

UKÁZKA UAV V ENVIROMENTÁLNÍM VÝZKUMUVeronika MYSLIVEČKOVÁ¹, Jana MORAVCOVÁ²

¹ Katedra geomatiky, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, Technická 8, 306 14, Plzeň, Česká republika
vmyslive@fav.zcu.cz

² Katedra krajinného managementu, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Studentská 1688, 370 05, České Budějovice, Česká republika
moravj04@zf.jcu.cz

Abstrakt

Tématem publikace je ukázka možnosti využití bezpilotní technologie v environmentálním výzkumu. V příspěvku bude prezentována práce s bezpilotní hexakoptérou DJI S 900 pro účely řešení vlivu aplikace rybníčních kalů a hnojiva na kvalitu porostu ozimého triticales na vybraném pozemku v obci Dynín (okres České Budějovice, Jihočeský kraj). Pro tyto účely byla pořízena série leteckých snímků nejprve pomocí běžného fotoaparátu Sony Alpha 5100 a následně pomocí termální kamery Optris PI 450. V publikaci budou prezentovány výsledky tohoto monitoringu v podobě ortofotomap a jejich porovnání s termálními snímky.

Abstract

The theme of the publication is an example of the possibilities for the use of unmanned aerial vehicle technology in environmental research. In the article there will be presented the work with hexacopter DJI S 900 for the purposes of the pond mud and fertilizers application impact on the winter triticales crop on the selected plots by Dynin municipality (District Ceske Budejovice, South Bohemia). A series of aerial photographs from Sony Alpha 5100 camera and thermal images from thermal camera Optris PI 450 were taken on the selected sites. The publication will present the results of this monitoring in the form of orthophotos and their comparison with thermal images.

Klíčová slova: termální snímek; dolomitický vápenec, sediment

Keywords: thermo image; dolomite limestone; sediment

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Na trhu se dnes nacházejí profesionální modely dronů pro armádní účely, průmyslové účely, ale také pro hobby létání. Více o dronu a bezpilotní letecké technologii v kapitole 2 – Snímkování zemědělské půdy metodou UAV. Své místo si dron vybudoval ve 2. dekádě 21. století v civilní, inženýrské a vědecké sféře. My jsme se ho pokusili využít především pomocí termovize v projektu "Technologického postupu recyklace živin z rybníčních sedimentů s využitím sacího bagru integrované stanice pro dávkování flokulantu a geotextilních vaků pro lokální aplikaci v mikropovodí" ke sledování reprezentativní plochy zemědělské půdy, na kterou byl aplikován ošetřený sediment a k porovnání s kontrolní reprezentativní plochou zemědělské půdy (bez aplikace sedimentu) [1]. Hlavním řešitelem projektu je ENKI, o.p.s.¹ a jeho spoluřešitelem Plosab, s.r.o.²

Do sedimentu vytěženého sacím bagrem z Horusického rybníka byl přidán připravený roztok flokulantu. Příprava roztoku flokulantu probíhá v integrované stanici vyvinuté firmou Plosab s.r.o. Vyzrálý flokulant je čerpán rotačním objemovým čerpadlem přes elektromagnetický průtokoměr. Flokulant snižuje množství vytěženého sedimentu.

¹ 1 ENKI, o.p.s. <http://www.enki.cz/cs/>

² Plosab, s.r.o. <http://www.plosab.cz/>

Při plnění geotextilních vaků sedimentem rybníku bylo do prvních dvou vaků přimíchán i dolomitický vápenec v dávce 40 kg vápence na 40 m³ rybníčního sedimentu (0,1% dolomitického vápence). Třetí vak byl plněn bez přídatku dolomitického vápence. Výška vaků po naplnění byla asi 2 m.

Aby ho bylo možné uložit na zemědělskou půdu, bylo nutné získat povolení od příslušného referátu životního prostředí. Analýza odebraných vzorků rybníčního sedimentu ukázala, že sledovaný sediment nedosahuje s vysokou zabezpečeností limitních hodnot rizikových prvků a rizikových látek stanovených vyhláškou 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě. Nesplňuje však limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek stanovených výše uvedenou vyhláškou, pro půdu pro parametr As a to o 2 mg/kg suš. a v parametru PAU o 0,4 mg/kg suš. Musely být provedeny i analýzy zemědělské půdy na pozemku, na který měl být vytěžený sediment uložen.

Vzorky zemědělské půdy, na kterou má být vytěžený sediment uložen vyhovují limitním hodnotám koncentrací rizikových prvků a rizikových látek dle vyhlášky č. 257/2009 Sb. přílohy č. 3. Sediment může být uložen na zemědělskou půdu na pozemky p. č. 138/1 a 125 v katastrálním území Lhota u Dynína, okres České Budějovice.

Aplikace sedimentu na zemědělskou půdu

Před aplikací sedimentu byla zemědělská půda zorána a připravena pro vysetí ozimé odrůdy triticales (žitovce). Jedná se o mezidruhového křížence pšenice seté a žita setého. Upravený rybníční sediment byl uložen v odvodňovacích vacích po dobu 31 dnů. Výška všech tří vaků byla zhruba třetinová oproti původní velikosti.

