

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0663****Inovatívna metóda na výpočet prízemného strihu vetra z údajov meraných LIDARom**Zodpovedný riešiteľ **Mgr. Ladislav Gaál, PhD.**Príjemca **MicroStep-MIS, spol. s r.o.**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. MicroStep-MIS, spol. s r.o., Čavojského 1, 841 04 Bratislava
2. Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta prevádzky a ekonomiky dopravy a spojov, Katedra leteckej dopravy, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Nespolupracovali sme so zahraničným pracoviskom

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Žiadosť o zaregistrovanie úžitkového vzoru sme nestihli podať v plánovanom termíne realizácie projektu do 30. júna 2020. Dôvodom sú aj všeobecné obmedzenia v dôsledku koronavírusovej pandémie. Administratívne záležitosti v súvislosti s prihlásením úžitkového vzoru sme mali naplánované na jarné mesiace roku 2020 tak, aby sme už mali náš prototyp funkčný, ale aby sme mali ešte dostatok času na prípravu všetkých potrebných podkladov k tejto procedúre do konca júna 2020. Koronavírusová situácia nám tieto plány prepísala, lebo sa okrem iných skomplikovala aj komunikácia medzi členmi riešiteľského tímu. V čase písania záverečnej správy projektu sa nachádzame v situácii, kedy sa ešte stále vyladuje, čo všetko bude súčasťou úžitkového vzoru, nakoľko to ale nemá priamo vplyv na projekt, nežiadali sme o predĺženie jeho realizácie u APVV. Ako druhý dôvod oneskorenia uvádzame aj dlhšie trvanie prípravy kompletnej dokumentácie k prototypu, ktorý bude tiež nosným pilierom prihlášky úžitkového vzoru.

Po konzultácii s projektovou manažérkou nášho projektu zo strany APVV, s pani inžinierkou Miklenčičovou sa touto cestou zaväzujeme, že žiadosť o zaregistrovanie úžitkového vzoru podáme čo najskôr, najneskôr do prvého roku od skončenia projektu, kedy sa bude podávať prvá monitorovacia správa.

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1) Nechaj, P., Gaál, L., Bartok, J., Vorobyeva, O., Gera, M., Kelemen, M., Polishchuk, V. (2019): Monitoring of Low-Level Wind Shear by Ground-based 3D Lidar for Increased Flight Safety, Protection of Human Lives and Health. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16 (22), 4584. DOI: 10.3390/ijerph16224584.

Kategória: ADC (Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch)

Impakt faktor (2019): 2.849

2) Vorobyeva, O., Bartok, J., Šišán, P., Nechaj, P., Gera, M., Kelemen, M., Polishchuk, V.,

Gaál, L. (2020): Assessing the Contribution of Data Mining Methods to Avoiding the Aircraft Run-Off from the Runway to Increase the Safety and Reduce the Negative Environmental Impacts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (3), 796. DOI: 10.3390/ijerph17030796.

Kategória: ADC (Vedecké práce v zahraničných karentovaných časopisoch)

Impact faktor (2018): 2.849

3) Vorobyeva, O., Nechaj, P., Gaál, L. (2019): Lidar-Based Detection of Dangerous Meteorological Phenomena at the Bratislava Airport. *Transportation Research Procedia*, 43, pp. 199–208. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.12.034.

Kategória: ADM (Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach WoS alebo SCOPUS)

4) Kazda, A., Hromádka, M., Mrekaj, B., (2017): Small regional airports operation: unnecessary burdens or key to regional development. *Transportation Research Procedia*, 28, pp. 59–68. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.12.169.

Kategória: ADM (Vedecké práce v zahraničných časopisoch registrovaných v databázach WoS alebo SCOPUS)

5) Jarošová, M. (2018): Numerical Weather Prediction Model Output Possibilities for Aviation Purposes. *AeroJournal*, 2018/2 (12), 10–13.

Kategória: ADF (Vedecké práce v domácich nekarentovaných časopisoch)

6) Gaál, L., Nechaj, P. (2017): Nové možnosti detekcie nízkohladinového strihu vetra pomocou lidar. *AeroJournal*, 2017/1 (9), 18–25.

Kategória: ADF (Vedecké práce v domácich nekarentovaných časopisoch)

7) Hromádka, M. (2019): Security Assessment of Incident at Žilina Airport. In: Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie „Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve“, 16–18. februára 2019, Žilina, Slovensko. Žilinská univerzita v Žiline. ISBN: 978-80-554-1549-9. pp. 15–17.

