



PSDK 102S V3 SN:P102D220043 (Calibrated on 20/03/2023)

รายงานผลการวัดสอบทางเรขาคณิตสำหรับระบบกล้องเฉียง
ที่ติดตั้งบนยูเอวี

Geometric Camera Calibration Report for UAV-Equipped
Small-Format Oblique Camera System



PCV & LS Lab

Department of Survey Engineer,
Faculty of Engineering,
Chulalongkorn University

รายงานผลการวัดสอบทางเรขาคณิตสำหรับระบบกล้องเฉียงที่ติดตั้งบนยูเอวี

Geometric Camera Calibration Report for UAV-Equipped Small-Format Oblique
Camera System

จัดทำโดย

นายธีรวัฒน์ บรรณกุลพิพัฒน์ Thirawat Bannakulpiphat (M.Eng, Chulalongkorn Uni.)

รศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์ Phisan Santitamnont (Dr.-Ing., Leibniz Hannover)

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ บริษัท เอ็น.พี.เซอร์เวย์ จำกัด ซึ่งเป็นผู้สนับสนุนและอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศและข้อมูลสัญญาณจีเอนเอสเอสมาใช้ในการประมวลผลข้อมูลและวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบกล้องเดียว

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดี ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปประมวลผล วิจัย พัฒนาองค์ความรู้ด้านการทำแผนที่และแบบจำลองสามมิติทั้งจากระบบถ่ายภาพกล้องเดียวสำหรับสถาบันการศึกษาและบริษัทที่ปรึกษาการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศต่อไป

คณะวิจัย

Pending and not



Geometric Calibration of the Small-Format Oblique Camera System

Photogrammetric Block Information

Photogrammetrist UAV Camera Operator	1. Phisan Santitamnont (Dr.-Ing) 2. Thirawat Bannakulpiphat (M.Eng.) 3. Jakkrapong Puntho
Flight Date and Time	20/03/2023 (After 12.00 PM.)
Report Date / Release	10/04/2023
Test Field	Geodetic GNSS and UAV Testing Field, Chulalongkorn University
Location	Saraburi, Thailand (Latitude: 14°.5236N, Longitude: 101°.0235E)
Aircraft	DJI MATRICE 300
Camera	SHARE PSDK 102S V3
Block Name	Full block CU-SBR
Number of Photo	4,880 (976 photo per camera)
Nadir Photo Overlap (%)	80%
Nadir Photo Side-lap (%)	80%
Number of Rig Station	976
Number of Flight-Strip	16
Number of GCP/CP	Total 40
Photogrammetric Processing Software	Pix4D Mapper version 4.7.5

Camera Specification

Parameter	Description
CMOS Size	23.1 × 15.4 mm (APS-C)
Pixel	25 MP (Total 125 MP)
Resolution (Single CCD)	6144 × 4096
Pixel Size	3.76 μ m
Exposure Interval	≥ 0.5 s
Focal Length (Nadir/Oblique)	25 mm/ 35 mm
Weight	610 g (1100 g with Gimbal)
Data Storage	1280 GB
Size	120*120*83 mm (171*192*185 mm with Gimbal)



Quality Report

1. Camera position from manufacturer note

Camera	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	Camera
PSDK 102S V3	???.??	???.??	???.??	Ortho view
	???.??	???.??	???.??	Left view
	???.??	???.??	???.??	Right view
	???.??	???.??	???.??	Forward view
	???.??	???.??	???.??	Backward view

2. Initial and adjusted rig relative parameters

*หมายเหตุ: พารามิเตอร์ที่ใช้ยังไม่ใช่ค่าที่สอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพความเป็นจริงของระบบกล้อง หากได้ค่าที่สอดคล้องจะทำการวัดสอบพารามิเตอร์ใหม่

