

# FÖLDI ILLESZTŐJELEK AUTOMATIKUS AZONOSÍTÁSA

Varga Attila

okl. gépészmérnök, PhD. hallgató

Óbudai Egyetem, Alkalmazott Informatikai és Alkalmazott Matematikai Doktori Iskola



# Témakörök

- Célok
- Abszolút tájékozás
- Pontjelek automatikus felismerése – vizsgálat szintérben
- Pontjelek automatikus azonosítása – ponteloszlás vizsgálata
- Gyakorlati megvalósítás
- Továbbfejlesztési lehetőségek

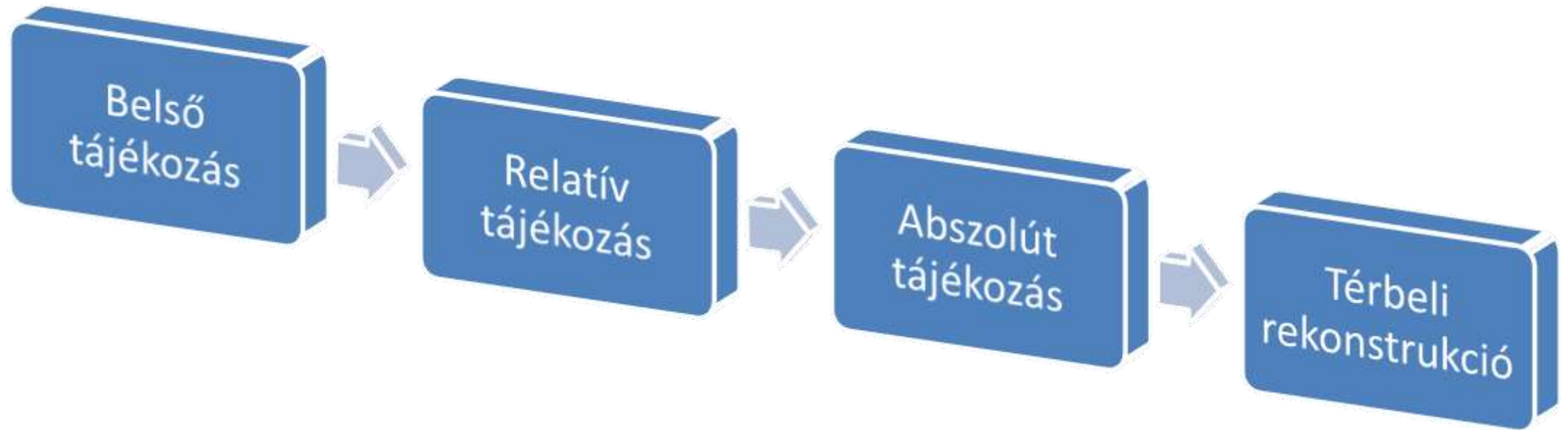
# Célok

A fotogrammetriai feldolgozásnál egyes lépéseinek automatizálása

Jól automatizálható: a képpárok kapcsolópontjainak számítása (terület- és objektumalapú képegyeztetés)

Robusztus, kis számítási igényű eljárás kidolgozása  
(él- és sarokdetektálás, terület alapú képillesztés elkerülése)

# Fotogrammetriai feldolgozás



# Abszolút tájékozás

Térbeli hasonlósági transzformáció a modell és a geodéziai rendszer között (kapcsolat a két koordinátarendszer között)

Feladat a hasonlósági transzformáció paramétereinek meghatározása:

- eltolás ( $X_0, Y_0, Z_0$ )
  - nagyítási tényező ( $m$ )
  - forgatási szögek ( $\omega, \varphi, \kappa$ )
- } 7 ismeretlen

Ehhez földi illesztőpontok (GCP) mérése a geodéziai rendszerben és a modell-koordinátarendszerben

Illesztőpontok minimális száma:

- 2 teljes pont ( $x, y, z$ )
  - egy magassági pont ( $z$ )
- } 7 egyenlet írható fel

Gyakorlatban: fölös mérések, túlhatározott egyenletrendszer, új ismeretlen (maradékhiba bevezetése), kiegyenlítés

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} + m \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

$$r_{11} = \cos \omega \cdot \cos \kappa$$

$$r_{12} = -\cos \varphi \cdot \sin \kappa$$

$$r_{13} = \sin \varphi$$

$$r_{21} = \cos \omega \cdot \sin \kappa + \sin \omega \cdot \sin \varphi \cos \kappa$$

$$r_{22} = \cos \omega \cdot \cos \kappa - \sin \omega \cdot \sin \varphi \sin \kappa$$

