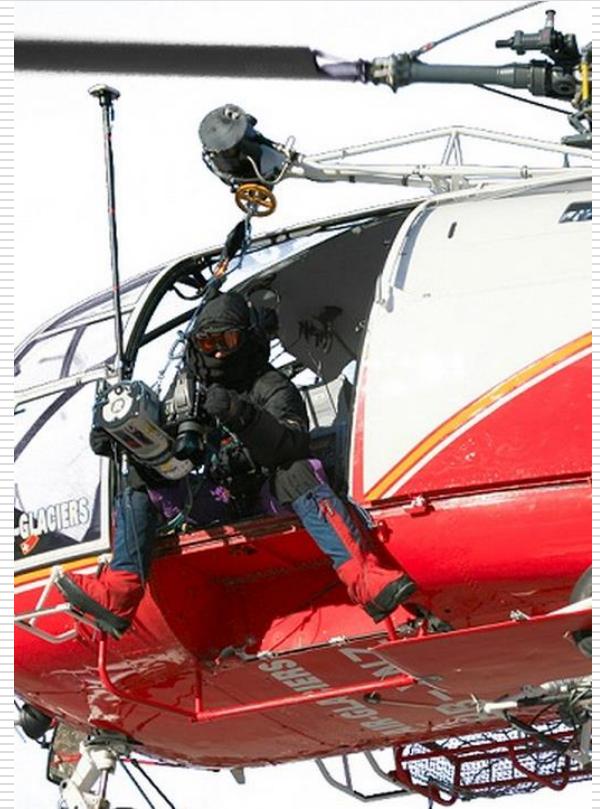
Laboratoř TOPO

- Hlavní zájmy
 - **Inerciální a satelitní navigace**
 - **Hyperspektrální snímkování**
 - **UAV fotogrammetrie**
 - Laserové skenování
 - Navigační technologie v dopravě
- Spolupráce s firmami a univerzitami

senseFly

PIX4D
simply powerful

HELI MAP
SYSTEM



- Department of Geomatics University of Calgary, Canada
- CTTC, Castelldefels, Spain
- Brest University, France

Motivace

- Hlavní cíl při práci s RPAS
 - Maximalizovat přesnost a minimalizovat práci v terénu

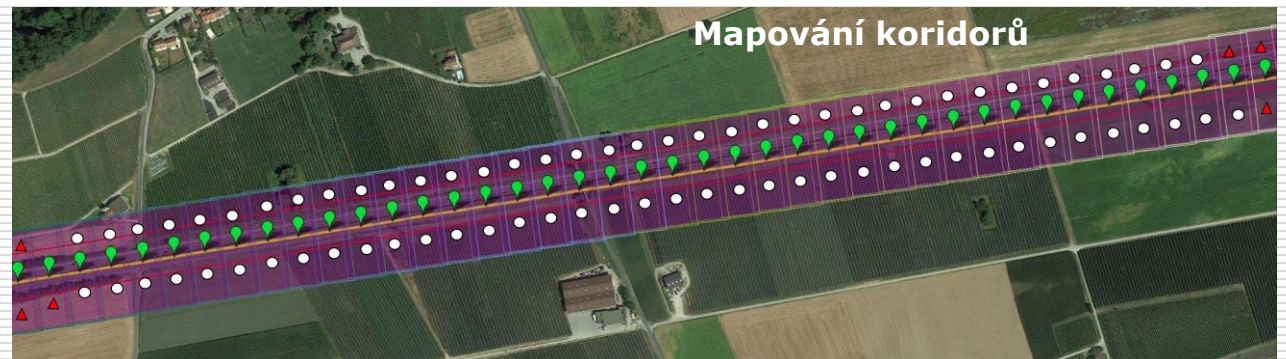
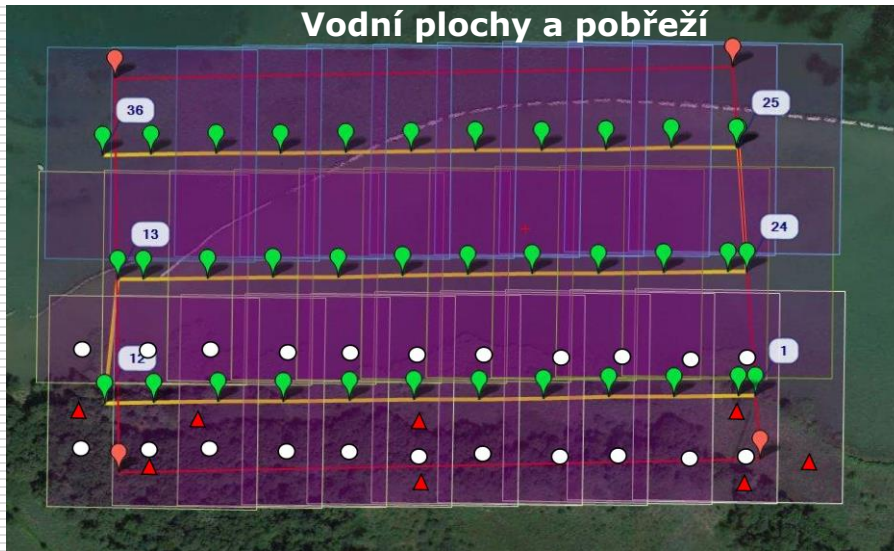
- Zaměření:
 - Limity současných metod mapování s RPAS
 - Kalibrace kamer
 - Přímé georeferencování, asistovaná aerotriangulace
 - Nové metody využití GNSS/INS observací
 - Pokročilé plánování letových misí
 - Real-time kontrola kvality dat

