

# UAS rendszerekkel végzett légi felmérés kiértékelési és pontossági kérdései



DR. HABIL. JANCsó TAMÁS  
ÓBUDAI EGYETEM, ALBA REGIA MŰSZAKI  
KAR, GEOINFORMATIKAI INTÉZET

FÖLDMÉRŐK VILÁGNAPJA ÉS AZ  
EURÓPAI FÖLDMÉRŐK ÉS TÉRINFORMATIKUSOK NAPJA  
SZÉKESFEHÉRVÁR, 2019. MÁRCIUS 21.



# Témakörök



## ▶ Általános felvetések

Alkalmazási példa:

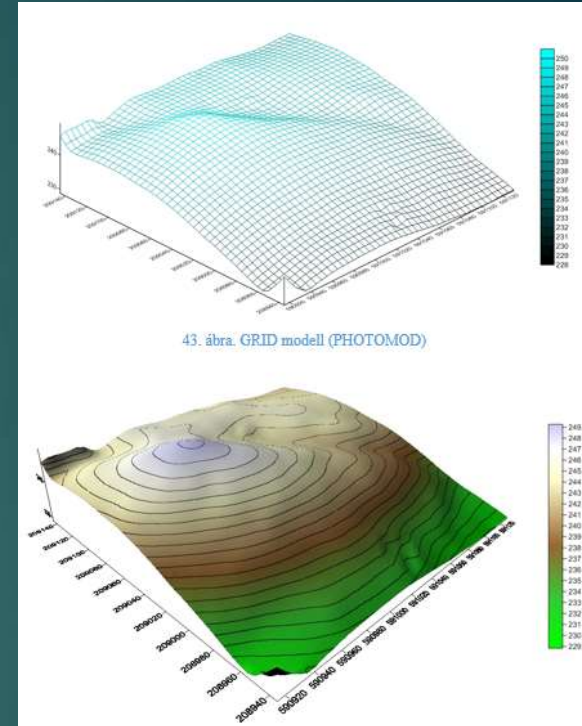
## ▶ UAS légi felmérés körülményei

## ▶ Teszt terület

## ▶ Phantom DJI 3 műszaki adatai

## ▶ Légiháromszögelés

## ▶ Eredmények összefoglalása, konkluziók



# Általános felvetések



- ▶ Pontosságot befolyásoló tényezők
  - ▶ Képek terepi felbontása
  - ▶ Pontok irányozhatósága
  - ▶ Magassági mérés pontossága: függ a bázisviszonytól
  - ▶ Illesztőpontok meghatározási pontossága
  - ▶ Kamera kalibráció pontossága
  - ▶ Egyéb járulékos paraméterek bevezetése
- ▶ Pontosság kiszámítása
  - ▶ Kiegyenlítés pontossága
  - ▶ Ellenőrző pontok alapján végzett hibavizsgálat



# Képek terepi felbontása

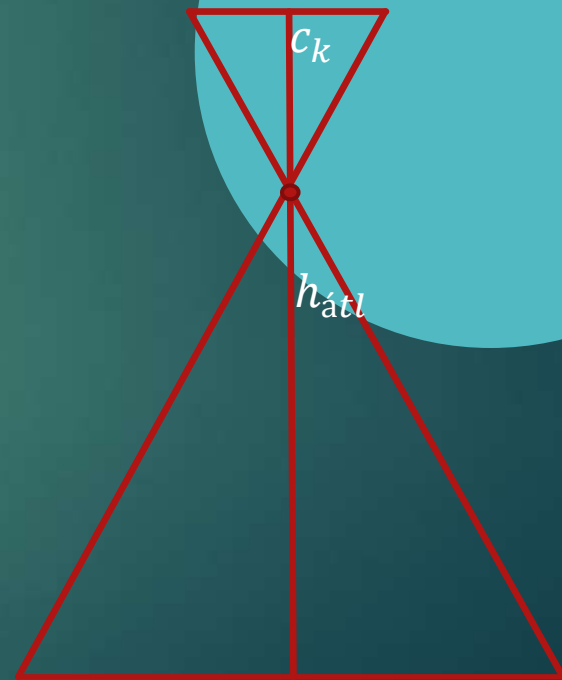
- ▶ Kiszámolható a képek átlagos méretarányából és a pixelméretből.