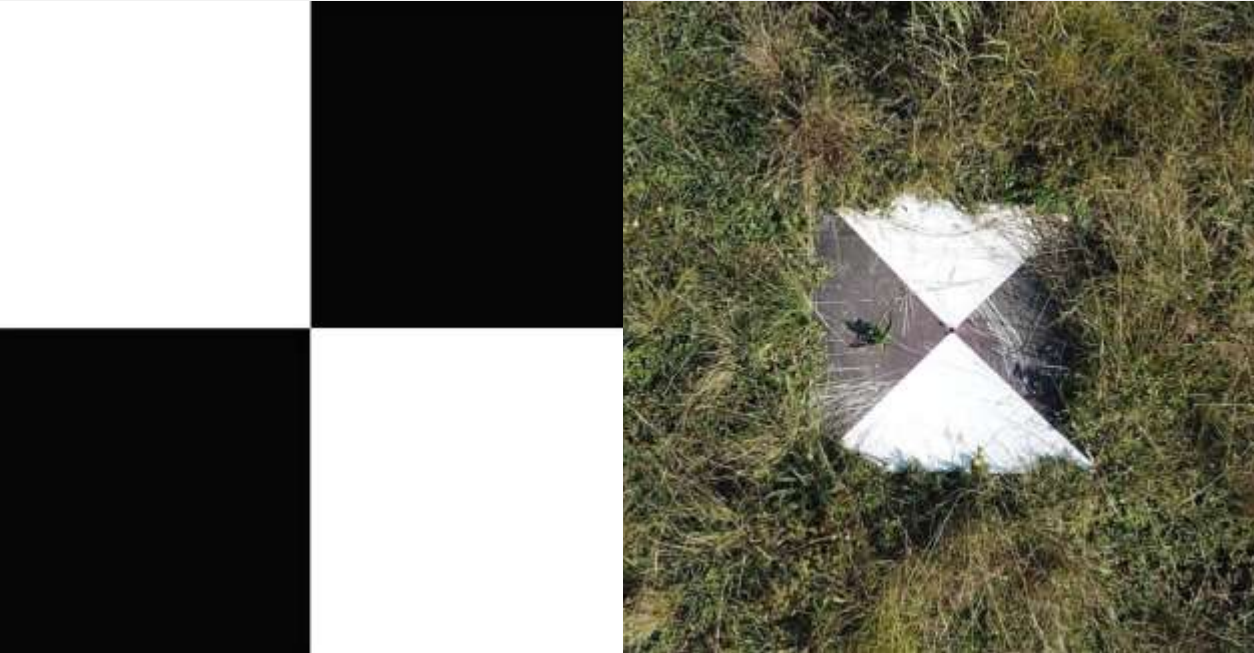
$$r_{23} = -\sin \omega \cdot \cos \varphi$$

$$r_{31} = \sin \omega \cdot \sin \kappa - \cos \omega \cdot \sin \varphi \cos \kappa$$

$$r_{32} = \cos \omega \cdot \sin \varphi \sin \kappa + \sin \omega \cdot \cos \kappa$$

$$r_{33} = \cos \omega \cdot \cos \varphi$$

# Pontjelek



GCP méréséhez illesztő pontjeleket használunk:

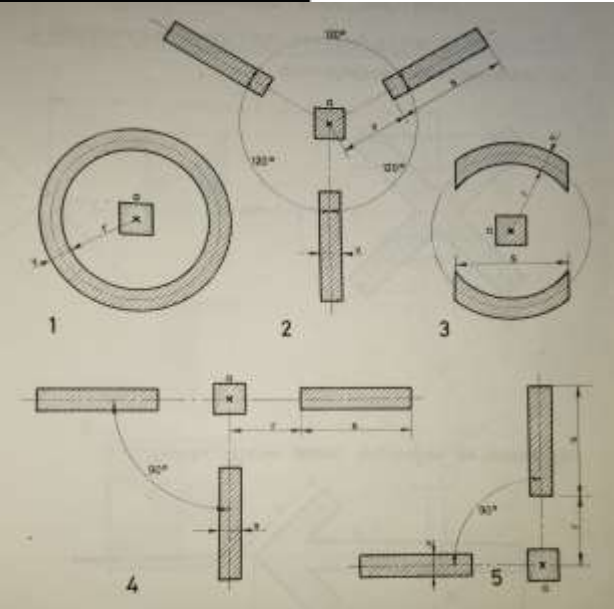
- jól beazonosítható tereptárgy
- pontjelek

Nincs szabvány (utolsó ismert szabvány 1977-es)

Feladat: a pontjelek képi helyének meghatározása

Lehetőségek:

- manuális irányzás
- képegyeztetési eljárások (objektum- és területalapú)
- gépi tanulás
- egyéb?



# Színes pontjel alkalmazása

A digitális képfeldolgozásnál a színinformációkat általában nem használják, de...

Kérdések:

1. A színinformáció használható-e?
2. „Természetellenes” színű alakzatok hogyan ismertethetők fel légi felvételekről?
3. Alakzat centroidja használható-e GCP-ként?
4. Milyen alakzatok megfelelőek?