Konvenční metody snímkování s RPAS

- ❑ RPAS pouze pořizuje snímky = návrat k fotogrammetrickým počátkům
- ❑ Metoda nepřímé orientace snímků pomocí vlíčovacích bodů (VB)
- ❑ Nutné snímkování v bloku, aerotriangulace s dostatečným množstvím VB
- ❑ Parametry vnější orientace pouze jako přibližné hodnoty do BBA
- ❑ Velké množství dat, nadbytečné snímky
- ❑ Žádná nebo minimální kontrola kvality dat během snímkování

Limity běžných metod snímkování s RPAS

- ❑ Přesnost ovlivněna hlavně množstvím a rozmístěním VB



Přímé měření prvků vnější orientace

- ❑ **Nutné** pro LiDAR
- ❑ **Důležité** pro push-broom kamery
- ❑ **Užitečné** pro klasické kamery
 - Eliminuje nutnost měření VB

- ❑ Senzory:
 - GNSS
 - GNSS/INS

- ❑ Metody využití:
 - **Přímé georeferencování**
 - **Asistovaná aerotriangulace**



Problémy spojené s přímým měřením polohy a orientace

- ❑ **Nízká kvalita kamer/objektivů** – stabilita IO parametrů
- ❑ **Stabilita polohy** kamera – GNSS anténa – IMU
- ❑ **Kvalita inerciální jednotky** – MEMS-IMU, initial alignment
- ❑ **Vliv elektroniky** a pohonné jednotky na kvalitu GNSS s.
- ❑ **Kalibrace** – Lever-arm a Bore-sight misalignment
- ❑ **Synchronizace senzorů** – aneb Timing is everything....

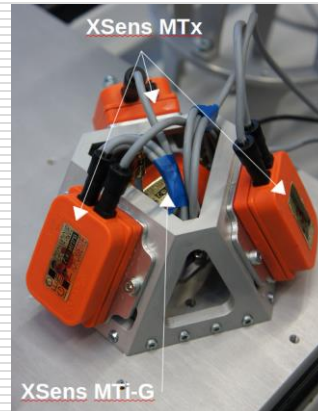
Kvalita inerciálních jednotek

Navigation grade INS

- Přesné
- Drahé
- Těžké
- Spořeba energie



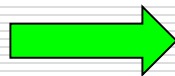
Nevhodné pro RPAS



Redundant-IMU

MEMS-INS

- Levné
- Malé
- Lehké
- Chyby senzorů



Vhodné pro RPAS pokud je minimalizován vliv chyb



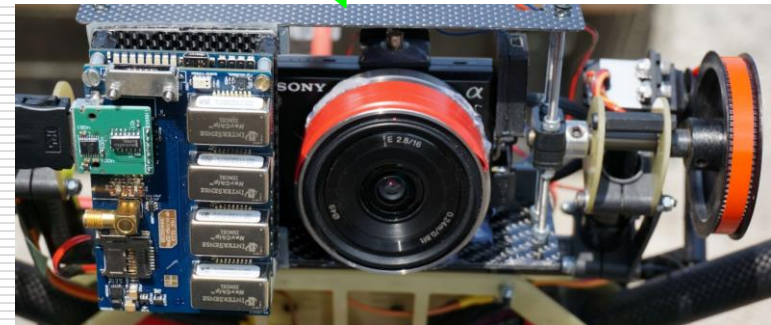
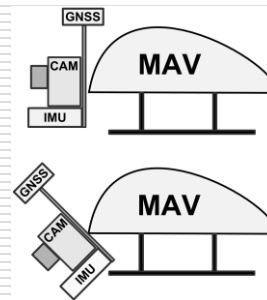
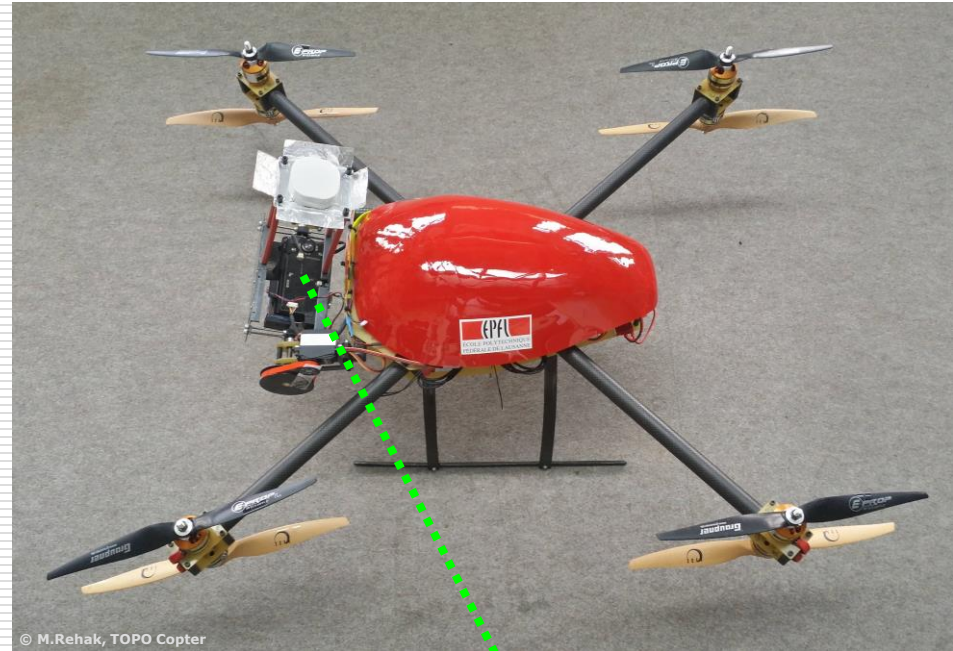
TOPO octocopter

