

FELADATUNK A JÖVŐ

Autonóm légi járművek navigációja és irányítása

Légijárműves kutatások az ARNL keretében

Vanek Bálint (SZTAKI)

2021. Április 21.

*"Autonomous systems do watch,
decide, produce, drive, and even fly."*



ELKH | Eötvös Loránd
Kutatói Hálózat



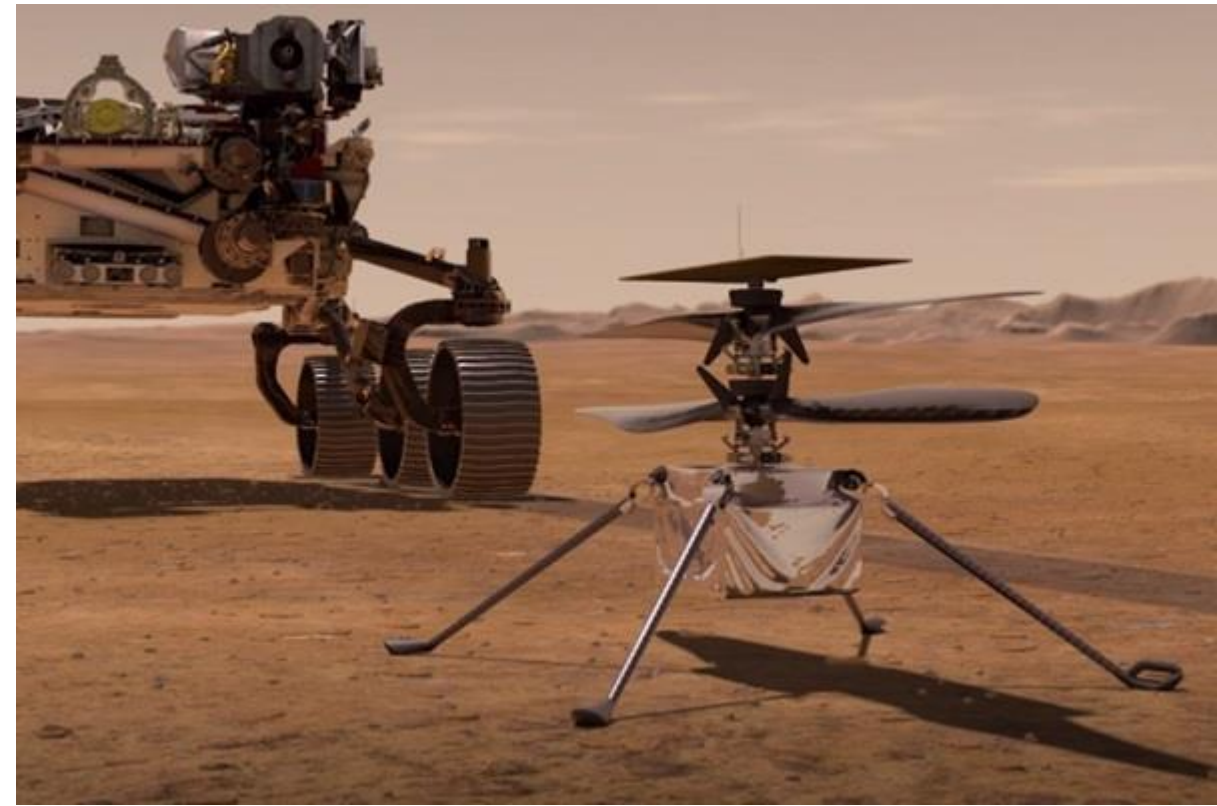
M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2



**SZÉCHENYI
EGYETEM**
UNIVERSITY OF GYŐR

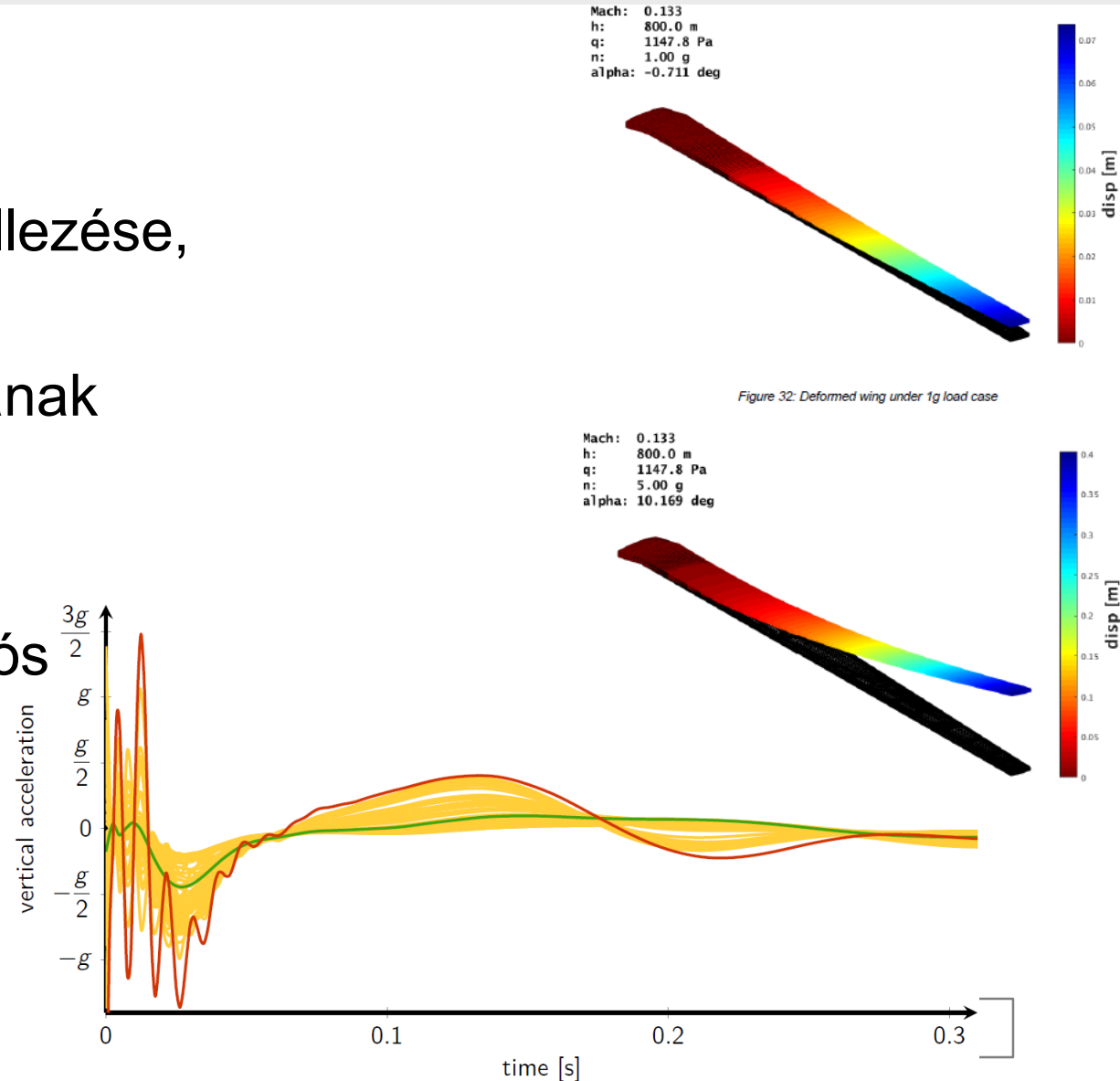
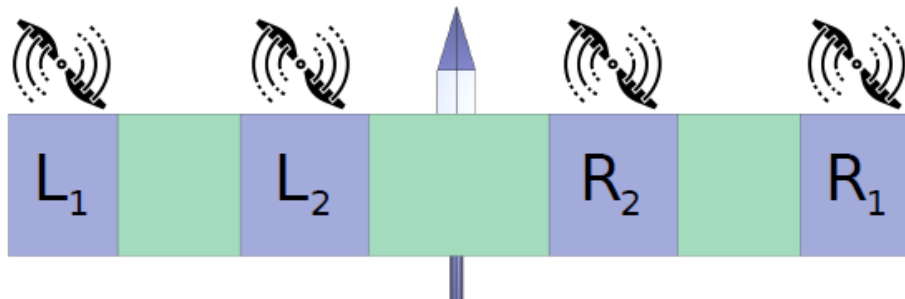


- Kutatási területek
 - Fedélzeti irányítás – komplexitás, agilitás és hibatűrés
 - Fedélzeti navigáció és szenzorfüzió – GNSS-INS-kamera fúzió, hibadetektálás
 - Kooperatív együttműködés – időben vagy térben elkülönülő járművek és adatok kezelése
- Együttműködések és átlapolódások
 - BME
 - SZE
 - AINL
- Drónok beltérben
- Drónok kültéren
- UAV-k kültéren
- Összefoglalás és jövőbeni tervek



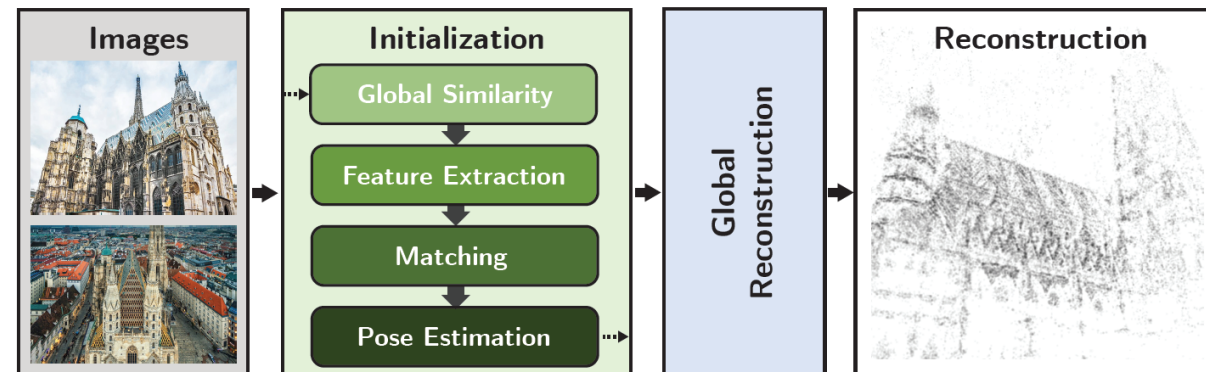
Fedélzeti irányítás kutatása

- Struktúralt optimális szabályozó tervezés
- Rendszerek dinamikus szétcsatolása
- Aero-szervo-elasztikus rendszerek modellezése, irányítása, modellredukciója
- Szenzorok és aktuátorok meghibásodásának detektálása
- ‚Worst-case‘ viselkedés tanulmányozása
- Gépi tanulásra épülő rendszeridentifikációs és irányítási algoritmusok kidolgozása