# Alapötlet



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI  
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

AZ NKFI ALAPBÓL  
MEGVALÓSULÓ  
PROGRAM

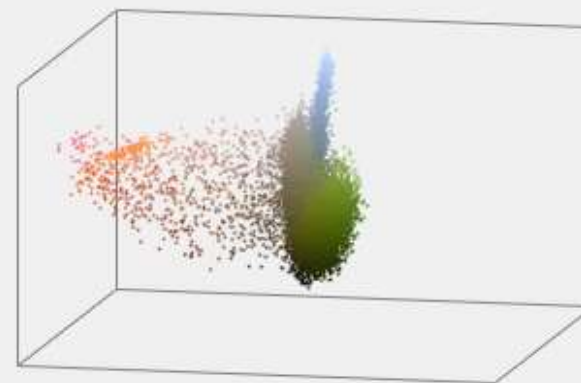
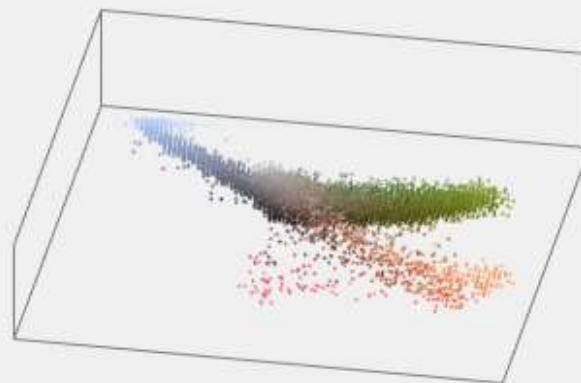
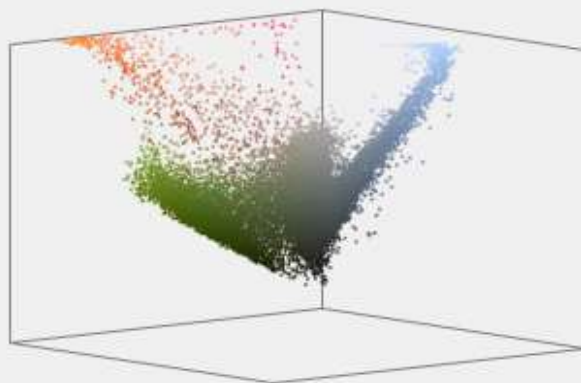
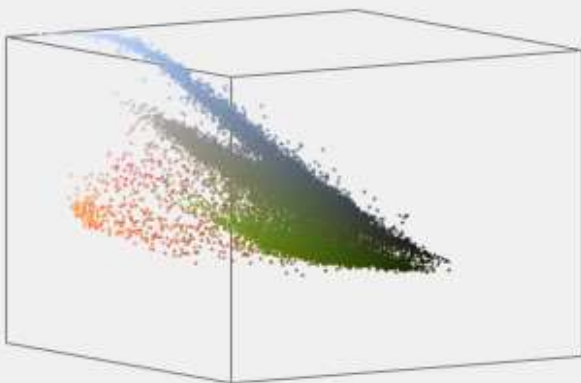


RGB

HSV

YCbCr

L\*a\*b\*



Rotate the 3D color space and choose the view that best isolates the colors of interest...

