

UAS rendszerekkel végzett légi felmérés kiértékelési és pontossági kérdései

Dr. habil. Jancsó Tamás



Óbudai Egyetem, Alba Regia Műszaki Kar,
Geoinformatikai Intézet

E-mail: jancso.tamas@amk.uni-obuda.hu

Székesfehérvári Légifotó Nap

Székesfehérvár, 2018. február 7.

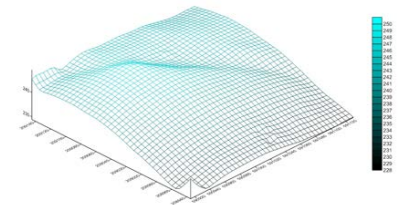
Témakörök



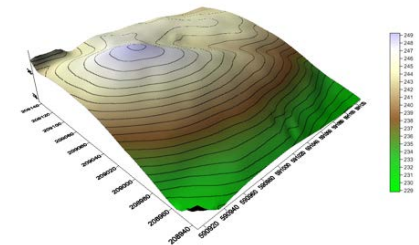
- Általános felvetések

Alkalmazási példa:

- UAS légi felmérés körülményei
- Teszt terület
- Phantom DJI 3 műszaki adatai
- Légiháromszögelés
- Eredmények összefoglalása, konkluziók



43. ábra. GRID modell (PHOTOMOD)





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

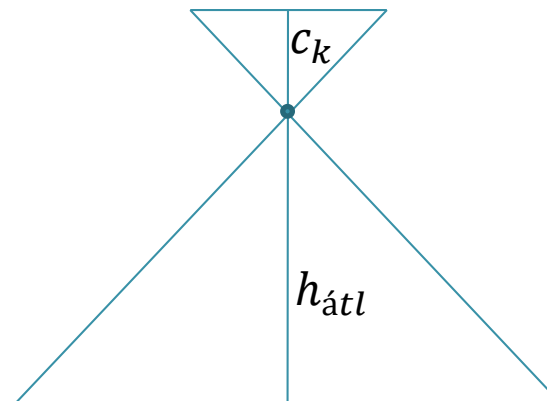
- Kiszámolható a képek átlagos méretarányából és a pixelméretből.

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

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

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

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



Pontok irányozhatósága

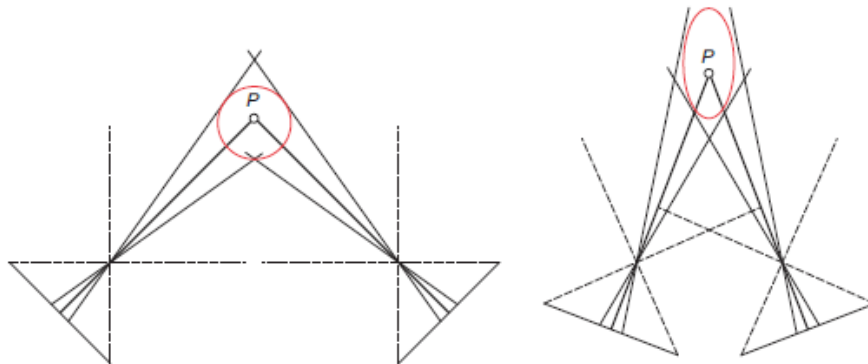


- A felbontás mellett fontos szempont a képminőség, azon belül a kontraszt és a képélesség.



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 bázisviszony $\left(\frac{h_{\text{átl}}}{B}\right)$. Az elérhető maximális pontosság az átlagos repülési magasság függvényében 60%-os átfedésnél, $1/3$ bázisviszonynál: 0.1‰
Például 115 m-es repülési magasságnál, $m_{Z_{\min}} = 1.15$ cm.