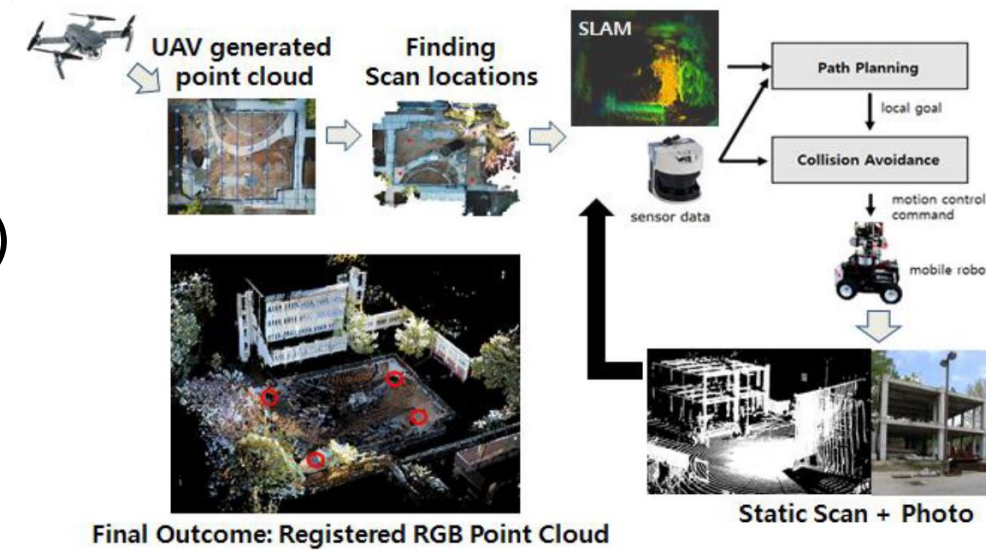
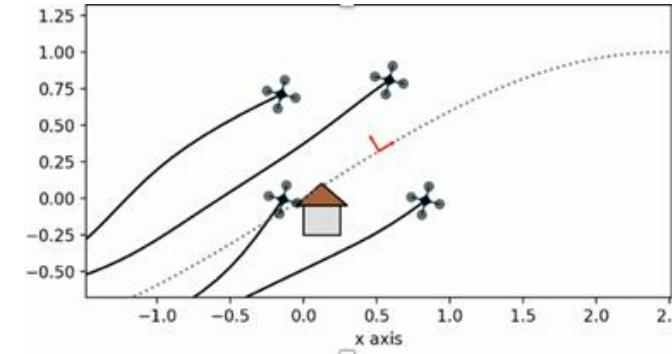
Fedélzeti navigáció és szenzorfüzió

- Többantennás GNSS-IMU mély fúzió (olcsó IMU és GNSS vevőkön alapuló fázismérést használó fúzió)
- Irányszög hibák kiküszöbölésére
- Részleges GPS jel veszteség esetén is működőképes
- Az algoritmusok mind földi járműveken, mind UAV-k esetében jelentősen javítják a pozíció és orientáció becslést → pontosabb pályakövetés, a fedélzeti érzékelők pontosabb georeferálása
- SfM módszerek kombinálása több perspektívából (földi+légi) → georeferálás
- GNSS-IMU-Kamera-LIDAR alapú odometria kiterjesztett Kálmán szűrővel



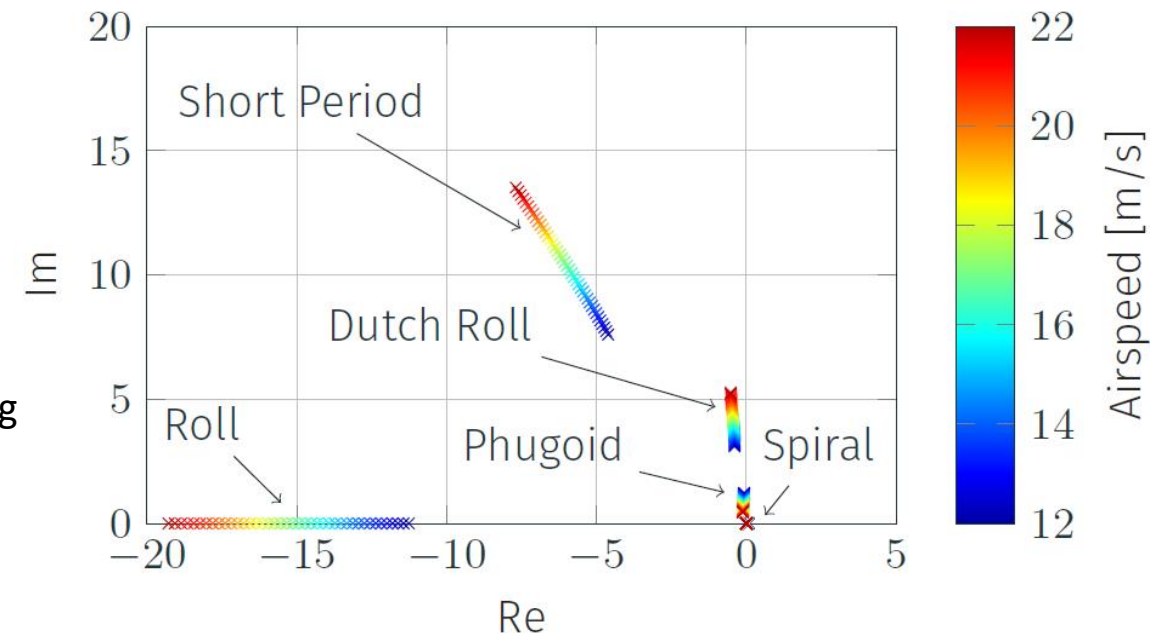
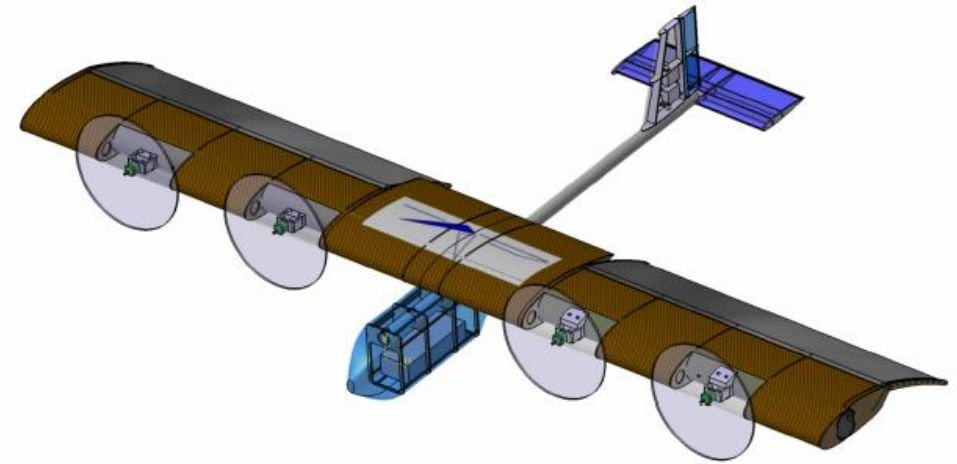
Kooperatív együttműködés

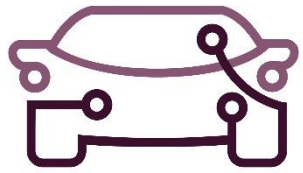
- Multiágensű, kooperatív rendszerek irányítása gépi tanulással
- Komplex feladatok hatékony megoldása autonóm robotrendszerekkel megerősítő tanulásra épülő eljárásokkal
- Valós idejű földi-légi kooperatív mozgás és ehhez kapcsolódó pályatervezés
- Időben nem átfedő kooperatív térképezés (fúziós keretrendszer közös)
- UAV – UAV látni és elkerülni rendszer (kooperatív és nem kooperatív stratégiák)



- Változtatható geometriájú UAV repülőgép dinamikai modellezése
- Irányításelméleti (LPV) reprezentáció felépítése
- Hossz és keresztirányú szabályozórendszer tervezése
- Elosztott propulziós rendszert kihasználó hibatűrő irányítási rendszer tervezése dinamikus szétcsatolás használatával