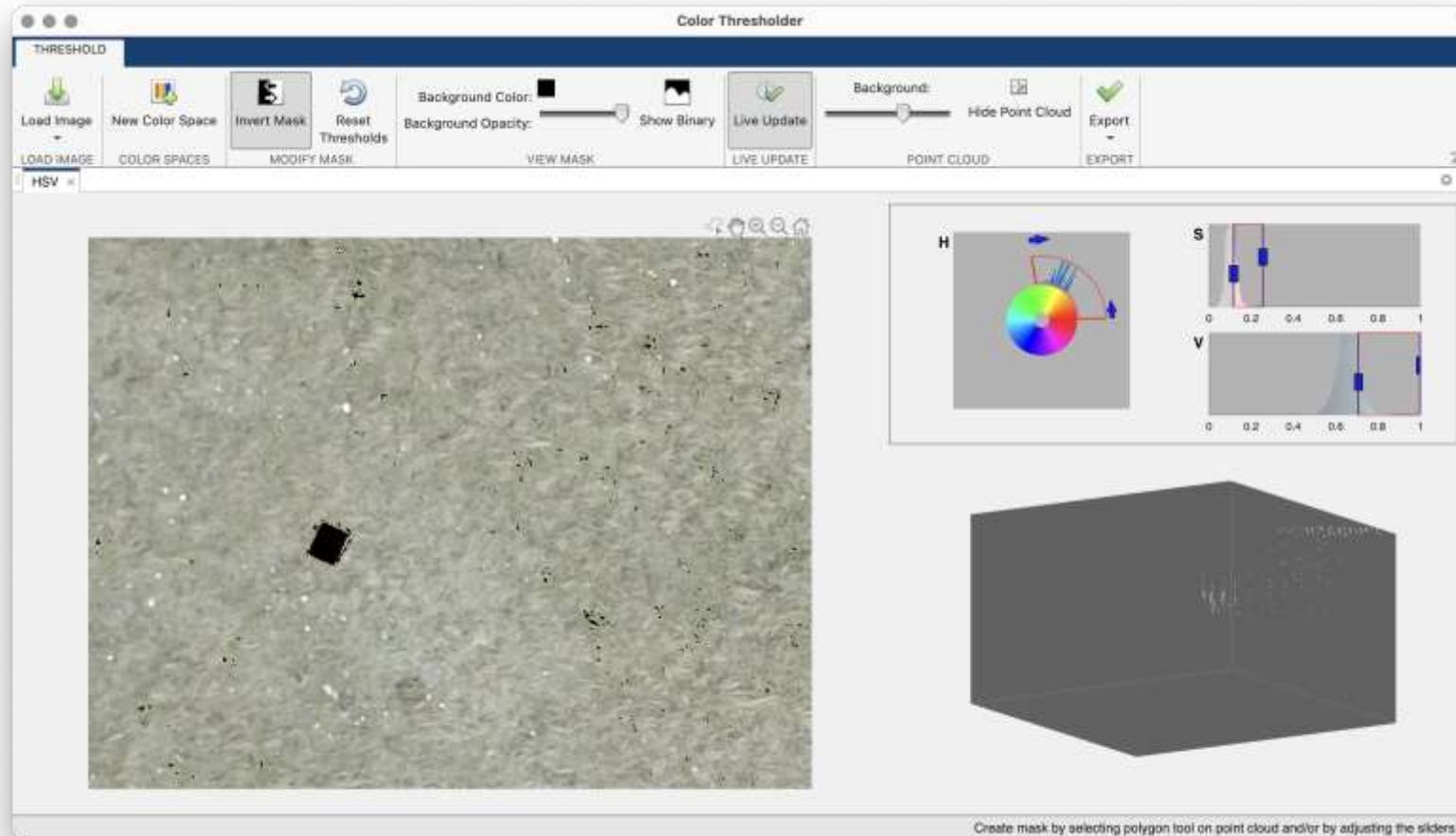


Megfelelő színtér kiválasztása



AZ NKFI ALAPBÓL  
MEGVALÓSULÓ  
PROGRAM

# Küszöbölés HSV színtérben



## Csatornák:

- Hue – színárnyalat (0–360)
- Saturation – telítettség (1–100)
- Value – fényerő (1–100)

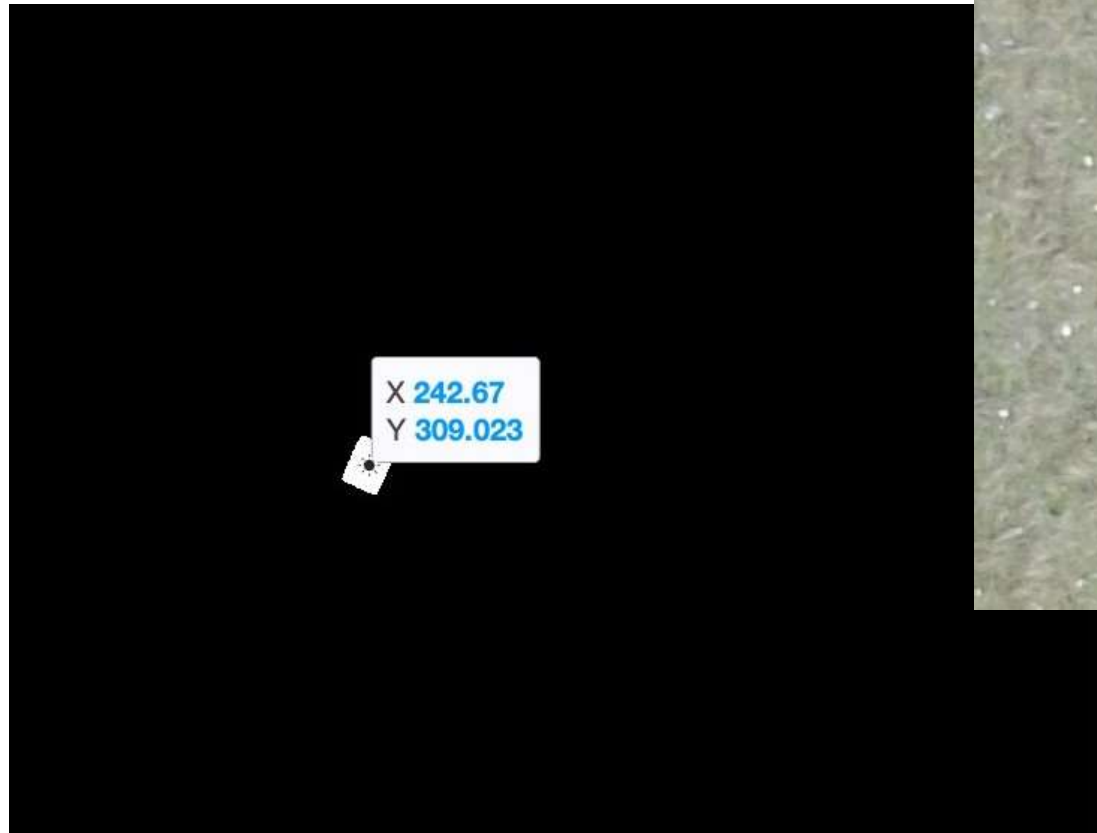


# Jelfelismerés folyamata

- RGB-HSV átalakítás (`rgb2hsv`)
- Pixel szűrése küszöböléssel (H, S és V csatornákon)
- BW maszk létrehozása
- Javítás – régiónövelés, hiányok befoltozása, régiócsökkentés (`bwmorph`, `imfill`)
- Túl kicsi (és túl nagy) alakzatok kiszűrése
- Régió centroidjának számítása (`regionprops`)



# A pontjel centroidja



# Használt jelek



- 9 db habkartonlap
- Méret: 40–60 cm oldalhosszúság
- Alak: négyzet, téglalap



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI  
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

