

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINE

**AUTOREFERÁT
DIZERTAČNEJ PRÁCE**

Žilina, 2025

Ing. Patrik Veľký

Žilinská univerzita v Žiline
Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov
Katedra leteckej dopravy

Ing. Patrik Veľký

Autoreferát dizertačnej práce

**Systém automatického rozpoznávania pozemných objektov bezpilotných
lietajúcich prostriedkov v priemyselnom využití**

na získanie akademického titulu **d o k t o r**
(„philosophiae doctor“, v skratke „PhD.“)
v študijnom odbore doprava,
v študijnom programe doprava.

Žilina 2025

Dizertačná práca bola vypracovaná v dennej forme doktorandského štúdia na Fakulte prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov Žilinskej univerzity v Žiline.

Predkladateľ: Ing. Patrik Veľký
Žilinská univerzita v Žiline Fakulta PEDAS
Katedra leteckej dopravy

Školiteľ: prof. Ing. Andrej Novák, PhD.
Žilinská univerzita v Žiline Fakulta PEDAS
Katedra leteckej dopravy

Oponenti: doc. Ing. Peter Márton, PhD.
Univerzitná 8215, 010 26 Žilina

Ing. Zuzana Kršiaková, PhD.
Legionárska 1, 010 01 Žilina

Autoreferát bol rozoslaný dňa:

Obhajoba dizertačnej práce sa koná dňa 30.6.2025 o 13:00 h. v zasadačke dekanátu fakulty PEDAS pred komisiou pre obhajobu dizertačnej práce schválenou odborovou komisiou v študijnom odbore doprava, v študijnom programe doprava, vymenovanou dekanom Fakulty prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov Žilinskej univerzity v Žiline.

prof. Ing. Miloš Poliak, PhD.
predseda odborovej komisie
študijného odboru doprava

1. Úvodná časť

V súčasnom bezpečnostnom kontexte letísk zohráva perimetrálna ochrana kľúčovú úlohu pri zabezpečení integrity letiskovej infraštruktúry, ochrane cestujúcich a prevencii pred potenciálnymi incidentmi vrátane teroristických hrozieb, neoprávneného vstupu či sabotáže. Napriek tomu viaceré dostupné analýzy a správy z praxe naznačujú, že perimetre letísk zostávajú jedným z najslabších článkov v celkovom bezpečnostnom reťazci.

V posledných rokoch bol zaznamenaný nárast incidentov súvisiacich s neoprávneným vniknutím do letiskových priestorov cez poškodené alebo nedostatočne monitorované oplotenia. Tieto narušenia boli spôsobené nielen ľudskou činnosťou, ale aj vplyvom zveri či pôsobením prírodných faktorov, ktoré môžu poškodiť oplotenie bez priameho ľudského zásahu. Takéto situácie predstavujú nielen bezpečnostné riziko, ale často vedú aj k prevádzkovým komplikáciám a ekonomickým stratám.

Súčasný systémy ochrany perimetra sa v značnej miere spoliehajú na manuálne obhliadky, stacionárne senzory, kamerové systémy s obmedzeným zorným poľom alebo GPS-závislé autonómne platformy. Tieto riešenia sú však často nedostatočné najmä z hľadiska pokrytia rozsiahlych plôch, spoľahlivosti v náročných podmienkach a nákladov na ich dlhodobú prevádzku. Navyše, GPS systémy sú zraniteľné voči úmyselnému rušeniu (jamming), podvrhávaniu signálu (spoofing) alebo výpadkom, čo v prostredí letísk predstavuje neprijateľné riziko.

Tieto výzvy poukazujú na potrebu vývoja autonómneho, inteligentného systému monitorovania perimetra, ktorý by bol schopný fungovať nezávisle od externých navigačných zdrojov, samostatne detegovať anomálie ako napríklad diery v plote a v reálnom čase lokalizovať incidenty v rámci perimetra letiska.

1.1. Ciele dizertačnej práce:

Na základe analyzovaných bezpečnostných výziev v oblasti ochrany perimetrov letísk si dizertačná práca kládla za hlavný cieľ návrh autonómneho UAV systému schopného detegovať narušenia perimetra – konkrétne diery v oplotení – bez potreby využitia GPS navigácie. Zámerom bolo vytvoriť komplexný a adaptabilný systém, ktorý dokáže autonómne navigovať aj v prostrediach bez dostupného globálneho navigačného signálu, v reálnom čase analyzovať vizuálne dáta a s vysokou presnosťou identifikovať bezpečnostné riziká, pričom zároveň minimalizuje potrebu ľudského zásahu a pevných infraštruktúrnych prvkov.

