

# POSSIBILITIES OF USING UNMANNED AERIAL VEHICLES IN FORESTRY AND AGRICULTURE

## MOŽNOSTI VYUŽITIA BEZPILOTNÝCH PROSTRIEDKOV V LESNÍCTVE A POĽNOHOSPODÁRSTVE

**Ondrej Ďatko**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina  
odatko7@gmail.com

**Branislav Kandra**  
Air Transport Department  
University of Žilina  
Univerzitná 8215/1  
010 26 Žilina  
branislav.kandra@fpedas.uniza.sk

### Abstract

*This work analyzes the penetration of the aviation, forestry and agriculture sector and aims to present forestry and agricultural activities where there is the possibility of using unmanned aerial vehicles. In the first chapter, the work deals with the characteristics of unmanned aerial vehicles, remote sensing, forestry and agriculture. The second chapter deals with a particular analyzes of scientific papers, articles and internet research, and on the basis of these analyzes presents examples of activities in which unmanned aerial vehicles can be used. The third chapter provides an overview of technological and software equipment needed to perform such activities or aerial work. In the fourth chapter, through the practical part, work focuses on examining the use of the mid-class unmanned aerial vehicle model for the plant health analysis, while providing justifications and findings from the results. As part of the practical part, it also provides practical information for the individual steps during the planning and operation of flight. In the fifth chapter, the work briefly summarizes the information and results collected, from which it suggests some possibilities for the use of unmanned aerial vehicles, such as their use in the vaccination of foxes, and the recommended procedures for operating flights or aerial work.*

### Keywords

*unmanned aerial vehicle, forestry, agriculture*

## 1. Úvod

Bezpilotné prostriedky v dnešnej dobe predstavujú rýchlo sa rozvíjajúce odvetvie leteckého priemyslu, ktoré vďaka novým technológiám vstupuje do deja iných odvetví a ovplyvňuje ich vývoj. Takýmito odvetviami sa v posledných rokoch stali dva segmenty hospodárstva a to lesníctvo a poľnohospodárstvo, v ktorých sa bezpilotné prostriedky začínajú využívať čoraz viac.

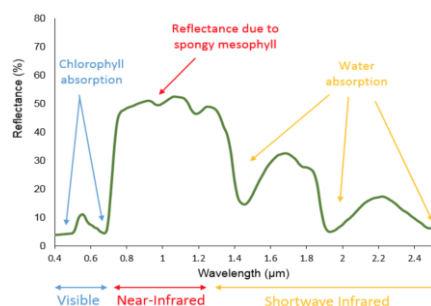
## 2. Charakteristika bezpilotných prostriedkov a segmentu lesníctva a poľnohospodárstva

Práca sa začína uvedením problematiky bezpilotných prostriedkov prostredníctvom historického vývoja modelov najmä z pohľadu využitia vo vojenskom sektore. Postupne prechádza ku charakterizácii a klasifikácii moderných modelov UAV v rámci kategórií a konštrukčného hľadiska. Dôležitými časťami tejto kapitoly sú hlavne teoretické poznatky o senzoch, ktoré sa vo veľkej miere využívajú v diaľkovom prieskume. Diaľkový prieskum a metódy diaľkového systému sa začínajú čoraz častejšie používať v segmentoch lesníctva a poľnohospodárstva a slúžia k vytváraniu rôznych analýz a modelov.

### Diaľkový prieskum

Jednou z definícií diaľkového prieskumu je proces analyzovania fotografických snímok za účelom identifikovania objektov a posudzovania ich dôležitosti. Diaľkový prieskum môžeme teda charakterizovať ako nástroj, vďaka ktorému s použitím senzorov

zachytávajúcu elektromagnetickú energiu dokážeme získať dôležité informácie z objektov, rastlín alebo oblastí v pôde. Princíp diaľkového prieskumu spočíva v zaznamenávaní emitovanej radiácie, t.j. každá hmota alebo objekt vyžaruje radiáciu v rôznych množstvách a vlnových dĺžkach a takéto vlnové dĺžky, inak interpretované aj ako spektrá sa dajú zachytiť. Elektromagnetické spektrá sa skladajú z vlnových dĺžok a na ich snímanie sa používajú senzory. Tým, že diaľkový prieskum spočíva v analýze a zachytávaní vlnových dĺžok, bude preto využívať senzory. Existujú štyri možnosti, akými materiál dokáže na radiáciu zareagovať - absorbovať, odrážať, prenášať alebo rozptyľovať radiáciu. Všetky objekty teda odrážajú rozličné vlnové dĺžky svetla v rozličných rozsahoch a pri väčšine povrchov sa môže predpokladať, že zostávajúca časť, ktorá nebola odrazená od povrchu, bude pohltaná [1]. Príklad odrazivosti takéhoto žiarenia od rastlín je znázornený na Obrázku 1.