□ Specifikace

- Vlastní konstrukce
- Hmotnost 4.9 kg
- Polohovatelný, stabilizovaný senzorový držák
- Letový čas 10-17 min
- Nosnost 1-1.5 kg

□ Senzorové vybavení

- Dvoufrekv. GNSS přijímač
- Redundant IMU (R-IMU)
- Sony Nex 5 (14 Mpx)
- Živý přenos obrazu



TOPO HyperCopter

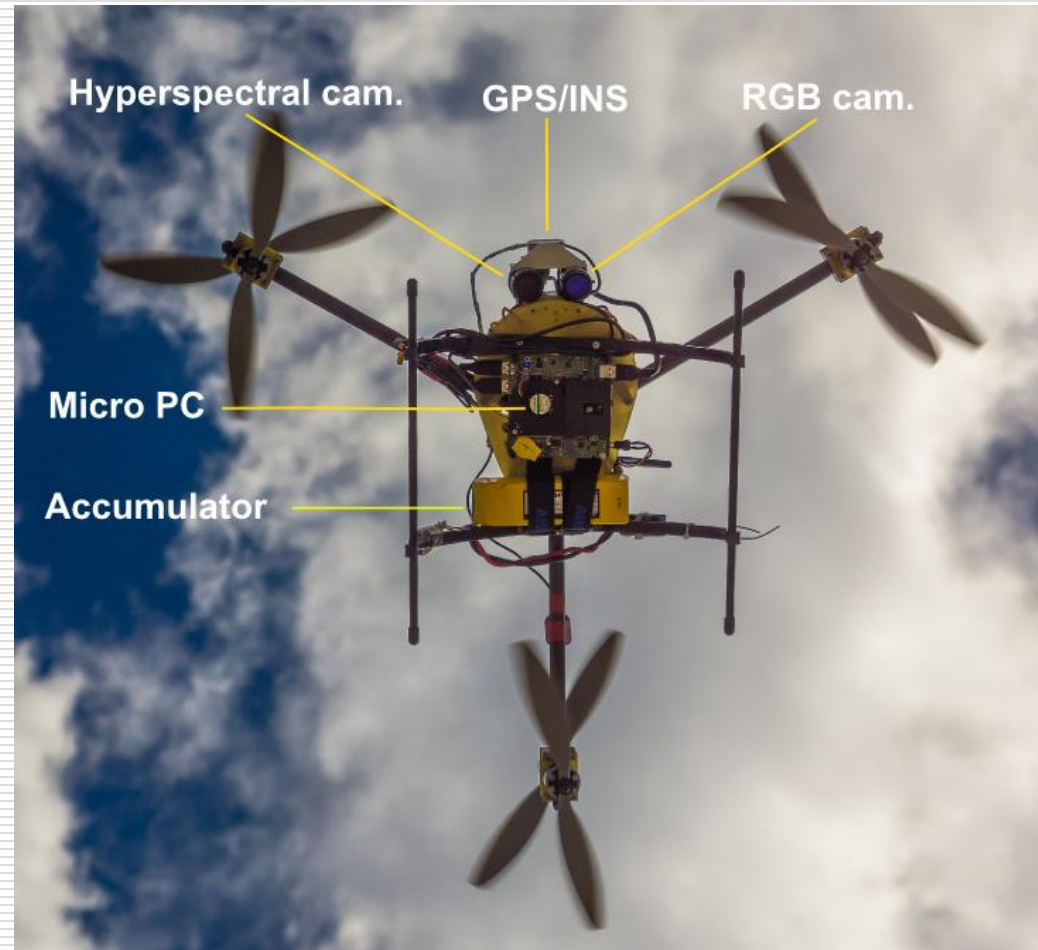
❑ Hyperspektrální snímkování

❑ Specifikace

- Vlastní konstrukce
- Hmotnost 2.7 kg
- Letová doba s 800 g vybavení cca 13 min

❑ Senzorové vybavení

- SBG Ellipse INS
- 2xVISNX hyperspectral a RGB kamera
- Mikro PC



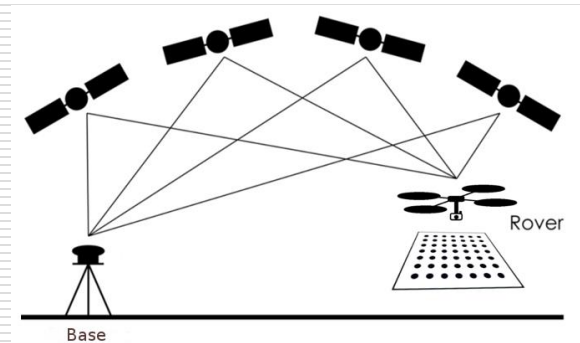
TOPO plane

□ Specifikace

- Vlastní konstrukce
- Hmotnost 2.6 kg
- Letová doba s 600 g vybavení 40-45 min
- Letová rychlost 10-25 m/s

□ Senzorové vybavení

- Dvoufrekvenční GNSS přijímač
