

การประยุกต์ใช้ระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงบนอากาศยานไร้คนขับเพื่อรังวัดรอยพิมพ์ฐานอาคาร :  
กรณีศึกษาพื้นที่อาคารบ้านพักอาศัย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2562  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF MULTI-HEAD OBLIQUE CAMERAS ON UAV TO DELINEATE OF  
BUILDING FOOTPRINT : A CASE STUDY OF RESIDENTIAL AREA



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Survey Engineering

Department of Survey Engineering

FACULTY OF ENGINEERING

Chulalongkorn University

Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงบนอากาศยาน ไร้คนขับเพื่อรังวัดรอยพิมพ์ฐานอาคาร : กรณีศึกษาพื้นที่ อาคารบ้านพักอาศัย
โดย	นายเจตน์ ไพศาลสิทธิกันต์
สาขาวิชา	วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ไพศาล สันติธรรมนนท์

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ดร.ชัยโชค ไวกาษา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ไพศาล สันติธรรมนนท์)

..... กรรมการ  
(ดร.ธีทัต เจริญกาลัญญูตา)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาติชาย ไวยสุระสิงห์)

จเด็จ ไพศาลสิทธิกันต์ : การประยุกต์ใช้ระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงบนอากาศยานไร้คนขับเพื่อรังวัดรอยพิมพ์ฐานอาคาร : กรณีศึกษาพื้นที่อาคารบ้านพักอาศัย. (

APPLICATION OF MULTI-HEAD OBLIQUE CAMERAS ON UAV TO DELINEATE OF BUILDING FOOTPRINT : A CASE STUDY OF RESIDENTIAL AREA) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ไพศาล สันติธรรมนนท์

รอยพิมพ์ฐานอาคาร (Building Footprint) ถือได้ว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับงานออกแบบทางด้านผังเมือง การให้ได้มาซึ่งรอยพิมพ์ฐานอาคารที่มีความถูกต้องใกล้เคียงสภาพจริงนั้น มักจะใช้วิธีการสำรวจทางภาคพื้นดินแบบดั้งเดิม (Conventional Survey) ด้วยกล้องสำรวจแบบประมวลผลรวม (Total Station) หรือด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS (Global Navigation Satellite System) เป็นหลัก ซึ่งวิธีการดังกล่าวถือว่าใช้เวลาและต้นทุนค่อนข้างมาก จึงมีความพยายามอันหลากหลายที่จะให้ได้มาซึ่งข้อมูลของรอยพิมพ์ฐานอาคารที่มีความถูกต้องแต่ประหยัดต้นทุนและเวลา เช่น การสังเคราะห์ข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม หรือแม้กระทั่งภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) เป็นต้น

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงจำนวน 2 กล้องซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยอุปกรณ์ Camera-Rig ติดตั้งระบบกล้องบน UAV ชนิด VTOL (Vertical Take-off and Landing) ทำการบินถ่ายภาพแบบกริดตามหลักการทางโฟโตแกรมเมตรี (Front Overlap 80%, Side Overlap 60%) และบันทึกภาพทั้งสองกล้องพร้อมกัน โดยมีความคาดหวังว่าภาพถ่ายเฉียงที่ได้จะช่วยเพิ่มศักยภาพการมองเห็นบริเวณด้านข้างของอาคารได้ดีกว่าภาพถ่ายตั้ง เพื่อให้การรังวัดตำแหน่งของมุมอาคารมีความแม่นยำ สามารถนำมาสร้างรอยพิมพ์ฐานอาคารที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับที่สามารถรังวัดได้ด้วยเครื่องมือสำรวจภาคพื้นดิน

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ

ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

# # 5970120321 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEYWORD: Multi-head Oblique Cameras, Camera-Rig, Building Footprint, Oblique Image

Chadet Phaisarnsitthikarn : APPLICATION OF MULTI-HEAD OBLIQUE CAMERAS ON UAV TO DELINEATE OF BUILDING FOOTPRINT : A CASE STUDY OF RESIDENTIAL AREA. Advisor: PHISAN SANTITAMNONT

Building footprints are extremely important for many applications, especially urban planning. The high accuracy of building footprints is always achieved from conventional survey methods by using Total Station or GNSS instruments. However, the aforementioned procedures come with a high cost and consume a lot of time. The various methods of acquiring building footprints which require lower costs have been explored, such as the extraction from aerial photographs, satellite imagery, and the UAV images.