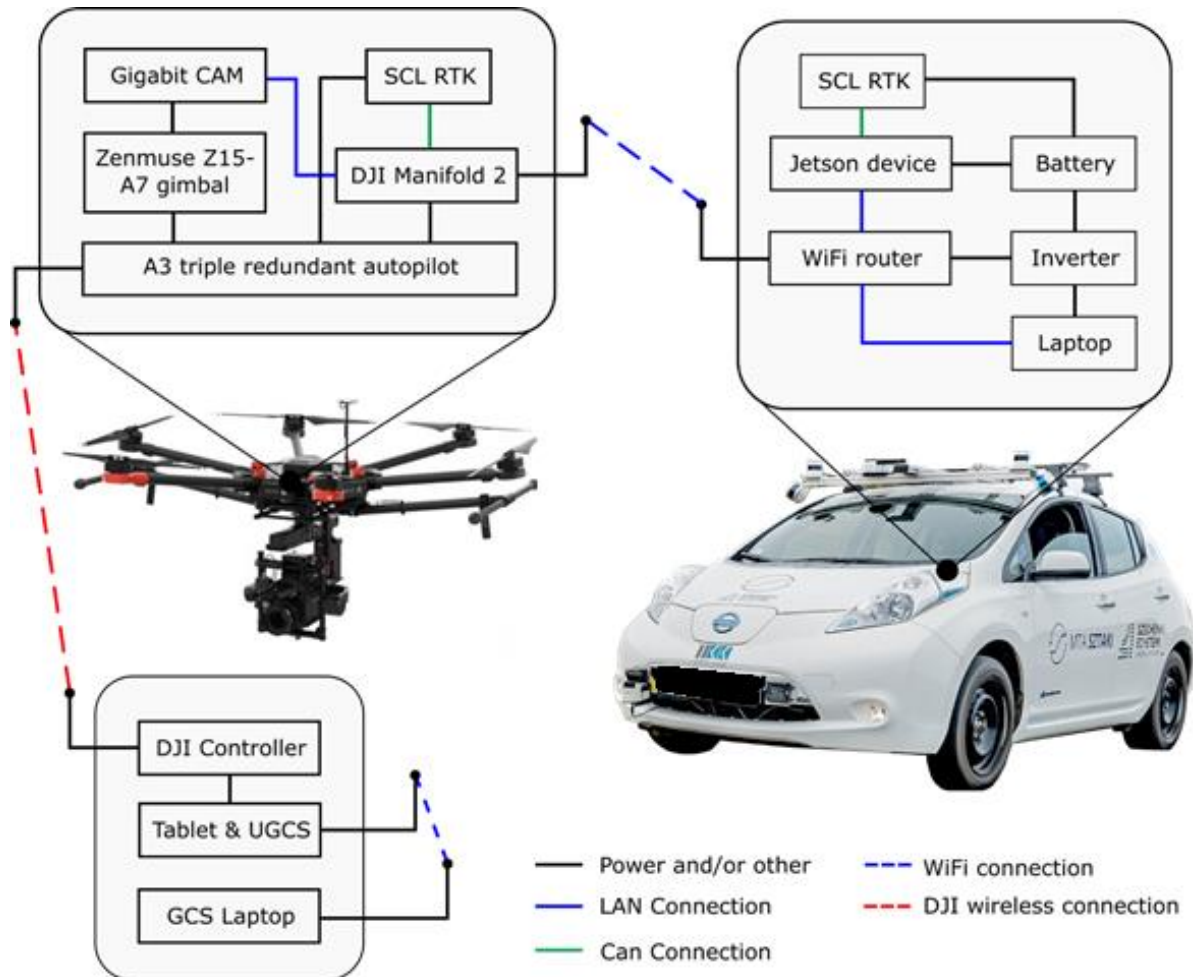
Aerodynamic and LPV Modeling of a Distributed Propulsion Morphing Wing Aircraft Béla Takarics, Réka Dóra Mocsányi, Bálint Vanek, Dávid Szirczák, Dániel Rohács





Együttműködések: SZE

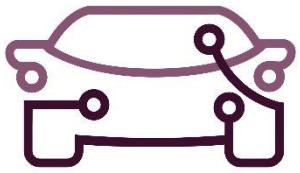
Gépkocsi – multikopter kooperatív szabályzás



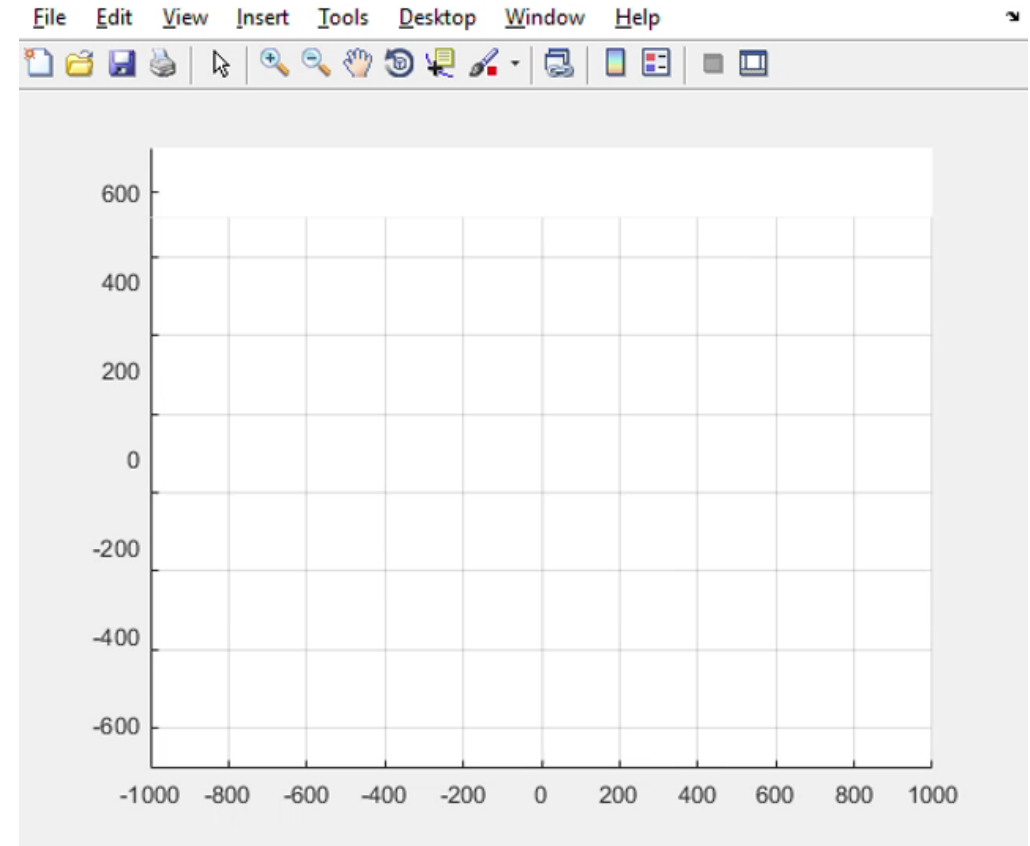
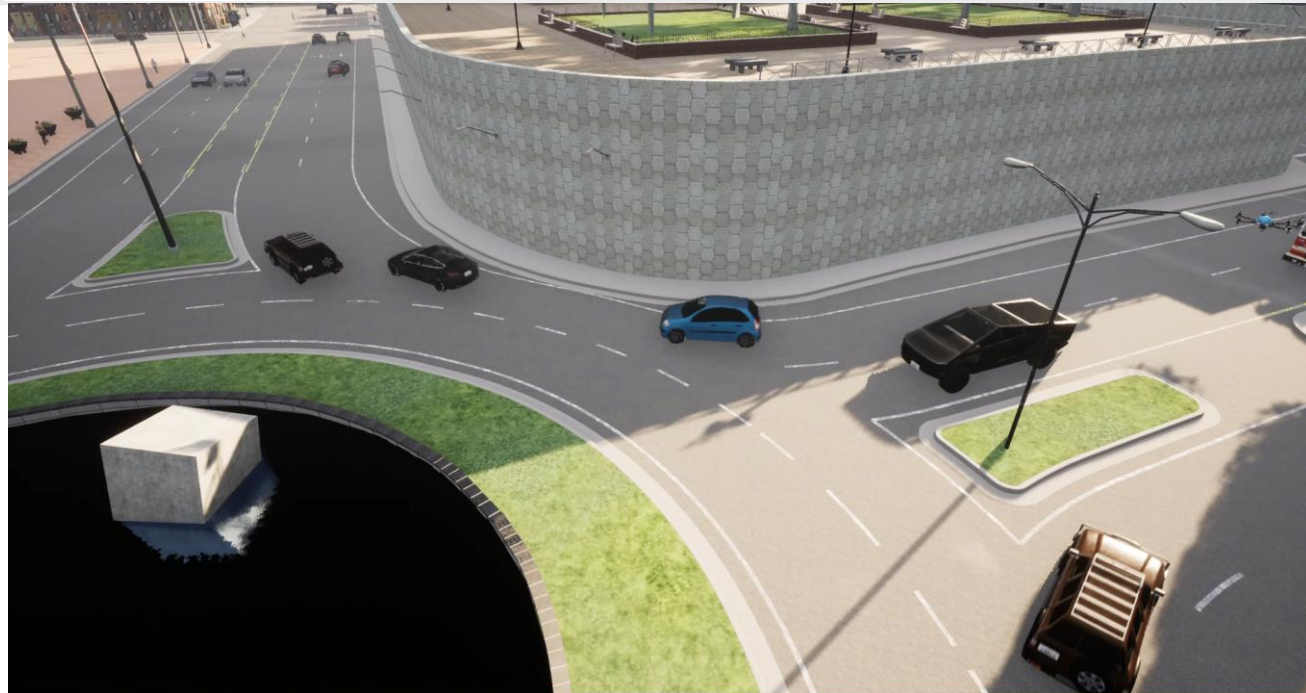
Útvonal felderítése a földi jármű előtt
→ Célszerű előtte haladni
→ “Inverz” adaptív tempomat
Multikopter megkapja az útvonalat és kereszteződésekben bevárja a járművet

