

# OPTIMALIZÁCIA VYHLADÁVANIA OSÔB ZA POMOCI TERMOVÍZNEHO SKENU PROSTRIEDKOV UAV

## OPTIMIZATION OF SEARCH FOR PERSONS USING THERMOVISION SCAN USING UAV RESOURCES

**Eubomír Nosál**

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia  
lubomir.nosal.2@gmail.com

**Pavol Pecho**

Air Transport Department, University of Zilina, Slovakia  
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

**Abstract** - The main aim of the paper is to optimize person search by using UAV with infrared camera. Author's goal is to confirm experiment which he came up with and to also confirm theoretical knowledge about the discussed matter. The objective of the paper is to look at the problem from as many views as possible. Every point of view has to be analyzed and optimal solution for the problem should be found. In order to use technical devices one has to understand how the machines work and understand the basic principles which the machines are based on. Working principles of infrared cameras are interpreted also the radiation which every object emits and which the camera scans is described. In the master paper are analyzed study cases from real search and rescue missions. The solutions of these study cases are proposed by using UAV with infrared camera. The most important part of the paper is the experimental phase. The optimal angle which the camera is mounted under the UAV is solved and discussed. Also the factors which affect the camera during the flight are evaluated. At the end of the paper one can find concept how to fight COVID-19 by using knowledge acquired from the paper.

**Key words** – UAV, thermovision, infrared camera, optimal angle, COVID-19.

### I. ÚVOD

V dnešnej modernej dobe sa čoraz viac začínajú využívať bezpilotné lietajúce zariadenia. Na začiatku to boli jednoduché stroje, ktoré boli využívané na hobby. Dnes už našli profesionálne využitie v najrozličnejších sférach. Používajú sa hlavne na snímkovanie a prehľadávanie okolia, ale taktiež našli svoj význam aj v poľnohospodárstve na postrek plodín.

Teplota patrí medzi najzákladnejšie a najpotrebnejšie veličiny, bez tepla by neexistoval život. Infračervené kamery snímajú vyžarovanú energiu, ktorá úzko súvisí s teplom. Autor si

ako hlavnú náplň práce vybral skúmanie sústavy bezpilotného lietajúceho zariadenia a infračervenej kamery.

Práca by mala nájsť využitie v praktickom živote a vylepšiť momentálne používané princípy a koncepty. Autor v práci opíše reálne prípadové štúdie z oblasti vyhľadávania osôb vo vysokohorskom teréne. Po spracovaní prípadových štúdií vyhodnotí potrebné údaje na skúmanie. Tieto údaje experimentálne overí. Po získaní údajov a skúseností s praktickým lietaním autor navrhne riešenie prípadových štúdií s optimálnym využitím sústavy UAV a infračervenej kamery.

Pre nájdenie optimálneho riešenia autor považuje za nevyhnutné experimentálne overiť uhol nastavenia infračervenej kamery voči vzťažnej rovine UAV. Na sústavu počas letu vplyva mnoho rozličných faktorov. Tie, ktoré vplyvajú najviac, treba buď eliminovať alebo sa naučiť s nimi pracovať.

### II. VŠEOBECNÝ PRINCÍP ČINNOSTI INFRAČERVEJ KAMERY

#### FYZIKÁLNA PODSTATA ŽIARENIA

Všetky predmety, ktoré majú teplotu väčšiu ako absolútna nula vyžarujú energiu v podobe elektromagnetického žiarenia. Toto žiarenie môžeme taktiež nazvať tepelným žiarením objektu. Žiarenie tohto druhu má súvis s povrchovou teplotou telesa, tým pádom ak dokážeme zmerať intenzitu žiarenia, vieme určiť aj teplotu objektu. Na tomto princípe funguje bezdotykové meranie teploty infračervenou kamerou.

Infračervené žiarenie bolo objavené v roku 1800 astronómom Williamom Herschelom. Je časťou elektromagnetického žiarenia, vlnová dĺžka tohto žiarenia je väčšia ako viditeľné svetlo, ale kratšia ako mikrovlnné žiarenie. Fyzikálnu povahu má podobnú ako viditeľné žiarenie.