Kategória: AED (Vedecké práce v domácich recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách)

8) Jarošová, M. (2019): Cold Front and Its Impact on Aircraft Operation at Airports of Western Slovakia. In: Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie „Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve“, 16–18. februára 2019, Žilina, Slovensko. Žilinská univerzita v Žiline. ISBN: 978-80-554-1549-9. pp. 75–77.

Kategória: AED (Vedecké práce v domácich recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách)

9) Kurdel, P., Novák Sedláčková, A., Korba, L., Čatloš, M. (2019): Efficiency of Navigation-ergatic Complex for Pseudoautonomic Helicopter. In: Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie „Zvyšovanie bezpečnosti a kvality v civilnom letectve“, 16–18. februára 2019, Žilina, Slovensko. Žilinská univerzita v Žiline. ISBN: 978-80-554-1549-9. pp. 90–93.

Kategória: AED (Vedecké práce v domácich recenzovaných vedeckých zborníkoch, monografiách)

10) Gaál, L., Vorobyeva, O., Nechaj, P. (2019): Typical meteorological situations in the Little Carpathian Mountain range from the perspective of aviation. In Sutyryna E.N., Latysheva I.V., Vologzhina S.Z.(Eds.): *Proceedings of the Conference „Current trends and prospects for the development of hydrometeorology in Russia“ (Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России)*, July 5–7, 2019, Irkutsk, Russia, pp. 532-544. ISBN 978-5-9624-1747-9.

Kategória: AFC (Publikované príspevky na zahraničných vedeckých konferenciách)

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Lidarový varovný systém pred nízkohladinovým strihom vetra, ktorý sme v rámci projektu vyvinuli bude jedným z kľúčových artiklov našej spoločnosti, od ktorého očakávame zvýšenie konkurencieschopnosti našej firmy na svetových trhoch. Takýto systém má potenciál postupne nahradiť iný, starší systém detekcie nízkohladinového strihu vetra, ktorý je založený na sústave anemometrov na vysokých stožiaroch v blízkosti letiska, inštalácia ktorého je však nejednoduchá a často naráža nielen na technické, ale aj administratívne komplikácie (získavanie pozemkov atď.). Lidar je kompaktným prístrojom a jeho inštalácia, údržba a prípadný servis sú neporovnateľne jednoduchšie, navyše poskytuje komplexný 3D obraz o poli vetra v cieľovej destinácii.

Bratislavské letisko je jedným z mála letísk na svete (cca. 15-20), ktoré je vybavené

Dopplerovským lidarom s varovným systémom pred nízkoohľadným strihom vetra. Veríme, že tento počet v ďalších rokoch postupne narastie, vďaka nášmu varovnému systému, ktorý sme vyvinuli tak, aby bol nezávislý od samotného lidaru. K tomu, aby sme tento systém mohli ponúknuť na svetovom trhu potrebujeme ešte zvládnuť proces certifikácie nášho systému Leteckým úradom SR, čo – okrem žiadosti o úžitkový vzor – bude prioritnou úlohou na najbližšie mesiace.

Vedeckým otázkam a prípadným inováciám v algoritmu detekcie nízkoohľadného strihu vetra, ktoré neboli explicitne súčasťou aktuálneho projektu, avšak sa vynorili počas jeho riešenia, sa budeme naďalej venovať, predovšetkým v rámci dizertačnej práce nášho kolegu Mgr. Pavla Nechaja.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)**

Projekt sme začali riešiť v júli roku 2016. Prvými významnými krokmi boli výber dodávateľa lidaru, resp. lokality, kde má byť prístroj umiestnený. Jednať sme začali s francúzskou firmou Leosphere, ktorá nám napokon lidar dodala v máji 2017 a vzápätí prebehla aj skúšobná prevádzka prístroja. Za cieľovú lokalitu sme vybrali Letisko M.R.Štefánika v Bratislave. Lidar sme uviedli do prevádzky počas júna 2018 po schválení inštalácie lidaru na letisku, resp. po ukončení príprav technologického pozadia.

Základným režimom lidarového snímania je PPI (Plan Position Indicator), v ktorom elevácia laserového lúča je zafixovaná na konštantnú hodnotu ( $3^\circ$ ), pričom optika prístroja sa opakovane točí od azimutu  $0^\circ$  po  $360^\circ$ . Nastavenie elevačného uhla na  $3^\circ$  je v súlade so sklonom pristávacieho koridoru lietadiel. Náš algoritmus, ktorý sme vyvinuli na základe odporúčaní ICAO určuje lokality (úseky pozdĺž pristávacieho koridoru), kde majú byť vydané výstrahy pred strihom vetra, resp. výstrahy pred microburstom.