AZ NKFI ALAPBÓL  
MEGVALÓSULÓ  
PROGRAM

# Légi felvételek



- Helyszín: Óbudai Egyetem UAV tesztpályája (Iszkaszentgyörgy)
- UAV: DJI Mavic Pro
- Repülési magasság: 50 m
- Terepi felbontás: 1,6 cm

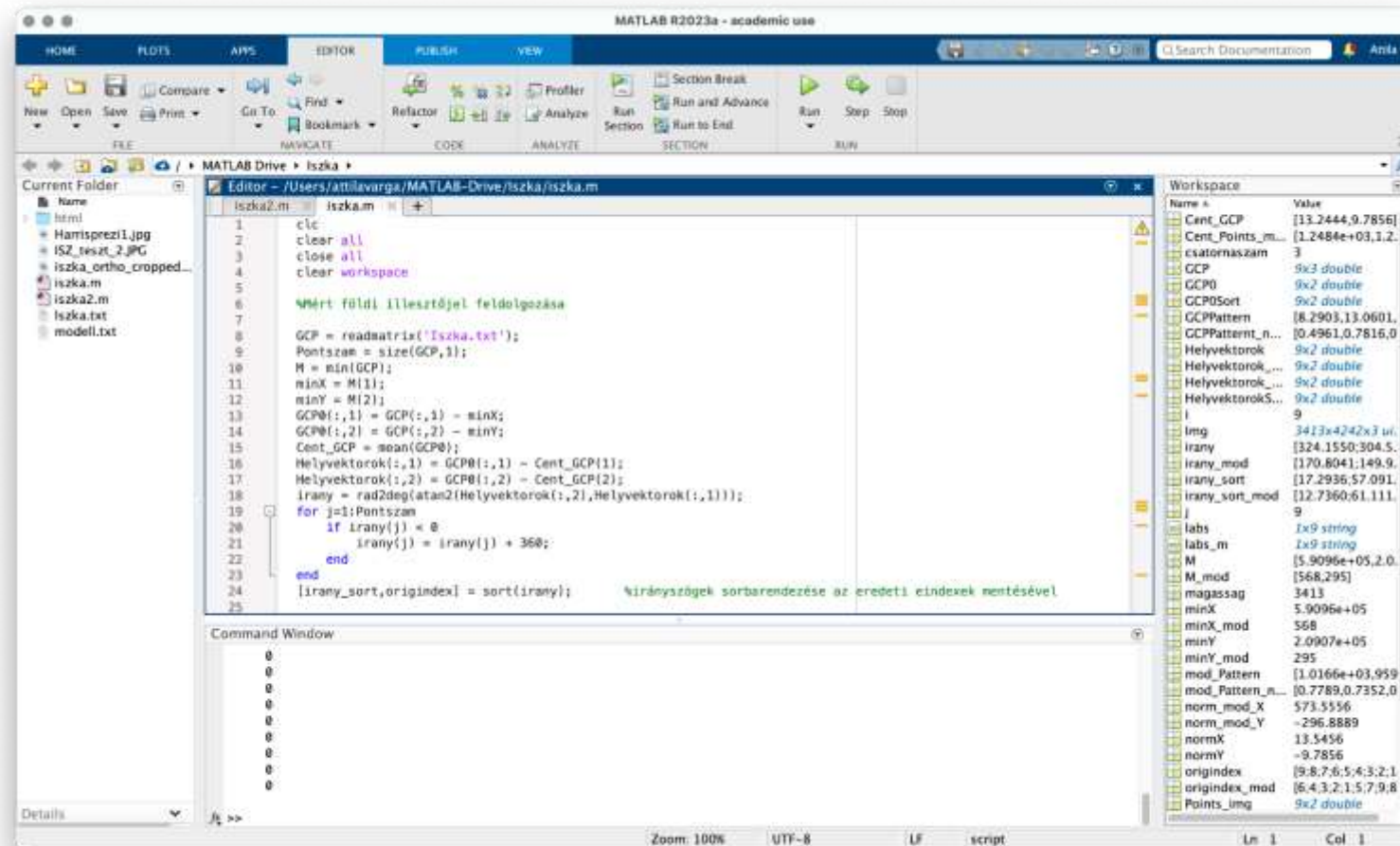


NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI  
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

AZ NKFI ALAPBÓL  
MEGVALÓSULÓ  
PROGRAM

# Feldolgozás

- MATLAB
  - Image Processing Toolbox
  - Image Acquisition Toolbox
- Mátrixszámításra optimalizált
- Kényelmes képfeldolgozás



```
1  clc
2  clear all
3  close all
4  clear workspace
5
6  %Mért földi illesztőjel feldolgozása
7
8  GCP = readmatrix('Iszka.txt');
9  Pontszam = size(GCP,1);
10 M = min(GCP);
11 minX = M(1);
12 minY = M(2);
13 GCP0(:,1) = GCP(:,1) - minX;
14 GCP0(:,2) = GCP(:,2) - minY;
15 Cent_GCP = mean(GCP0);
16 Helyvektorok(:,1) = GCP0(:,1) - Cent_GCP(1);
17 Helyvektorok(:,2) = GCP0(:,2) - Cent_GCP(2);
18 irany = rad2deg(atan2(Helyvektorok(:,2),Helyvektorok(:,1)));
19 for j=1:Pontszam
20     if irany(j) < 0
21         irany(j) = irany(j) + 360;
22     end
23 end
24 [irany_sort,origindex] = sort(irany); %irányszögek sorbarendezése az eredeti indexek mentésével
25
```