Obrázok 1: Odrazivosť žiarenia rastlín v rámci spektra. Zdroj: [2].

Na princípe snímania vlnových dĺžok elektromagnetického žiarenia pracujú aj senzory, ktoré vedú na základe blízko-infračerveného a červeného žiarenia vypočítať tzv. *Normalised Different Vegetation Index* so skratkou NDVI a je jedným z najpoužívanejších indexov pri určovaní zdravotného stavu vegetácie [3].

V tejto kapitole sa ďalej nachádza stručná charakteristika lesného hospodárstva a poľnohospodárstva a uvedenie legislatívy UAV v rámci SR. Jej súčasťou je aj identifikácia chránených oblastí a možnosti využitia UAV v súlade so štátnou ochranou prírody SR, ktoré ovplyvňuje prevádzkovanie letov bezpilotných prostriedkov v určitých oblastiach a v určitom rozsahu v závislosti od stupňa ochrany prírody.

### 3. Analýza doterajších poznatkov o využívaní bezpilotných prostriedkov v lesníctve a poľnohospodárstve

Druhá kapitola práce sa venuje analýze niekoľkých vybraných štúdií a vedeckých článkov, v ktorých sa zahraniční a tuzemskí autori venovali výskumom, pri ktorých využívali bezpilotné systémy a modely UAV v segmentoch lesníctva a poľnohospodárstva. Niektoré príklady z doterajších poznatkov analyzovaných v práci sú uvedené v nasledovných častiach.

#### 3.1. Analýza v segmente lesníctva

- Autori Eric Hyppä a kol. sa vo svojej práci s názvom „Laserové snímkovanie korún stromov pomocou UAV pre presné merania lesných porastov“, venovali meraniam lesného inventára pomocou modelu UAV a výsledky porovnávali so štandardnými a konvenčnými metódami využívanými pri inventarizácii [4].
- Autori Martin Slavík a kol. vo svojej práci s názvom „UAV laserové snímky umožňujú detekciu morfológických zmien v korunách stromov“, vďaka ktorej dospeli k výsledkom, že využívanie použitého modelu UAV a nimi zvolenej metódy merania umožňujú identifikáciu nárastu alebo straty stromovej zložky založenej na princípe leteckých snímok [5].
- Autori Luiz F.R. De Oliveira a kol. sa vo svojej práci s názvom „Prechod k automatizácii inventáru stromov: porovnanie UAV vybaveného LiDAR senzorom a fotogrametrickými dátami s ručnými manuálnymi odhadmi“, venovali inventarizácii stromov pričom využili niekoľko modelov UAV s rôznymi kamerovými a senzorovými konfiguráciami a z výsledkov usudzujú, že všetky merania boli úspešné [6].
- Juraj Galko a kol. z Národného lesníckeho centra vo Zvolene sa vo svojej práci s názvom „Praktické využitie dronov pri ochrane lesa“ venovali najmä zvyšovaniu povedomia o problematike UAV lesnému hospodárovi a opisovali činnosti, ktoré vykonávajú s vlastným modelom UAV [7].

#### 3.2. Analýza v segmente poľnohospodárstva

- Autori Alfonso Lopéz a kol. sa vo svojej práci zaoberali s názvom „Rámec pre registráciu snímok z UAV pre sledovanie plodín v presnom poľnohospodárstve“ venovali využitím modelu UAV v presnom poľnohospodárstve na popísanie rámca, ktorý je schopný spojiť heterogénne

snímky vytvorené modelom UAV do jednotnej snímky s použitím nimi vytvoreného algoritmu [8].