Camera Rig «PSDK_102S_V3_Offset» Relatives. Images: 4880

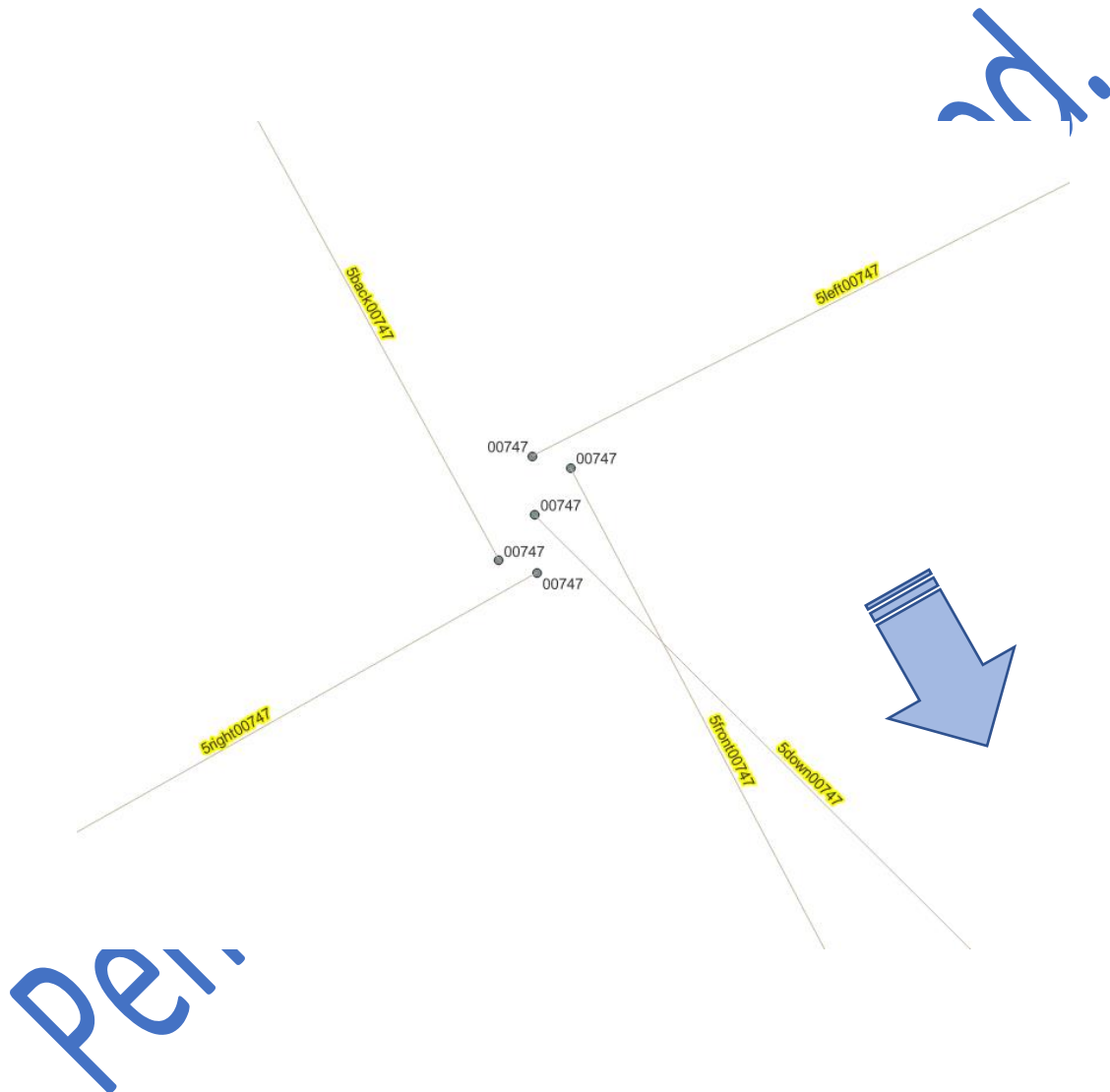
	Transl X[m]	Transl Y[m]	Transl Z[m]	Rot X[degree]	Rot Y[degree]	Rot Z[degree]
PSDK102SV3_X_0043_25.0_6144x4096 (RGB)	Reference Camera					
PSDK102SV3_H_0043_35.0_6144x4096 (RGB)						
Initial Values	0.047	-0.022	-0.025	-45.000	0.000	-180.000
Optimized values	0.047	-0.022	-0.025	-44.785	0.066	-179.917
Uncertainties (sigma)				0.006	0.008	0.002
PSDK102SV3_Q_0043_35.0_6144x4096 (RGB)						
Initial Values	-0.047	0.022	-0.025	45.000	0.000	0.000
Optimized values	-0.047	0.022	-0.025	45.081	-0.045	-0.015
Uncertainties (sigma)				0.005	0.002	0.007
PSDK102SV3_Z_0043_35.0_6144x4096 (RGB)						
Initial Values	-0.022	0.047	-0.025	0.000	-45.000	-90.000
Optimized values	-0.022	0.047	-0.025	-0.021	-45.026	-90.083
Uncertainties (sigma)				0.004	0.005	0.007
PSDK102SV3_Y_0043_35.0_6144x4096 (RGB)						
Initial Values	0.022	-0.047	-0.025	0.000	45.000	90.000
Optimized values	0.022	-0.047	-0.025	-0.160	44.718	90.076
Uncertainties (sigma)				0.006	0.006	0.010