Emisivita je schopnosť povrchu telesa vyžarovať elektromagnetické žiarenie. Je bezrozmerná. Jej označenie je  $\epsilon$ . Emisivita reálnych objektov sa pohybuje v rozmedzí od  $0 < \epsilon <$

1. Hodnotu 1 dosahuje model telesa, ktoré nazývame absolútne čierne teleso. Hodnotu nula dosahuje ideálne zrkadlo. Emisivitu povrchu musíme brať v úvahu pri meraní s infračervenou kamerou. Emisivita do veľkej miery ovplyvňuje výsledok merania. Chyba môže vzniknúť pri nesprávnom nastavení kamery, alebo pri nevhodnom zhodnotení povrchu operátorom kamery.

### INFRAČERVENÁ KAMERA

Konštrukcie novodobých infračervených kamier sa veľmi nelíšia od konštrukcií klasických kamier a fotoaparátov. Zjednodušene môžeme opísať princíp fungovania ako premietnutie dopadajúceho žiarenia cez objektív na detektor. Detektor zmeria intenzitu dopadajúceho žiarenia. Tieto informácie sú ďalej spracované elektronikou a softwarom do digitálnej formy. Je z nich vytvorený obraz a poskytnuté potrebné informácie.

Dnešné infračervené kamery merajú v teplotnom rozsahu od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+3000^{\circ}\text{C}$ . Citlivosť meraní dosahuje  $0,1^{\circ}\text{C}$  a viac. Tieto hodnoty súvisia s teplotou objektu a typom použitej termovíznej kamery. Pre zaujímavosť - ľudské oko dokáže vnímať teploty a teplotné polia objektov ak objekt dosahuje teplotu  $500^{\circ}\text{C}$  a viac.

Konštrukcia infračervenej kamery a základné vlastnosti modulov:

- 1.Modul optiky - Premieta a sústreďuje žiarenie na detektor, prevádza optický rozklad
- 2.Modul detektora -Zmeranie intenzity žiarenia a prevod na elektrický signál
- 3.Elektronika a software - zmena analógového signálu na digitálny, tvorba obrazu, užívateľské funkcie. [2] [3]

### III. NÁVRH NA ZMENU LEGISLATÍVY PRE OPTIMÁLNE VYUŽÍVANIE UAV S INFRAČERVENOU KAMEROU

Pri využívaní UAV s infračervenou kamerou pre potreby pátrania a záchrany navrhujem dodanie ďalších bodov do kategórie prevádzky v záchranných zložkách integrovaného záchranného systému: Bezpilotný prostriedok v momentálnej legislatíve môže lietať len za stáleho vizuálneho kontaktu s operátorom. Tento bod pre potreby pátrania a záchrany značne obmedzuje činnosť a dosah UAV. Keďže bezpilotné lietadlo má v podvese kameru, operátor môže bezpečne využívať zariadenie aj bez stáleho vizuálneho kontaktu. Ďalším bodom, ktorý priamo nadväzuje na predošlý bod, je pravidlo maximálnej vzdialenosti UAV a operátora, ktorá činí 1000 m horizontálne. Pri letoch vo vzdušnom priestore triedy G je možné prevádzkovať UAV len do výšky 120m. Pri nastaveniach infračervenej kamery voči UAV s uhlom  $60$  stupňov a viac je efektívna výška letu nad touto vertikálnou hranicou. Autor navrhuje zvýšiť toto vertikálne obmedzenie pre potreby pátrania a záchrany.

### IV. PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA

Lokalizácia osôb pomocou termovízneho skenu s bezpilotným lietajúcim zariadením má veľký potenciál hlavne pri SAR ( Search and Rescue) - pátracích a záchranných akciách. Tam, kde sa presne nevie lokalita hľadanej osoby. Jedným takýmto odvetvím je Horská záchranná služba. Po odborných konzultáciách so skúseným členom Horskej záchranej služby bolo možné vypracovať prípadové štúdie pre využitie UAV pre SAR.

#### PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA:

Prípad sa odohral na jeseň v septembri roku 2019. Jednalo sa o návštevníkov Vysokých Tatier z Českej republiky. Približná poloha nezvestných v tomto prípade je daná.

