

รายงานการจัดทำเป้าบังคับภาคพื้นดินของภาพถ่าย (GCP)
และเป้าบังคับทรงระนาบหลังคา (LCP) ของเลเซอร์สแกน
สำหรับการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

ณ สนามทดสอบจีเอ็นเอสເອສແລະຍູເວີສໍາຮັບງານແພນທີ

(Geodetic GNSS and UAV Testing Facility)

บริเวณศูนย์เครื่องข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาคจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี

จัดทำโดย

ภาควิชาชีวกรรมสำรวจ คณะชีวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Issue 0.5

Date 09/11/2022



Changes Log

Issue	Date	Changes
0.5	09/11/2022	First Version

List of Changes

Issue	Section	Answers to RID	Changes



รายชื่อคณะกรรมการที่ดำเนินการท่องเที่ยวทางอากาศ

1. รองศาสตราจารย์ ดร. ไพบูล สันติธรรมนนท์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ หัวหน้าโครงการวิจัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นีทัต เจริญกาลัญญาดา คณะวิศวกรรมศาสตร์ นักวิจัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กนก วีระวงศ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ นักวิจัย
4. นายภิรัตน์ บรรณกุลพิพัฒ์ รหัส 6370430121 นิสิตวิศวกรรมสำรวจมหาบัณฑิต
5. ร้อยโท เพพฤทธิ์ ศรีรัฐน์ไพบูล รหัส 6372136021 นิสิตวิศวกรรมสำรวจมหาบัณฑิต
6. นายเทพชัย ศรีน้อย รหัส 6570107721 นิสิตวิศวกรรมสำรวจมหาบัณฑิต
7. นายภัคธร เพชรรุ่งรัศมี รหัส 6230397521 นิสิตวิศวกรรมสำรวจมหาบัณฑิต
8. นายพลวัต สันติธรรมนนท์ รหัส 6230356821 นิสิตวิศวกรรมสำรวจมหาบัณฑิต
9. นายณัฐพล อนันทะวัน รหัส 6230173221 นิสิตวิศวกรรมสำรวจมหาบัณฑิต
10. นายปราโมทย์ มหาศิริวัฒน์ รหัส 6231117321 นิสิตวิศวกรรมสำรวจมหาบัณฑิต
11. นายภาณุชัย โชควิริยดิษฐ์ รหัส 6230438621 นิสิตวิศวกรรมสำรวจมหาบัณฑิต
12. นายนายนรชต เขื่อนธน รหัส 6230446621 นิสิตวิศวกรรมสำรวจมหาบัณฑิต
13. นายภัทรવิทย์ บุญน้อม รหัส 6230406521 นิสิตวิศวกรรมสำรวจมหาบัณฑิต
14. ภาควิชาภิยานาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
15. บริษัท จีคิวบ์ จำกัด จำกัด
16. บริษัท เอเชีย โรบอติกส์ จำกัด
17. บริษัท ซีเอชซี นาฟtek (ประเทศไทย) จำกัด
18. บริษัท เอ็น.พี.เซอร์วิส จำกัด
19. บริษัท อินฟราเพลส จำกัด
20. บริษัท ไทยสกายวิชั่น จำกัด
21. บริษัท ซิสทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด
22. บริษัท นูแมพ จำกัด