$$m_{\text{átl}} = \frac{h_{\text{átl}}}{c_k}$$

$$\Delta_{XY} = \Delta_p \cdot m_{\text{átl}}$$

$$m_{\text{átl}} = \frac{115 \text{ m} \cdot 1000}{3.7546 \text{ mm}} = 30\,629$$

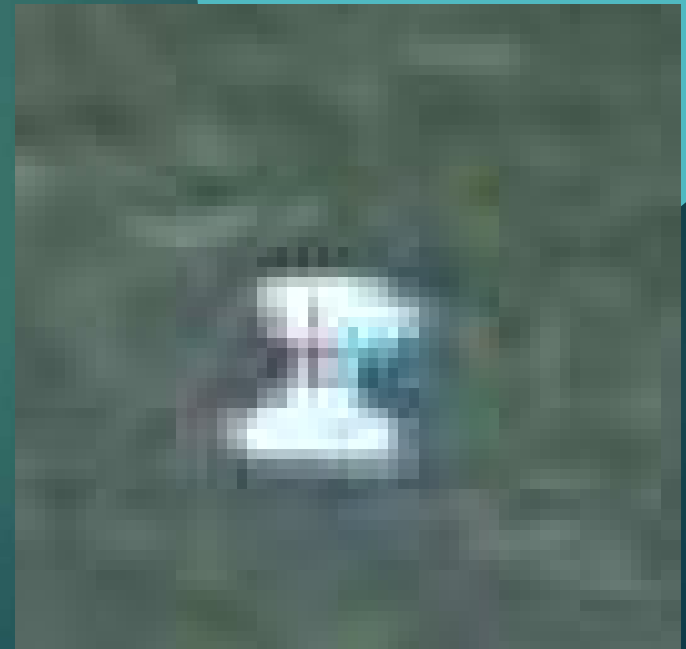
$$\Delta_{XY} = 1.625 \text{ } \mu\text{m} \cdot 30\,629 = 49\,772 \text{ } \mu\text{m} \approx 5 \text{ cm}$$



# Pontok irányozhatósága



- ▶ A felbontás mellett fontos szempont a képminőség, azon belül a kontraszt és a képélesség.



# Mérés és koordináta meghatározás pontossága



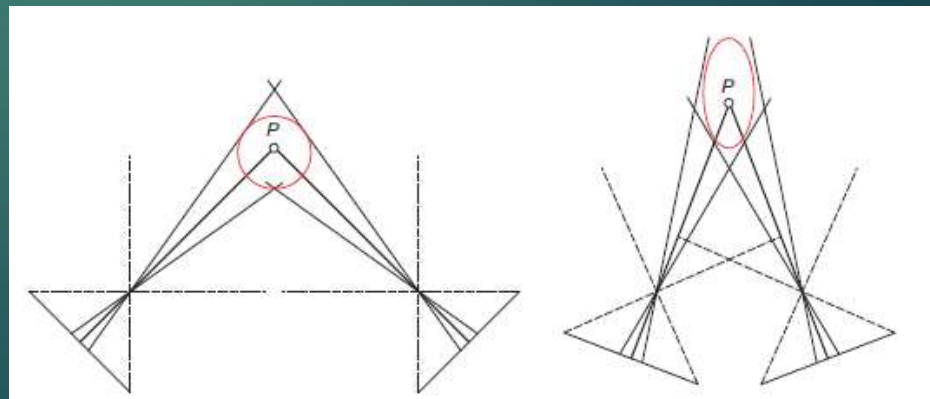
- ▶ Vízszintes értelemben átlagosan  $1/3$  pixel  $\left(\frac{\Delta}{3}\right)$  irányzási pontosság érhető el méréskor.
- ▶ A magassági mérés pontosságát befolyásolja a felbontás, a méretarány ( $m_{\text{átl}}$ ) és a felvételi bázis aránya a repülési magassághoz, a bázisviszony  $\left(\frac{h_{\text{átl}}}{B}\right)$ .