Horolezci mali v úmysle vyliezť na Kežmarský štít Birkenmajerovou cestou. Výstup na štít im zabral viac času ako očakávali a pri zotmívaní ešte aj zablúdili. Pretože neboli zranení a v plnej fyzickej kondícii, rozhodli sa nevolať o pomoc a spraviť si bivak na večer. Ráno po chladnej noci usúdili, že nevedia naviazať späť na lezeckú cestu, ktorou liezli a tak zavolali o pomoc na ústredňu Horskkej záchranej služby.

Na Horskej službe usúdili, že dvojica horolezcov nepotrebuje okamžitú pomoc a nie sú zranení. Nebolo nutné, aby pracovník Horskkej služby liezol na vrchol Kežmarského štítu a odtiaľ navigoval stratených na vrchol. Kežmarský štít sa nachádza v Skalnatej doline juhovýchodne od Lomnického štítu. Na Lomnický štít vedie od Skalnatého plesa lanovka. Členovia Horskkej záchranej služby kontaktovali pracovníkov lanových dráh a požiadali ich o pomoc pri lokalizovaní nezvestných pomocou ďalekohľadu. Po lokalizovaní stratených člen Horskkej služby pomocou mobilného zariadenia úspešne znavigoval dvojicu horolezcov až na vrchol Kežmarského štítu, odkiaľ sa po zostupovej ceste vrátili do bezpečia. Prípady straty orientácie v horách sú bežné. Narozdiel od tohto prípadu, nie všade sa nachádzajú lanové dráhy alebo je terén obývaný ľuďmi. V prípade, kde by externí ľudia nevedeli lokalizovať stratené osoby, by museli pracovníci Horskkej služby vyliezť a nájsť stratených horolezcov. V tomto prípade sa dá využiť bezpilotný lietajúci prostriedok s infračervenou kamerou, ktorý by za pomoci jeho operátora doletel pod štít a pomocou vyžarovanej energie by našiel stratených. Potom za stáleho kontaktu UAV s termovíziou by operátor naviedol hľadané osoby späť na zostupovú cestu.



Obrázok 1: Birkenmajerova cesta na Kežmarský štít, približná poloha stratených v čiernom krúžku [1]

**POSTUP RIEŠENIA PRÍPADOVEJ ŠTÚDIE S VYUŽITÍM UAV POMOCOU INFRAČERVENEJ KAMERY**

Pátracia a záchranná akcia druhu uvedenom v prípadovej štúdií by sa konala za pomoci UAV s infračervenou kamerou, ak by horolezci uviazli v stene, pri ktorej by bola potreba zásahu HZS. Postup členov HZS je nasledovný. Po prijatí hovoru a identifikácii steny v ktorej sa horolezci nachádzajú, členovia HZS vyrazia spolu s technikou UAV do bodu, odkiaľ má UAV dolet. Vo väčšine prípadov, po začiatok doliny v ktorej sa stena nachádza. Členovia prichytia infračervenú kameru pod UAV s horizontálnou orientáciou (0°). Letová cesta bude odlišná ako v ostatných prípadoch. UAV nebude sledovať cestu v horizonte, ale vo vertikále. Operátor UAV identifikuje začiatok lezeckej cesty na infračervenej snímke a vo vertikálnom lete smerom nahor prehľadá stenu. Bude nasledovať lezeckú líniu spolu s možným vybočením lezcov. Po vyhľadání stratených lezcov ich pomocou mobilného telefónu znaviguje späť na zostupovú cestu. V danom prípade operátor bude letieť s dronom 250m od steny. Je to experimentálne zistená hodnota, ktorá určuje pri danej konfigurácii maximálnu vzdialenosť pri ktorej je možné rozoznať na infračervenom snímku osoby. Pri vyhľadávaní osôb na skalnej stene je predpoklad dobrého tepelného rozdielu osôb s terénom. Nepredpokladá sa výskyt mylných teplých bodov, ani ďalších osôb. Teplota skalnej steny závisí od jej orientácie a polohy slnka.