- Modem pro RTK korekce+zpětný přenos údajů o pozici a kvalitě signálu
- Redundant-IMU
- Mikro počítač
- Kamera:
 - Sony Nex 5R (16 Mpx) + 30 mm Zeiss objektiv
 - VISNX hyperspektrální (VIS + NIR)
 - Ximea RGB + Panchro.



Kalibrační a testovací pole

□ Campus EPFL

- 30x20 m
- 90 digitálních terčů
- 20 vlíčovacích a kontrolních bodů
- Výškové variace 0-2 m



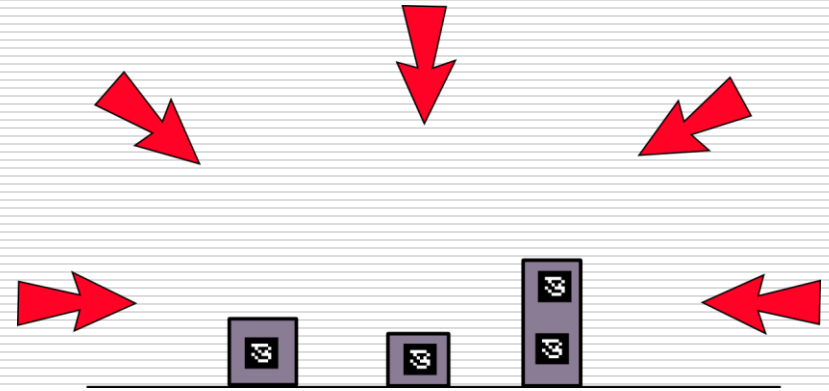
□ Kalibrační pole pro letadla

- Rozloha cca 70 ha
- 27 vlíčovacích a kontrolních bodů
- Terénní variace 0-20 m
- Poloautomatická detekce VB a KB



Kalibrace senzorů

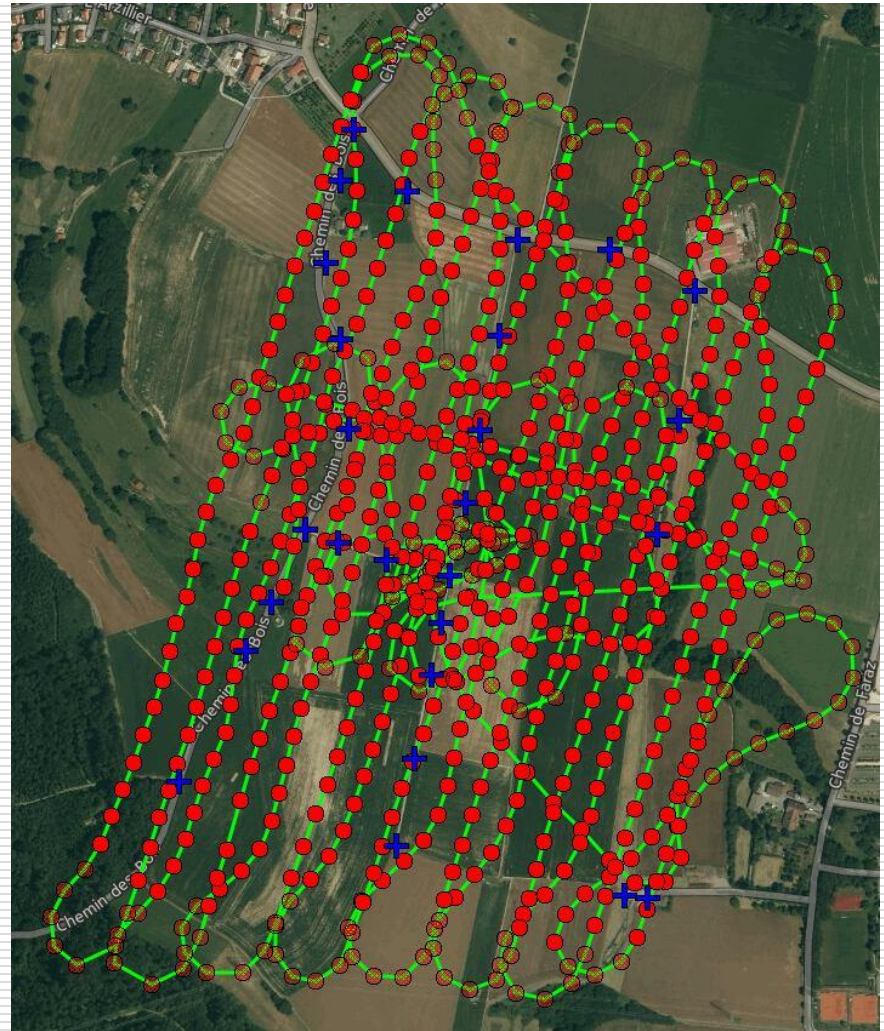
- ❑ **Kalibrace kamer** – self calibration, určení prvků vnitřní orientace
- ❑ Kalibrace anténa/kamera **lever-arm** offset