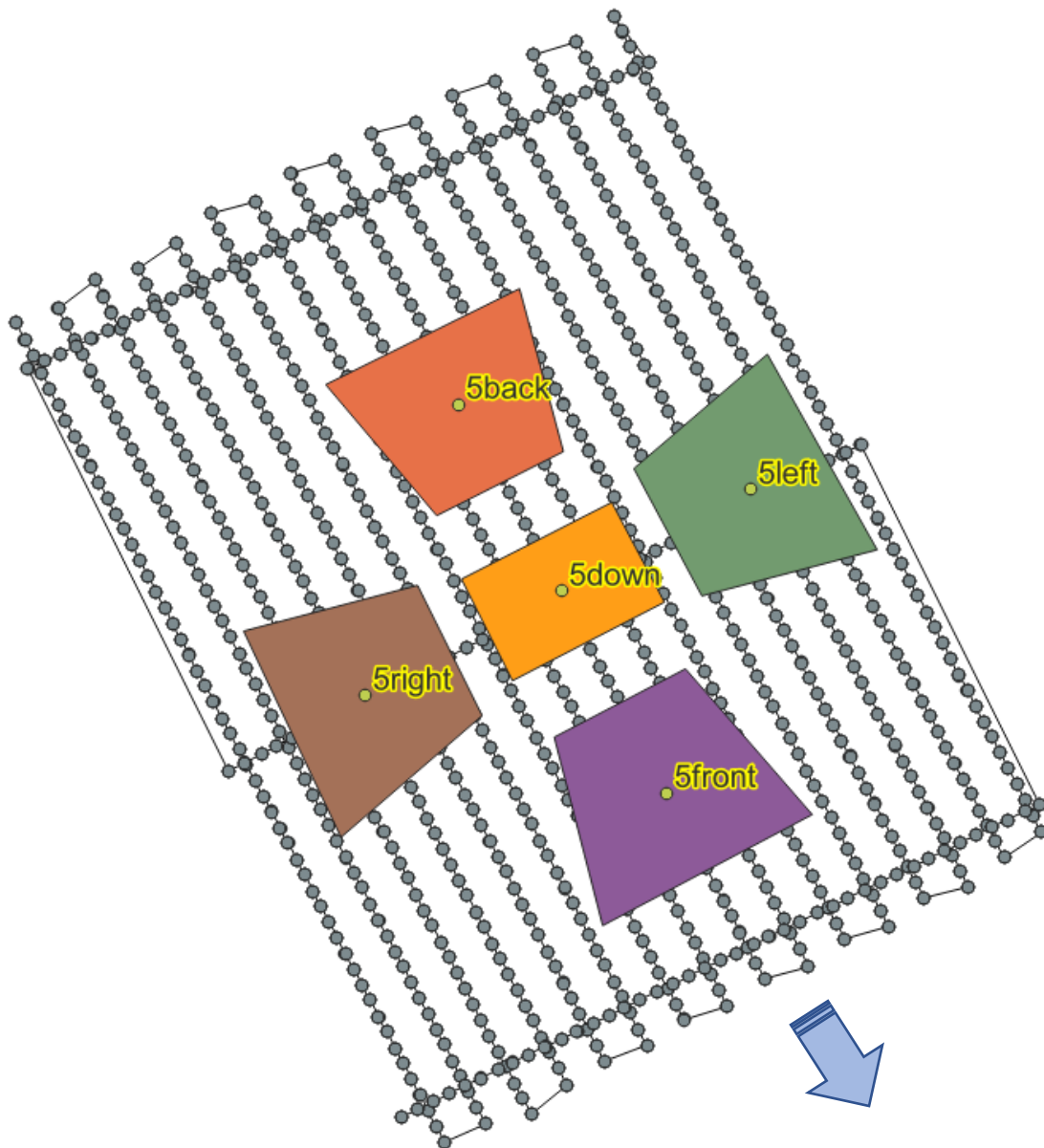


Geometric Calibration of the Small-Format Oblique Camera System

Evaluation result passed: (ตรวจสอบอีกครั้งหลังจากแทนค่าพารามิเตอร์ได้ถูกต้อง)

Uncertainty	Tx, Ty, Tz (mm)	Rot X (degrees)	Rot Y (degrees)	Rot Z (degrees)
Criterion	Constraint	0.015	0.015	0.015
Passed	?	?	?	?





PC



Geometric Calibration of the Small-Format Oblique Camera System

3. Internal Camera Parameter

PSDK102SV3_X_0043_25.0_6144x4096 (RGB). Sensor Dimensions: 22.436 [mm] x 14.957 [mm]

EXIF ID: PSDK102SV3_X_0043_25.0_6144x4096

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	6913.690 [pixel] 25.247 [mm]	3118.580 [pixel] 11.388 [mm]	2059.160 [pixel] 7.519 [mm]	-0.051	0.086	-0.042	-0.000	0.000
Optimized Values	6708.509 [pixel] 24.497 [mm]	3118.267 [pixel] 11.387 [mm]	2057.886 [pixel] 7.515 [mm]	-0.048	0.063	0.004	-0.001	0.000
Uncertainties (Sigma)	0.182 [pixel] 0.001 [mm]	0.284 [pixel] 0.001 [mm]	0.206 [pixel] 0.001 [mm]	0.000	0.003	0.006	0.000	0.000

PSDK102SV3_H_0043_35.0_6144x4096 (RGB). Sensor Dimensions: 22.685 [mm] x 15.123 [mm]

EXIF ID: PSDK102SV3_H_0043_35.0_6144x4096

