



Folyami áramlás és elkeveredés Lagrange-i szemléletű vizsgálata drónfelvételek alapján

Készítette:

Lükő Gabriella

Támogató:

ÚNKP-17-1-1

Konzulensek:

Dr. Baranya Sándor

Dr. Zsugyel Márton



**EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA**

Bevezetés

- **Drónok** használata egyre elterjedtebb
- Vízmérnöki területen: **vízhozam mérés**
- Elkeveredésvizsgálatoknál az Euler-i szemlélet a jellemzőbb
- A kutatás célja:
 - Drónfelvételek készítése
 - Képfeldolgozó algoritmus kidolgozása
 - Elkeveredés és káosz számszerűsítése

Terepi mérések

Alkalmazott drón:

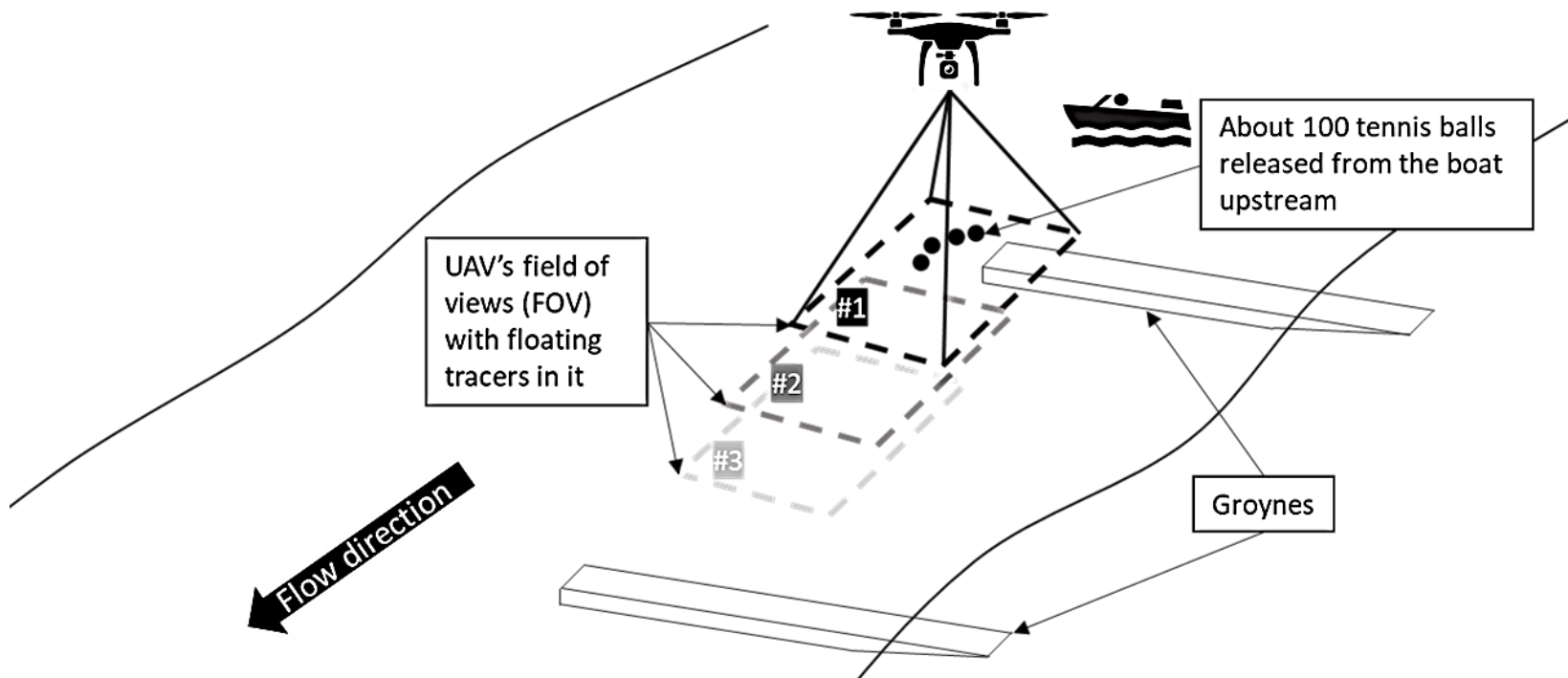
- Típus: DJI Phantom 3 Standard
- 2.7K kamera + gimbal