- ❑ Sběr dat a zpracování
 - Různé konvergentní úhly kamery
 - Více letových hladin, např. 5 a 10 m
 - Automatická detekce bodů
 - Fembun nebo Bingo bundle adjustment

Testování přesnosti GNSS – TopoPlane

- ❑ Letové výšky 140 a 160 m
- ❑ Zpracováno 540 snímků
- ❑ Rozloha ortofota 123 ha
- ❑ Rozlišení 3.8 cm/pix

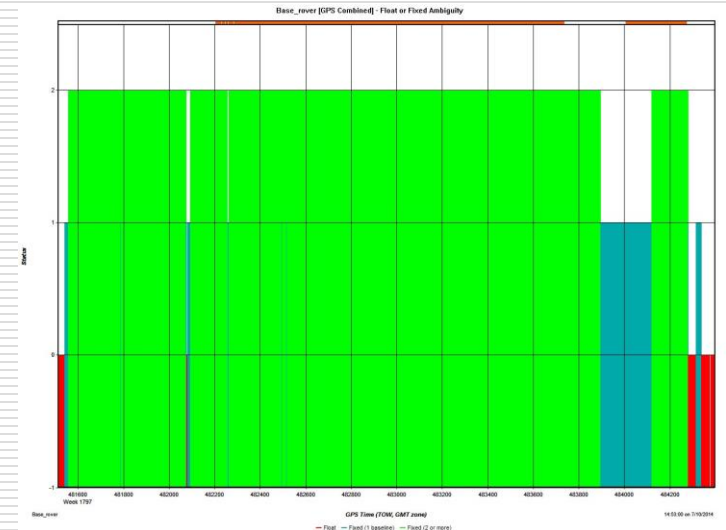


Testování přesnosti GNSS – vyhodnocení

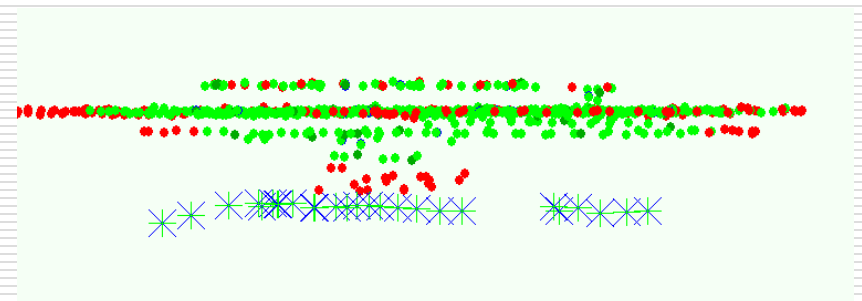
- ❑ GNSS data zpracována v sw. GrafNav
- ❑ Spojovací body z projektu Pix4D
- ❑ Bundle block adjustment v sw. Bingo
- ❑ Projekt v Pix4D

Bingo BBA 0 vřícovacích b.	Poloha [m]	Výška [m]
RMS GNSS, 540 pozic	0.022	0.025
MAX GNSS chyba	0.125	0.098
RMS na 27 kontrolních b.	0.038	0.072

Pix4D 0 vřícovacích b.	Poloha [m]	Výška [m]
Geolocation RMS error	0.022	0.041
RMS na 27 kontrolních b.	0.048	0.047