1. Hardver rendszer fejlesztés, kiemelten fontos a kommunikáció!
2. Szimulációs szoftver
3. Valós kísérletek





3D szimuláció, Matlab szimuláció



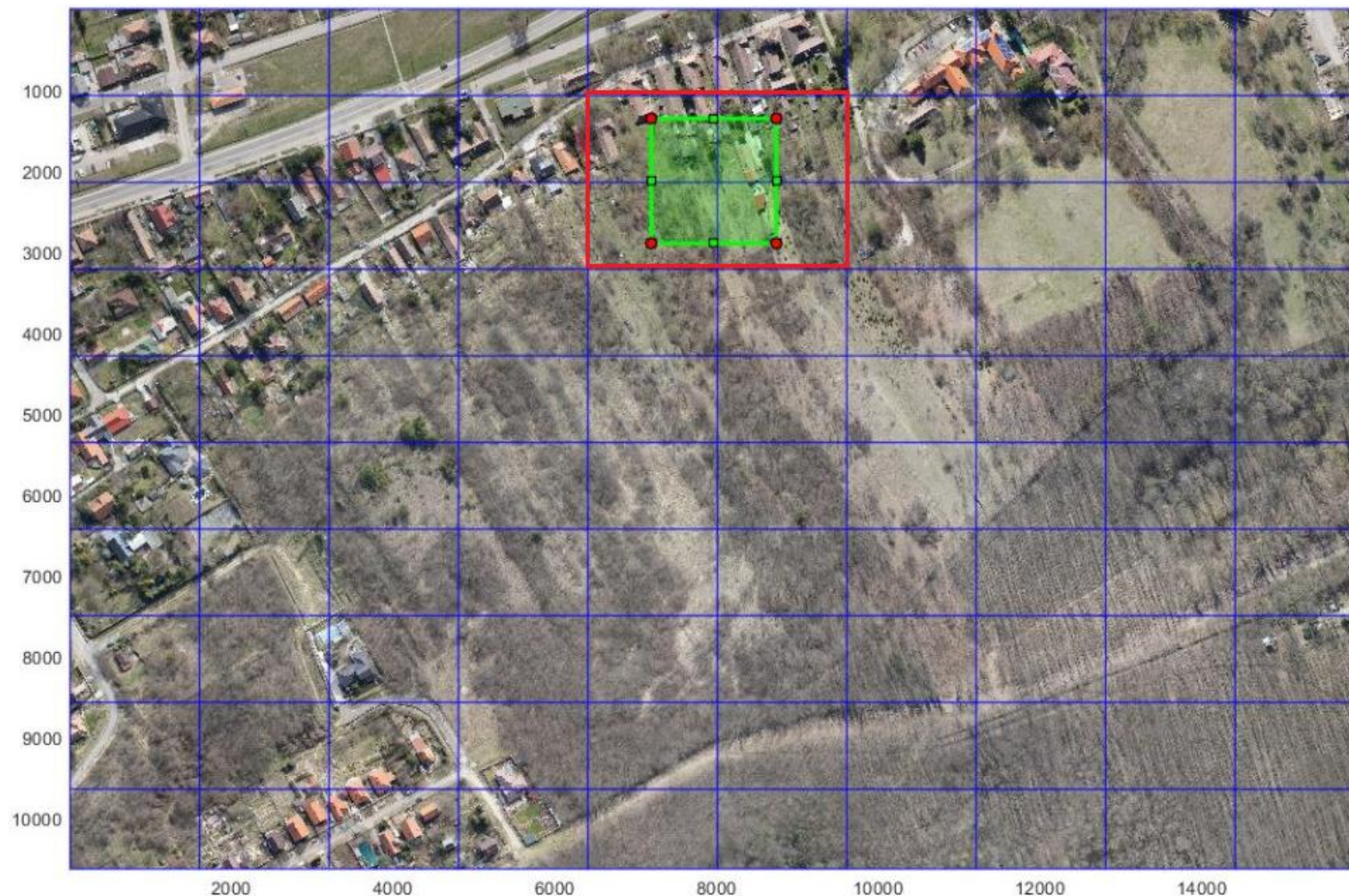
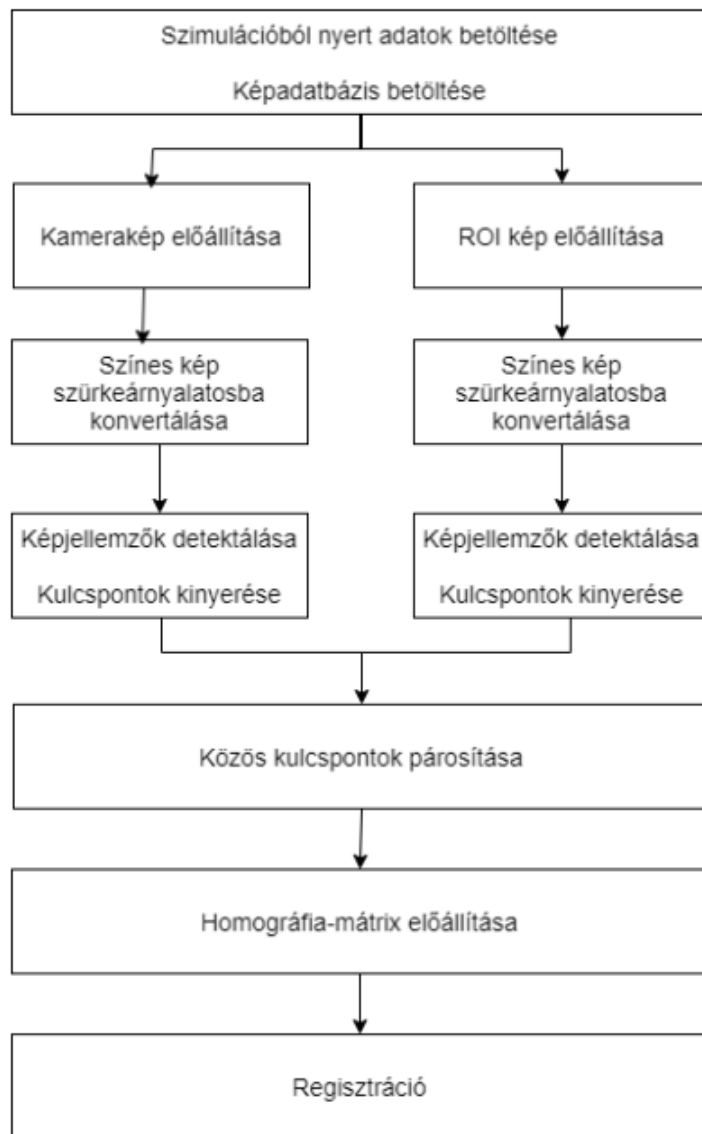
- UNREAL / CARLA 3D környezet – Matlab-al összekötve
- Cityscapes adatbázison hangolt módszerek tesztelése megnövelt (8-10m) magasságból
- ROS használat lehetőségei
- Mihály Nagy, Péter Bauer, Antal Hiba, Attila Gáti, István Drotár, Balázs Lattes and Ádám Kisari: *The Forerunner UAV Concept for the Increased Safety of First Responders*, VEHITS 2021 konferencia

Egyenes szakaszokból álló útvonal követése az “inverz” tempomattal, egyszerű jármű objektumok leképezése. A video a kamera képsíkot mutatja



Együttműködések: AINL

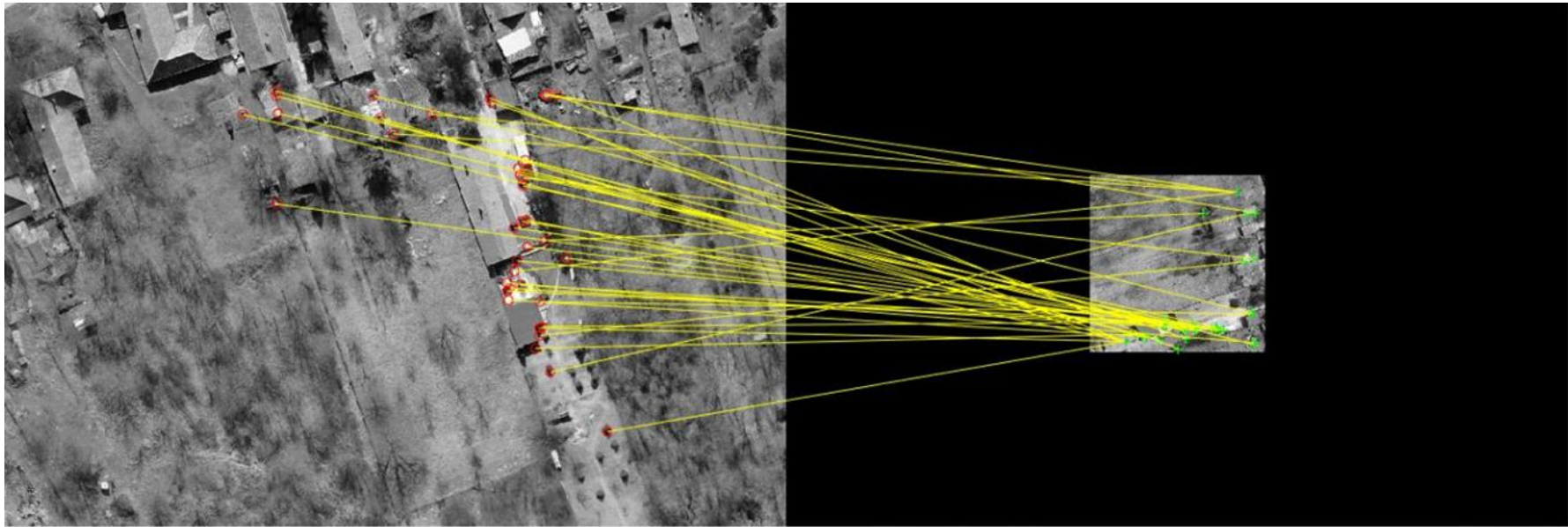
Kamerakép alapú navigáció GPS jelvesztés esetén



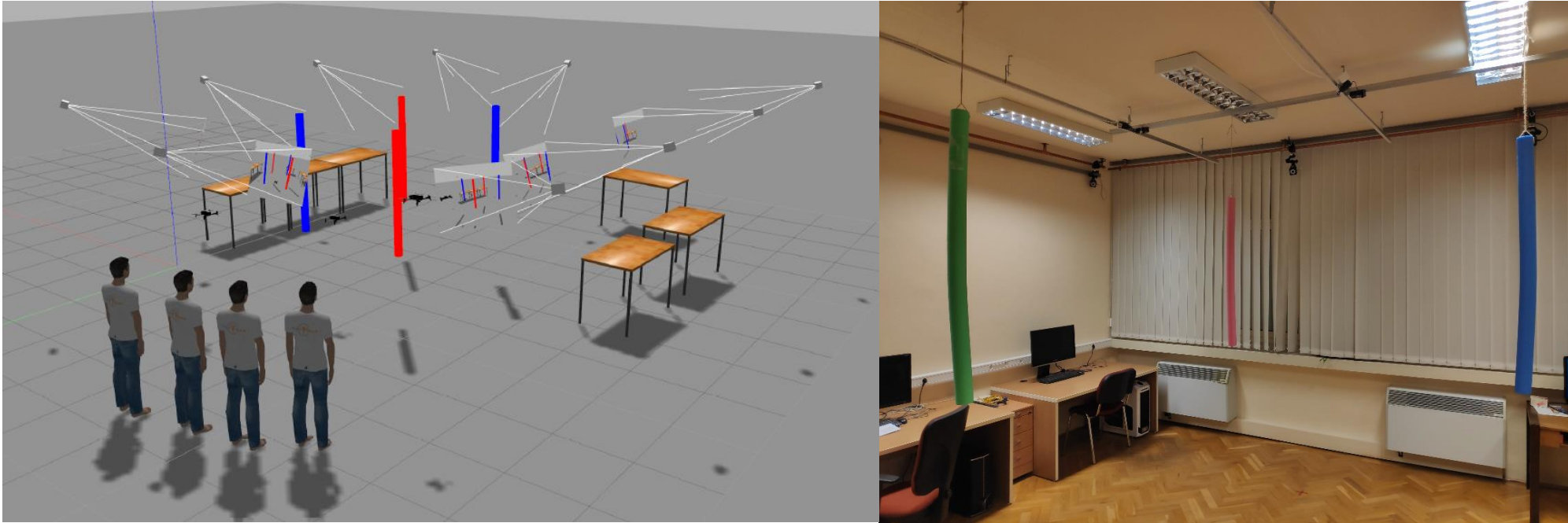
Big Data alapú háttér infrastruktúra

Kulcsjellemzők kinyerése és párosítása

- Képek szürkeárnyaltosba való konvertálása
- SURF (Seeded Up Robust Features) jellemzők kinyerése
- Kulcsjellemzők párosítása és indexpárok képzése
- 100 km² terület 100 Gb nyers adat → kulcspontokon alapuló tömörítés és jelentős előfeldolgozás
- MI alapú kamera, inerciális és rádiónavigációs szenzorok fúziója idősoros adatokra