- Autori Xu Xingang a kol. sa vo svojej práci s názvom „Odhadovanie obsahu dusíka z kukuričných listov na základe informačnej fúzie snímok z viacerých senzorov modelu UAV“ venovali preskúmaniu možností využitia snímkových informácií z dvoch rôznych senzorov na vyhodnotenie obsahu dusíka v kukuričných listoch. Z výsledkov autori dospeli k záveru, že použitím multi-spektrálneho senzora alebo RGB kamery sa dajú získať slubné a presné dáta o obsahu dusíka a majú potenciál do budúcnosti pri pravidelnom monitoringu [9].
- Autori E. Raymond Hunt a Silvia I. Rondon sa vo svojej práci s názvom „Zisťovanie poškodenia spôsobeného Pásavkou zemiakovou pomocou diaľkového prieskumu malými modelmi UAV“ zaoberali leteckým snímkaním zemiakových polí pomocou modelu UAV, avšak výsledky nepriniesli dôkazy o tom, že poškodenie týmto parazitom bolo výrazné [10].

#### 3.3. Zalesňovanie a vysádzanie pomocou modelov UAV

Okrem využívania metód diaľkového prieskumu vo vybraných segmentoch hospodárstva sa podľa nasledujúcich projektov modely UAV využívajú aj pri činnostiach obnovy lesov a vysádzaniu nových rastlín. Príklady takýchto projektov sú nasledujúce.

- Spoločnosť DroneSeed so sídlom v Spojených štátoch sa zaoberá komerčným poskytovaním služieb pri zalesňovaní lesov. Modely, ktoré na zalesňovanie používa sú navrhnuté ich vlastným tímom a venujú sa aj vývoju úložných schránok pre semená stromov rôznych druhov. Spoločnosť deklaruje, že takáto metóda zalesňovania je šesťkrát rýchlejšia ako štandardná metóda, kedy sú lesy zalesňované človekom [11].
- Start-up projekt Dronecoria zo Španielska, je projekt zaoberajúci sa výskumom a konštrukciou modelov UAV, ktorých konštrukčný návod je voľne dostupný pre každého. Takýto open-source projekt je závislý od verejných dotácií, avšak aj napriek nestálemu rozvoju je projekt úspešný a spomínaný model je vybavený mechanizmom, ktorý umožňuje zhadzovanie semien do polí. Projekt sa dodatočne venuje výskumu peletizovaných semien, ktoré sú charakterizované ochranným a zároveň vyživovacím obalom semien [12].

Na základe vykonanej analýzy vybraných vedeckých článkov, štúdií a spoločností vykonávajúcich letecké práce využívajúce modely UAV, práca v tejto časti kompletizuje možnosti využitia bezpilotných systémov a prostriedkov v segmentoch lesníctva a poľnohospodárstva.

#### 3.4. Možnosti využitia bezpilotných prostriedkov v lesníctve

- zisťovanie zdravotného stavu lesných porastov,
- zisťovanie rozsahu a štruktúry kalamít,
- zalesňovanie a vysádzanie sadeníc lesných drevín,

- inventarizácia lesných porastov,
- zisťovanie morfológických zmien v korunách stromov,
- mapovanie lesných porastov,
- plánovanie vyžínania na základe merania rozsahu zaburinenia mladých porastov.

### 3.5. Možnosti využitia bezpilotných prostriedkov v poľnohospodárstve

- Kontrola zavlažovacích systémov na poliach,
- Kontrola zdravotného stavu plodín,
- Zaťaženie vodou a stres spôsobený nadmernou vodou v plodinách,
- Odhadovanie obsahu dusíka v listoch rastlín,
- Zisťovanie poškodenia plodín napadnutých škodcami alebo parazitmi,
- Kontrola rozlohy parciel a polí.

