Bezpilotní letecké prostředky v geoinformatice

01 – Úvod, kategorizace, vybavení

Michal Kačmařík

Katedra geoinformatiky, VŠB-TUO

Obsah

- Úvod
- Typy bezpilotních letadel
- Sensory

Bezpilotní letadlo x UAV x dron ?

- dron (drone) = slangový výraz pro…
- Unmanned Air Vehicle (UAV)
- = česky oficiálně **bezpilotní letadlo** (dříve bezpilotní letecký prostředek)

- Bezpilotní letadlo = Letadlo určené k provozu bez pilota na palubě.
- Bezpilotní systém (UAS) = Systém skládající se z bezpilotního letadla, řídicí stanice a jakéhokoliv dalšího prvku nezbytného k umožnění letu, jako například komunikačního spojení a zařízení pro vypuštění a návrat. Bezpilotních letadel, řídicích stanic nebo zařízení pro vypuštění a návrat může být v rámci bezpilotního systému více.
- RPAS = dálkově ovládané letecké systémy

Typy bezpilotních leteckých prostředků

- Dělení dle:
  - Velikosti (možné zátěže, doletu)
  - Konstrukce
  - Neseného vybavení
  - Užití (civilní x vojenské)

Typy UAV dle velikosti

Typ	Hmotnost	Dolet	Doba letu	Výška letu
Velké	Stovky kg	~ 500 km	až dva dny	3 – 20 km
Střední	~ 50 kg	~ 500 km	~ 10 h	< 4 km
Malé, mini	< 30 kg	< 10 km	< 2 h	< 1 km
Mikro, nano	< 5 kg	< 5 km	< 1 h	< 300 m

Typy UAV dle konstrukce

- Klasické letadlo
- Letoun s pevnými křídly (křídlo)
- Vrtulník
- Koptéra
- Jiné

Dle konstrukce

DJI

Výhody jednotlivých typů konstrukcí

- Letadlo, křídlo:

  + delší doba letu a vyšší rychlost letu (díky lepší aerodynamice) -> schopnost snímat větší území

  + jednodušší konstrukce

  + lepší odolnost proti větru

- Vrtulník, koptéra

  + dobré manévrovací schopnosti (let na místě, schopnost detailního přiblížení, apod.)

  + vertikální vzlet a přistání

  + možnost libovolného úhlu pohledu kamery

Hybridní konstrukce

- Konstrukce typu pevné křídlo (letoun) umožňující vertikální start/přistání/manévrování
- Specifické typy UAV

Představení vybraných typů současných UAV - koptéry

- DJI Mini 3
  - Hmotnost 0.248 kg
  - Doba letu max. 38 min
  - 48 Mpix RGB kamera, 1/1.3" CMOS, 4K video
  - 500 Eur

- DJI Mavic 3
  - Hmotnost 0.895 kg
  - Doba letu max. 46 min
  - 20 Mpix RGB kamera, 4/3 CMOS, 5.1K video
  - 2 200 Eur

Představení vybraných typů současných UAV - koptéry

- DJI Phantom 4 Pro 2.0 (RTK)
  - Hmotnost 1.4 kg
  - Doba letu 32 min
  - 20 Mpix RGB kamera, 1" CMOS, 4K video
  - 1 700 (5 700) Eur

Představení vybraných typů současných UAV - koptéry

- DJI Matrice 350 RTK
  - Hmotnost 6.5 kg + 2.7 kg zátěž
  - Doba letu 55 min bez zátěže
  - Volitelné RGB, multispektrální, termální kamery, vlastní zátěž
  - 11 500 Eur bez kamery

- DJI Matrice 600 Pro (*starý model*)
  - Hmotnost 9.5 kg + 6 kg zátěž
  - Doba letu 38 min bez zátěže
  - Volitelné RGB, multispektrální, termální kamery, vlastní zátěž
  - 5 700 Eur bez kamery

Představení vybraných typů současných UAV - křídla

- Sensefly eBee X
  - Hmotnost 1.1 až 1.4 kg
  - Doba letu až 90 min
  - Volitelné RGB, multispektrální, termální kamery
  - cca 30 tis. Eur s RGB kamerou a RTK/PPK GPS

- QUEST UAV Q-200
  - Hmotnost 4 kg + 0.6 kg zátěž
  - Doba letu až 60 min
  - Volitelné RGB, multispektrální, termální kamery

Vybavení UAV pro snímání

- Klasický RGB fotoaparát (kamera)
- Multispektrální kamera
- Hyperspektrální kamera
- Termální kamera
- LiDAR