Na poli byly vytyčeny dvě pokusné plochy, první o ploše 600 m² (sediment obohacený dolomitickým vápencem) a druhá 300 m² (sediment bez přídatku dolomitického vápence). Druhý den ráno byl sediment pomocí bagru rovnoměrně rozhrnut na vytyčené plochy. Dle výpočtů z laboratorních analýz sedimentu a zemědělské půdy měla být aplikována na zemědělskou půdu dávka sedimentu 6 cm. Zapracování sedimentu do půdy se z důvodu nočních srážek odložilo na následující den. To vedlo k problémům s klouzavou mokrou vrchní vrstvou půdy. Zorání vytyčených pokusných ploch bylo provázeno problémy s mokrou vrchní klouzavou vrstvou půdy. Po dokončení orby byl aplikovaný sediment zaorán do spodních vrstev. Černá vrstva rybníčního sedimentu nebyla po zaorání do suché vrstvy půdy téměř patrná. Den poté bylo provedeno diskování pole a zasetí ozimé triticales. Během poslední agrotechnické operace, vláčení, se část aplikovaného černého sedimentu opět dostala na povrch pole.

O skutečném stavu zemědělské půdy vypovídá ortofoto pořízená z leteckých snímků bezpilotní letecké technologie UAV. Proto byla tato metoda využita pro dokumentaci orby sedimentu a rozsevu ozimé triticales a dále využito snímků/video z termokamery.

2. SNÍMKOVÁNÍ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY TECHNOLOGIÍ UAV

UAV – Unmanned Aerial Vehicle v češtině znamená bezpilotní letecký prostředek nebo také dron, jehož původ vychází z označení profesního vojenského slangu, neboť v angličtině drone = bručoun. Jedná se o letadlo či vícemotorové zařízení, označované podle počtu vrtulí quadcopter, hexacopter a octocopter poháněné elektrickou energií z akumulátoru. Stroj je ovládán dálkovým ovládacím zařízením nebo dokáže létat samostatně podle předem naprogramovaných letových plánů.

Pro blízké pozemní fotografie (fotogrammetrie) je nejvhodnější typ hexacopter nebo octocopter. Stroj je velice stabilní, dokáže nést kvalitní záznamové zařízení, doba letu je v rozpětí od 15 do 30 minut. Hlavní výhodami oproti soudobému leteckému snímkování jsou výrazně nižší náklady na provoz, snadná manipulace a převoz na místo, které chceme snímkovat. Ve sledovaném místě je možné opakovaně vzlétnout a přistát podle potřeb obsluhy a optimálního počasí ke snímkování. Rozlišení snímku může být v kvalitě až 1cm/px. Stroj dokáže na jeden vzlet zmapovat rozlohu cca 3 ha za dobu 18 minut.

2.1 Využití UAV v environmentálním výzkumu a způsoby využití termovize

UAV technologie je možno využít v širokém spektru potřeb pro zemědělství jako např. monitoring erozních událostí, využití pro precizní zemědělství, vyhledávání zvěře před sečí pomocí termovize či stěžejní monitoring škod na zemědělských plochách od zvěře.

První publikací o UAV mezi odbornými články na Web of Science je z roku 1996 od Valero et al., který zde představuje využití technologie při klimatologickém měření. Od té doby se výzkum využití UAV technologie pozastavil a velký boom nastal až v roce 2005 v oblasti environmentálního výzkumu. Studie se zaměřují na dopady zemětřesení na krajinu, studium tropických cyklon. A Maďaři, Španělé se zabývají využití UAV technologie v detekci požárů. Ke snímání jim samozřejmě nejlépe slouží infračervené či termální kamery.

2.2 Použitá technika

Pro snímkování byl využit stroj od firmy DJI model S 900. Jedná se o hexacopter s rozpětím ramen 900 mm a váhou cca 8 kg (dle neseného senzoru). Stroj je navrhnut tak, aby mohl nést fotoaparát v konkrétním případě Sony Alpha 5100 s rozlišením 24 Mpx nebo termální kameru Optris PI 450. Letová doba stroje se pohybuje od 12 do 17 minut. K ovládání stroje slouží dvě vysílací jednotky. První vysílací stanice ovládá letové funkce stroje a druhá ovládá nesené příslušenství