## 4. Prehľad hardvérového a softvérového vybavenia bezpilotných prostriedkov

Na základe teoretických poznatkov a analýzy práca preukázala, na aké účely sa využívajú modely UAV v lešníctve a poľnohospodárstve. Za účelom komplexného zhrnutia o využití týchto prostriedkov, práca zahŕňa kapitolu, v ktorej sa nachádza prieskum hardvérového a softvérového vybavenia UAV. Hardvérové vybavenie je označenie, ktorým práca popisuje hmatateľné komponenty ako sú senzory a modely UAV a softvérovým vybavením označuje komponenty v nehmotnej forme, ktoré sa používajú na plánovanie, analýzu a vyhodnotenie obstaraných dát. Takýto prehľad slúži na priblíženie obsahu čitateľovi a poskytuje mu predstavu o hodnote využitia bezpilotných prostriedkov v týchto segmentoch. Práca sa zamerala na tri, z nášho pohľadu, najdôležitejšie spoločnosti, ktoré ponúkajú svoje produkty so zameraním na poľnohospodárstvo a obhospodarovanie lesov. Sú to spoločnosti DJI, Sentera a MicaSense, pričom výnimku tvorí prehľad softvérového vybavenia, v ktorom opisujeme aj iné spoločnosti zaoberajúce sa vývojom softvérových programov.

### Spoločnosť Sentera

Americká spoločnosť SENTERA so sídlom v Minneapolise, USA sa zaoberá vývojom a výrobou širokej rady produktov pre poľnohospodárov. Patria sem rôzne druhy senzorov modifikovaných bezpilotných lietadiel a softvérové programy, ktoré umožňujú plne integrovanú spoluprácu so senzormi a UAV. Pri tejto spoločnosti je potrebné zmieniť aj upozornenie, že vlastná montáž senzora, ako aj akýkoľvek fyzický zásah do UAV, ruší záruku, ktorú výrobca Sentera deklaruje [13].

### Spoločnosť DJI

Svetovo najznámejšou a najuznávanejšou značkou a spoločnosťou, ktorá sa zaoberá výrobou a predajom modelov UAV je čínska spoločnosť DJI, ktorej sídlo je v meste Shenzhen.

Pre širokú verejnosť je spoločnosť známa prostredníctvom foto- a video-príslušenstvom ako aj modelmi UAV určenými na fotografovanie alebo tvorbu kinematických záberov. Avšak, v posledných rokoch spoločnosť rozšírila svoju pôsobnosť o poľnohospodárstvo - do svojej výroby a ponuky zaradila modely UAV ako sériu DJI modelov Agras a model DJI Phantom P4 Multispectral. Pre poľnohospodárske účely DJI vytvorilo softvér s názvom DJI Terra, vďaka ktorému je možné vyhodnocovať a spracovávať databázu nasnímaných údajov. Výhoda takejto konfigurácie je spoľahlivosť a jednoduchá kompatibilita s inými produktami od spoločnosti DJI prostredníctvom produktového ekosystému, t.j. zariadenia DJI so sebou spoľahlivo a intuitívne spolupracujú, čím skracujú čas na ich obsluhu [14].

### Spoločnosť MicaSense

Spoločnosť MicaSense je americkým výrobcom hardvérového vybavenia pre UAV so sídlom v meste Seattle a svoje produkty distribuujú do 70 krajín vo svete. MicaSense sa zaoberá prevažne výrobou senzorov a montážnych komponentov pre UAV, pričom sa nevenuje predaju vlastných modelov UAV alebo plno konfigurovanými modelmi UAV so senzormi [15].

V práci sa nachádzajú konkrétne príklady modelov a produktov od spomínaných výrobcov spolu s prehľadom technických parametrov.

## 5. Praktické využitie modelu UAV so vstavanou RGB kamerou na snímkovanie

V tejto časti sa práca zaoberá využitím modelu UAV so vstavanou RGB kamerou za účelom snímkovania stromov a analýzy zdravotného stavu. Súčasťou je opis použitého modelu UAV DJI Phantom 4 Advanced a softvéru, ktorý sa používal na plánovanie trate letu a vyhodnocovanie údajov a taktiež opis oblastí demonštračných letov.[16, 17, 18]

### Územie lesnej správy Duchonka

Na území lesnej správy Duchonka boli vykonané demonštračné lety v dvoch oblastiach. Jednou bola lesná škôlka so zastúpením jedle kaukazskej, pri ktorej bol vykonaný let za účelom zisťovania zdravotného stavu stromčekov. Druhou oblasťou bol lesný porast Duba lesného, napadnutého parazitom Imelovcom európskym, pri ktorom bol vytvorený video-záznam slúžiaci k vizuálnej kontrole pri monitorovaní parazita.

### Priebeh merania

Priebeh merania pozostával z nasledovných činností.