คำนำ

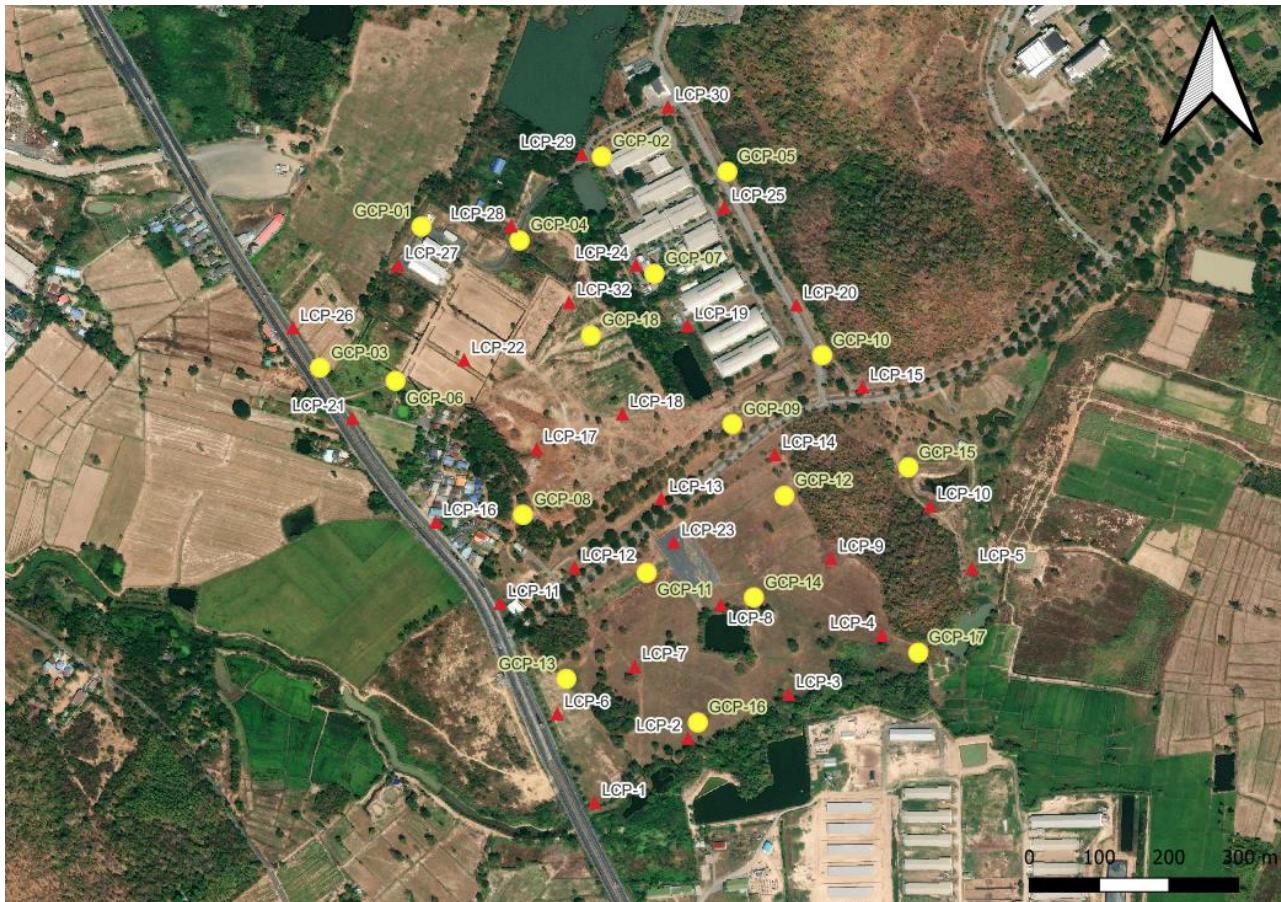
โครงการการวิจัยภาคสนามทดสอบระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera) และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner) ติดอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022) ได้ทำการศึกษาวิจัยการจุดทำเป้าควบคุมระนาบทรงหลังคาสำหรับไลดาร์ (LiDAR Control Plane: LCP) การทำแผนที่ด้วยระบบถ่ายภาพกล้องเนี้ยบอากาศยานไร้คนขับ (UAV Oblique Camera) โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์ อาจารย์ประจำภาควิชาชีวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นหัวหน้าผู้วิจัยพร้อมทั้งคณะนิสิตปริญญาโท นายกิริวัฒน์ บรรณกุลพิพัฒน์, ร้อยโทเทพฤทธิ์ ศรีรัฐน์ไพศาล และนายเทพชัย ศรีน้อย พร้อมด้วยนิสิตปริญญาตรี จำนวน 7 คน จากภาควิชาชีวกรรมสำรวจและภาควิชาชีวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และนักวิจัยจากภาควิชาชีวศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ปฏิบัติงานวิจัยร่วมกับบริษัทที่ปรึกษาการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ ณ พื้นที่สนามทดสอบจีเอ็นเนอสแอลและยูเอวีสำหรับงานแผนที่ (Geodetic GNSS and UAV Testing Facility) บริเวณพื้นที่ศูนย์เครื่องข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาคจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ภายใต้โครงการวิจัยนี้ ได้รับความร่วมมือจาก ภาควิชาชีวศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และบริษัทที่ปรึกษาการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ ได้แก่ บริษัท จีคิวบ์ จีโอพิสิกอล จีโอเทคโนโลยี แอนด์ จีโอ โลจิคัล เซอร์วิส จำกัด, บริษัท เอชจี โรบอติกส์ จำกัด, บริษัท ซีเอชซี นาฟเทค (ประเทศไทย) จำกัด, บริษัท เอ็น.พี.เซอร์วิส จำกัด, บริษัท อินฟราพลัส จำกัด, บริษัท ไทยสกายวิชั่น จำกัด, บริษัท ซิสทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด และ บริษัท นูแมพ จำกัด รวมแล้วกว่า 50 ท่าน

การดำเนินกิจกรรมภายใต้โครงการประกอบไปด้วยการติดตั้งเป้าและทำการรังวัดเป้าควบคุมชนิด LCP และ GCP กว่า 48 จุด การบินบันทึกข้อมูลด้วยระบบถ่ายภาพกล้องเนี้ยบจำนวน 2 รุ่นและระบบเลเซอร์สแกนเนอร์จำนวน 8 รุ่น นอกจากนั้นยังได้มีการวัดสอบเทียบอุปกรณ์จีเอ็นเนอสแอลลดจนพารามิเตอร์ระยะห่างระหว่างเสาับสัญญาณจีเอ็นเนอสแอลไปยังบริเวณตำแหน่งจุดเป้าถ่ายของกล้อง (Calibration of GNSS Antenna to Camera Offset) และได้มีการรังวัดมิติของต้นไม้สำหรับการคำนวณเชิงมวลและปริมาณการกักเก็บชาตุかる์บอนของต้นไม้

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปประมวลผล วิจัย พัฒนาองค์ความรู้ด้านการทำแผนที่และแบบจำลองสามมิติทั้งจากระบบถ่ายภาพกล้องเนี้ยบและระบบเลเซอร์สแกนสำหรับสถาบันการศึกษาและบริษัทที่ปรึกษาการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศต่อไป



ขอบเขตและที่ตั้งเป้าบังคับภาคพื้นดินของภาพถ่าย (GCP)
และเป้าบังคับทรงระนาบหลังคา (LCP) ของเลเซอร์สแกน¹
สำหรับการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ
ณ พื้นที่สนามทดสอบจีเอ็นເອສເອສ
และยูเอวีสำหรับงานแพนที่



ภาพที่ตั้งของเป้าบังคับภาคพื้นดินของภาพถ่าย (GCP) และเป้าบังคับทรงระนาบหลังคาของเลเซอร์สแกน (LCP)

หมายเหตุ :

ตัวอักษรย่อ	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
LCP	LiDAR Control Plane	เป้าบังคับทรงระนาบหลังคาของเลเซอร์สแกน
GCP	Ground Control Point	เป้าบังคับภาคพื้นดินของภาพถ่าย



โครงการสำรวจระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 1

ในโครงการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้หมุดทองเหลือง SBR-01 ที่ตั้งอยู่ ณ บริเวณดาดฟ้าของอาคารสระบุรี 4 ศูนย์เครื่องข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี เป็นสถานีฐาน (Base station) สำหรับใช้ในการโยงยึดค่าพิกัดมาที่หัวหมุด UAV-Base ณ บริเวณใกล้ ๆ กับลานจอดเฮลิคอปเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ โดยค่าพิกัดของสถานีฐานที่ใช้ได้มาจากการสำรวจวัดรับสัญญาณดาวเทียมเป็นจำนวน 14 ชั่วโมง และนำไปประมวลผลข้อมูลด้วยวิธีการ Precise Point Positioning (PPP) โดยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Trimble รุ่น r7 โดยค่าพิกัดของหมุด SBR-01 แสดงดังรูปด้านล่าง

หมุด SBR-01

ITRF2014 at Epoch 2020.94		
Coordinate	Value	σ
X	-1180897.924 m	0.004 m
Y	6061691.634 m	0.008 m
Z	1589129.437 m	0.003 m
Latitude	14° 31' 24.77403" N	0.003 m
Longitude	101° 01' 26.04472" E	0.004 m
El. Height	27.089 m	0.008 m

Easting : 718098.485 m.

Northing : 1606595.794 m.

MSL (TGM2017) : 56.780 m.

ภาพแสดงค่าพิกัดของหมุดทองเหลือง SBR-01 ที่ได้มาจากการรับสัญญาณดาวเทียมเป็นเวลา 14 ชั่วโมง



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 2

สำหรับในโครงการวิจัยนี้เพื่อความสะดวกต่อการทำางานวิจัย คณะวิจัยได้ทำการโยงยึดค่าพิกัดจากหมุด SBR-01 หมายเลขพื้นที่ใกล้ปฐบันติงงานเป็นจำนวน 5 หมุด โดยมีการกระจายของตำแหน่งและค่าพิกัดของแต่ละหมุดตั้งภาพที่แสดงด้านล่าง



ภาพ

การกระจาย

ตัวของหมุดที่ใช้สำหรับปฐบันติงงานภายใต้โครงการวิจัย (UAV-Base)

ตารางค่าพิกัด UTM เโซน 47N พื้นหลังฐาน WGS-84 ของหมุดที่ใช้สำหรับปฐบันติงงานภายใต้โครงการวิจัย (UAV-Base)

Name	Northing (m.)	Easting (m.)	HAE (m.)	MSL (m.)
UAV-Base1	1605934.715	717560.478	4.587	34.301
UAV-Base2	1605922.873	717568.317	4.581	34.295
UAV-Base3	1605910.424	717576.894	4.633	34.346
UAV-Base4	1605898.290	717584.055	4.580	34.293
UAV-Base5	1605886.017	717591.339	4.477	34.190



โครงการสำรวจระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 3

หมุดควบคุม UAV-Base3 ได้มีการตั้งเครื่องรับสัญญาณ Stonex 900A รับสัญญาณยารานาถึง 2
ชม 47 นาที จึงได้นำสัญญาณมาประมวลผลแบบสติ๊กชุดเดียว อ้างอิงกรอบ ITRF2014 (2022.849)

Project:	PPP_UAV_Base_3							
Program:	GrafNav Version 8.90.6611							
Profile:	Research							
Source:	Static Sessions(PPP Combined)							
ProcessInfo:	PPP_UAV_Base_3 by Unknown on 11/18/2022 at 18:40:41							
Datum:	ITRF2014 (2022.849)							
Remote:	Antenna height 1.871 m, to L1PC [Generic(NONE)]							
UTC Offset:	18 s							
StartTime (HMS)	EndTime (HMS)	TimeLen (HMS)	UTCDate (YMD)	UTCTime (weeks)	UTCTime (HMS)	UTCTime (sec)	GPSTime (HMS)	GPSTime (sec)
4:36:04.00	7:23:27.00	2:47:23.00	2022/11/06	2235.02736	4:35:46.00	16546.00	4:36:04.000	16564.000
Latitude (deg)	Longitude (deg)	H-Ell (m)	Northing (m)	Easting (m)	SDHoriz (m)	SDHeight (m)	Q	
14.5173970982	101.0190076886	4.635	1605910.345	717577.203	0.001	0.002	2	

Project:	PPP_UAV_Base_3							
Program:	GrafNav Version 8.90.6611							
Profile:	Research							
Source:	Static Sessions(PPP Combined)							
ProcessInfo:	PPP_UAV_Base_3 by Unknown on 11/18/2022 at 18:40:41							
Datum:	ITRF2014 (2022.849)							
Remote:	Antenna height 1.871 m, to L1PC [Generic(NONE)]							
UTC Offset:	18 s							
StartTime (HMS)	EndTime (HMS)	TimeLen (HMS)	UTCDate (YMD)	UTCTime (weeks)	UTCTime (HMS)	UTCTime (sec)	GPSTime (HMS)	GPSTime (sec)
4:36:04.00	7:23:27.00	2:47:23.00	2022/11/06	2235.02736	4:35:46.00	16546.00	4:36:04.000	16564.000
Latitude (deg)	Longitude (deg)	H-Ell (m)	Northing (m)	Easting (m)	SDHoriz (m)	SDHeight (m)	Q	
14.5173970690	101.0190076728	4.638	1605910.342	717577.202	0.001	0.002	2	



โครงการสำรวจระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 4



ภาพการกระจายตัวของเป้าบังคับทรงระนาบหลังคาของเลเซอร์สแกน (LCP)

ตาราง ค่าพิกัด UTM โซน 47N พื้นหลังฐาน WGS-84 ของเป้าบังคับทรงระนาบหลังคาของเลเซอร์สแกน (LCP)



โครงการสำรวจระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 5

LiDAR Control Plane	Northing (m.)	Easting (m.)	HAE (m.)	MSL (m.)
LCP-01	1605528.377	717418.553	1.151	30.870
LCP-02	1605620.326	717552.563	2.307	32.021
LCP-03	1605683.495	717697.043	1.490	31.198
LCP-04	1605768.160	717830.917	3.438	33.140
LCP-05	1605863.974	717960.246	4.093	33.789
LCP-06	1605655.491	717365.073	0.883	30.605
LCP-07	1605722.976	717476.276	2.762	32.480
LCP-08	1605811.713	717599.831	3.646	33.358
LCP-09	1605878.421	717757.886	6.726	36.431
LCP-10	1605953.416	717899.997	8.637	38.336
LCP-11	1605813.784	717283.176	2.202	31.928
LCP-12	1605865.322	717389.870	3.341	33.062
LCP-13	1605963.981	717514.390	4.580	34.296
LCP-14	1606027.335	717677.676	8.789	38.498
LCP-15	1606124.053	717803.261	11.184	40.888
LCP-16	1605930.336	717190.757	0.853	30.583
LCP-17	1606035.136	717335.724	1.051	30.775
LCP-18	1606085.675	717458.675	1.986	31.705
LCP-19	1606212.081	717551.850	5.141	34.856
LCP-20	1606241.924	717708.133	7.392	37.101
LCP-21	1606079.114	717071.043	0.097	29.833
LCP-22	1606163.019	717231.352	-0.663	29.066
LCP-23	1605901.416	717531.824	4.501	34.216
LCP-24	1606299.168	717477.921	4.177	33.896
LCP-25	1606381.581	717604.707	3.717	33.430
LCP-26	1606209.208	716985.734	-0.289	29.451
LCP-27	1606298.496	717136.305	0.421	30.155



LiDAR Control Plane	Northing (m.)	Easting (m.)	HAE (m.)	MSL (m.)
LCP-28	1606355.043	717298.736	2.171	31.898
LCP-29	1606458.052	717400.039	4.290	34.013
LCP-30	1606525.877	717523.855	5.902	35.620
LCP-32	1606245.198	717382.116	0.638	30.361

หมายเหตุ :

- HAE คือ ความสูงเหนือผิวทรงรี (Height Above Ellipsoid) หรือ Ellipsoidal Height
- MSL คือ ความสูงเหนือระดับทะเลplainกลาง หรือ ราทก. (Mean Sea Level) หรือ ความสูง ออร์โทเมตริก (Orthometric Height : H)
- ระดับ MSL ในตารางได้มาจากการคำนวณด้วยแบบจำลองยื่อยด์ความละเอียดสูงของประเทศไทย TGM2017 (Thailand Geoid Model 2017)
- ค่าพิกัดหมุด LCP-xx ได้จากการสำรวจด้วยเทคนิคแบบจลน์ในทันที RTK (Real Time Kinematic) รับสัญญาณเป็นเวลา 1 นาที* โดยค่าความสูงที่ปรากฏที่เป็นค่าที่ได้ทำการบวก ระยะห่างจากหัวหมุดมายังบริเวณสแกนหลังคำของเป้าบังคับทรงระนาบหลังคำของเลเซอร์สแกนแล้ว



*ข้อเสนอแนะ: การรังวัดค่าพิกัดด้วย GNSS RTK เพื่อออกค่าพิกัดของจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน (GCP) หรือค่าพิกัดของจุดตรวจสอบ (Check Point: CP) อาจพิจารณาจากมาตรฐาน Technical Specification for NSW Secondary Control Surveys, Ver.1.0, April 2021, Spatial Services, NSW,