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	9420.760 [pixel] 34.784 [mm]	3120.430 [pixel] 11.521 [mm]	2065.680 [pixel] 7.627 [mm]	0.000	-0.076	0.455	0.000	0.000
Optimized Values	9252.801 [pixel] 34.164 [mm]	3116.594 [pixel] 11.507 [mm]	2088.229 [pixel] 7.710 [mm]	0.006	-0.140	0.700	0.000	0.000
Uncertainties (Sigma)	0.333 [pixel] 0.001 [mm]	1.240 [pixel] 0.005 [mm]	1.017 [pixel] 0.004 [mm]	0.002	0.024	0.106	0.000	0.000

PSDK102SV3_Q_0043_35.0_6144x4096 (RGB). Sensor Dimensions: 22.685 [mm] x 15.123 [mm]

EXIF ID: PSDK102SV3_Q_0043_35.0_6144x4096

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	9353.550 [pixel] 34.536 [mm]	3122.930 [pixel] 11.531 [mm]	2105.930 [pixel] 7.776 [mm]	-0.008	0.055	-0.054	0.000	-0.000
Optimized Values	9188.489 [pixel] 33.926 [mm]	3118.142 [pixel] 11.513 [mm]	2125.284 [pixel] 7.847 [mm]	-0.008	0.068	-0.185	0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	0.289 [pixel] 0.001 [mm]	1.011 [pixel] 0.004 [mm]	0.854 [pixel] 0.003 [mm]	0.001	0.020	0.089	0.000	0.000

PSDK102SV3_Z_0043_35.0_6144x4096 (RGB). Sensor Dimensions: 22.685 [mm] x 15.123 [mm]