Például 115 m-es repülési magasságnál, 60 m-es bázisnál, 5 cm-es terepi felbontásnál a várható hibák:

$$\sigma_{XY} = 1.7 \text{ cm}, \quad \sigma_Z = 3.2 \text{ cm}.$$

$$\sigma_{XY} = m_{\text{átl}} \cdot \frac{\Delta}{3}$$

$$\sigma_Z = m_{\text{átl}} \cdot \frac{h_{\text{átl}}}{B} \cdot \frac{\Delta}{3}$$



# Pontosság kiszámítása



- ▶ Kiegyenlítés pontossága

$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n - u}}$$

- ▶ Kiegyenlített paraméterek pontossága

$$\sigma_i = \sigma_0 \cdot \pm \sqrt{q_{ii}}$$

- ▶ Középhiba ellenőrző pontok alapján

- ▶  $m_{XY} = \pm \sqrt{\frac{\sum (dX_i^2 + dY_i^2)}{n}}$ ;  $m_Z = \pm \sqrt{\frac{\sum dZ_i^2}{n}}$



# ALKALMAZÁSI PÉLDA



# UAS légi felmérés körülményei

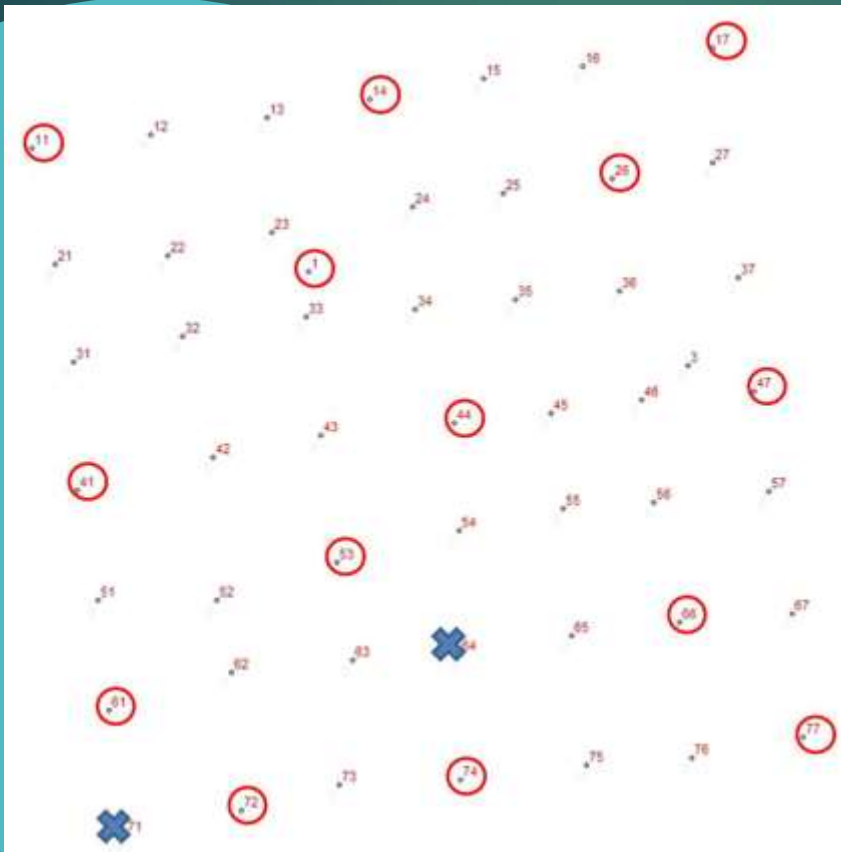


- ▶ Teszteléskor 115 m magasságból készültek a felvételek, a terepi felbontás 5 cm volt.
- ▶ A teszt területen 48 előre telepített pontmező található.
- ▶ A felvételek DJI Phantom 3 Advanced quadro-kopterrel készültek.
- ▶ A tömböt alkotó 16 felvétel tájékozása, kiértékelése és az előzetes légiháromszögelés a **Photomod UAS ver. 6 Lite** programmal történt.
- ▶ A légiháromszögelés pontosítása és a kamera kalibrációja **BINGO ver. 6.8.** alatt valósult meg.
- ▶ A légiháromszögelésnél 14 illesztőpontot mértünk és 34 új pontot határoztunk meg.
- ▶ A koordináta ellentmondásokból számított négyzetes középhiba értéke vízszintes értelemben 1.2 cm, magasságilag pedig 2.5 cm.