ใช้ค่าจานรับ GNSS ที่แบบจำลอง IGS

ต้องติดตามรับสัญญาณได้ Dual-frequency

ค่าสูงสุดของ GDOP 3

จำนวนครั้งที่ต้องรังวัดอิสระต่อจุด 2 ครั้ง

หัวใจเวลาทึ่งห่างในการรังวัดอิสระ (double occupied) 30 นาที

ระยะห่างสูงสุดจากสถานีฐาน 20 กม

ระยะเวลารับสัญญาณ RTK 2นาที

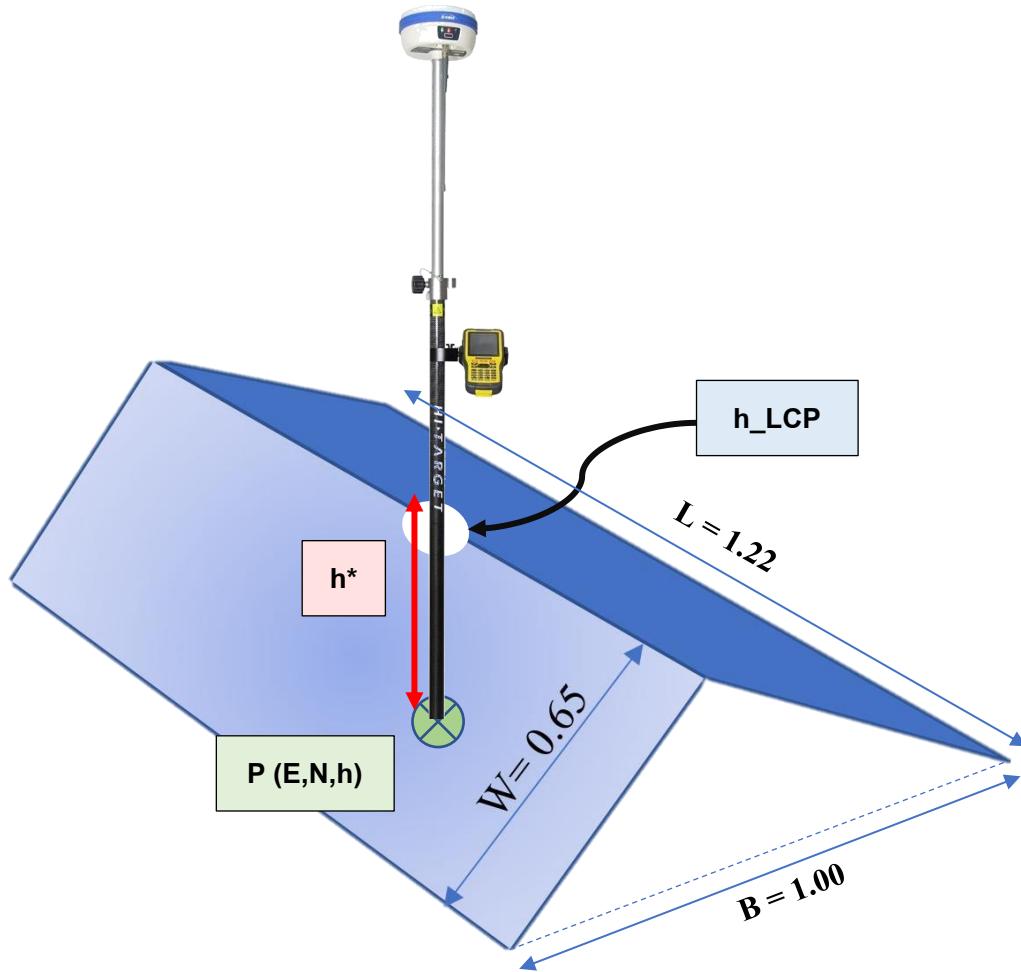
ความถี่ในการรับสัญญาณ RTK @ 1วินาที

ความแตกต่างค่าพิกัดทางราบในการรังวัดอิสระ 0.035 เมตร

ความแตกต่างค่าพิกัดทางดิ่งในการรังวัดอิสระ 0.065 เมตร



การคำนวณค่าพิกัดของเป้าบังคับทรงระนาบหลังคาของเลเซอร์สแกน



จากรูปภาพด้านบนพบว่า ค่าพิกัดได้จากการรังวัด GNSS ด้วยเทคนิควิธีการรังวัดแบบจันลீในทันที (RTK) ให้ค่าพิกัดทางดิจิทัลของจุด P ดังนั้นหากต้องการความสูงของเป้าบังคับทรงระนาบหลังคาของเลเซอร์สแกนจะต้องทำการบวกระยะจากหัวหมุด P ถึงบริเวณสันหลังจากของเป้าบังคับทรงระนาบของเลเซอร์สแกนได้ ดังสมการต่อไปนี้

$$h_{\text{LCP}} = h_{\text{P}} + h^*$$



โครงการสำรวจวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 9

ตารางแสดงค่าพิกัด UTM โซน 47N พื้นหลังฐาน WGS-84 ของหมุด Point (h_P)

Point	Northing (m.)	Easting (m.)	HAE (m.)	MSL (m.)
P-01	1605528.377	717418.553	0.888	30.608
P-02	1605620.326	717552.563	2.15	31.864
P-03	1605683.495	717697.043	1.185	30.893
P-04	1605768.160	717830.917	3.236	32.938
P-05	1605863.974	717960.246	3.838	33.534
P-06	1605655.491	717365.073	0.653	30.375
P-07	1605722.976	717476.276	2.485	32.202
P-08	1605811.713	717599.831	3.453	33.165
P-09	1605878.421	717757.886	6.514	36.219
P-10	1605953.416	717899.997	8.41	38.109
P-11	1605813.784	717283.176	1.958	31.684
P-12	1605865.322	717389.870	3.197	32.918
P-13	1605963.981	717514.390	4.509	34.225
P-14	1606027.335	717677.676	8.649	38.358
P-15	1606124.053	717803.261	11.069	40.773
P-16	1605930.336	717190.757	0.584	30.314
P-17	1606035.136	717335.724	0.813	30.537
P-18	1606085.675	717458.675	1.716	31.435
P-19	1606212.081	717551.850	4.921	34.636
P-20	1606241.924	717708.133	7.218	36.927
P-21	1606079.114	717071.043	-0.198	29.538
P-22	1606163.019	717231.352	-0.993	28.736
P-23	1606245.198	717382.116	0.41	30.133
P-24	1606299.168	717477.921	3.862	33.581
P-25	1606381.581	717604.707	3.473	33.186
P-26	1606209.208	716985.734	-0.569	29.171
P-27	1606298.496	717136.305	0.181	29.915



โครงการสำรวจระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 10

Point	Northing (m.)	Easting (m.)	HAE (m.)	MSL (m.)
P-28	1606355.043	717298.736	1.991	31.718
P-29	1606458.052	717400.039	4.02	33.743
P-30	1606525.877	717523.855	5.676	35.394
P-TENT	1605901.416	717531.824	4.246	33.961



ตารางแสดงค่าระยะห่างทางดิ่งระหว่างหมุด Point มาจนถึงสันหลังคาของจุดเป้าควบคุมเลเซอร์
สแกน (h^*)

LiDAR Control Plane	1 st Measure Offset	2 nd Measure Offset	Difference Offset Value	Average Offset
LCP-01	0.270	0.255	0.015	0.263
LCP-02	0.154	0.160	-0.006	0.157
LCP-03	0.295	0.315	-0.020	0.305
LCP-04	0.194	0.210	-0.016	0.202
LCP-05	0.247	0.263	-0.016	0.255
LCP-06	0.225	0.235	-0.010	0.230
LCP-07	0.259	0.295	-0.036	0.277
LCP-08	0.206	0.180	0.026	0.193
LCP-09	0.233	0.190	0.043	0.212
LCP-10	0.248	0.205	0.043	0.227
LCP-11	0.240	0.247	-0.007	0.244
LCP-12	0.140	0.147	-0.007	0.144
LCP-13	0.055	0.086	-0.031	0.071
LCP-14	0.140	0.140	0.000	0.140
LCP-15	0.125	0.105	0.020	0.115
LCP-16	0.270	0.267	0.003	0.269
LCP-17	0.235	0.241	-0.006	0.238
LCP-18	0.245	0.295	-0.050	0.270
LCP-19	0.220	0.220	0.000	0.220
LCP-20	0.168	0.180	-0.012	0.174
LCP-21	0.297	0.293	0.004	0.295
LCP-22	0.330	0.330	0.000	0.330
LCP-23	0.255	0.255	0.000	0.255
LCP-24	0.322	0.308	0.014	0.315
LCP-25	0.265	0.222	0.043	0.244