Využitie UAV s termovíziou je v prípadoch tohto druhu žiaduce. Šetri energiu a čas záchranárov, ktoré môžu byť využité pri akciách so zranenými osobami. Záchranár by musel vylietť celú stenu až na vrchol, z vrchola pomocou ďalekohľadu lokalizovať stratených a odtiaľ ich navigovať smerom hore ku nemu. Z vrcholu by potom spolu zlanili do doliny. Pri použití UAV nemusí ani prísť do doliny, stačí mu pozícia na dolet UAV. Akcia bez použitia UAV zaberie pol dňa, s použitím do niekoľkých hodín. [12]

**V. PRAKTICKÁ ČASŤ****EXPERIMENTÁLNE OVERENIE NASTAVENIA KAMERY VOČI ROVINE UAV**

Prvým krokom pri hľadaní optimalizácie vyhľadávania osôb za pomoci infračervenej kamery je nájdenie nastavenia uhla kamery voči vzťažnej rovine lietajúceho zariadenia. Uhol nastavenia bude autor overovať experimentálne. Určí rôzne nastavenia infračervenej kamery voči UAV a bude sledovať ako sa mení maximálna vzdialenosť a výška rozoznania osoby v teréne.

**VYHODNOTENIE**

Uskutočnili sa 3 letové dni, v ktorých bolo viacero letových úloh pre vyhodnotenie optimalizácie vyhľadávania osôb za pomoci termovízneho skenu prostriedkom UAV.

Hlavnou úlohou bolo nájdenie správneho uhla podvesenia kamery pod UAV. Autor dospel k záveru – nie je možné určiť jeden uhol, ktorý bude optimálny pre každý let. Je možné určiť optimálny uhol kamery pre hlavné skupiny situácií.

Sklon kamery s horizontálnou orientáciou (0°) vyhodnotil autor ako nevyhovujúci v bežných situáciách pre

potreby vyhľadávania osôb za pomoci infračervenej kamery s UAV. Tento sklon je možné využiť len v špecifických prípadoch. Vid' prípadovú štúdiu.

Sklon kamery s 20° uhlom voči UAV vyhodnotil autor ako za jedno z hlavných nastavení. Tento typ nastavenia je vhodný do rovných terénov bez významných prekážok. Je ho možné využiť pri pátracích akciách v dolinách. V dolinách vysokohorského prostredia nie je veľa flóry, čo robí tento sklon kamery optimálnym pre dané prostredie. Dosah infračervenej kamery v našej konfigurácii bol experimentálne overený na 269 m pri výške 54 m.

Sklon kamery so 60° uhlom voči UAV je vhodný na použitie do terénu s vyššími prekážkami. Nevýhodou 60° sklonu je znížená dopredná dohľadnosť a tento sklon kamery kladie vyššie nároky na techniku pilotáže operátora UAV. Experimentálne overený dosah danej infračervenej kamery pri 60° náklone kamery je 203m vo výške 120m. Praktické skúsenosti preukázali potrebu nižšieho letu, hlavne v oblasti s flórou.

Sklon kamery s vertikálnou orientáciou (90°) autor doporučuje použiť v husto zalesnenom, zastavanom, zarastenom prostredí. Dopredná letová dohľadnosť je skoro nulová. Autor doporučuje pri tomto nastavení použiť sekundárnu vizuálnu kameru pre potreby navigácie. Experimentálna maximálna výška počas ktorej je stále rozoznateľná hľadaná osoba je 120m. Okrem optimálneho uhla kamery boli vyhodnotené faktory, ktoré vplyvajú na prevádzku takejto sústavy. V diplomovej práci boli vyhodnotené faktory: vplyv letovej cesty UAV, teplota, vlhkosť, vietor, oblečenie osôb, orografia.

Faktor, ktorý najviac ovplyvňuje danú problematiku je teplota. Nejedná sa o vonkajšiu teplotu, ale o teplotu prostredia/pozadia na ktorom je hľadaná osoba snímaná. Vplyvom emisivity prostredia môže byť aj reálne studený objekt na infračervenej snímke vykreslený ako teplý a znížiť teplotný rozdiel medzi osobou a prostredím. S týmto javom musí operátor UAV počítať a letovú cestu pri vyhľadávaní prispôbiť podmienkam daného letového dňa.