EXIF ID: PSDK102SV3_Z_0043_35.0_6144x4096

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	9346.860 [pixel] 34.511 [mm]	3117.740 [pixel] 11.511 [mm]	2065.650 [pixel] 7.627 [mm]	-0.007	0.067	-0.126	-0.000	0.000
Optimized Values	9180.498 [pixel] 33.897 [mm]	3115.667 [pixel] 11.504 [mm]	2077.211 [pixel] 7.670 [mm]	-0.007	0.054	-0.046	-0.000	0.000
Uncertainties (Sigma)	0.240 [pixel] 0.001 [mm]	0.921 [pixel] 0.003 [mm]	0.649 [pixel] 0.002 [mm]	0.001	0.015	0.064	0.000	0.000

PSDK102SV3_Y_0043_35.0_6144x4096 (RGB). Sensor Dimensions: 22.685 [mm] x 15.123 [mm]

EXIF ID: PSDK102SV3_Y_0043_35.0_6144x4096

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	9375.230 [pixel] 34.616 [mm]	3128.450 [pixel] 11.551 [mm]	2072.360 [pixel] 7.652 [mm]	-0.006	0.013	0.097	-0.000	0.000
Optimized Values	9211.893 [pixel] 34.013 [mm]	3134.690 [pixel] 11.574 [mm]	2099.459 [pixel] 7.752 [mm]	-0.022	0.206	-0.704	-0.000	0.000
Uncertainties (Sigma)	0.306 [pixel] 0.001 [mm]	1.258 [pixel] 0.005 [mm]	0.850 [pixel] 0.003 [mm]	0.001	0.019	0.081	0.000	0.000



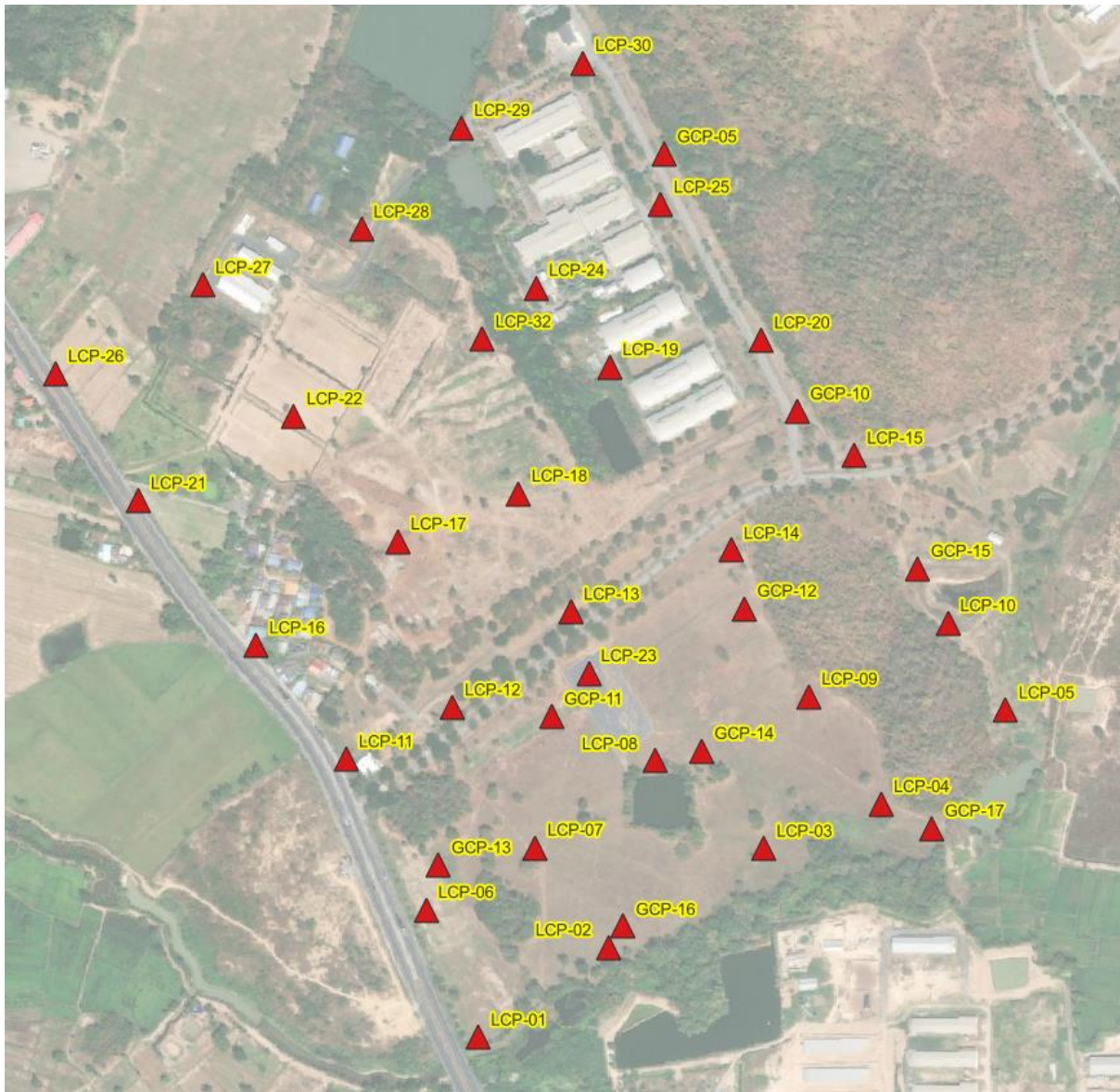
Geometric Calibration of the Small-Format Oblique Camera System