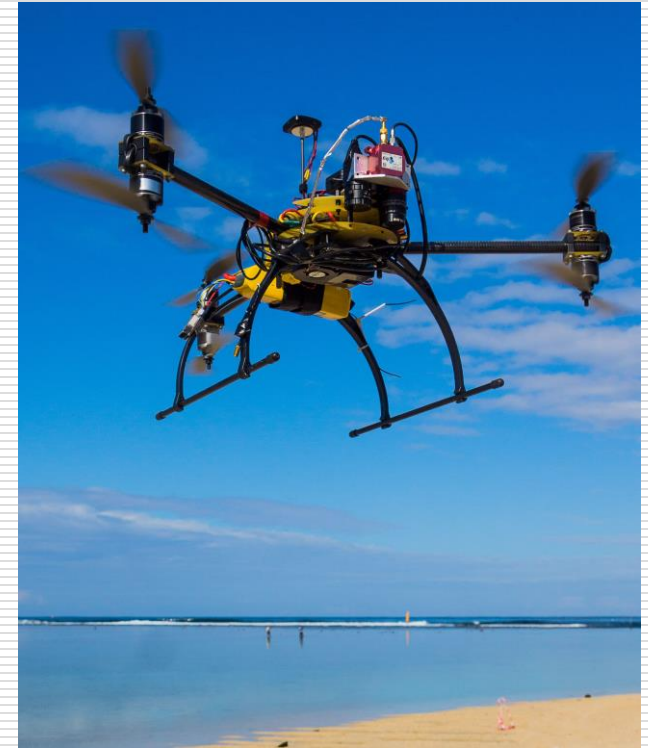


GrafNav	Poloha [m]	Výška [m]
Estimated accuracy	0.018	0.021



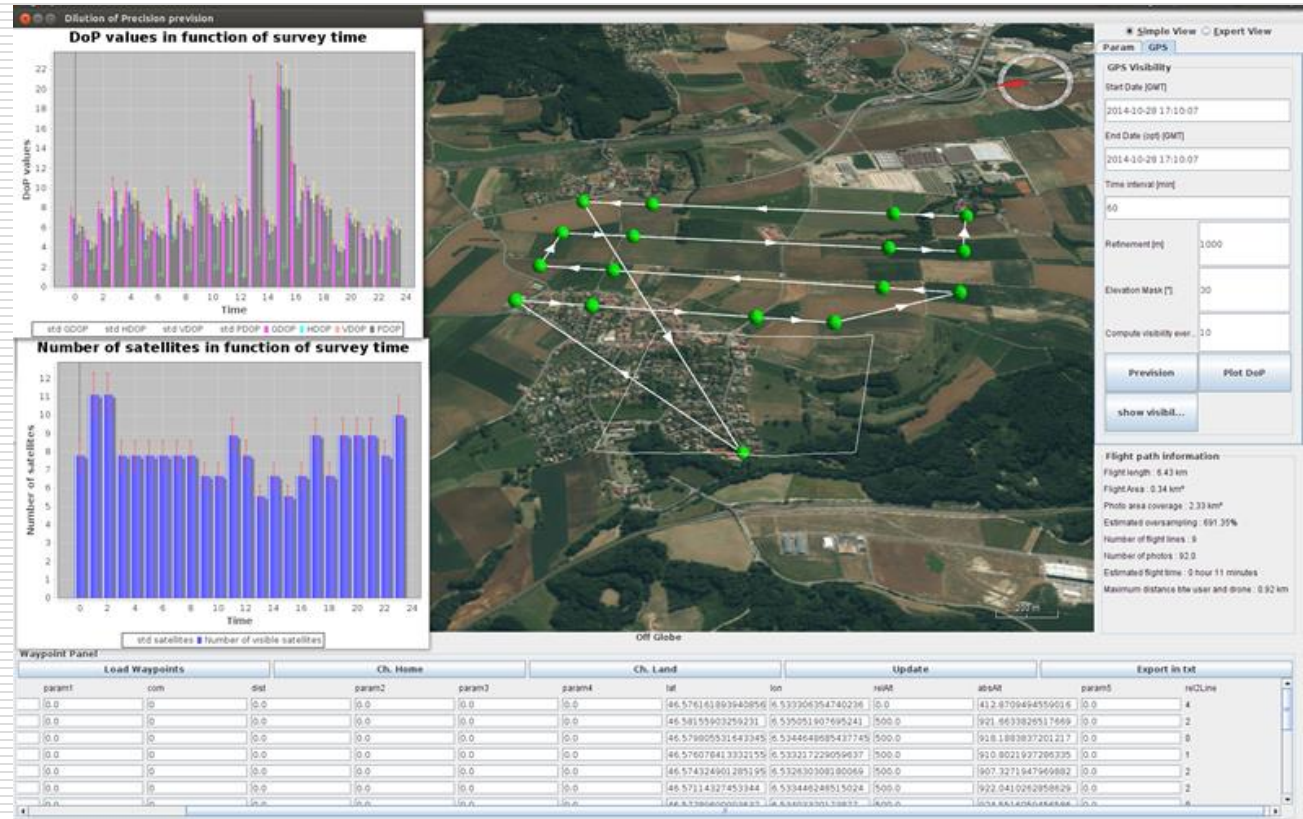
Přímé georeferencování

- ❑ Pozice a orientace kamery je určována během letu pomocí GNSS/INS
- ❑ Nutná znalost vnitřních paramaterů kamery a kalibrace lever-arm a boresight