- Další specializovaná zařízení

RGB kamera

- Vestavěná/externí
- Hmotnost x g až x kg

DJI Mavic 3

Hasselblad Camera

Sensor	4/3 CMOS, Effective pixels: 20 MP
Lens	FOV: 84° Format Equivalent: 24 mm Aperture: f/2.8 to f/11 Focus: 1 m to ∞ (with autofocus)
ISO Range	Video: 100-6400 Still Image: 100-6400
Shutter Speed	Electronic Shutter: 8-1/8000 s
Max Image Size	Main Unit: 5280×3956
Still Photography Modes	Single shot: 20MP Photos Automatic Exposure Bracketing (AEB): 20 MP, 3/5 bracketed frames at 0.7 EV Timed: 20 MP, 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s

Video Resolution	Apple ProRes 422 HQ 5.1K: 5120×2700@24/25/30/48/50fps DCI 4K: 4096×2160@24/25/30/48/50/60/120*fps 4K: 3840×2160@24/25/30/48/50/60/120*fps H.264/H.265 5.1K: 5120×2700@24/25/30/48/50fps DCI 4K: 4096×2160@24/25/30/48/50/60/120*fps 4K: 3840×2160@24/25/30/48/50/60/120*fps FHD: 1920×1080p@24/25/30/48/50/60/120*/200*fps * Framerates above are recording framerates. Videos will be played as slow-motion videos.
Max Video Bitrate	H.264/H.265 Bitrate: 200 Mbps
Supported File Formats	exFAT
Photo Format	JPEG/DNG (RAW)
Video Formats	Mavic 3: MP4/MOV (MPEG-4 AVC/H.264, HEVC/H.265) Mavic 3 Cine: MP4/MOV (MPEG-4 AVC/H.264, HEVC/H.265) MOV (Apple ProRes 422 HQ)

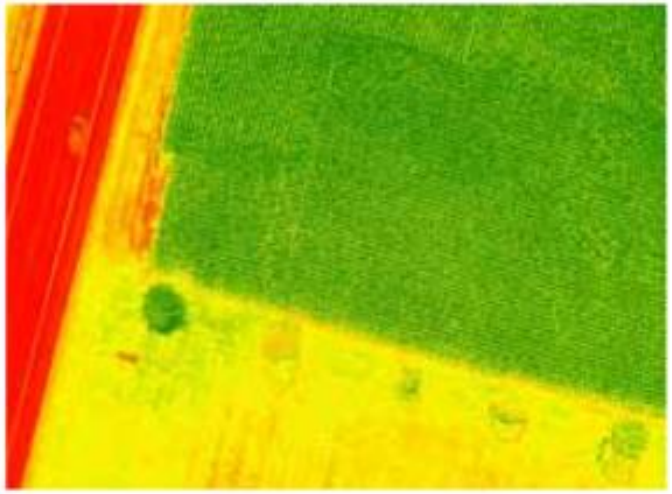
Multispektrální kamera

- Spektrální rozlišení několik málo pásem z rozsahu 400 – 1050 nm (viditelné až blízké infračervené pásmo)
- Rozlišení typicky 1-2 Mpix
- Hmotnost 0.1 až 0.5 kg (< 1 kg)
- Cena 2 až 30 tis. Eur
- Aplikace zejména v zemědělství, lesnictví, ochraně přírody – „vegetace“

Nejjednodušší varianta = NDVI snímač

- Sentera NDVI (NDRE) jednoúčelové sensory
- Lze je instalovat na malé koptéry DJI (Phantom, Mavic) – cena za update 2 000 USD
- 1.2 Mpix, 2 pásma (red a NIR u NDVI; red edge a NIR u NDRE)
- hmotnost 30 g

High Resolution Color Image



NDVI Crop Health Image

Multispektrální kamera - příklady

- Parrot Sequoia+
  - 16 Mpix RGB kamera + 4 jednopásmové kamery s rozlišením 1.2 Mpix (green, red, red edge, near infrared)
  - 72 g
  - GPS, IMU, sensor osvětlení
  - cca 3 900 Eur

- MicaSense RedEdge-MX
  - 5 jednopásmových kamer s rozlišením 1.2 Mpix (blue, green, red, red edge, near infrared)
  - 230 g
  - GPS, IMU
  - cca 5 000 Eur