This research proposes the application of using images from multi-head oblique cameras which are installed on a VTOL (Vertical Take-off and Landing) UAV. The system consist of two oblique cameras on the left side and right side of the aircraft and is connected with camera-rig equipment. The image acquisition is designed to be the single grid flight path with 80% front overlap and 60% side overlap, while the two oblique cameras take pictures simultaneously. Oblique images are expected to show a better-quality view of façade than nadir images, which will lead to the precise measurement of building corners and accurate building footprints that are comparable to that of ground survey methods.

Field of Study: Survey Engineering

Student's Signature .....

Academic Year: 2019

Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดี เนื่องมาจากคำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และการสนับสนุนอย่างดียิ่งของบุคคล และกลุ่มบุคคลต่างๆดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำ ทั้งทางด้านทฤษฎีและการปฏิบัติทางการรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ ภาษาไพธอน ฯลฯ

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งได้แก่ ดร.ชัยโชค ไวกาษา ประธาน คณะกรรมการสอบฯ ดร.ธีทัต เจริญกาลัญญาตา และ ผศ.ดร.ชาติชาย ไวสุระสิงห์ กรรมการสอบฯ ที่กรุณาแสดงความคิดเห็นและให้คำแนะนำ เพื่อนำไปปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณกลุ่มเพื่อน พี่ และน้อง ที่ทำงานร่วมบริษัทเดียวกัน ซึ่งได้แก่ คุณสันชัย ปั่นไว คุณ วิจิตร สุทธิแสง คุณปฏิพัทธ์ ปั่นไว คุณอนุสรณ์ พรเลิศ คุณโกสินทร์ โสภณสิริ คุณสุจิน กลัดอยู่ คุณ อาทิตย์ แสงท้าว คุณเกริกพล คงแสงชาติ คุณชัยชาญ ลอยแก้ว และคุณนพดล เรืองฤทธิ์ ที่เสียสละเวลาส่วนตัวมาช่วยรังวัดจัดทำข้อมูลภาคสนามเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณน้อง ๆ จากบริษัทอินฟราพลัส ที่ช่วยสนับสนุนการบินถ่ายภาพด้วย VTOL UAV และการประมวลผลภาพถ่ายเฉียง

ขอขอบคุณ ดร.จรินทร์ ไพศาลสิทธิกันต์ (น้องสาว) ที่ได้ช่วยตรวจทานไวยากรณ์ของ บทคัดย่อภาษาอังกฤษในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้และของบทความสำหรับตีพิมพ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จเด็จ ไพศาลสิทธิกันต์

## สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ .....	3
1.3 ขอบเขตการวิจัย .....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 แบบจำลองเรขาคณิตของกล้องถ่ายภาพ.....	4
2.2 การจับคู่ภาพด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์วิชั่น .....	6
2.3 ภาพถ่ายเฉียง.....	6
2.4 การวางตัวของกล้องถ่ายภาพในระบบกล้องชุดถ่ายภาพถ่ายเฉียง .....	8
2.5 การรังวัดค่าพิกัด 3D จาก Multi rayCloud.....	10
2.6 รอยพิมพ์ฐานอาคาร .....	10
2.7 ระยะฮาวส์ดอร์ฟ (Hausdorff Distance).....	11