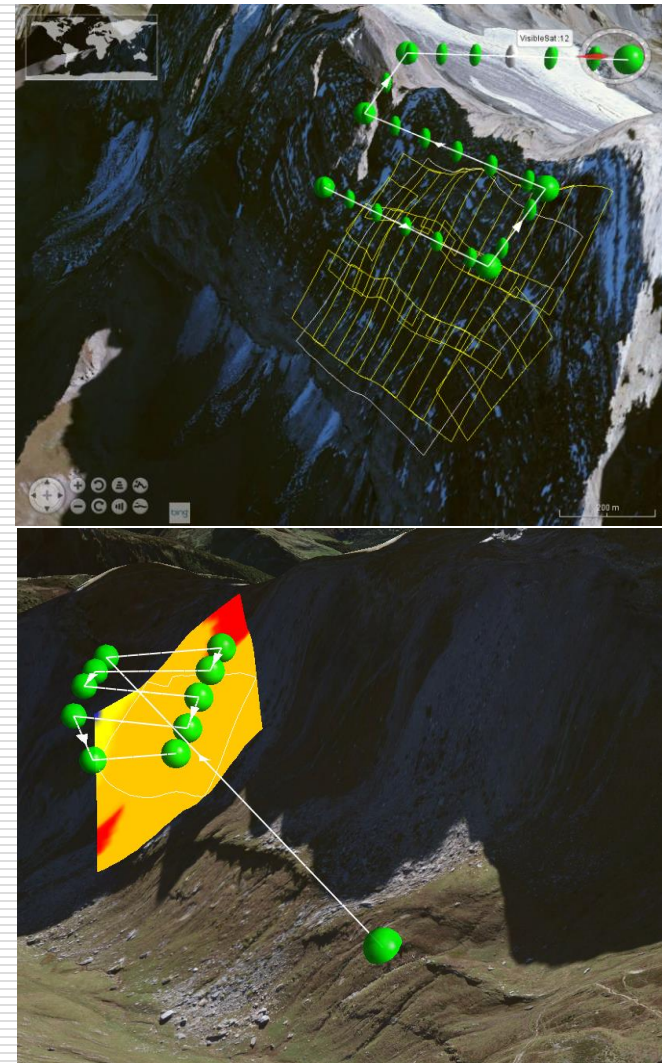
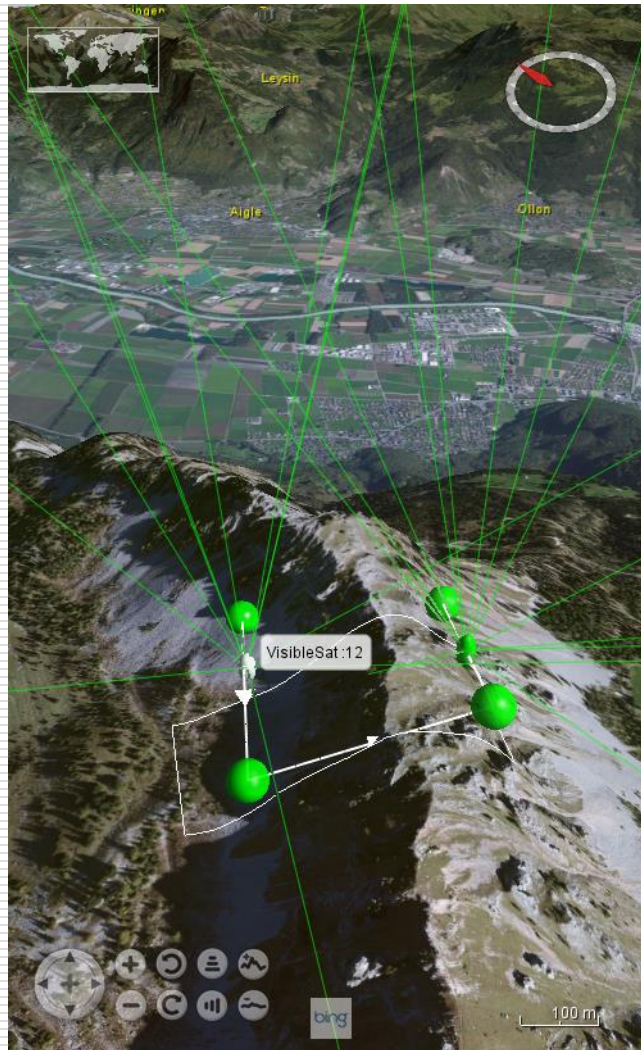