Obrázok 2 : Príklad maximálnej vzdialenosti s nastavením 60° [11]

Tabuľka 1: Namerané hodnoty uhlu kamery vs vzdialenosti [11]

Uhol kamery	0°	20°	60°	90°
Maximálna vzdialenosť	250 m	269 m	203 m	20 m
Výška	1 m	54 m	120 m	120 m

Tabuľka 2: Zhodnotenie výsledkov uhlu nastavenia kamery [11]

Uhol Nastavenia	0°	20°	60°	90°
Výhody	Let v nízkej výške, ak je výškove obmedzenie. Snímaná celá plocha osoby.	Najväčšie využitie, ďaleký dosah kamery, pri optimálnej výške letu.	Dosah kamery v oblasti s prekážkami, viditeľnosť cez koruny stromov	Let v ťažko dostupnom teréne.
Nevýhody	Už aj malé prekážky vytvárajú kamerový tieň.	Malé a stredné objekty vytvárajú prekážky. Maximálne prekážky – auto, ker, plot.....	Horizontálna dohľadnosť znížená, snímaná plocha osoby zmenšená. Nižšia letová výška v oblasti stromov.	Žiadna dopredná dohľadnosť, osoby sú snímané ako teplé body.
Prostredie využitia	Špeciálne prípady – snímanie vo vertikále (skalné steny)	Lúky, polia, doliny s malou a strednou flórou.	Prostredie s vysokými prekážkami – stromy, budovy, kamene. Ich výskyt riedky až stredný	Prostredie s vysokými prekážkami s hustým výskytom.

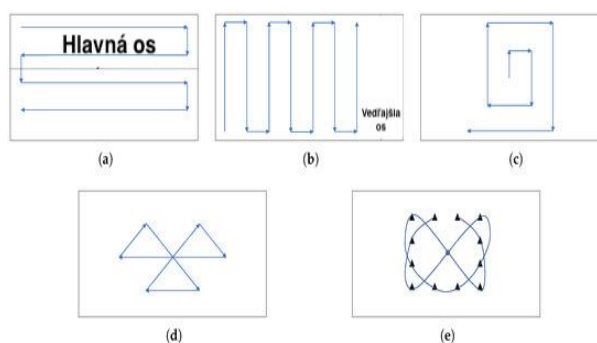
### LETOVÉ CESTY

Okrem poznania správneho nastavenia kamery, treba pri lokalizácii osôb pomocou infračervenej kamery zvoliť správnu letovú cestu. Správna letová cesta musí umožniť prehľadat' celú vopred definovanú plochu v čo najkratšom čase. Nie je možné určiť jeden typ letovej cesty, ktorý bude vždy najoptimálnejší. Pri rozhodovaní aký typ letovej cesty bude pri vyhľadávaní využitý, treba zobrať do úvahy viaceré faktory. Faktory ovplyvňujúce výber vhodnej letovej cesty: Typ bezpilotného lietajúceho zariadenia a kamery, nastavenie kamery, poveternostné podmienky, rozloha prehľadávanej plochy, členitosť a štruktúra plochy, vyhradené letové priestory, informácie o hľadanej osobe, počet dostupných UAV.

Pri skúmaní terénu za pomoci leteckej techniky sa využívajú buď jednoduché obrazce, alebo zložité obrazce za využitia algoritmov. Pre potreby vyhľadávania osôb za pomoci termovízneho skenu postačujú jednoduché obrazce, keďže sa pozná približná lokalita aj plocha, v ktorej sa bude lietať.

Pri voľbe nalietavaného obrazca treba brať do úvahy jeho zložitosť. Čím je obrazec zložitejší, tým viac zmien kurzov

v ňom bude. Pri zmene kurzu musí operátor bezpilotné lietadlo spomaliť, zvoliť a previezť nový letový smer a opäť nabráť rýchlosť. Tieto zmeny kurzov a letových režim pohlcujú čas a výdrž batérie. Letové obrazce, pri ktorých sa dbá na čo najefektívnejšie využívanie energie sa nazývajú energy-aware paths. [4] [5]



Obrázok 3: Příklad letových ciest [10]