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



Pontosság kiszámítása

- Kiegyenlítés pontossága

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

- Kiegyenlített paraméterek pontossága

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

- Középhiba ellenőrző pontok alapján

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



ALKALMAZÁSI PÉLDA

UAS légi felmérés körülményei

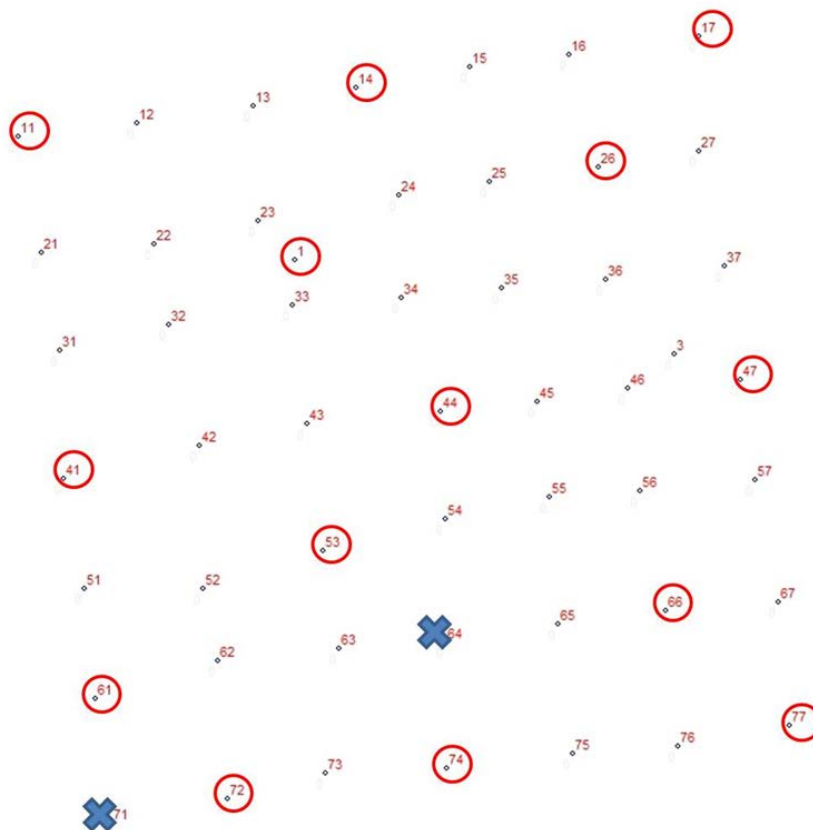


- Teszteléskor 115 m magasságból készültek a felvételek, a terepi felbontás 5 cm volt.
- A teszt területen 48 előre telepített pontmező található.
- A felvételek DJI Phantom 3 Advanced quadro-kopterrel készültek.
- A tömböt alkotó 16 felvétel tájékozása, kiértékelése és az előzetes légiháromszögelés 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

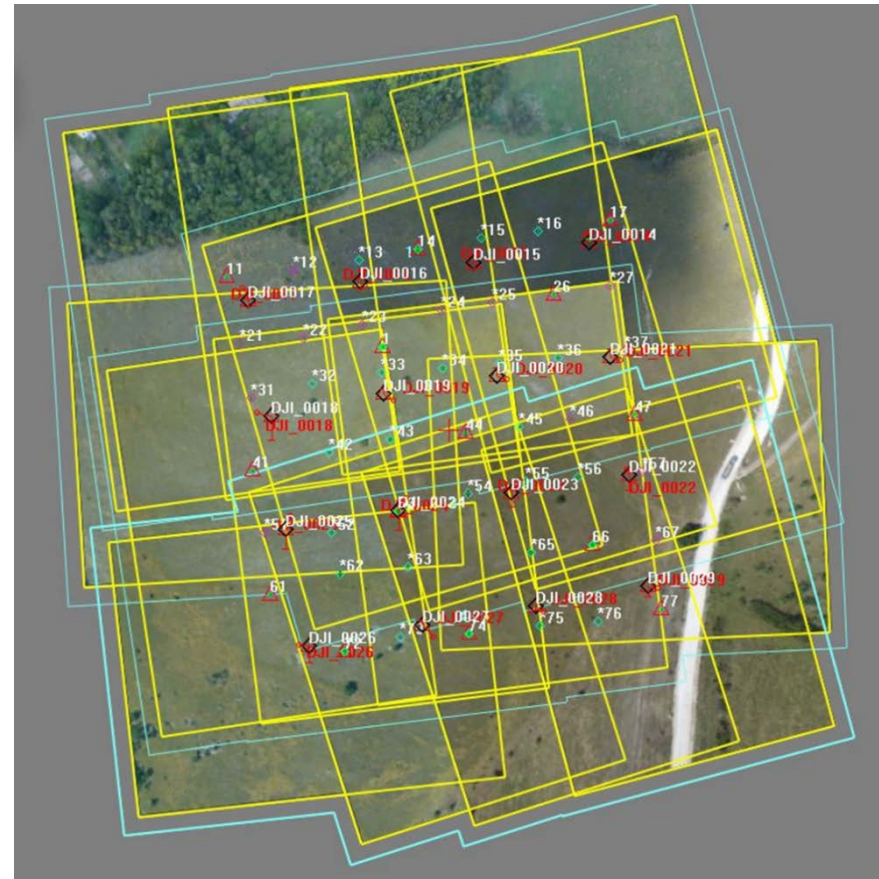
- Súly: 1280 grams
- GPS/Glonass vevő, 3 tengelyű gömbcsuklós kameratartó
- Autopilot és 'GO HOME' funkciók bármikor átállíthatók és bekapcsolhatók.
- A kamara típusa Sony EXMOR 1/2.3" érzékelővel, effektív pixelek száma 12.0 millió.
- Az objektív látószöge (FOV) 94°, fókuszs 3.7 mm.
- DJI GO alkalmazás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

