

4. félévi beszámoló

Zábó András (zaboand@student.elte.hu)

Statisztikus Fizika, Biológiai fizika és kvantumrendszerek fizikája PhD program

Témavezető: Dr. Nagy Máté

Dolgozat címe: Koordináció, együttműködés és kollektív érzékelés madarak és repülő robotok csoportjaiban

BEVEZETÉS

Doktori kutatásom első időszakában számos projekten dolgoztam, mely szélesítette tudományos ismereteimet, továbbá segített definiálni a következő időszakra tett célkitűzéseimet is. Doktori kutatásom első 2 évében a következő projekteken dolgoztam:

- **Projekt-1, Kollektív termikelést végző madarak fizikai paramétereinek vizsgálata:** A kutatócsoportban létrehozott elemző eszköz felhasználásával – mellyel komplex légáramlatok és sikló objektumok paraméterei mérhetőek – azon dolgoztam, hogy becsléseket kapjunk fehér gólyák azon fizikai paramétereire, amik az aerodinamikát meghatározzák. A projekt célja ezen kimenetek validálása más típusú mért adatokkal való összehasonlítás révén, melyek a gyűrűzésből és a madarakra rögzített GPS jeladókból származnak.
- **Projekt-2, Autonóm drónok látás alapú környezetérzékelése:** A projekt célja a Kooperatív Doktori Program ösztöndíj keretében a CollMot Robotikai Kutató-fejlesztő Kft.-vel együttműködésben több-drón rendszerek látás alapú feladatvégrehajtásának fejlesztése.
- **Projekt-3, Komplex térbeli formák mérése és a környezet 3Ds rekonstrukciója markerek segítségével:** ArUco markereket 3D-ben lokalizáló eszköz fejlesztése, mely nagy pontosságú, felhasználóbarát, és programozói ismeretek nélkül is használható.
- **Projekt-4, Przewalski lovak kollektív dinamikája:** A többszintű szociális berendezkedést mutató hortobágyi Przewalski ménes kollektív dinamikájának elemzése a szociális rendszer különböző skáláin.
- **Projekt-5, Automatizált egyedfelismerés:** Automatizált egyedfelismerés fejlesztése mintázott állatokra és Przewalski lovakra.

KUTATÁSI ELŐREHALADÁS

- 1) **Projekt-1, Kollektív termikelést mutató madarak fizikai paramétereinek vizsgálata:**
A kutatócsoportban létrehozott elemző eszköz felhasználásával – mellyel komplex légáramlatok és sikló objektumok paraméterei mérhetőek – azon dolgoztam, hogy becsléseket kapjunk fehér gólyák azon fizikai paramétereire, amik az aerodinamikát meghatározzák. A projekt célja ezen kimenetek validálása más típusú mért adatokkal való összehasonlítás révén, melyek a gyűrűzésből és a madarakra rögzített GPS jeladókból származnak.

a) Az előző három félévben elért kutatási eredmények összegzés:

Az elemző algoritmussal becsléseket kaptunk fehér gólyák (*Ciconia ciconia*) wing loading (*WL*) értékeire. Ez a fizikai paraméter az egységnyi szárnyfelületre jutó tömeget adja meg. Ezeket a becsült *WL* értékeket hasonlítottam össze a madarak gyűrűzéskor mért paramétereivel (tömeg,

általános testméretet jellemző tarsus hossz, stb.), illetve a költözés során a GPS jeladók által rögzített repülési sebességekkel.

A kutatás során a MINE (Maximal Information-based Nonparametric Exploration) módszerrel kerestem kapcsolatot a *WL* értékek és a mért változók között. Ezeken túl mind a *WL* értékek alapján, mind a GPS jeladókból származó adatok alapján elkészítettem a vizsgált egyedek siklási görbéit. Ezek a görbék azt az információt kódolják, hogy adott vízszintes sebesség esetén mekkora függőleges sebességgel süllyed egy sikló objektum. A görbe két nevezetes pontjához tartozó sebességekkel bővítve szintén elvégeztem az elemzéseket. Ezek a pontok a *BestGlide* (legnagyobb berepült vízszintes távolság egységnyi függőleges magasságvesztés árán) és a *MacCready pont* (optimális vízszintes sebesség adott erősségű emelő légáramlatokat feltételezve a siklási szakaszt követően) voltak.