Dizertačná práca si stanovila aj čiastkové ciele:

- navrhnuť architektúru navigačného systému založeného na vizuálnej lokalizácii a inerciálnych senzoroach,
- navrhnuť metódu detekcie narušení oplotenia pomocou strojového učenia,
- experimentálne overiť správanie systému v simulovanom a reálnom prostredí,
- a navrhnuť možnosti škálovania a aplikovateľnosti systému v širšom kontexte ochrany infraštruktúry.

1.2 Použité metódy:

Na dosiahnutie stanovených cieľov bola zvolená metodika kombinujúca pokročilé prístupy z oblasti autonómnej robotiky, strojového učenia a spracovania senzorických dát. Postup výskumu a vývoja prebiehal v nasledovných fázach:



Obrázok 1 Metodika riešenia problematiky dizertačnej práce

Zadefinovanie vstupných a výstupných požiadaviek:

– Špecifikácia cieľov systému vrátane autonómnej prevádzky, práce bez GPS a schopnosti detekcie anomálií v oplotení.

Analýza problému s využitím odbornej literatúry:

– Preskúmanie existujúcich prístupov v oblasti UAV navigácie, SLAM systémov a detekčných algoritmov.

Návrh možných riešení na základe identifikovaných poznatkov:

– Výber vhodných metód (SLAM, IMU, fiduciálne markery, YOLOv8) na základe ich vlastností a obmedzení.

Implementácia riešenia problematiky:

- Vývoj a integrácia modulov navigácie a detekcie, optimalizácia pre embedded platformy s obmedzeným výkonom (napr. Raspberry Pi).

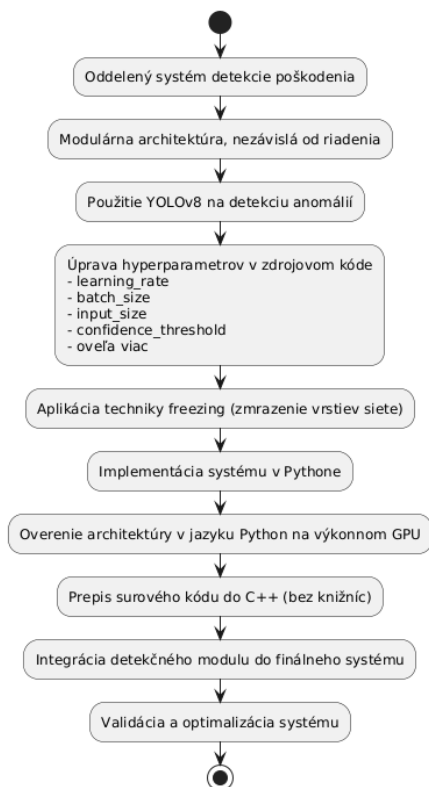
Verifikácia a optimalizácia systému:

- Experimentálne overenie v simulácii (Gazebo) a v reálnych podmienkach; ladenie parametrov, hodnotenie úspešnosti a odozvy systému.

Zhodnotenie možností nasadenia a smerovania ďalšieho vývoja:

- Identifikácia obmedzení (napr. nedostatok dát, robustnosť detekcie), návrh rozšírení systému a perspektívy nasadenia v oblasti bezpečnosti kritickej infraštruktúry.

Nasledovný UML diagram zobrazuje metodiku návrhu systému detekcie celistvosti oplotenia perimetra letiska vzhľadom na zachovanie modularity, výkonnosti a škálovateľnosti systému.



Obrázok 2 Metodika riešenia detekcie dier v oplatení perimetra letiska

2. Hlavná časť

Táto časť práce opisuje praktickú realizáciu navrhnutého systému. Najskôr je rozpracovaná implementácia jednotlivých modulov, vrátane ich integrácie a optimalizácie pre embedded platformu. Následne je prezentovaná validácia riešenia v simulovanom aj reálnom prostredí s cieľom overiť jeho funkčnosť, spoľahlivosť a praktickú použiteľnosť.