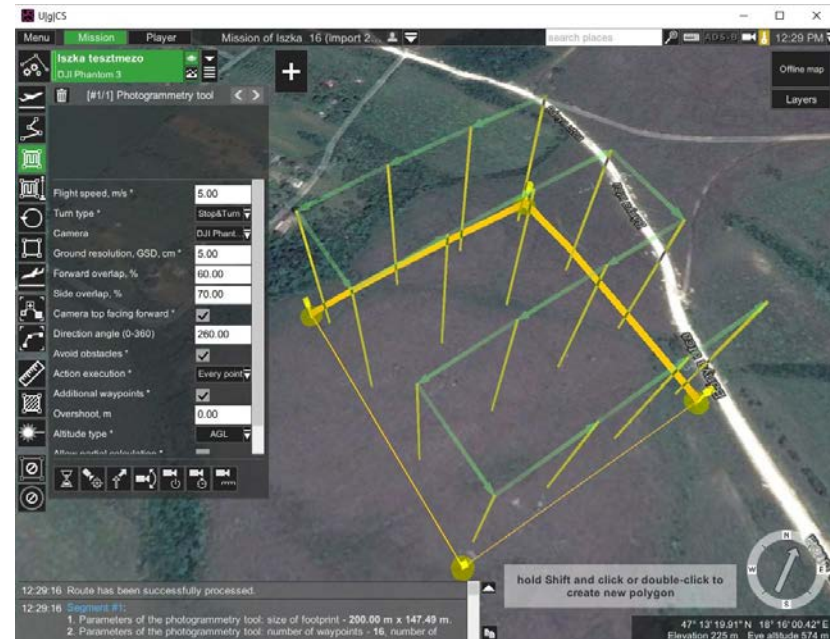


UgCS – Autopilot repülés végrehajtása



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.
10. A repülés végén "Return Home".





Légiháromszögelés – mérés (I)

- 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

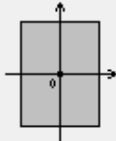
Focal length, mm:

Calibration date:

Principal point, mm:
X:
Y:

Description:

Point of origin
 In image center In lower left corner



Pixel size, micron
X: Y:

Sensor size, pix (optional)
X: Y:

Distortion



Légiháromszögelés – mérés (2)

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

The screenshot displays a software interface for photogrammetry. At the top, there is a toolbar with various icons for navigation and editing. Below the toolbar, five image windows are arranged in a grid, each showing a different aerial photograph of a field. The images are labeled with codes: DJI_0016, DJI_0015, DJI_0014, DJI_0019, DJI_0020, and DJI_0021. Each image window has a status bar at the bottom showing coordinates and dimensions. At the bottom of the interface, there is a table titled 'Triangulation points [totab 48 / visible: 40]'. The table has columns for Code, Name, Type, and several numerical values. To the right of the table, there are buttons for 'OK', 'Cancel', 'Reset', and 'Apply'.