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 12

LiDAR Control Plane	1 st Measure Offset	2 nd Measure Offset	Difference Offset Value	Average Offset
LCP-26	0.287	0.274	0.013	0.281
LCP-27	0.240	0.240	0.000	0.240
LCP-28	0.190	0.170	0.020	0.180
LCP-29	0.280	0.260	0.020	0.270
LCP-30	0.228	0.224	0.004	0.226
LCP-32	0.220	0.235	-0.015	0.228



โครงการสำรวจด้วยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 13



ภาพการกระจายตัวของเป้าบังคับภาคพื้นดินของภาพถ่าย (GCP)

ตารางค่าพิกัด UTM โซน 47N พื้นหลักฐาน WGS-84 ของเป้าบังคับภาคพื้นดินของภาพถ่าย (GCP)



โครงการสำรวจระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 14

Ground Control Point	Northing (m.)	Easting (m.)	HAE (m.)	MSL (m.)
GCP-01	1606353.931	717170.200	0.388	30.120
GCP-02	1606454.320	717428.900	3.455	33.176
GCP-03	1606151.525	717024.653	-0.703	29.035
GCP-04	1606333.898	717310.914	0.329	30.055
GCP-05	1606432.602	717609.153	5.643	35.356
GCP-06	1606132.559	717133.071	-1.098	28.635
GCP-07	1606286.262	717504.492	3.901	33.619
GCP-08	1605940.266	717315.958	1.935	31.660
GCP-09	1606070.654	717616.278	5.903	35.615
GCP-10	1606169.407	717745.283	9.899	39.606
GCP-11	1605857.204	717493.462	3.187	32.904
GCP-12	1605967.689	717691.045	7.979	37.688
GCP-13	1605705.047	717378.045	0.853	30.575
GCP-14	1605821.903	717647.224	3.770	33.480
GCP-15	1606008.484	717868.876	9.264	38.965
GCP-16	1605642.507	717566.811	2.248	31.961
GCP-17	1605742.655	717883.131	2.202	31.901
GCP-18	1606197.657	717413.351	0.065	29.786

หมายเหตุ :

- HAE คือ ความสูงเหนือผิวทรงรี (Height Above Ellipsoid) หรือ Ellipsoidal Height
- MSL คือ ความสูงเหนือระดับทะเลplainกลาง หรือ ระทก. (Mean Sea Level) หรือ ความสูง ออร์โตรเมต릭 (Orthometric Height : H)
- ระดับ MSL ในตารางได้มาจากการคำนวณด้วยแบบจำลองยื่ออยู่ด้วยความละเอียดสูงของประเทศไทย TGM2017 (Thailand Geoid Model 2017)
- ค่าพิกัดหมุด GCP-xx ได้จากการสำรวจด้วยเทคนิคแบบจลน์ในทันที RTK (Real Time Kinematic) รับสัญญาณเป็นเวลา 1 นาที



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5

Date: 09/11/2022

Page: 15



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 16

ภาพเป้าบังคับทรงระนาบหลังคาของ เลเซอร์สแกน (LiDAR Control Plane : LCP)

LCP-01	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
--------	------------------	----------



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 17

		
		
LCP-02	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
		
		
LCP-03	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องมุม (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 18



LCP-04

DATE: 04/11/2022

Ver. 0.5



LCP-05

DATE: 04/11/2022

Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องมุมเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 19

LCP-06	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5	
		LCP-07	DATE: 04/11/2022
		Ver. 0.5	



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 20

LCP-08	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 21

LCP-09	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
		
		
LCP-10	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
		
		



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 22

LCP-11	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
		
		
LCP-12	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
		
		



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 23

LCP-13	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
		
		
LCP-14	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
		
		



โครงการสำรวจด้วยกล้องมุมเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 24

LCP-15	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
LCP-16	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 25

LCP-17	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
LCP-18	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการสำรวจและระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 26

LCP-19	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
LCP-20	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องทาง斜 (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 27

LCP-21	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
LCP-22	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 28

LCP-23	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
LCP-24	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องมุมเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 29

LCP-25	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
LCP-26	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องทาง斜 (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 30

LCP-27	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
LCP-28	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องทาง斜 (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 31

LCP-29	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
LCP-30	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5

Date: 09/11/2022

Page: 32

LCP-32	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 33

ภาพเป้าบังคับภาคพื้นดินของภาพถ่าย

(Ground Control Point : GCP)

GCP-01

DATE: 04/11/2022

Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องมุมเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 34



GCP-02

DATE: 04/11/2022

Ver. 0.5



GCP-03

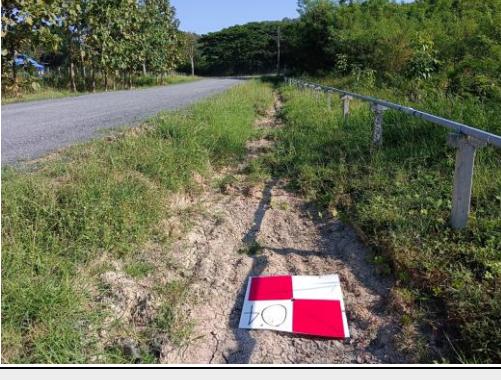
DATE: 04/11/2022

Ver. 0.5



โครงการสำรวจระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 35

		
		Picture 4
GCP-04	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
		
		
GCP-05	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการสำรวจระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 36