2.1 Implementácia riešenia

Implementácia riešenia sa zamerala na vývoj modulov pre autonómnú navigáciu a vizuálnu detekciu anomálií, pričom dôraz bol kladený na detekčný systém založený na YOLOv8. V prvej fáze bol systém implementovaný a testovaný v prostredí s vysokým výpočtovým výkonom (GPU NVIDIA RTX 3070), kde prebiehal vývoj modelu a overovanie proof-of-concept prístupu.

Súčasťou metodiky bolo ladenie hyperparametrov neurónovej siete, vrátane:

- veľkosti vstupného obrazu,
- hĺbky a šírky siete,
- confidence threshold a NMS parametrov,
- počtu tréningových epoch a rýchlosti učenia,
- mnoho iného.

Tréningový proces prebiehal na kombinovaných datasetoch dostupných na stránkach Kaggle a Roboflow, s cieľom rozpoznať odchýlky od pravidelnej štruktúry pletiva. Detekcia bola navrhnutá ako dvojstupňový proces – najprv sa zisťovala narušená integrita plota, následne sa klasifikovala ako diera alebo iný objekt (tieň, vegetácia, nečistoty).

Metodický zámer do budúcnosti počítal s optimalizáciou detekčného modulu pre embedded platformy s obmedzeným výpočtovým výkonom. V tomto kontexte boli podniknuté kroky smerujúce k transformácii modelu do efektívnejšej podoby vhodnej pre nasadenie mimo GPU – vrátane:

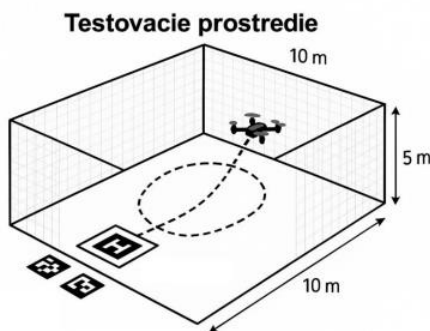
- prevodu modelu do formátu TorchScript/ONNX,
- využitia greyscale spracovania, pooling vrstiev a frame skippingu,
- prípravy podmienok pre C++ integráciu inference modulu.

Takto navrhnutý detekčný systém bol súčasťou celkovej architektúry, kde zdieľal lokalizačnú vrstvu s navigačným modulom, čo umožnilo autonómne sledovanie a vyhodnocovanie stavu oplotenia v reálnom čase.

Navigačný systém využíva SLAM v režime vizuálno-inerciálnej odometrie, ktorý kombinoval obrazové dáta z kamery s údajmi z IMU senzora. Tento prístup umožnil spoľahlivú lokalizáciu aj v prostredí bez GPS, napríklad v uzavretých alebo tienistých priestoroch.

Na zlepšenie presnosti počas dlhodobého letu sú do prostredia umiestnené fiduciálne značky, ktoré slúžili ako referenčné body pre relokalizáciu v prípade straty vizuálnych prvkov.

Navigačný modul zároveň zabezpečoval kontinuálne odhady polohy a orientácie UAV, ktoré boli zdieľané s detekčným modulom a slúžili ako vstup pre rozhodovanie o trajektórii pohybu.



Obrázok 3 Ukážka spôsobu testovania letu UAV

2.2 Validácia riešenia

Detekčný modul bol založený na konvolučnej neurónovej sieti YOLOv8, ktorá bola použitá na rozpoznávanie anomálií v optení. Inicializácia modelu prebehla na základe kombinovaných datasetov pochádzajúcich z verejne dostupných zdrojov, ako sú Kaggle a Roboflow. Tieto dáta slúžili na určenie základných parametrov modelu a na vytvorenie počiatočného rozpoznávacieho rámca.

Počas vývoja bolo kombinovaných viacero architektonických a tréningových nastavení – líšiacich sa napríklad veľkosťou vstupného obrazu, počtom vrstiev, typom augmentácie či stratégiou učenia. Na základe priebežnej analýzy výstupov boli výsledky kvantifikované pomocou presnosti, F1 skóre a počtu falošných pozitív.