Az előző féléves első eredmények alapján arra lehet következtetni, hogy a kedvezőtlenebb siklási tulajdonságokkal rendelkező egyedek jobban eltérnek a számukra optimális sebességektől, mint jobban vitorlázó társaik. Ezzel feltehetőleg a csoporttól való leszakadás elkerülése a cél.

b) Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:

A legújabb *WL* értékekkel ismét elvégezve az elemzéseket erős korrelációt találtunk a GPS adatokból számolt vízszintes siklási sebességek, és a *WL*-ből számolt értékek közt, továbbá a gyűrűzéskor – még röpképtelen fiókákon – mért tömeg szintén erősen korrelál a *WL*-ből számolt értékekkel. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a kutatócsoportban fejlesztett módszer becslései reálisak, és az eszköz alkalmas sikló objektumok fizikai paramétereinek elemzésére.

Az új elemzések elvégzésén túl az eszközt bemutató cikk kapcsolódó részének megírásán dolgoztam. A cikk benyújtása június végéig várható, melyben társszerzőként fogok szerepelni.

2) Projekt-2, Autonóm drónok látás alapú környezetérzékelése:

A projekt célja a Kooperatív Doktori Program ösztöndíj keretében a CollMot Robotikai Kutató-fejlesztő Kft.-vel együttműködésben több-drón rendszerek látás alapú feladatvégrehajtásának fejlesztése.

a) Az előző három félévben elért kutatási eredmények összegzés:

Első lépésként a szükséges ismeretek megszerzésére fókuszáltam. Elvégeztem több, a deep learning keretrendszereket (PyTorch, TensorFlow) bemutató online kurzust, illetve megismerkedtem a mikrochipek programozásával Nvidia és a Texas Instruments eszközökön. Továbbá részt vettem több terepi teszten is a céggel, hogy hardveres oldalról is megismerjem a drónokat.

Az autonóm precíziós leszállás, és objektum követés prioritássá válásával a marker alapú megoldások kerültek előtérbe a deep learning módszerekkel szemben. A kellő ismeretek megszerzését követően elkészítettem egy friss, ChArUco board alapú kalibrációs scriptet, továbbá a leszálláshoz egy hierarchikus marker elrendezést a kapcsolódó marker detekciós scripttel. A folyamat során nem csak a gépi látásban elterjedten használt ArUco markerekről, hanem a kamerák kapcsolódó tulajdonságairól is hasznos ismereteket gyűjtöttem.

b) Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:

A félévben a megírt kódok beágyazásra kerültek a céges szoftverbe és sikerrel lezajlottak az első tesztek. Segédkeztem a cég szimulátoros környezetébe való integrálásban és a terepi tesztekben is. A marker alapú precíziós autonóm leszállás robosztus módon működik, melyet többször teszteltünk valódi drónokkal. Ezen túl az objektumkövetés is jó úton halad, és szimulátoros környezetben szintén sikeresek a tesztek.

3) Projekt-3, Komplex térbeli formák mérése és a környezet 3Ds rekonstrukciója markerek segítségével:

ArUco markereket 3D-ben lokalizáló eszköz fejlesztése, mely nagy pontosságú, felhasználóbarát, és programozói ismeretek nélkül is használható.

a) Az előző három félévben elért kutatási eredmények összegzés:

A kapcsolódó open-source algoritmusok feltérképezését követően az arra leginkább alkalmas meglévő SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) projekt továbbfejlesztésével, átalakításával foglalkoztam. Ennek eredményeképpen már az előző félévekben megvalósítottam a célt, egy felhasználóbarát, könnyen használható, robosztus algoritmust, mely segítségével milliméteres pontossággal lehet a térben elhelyezett ArUco markerek egymáshoz képesti 3D pozícióját meghatározni rövid videó alapján vagy fényképek készítésével. A tesztek során számos bug került elő, melyek javításával foglalkoztam, továbbá létrehoztam egy GitHub repository-t, melyet a később publikussá fogunk tenni. Emellett egy metodológiai cikk kéziratán is elkezdtem dolgozni.

b) Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:

A félévben a metodológiai cikk írására és a kód véglegesítésére fókuszáltam, továbbá moduláris, egyszerűen használható koordináta geometriai funkciókkal bővítettem az eszköztárat. Ezáltal lehetőség van egyszerűen 2 marker távolságának meghatározására, a markerek síkja által bezárt szög számolására, és adott markerhez viszonyítva új pontok koordinátájának kiszámolására.