1. Vytvorenie plánu automatizovaného letu v softvéri DroneDeploy s presným zadaním lokality a vymedzeniu hraníc trasy letu.
2. Vykonanie predletovej prípravy, ktorá pozostávala z kontroly vzdušného priestoru a kontroly územia v ktorom sa plánuje lietať.
3. Vykonania samotného letu.

## Výsledky merania

Po vykonaní letu boli nasnímané fotografie zvlášť nahrané do softvérov DroneDeploy a Pix4D.

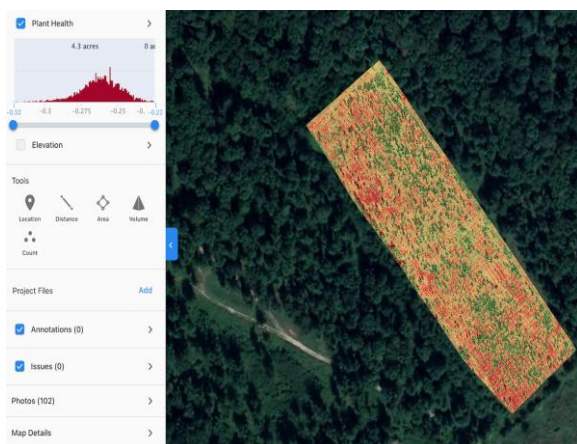
### 5.1. Analýza a výsledky v prostredí softvéru DroneDeploy

Po nahraní snímok ich softvér začal spracovávať, pričom po dokončení procesu . Prvým vyhodnoteným údajom bola ortomozaická snímka znázornená na Obrázku 2, zložená zo 102 fotografií a na ktorej je možné vizuálne rozlíšiť hustotu stromov jedle kaukazskej v lesnej škôlke.



Obrázok 2: Ortomozaická mapa lesnej škôlky. Zdroj: Autori, vytvorené v prostredí softvéru DroneDeploy.

Druhým vyhodnoteným údajom, ktorý bol aj hlavným zámerom v tejto časti práce, bola analýza zdravotného stavu stromov. Použitím nástroja „plant health“, sme získali grafické znázornenie ortomozaickej mapy s indexom VARI (Visible Atmospherically Resistant Index), ktorý dokáže pracovať s údajmi obstaranými RGB kamerou. Takéto použitie indexu vyhodnocuje to, ako zelená je snímka a tým zdravotný stav vegetácie len odhaduje podľa algoritmov softvéru DroneDeploy. Takáto snímka v indexe VARI je znázornená na Obrázku 3.



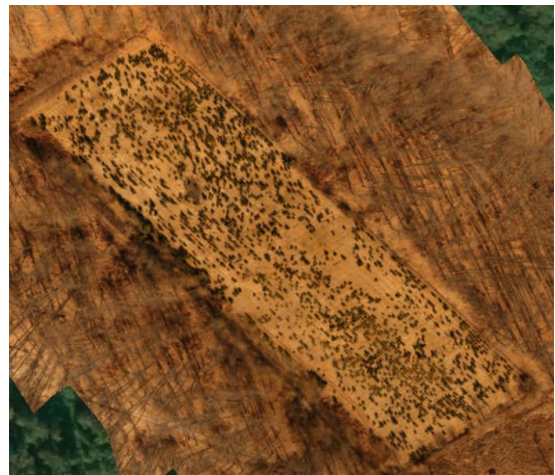
Obrázok 3: Použitie indexu VARI v rámci ortomozaickej mapy. Zdroj: Autori, vytvorené v prostredí softvéru DroneDeploy.

Z Obrázka 3 je vidieť farebné rozlíšenie jednotlivých častí lesnej škôlky. Zelenou farbou sú vyznačené miesta, na ktorých sa

nachádzajú stromy alebo vegetácia, ktorú softvér vyhodnotil ako zelenú a s najväčšou pravdepodobnosťou budú mať najväčší obsah zeleného farbiva chlorofylu. Miesta vyznačené žltou farbou znázorňujú miesta s vegetáciou, ktorá je pravdepodobne postihnutá určitým stresom, avšak softvér aj v takýchto miestach predpokladá, že sa v rastlinách nachádza určitý obsah chlorofylu, aj keď nižší. Miesta, v ktorých sú stromy najviac postihnuté nejakým druhom stresu, alebo sú uhynuté, sú vyznačené červenou až bordovou farbou.