Celkovo bolo natrénovaných viac ako 1000 rôznych modelov, pričom každý z nich predstavoval variáciu s odlišnými hyperparametrami alebo predspracovaním dát. Najúspešnejší model bol následne vybraný ako kandidát na implementáciu pre ARM platformu (Raspberry Pi, Cortex-A53) s cieľom nasadiť ho do embedded prostredia.

```
results_full.csv
1 activation,hidden_layers,init_method,batch_size,optimizer,lr,weight_decay,criterion,scaling,axis,rpm,split,final_train_loss,final_val
2 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),standard,axis_x,700,ts0.2,0.9590340794322711,75.96371882086169
3 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),minmax,axis_x,700,ts0.2,0.9488360289904234,76.32653061224491
4 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),standard,axis_z,700,ts0.2,0.7617899677297184,84.85269770975057
5 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),minmax,axis_z,700,ts0.2,0.7323003390352998,85.66893424036202
6 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),standard,axis_y,700,ts0.2,0.1518666443694957,69.3424036281179
7 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),minmax,axis_y,700,ts0.2,0.0186927868104025,69.97732426303855
8 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),standard,axis_x,1000,ts0.2,0.7868414882128296,86.79245283018868
9 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),minmax,axis_x,1000,ts0.2,0.7946921142710421,86.07853136155022
10 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),standard,axis_z,1000,ts0.2,0.6567318177141128,92.80979092299847
11 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),minmax,axis_z,1000,ts0.2,0.641372043409716,93.1157572670065
12 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),standard,axis_y,1000,ts0.2,0.788306806021916,86.8944161142275
13 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),minmax,axis_y,1000,ts0.2,0.792256264537289,86.28250892401836
14 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),standard,axis_x,1500,ts0.2,0.7849722372621387,84.01191658391262
15 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),minmax,axis_x,1500,ts0.2,0.7914286147518215,83.6643495531281
16 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),standard,axis_z,1500,ts0.2,0.6658144769034059,95.03475670307844
17 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),minmax,axis_z,1500,ts0.2,0.6603480791737804,94.98510427610923
18 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),standard,axis_y,1500,ts0.2,0.8678945552186101,79.9906953140616
19 relu,[64],nguyen-widrow,64,Adam,0.0001,0.0001,CrossEntropyLoss(),minmax,axis_y,1500,ts0.2,0.8743614081664384,79.94041708043694
```

Obrázok 4 Vizualizácia časti výsledkov detekcie

Navigačný modul bol overovaný v simulačnom prostredí Gazebo, ktoré umožnilo kontrolované testovanie rôznych scenárov a overenie správneho spracovania údajov z kamery a IMU. Následne bola navigácia testovaná aj v reálnych podmienkach v kameňolome, kde sa preverovala jej funkčnosť v

prostredí s množstvom vizuálnych prvkov. Sledovala sa stabilita lokalizácie, odozva pri výpadku vizuálnych dát a schopnosť relokalizácie pomocou fiduciálnych značiek. Výsledky potvrdili schopnosť systému samostatne sa lokalizovať a pohybovať aj v prostredí bez dostupného GPS signálu.

3 Teoretické a praktické prínosy dizertačnej práce

Dizertačná práca prináša teoretický prínos v podobe návrhu integrovaného systému, ktorý spája vizuálno-inerciálnu navigáciu so strojovým učením pre detekciu anomálií. Tým prispieva k vývoju metodík pre autonómne systémy v prostredí s obmedzeným senzorickým pokrytím.

Praktický prínos spočíva v implementácii a overení funkčného riešenia, ktoré je schopné pracovať v reálnom čase na výpočtovo nenáročných platformách. Systém má potenciál uplatnenia v oblasti monitorovania kritickej infraštruktúry, najmä tam, kde nie je dostupný GPS signál.

3.1 Vedecký prínos dizertačnej práce

Dizertačná práca priniesla významný vedecký prínos v oblasti autonómnych UAV systémov pre monitorovanie kritickej infraštruktúry bez využitia GPS navigácie. Hlavným výsledkom je návrh a experimentálna validácia architektúry, ktorá kombinuje vizuálnu lokalizáciu prostredníctvom SLAM, fúziu dát z IMU a vizuálne kalibračné body vo forme fiduciálnych markerov. Týmto spôsobom bol vytvorený robustný systém autonómnej navigácie schopný operovať v prostrediach so slabým alebo chýbajúcim GPS signálom.

Na strane detekcie bol navrhnutý a optimalizovaný dvojúrovňový systém založený na architektúre YOLOv8, ktorý kombinuje detekciu vzoru neporušeného pletiva s následnou klasifikáciou narušení. Tento prístup preukázal efektivitu aj pri obmedzených datasetoch a zvýšil robustnosť voči vizuálnemu šumu. Práca zároveň priniesla návrh funkčne oddeleného, ale dátovo synchronizovaného systému, kde navigácia a detekcia operujú autonómne, ale v spoločnom referenčnom rámci. Takýto koncept je v oblasti UAV systémov ojedinelý a významne prispieva k rozšíreniu možností ich nasadenia v praxi.