Drónok beltérben 1. SZTAKI MiMo aréna

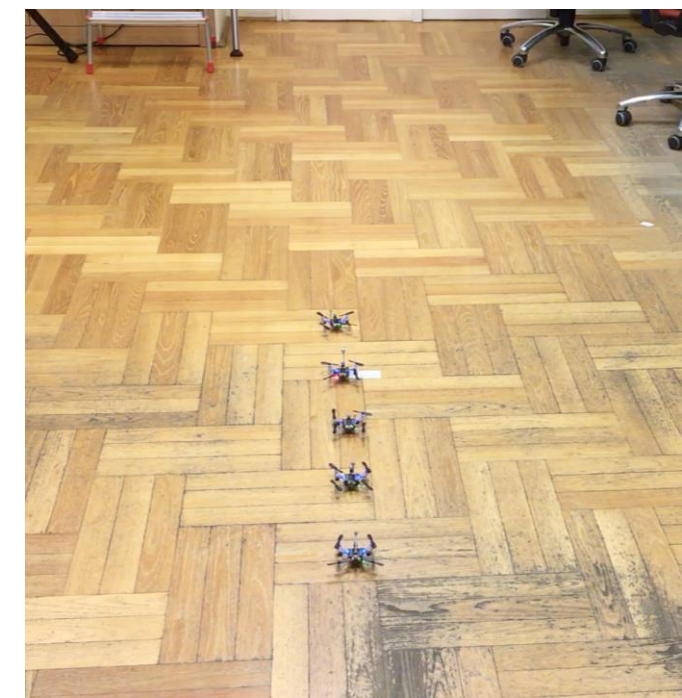
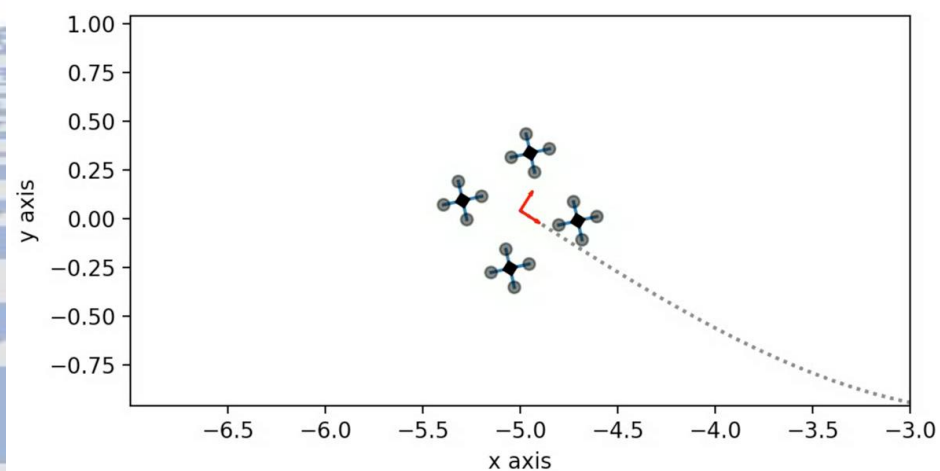
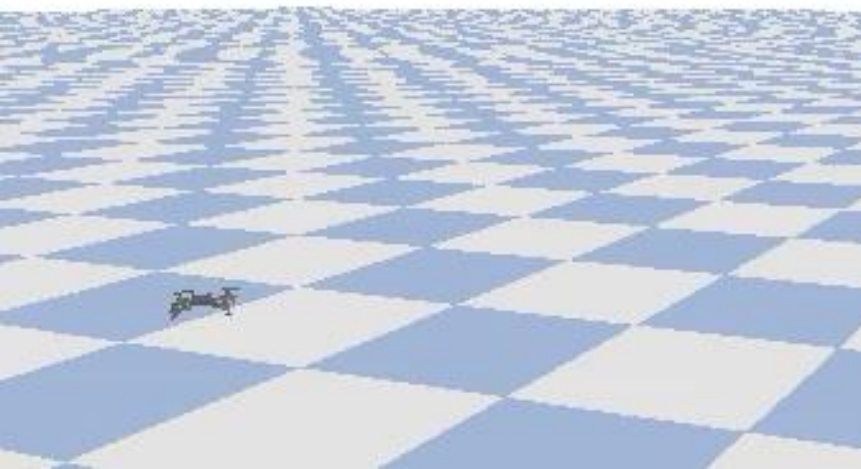


- Fedélzeti vizuális odometria (VO) és vizuális inerciális odometria (VIO)
- Tanulás alapú mélységbecslés és objektum detektálás/felismerés
- Szimultán helymeghatározás és térképezés (SLAM) és szimultán vizuális pozíciókövetés és 3D térkép alapú kép renderelés
- Látás alapú többrotoros drónszabályozás, állapot becslés és útvonal optimalizálás

Drónok beltérben 2.

Autonóm quadkopterek

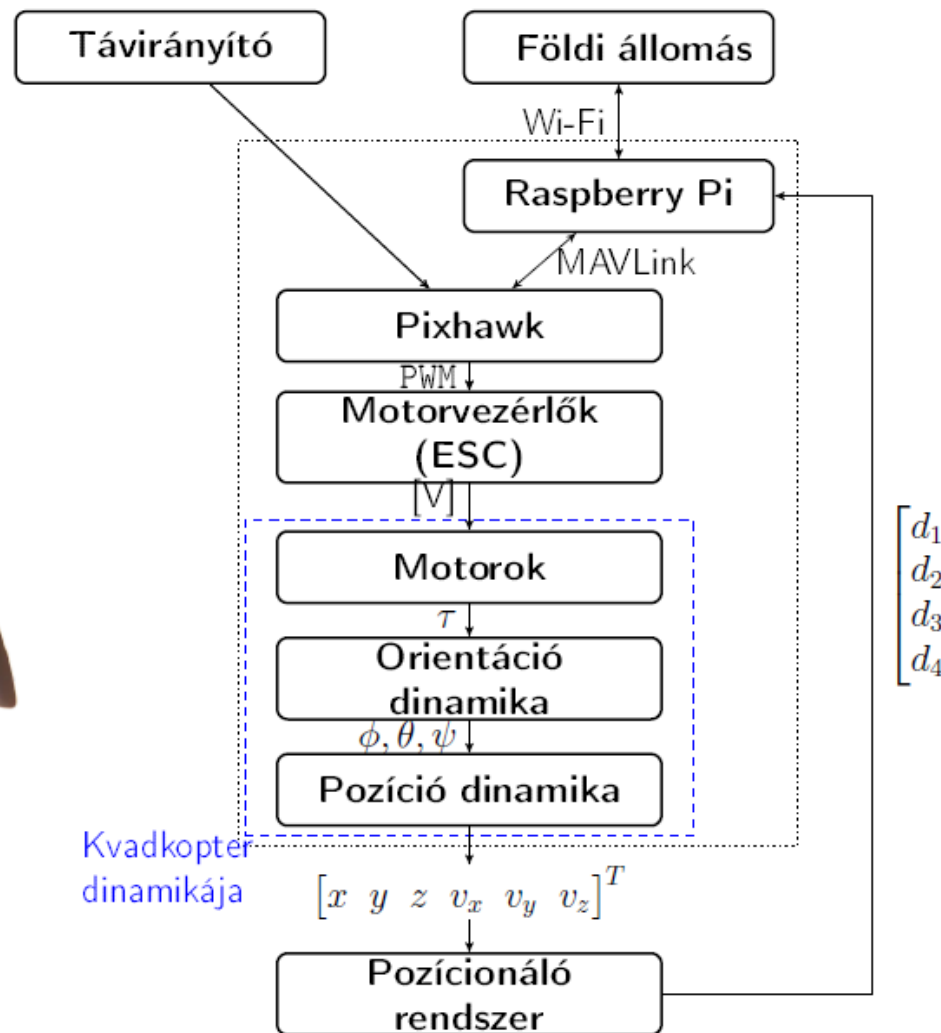
- Autonóm nagysebességű agilis manőverezés
- Tanulás alapú adaptív irányítás (alacsony & középső szint)
- Biztonságos & gyors útvonal tervezés (magas szint)
- Adaptív formáció irányítás decentralizált stratégiákkal (magas szint)
- Adat alapú stabilitás és teljesítmény garanciák
- Számítási hatékonyság és tanító adatok megfelelő kezelése



Drónok beltérben 3. Drón aréna környezet (Kende II. emelet)



(a) Kvadkopter
az ábrán pontozott vonallal



(b) A drónaréna komponensei

- Saját fejlesztésű UWB alapú pozícionáló rendszer → decentralizált pozícionálás
- Dedikált állapotbecslő
- Járműfedélzeti alacsony (Pixhawk-PID) és pályakövető (Rpi-MPC) szabályozás
- Automatikus kód generálás → hallgatók hatékony bevonása
- UWB-s tapasztalatok kiterjesztése AGV-kre és parkolóházi járműves aplikációkra



Drónok kültéren

UAV és földi járművek együttműködése

- földi jármű – légi jármű – ipari robot együttműködés megvalósítása
- pilot több komplex autonóm egység közötti együttműködés bemutatására
- Kamera (RGB, NIR, IR), GNSS, LIDAR