GCP-06

DATE: 04/11/2022

Ver. 0.5



GCP-07

DATE: 04/11/2022

Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องมุมเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 37

GCP-08	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
GCP-09	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องมุม (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 38

GCP-10	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
GCP-11	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องมุมเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 39

GCP-12	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
GCP-13	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 40

GCP-14	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5
GCP-15	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



โครงการสำรวจด้วยกล้องมุมเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 41



GCP-16

DATE: 04/11/2022

Ver. 0.5



GCP-17

DATE: 04/11/2022

Ver. 0.5



โครงการสำรวจระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 42

GCP-18	DATE: 04/11/2022	Ver. 0.5



ผลการปฏิบัติบินบันทึกข้อมูล ด้วยระบบการถ่ายภาพเฉียงและระบบเลเซอร์สแกน

ชื่อเซ็นเซอร์	AA450		
ความสูงบิน	81.250 m. HAE	ความเร็ว (เมตร / วินาที)	????
ค่า % Overlap ของภาพถ่าย (p)	????	ค่า % Side lap ของเลเซอร์	????

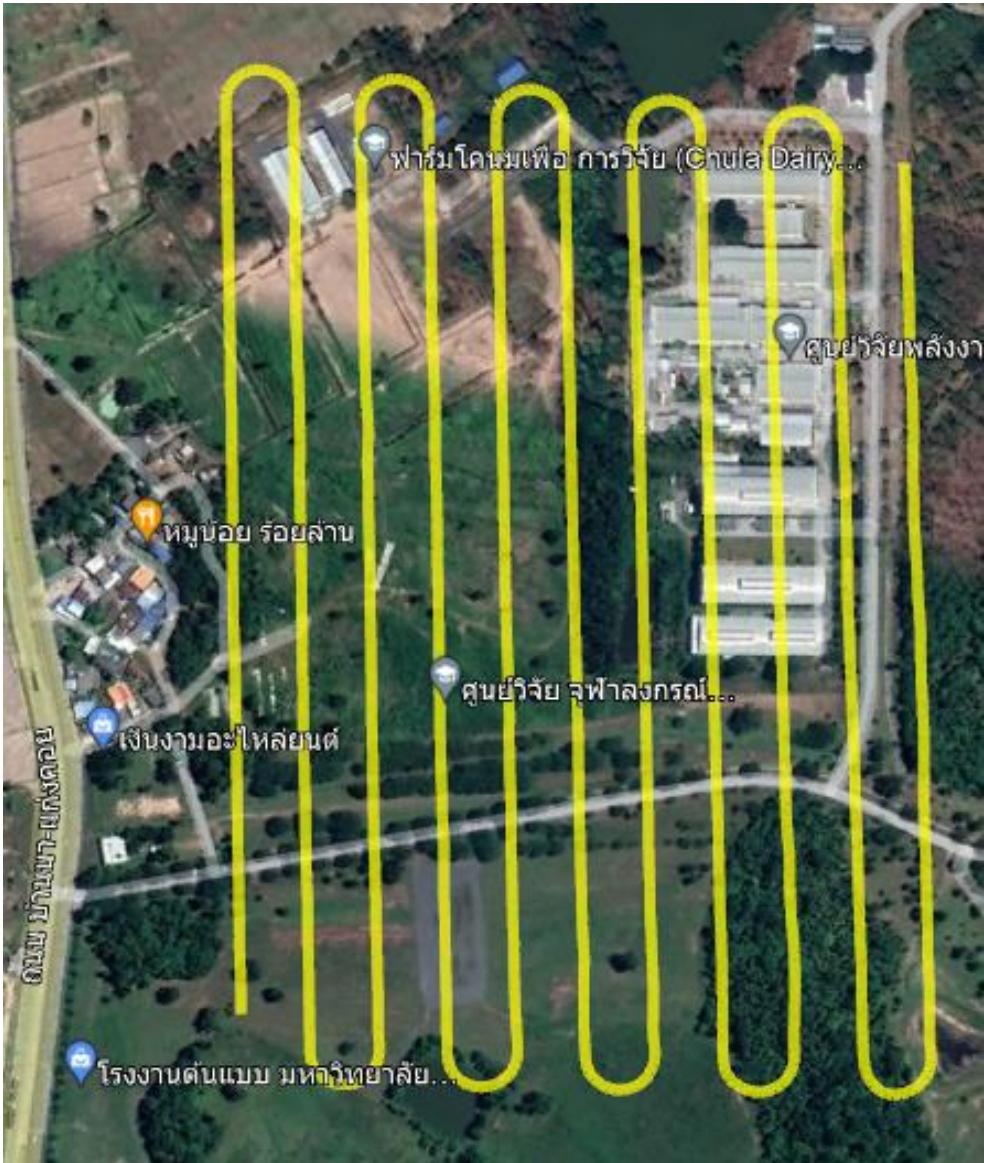


โครงการสำรวจด้วยกล้องทาง斜 (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 44

ค่า % Side lap ของภาพถ่าย (q)	????	จำนวนแนวบิน	11
GSD ของภาพถ่าย	????	จำนวนรูปภาพ / จำนวนแท็บ กว้าง	694

ภาพแนวบิน



ชื่อเซ็นเซอร์	????		
ความสูงบิน	????	ความเร็ว (เมตร / วินาที)	????