3.2 Zovšeobecnenie a zhodnotenie výsledkov

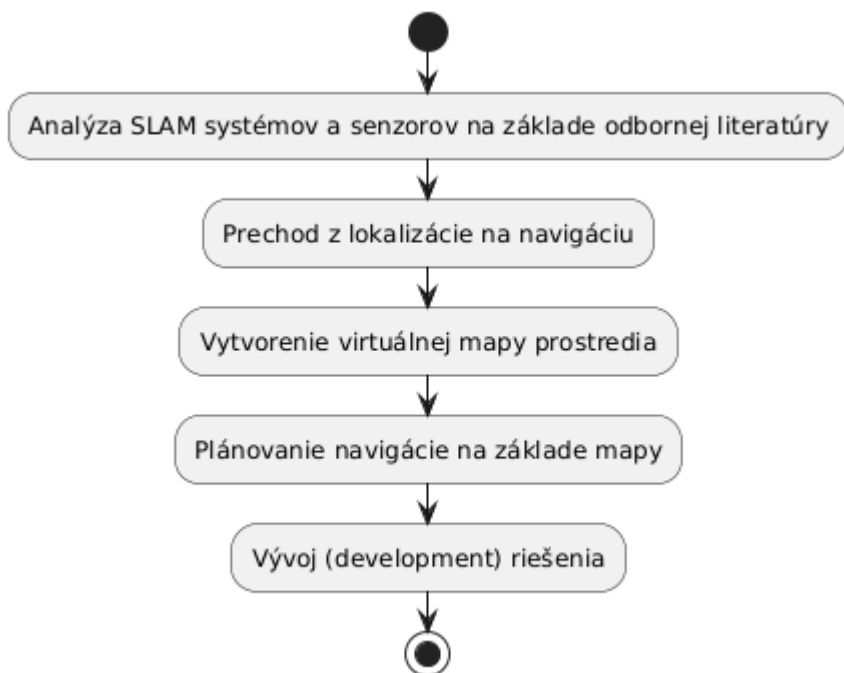
Simulačné a experimentálne overenie navrhnutého systému ukázalo, že kombinácia SLAM, IMU a fiduciálnych markerov je životaschopným riešením autonómnej navigácie v prostredí letísk. Úspešná lokalizácia UAV, ako aj schopnosť detegovať narušenia oplotenia v reálnom čase potvrdzujú, že systém spĺňa požiadavky na autonómiu, presnosť a škálovateľnosť.

Výsledky preukázali, že autonómny UAV systém môže nahradiť alebo doplniť konvenčné metódy zabezpečenia perimetra, pričom ponúka výhodu kontinuálneho dohľadu bez nutnosti výstavby statickej infraštruktúry. Ekonomický prínos spočíva v znížení nákladov na personál, zvýšení reakčnej rýchlosti a potenciálnom znížení škôd v dôsledku včasnej detekcie narušení.

Zároveň však výskum odhalil viacero limitov – najmä potrebu rozsiahlejších a reprezentatívnejších tréningových datasetov pre detekčné neurónové siete, potrebu optimalizácie výpočtového výkonu systému a potrebu štandardizácie postupov kalibrácie pre rôzne typy UAV a prostredí.

3.3 Možné smerovanie ďalšieho výskumu

V nadväznosti na získané výsledky sa otvára viacero smerov pre budúci výskum. Na úrovni navigácie je potrebné ďalej rozvíjať adaptívne SLAM algoritmy schopné prispôbovať sa zmenám v prostredí v reálnom čase. Dôležitým smerom je aj vývoj kooperatívnych UAV systémov, ktoré budú schopné koordinovať svoje misie pri monitorovaní rozsiahlych oblastí. Pre častú navigáciu autor už navrhol zlepšenie algoritmu navigácie a podal oficiálne niekoľko výziev na slovenskej aj európskej úrovni s cieľom zvýšiť efektivitu systému. Na obrázku nižšie je metodika riešenia.



Obrázok 5 Metodika zlepšenia systému navigácie

Zásadný význam má výskum generovania syntetických datasetov pomocou techník ako GANs, ktorý môže výrazne zjednodušiť tréning detekčných modelov pri nedostatku reálnych dát. Perspektívne je aj využitie reinforcement learningu a self-supervised learningu pre zlepšenie autonómnych rozhodovacích procesov UAV.