Helyszín:

- Váci-Duna ág 1670 fkm
- Vízhozam: 1080 m³/s (kisvíz)



1. ábra
DJI P3S drón



2. ábra Terepi mérések sematikus ábrája

Particle Tracking Velocimetry (PTV)

Képsorozat videóból



Részecskék detektálása



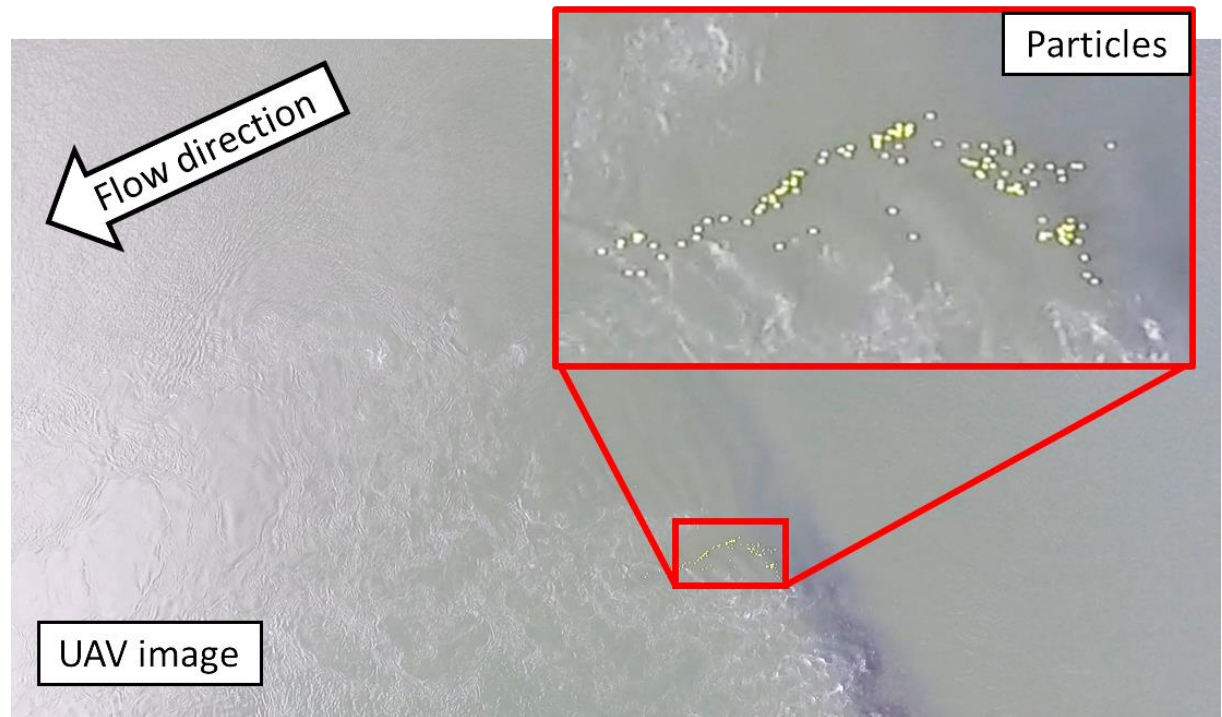