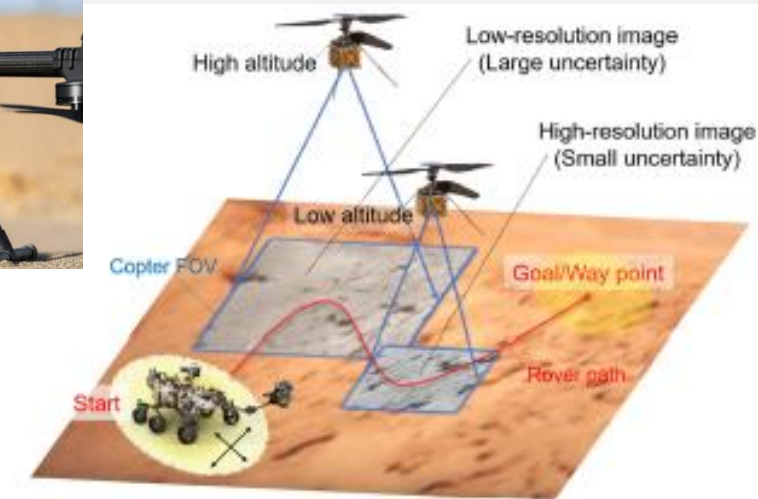
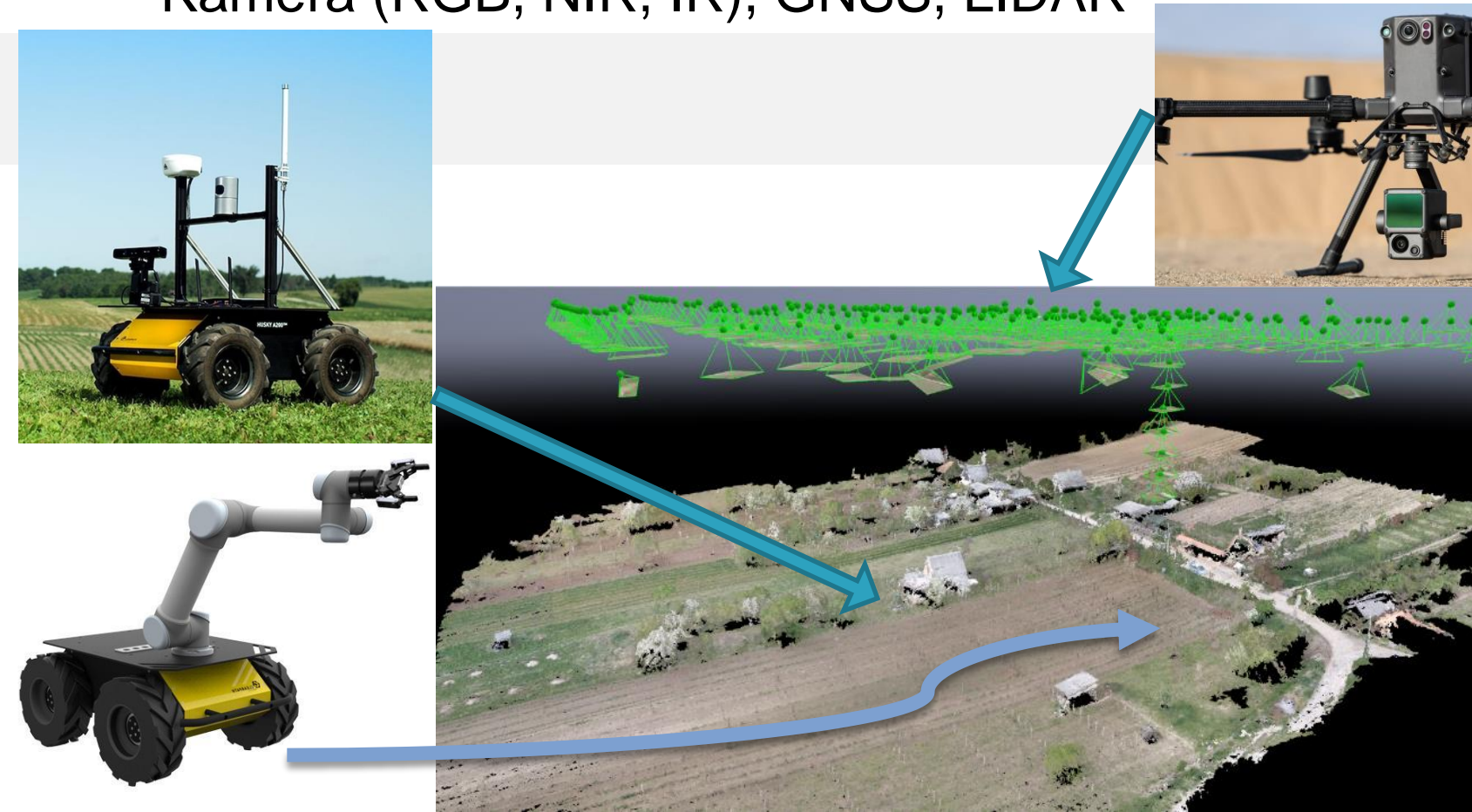
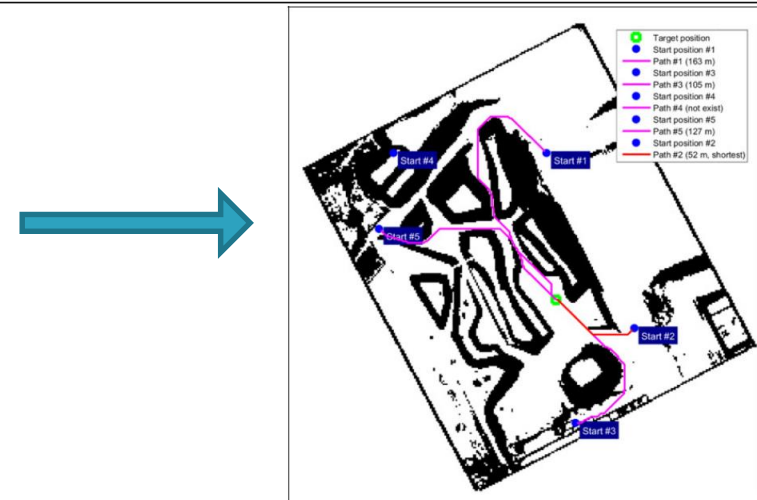
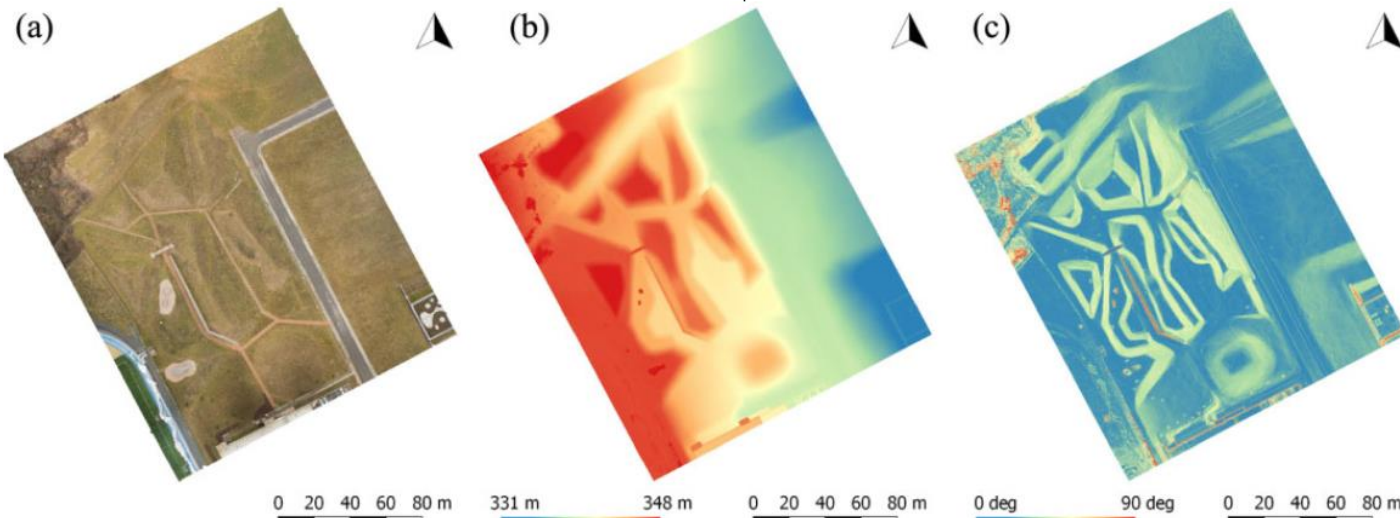
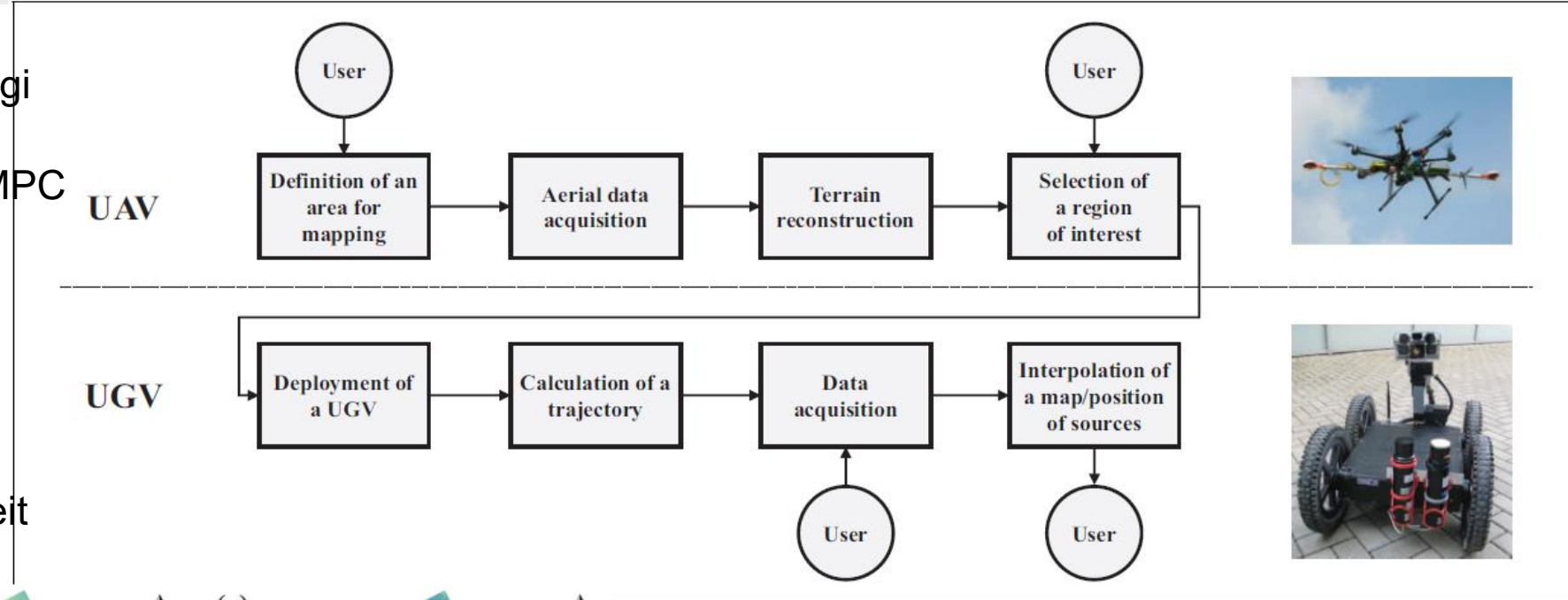