## FAKTOR TEPLOTA PRI VYHĽADÁVANÍ OSÔB ZA POMOCI UAV S INFRAČERVENOU KAMEROU

Pri praktickom overovaní optimalizácie vyhľadávania osôb za pomoci termovízneho skenu s prostriedkom UAV boli vykonané 3 letové dni. V dvoch prípadoch bola teplota okolo 12° C a v treťom dni dosiahla teplota 23° C. Autor z nameraných výsledkov vyvodil záver. Rozdiel teplôt v danom rozsahu nemal vplyv na teplotu osôb a ich zobrazenie na infračervenej snímke. Pri vyhľadávaní osôb za pomoci infračervenej kamery malo najväčší vplyv pozadie, na ktorom sa nachádzali osoby. Praktické cvičenia sa vykonávali nad poľom, lúkou a aj v prostredí s výraznejšou flórou. Tieto prostredia aj vplyvom vyššej teploty (23° C) boli na infračervenej snímke vykreslené ako chladné a bol vytvorený dostatočný teplotný rozdiel medzi prostredím a osobou pre vyhľadávanie.

Teplotné prostredie a pozadie, na ktoré mala vplyv teplota, boli umelo vytvorené objekty. Boli to napríklad stĺpy elektrického vedenia, cesty, strechy... .

Treťou kategóriu sú pozadia, na ktoré nemala vplyv teplota. V reále boli studené, ale infračervená kamera ich vykreslila ako teplé objekty. Sú to napríklad lesklé objekty, ktoré odrážajú slnečné žiarenie. Pri experimentálnom overovaní boli takýmito objektami napríklad – Auto, budovy, terénne nerovnosti... . [6]



Obrázok 4: Rôzne typy povrchu a ich vplyv na infračervenú snímku [11]

Na obrázku číslo 3 sú znázornené 3 typy povrchov. V prvom krúžku (bielom) je nasnímané pole. Je to typ pozadia, ktoré je v reále aj na snímke studené. V druhom krúžku (červenom) je znázornené pozadie, ktoré je teplé reálne a aj na snímke. Je to cesta. Je možné na infračervenej snímke pozorovať rozdielne materiály cesty. Cesta je po oprave a záplata je zohriata viac ako pôvodný materiál cesty. V treťom krúžku (zelenom) je znázornený zdanlivo teplý povrch. Je to spôsobené odrazom slnečného žiarenia a typom povrchu.

## VI. RIEŠENIE MOMENTÁLNEJ SITUÁCIE – COVID-19

### COVID-19

Ku dňu 17.05.2020 je vo svete rozšírený vírus nazývaný COVID-19. COVID-19 je koronavírusom SARS-CoV-2. Je to infekčné ochorenie, ktoré sa u pacientov prejavuje závažným respiračným ochorením. Postihuje dýchací systém, kedy môže dôjsť až ku ťažkému zápalu pľúc a úmrtiu. Medzi hlavné príznaky ochorenia patrí zvýšená teplota – vo väčšine prípadov nad 38° C, kašeľ, problém s dýchaním, bolesť svalov, bolesť hlavy, únava a strata čuchu a chuti. Vírus je vysoko nákazlivý a vo svete vládnu tvrdé opatrenia proti ďalšiemu šíreniu. Väčšina štátov uzatvorila svoje hranice, pohyb obyvateľov je obmedzený. Zvýšená teplota patrí medzi prvé príznaky ochorenia. Opatrenia prijaté vo svete zahŕňajú meranie teploty pred vstupom do uzatvorených priestorov. Spôsobov merania teploty za týmto účelom je viacero. Používajú sa bezkontaktné teploměry, stacionárne infračervené kamery, alebo prechody, ktoré automaticky zmerajú teplotu človeka a ihneď ju vyhodnotia.

Autor prišiel na jedno z možných riešení proti boju s COVID-19 a to praktickým využitím jeho poznatkom zo spracovávnych údajov z diplomovej práce. Je to používanie bezpilotného lietajúceho zariadenia s infračervenou kamerou. Infračervené kamery používané v takejto sústave musia merať s vysokou presnosťou. Kamera FLIR Vue Pro 336, ktorá bola použitá na praktickú časť diplomovej práce nespĺňa požadované vlastnosti. Slovenská republika ku dnešnému dňu disponuje s infračervenými kamerami, ktoré dosahujú požadované parametre. Tieto kamery budú využívané na stacionárne meranie teplôt.