2.8 การหาระดับความแตกต่างของรูปร่างอาคาร .....	12
2.9 การประเมินความถูกต้องของการรังวัด .....	12
2.10 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) .....	14
2.11 การแพร่กระจายความคลาดเคลื่อนของกล้องสำรวจแบบประมวลผลรวม.....	15
บทที่ 3 ทบทวนวรรณกรรม.....	19
บทที่ 4 ระเบียบวิธีวิจัย.....	26
4.1 การบันทึกภาพถ่ายเฉียงที่ใช้ในการวิจัย .....	27
4.2 การวางแผนการบินถ่ายภาพ.....	28
4.3 การประมวลผลถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ (Aerial Triangulation).....	29
4.4 การวาดรอยพิมพ์ฐานอาคารจากภาพถ่ายเฉียง .....	32
4.5 การรังวัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน.....	34
4.6 การวาดรอยพิมพ์ฐานอาคารจากการรังวัดภาคพื้นดิน .....	36
4.7 การเปรียบเทียบรอยพิมพ์ฐานอาคาร.....	38
บทที่ 5 ผลการวิจัย.....	40
5.1 การประมวลผลภาพถ่ายเฉียงจากระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียง .....	40
5.2 การประมวลผลจุดควบคุม.....	41
5.3 ผลการรังวัดค่าพิกัดมุมอาคาร.....	44
5.4 ผลการเปรียบเทียบรอยพิมพ์ฐานอาคาร .....	50
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย.....	53
6.1 อภิปรายผลการวิจัย .....	53
6.2 สรุปผลการวิจัย.....	60
6.3 ข้อเสนอแนะ .....	62
บรรณานุกรม.....	64
ภาคผนวก.....	67



ภาคผนวก ก ค่าพิกัดของตำแหน่งมุมอาคารที่ได้จากการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียง .....	68
ภาคผนวก ข ค่าพิกัดของตำแหน่งมุมอาคารที่ได้จากการรังวัดภาคพื้นดิน.....	73
ภาคผนวก ค ผลการเปรียบเทียบค่าพิกัดมุมอาคารที่รังวัดได้จากภาพถ่ายเฉียงและการรังวัด ภาคพื้นดิน.....	77
ภาคผนวก ง ค่าพารามิเตอร์การวางตัวภายนอกของกล้องถ่ายภาพในระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียง .....	81
ภาคผนวก จ อาคารที่ใช้ในการทดสอบ.....	99
ภาคผนวก ฉ ผังการรังวัดโยยัดตำแหน่งมุมอาคารที่ตรวจสอบ .....	102
ประวัติผู้เขียน.....	109



## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 5.1 ผลการคำนวณปรับแก้ค่าพิกัดหมุดอ้างอิงค่าพิกัด .....	42
ตารางที่ 5.2 ค่าพิกัดของจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP).....	42
ตารางที่ 5.3 ค่าพิกัดจุดควบคุมรองเพื่อใช้รังวัดเก็บรายละเอียดภาคพื้นดิน.....	43
ตารางที่ 5.4 ค่าความคลาดเคลื่อนของการรังวัดพิกัดมุมอาคารจากภาพถ่ายภาพเฉียง .....	45
ตารางที่ 5.5 ระยะฮิวส์ตอร์พระหว่างรอยพิมพ์ฐานอาคารที่ได้จากการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงและ จากการรังวัดภาคพื้นดิน.....	51
ตารางที่ 5.6 สรุปผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของรอยพิมพ์ฐานอาคารของแผนที่มาตราส่วนใหญ่ .....	52
ตารางที่ 6.1 มาตรฐานความถูกต้องราบของแผนที่มาตราส่วนต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ASPRS .....	59