Részecske-pozíciók
összekapcsolása



Korrigálások



Eredmények:
trajektóriák,
sebesség-vektor mező



3. ábra Nyers drón kép

PTV algoritmus felépítése

Maszkolás

Gauss szűrő

Intervallum meghatározása

Maximumok = detektálások

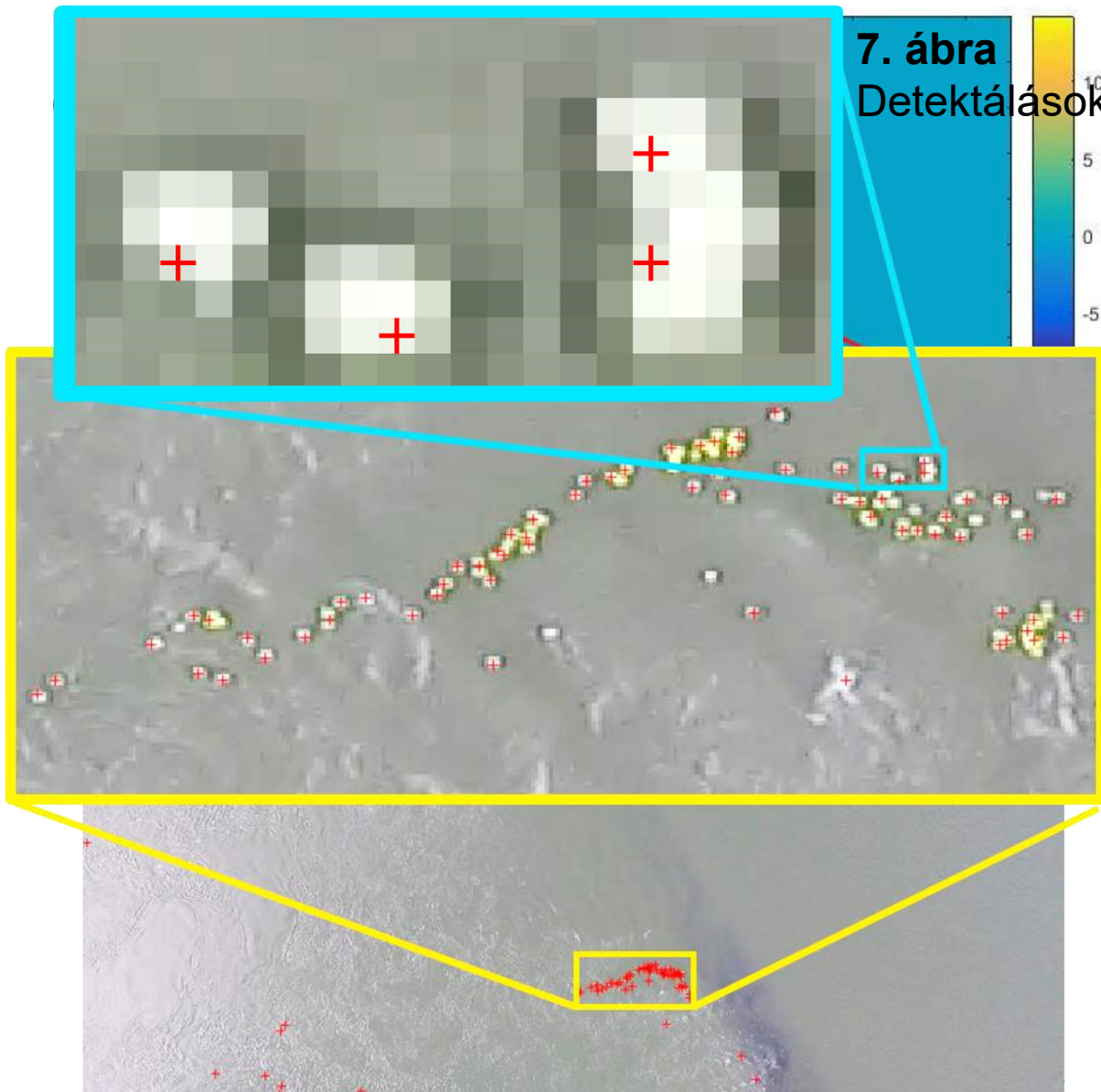
Kálmán szűrő

Helyes útvonal kiválasztása

Új trajektóriák hozzáadása
& rossz trajektóriák törlése

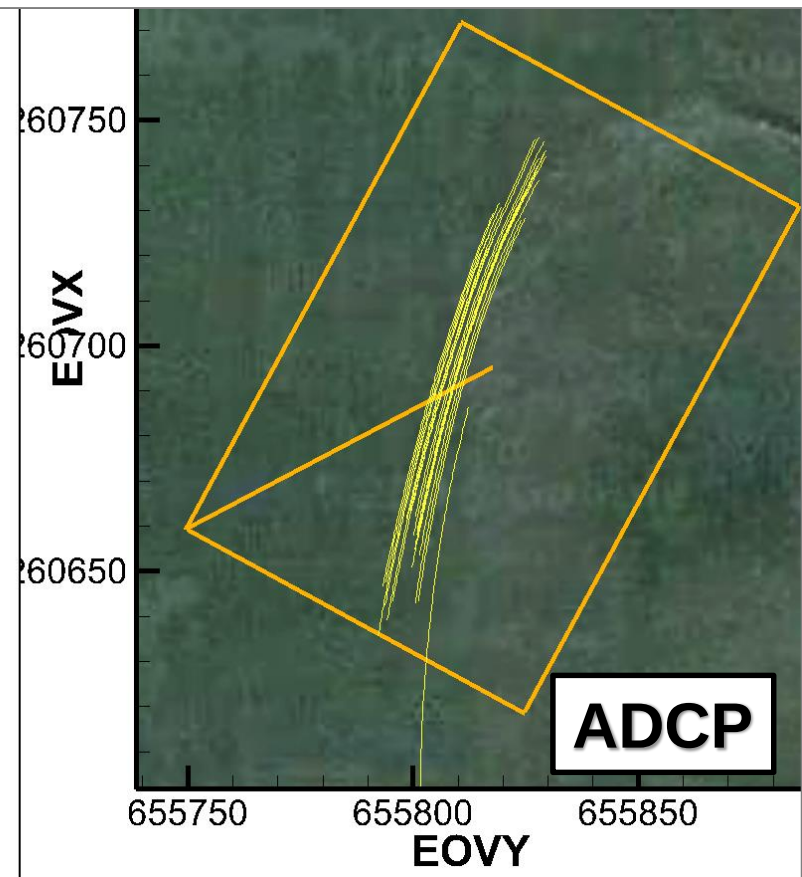
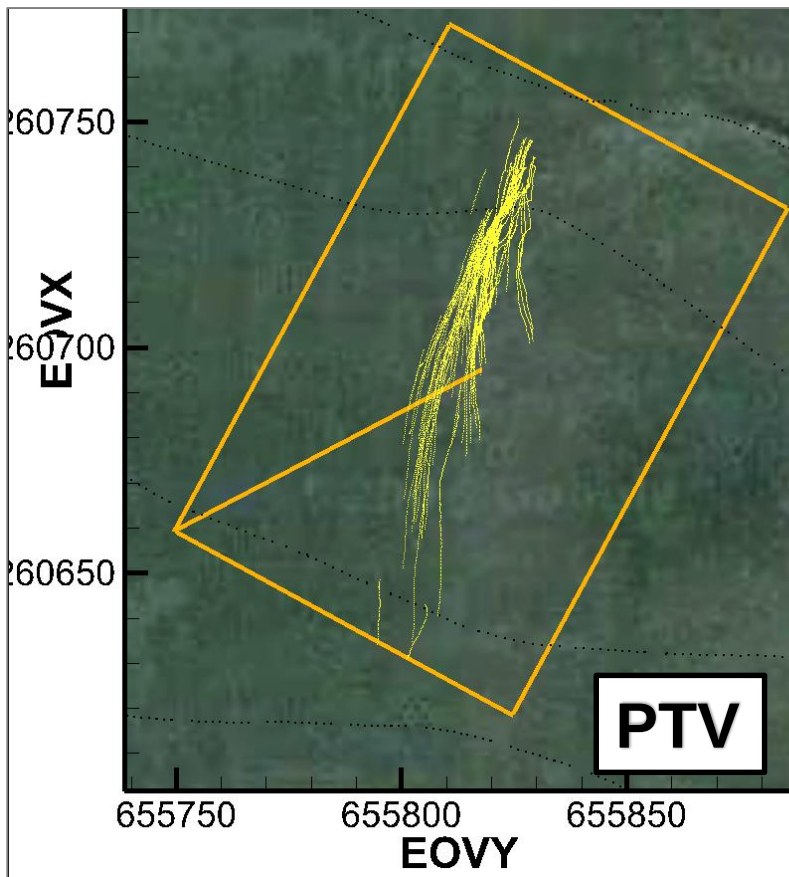
Jó trajektóriák mentése