### 5.2. Analýza a výsledky v prostredí softvéru Pix4D

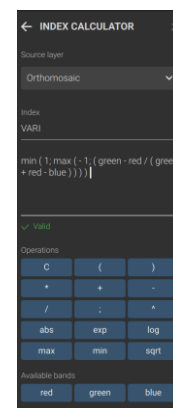
Po analýze v softvéri DroneDeploy bola vykonaná analýza snímok v prostredí Pix4D. Avšak pri použití tohto softvéru neboli výsledky príliš spoľahlivé ako je možné vidieť aj na Obrázku 4 a Obrázku 6.



Obrázok 4: Ortomozaická mapa lesnej škôlky. Zdroj: Autori, vytvorené v prostredí softvéru Pix4D.

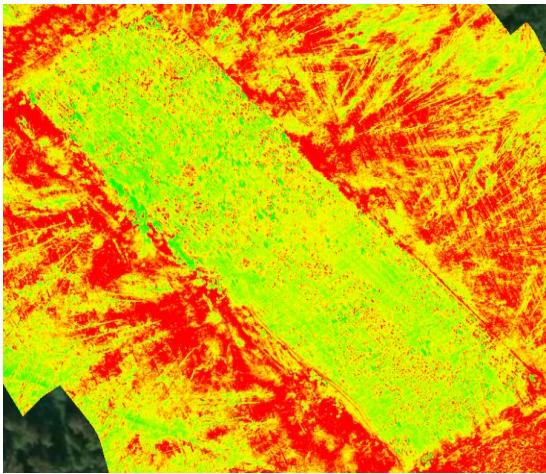
Pri vytvorení ortomozaickej snímky (Obrázok 4) softvér nedokázal rozlíšiť územné ohraničenie ako v prípade softvéru DroneDeploy, v ktorom bol automatizovaný let naplánovaný a preto softvér vytvoril mozaiku snímok, v ktorých sú zahrnuté aj okolité stromy z porastov obklopujúcich lesnú škôlku.

Pri analýze zdravotného stavu neboli k dispozícii pomocné nástroje, ktoré by vytvorili takúto analýzu automaticky. Z toho dôvodu bolo nutné vytvoriť index podľa nasledujúceho vzorca VARI do prostredia softvéru, ktorý je znázornený na Obrázku 5.



Obrázok 5: Zadanie rovnice pre výpočet indexu VARI. Zdroj: Autori, vytvorené v prostredí softvéru Pix4D.

Po zadání vzorca softvér vygeneroval snímku znázornenú na Obrázku 6 a interpretácia hodnôt v závislosti od farieb je rovnaká ako pri softvéri DroneDeploy. V práci sa ďalej uvádza, že práca v softvéri Pix4D je komplikovaná a vyhodnotené výsledky autori nepokladajú za plnohodnotné.



Obrázok 6: Vygenerovaná snímka v indexe VARI v rámci ortomosaickej mapy. Zdroj: Autori, vytvorené v prostredí softvéru Pix4D.

Druhý vykonaný let bol za účelom vizuálneho monitorovania stromového parazita Imelovca európskeho [19]. Výsledkom bolo vytvorenie videozáznamu, ktorý poskytuje prevádzkovateľovi vizuálne identifikovať jednotlivé stromy napadnuté parazitom a v akom rozsahu sa na stromoch vyskytuje. Na základe konzultácie výsledkov s konkrétnym lesníkom je takáto metóda spoľahlivá, účinná a v porovnaní so štandardným vizuálnym monitorovaním zo zeme je obstaranie dát rýchlejšie. Podľa jeho slov má potenciál do budúcnosti, kedy by mohla byť využívaná aj ako primárna metóda pre monitorovanie imelovca alebo iných stromových parazitov. Snímky z videozáznamu sú zobrazené v koláži fotografií ilustrovaných na Obrázku 7.



Obrázok 7: Koláž fotografií výskytu Imelovca európskeho vytvorených z videozáznamu. Zdroj: Autori, vytvorené modelom UAV DJI Phantom 4 Advanced.