Obr. 1 Dron s termální kamerou Optris PI 450

2.3 Povolení k létání a bezpečnost letu

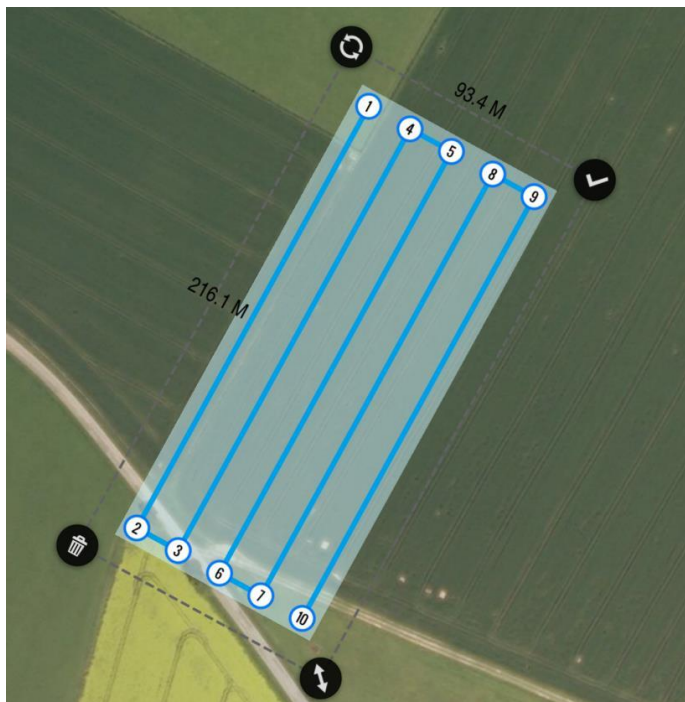
Pro komerční účely využití dronu je potřebné pořízení si letového průkazu u Úřadu pro civilní letectví³. Pro létání je nutné dodržovat bezpečné vzdálenosti od lidí a od budov, naučit se s dronem bezpečně létat a provozovat let pouze příslušných třídách vzdušného prostoru. Je zakázáno létat v okolí leteckého provozu a bezletovým zónám jako jsou např. jaderné elektrárny, trasy nadzemních inženýrských sítí, apod. Tato místa jsou vyznačena v letecké mapě nebo webových stránkách řízení letového provozu. Let bezpilotního letadla smí být prováděn jen takovým způsobem, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti létání ve vzdušném prostoru, osob a majetku na zemi a životního prostředí. Základním pravidlem pro bezpečnost je nespouštění dronu z dohledu, i přesto že si letovou trasu umí navrhout a naplánovat sám. Viz doplněk k předpisům [4].

³ Úřad pro civilní letectví, <http://www.caa.cz/>

3. Použitá metodika a sběr dat

Sběr dat probíhal na vybrané lokalitě u obce Dynín (katastrální území Lhota u Dynína) na pozemku č.p. 125. Velikost sledované plochy byla 10692 m². Snímkování pozemku probíhalo ve dvou snímkovacích letech.

Při první letu byla navolená trasa snímkování, viz **Obr. 2** a zvolená výška cca 70 m nad povrchem pozemku. Stroj nesl fotoaparát Sony Alpha 5100. Při samotném letu pořídil 80 fotografií s rozlišením 24 Mpx.



Obr. 2 Navrhnutí trasy letu



Obr. 3. Probíhající let

Pro druhý let byla použita stejná trasa, ale byl zaměněn fotoaparát za termální kameru Optiris PI 450 pro pořízení radiometrických dat. Stroj pomocí termokamery Optris pořizuje videozáznam po dobu celého letu. Oba snímáče jsou nastavené kolmo k povrchu.

Parametry snímkování

- rychlost: 3,4 m/s
- výška fotoaparátu Sony Alpha: 60 m
- výška kamery Optiris PI 450: 90 m
- překryv snímků: 35 %

3.1. Vytvoření ortofota

Pro samotné vytvoření ortofota byl použit software Agisoft Photoscan⁴, viz ukázka zpracování **Obr. 4**. Pomocí tohoto softwaru lze vytvořit 3D model povrchu a zároveň ortofoto. Pro vytvoření ortofota bylo vybráno 20 snímků s mračnem bodů v počtu 23 452 bodů a dostatečným překryvem a pomocí softwaru Agisoft Photoscan byly spojeny, viz **Obr. 5**.