# Teszt terület



- ▶ Székesfehérvártól nem messze Csór és Iszkaszentgyörgy mellett.
- ▶ A 200x200 méteres terület.
- ▶ A pontjelek mérete 50x50 cm.



# Phantom DJI 3 – műszaki adatok



- ▶ Súly: 1280 grams
- ▶ GPS/Glonass vevő, 3 tengelyű gömbcsuklós kameratartó
- ▶ Autopilot és 'GO HOME' funkciók bármikor átállíthatók és bekapcsolhatók.
- ▶ A kamara típusa Sony EXMOR 1/2.3" érzékelővel, effektív pixelek száma 12.0 millió.
- ▶ Az objektív látószöge (FOV) 94°, fókuszsáv 3.7 mm.
- ▶ DJI GO alkalmazás IOS és Android op. rendszerekre.



# Phantom DJI 3 – felvételezés



- ▶ A felvételek 2016. szeptember 7-én készültek.
- ▶ Összesen 16 kép 4 sorban, a relatív repülési magasság átlagosan 116 m volt:
  - ▶ 1. sor: 14, 15, 16, 17;
  - ▶ 2. sor: 18, 19, 20, 21;
  - ▶ 3. sor: 22, 23, 24, 25;
  - ▶ 4. sor: 26, 27, 28, 29.

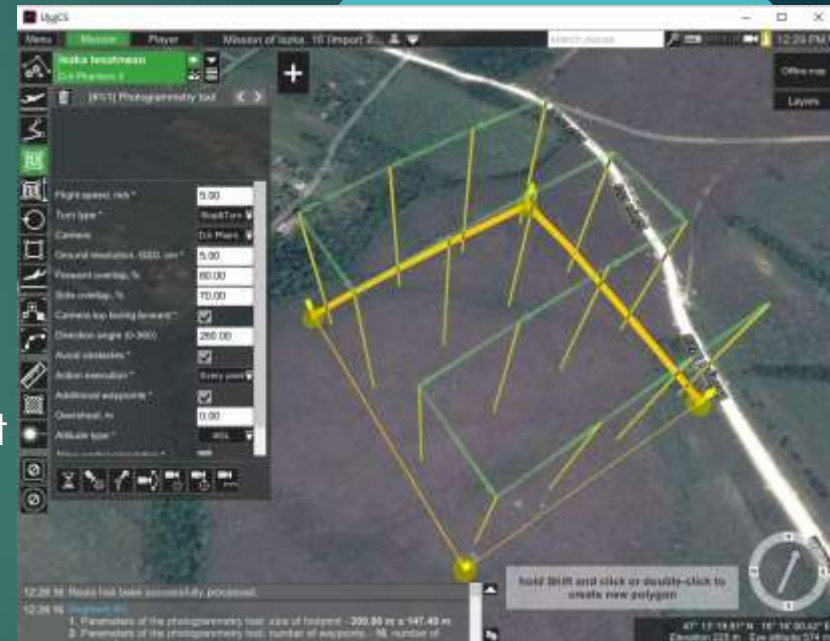


# UgCS – Autopilot repülés végrehajtása



## A teljes folyamat helyes sorrendje:

1. Megtervezni a repülést a desktop alkalmazásban
2. Kimenni a terepre
2. Bekacsolni a távirányítót, majd a drónt.
3. Összekötni kábellel a tabletet.
4. Bekapcsolni a tabletet és elindítani az UgCS alkalmazást
5. Egy hálózatba hozni a tabletet és a laptopot
6. Elindítani a laptopon az alkalmazást és várni amíg felismeri a drónt.
7. "P" módban felszállni a drónnal (kb. 1 m magasságba) és átkapcsolni a távirányítót "F" módba
8. Kiválasztani a repülést tervet és feltölteni (Upload)
9. Elindítani az "auto Mode"-ot.