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 หลักการเกิดภาพภายในกล้องรูเข็ม .....	4
รูปที่ 2.2 เรขาคณิตของการฉายผ่านจุดศูนย์ทิวทัศน์ของจุดพิกัด 3 มิติ $X'$ .....	5
รูปที่ 2.3 การสร้าง Keypoint descriptor .....	6
รูปที่ 2.4 การถ่ายภาพแนวตั้ง การถ่ายภาพแนวเฉียงต่ำและการถ่ายภาพแนวเฉียงสูง .....	7
รูปที่ 2.5 จำนวนจุดโยงยึดในบล็อกภาพถ่ายเฉียง .....	7
รูปที่ 2.6 การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกล้องถ่ายภาพบนอุปกรณ์ Camera-RIG.....	9
รูปที่ 2.7 การรังวัดค่าพิกัด 3D จาก Stereo Pair และการรังวัดค่าพิกัด 3D จาก Multi View Stereo..	10
รูปที่ 2.8 เส้นขอบหลังคา (Roofline) และรอยพิมพ์ฐาน (Footprint).....	11
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างของ UAV ชนิดต่าง ๆ.....	14
รูปที่ 4.1 ผลงานแสดงขั้นตอนการวิจัย.....	26
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างของภาพถ่ายเฉียงที่ใช้ในงานวิจัย.....	27
รูปที่ 4.3 อากาศยานไร้คนขับและระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงที่ใช้ในงานวิจัย .....	28
รูปที่ 4.4 การวางแผนการบินถ่ายภาพสำหรับระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียง .....	29
รูปที่ 4.5 อุปกรณ์ Camera-Rig ที่ใช้โยงยึดกล้องถ่ายภาพเฉียง .....	30
รูปที่ 4.6 การปรับแต่งค่าพารามิเตอร์การวางตัวภายนอกของกล้องถ่ายภาพบน Camera-Rig .....	30
รูปที่ 4.7 แบบจำลองการวางตัวของกล้องถ่ายภาพรอง (กล้องขวา) เทียบกับกล้องถ่ายภาพหลัก (กล้องซ้าย).....	31
รูปที่ 4.8 การใช้ rayCloud Editor ในการรังวัดตำแหน่งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน .....	31
รูปที่ 4.9 การรังวัดตำแหน่งมุมอาคารของจุด Point Cloud บน rayCloud Editor .....	32
รูปที่ 4.10 การรังวัดตำแหน่งมุมอาคารบนภาพถ่ายแบบหลายมุมมอง (Multiple View) .....	33
รูปที่ 4.11 ตัวอย่างรอยพิมพ์ฐานอาคารที่ได้จากการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียง .....	33
รูปที่ 4.12 หมุดอ้างอิงค่าพิกัด VTOL-01 บริเวณสถาบันพัฒนาข้าราชการกรมที่ดิน.....	34

รูปที่ 4.13	หมุดอ้างอิงค่าพิกัด VTOL-02 บริเวณเชิงสะพานข้างคลองบางหญ้า.....	34
รูปที่ 4.14	หมุดหลักฐาน BMA-LiDAR02 บริเวณสนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ 84 พรรษา .....	35
รูปที่ 4.15	การประมวลผลเส้นฐานและการคำนวณค่าพิกัดหมุดอ้างอิงค่าพิกัด .....	35
รูปที่ 4.16	การรังวัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินด้วยวิธี RTK.....	36
รูปที่ 4.17	การรังวัดตำแหน่งมุมอาคารด้วยกล้อง Total Station.....	37
รูปที่ 4.18	การวาดรอยพิมพ์ฐานอาคารบนซอฟต์แวร์เขียนแบบ AutoCAD.....	38
รูปที่ 4.19	การซ้อนทับรอยพิมพ์ฐานอาคารที่ได้จากการรังวัดทั้งสองวิธีบนซอฟต์แวร์เขียนแบบ AutoCAD	39
รูปที่ 5.1	ผลการคำนวณพารามิเตอร์การวางตัวภายนอกของกล้องถ่ายภาพทรงบนอุปกรณ์ Camera-Rig .....	40
รูปที่ 5.2	ความคลาดเคลื่อนในทิศทาง Easting, Northing และ Height ของจุดบังคับภาพและค่า RMS ของความคลาดเคลื่อน.....	41
รูปที่ 5.3	ตำแหน่งที่ตั้งของอาคารที่ใช้ทดสอบ .....	44

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในการทำแผนที่สำหรับงานทางด้านวิศวกรรมโยธาและงานผังเมืองนั้น รอยพิมพ์ฐานอาคาร (Building Footprint) นับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง วิศวกรโยธาหรือสถาปนิกจะใช้ข้อมูลดังกล่าว ซึ่งได้จากแผนที่มาตราส่วนใหญ่ (1:500 ไปจนถึง 1:2,000) ในการออกแบบวางผังอาคารให้เป็นไปตามมาตรา 8 ข้อ (1), (7) และ (8) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนผู้อยู่อาศัย รวมถึงช่วยปรับปรุงและรักษาสิ่งแวดล้อมอันจะส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้อยู่อาศัยให้ดียิ่งขึ้น