7. ábra
Detektálások



PTV és ADCP eredmények

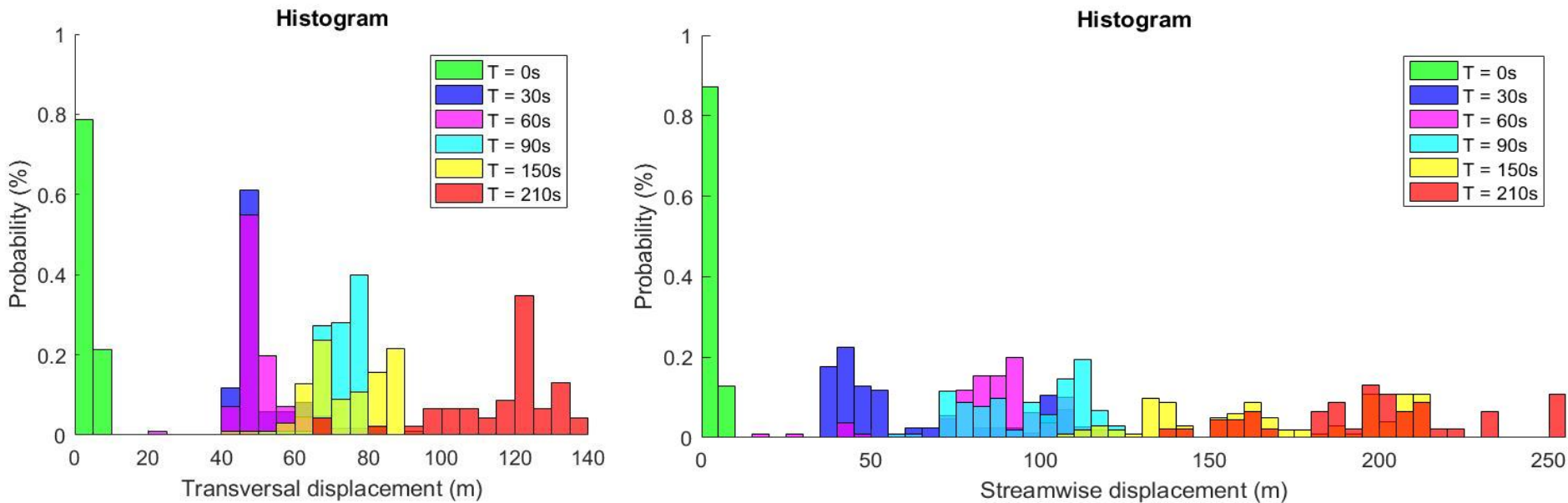
- Finom-léptékű
 - Nempermanens áramlási struktúrák is megjelennek
- ↔
- Nagyobb-léptékű
 - Sebességmezőre illesztett áramvonalak permanens struktúrákat mutatnak



8. ábra Lagrange-i (PTV) és Euler-i (ADCP) áramlásmérés összehasonlítása

Elkeveredés karakterizálása

- Valószínűségi sűrűségfüggvények (PDFs)



9. ábra Kereszt- és folyásirányú elmozdulások valószínűségi sűrűségfüggvényei

1. táblázat A jelzőanyag csóva kereszt- és folyásirányú változása:

Time (T)	0 s	30 s	60 s	90 s	150 s	210 s
Transversal	<10 m	30 m	45 m	50 m	60 m	75 m
Streamwise	<10 m	50 m	75 m	80 m	110 m	>130 m

Elkeveredés karakterizálása

- Anomalous relative displacement PDFs

Egy trajektória relatív elmozdulása:

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{r}(t_0 + t) - \mathbf{r}(t_0)$$