Code	Name	Type						R _{min}	Max Y-par	Max Exy	Max Ez
450	*12	Tie	+	-	3	2	-	+	-	0.973	0.227
446	*13	Tie	+	-	5	2	-	+	-	0.959	0.497
438	*15	Tie	+	-	6	2	-	+	-	0.969	0.639
435	*16	Tie	+	-	4	2	-	+	-	0.971	0.362
454	*21	Tie	+	-	5	3	-	+	-	0.940	0.531
451	*??	Tie	+	-	5	3	-	+	-	0.958	0.566



Relatív tájékozás

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

Strip: 1

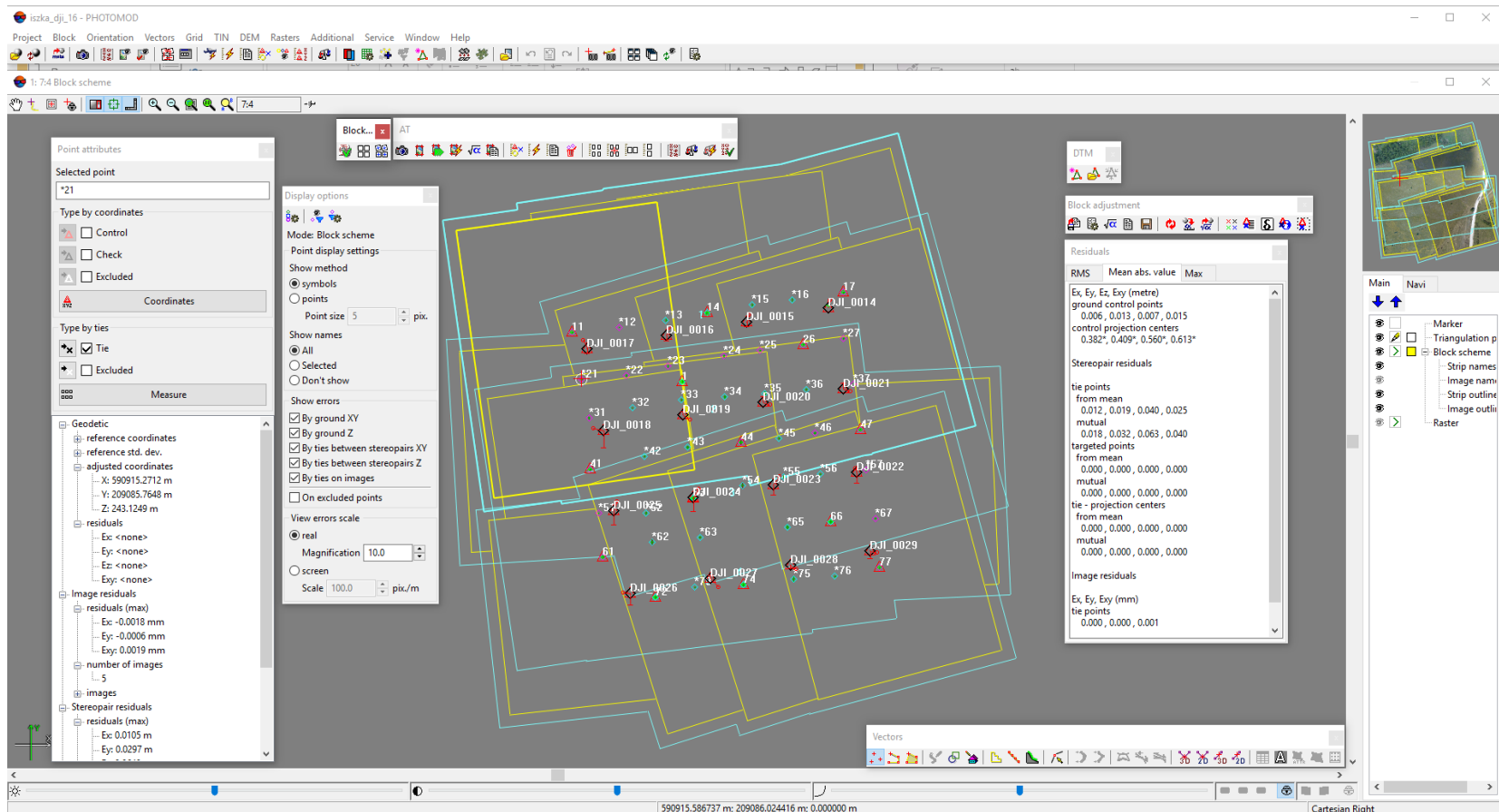
	Stereopair	Number of points	Vertical parallax, pix.			Discrepancy of kappa angle, gon	Distribution uniformity	
			RMS	Mean abs.	Max			
* -	DJI_0017—DJI_0016	10	0.213	0.187	0.395	-0.340741	Non-uniform	±=
* -	DJI_0016—DJI_0015	12	0.412	0.362	0.766	0.692129	Non-uniform	±=
* -	DJI_0015—DJI_0014	8	0.435	0.354	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
* -	DJI_0017—DJI_0016—DJI_0015	2	0.224	0.674	0.224	0.672	0.243	0.710
* -	DJI_0016—DJI_0015—DJI_0014	3	0.236	1.093	0.223	1.022	0.329	1.567