# Légiháromszögelés – mérés (1)



- ▶ A képek belső tájékozásához csak a kamera adatait kellett megadni.
- ▶ A képek előzetes feldolgozása és a kontraszt, fényerő javítása után a 16 kép relatív tájékozása Photomod UAS Lite v6.0.2. szoftverrel valósul meg.

Camera:

Camera type  
 Digital  Film

Show digital camera parameters in  
 mm  pix

Focal length, mm:

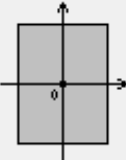
Calibration date:

Principal point, mm:  
X:   
Y:

Description:

Distortion

Point of origin  
 In image center   
 In lower left corner



Pixel size, micron  
X:  Y:

Sensor size, pix (optional)  
X:   Y:

# Légiháromszögelés – mérés (2)



- ▶ Méréskor képpáronként megmértük az illesztőpontokat és új pontokat. A mérést segítette a program az autokorrelációs eljárása.

The screenshot displays a photogrammetry software interface with several windows. The top row shows a point cloud view and two image pairs. The bottom row shows two more image pairs. A data table is visible at the bottom, listing point codes, names, types, and coordinates.

Code	Name	Type	Max X-pnt	Max Y-pnt	Max Ez
430	*12	Tie	0.972	0.227	
446	*13	Tie	0.958	0.497	
435	*18	Tie	0.971	0.342	
454	*21	Tie	0.940	0.521	
431	*23	Tie	0.958	0.568	

# Relatív tájékozás



- ▶ A program kiszámolja a soron belüli és sorok közötti képpárok relatív tájékozását a maradék harántparallaxisokkal együtt.

## Strip: 1

	Stereopair	Number of points	Vertical parallax, pix.			Discrepancy of kappa angle, gon	Distribution uniformity	
			RMS	Mean abs.	Max			
* _	<a href="#">DJI_0017—DJI_0016</a>	10	0.213	0.187	0.395	-0.340741	Non-uniform	± =
* _	<a href="#">DJI_0016—DJI_0015</a>	12	0.412	0.362	0.766	0.692129	Non-uniform	± =
* _	<a href="#">DJI_0015—DJI_0014</a>	8	0.435	0.354	0.833	-2.047492	Non-uniform	± =