### NÁVRH RIEŠENIA

Infračervené kamery podvesené pod UAV nebudú merať teplotu osobám tesne pred vstupom do budov. Zariadenie bude slúžiť na zmeranie teploty vo väčšej vzdialenosti, ešte pred vstupom do budovy alebo areálu. Ak sa budú merať teploty osobám vo väčšej vzdialenosti od vstupu do areálu a nebude jedno fixné miesto na toto meranie, zabráni sa tvoreniu radám a zoskupovaniu ľudí. V radách sa zvyšuje riziko nakazenia od chorej osoby. Z praktických znalostí z diplomovej práce autor navrhuje 20° stupňový sklon kamery voči UAV, tento sklon zaistí potrebnú letovú výšku, vzdialenosť UAV od meraných osôb a takisto nasníma meranú plochu osoby pod malým uhlom. Hlavnou výhodou použitia navrhovaného systému je jeho flexibilita.

Momentálne na letisku Incheon International Airport, ktoré sa nachádza v Kórejskej republike zaviedli meranie teploty na letisku. Využívajú stacionárne body a merajú s kamerami FLIR T530. Merania sa vykonávajú v troch oblastiach : 1. Pred odbavením cestujúcich 2. pred bezpečnostnou kontrolou 3. pred nástupom do lietadla.

Kamery slúžia len na hrubé meranie, ak sa zistí zvýšená teplota, kamera vydá zvukový signál. Pracovníci letiska následne podozrivej osobe zmerajú teplotu ručným teplomerom a zhodnotia jej zdravotný stav.

Infračervenú kameru FLIR T530 za použitia s UAV by bolo potrebné mierne upraviť pre podvesenie. Výrobca udáva dosah kamery 40 m, čo je dostačujúce pre použitie pod UAV.

Meranie teploty za použitia infračervenej kamery FLIR T530 na letisku Incheon International Airport vykazuje problém s nedostatočnou kapacitou kamier. Meranie cez fixný bod vytvára problém hromadenia osôb. Návrh využitia UAV by tento problém odstránil a selektoval by osoby ešte pred vstupom do tohto fixného bodu. Meranie teploty za pomoci UAV by slúžilo len na hrubé odhadnutie teploty, selektované osoby by sa podrobili ručnému (presnému) meraniu teploty. [7] [8] [9]

## VII. ZÁVER

Hlavnou náplňou práce bolo overiť návrh vyhľadávania osôb za pomoci termovízneho skenu s prostriedkami UAV. Pri overovaní návrhu bolo cieľom získať potrebné údaje na optimalizáciu daného návrhu.

Pri vypracovaní práce autor zhodnotil návrh z teoretickej aj praktickej stránky. V teoretickej časti bola analyzovaná infračervená kamera vo všeobecnosti. Už v tejto časti práce boli vyslovené možné chyby a problémy, ktoré môžu nastať pri praktických letových úlohách. Tieto možné chyby boli prediskutované a v letových úlohách sa na nich bral ohľad.

Počas experimentálneho overovania letových cvičení autor došiel k jednému zo záverov. Pri dodržiavaní momentálnych legislatívnych opatrení nie je možné sústavu UAV a infračervenej kamery využívať v rozsahu celého potenciálu. Autor navrhol úpravu legislatívy

Aby práca nezostala len v teoretickej hladine, boli vypracované reálne prípadové štúdie. Vďaka vypracovaniu prípadových štúdií autor mohol navrhnuť experimentálnu časť. Po odlietaní experimentálnej časti sa autor opäť vrátil ku prípadovým štúdiám a navrhol ich riešenie so sústavou UAV a infračervená kamera s optimálnym riešením, ktoré má ušetriť čas a energiu členom Horskej záchranej služby.

Praktické overenie návrhu tvorí najpodstatnejšiu časť práce. Autor najprv popísal teoreticky cvičenie, ktoré potom experimentálne overil. Nanešťastie sa nepodarilo všetky navrhované aspekty overiť experimentom. Najdôležitejším zistením práce bolo overenie uhlu nastavenia kamery voči vzťažnej rovine bezpilotného lietajúceho prostriedku. Nie je možné určiť jeden uhol za optimálny, ale určili sa hlavné uhly nastavenia a boli popísané prostredia v ktorých je využitie daných uhlov optimálne. Ďalej boli overené faktory, ktoré vplyvajú na vyhľadávacie osôb za pomoci danej sústavy. Sú to faktory ako vonkajšia teplota, teplota prostredia, oblečenie vyhľadávacích osôb, prostredie, v ktorom sa vyhľadáva.