## 6. Zhrnutie poznatkov a navrhované využitie bezpilotných prostriedkov v podmienkach slovenskej republiky

Na základe analýzy práca dospela k záverom, že existuje veľa možností využitia bezpilotných prostriedkov v segmentoch lesníctva a poľnohospodárstva. Avšak je potrebné zhodnotiť reálne využitie takýchto prostriedkov pri implementácii v podmienkach Slovenskej republiky. Dôležitým aspektom pri rozhodovaní o vhodnosti využitia modelov UAV v lesníctve a poľnohospodárstve je nielen aktuálna legislatíva – čo predstavujú letecké práce, kto môže vykonávať takéto letecké práce a podľa akého zákona sa musia riadiť, ale aj voľnosť pri vykonávaní leteckých, ktorá je do určitej miery ovplyvnená rozsahom chránených oblastí na území Slovenskej republiky.

Výber hardvérového a softvérového vybavenia je individuálny a závisí od osobných preferencií, avšak z ekonomického hľadiska a hľadiska spoľahlivej a plynulej spolupráce zariadení práca odporúča model UAV a softvér od spoločnosti DJI, ktorý pokladá za najoptimálnejšie riešenie, vzhľadom k tomu, že sú to produkty jedného výrobcu a ich používanie je synergické.

Zhrňa metodiku postupovania pri plánovaní a vykonávaní leteckých prác s ohľadom na legislatívu, vzdušný priestor, chránené oblasti a predletovú prípravu. Súčasťou tohto zhrnutia je aj stručný opis vykonaných demonštračných letov a postupom pri spracovaní údajov a ich vyhodnotenie.

Do práce bola zahrnutá aj myšlienka, ktorá slúži ako inšpirácia pre vypracovanie budúcich prác. Myšlienka sa týka vytvorenia modelu a konštrukcie mechanizmu, prispôbeného pre konkrétny model UAV. Tento mechanizmus má slúžiť na spúšťanie vakcín pre líšky, ktoré sú vakcinované z dôvodu eliminácie šírenia besnoty v prírode. Súčasťou je stručný opis odporúčaných pomôcok a autormi navrhnutý postup, ktorý by mohol byť použitý pri vypracovaní práce.

## Podakovanie

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky KEGA 046ŽU-4/2019 s názvom „Inovácia vzdelávania v oblasti prevádzky lietadiel spôsobilých lietať bez pilota“.

## 7. Záver

Na záver práca hovorí o tom, že naplnila ciele, ktoré si v úvode vytýčila. V prvých častiach na základe teoretických poznatkov o bezpilotných prostriedkoch uviedli ich charakteristiku z historického, legislatívneho a užívateľského hľadiska. Zaoberali sa segmentami lesníctva a poľnohospodárstva a diaľkovým prieskumom, ktorý využíva bezpilotné prostriedky a prídavné príslušenstvo ako senzory nevyhnuté pre akvizíciu dát.

Na základe analýzy dostupnej literatúry, vedeckých článkov a internetového prieskumu, vďaka ktorým práca dokázala identifikovať konkrétne činnosti a možnosti využitia bezpilotných prostriedkov v lesníctve a poľnohospodárstve.

Pre vykonanie činností s použitím bezpilotných prostriedkov sa zaoberala prieskumom hardvérového a softvérového vybavenia a spracovala ponúkané produkty na trhu vybraných výrobcov. Práca sa zaoberala podmienkami, ktoré treba dodržať pri

plánovaní letu a medzi ktoré patrí kontrola vzdušného priestoru Slovenskej republiky, chránené oblasti a územia a opis postupov pri identifikovaní takýchto území.

Ďalším naplneným cieľom práce bolo pomocou modelu UAV strednej triedy vykonať lety za účelom obstarania a analýzy snímok s RGB kamerou. V tejto časti bol opísaný postup pri plánovaní letu, predletovej príprave a s výsledkami, že cieľ sa podarilo naplniť len čiastočne z dôvodu komplikácií pri vyhodnocovaní údajov v softvéri Pix4D.

V poslednej časti práca kompletizovala nadobudnuté poznatky, ktoré boli doplnené o myšlienku spúšťacieho mechanizmu pre konkrétny model UAV za účelom vakcinácie líšok, pričom táto myšlienka má slúžiť k inšpirácii pre vypracovanie budúcich prác iných študentov.