A projekt lezárását az augusztus végéig beküldött metodológiai cikk fogja jelenteni, melyhez a végső mérések elvégzése és esetlegesen felbukkanó hibák javítása szükséges.

4) Projekt-4, Przewalski lovak kollektív dinamikája:

A többszintű szociális berendezkedést mutató hortobágyi Przewalski ménes kollektív dinamikájának elemzése a szociális rendszer különböző skáláin.

a) Az előző három félévben elért kutatási eredmények összegzés:

Az egyéb projektek prioritása miatt ezen a kutatási szálon nem történt még érdemi előrehaladás. A rendelkezésre álló adatokhoz hozzáférést kaptam, ezeket jól ismerem, illetve többször jártam is már a Hortobágyi Nemzeti Parkban a ménesről való adatgyűjtés kapcsán.

b) Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:

A félévben a Tudományos modellezés számítógépes laboratórium kurzuson a témavezetőmmel kiírtunk egy projektet, melyben a lovak harem-dinamikájának egy érdekes aspektusát szándékoztunk jobban megérteni

és a csődör csikók hatását vizsgálni a háremcsődör-váltás gyakoriságára. Ennek során egy MSc hallgató munkáját kísértem és végeztem a témavezetést.

5) **Projekt-5, Automatizált egyedfelismerés:**

Automatizált egyedfelismerés fejlesztése mintázott állatokra és Przewalski lovakra.

a) Az előző három félévben elért kutatási eredmények összegzés:

A projektet a 3. félévben kezdtem el, első lépésként a mintázott állatokra fókuszálva. A tradicionális (deep learning-et nélkülöző) SIFT (Scale-invariant feature transform) algoritmusra és a “vector similarity search” területén történt előrehaladásra építve sikerült létrehoznom egy algoritmust, mely a modern neurális háló alapú egyedfelismerő algoritmusokhoz hasonló predikciós pontosságot ér el, de jóval gyorsabban – azaz több képet képes másodpercenként feldolgozni, mint a meglévő open-source megoldások, és úgynevezett “edge” eszközökön (pl. intelligens kamerák, robotok, drónok) is jól teljesít.

b) Az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése:

A félévben elkészítettünk egy kéziratot, mely az algoritmust mutatja be, és amit be is küldtünk az ICCV25 (International Conference on Computer Vision) gépi látás konferenciára. A cikk jelenleg elbírálás alatt áll.

PUBLIKÁCIÓK

1. Projekt-1: A kézirat június végéig benyújtásra kerül.
2. Projekt-3: A kézirat augusztus végéig benyújtásra kerül.
3. Projekt-5: Review alatt (ICCV25)

TANULMÁNYI TEVÉKENYSÉG AZ AKTUÁLIS FÉLÉVBEN

1. Online kurzus: “Data-Driven Animation for Science Communication”, University of California, Santa Cruz

KONFERENCIÁK A KÉPZÉS ALATT

1. **Magyar Biofizikai Társaság XXIX. Kongresszusa**, Budapest, Hungary, 2023.08.28-31. (short talk)
2. **6th International Student Course in Behavioural Biology**, Paris, France, 2023.11.27-28. (poster)
3. **The IEEE RAS Summer School on Multi-Robot Systems**, Prague, Czech Republic, 2024.07.29-08.02. (poster)
4. **ANTS 2024, Fourteenth International Conference on Swarm Intelligence**, Konstanz, Germany, 2024.10.09-11.

OKTATÁSI TEVÉKENYSÉG

1. Az első szemeszterben két 9-es osztály fizikatanára a Szent Gellért Katolikus Általános Iskola és Gimnáziumban
(heti 4 óra)
2. Klasszikus és modern fizikai mérések tanároknak
(labor, fizlab2f19lo, heti óraszám: 3)
3. Tudományos modellezés számítógépes laboratórium
(labor, dsscimodf20lm, heti óraszám: 4)

ELISMERÉSEK

1. Kooperatív Doktori Program 2023 ösztöndíjas
 - a. Eddig riportok: kiválóan megfelelt minősítés
2. Max Planck Institute for Intelligent Systems, Perceiving Systems
 - a. Gyakornoki pozíció, Tübingen, Németország, 2024.10.15 - 2025.01.14.
 - b. Újabb meghívás 2025 őszétől
3. ELTE Tudománykommunikációs verseny 2024
 - a. különdíj