การให้ได้มาซึ่งข้อมูลของรอยพิมพ์ฐานอาคารนั้น นิยมใช้วิธีการสำรวจภาคพื้นดินแบบดั้งเดิม (Conventional Survey) ซึ่งใช้วิธีการสำรวจด้วยกล้องสำรวจแบบประมวลผลรวม (Total Station) หรือเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS (Global Navigation Satellite System) เป็นหลัก เนื่องจากให้ความถูกต้องทางราบและทางตั้งได้ในระดับเซนติเมตร-เดซิเมตร แต่ถึงอย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาวิธีการหารอยพิมพ์ฐานของอาคารด้วยวิธีการอื่น ๆ ที่จะทำได้ความถูกต้องใกล้เคียงกับวิธีการข้างต้น เพื่อช่วยในการลดต้นทุนและระยะเวลาในการให้ได้มาซึ่งข้อมูล เช่น Haithcoat et al.(2001) ได้ทำการศึกษาการสกัดข้อมูลรอยพิมพ์ฐานของอาคารจากข้อมูล 3-D ที่ได้จากการบินสำรวจด้วย LIDAR หรือ Dini et al.(2013) ได้ทดลองศึกษาการวาดรอยพิมพ์ฐานอาคารจากการจับคู่ภาพ (Image Matching) บนคู่ภาพสามมิติของภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง GeoEye เป็นต้น ในช่วงทศวรรษที่ 2010 ภาคพื้นยุโรปมีการตื่นตัวเรื่องการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายเฉียงแทนภาพถ่ายตั้งแบบดั้งเดิมเพื่อเพิ่มศักยภาพงานรังวัดด้วยภาพถ่าย ซึ่งภาพถ่ายเฉียงได้ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในงานแปลภาพถ่าย ช่วยแสดงรายละเอียดของพื้นผิว (Façade) และรอยพิมพ์ฐาน (Footprint) ของอาคารได้เป็นอย่างดี โดยมีหน่วยงานหลักอย่าง European National Mapping Agencies (MNAs) เป็นผู้นำในการผลักดันให้เกิดการประยุกต์ใช้ (Remondino et al.,2016) ยกตัวอย่างเช่น Cavegn et al.(2014) ได้ทำการศึกษาศักยภาพของการจับคู่ภาพแบบหนาแน่นบนภาพถ่ายเฉียงเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลของพื้นผิวของอาคาร เปรียบเทียบกับ Nyaluhuma et al.(2012) ที่พยายามตรวจสอบรูปร่าง 2-D ของอาคารจากภาพถ่ายเฉียง แต่ทั้งหมดที่กล่าวมานั้น

ล้วนกระทำการสำรวจจากอากาศยานที่อยู่ไกลจากสิ่งที่ต้องการศึกษา และใช้อุปกรณ์เครื่องมือที่มีราคาแพงในการสำรวจ