Légi háromszögelés – tömbkiegyenlítés



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



Sugárnyaláb kiegyenlítés a BINGO-ban



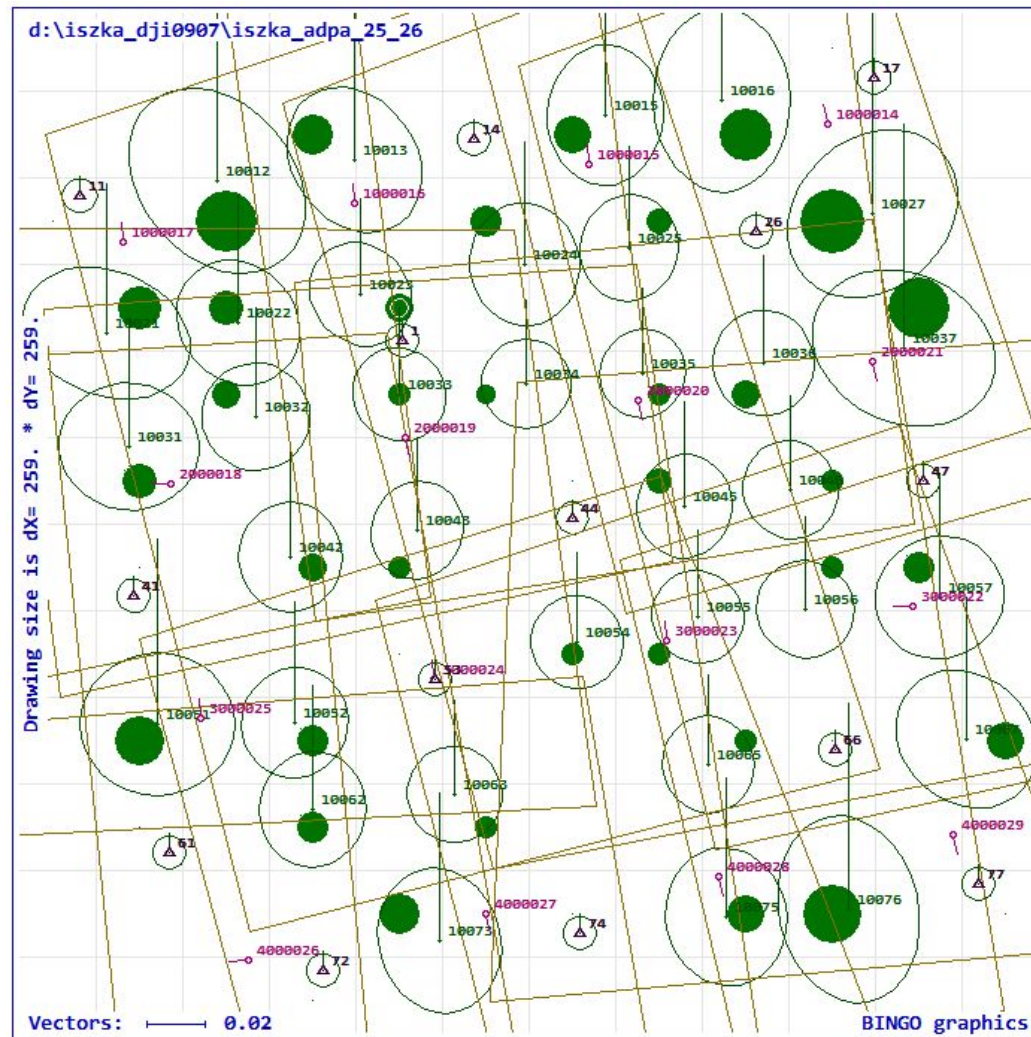
- A sugárnyaláb kiegyenlítés pontosítása érdekében a BINGO v6.8 programban a kamera kalibrációjával és 17-féle kiegészítő paraméter felhasználásával a kiegyenlítés sigma0 hibája 0.79 értékre csökkent. A külső tájékozási elemek előzetes értékeit a Photomod Solver-ből vettük át.