Command Window

```
0
0
0
0
0
0
0
0
0
0
```

Workspace

Name	Value
Cent_GCP	[13.2444,9.7856]
Cent_Points_m...	[1.2484e+03,1.2...
csatornaszam	3
GCP	9x2 double
GCP0	9x2 double
GCP0Sort	9x2 double
GCPPattern	[8.2903,13.0601...
GCPPattern_n...	[0.4961,0.7816,0...
Helyvektorok	9x2 double
Helyvektorok_...	9x2 double
Helyvektorok_...	9x2 double
HelyvektorokS...	9x2 double
i	9
img	3413x4242x3 ut...
irany	[324.1550;304.5...
irany_mod	[170.8041;149.9...
irany_sort	[17.2936;57.091...
irany_sort_mod	[12.7360;61.111...
j	9
labs	1x9 string
labs_m	1x9 string
M	[5.9096e+05,2.0...
M_mod	[568,295]
magassag	3413
minX	5.9096e+05
minX_mod	568
minY	2.0907e+05
minY_mod	295
mod_Pattern	[1.0166e+03,959...
mod_Pattern_n...	[0.7789,0.7352,0...
norm_mod_X	573.5556
norm_mod_Y	-296.8889
normX	13.5456
normY	-9.7856
origindex	[9;8;7;6;5;4;3;2;1]
origindex_mod	[6;4;3;2;1;5;7;9;8]
Points_img	9x2 double

# Ponjelek mérése és azonosítása

Feladat: pontok azonosítása és megfeleltetése a modellen és a geodéziai rendszerben

Módszer: ponteloszlás hasonlóságának vizsgálata, fix pont: a pontok súlypontja (2D-re redukált feladat)

Képek: modell, geodéziai pontok, vektorhosszúságok eloszlása (ezek hasonlóságát v. illeszkedését keressük)

590985.38,209071.45,248.77  
590976.34,209074.69,248.59  
590969.85,209079.10,248.48  
590958.59,209071.86,247.61  
590963.46,209079.13,248.17  
590965.64,209085.88,248.39  
590968.57,209093.11,248.45  
590978.93,209092.20,248.82  
590979.75,209083.70,249.08

Egyszerűsítő  
feltétel:  
 $Z=0$

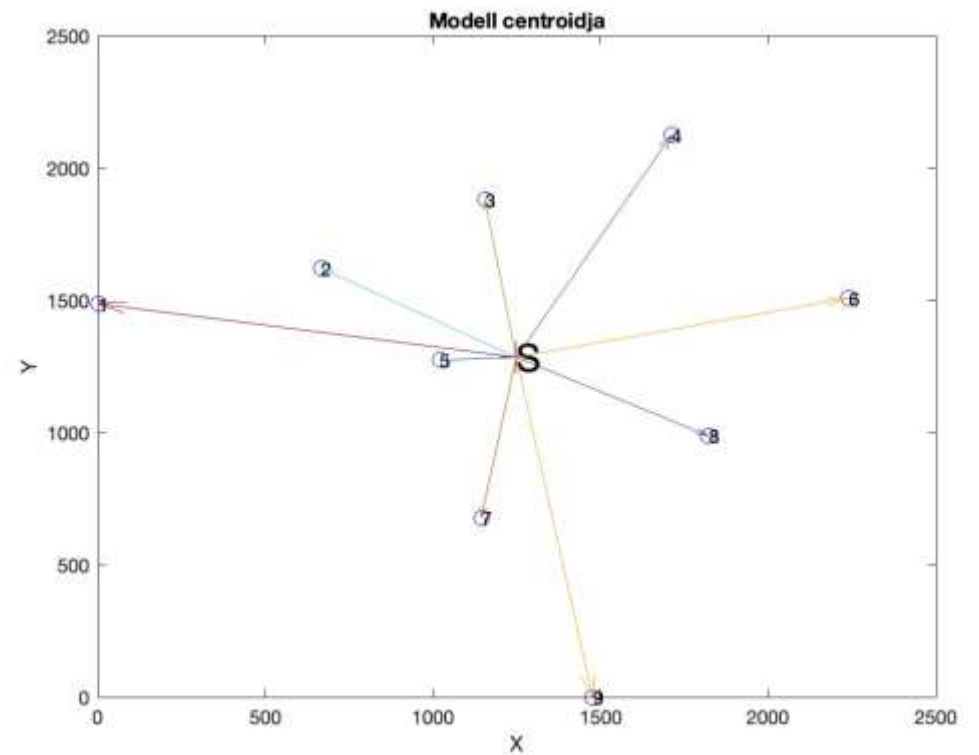
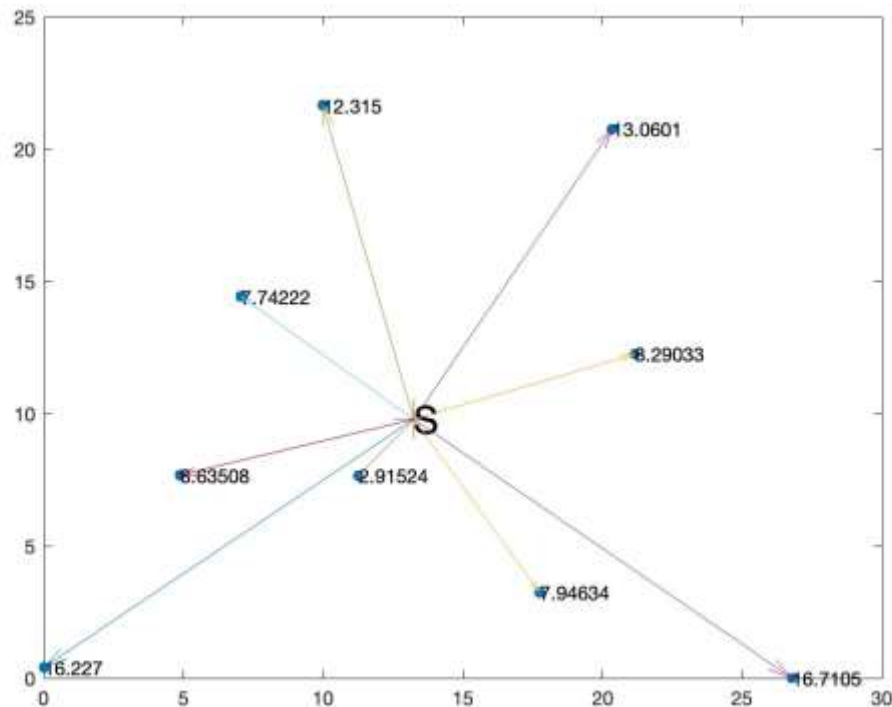
Geodéziai módszerrel (RTK-s GNSS  
műszerrel) mért terepi koordináták  
(EOV)