Pokročilé plánování letových misí

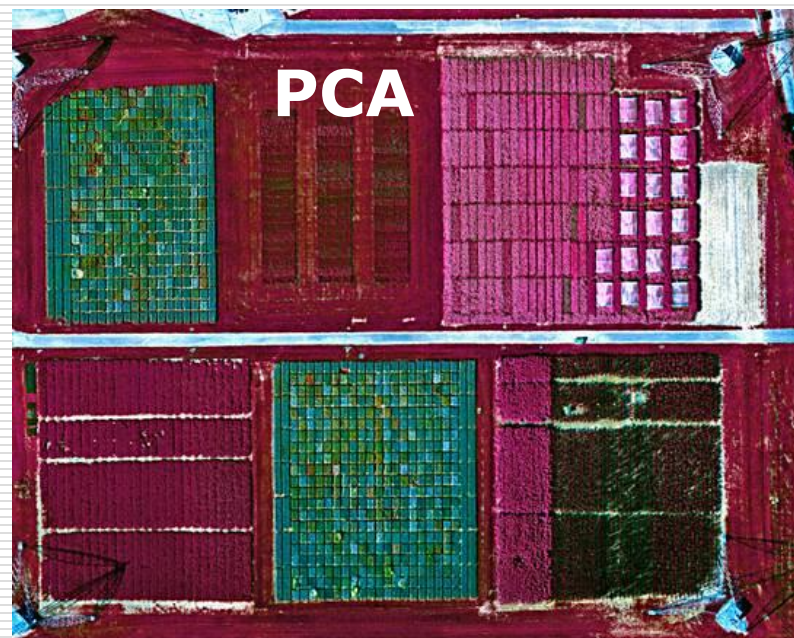
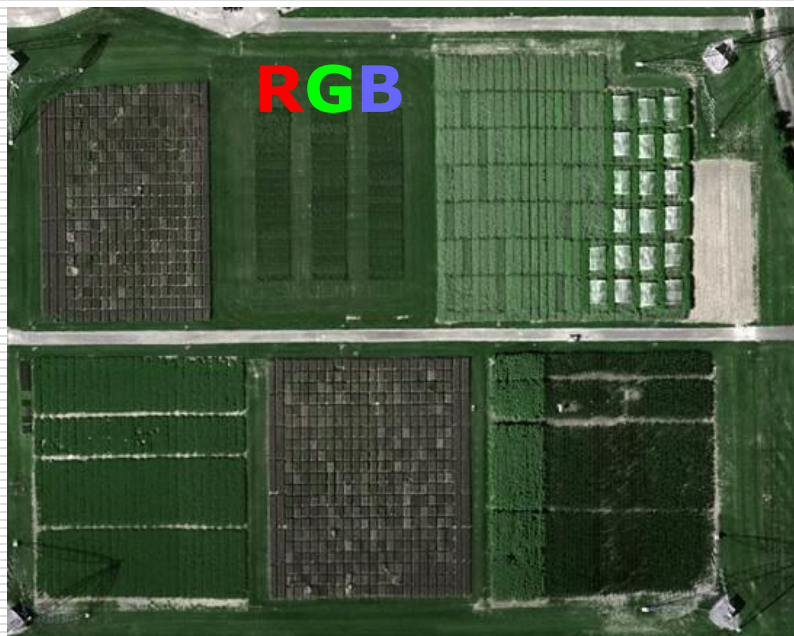
- ❑ 3D plánování letových misí
- ❑ Predikce GPS kvality
- ❑ Detekce obstrukcí signálu
- ❑ Export pro různé autopiloty
- ❑ Predikce překrytu snímků



Pokročilé plánování letových misí



Hyperspektrální snímkování



ETH Research Station for Plant Sciences Lindau-Eschikon, ETH Zürich



- Hmotnost 100 g
- Rozměry 6x4x4 cm
- Max 100 fps
- Snapshot
- 16 spektr. pásem
- 465-630 nm

www.visnx.com

Ostatní projekty

- ❑ Léman-Baikal – Hyperspektrální snímkování Ženevského jezera a Baikalu, ultralight + UAV letadlo
- ❑ Hyperfarm – hyperspektrální snímkování v přesném zemědělství pomocí UAV
- ❑ Ladoga – výzkum ledových struktur na jezeře Ladoga (RU), sběr dat z UAV letadla a UUV ponorky
- ❑ MapKite – kooperace Drone+automobil pro zpřesnění navigačních dat v husté zástavbě

Závěr a zhodnocení

- ❑ Vlastní ucelený vývoj
 - Konstrukce UAV
 - Plánování misí
 - Sběr dat
 - Zpracování a vyhodnocení

- ❑ S klesající cenou navigačních komponent bude mít přímé měření EO parametrů stále větší uplatnění mezi MAV platformami

- ❑ Budoucnost
 - Mnoho malých, levných RPAS, tzv. swarm
 - Pokročilá integrace GNSS/INS

Děkuji za pozornost

Reference:

J. Skaloud, M. Rehak and D. Lichti. *Mapping with MAV: Experimental Study on the Contribution of Absolute and Relative Aerial Position Control*. European Calibration and Orientation Workshop, Castelldefels, Spain, 2014.

M. Rehak, R. Mabillard, J. Skaloud. *A Micro Aerial Vehicle with Precise Position and Attitude Sensors*. PFG Journal, 2014/4, 0239-0251.

Y. Stebler, J. Skaloud. *Modeling and Processing Approaches for Integrated Inertial Navigation*. EPFL, Lausanne, 2013.

<http://blogs.epfl.ch/leman-baikal>