Paralelne s preskúmaním a implementáciou teoretických poznatkov o strihu vetra sme sa sústredili aj na softvérovú časť prototypu. Okrem iných sa naši vývojári venovali dekódovaniu dátových správ z lidaru, vývoju unifikovaného systému ukladania dát do databázy, tvorby vlastného interface-u, spôsobu vizualizácie nameraných aj spracovaných dát, vývoju automatizovaných skriptov na vytváranie produktov (výstrah a ich zobrazení), resp. ich prenosu a archivácie. Hardvérové komponenty, resp. softvérová časť vyvinutého prototypu sú opísané v príručke k produktu. Do oficiálneho konca projektu 30. júna 2020 sa na našich serveroch nahromadilo cca. 76GB surových údajov a ďalších cca. 50GB údajov vo forme obrázkov so surovými údajmi, resp. obrázkov so zobrazením výstrah pred strihom vetra. Ďalším dôležitým produktom je databáza metadát, ktorá zahŕňa expertnú analýzu synoptickej situácie, za ktoré dochádza k nízkoohľadnému strihu vetra (s troma hlavnými kategóriami: gust front, silný vietor a inverzia).

Za najvýznamnejšie výstupy považujeme dva karentované články. Ďalšie vedecké články boli opublikované v domácich odborných časopisoch, resp. v zborníkoch z medzinárodných konferencií. Výsledky projektu sa prezentovali na medzinárodných veľtrhoch a konferenciách, resp. aj vo forme popularizačnej prednášky, ktorej záznam je dostupný na Youtube. K popularizácii patrí aj vytvorenie bohato ilustrovanej brožúrky o lidare v anglickom aj slovenskom jazyku, ktorú sme odoslali našim partnerom vo forme newsletteru. Vo finále môžeme skonštatovať, že stanovený harmonogram a ciele projektu sme splnili s výnimkou podania žiadosti o úžitkový vzor, čo učiníme najneskôr do 1 roku od ukončenia projektu.

### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)**

We started solving the project in July 2016. The first significant steps were the selection of the supplier of lidar, resp. the location where the device is to be located. We started negotiations with the French company Leosphere, which finally delivered the lidar to us in May 2017, and a trial operation of the device took place immediately. We chose M.R. Štefánik Airport in Bratislava as our destination. We put Lidar into operation during June 2018 after the approval of the installation of lidar at the airport, resp. after the end of the preparations for the technological background.

The basic mode of lidar scanning is PPI (Plan Position Indicator), in which the elevation of the laser beam is fixed to a constant value ( $3^\circ$ ), while the optics of the device rotates repeatedly from azimuth  $0^\circ$  to  $360^\circ$ . The setting of the elevation angle to  $3^\circ$  is in accordance with the inclination of the aircraft landing corridor. Our algorithm, which we have

developed on the basis of ICAO recommendations, determines the locations (sections along the landing corridor) where wind shear warnings are to be issued, resp. microburst warnings.

In parallel with the examination and implementation of theoretical knowledge about wind shear, we also focused on the software part of the prototype. Among others, our developers focused on decoding data messages from lidar, development of a unified system for storing data in a database, creation of its own interface, visualization of measured and processed data, development of automated scripts for creating products (alerts and their display), resp. their transmission and archiving. Hardware components, resp. the software part of the developed prototype are described in the product manual. By the official end of the project on June 30, 2020, approx. 76GB of raw data and others approx. 50GB of data in the form of images with raw data, resp. images showing wind shear warnings were collected on our servers. Another important product is the metadata database, which includes expert analysis of the synoptic situation in which low-level wind shear occurs (with three main categories: gust front, strong wind and inversion).

We consider the two most significant articles to be the most important outputs. Other scientific articles were published in domestic professional journals, resp. in journals of international conferences. The results of the project were presented at international fairs and conferences, resp. also in the form of a popularization lecture, the recording of which is available on Youtube. Popularization also includes the creation of a richly illustrated booklet about lidar in English and Slovak, which we sent to our partners in the form of a newsletter. In the final, we can state that we have met the set schedule and goals of the project, with the exception of submitting an application for a utility model, which we will do no later than 1 year after the end of the project.