Symbol	Camera position
Q	FRONT
Y	RIGHT
X	DOWN
H	BACK
Z	LEFT

Evaluation Results Passed: (ตรวจสอบอีกครั้งหลังจากแทนค่าพารามิเตอร์ได้ถูกต้อง)

	f	cx	cy	R1	R2	R3
Criterion	0.005 mm	0.015 mm	0.015 mm	0.005	0.060	0.400
DOWN	?	?	?	?	?	?
FRONT	?	?	?	?	?	?
REAR	?	?	?	?	?	?
LEFT	?	?	?	?	?	?
RIGHT	?	?	?	?	?	?

4. Distribution of Ground Control Points (GCPs) and Check Point (CPs)





5. Aerial Triangulation Result: partial GCP (20 points) vs partial Check Points (20 points)

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
GCP-11 (3D)	0.020/ 0.050	0.000	0.007	-0.025	0.296	20 / 20
LCP-22 (3D)	0.020/ 0.050	-0.000	0.008	0.009	0.168	20 / 20
LCP-28 (3D)	0.020/ 0.050	0.017	-0.013	0.058	0.210	20 / 20
LCP-30 (3D)	0.020/ 0.050	-0.021	0.003	-0.035	0.194	20 / 20
LCP-25 (3D)	0.020/ 0.050	-0.008	-0.008	-0.014	0.201	20 / 20
LCP-19 (3D)	0.020/ 0.050	0.011	-0.006	0.013	0.226	20 / 20
LCP-15 (3D)	0.020/ 0.050	-0.003	0.009	0.028	0.168	20 / 20
GCP-10 (3D)	0.020/ 0.050	0.017	0.001	-0.023	0.262	20 / 20
LCP-05 (3D)	0.020/ 0.050	-0.003	0.006	0.024	0.383	20 / 20
LCP-13 (3D)	0.020/ 0.050	0.010	0.004	-0.010	0.221	20 / 20
LCP-32 (3D)	0.020/ 0.050	0.004	-0.001	-0.005	0.281	20 / 20
LCP-26 (3D)	0.020/ 0.050	-0.008	0.008	-0.002	0.195	20 / 20
LCP-16 (3D)	0.020/ 0.050	0.008	0.011	-0.030	0.201	20 / 20
LCP-01 (3D)	0.020/ 0.050	-0.011	-0.019	0.006	0.165	20 / 20
LCP-06 (3D)	0.020/ 0.050	0.010	-0.006	-0.013	0.330	20 / 20
GCP-13 (3D)	0.020/ 0.050	0.017	-0.013	0.044	0.328	20 / 20
LCP-02 (3D)	0.020/ 0.050	-0.019	-0.003	-0.021	0.239	20 / 20
GCP-16 (3D)	0.020/ 0.050	-0.001	-0.009	0.020	0.315	20 / 20
LCP-03 (3D)	0.020/ 0.050	-0.019	0.018	-0.046	0.353	20 / 20
LCP-09 (3D)	0.020/ 0.050	-0.004	0.003	0.027	0.211	20 / 20
Mean [m]		-0.000172	0.000050	0.000269		
Sigma [m]		0.011641	0.009150	0.026875		
RMS Error [m]		0.011642	0.009150	0.026876		