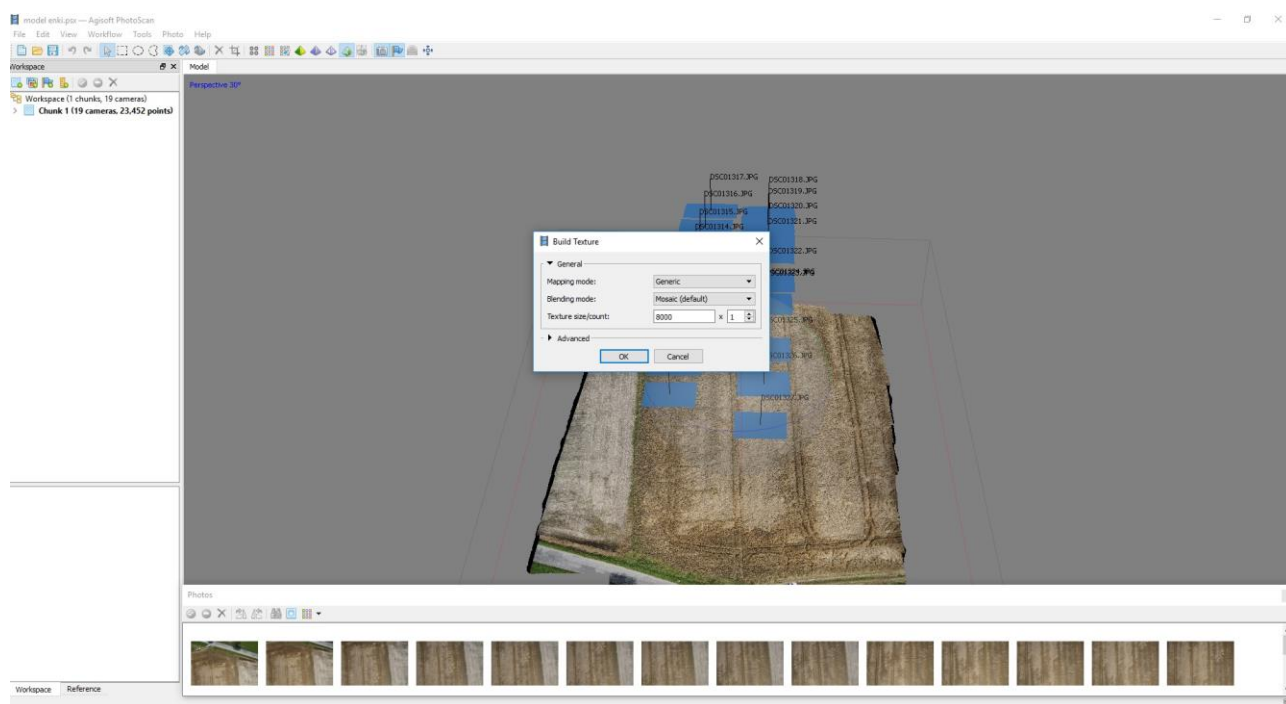
⁴⁴ Agisoft Photoscan, <http://www.agisoft.com/>

4 Ústav pro civilní letectví, <http://www.caa.cz/>

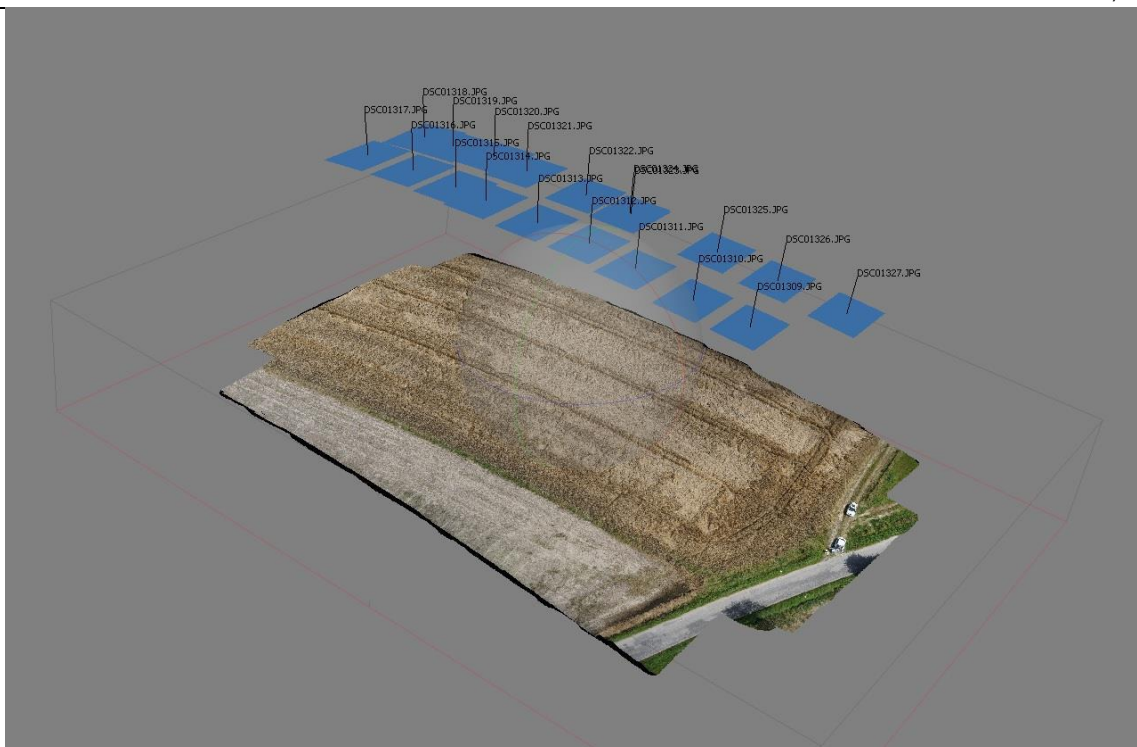
Postup zpracování snímků v software Agisoft Photoscan