Fig. 4. Trade-off between FOV and resolution of copter measurement
IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS, VOL. 5, NO. 2,
APRIL 2020

UAV és földi járművek együttműködése SfM alapú térkép kooperatív felépítése

- Beszerzés elindult
- Felhasználni a Forerunner földi-légi kommunikációs linkjét
- A beltéri platformnál kifejlesztett MPC szabályozást
- A SfM algoritmusokat
- LIDAR – GNSS – IMU fúziót
- A 4G telemetriát és a kapcsolódó Nextcloud-os adatszinkronizációt
- A robot pályatervezés eredményeit

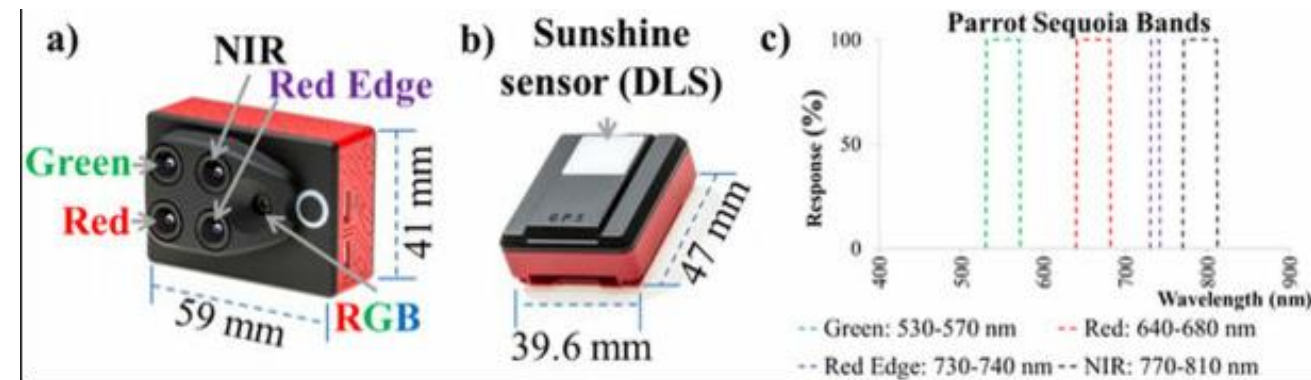


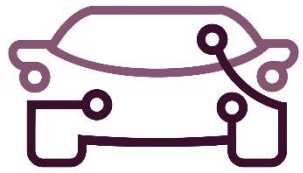
Közúti, illetve ismeretlen városszéli vagy gazdasági jellegű (ipari vagy mezőgazdasági) környezet érzékelés

- mérések elvégzése különböző releváns helyszíneken
- adatok adatbázisba rendezése, konvertálása, metaadatok definíciója, kalibrálása
- kamera mérések szemantikus (régió alapú) szegmentációja



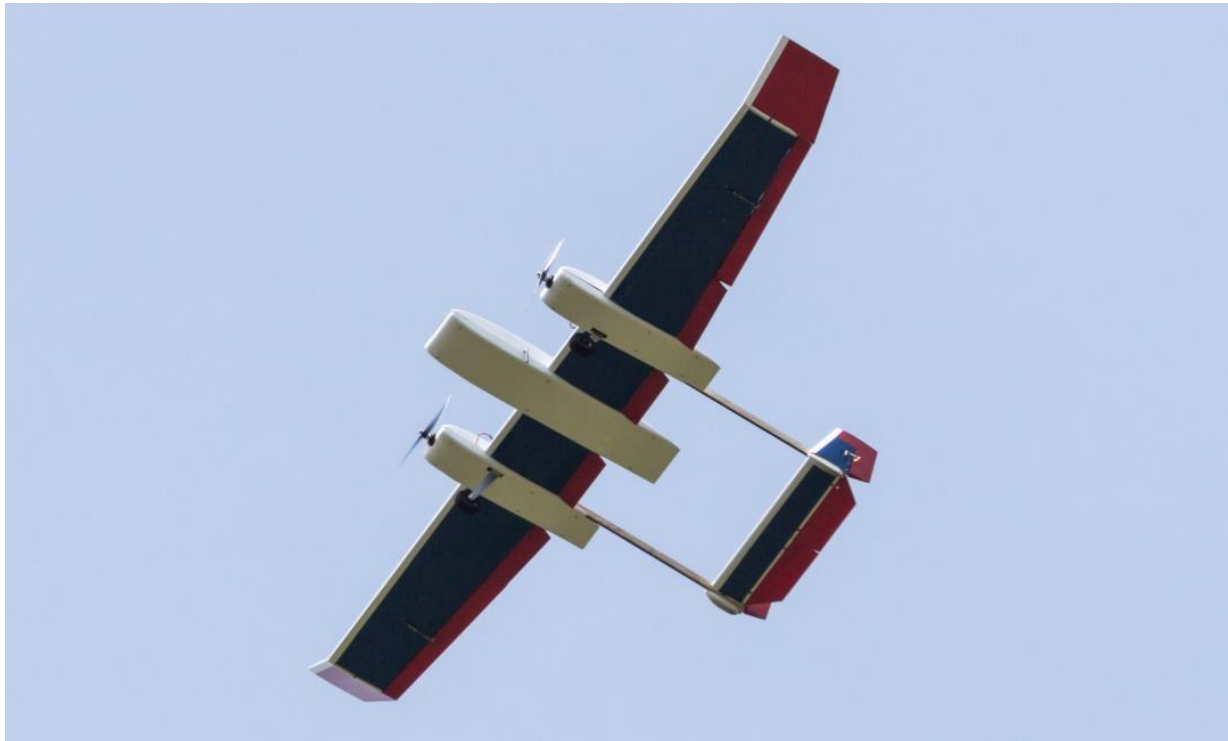
Multispektrális kamera





UAV-k kültéren Sindy repülőgép autonóm repülései

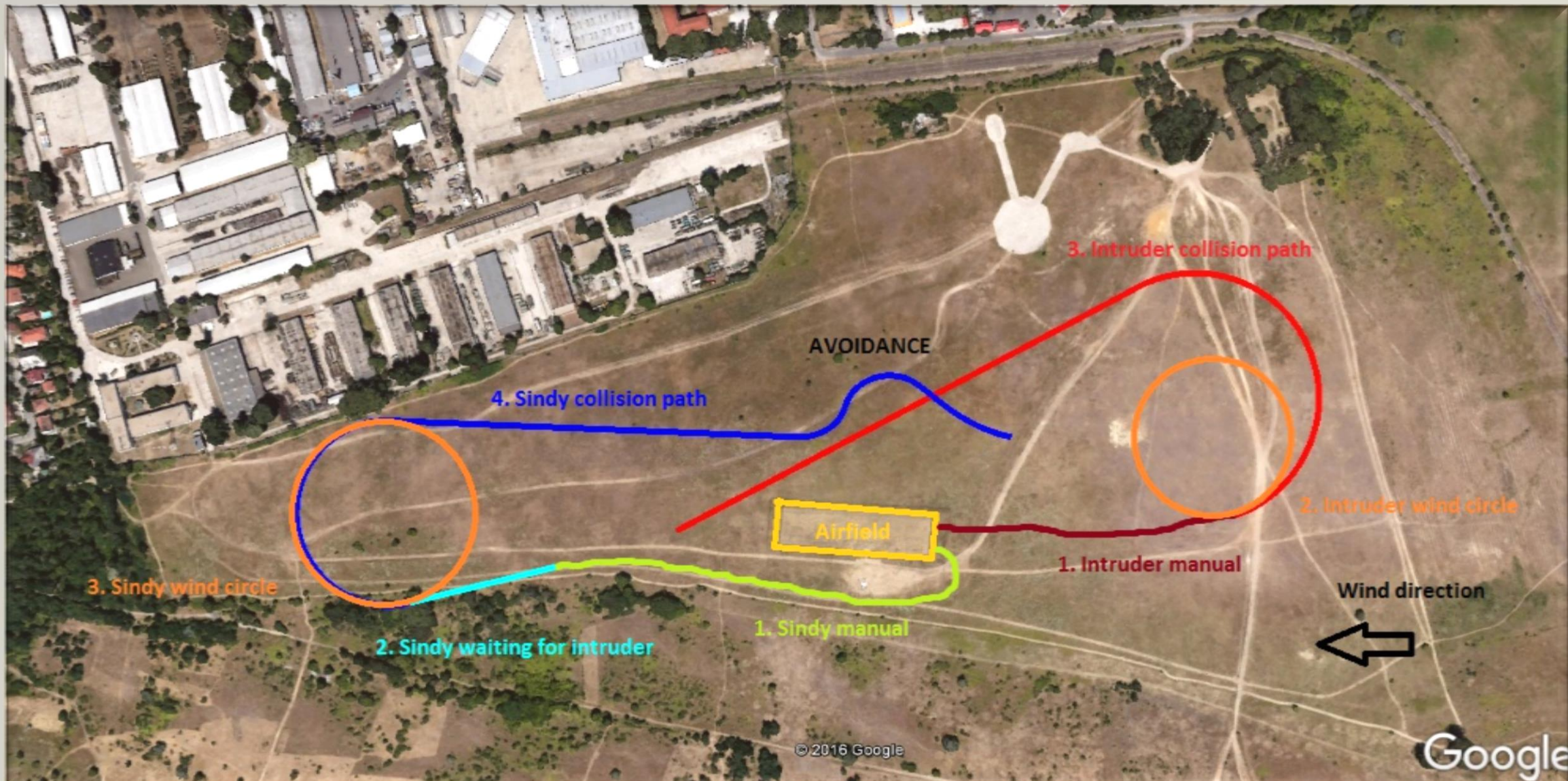
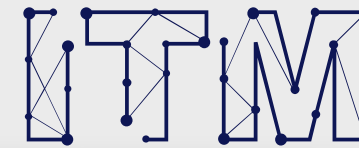
- A Sindy repülőgépet átépítettük a Flipased EU H2020 projektekben használt fedélzeti rendszerre
- Így szükséges a robotpilóta rendszer újbóli fokozatos tesztelése