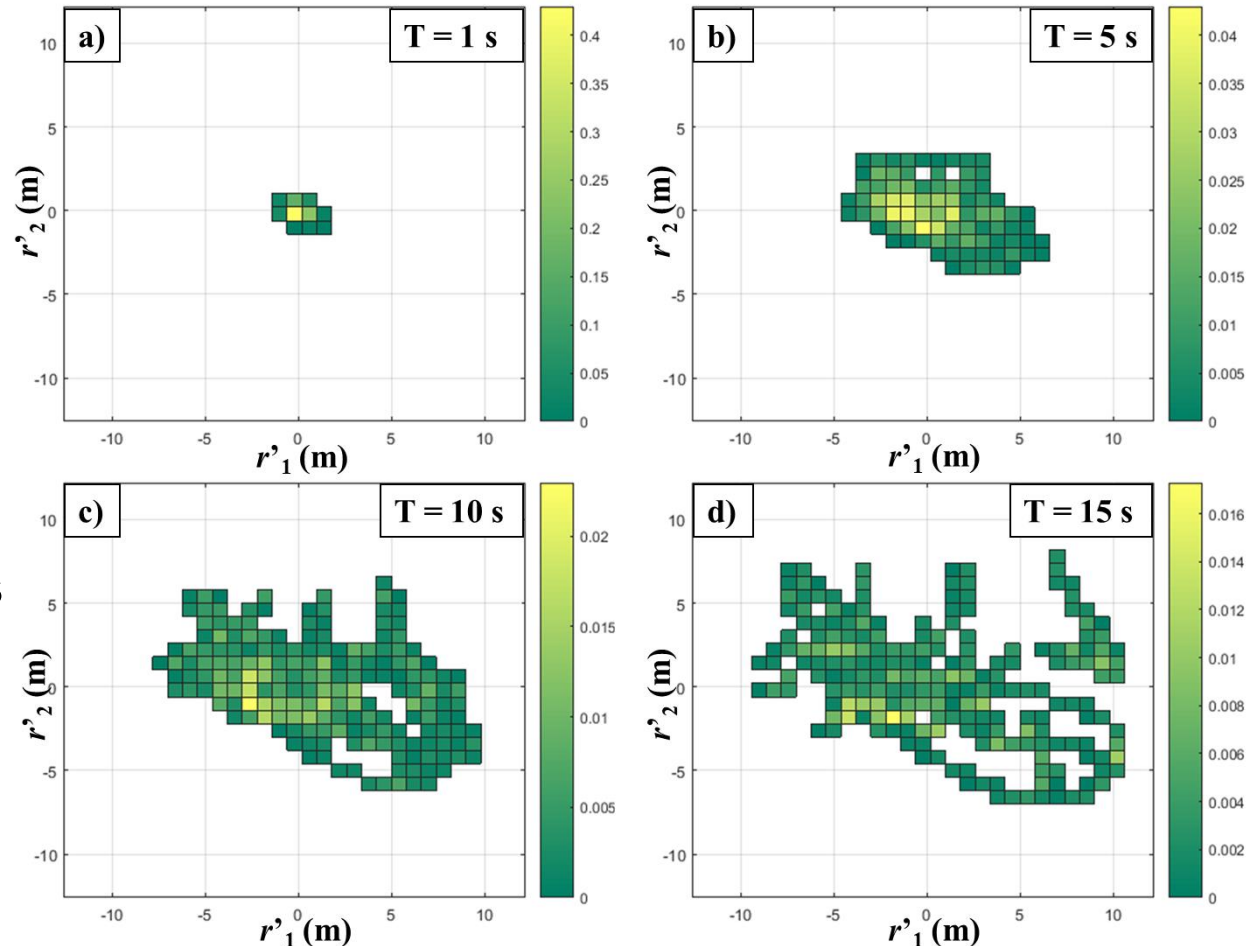
„Szabálytalan relatív elmozdulás”:

$$\mathbf{r}'(t) = \mathbf{r}(t) - \mathbf{R}(t)$$

Összes trajektória átlagos relatív elmozdulása $\mathbf{R}(t)$

$\mathbf{r}'_1$ – folyásirányú

$\mathbf{r}'_2$ – keresztirányú komp.



10. ábra: Anomalous relative displacement PDFs
 $T = 1, 5, 10$ és 15 s időpillanatokban.