Számított modellkoordináták

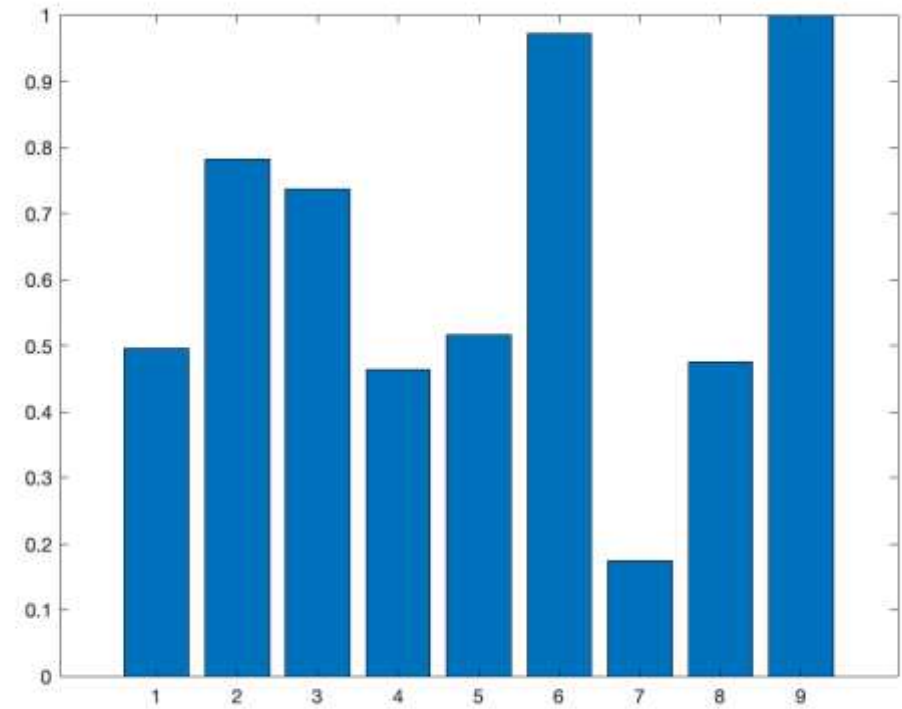
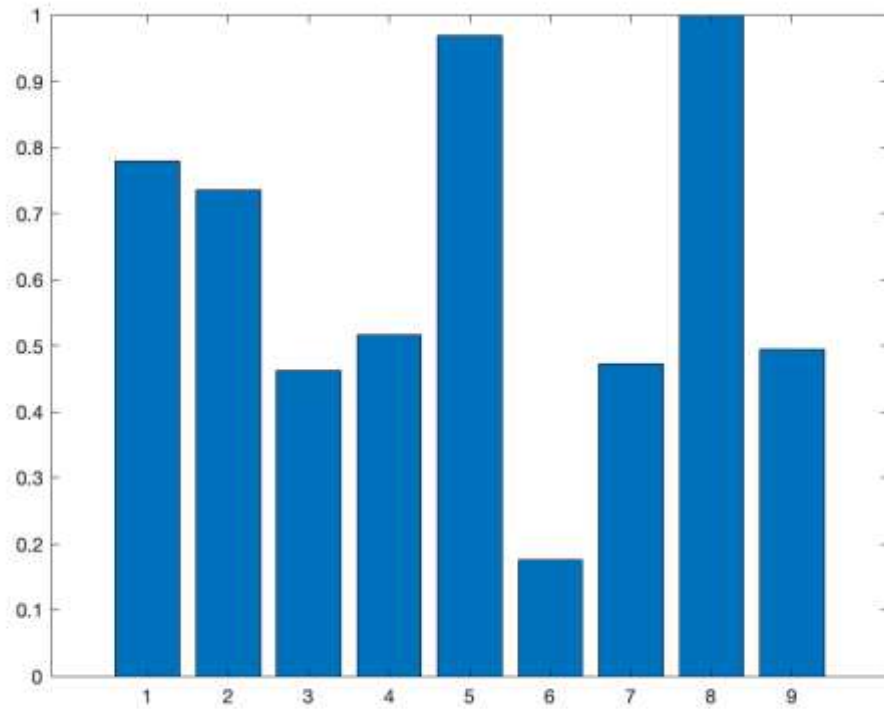