Multispektrální kamera - příklady

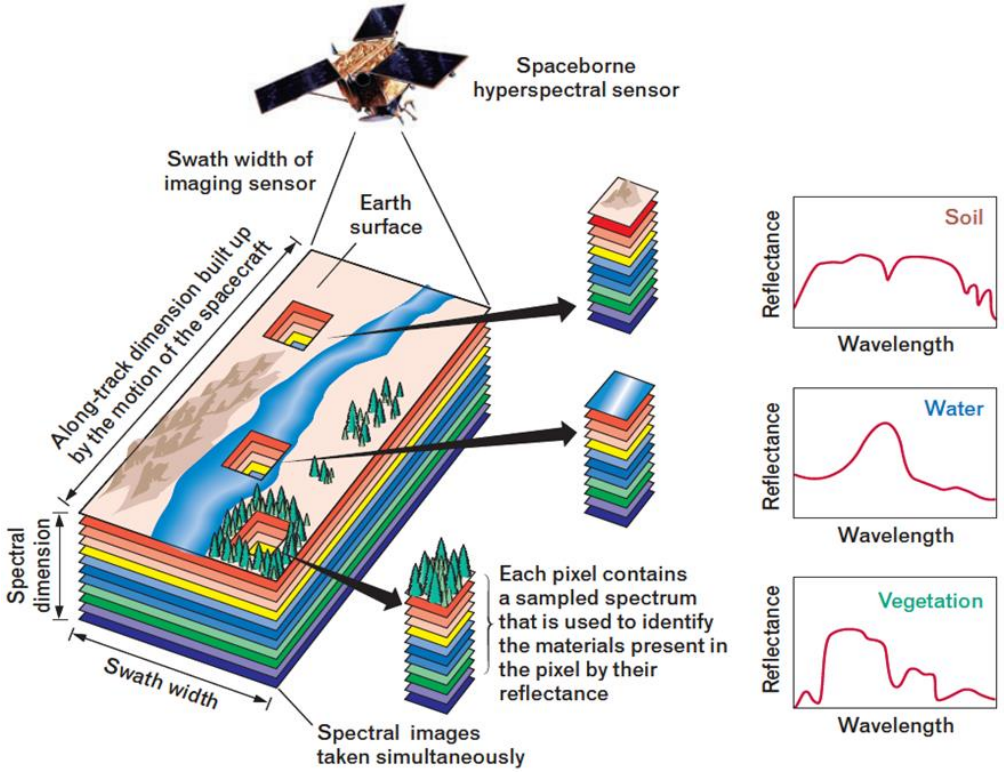
- Tetracam Micro-MCA 4 (6) (12)
  - 4, 6 či 12 jednopásmových kamer s rozlišením 1.3 Mpix s volitelnými pásmy v rozsahu 450 až 1000 nm
  - 500 až 1000 g dle počtu pásem
  - GPS, IMU
  - 8 až 25 tis. Eur dle počtu pásem

- MAIA WV
  - RGB kamera + 8 jednopásmových kamer s rozlišením 1.2 Mpix s pásmy shodnými s družicí WorldView-2
  - 420 g
  - GPS, IMU
  - cca 13.5 tis. Eur

Hyperspektrální kamera

- Spektrální rozlišení stovky pásem v rozsahu 350 až 1 100 nm (VNIR oblast) či 1 000 až 2 500 nm (SWIR oblast)
- Hmotnost 0.3 až 5 kg (s nutným příslušenstvím typicky 2 až 7 kg)
- Cena > 30 tis. Eur
- Většina existujících kamer je typu pushbroom (podélný skener) – skenování po řádcích

  Rozlišení typicky 1-2 tis. px na řádek



Hyperspektrální kamera - příklady

- **Resonon Pika L**
  - 281 pásem v rozsahu 400 až 1 000 nm
  - 0.6 kg (ale s počítačem, SSD diskem, GNSS jednotkou, stabilizovaným závěsem, baterií, kabeláží cca 3.8 kg)
  - komplet cca 50 tis. Eur bez DPH

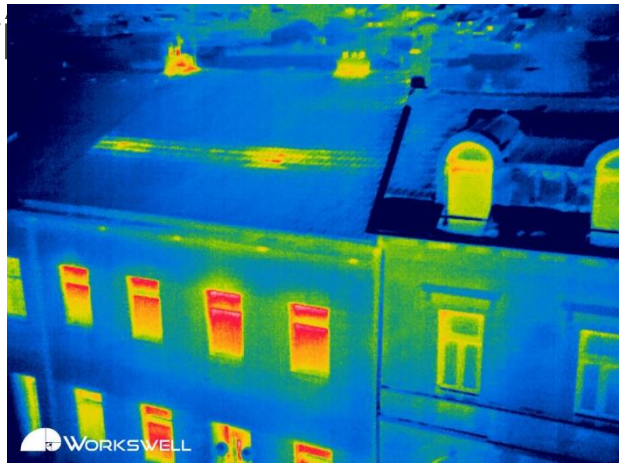
- SPECIM AISAKESTREL 10
  - 224 pásem v rozsahu 400 až 1 000 nm
  - 1.26 kg (kompletní set min. 4.8 kg)
  - Komplet cca 80 tis. Eur bez DPH