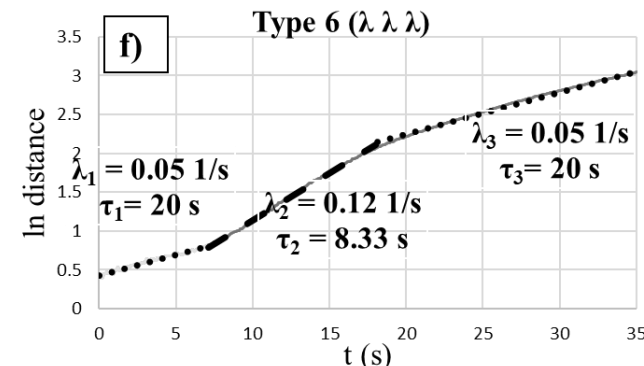
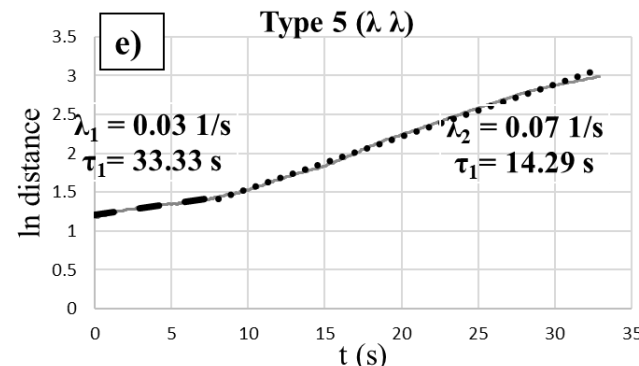
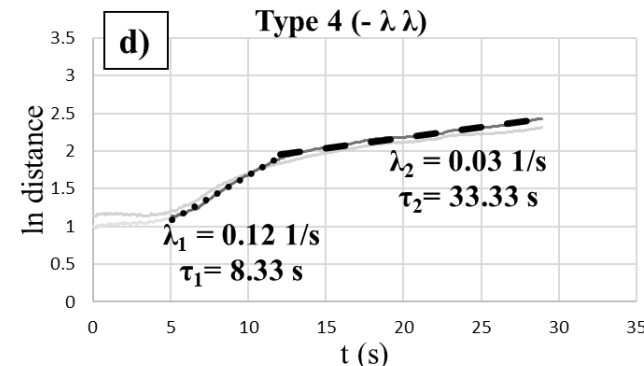
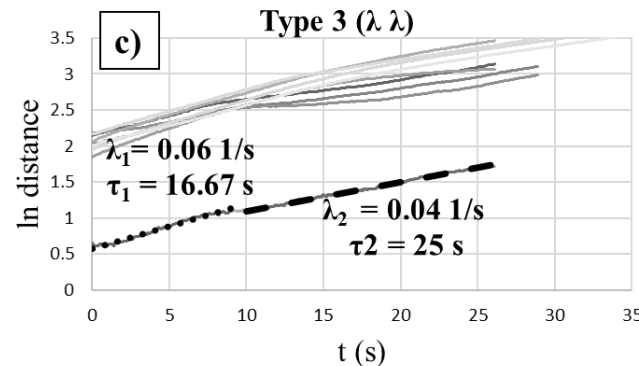
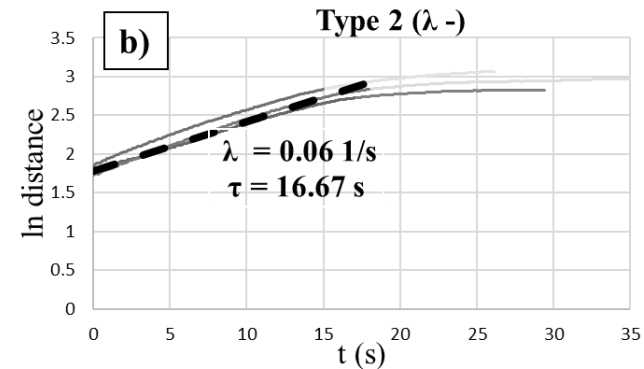
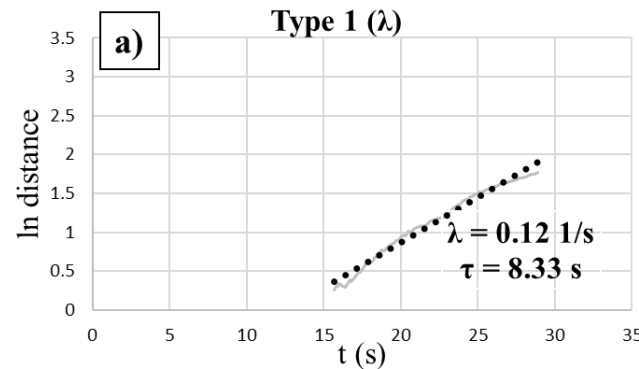
Káosz karakterizálása

A Lyapunov-exponens (λ) így írható le:

$$\Delta r = \Delta r_0 \cdot e^{\lambda t}$$

Előrejelzési idő (τ):

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$



11. ábra Az eltávolodási görbék 6 típusa (azonos Lyapunov-exponenssel)

Összefoglalás

- Drónról készített **videók alapján áramlási adatelemzést** hajtottam végre
- Átdolgoztam egy algoritmust MATLAB környezetben a **folyami PTV alkalmazásra**, amely automatikusan állítja elő a trajektóriákat a bemenő képekből
- A PTV trajektóriák alapján az áramlás kaotikus természetét és az **elkeveredést számszerűsítettem**
- Részletesebb adatelemzéshez a **drónos mérési eljárás továbbfejlesztésére** lesz szükség a jövőben

Köszönöm a figyelmet!



EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA

***Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-1-1
kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának
támogatásával készült.***