# Ponteloszlás kezelése



- Referenciapont: eloszlás centroidja
- Pontok azonosítása (összerendelése) az ponteloszlás geometriai hasonlósága alapján
- Eltolásra, forgatásra és nagyításra invariáns

# Illesztőpontok megfeleltetése

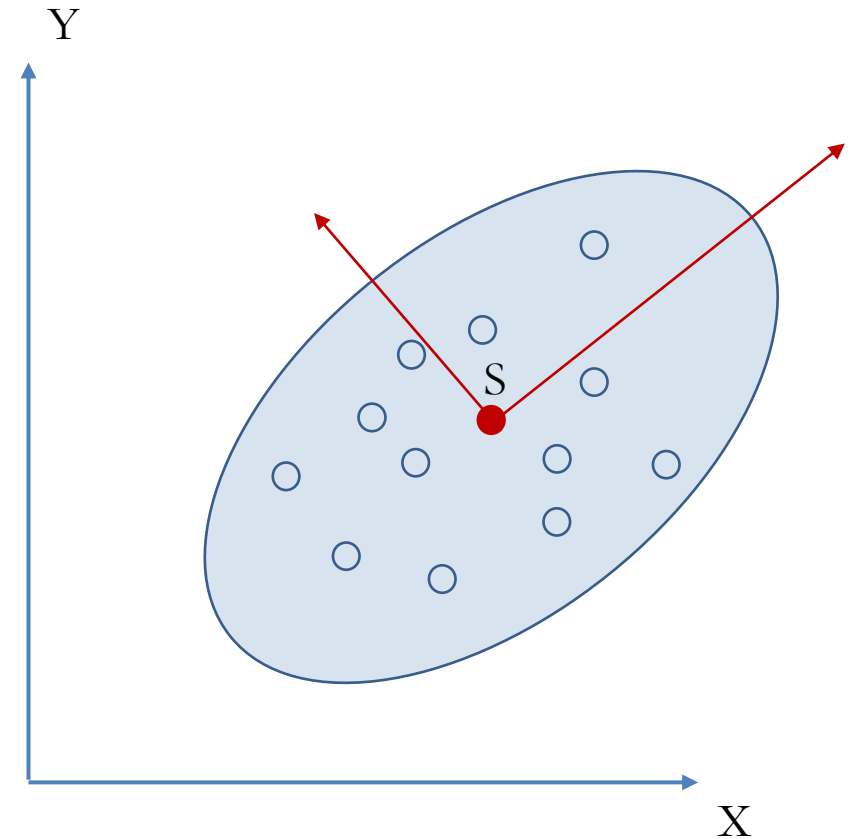


Leírótömb: helyvektorok hossza

A modell és a geodéziai rendszer pontjainak megfeleltetése után elvégzett a térbeli hasonlósági transzformáció.

# Továbbfejlesztési irányok

- Illesztőjelfelismerés robusztusságának vizsgálata (környezeti körülmények hatása, torzulások hatása, centroid pontossága)
- Több pontjel egy fényképen
- Fuzzy-logika és gépi tanulás (ML) alkalmazása
- Durva hibák kezelése
- Alternatív módszer: illesztőpontok normál eloszlásellipszisének számítása (az eloszlás kovarianciamátrixának sajátértékei és sajátvektorai)



# Köszönetnyilvánítás

Az előadást a „Felületi formák jellemzőinek vizsgálata vidéki környezetben pontfelhők és távérzékelési adatok alapján” című 2019-2.1.11-TÉT-2020-00171 azonító számmal ellátott kétoldalú kínai–magyar TÉT projekt, valamint az Óbudai Egyetem Alba Regia Műszaki Kara támogatta.



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI  
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

AZ NKFI ALAPBÓL  
MEGVALÓSULÓ  
PROGRAM

Köszönöm a figyelmet!

E-mail: [vargaa@stud.uni-obuda.hu](mailto:vargaa@stud.uni-obuda.hu)



NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI  
ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

AZ NKFI ALAPBÓL  
MEGVALÓSULÓ  
PROGRAM