## Referencie

- [1] N. PETTORELLI. 2013. *The Normalized Difference Vegetation Index*. OUP Oxford, s.194, 2013.
- [2] HUMBOLDT STATE UNIVERSITY. 2014. *Vegetation Spectral Reflectance Curves* [online] Dostupné na internete: [http://gsp.humboldt.edu/OLM/Courses/GSP\\_216\\_Online/lesson2-1/vegetation.html](http://gsp.humboldt.edu/OLM/Courses/GSP_216_Online/lesson2-1/vegetation.html)
- [3] NETTORELLI N. a kol. 2013. *Normalized difference vegetation index (NDVI) as a predictor of forage availability of ungulates in forest and field habitats*. 2013. [online]. Dostupné na internete: [https://www.researchgate.net/publication/257496930\\_Normalized\\_difference\\_vegetation\\_index\\_NDVI\\_as\\_a\\_predictor\\_of\\_forage\\_availability\\_for\\_ungulates\\_in\\_forest\\_and\\_field\\_habitats](https://www.researchgate.net/publication/257496930_Normalized_difference_vegetation_index_NDVI_as_a_predictor_of_forage_availability_for_ungulates_in_forest_and_field_habitats)
- [4] E. HYYPPA a kol., 2020. *Under-canopy UAV laser scanning for accurate forest field measurements*, *ISPRS-J. Photogramm. Remote Sens.*, roč. 164, s. 41–60, jún. 2020, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2020.03.021.
- [5] M. SLAVÍK a kol., 2020. *UAV Laser Scans Allow Detection of Morphological Changes in Tree Canopy*, *Remote Sensing*, roč. 12, č. 22, Art. č. 22, jan. 2020, doi: 10.3390/rs12223829.
- [6] L. F. RAMALHO DE OLIVEIRA a kol., *Moving to Automated Tree Inventory: Comparison of UAS-Derived Lidar and Photogrammetric Data with Manual Ground Estimates*, *Remote Sensing*, roč. 13, č. 1, Art. č. 1, jan. 2021, doi: 10.3390/rs13010072.
- [7] J. GALKO a kol., *Practical use of drones in forest protection*. 2019. APOL, 2019, vol. 1, no. 1, s. 28–33. 2019
- [8] A. LÓPEZ a kol. 2021 *A framework for registering UAV-based imagery for crop-tracking in Precision Agriculture*, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, roč. 97, s. 102274, máj. 2021
- [9] X. XU a kol. 2021. *Estimating Leaf Nitrogen Content in Corn Based on Information Fusion of Multiple-Sensor Imagery from UAV*, *Remote Sens.*, roč. 13, č. 3, s. 340, feb. 2021
- [10] E. R. HUNT A S. I. RONDON, 2017. *Detection of potato beetle damage using remote sensing from small unmanned aircraft systems*, *J. Appl. Remote Sens.*, roč. 11, s. 026013, máj. 2017
- [11] DRONE SEED. 2020. *Rapid Reforestation*. [online] Dostupné na internete: <https://www.droneSeed.com>
- [12] DRONECORIA, 2018. *Open Technologies*. [online] Dostupné na internete: <https://droneCoria.org/en/open-technologies/>
- [13] SENTERA. 2021. *About Us* [online] Dostupné na internete: <http://sentera.com/about-sentera/>
- [14] DJI. 2021. *P4 Multispectral*. [online] Dostupné na internete: <https://www.dji.com/sk/p4-multispectral>
- [15] MICASENSE. 2021. *About*. [online] Dostupné na internete: <https://micasense.com/about/>
- [16] DJI. 2021. *Phantom 4 Advanced - Product Information* [online] Dostupné na internete: <https://www.dji.com/sk/phantom-4-adv/info>
- [17] DRONEDEPLOY. 2021. *Pricing & Plans*. [online] Dostupné na internete: <https://www.droneDeploy.com/pricing.html>
- [18] PIX4D. 2020. *Pricing plans for Pix4Dfields agriculture mapping software*. [online] Dostupné na internete: <https://www.pix4d.com/pricing/pix4dfields>
- [19] ELIÁŠ P. 2007. *Úhyn Imelovca (Lorathus europaeus Jacq.) na severnej hranici rozšírenia v Európe: Slovensko. Dreviny v mestskom prostredí a v krajine. Aktuálne trendy dendrologického výskumu a praxe*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2007. ISBN 978-80-8069-964-2.