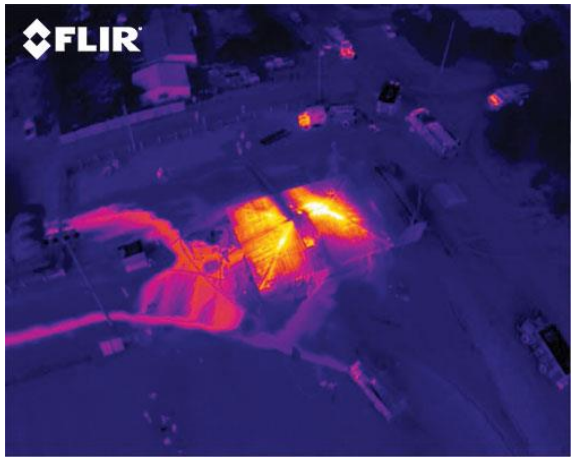
Hyperspektrální kamera - příklady

- HySpex Mjolnir V-1240
  - 200 pásem v rozsahu 400 až 1 000 nm
  - 4 kg (kompletní set min. 6.5 kg)
  - komplet cca 90 tis. Eur bez DPH
- HySpex Mjolnir S-620
  - 300 pásem v rozsahu 970 až 2 500 nm
  - 4.5 kg (kompletní set min. 7 kg)
  - Komplet cca 130 tis. Eur bez DPH

Termální kamera

- Pracují v termálním infračerveném pásmu, v rozsahu typicky okolo 7 500 – 13 500 nm
- Rozlišení typicky cca 0.5 Mpix
- Hmotnost 0.2 až 0.5 kg (< 1 kg)
- Cena 10 až 30 tis. Eur
- Aplikace zejména v monitoringu budov a konstrukcí, pro záchranné operace, v geologii a hornictví





Termální kamera - příklady

- DJI H20T
  - Kombinace 2 x RGB + termální kamery + laserového dálkoměru
  - Termální kamera = 640x512 px 30 Hz; 8-14 µm; 13.5 mm objektiv
  - Hmotnost 830 g
  - 11 500 EUR

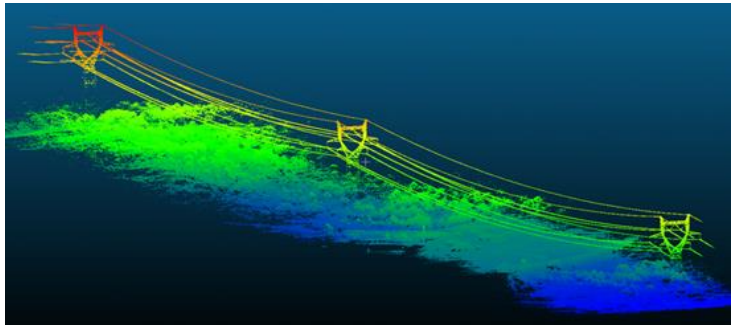
- sensefly Duet T
  - Kombinace RGB kamery sensefly S.O.D.A + termální kamery FLIR
  - Termální kamera = 640x512 px či 336x56 px; 30 Hz; 13 mm objektiv
  - Hmotnost ? (cca 300 g)
  - Odhadem 15 tis. Eur

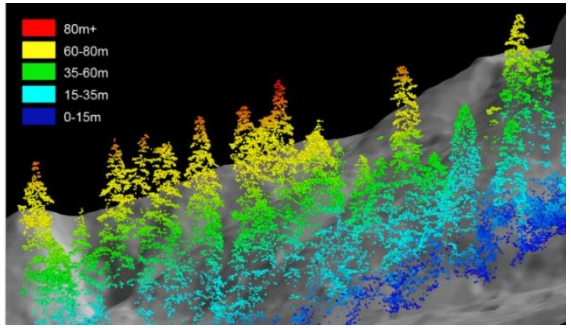
Termální kamera - příklady

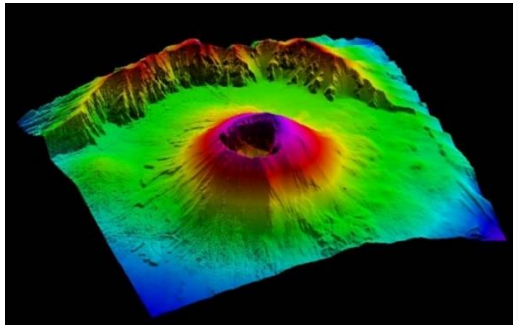
- Workswell WIRIS Security
  - Kombinace RGB kamery s 30x zoom + termální kamery
  - Termální kamera = 800x600 px; 9 či 25 Hz; objektiv 35 mm
  - Hmotnost 780 g