Ďalšou kľúčovou oblasťou je logistická a prevádzková optimalizácia: znižovanie energetickej náročnosti UAV, plánovanie efektívnych trás, minimalizácia hlučnosti a inteligentná správa flotily UAV. Zároveň sa otvára priestor pre interdisciplinárny výskum ekonomického zhodnotenia celého systému – kvantifikovanie nákladov, výpočtu návratnosti investícií a návrhu udržateľných foriem financovania (napr. UAV ako služba).

3. Zhrnutie autoreferátu

Dizertačná práca sa zaoberá návrhom, implementáciou a validáciou autonómneho UAV systému určeného na detekciu narušení oplotenia letísk bez potreby využitia GPS navigácie. Východiskom bol narastajúci počet bezpečnostných incidentov v oblasti ochrany letiskových perimetrov a technologické limity súčasných riešení, ktoré často nedokážu zabezpečiť nepretržitý a spoľahlivý dohľad.

Hlavným cieľom práce bolo navrhnúť systém, ktorý umožní UAV autonómne sa navigovať v prostredí bez GPS signálu, analyzovať obrazové dáta v reálnom čase a s vysokou presnosťou identifikovať narušenia štruktúry oplotenia. Na tento účel bola využitá kombinácia SLAM algoritmov, IMU senzorov a vizuálnej kalibrácie pomocou fiduciálnych markerov. Na detekciu porúch pletiva bola použitá architektúra YOLOv8 s dvojúrovňovým prístupom rozpoznávania, čo umožnilo efektívne spracovanie aj obmedzených datasetov.

Simulácie v prostredí Gazebo a experimentálne testovanie ukázali, že navrhnutý systém má potenciál výrazne zvýšiť efektivitu a spoľahlivosť monitorovania perimetrov bez potreby rozsiahlych infraštruktúrnych zásahov. Systém zároveň preukázal škálovateľnosť a prispôsobivosť, vďaka čomu je použiteľný aj v iných oblastiach, ako je priemyselná ochrana, environmentálny monitoring alebo detekcia úlomkov na dráhach.

Práca zároveň identifikovala výskumné výzvy, medzi ktoré patrí potreba rozsiahlejších tréningových datasetov, optimalizácia výpočtovej záťaže a rozvoj kooperatívnych UAV systémov. Významným prínosom je tiež návrh teoretického rámca integrácie navigačných a detekčných subsystémov do jedného celku s vysokou mierou autonómie.

Výsledky dizertačnej práce tak predstavujú dôležitý krok smerom k autonómnym bezpečnostným systémom novej generácie a vytvárajú základ pre ich ďalší vývoj a nasadenie v reálnych podmienkach.

4. Publikačná činnosť

1. ID: 1614267 | Safety of UAV operations around base transceiver stations : field measurements and analysis of electromagnetic interference / Dianovský, Róbert (Autor) (25%) ; Pecho, Pavol (Autor) (25%) ; Hruúz, Michal (Autor) (25%) ; Veľký, Patrik (Autor) (25%) ; International Conference on New Trends in Civil Aviation 2024, 24 [25.04.2024-26.04.2024, Praha, Česko]. – DOI 10.23919/NTCA60572.2024.10517842. – SCO ; WOS CC ; CPCI-S
2. ID: 1614265 | Analysis of the ILS antenna systems impact in the process of UAS deployment into airport infrastructure / Pecho, Pavol (Autor) (25%) ; Dianovský, Róbert (Autor) (25%) ; Hruúz, Michal (Autor) (25%) ; Veľký, Patrik (Autor) (25%) ; International Conference on New Trends in Civil Aviation 2024, 24 [25.04.2024-26.04.2024, Praha, Česko]. – [recenzované]. – DOI 10.23919/NTCA60572.2024.10517852. – SCO ; WOS CC ; CPCI-S
3. ID: 1614797 | Predikcia a určovanie cien cestných vozidiel : prvotný koncept = Forecasting and pricing of road vehicles: an initial concept / Kováčová, Natália (Autor) (95%) ; Veľký, Patrik (Autor) (5%). – [recenzované].
4. ID: 1619879 | Analýza nekonvenčných aerodynamických konfigurácií lietadiel / Šľachtich, Emil (Autor) (50%) ; Veľký, Patrik (Autor) (50%). – [recenzované]. – DOI 10.26552/pas.Z.2024.1.25
5. ID: 1554083 | Systém automatického rozpoznávania pozemných objektov bezpilotných lietajúcich prostriedkov v priemyselnom využití / Veľký, Patrik (Autor) (100%). – [recenzované]
6. ID: 1614266 | UAV tracking in lower stratospheric flight : a low cost pilot solution and verification of functionality / Veľký, Patrik (Autor) (25%) ; Pecho, Pavol (Autor) (25%) ; Dianovský, Róbert (Autor) (25%) ; Hruúz, Michal (Autor) (25%) ; International Conference on New Trends in Civil Aviation 2024, 24 [25.04.2024-26.04.2024, Praha, Česko]. – [recenzované]. – DOI 10.23919/NTCA60572.2024.10517839. – SCO ; WOS CC ; CPCI-S