1. vložení vybraných snímků
2. složka workflow > align photos> accuracy:medium > pair preselection:generic
3. build dense cloud > quality:medium
4. build mesh > surface type: height field > source data: sparse cloud > face count: medium (30000)
5. build texture > mapping mode: generic > blending mode: mosaic > texture size: 8000X1
6. build tiled model > pixel size: 0,00144196 > tile size: 4096
7. build orthomosaic > OK

Pozn. Pro zpracování byly použity přednostně nastavené parametry software

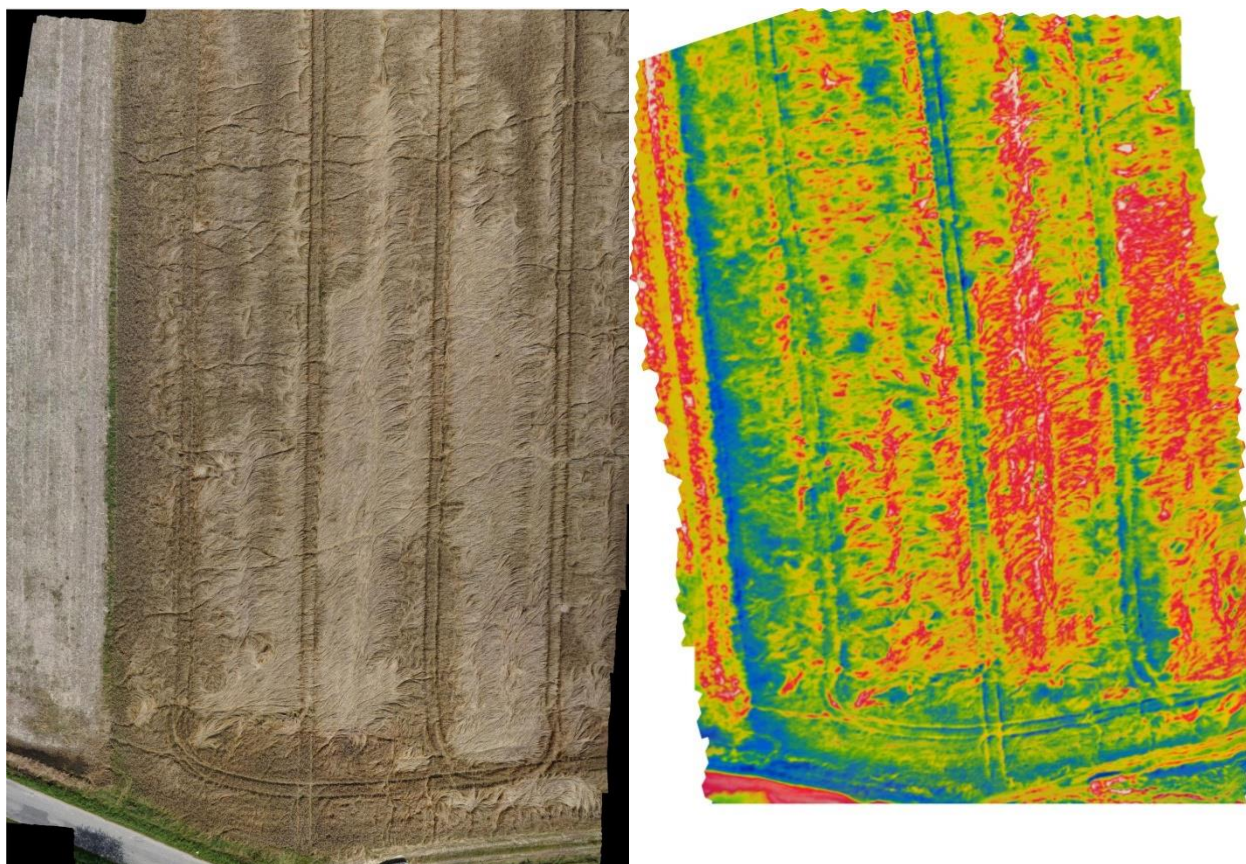


Obr. 4. Ukázka zpracování snímků v software Agisoft Photoscan



Obr. 5. Model v software Agisoft Photoscan

Po spojení snímků a kontroly slícování byla vytvořeno ortofoto, viz **Obr. 6**, vlevo.