LiDAR

- Laserový skener
- Pro přímou tvorbu 3d mračen bodů, umožňuje penetrovat vegetaci!
- Hmotnost > 1 kg
- Cena > 40 tis. Eur
- Aplikace pro tvorbu detailních 3d modelů terénu a objektů na něm stojících (monitoring)

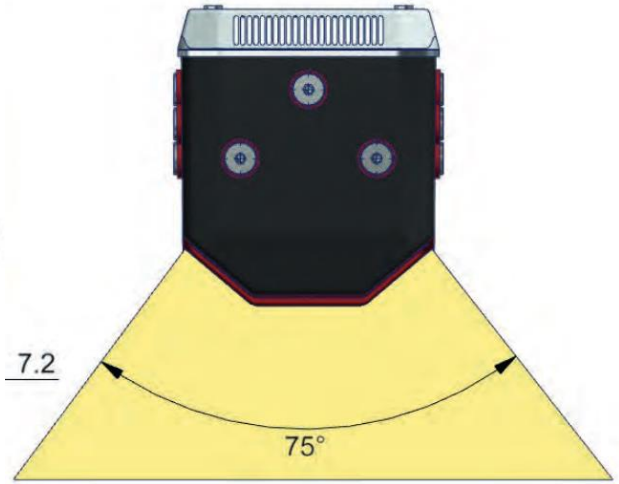






LiDAR - příklady

- RIEGL VUX-240
  - Až 1.5 mil měření za sekundu
  - Úhel pohledu až 75 °
  - Accuracy/precision: 20/15 mm (SDEV pro vzdál. 150 m)
  - Max. výška letu 1 400 m
  - Primárně pro mapování koridorů
  - Hmotnost 4.5 kg (s GNSS/IMU, bez závěsu)



- RIEGL miniVUX-1UAV
  - Až 0.1 mil. měření za sekundu
  - Úhel pohledu až 360 °
  - Accuracy/precision: 15/10 mm (SDEV pro vzdál. 50 m)
  - Typická výška letu 80 m
  - Hmotnost 1.6 kg (s GNSS/IMU, bez závěsu)

LiDAR - příklady

- Yellowscan Surveyor Ultra
  - Systém postavený nad skenerem Velodyne VLP-32
  - Úhel pohledu až 360 °
  - Accuracy/precision: 100/50 mm
  - Max. výška letu 120 m AGL
  - Hmotnost 1.7 kg (s GNSS/IMU, bez závěsu)

- DJI Zenmuse L2
  - Úhel pohledu 70 °
  - Accuracy: 20 mm na 150 m
  - Hmotnost 0.9 kg (bez závěsu)
  - 13 tis. EUR

UAV na Katedře geoinformatiky, HGF, VŠB-TUO

- Kvadrokoptéra DJI Mavic 2 Pro
  - RGB kamera

- Hexakoptéra DJI Matrice 600 Pro
  - RGB kamera, termální kamera, hyperspektrální kamera, lidar Riegl

- Pevné křídlo eBee Plus (Katedra geodézie)
  - RGB kamera, termální kamera, multispektrální kamera

Zdroje

- Colomina, I., Molina, P.: Unmanned Aerial Systems or photogrammetry and remote sensing: A review; ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 92, 2014
- Adao, T., Hruška, J., Pádua, L., Bessa, J., Peres, E., Morais, R., Sousa, J.: Hyperspectral Imaging: A Review on UAV-Based Sensors, Data Processing and Applications for Agriculture and Forestry, Remote Sensing, 9, 1110, doi:10.3390/rs9111110, 2017

Zdroje

- https://sentera.com/sensors/
- https://www.parrot.com/global/
- https://www.micasense.com/
- http://www.tetracam.com/
- https://www.spectralcam.com/
- http://www.specim.fi/hyperspectral-remote-sensing/
- https://www.hyspex.no/
- https://resonon.com/
- https://www.flir.com/products/

Zdroje

- https://www.drone-thermal-camera.com/products/search-and-rescue-thermal-camera-for-drone-wiris-securitu-workswell/
- http://www.riegl.com/products/unmanned-scanning/
- https://www.yellowscan-lidar.com/products