Check Point Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
LCP-27		0.0224	0.0495	-0.0136	0.2884	20 / 20
LCP-29		0.0092	0.0176	-0.0792	0.2183	20 / 20
GCP-05		-0.0063	0.0115	-0.0130	0.3215	20 / 20
LCP-24		-0.0015	0.0277	-0.0184	0.2505	20 / 20
LCP-20		0.0379	-0.0021	-0.0090	0.2688	20 / 20
GCP-15		-0.0316	0.0316	0.0577	0.3033	20 / 20
LCP-10		-0.0021	0.0296	0.0161	0.2148	20 / 20
LCP-12		-0.0192	0.0048	-0.0209	0.1965	20 / 20
LCP-18		0.0167	0.0028	0.0389	0.2522	20 / 20
LCP-17		0.0073	0.0150	-0.0146	0.1907	20 / 20
LCP-21		0.0237	0.0046	0.0462	0.3403	20 / 20
LCP-11		0.0105	-0.0091	0.0220	0.1953	20 / 20
LCP-08		-0.0214	0.0140	-0.0762	0.2579	20 / 20
LCP-07		-0.0122	0.0014	-0.0304	0.1829	20 / 20
GCP-17		-0.0315	0.0052	0.0410	0.3650	20 / 20
LCP-04		-0.0313	-0.0159	0.0744	0.2928	20 / 20
GCP-12		0.0034	0.0110	0.0298	0.2247	20 / 20
LCP-14		0.0055	-0.0185	-0.0116	0.2638	20 / 20
GCP-14		0.0146	-0.0099	0.0436	0.2602	20 / 20
LCP-23		0.0010	0.0017	-0.0513	0.1872	20 / 20
Mean [m]		-0.000242	0.008628	0.001571		
Sigma [m]		0.019065	0.016497	0.041749		
RMS Error [m]		0.019067	0.018617	0.041779		



Geometric Calibration of the Small-Format Oblique Camera System

Evaluation Result: (ตรวจสอบอีกครั้งหลังจากแทนค่าพารามิเตอร์ได้ถูกต้อง)

	Error X	Error Y (m)	Error Z (m)	Projection Error
Criterion	0.035 m	0.035 m	0.065 m	0.5 pixel
Partial GCPs	?	?	?	?
Partial CPs	?	?	?	?

Pending and not be used.