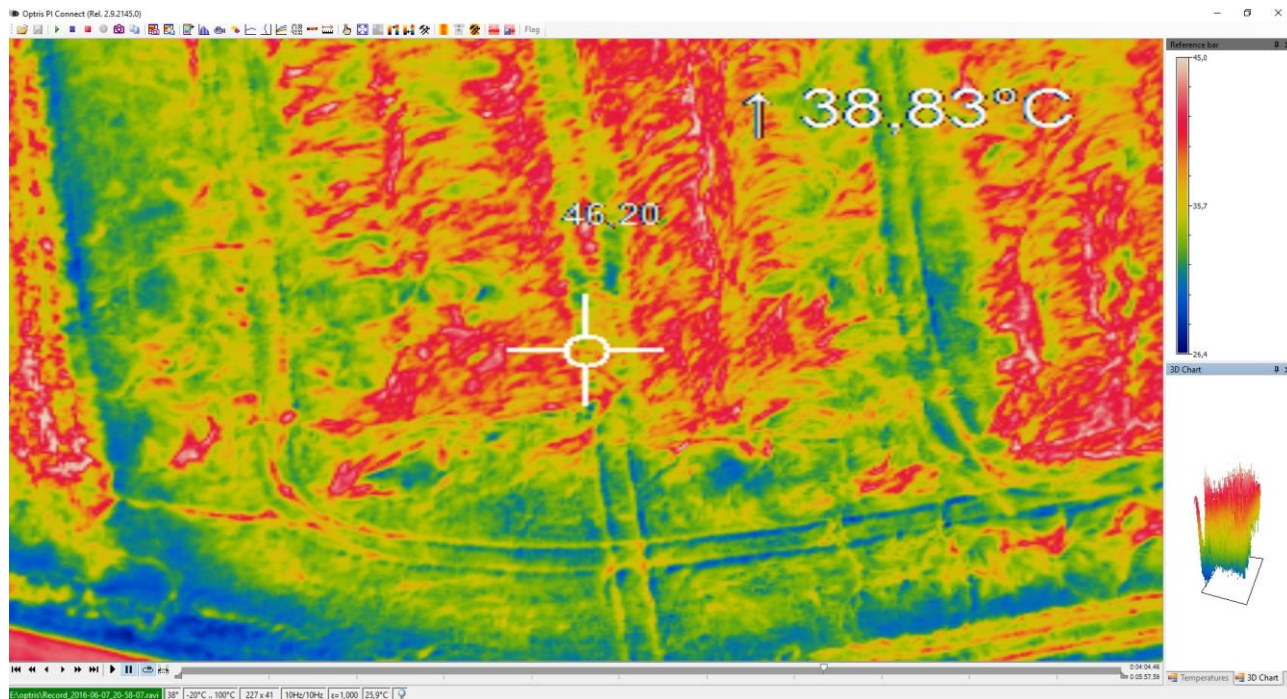


Obr. 6. Ortofoto (vlevo) a termo snímek (vpravo) sledované lokality

3.2 Vytvoření termálního snímku

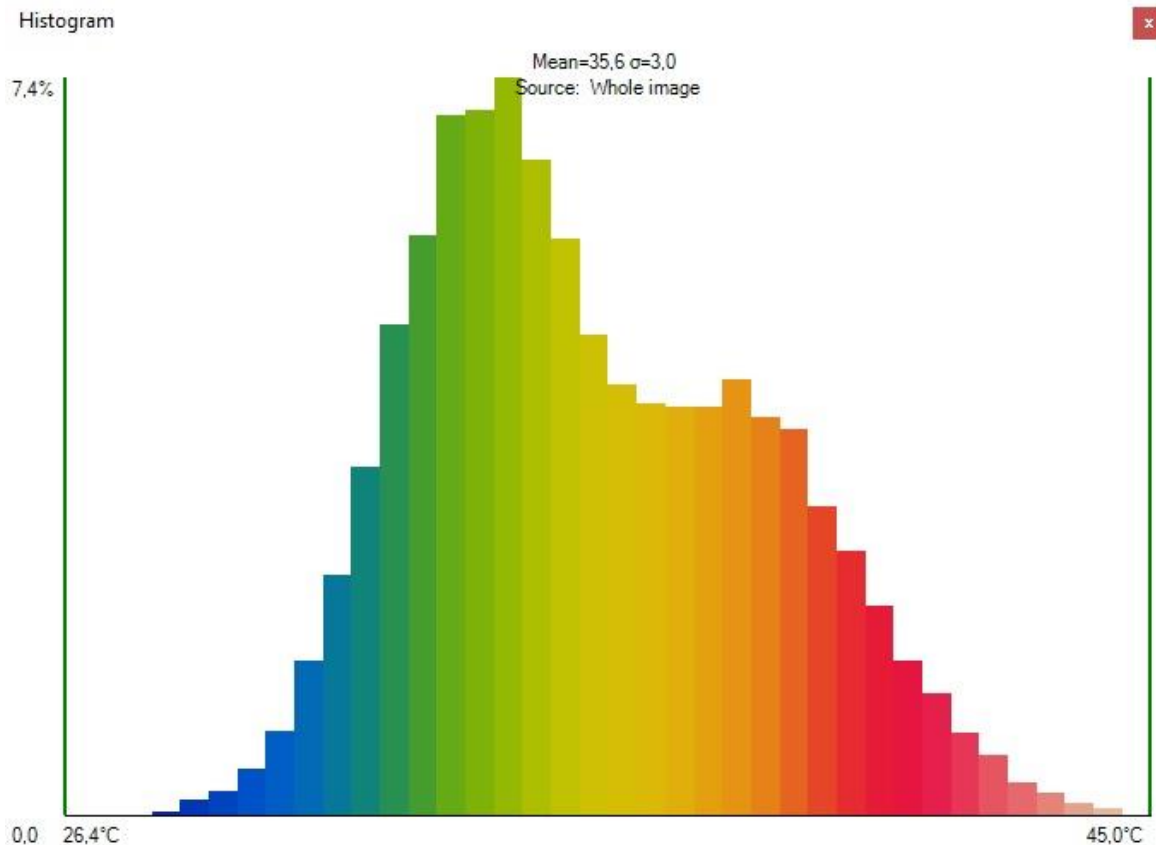
Pro vytvoření termálního snímku je nutné vybrat z pořízeného videa v pravidelném časovém rozmezí snímek, v našem případě 25 snímků a vložit snímky do softwaru Agisoft Photoscan a opět tyto snímky spojit a vytvořit výsledný termální snímek, viz obrázek **Obr. 6**, vpravo.