V období písania diplomovej práce vo svete zúri smrteľný a vysoko nakažlivý vírus, nazývaný COVID-19. Autor aplikoval praktické výsledky z práce a našiel využitie pre sústavu UAV s infračervenou kamerou v boji proti vírusu. Na konci práce je popísaný návrh riešenia.

## POĎAKOVANIE

Článok je publikovaný ako jeden z výstupov projektu **KEGA 046ŽU-4/2019** s názvom „Inovácia vzdelávania v oblasti prevádzky lietadiel spôsobilých lietať bez pilota“.

## REFERENCIE

- [1] <http://www.tatry.nfo.sk/tlac.php?kod=02940722:Ke%9Emarsk%FD-%9At%EDt:2558> + autor
- [2] ŠIMKO, M., CHUPÁČ, M. 2007. Termovízia a jej využitie v praxi / Žilinská univerzita, Elektrotechnická fakulta, 2007. - 110 s. ISBN 978-80-8070-654-8
- [3] Všeobecný princíp fungovania termokamier - <http://www.termokamera.cz> [Dátum návštevy: 20.03.2020]
- [4] PECHO, P., AŽALTOVIČ, V., ŠKVAREKOVÁ, I., BUGAJ, M. 2019. UAV usage in the process of creating 3D maps by RGB spectrum, Transportation Research Procedia, Volume 43, 2019, Pages 328-333, ISSN 2352-1465
- [5] BOBÁL, P., SIPINA, S., ŠKULTÉTY, F. 2017. Aspects of Aerial Laser Scanning when exploring unknown archaeological sites (Case study), Transportation Research Procedia, Volume 28, 2017, Pages 37-44, ISSN 2352-1465
- [6] PECHO, P., AŽALTOVIČ, V., KANDERA, B. & BUGAJ, M. 2019. Introduction study of design and layout of UAVs 3D printed wings in relation to optimal lightweight and load distribution. Transportation Research Procedia 40, pages 861-868. COVID-19 - <https://korona.gov.sk/co-je-covid-19/> [Dátum návštevy: 02.05.2020]
- [7] Využitie infračervených kamier v boji proti COVID-19 - [https://www.flir.com/discover/incheon-international-airport-chooses-flir-thermal-imaging-cameras-in-response-to-the-covid-19-pandemic/?utm\\_content=1590074594&utm\\_medium=social&utm\\_source=linkedin&fbclid=IwAR2zXACNvjQxYeeK3p94ap41Ejsa-NvcQT00EhBx0-wLGiY5rO9iw5gfkpg](https://www.flir.com/discover/incheon-international-airport-chooses-flir-thermal-imaging-cameras-in-response-to-the-covid-19-pandemic/?utm_content=1590074594&utm_medium=social&utm_source=linkedin&fbclid=IwAR2zXACNvjQxYeeK3p94ap41Ejsa-NvcQT00EhBx0-wLGiY5rO9iw5gfkpg) [Dátum návštevy: 27.05.2020]
- [8] Infračervená kamera FLIR T530 <https://www.flir.com/products/t530/> [Dátum návštevy: 27.05.2020]
- [9] <https://www.mdpi.com/2504-446X/3/1/4/htm>
- [10] Autor
- [11] KURDEL, P., NOVÁK SEDLÁČKOVÁ, A., LUBUN, J. 2019. UAV flight safety close to the mountain massif. Transportation Research Procedia, Volume 43, 2019, Pages 319-327, ISSN 2352-1465.
- [12] BUGAJ, M. 2015. Aeromechanika 1: základy aerodynamiky. Bratislava : DOLIS, 2015. - 208 s., ilustr. - ISBN 978-80-970419-3-9.

Bc. Ľubomír Nosál –narodený v Poprade absolvoval v roku 2015 Gymnázium Life Academy v Poprade, následne od roku 2015 študoval na Žilinskej univerzite v Žiline odbor letecká doprava. . Od 2018 začal študovať inžiniersky stupeň na Žilinskej univerzite v Žiline odbor Technológia údržby lietadiel.