7. ID: 1619880 | Technicko-prevádzkové charakteristiky pre rôzne aplikácie UAV / Valetsyji, Maksym (Autor) (50%) ; Veľký, Patrik (Autor) (50%). – [recenzované]. – DOI 10.26552/pas.Z.2024.1.24
8. ID: 1619882 | Letecké multispektrálne snímkovanie v poľnohospodárskom odvetví / Šmidt, Marco (Autor) (50%) ; Veľký, Patrik (Autor) (50%). – [recenzované]. – DOI 10.26552/pas.Z.2024.1.22
9. ID: 1019595 | Monitorovanie vibrácií ako nástroj na sledovanie a hodnotenie technického stavu konštrukčných celkov lietadla = Vibration monitoring as a tool for condition monitoring and evaluation of aircraft structural health / Pecho, Pavol (Autor) (25%) ; Hrúz, Michal (Autor) (25%) ; Veľký, Patrik (Autor) (25%) ; Chodelka, Frederik (Autor) (25%). – [recenzované]
10. ID: 527550 | Noise optimisation of aircraft jet engines / Veľký, Patrik (Autor) (50%) ; Pecho, Pavol (Autor) (50%). – [recenzované]. – DOI 10.26552/pas.Z.2022.2.25
11. ID: 206758 | Systém merania aerodynamických síl v demonštračnom veternom tuneli = Aerodynamic force measurement system in demonstration wind tunnel / Veľký, Patrik (Autor) (50%) ; Pecho, Pavol (Autor) (50%). – [recenzované]. – DOI 10.26552/pas.Z.2020.1.39
12. V2004 Analyzing ADS-B systems and channel occupancy : enhancing UAV control and aviation safety through airspace management / Andrej Novák ... [et al.].
13. V2005 Electromagnetic radiation from high-voltage transmission lines : impact on UAV flight safety and performance / Robert Dianovský ... [et al.].
14. V2002 Use of computer simulation to optimize UAV swarm flying / Pavol Pecho ... [et al.].
15. V3002 Využitie počítačových simulácií aplikácie synchronizovanej skupiny UAV v dopravných procesoch = The computer simulations use

of the synchronized group of UAVs application in transport processes
/ Patrik Veľký, Pavol Pecho, Michal Hruz.

16. V3003 Assessment of aircraft coating resistance to lightning strikes and long-term environmental impact / Pavol Pecho ... [et al.]. Zaradené v: Current Content Connect ; SCOPUS ; Web of Science Core Collection
17. V3004 Údržba bezpilotných lietajúcich prostriedkov v civilnom použití / Pavol Pecho, Patrik Veľký.

5. Projekty

1. Grantových projekt výzvy rektora č. 1 /2023, v rámci ktorej riešili svoje projekty doktorandi a mladí vedecko-pedagogickí zamestnanci do 35 rokov. Doba riešenia bola od 1. 10. 2023 do 30. 9. 2024.
Aerodynamická optimalizácia aplikácie anténnych systémov v konštrukcii bezpilotných lietajúcich prostriedkov
2. 040ŽU-4/2022
Transfer progresívnych metód vzdelávania do študijného programu "technológia údržby lietadiel" a "letecká doprava"
3. 054ŽU-4/2025
Možnosti využitia umelej inteligencie v študijnom programe letecká doprava pri výučbe pilotov a technikov údržby. (SmartSkyEdu)
4. European Union's Horizon Europe research and innovation programme under grant agreement No 101082476.