6. Aerial Triangulation Result: full GCP (40 points)

? Ground Control Points



GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z[m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
GCP-11 (3D)	0.020/ 0.050	0.001	0.005	-0.015	0.301	20 / 20
LCP-27 (3D)	0.020/ 0.050	0.010	0.029	-0.006	0.290	20 / 20
LCP-22 (3D)	0.020/ 0.050	-0.006	0.001	0.009	0.167	20 / 20
LCP-28 (3D)	0.020/ 0.050	0.014	-0.024	0.068	0.219	20 / 20
LCP-29 (3D)	0.020/ 0.050	0.001	0.004	-0.033	0.218	20 / 20
LCP-30 (3D)	0.020/ 0.050	-0.023	-0.002	-0.019	0.195	20 / 20
GCP-05 (3D)	0.020/ 0.050	-0.007	0.003	-0.003	0.321	20 / 20
LCP-25 (3D)	0.020/ 0.050	-0.010	-0.014	-0.005	0.202	20 / 20
LCP-24 (3D)	0.020/ 0.050	-0.005	0.016	-0.007	0.251	20 / 20
LCP-19 (3D)	0.020/ 0.050	0.007	-0.009	0.016	0.228	20 / 20
LCP-15 (3D)	0.020/ 0.050	-0.002	0.011	0.018	0.173	20 / 20
LCP-20 (3D)	0.020/ 0.050	0.027	0.000	-0.007	0.276	20 / 20
GCP-10 (3D)	0.020/ 0.050	0.014	0.003	-0.028	0.273	20 / 20
GCP-15 (3D)	0.020/ 0.050	-0.021	0.022	0.033	0.301	20 / 20
LCP-10 (3D)	0.020/ 0.050	0.004	0.018	-0.005	0.211	20 / 20
LCP-05 (3D)	0.020/ 0.050	0.002	0.003	0.000	0.370	20 / 20
LCP-13 (3D)	0.020/ 0.050	0.009	0.002	-0.003	0.222	20 / 20
LCP-12 (3D)	0.020/ 0.050	-0.017	0.003	-0.014	0.198	20 / 20
LCP-18 (3D)	0.020/ 0.050	0.012	-0.000	0.040	0.255	20 / 20
LCP-17 (3D)	0.020/ 0.050	0.004	0.009	-0.011	0.190	20 / 20
LCP-32 (3D)	0.020/ 0.050	0.001	-0.009	0.005	0.282	20 / 20
LCP-26 (3D)	0.020/ 0.050	-0.012	-0.004	-0.014	0.192	20 / 20
LCP-21 (3D)	0.020/ 0.050	0.014	-0.002	0.020	0.305	20 / 20
LCP-16 (3D)	0.020/ 0.050	0.005	0.006	-0.038	0.202	20 / 20
LCP-11 (3D)	0.020/ 0.050	0.009	-0.010	0.019	0.193	20 / 20
LCP-08 (3D)	0.020/ 0.050	-0.017	0.010	-0.061	0.251	20 / 20
LCP-01 (3D)	0.020/ 0.050	-0.009	-0.019	0.006	0.168	20 / 20
LCP-06 (3D)	0.020/ 0.050	0.011	-0.008	-0.010	0.334	20 / 20
GCP-13 (3D)	0.020/ 0.050	0.017	-0.015	0.048	0.331	20 / 20
LCP-07 (3D)	0.020/ 0.050	-0.009	-0.000	-0.020	0.184	20 / 20
LCP-02 (3D)	0.020/ 0.050	-0.017	-0.004	-0.018	0.239	20 / 20
GCP-16 (3D)	0.020/ 0.050	0.002	-0.010	0.023	0.317	20 / 20
LCP-03 (3D)	0.020/ 0.050	-0.015	0.017	-0.052	0.348	20 / 20
GCP-17 (3D)	0.020/ 0.050	-0.015	0.003	-0.003	0.373	20 / 20
LCP-04 (3D)	0.020/ 0.050	-0.017	-0.016	0.039	0.287	20 / 20
LCP-09 (3D)	0.020/ 0.050	0.005	-0.001	0.014	0.199	20 / 20
GCP-12 (3D)	0.020/ 0.050	0.007	0.008	0.025	0.237	20 / 20
LCP-14 (3D)	0.020/ 0.050	0.007	-0.018	-0.014	0.258	20 / 20
GCP-14 (3D)	0.020/ 0.050	0.017	-0.012	0.039	0.263	20 / 20
LCP-23 (3D)	0.020/ 0.050	0.001	-0.000	-0.039	0.188	20 / 20
Mean [m]		-0.000094	-0.000074	-0.000021		
Sigma [m]		0.012024	0.011355	0.026945		
RMS Error [m]		0.012024	0.011356	0.026945		



Geometric Calibration of the Small-Format Oblique Camera System

Evaluation Result: (ตรวจสอบอีกครั้งหลังจากแทนค่าพารามิเตอร์ได้ถูกต้อง)

	Error X	Error Y (m)	Error Z (m)	Projection Error
Criterion	0.035 m	0.035 m	0.065 m	0.5 pixel
Full GCPs	?	?	?	?

Pending and not be used.