- HIL tesztelés
- Fokozatos szintek implementációja modell alapú tervezéssel
- Matematikai modell finomítása – numerikus aerodinamikai modellezés és rendszeridentifikáció
- Redundáns szenzor és aktuátorok hibatetektálása és szabályozás átkonfigurálása
- Kísérletek nem-kooperatív elkerülésekre valamint szenzoros adatok gyűjtésére



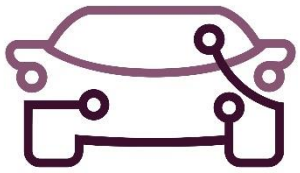
Teszt trajektória tervezés



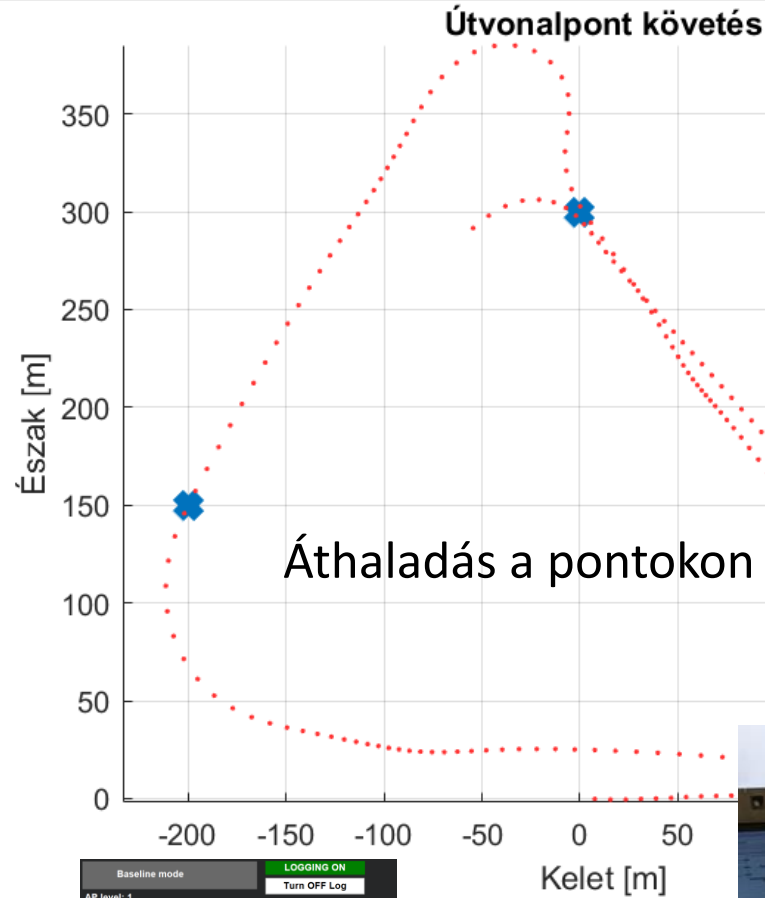
Valódi repülési tesztek

- Valós repülési tesztek
- Kamerával felszerelt nagy UAV 1. SINDY (3.5m)
 - elkerülte
- A kis méretű 2. ULTRASTICK (1.25m) UAV-t
- Kritikus szituáció: kis méretű gép kezelése nehéz
- Párhuzamos repülési útvonalak
- Nov. 2015 (Vision based UAV-UAV avoidance 1st)

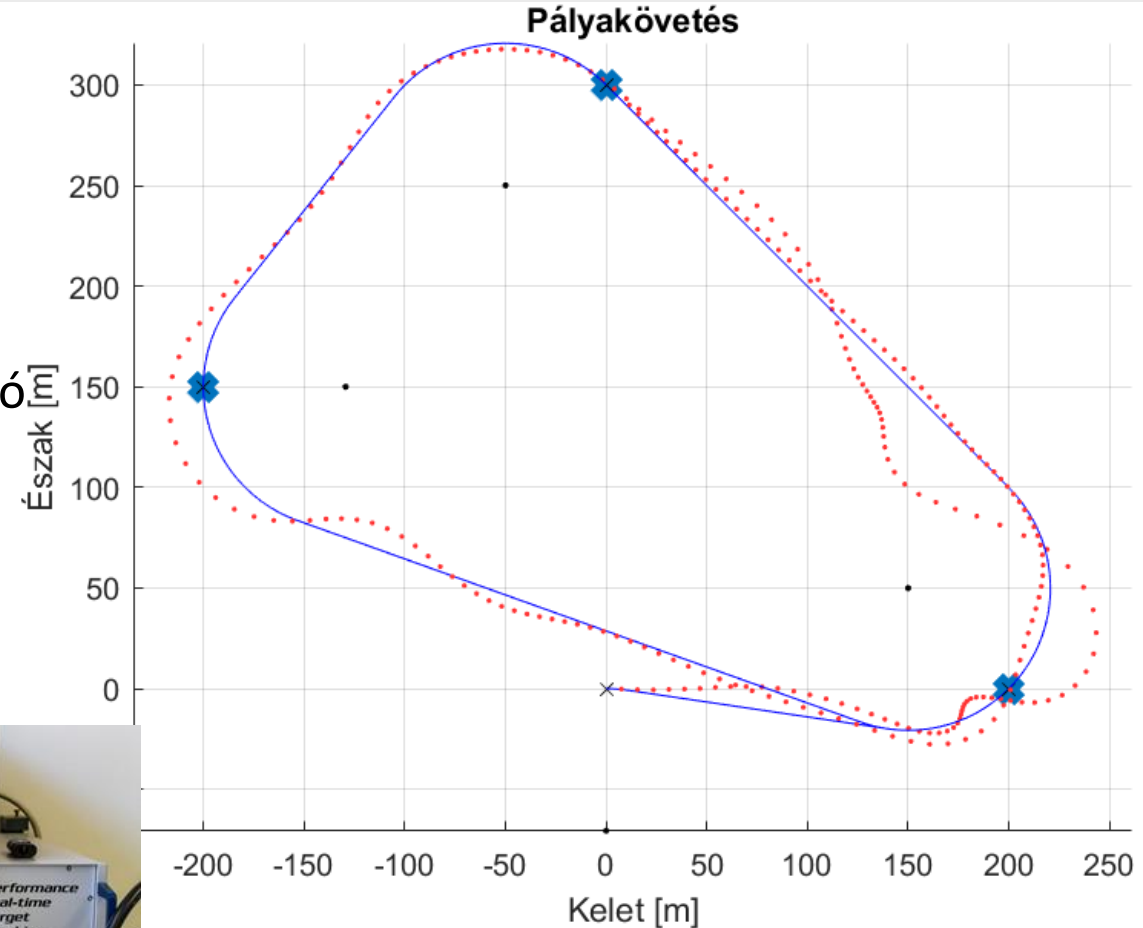
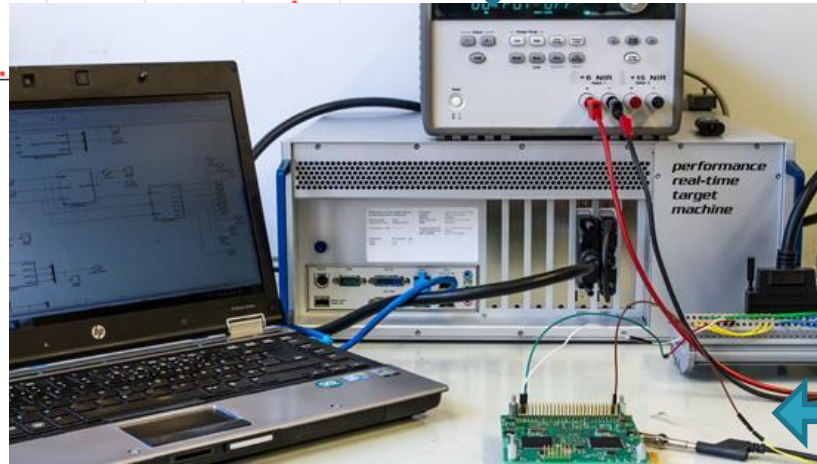




Útvonalpontok és pálya követése Tesztelés valós hardveren HIL környezetben



Speedgoat Target
Machine
Repülőgép szimuláció
perifériákkal



Pontok közé körív + egyenes pálya (Dubins)
tervezése és követése

Valós repülőgép fedélzeti
robotpilóta



Baseline mode	LOGGING ON	
AP level: 1	Turn OFF Log	
Baseline Mode - SW_PI 1		
Augmented + throttle inject		
Augmented + autothrottle		
Velocity	Altitude (AMSL)	Course angle
34 m/s	+ 25 m	220 deg
34 m/s	0 m	220 deg
42 m/s	- 25 m	coordinated turn
Horse race direction	Length of test track	
clockwise	900 m	
counter clockwise	1400 m	

- Beltéri drón aréna környezetek összehangolása
 - Lágymányosi 6. emeleti NL
 - Közös hardver, szoftver és szimulációs repozitórium → külsős kutatók gyors becsatlakozása
- LIDAR-VIO-GNSS alkalmazása légi és földi járművek esetén
 - MI módszerek hatékony integrációja és szükséges infrastruktúra mélyebb beágyazása
- Modell alapú irányítástervezés
 - Automatikus robosztus irányítástervezés (bizonytalanságok modellezése és kezelése)
 - MI alapú tanuló é adaptív módszerek kutatása és kísérletek végzése
- Kutatási platform kiépítése
 - Kapcsolódó kutatásokhoz hordozó platform biztosítása (terepi pályatervezés, távérzékelés, AGV-k és drónok ipari környezetbe integrálása)
 - Automatikus városi környezetben repülés kooperatív és nem kooperatív résztvevőkkel