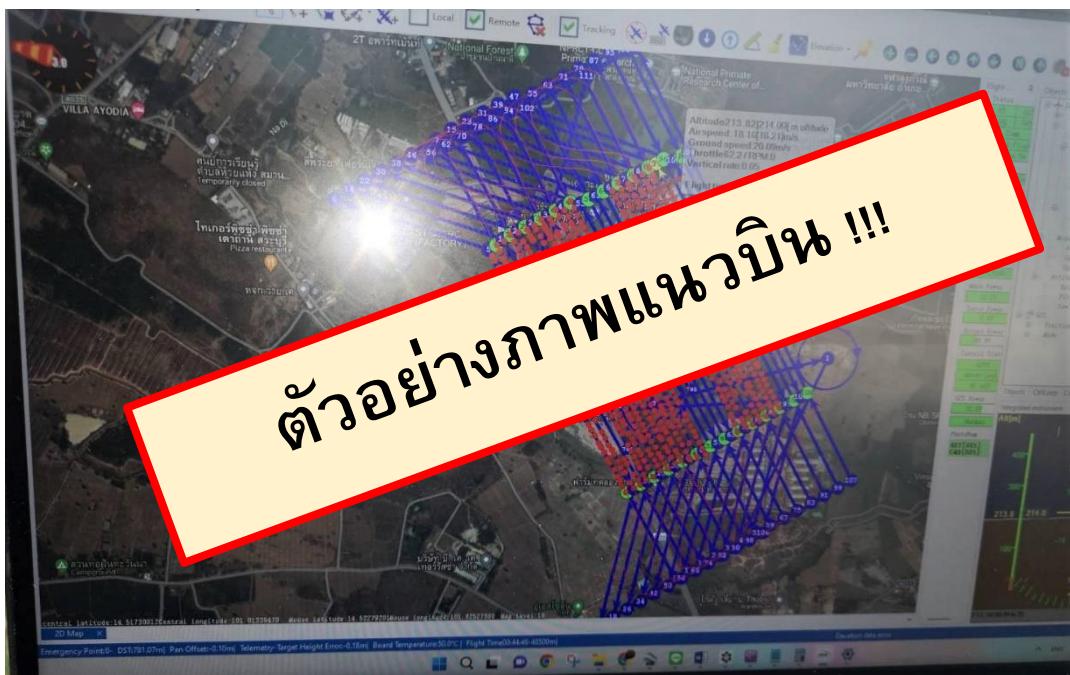


โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 45

ค่า % Overlap ของภาพถ่าย (p)	????	ค่า % Side lap ของเลเซอร์	????
ค่า % Side lap ของภาพถ่าย (q)	????	จำนวนแนวบิน	????
GSD ของภาพถ่าย	????	จำนวนรูปภาพ / จำนวนเก็บ กราด	????

ภาพแนวบิน



ชื่อเซ็นเซอร์	????	ความสูงบิน	????
ความสูงบิน	????	ความสูงบิน	????

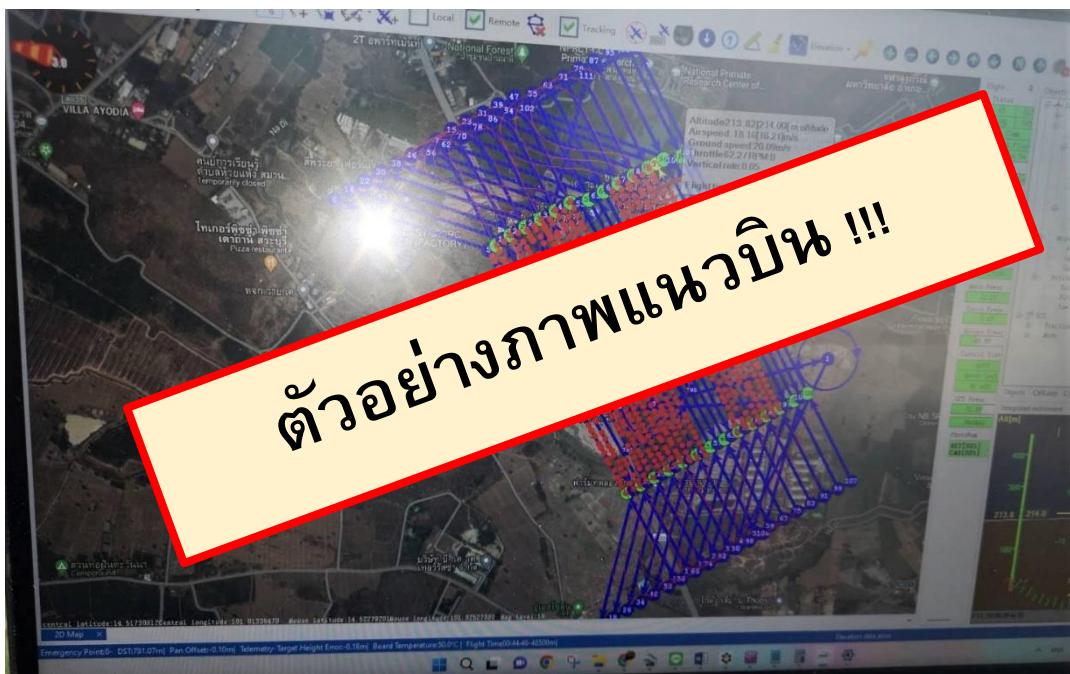


โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 46

ค่า % Overlap ของภาพถ่าย (p)	????	ค่า % Overlap ของภาพถ่าย (p)	????
ค่า % Side lap ของภาพถ่าย (q)	????	ค่า % Side lap ของภาพถ่าย (q)	????
GSD ของภาพถ่าย	????	GSD ของภาพถ่าย	????

ภาพแนวบิน





โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 1

ภาคผนวก



โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 2

ภาคผนวก ก.) ภาพปฏิบัติงานช่วงเวลา 4 – 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2565





โครงการสำรวจด้วยกล้องทาง斜 (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 3





โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 4





โครงการการวิจัยระบบการถ่ายภาพเฉียง (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 5





โครงการสำรวจด้วยกล้องมุม (Oblique Camera)
และระบบเลเซอร์สแกน (Laser Scanner)
ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (UAV-ULS 2022)

Issue: 0.5
Date: 09/11/2022
Page: 6