Z termálního videa lze v každý časový okamžik (místa pořízení snímku) vyhodnotit aktuální teplotu půdy v době jejího pořízení, viz ukázka **Obr. 7**.

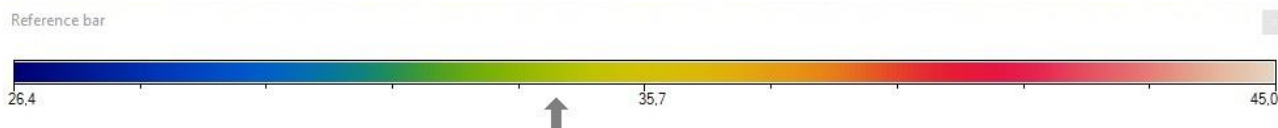


Obr. 7. Ukázka určení teploty půdy z termálního videa

Pro každý okamžik videozáznamu lze z příslušného snímku vyhodnotit teplotní škálu/rozsah a histogram četnosti (výskyt) dané teploty, viz **Obr. 8** a **Obr. 9**.



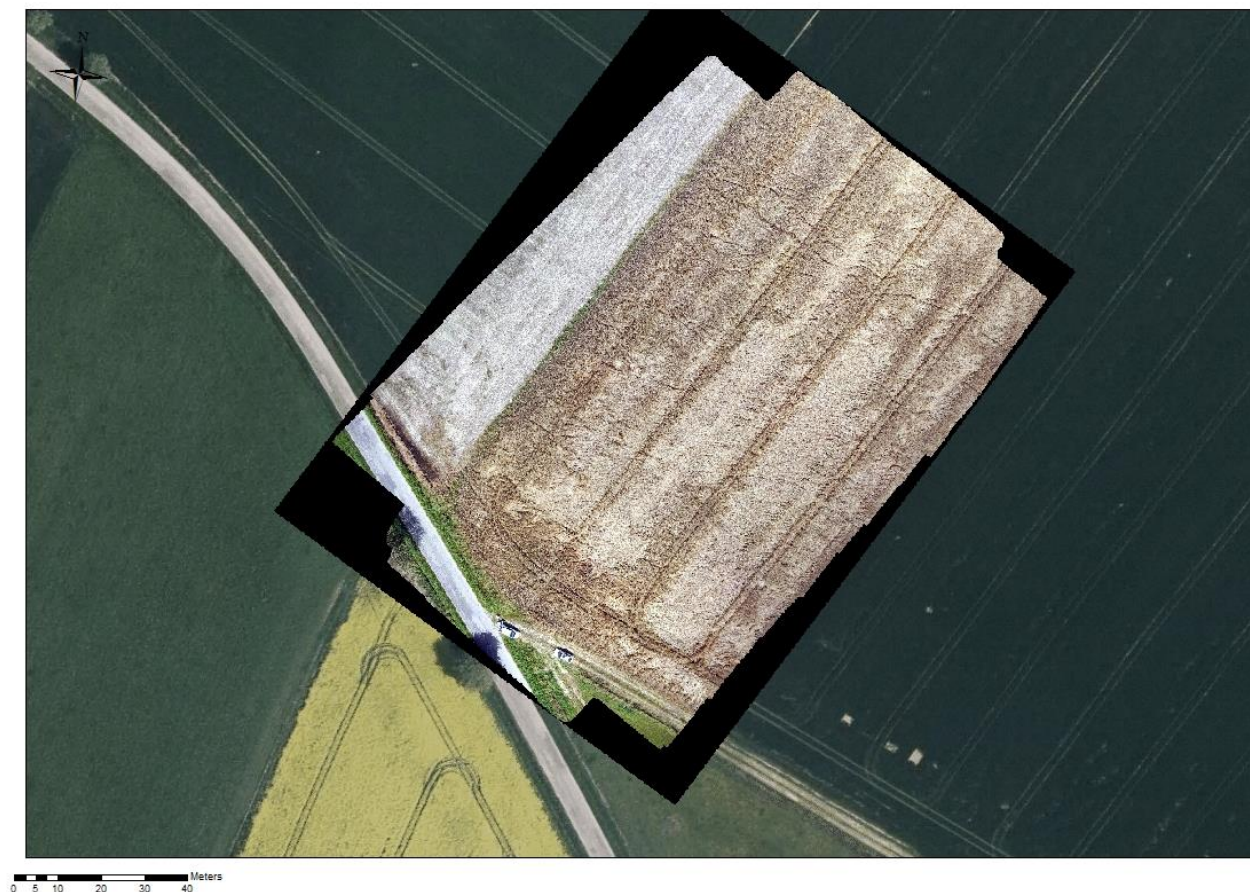
Obr. 8. Příklad histogramu četnosti teploty půdy z termálního videa