BINGO BUNDLE ADJUSTMENT REPORT

PROJECT: iszka_adpa_25_26

Input Data Report: No. of Used Points 48 No. of Used Photos 16 No. of Used Cameras 1 Used Points per Photo 17 Ignored Images 0 Ignored Points 0 Ignored Control Points 0		SIGMA0: 0.79	
		Photo Measurement Residuals (µm) RMS x' y' 0.7 0.5 MAX 1.9 1.6	
Control Point Residuals (1/1000) RMS X Y Z 1. 1. 1. MAX 2. 2. 1.		GPS Residuals (1/1000) RMS X Y Z - - - MAX - - -	
Check Point Residuals (1/1000) RMS X Y Z - - - MAX - - -		IMU Residuals (1/1000) RMS ϕ Ω K - - - MAX - - -	
GPS/IMU (max) Drift s_X s_Y s_Z - - - Shift - - -		Additional Parameters 1 2 3 4 5 6 14 16 17 19 20 23 25 26 31 32 37	
Variance-component estimation test value: s(a posteriori) / s(a priori) Photo coordinates 0.39 Camera data incl. vector e' 0.18 Coordinates of control points 0.42 Sum of all observation 0.39 x:- y:- z:-			
No. of points measured on photos 		Freq. of photo measurement residuals 	

Hibák az új pontokban

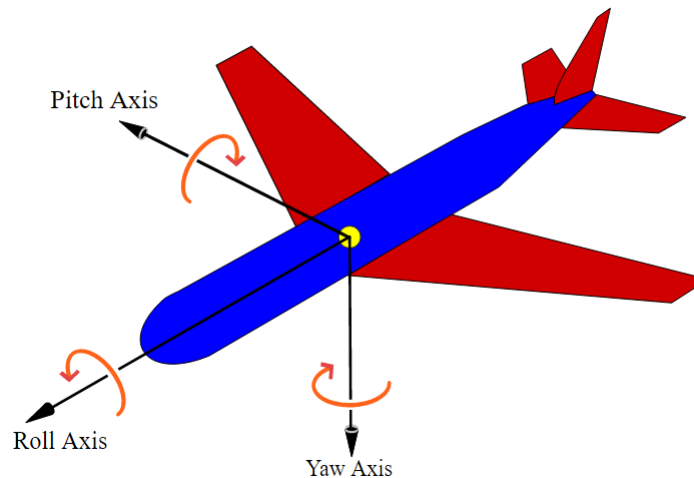


Az eltérések cm-ben értendők.

Összegzés



- A képek terepi felbontása 5 cm volt, a kiegyenlítés után a vízszintes RMS hiba 1.2 cm, a magassági RMS értéke 2.5 cm.
- UgCS szoftver olcsó és jól használható a légi felmérés tervezésére és végrehajtására.
- A képekhez tartozó külső tájékozási elemek kiolvasása EXIF adatokból lehetséges.





KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