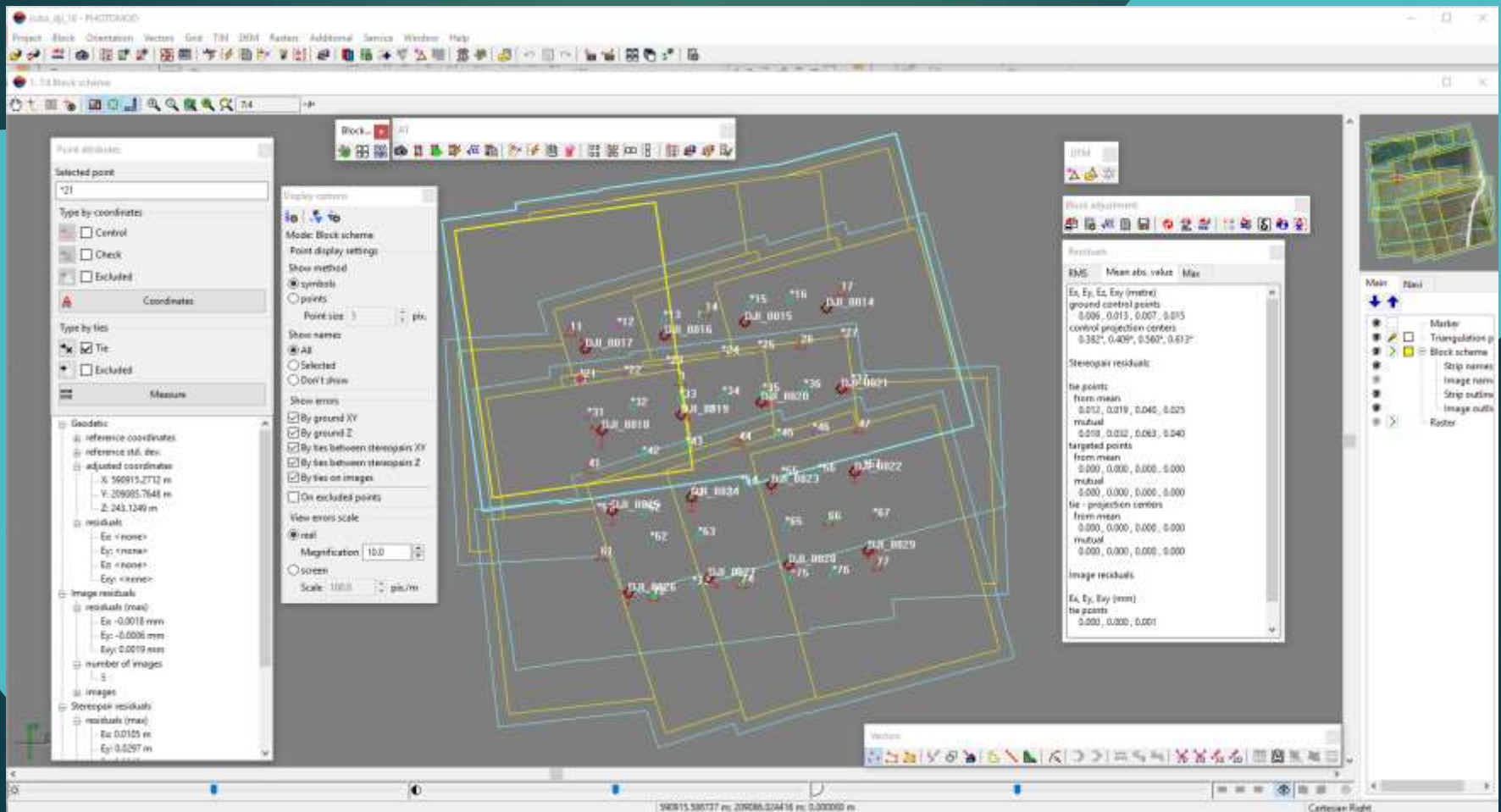
	Triplet	Number of points	Tie residuals, pix.					
			RMS		Mean abs.		Max	
			$E_{xy}$	$E_z$	$E_{xy}$	$E_z$	$E_{xy}$	$E_z$
* _	<a href="#">DJI_0017—DJI_0016—DJI_0015</a>	2	0.224	0.674	0.224	0.672	0.243	0.710
* _	<a href="#">DJI_0016—DJI_0015—DJI_0014</a>	3	0.236	1.093	0.223	1.022	0.329	1.567