Obr. 9. Ukázka teplotní škála teploty půdy z termálního videa

3.4 Transformace vyhotoveného ortofota nad WMS službu

Vytvořené ortofoto je v místním systému bez možnosti přesné transformace do referenčního systému. Alespoň přibližně byla provedena shodnostní transformace na dva identické body (trasu křížení vyjetých kolejí v půdě a cestu) software ArcGIS nad připojenou WMS službou s podkladovou ortofotomapou poskytovanou ČÚZK. K mapě bylo přidáno grafické měřítko, viz ukázka **Obr. 10**.



Obr. 10. Ortofotomapa s povrchem snímku nasnímané části půdy

4 ZÁVÉR

Vytvořené ortofoto zobrazuje aktuální povrch zemědělské půdy, na které je patrná zoraná a nezoraná část pole a trvalý travní porost s částí pozemní komunikace. Je zde viditelná trasa kolejí bagru, ale nelze již vyhodnotit rovnoměrné zapracování vytěženého sedimentu, zejména sedimentu obsahující dolomitický vápenec.

Barevná škála na termo snímcích je zastoupena od tmavě modré (nejchladnější) po červenou (nejteplejší). Pro kvalitní termografické měření je nutná nejen kalibrovaná termokamera, ale i dotkový teploměr, případně i atmosférický vlhkoměr. Termální snímek (záznam videa) zachycuje aktuální teplotu půdy v hodnoceném místě v době pořízení videa. Tento relativně snadný a rychlý způsob zjištění teploty půdy, porostu (povrchu terénu) je určitě vhodnější pro využití monitoringu a detekci požáru, viz kapitola 2.1.

Jedná se v tuto chvíli pouze o testovací snímky bez interpretační hodnoty. Pro umístění ortofota a termálních snímků chybí nalítnutí plochy se zaměřenými, geodeticky určenými a signalizovanými identickými body. Na snímcích ortofotu lze nalézt některé identické body pro alespoň shodnostní transformaci, ovšem v případě termálních snímků i přesto některá místa pro transformaci nejednoznačná. Patrně jsou zde vyjeté koleje bagrem a červená barva rozpalené linie pozemní komunikace, ale zakrývá jí porost.

Relevantnějších výsledků ve vyhodnocení rovnoměrného zaorání dolomitického vápence do půdy by bylo dosaženo v případě včasného nalítnutí plochy (zemědělské půdy) ještě před jejím zaoráním, které se bohužel nepodařilo zrealizovat

DĚKOVÁNÍ

Ráda bych zde poděkovala svému školiteli doc. Ing. Václavu Čadovi, CSc. a Ing. Karlu Janečkovi, Ph.D za ochotu a odborné rady při zpracování tohoto článku a kolegům na katedře krajinného managementu Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity za spolupráci při získávání údajů pro výzkumnou část práce.

Tento článek byl podpořen projektem SGS-2016-004 - "Využití matematiky a informatiky v geomaticce III".

Ing. Veronika Myslivečková

LITERATURA

- [1] Technologický postup recyklace živin z rybníčních sedimentů s využitím sacího bagru, integrované stanice pro dávkování flokulantu a geotextilních vaků pro lokální aplikaci v mikropovodí [online]. In: KRÖPFELOVÁ, Lenka. 2015, s. 17 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: http://www.enki.cz/images/projekty_zpravy/Prubezna_zprava_-_TA04020123_2015.pdf
- [2] Primoco UAV [online]. 2017 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://www.uav-stol.com/cs-CZ/>
- [3] KARAS, Jakub. Využití UAV ve státní správě [online]. [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: http://www.cagi.cz/upload/documents/givs2015/karas_vyuziti_uav_ve_statni_sprave.pdf
- [4] Letecký předpis - pravidla létání L2. Doplněk X - Bezpilotní systémy. Úřad pro civilní letectví. [online]. [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: https://lis.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-2/data/print/L-2_cely.pdf.
- [5] AGISOFT. Help [on-line]. [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_1_en.pdf (duben 2015).
- [6] MIŘIJOVSKÝ, J., PECHANEC, V., BURIAN, J. 2012: Využití bezpilotního modelu PIXY při snímkování krajiny [online]. [cit. 2017-02-20]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/4155649-Vyuziti-bezpilotniho-modelu-pixy-pri-snimkovani-krajiny.html>