# Légiháromszögelés – tömbkiegyenlítés

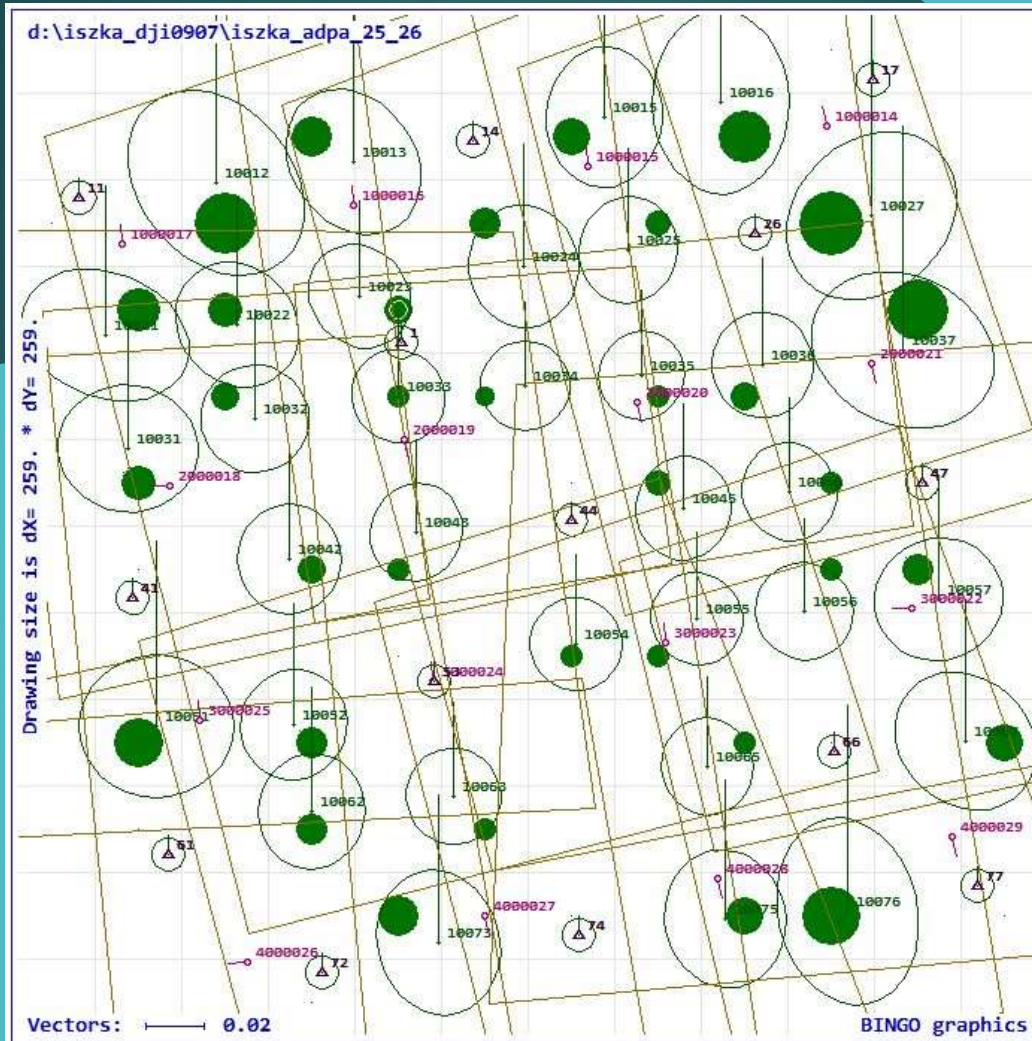


- ▶ A mérések és a relatív tájékozás után a Photomod Solver-ben megtörtént a tömbkiegyenlítés.





# Hibák az új pontokban

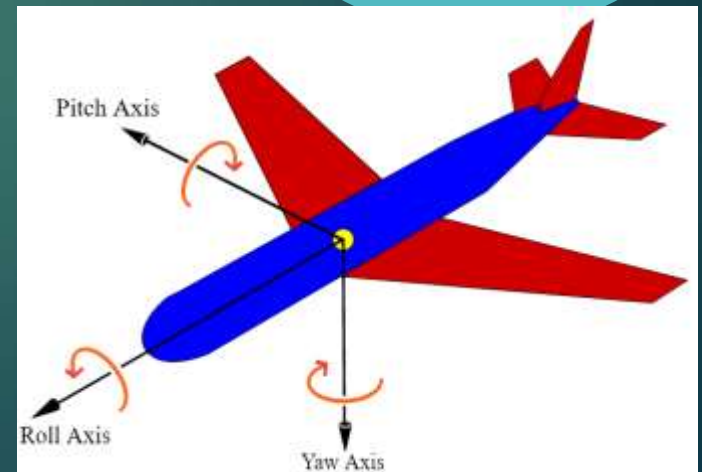


Az eltérések cm-ben értendők.

# Összegzés



- ▶ A képek terepi felbontása 5 cm volt, a kiegyenlítés után a vízszintes RMS hiba 1.2 cm (várható hiba 1.7 cm), a magassági RMS értéke 2.5 cm. (várható hiba 3.2 cm )
- ▶ UgCS szoftver olcsó és jól használható a légi felmérés tervezésére és végrehajtására.
- ▶ A képekhez tartozó külső tájékozási elemek kiolvasása EXIF adatokból lehetséges, de nem mindig pontosak az adatok.





# KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

E-mail: [jancso.tamas@amk.uni-obuda.hu](mailto:jancso.tamas@amk.uni-obuda.hu)