ในปัจจุบัน UAV (Unmanned Aerial Vehicle) ได้เข้ามามีบทบาทในวงการต่าง ๆ มากมาย ไม่เว้นแม้แต่วงการผลิตแผนที่ ซึ่งการบินสำรวจถ่ายภาพด้วย UAV สามารถผลิตแผนที่ที่มีความถูกต้องในระดับที่ใกล้เคียงกับวิธีการรังวัดภาคพื้นดินแบบดั้งเดิม (Pérez et al., 2013) ดังนั้นแนวคิดที่จะใช้ภาพถ่ายเฉียงจาก UAV ในการสำรวจข้อมูลรูปร่างของอาคาร เพื่อลดต้นทุนจากวิธีการเดิมจึงก่อกำเนิดขึ้น Grenzdörffer et al. (2012) ได้ทดลองติดตั้งกล้องชุดแบบ Maltese Cross อันประกอบด้วยกล้องตั้ง 1 กล้องและกล้องเฉียง 4 กล้องบน UAV ชนิดหลายใบพัด (Multi-Rotors) ซึ่งผลการทดสอบพบว่า สามารถที่จะใช้งานในระบบกล้องชุดดังกล่าวได้ดีแต่ยังจะต้องมีการพัฒนาระบบเพิ่มเติมต่อไป Aicardi et al. (2016) ได้ทำการศึกษาความถูกต้องของพื้นผิวอาคารที่ได้จากแบบจำลองพื้นผิว 3 มิติ (DSM) ของโบราณสถานแห่งหนึ่งในประเทศอิตาลี โดยทำการติดตั้งกล้องถ่ายภาพเดี่ยวบนเครื่อง Multi-Rotors และทำการบินถ่ายภาพสองครั้ง คือ บินถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพแนวตั้ง 1 ครั้ง จากนั้นจึงปรับมุมเอียงของกล้องแล้วบินถ่ายภาพในแนวเฉียง โดย DSM ที่สังเคราะห์ได้เกิดจากการประมวลผลร่วมกันระหว่างภาพถ่ายตั้งและภาพถ่ายเฉียง การทดลองที่คล้ายคลึงกันนี้ได้ถูกกระทำขึ้นอีกครั้งหนึ่งที่ประเทศอิตาลีเช่นกัน โดย Vacca et al. (2017) ได้ทำการศึกษาหารอยพิมพ์ฐานและปริมาตรของอาคารเพื่อนำมาใช้ประโยชน์สำหรับงานผังเมือง นอกจากนี้แล้ว Djimantoro and Suhardjanto (2017) ก็ได้ใช้วิธีการที่ดังกล่าวกับ UAV ราคาประหยัดอย่าง DJI Mavic Pro เพื่อหาขนาดและรูปร่างของอาคารสำหรับงานผังเมืองในจากาดาร์อินโดนีเซีย

สำหรับงานวิจัยที่จะดำเนินการในครั้งนี้ จะใช้ภาพถ่ายเฉียงที่ได้จาก UAV ชนิด VTOL (Vertical Take-off and Landing) ซึ่งติดตั้งระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงจำนวน 2 กล้อง (ซ้าย-ขวา) ทำการบินถ่ายภาพแบบกริดตามหลักการทางโฟโตแกรมเมตรี (Front Overlap 80%, Side Overlap 60%) และบันทึกภาพทั้งสองกล้องพร้อมกัน แล้วจึงนำภาพถ่ายเฉียงทั้งหมดมาประมวลผลและวิเคราะห์เพื่อรังวัด และประเมินคุณภาพของรอยพิมพ์ฐานอาคารเปรียบเทียบกับวิธีการรังวัดภาคพื้นดิน

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องทางราบ ในการรังวัดตำแหน่งมุมอาคารที่ได้จากระบบกล้องชุตถ่ายภาพเฉียงซึ่งติดตั้งบน UAV และนำมาสร้างรอยพิมพ์ฐานอาคาร (Building Footprint) ที่สมบูรณ์ ในการวาดแผนที่ลายเส้นแสดงรูปแปลนของอาคารบนแผนที่มาตราส่วนใหญ่

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้มีขอบเขตของงานวิจัย คือ การนำภาพถ่ายเฉียงของอาคารที่อยู่อาศัย อาคารพาณิชย์ อาคารสำนักงาน และโกดังสินค้า ที่มีความสูงในช่วง 1-4 ชั้นจำนวน 12 อาคารที่ได้จากการบินถ่ายภาพแบบกริดด้วย UAV ชนิด VTOL ติดตั้งระบบกล้องชุตถ่ายภาพเฉียง 2 กล้อง (ซ้าย-ขวา) มาทำการประมวลผลภาพด้วยซอฟต์แวร์ทางด้านโฟโตแกรมเมตรีโดยมีการใช้จุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน แล้วทำการรังวัดหาตำแหน่งของมุมอาคารหรือสิ่งปลูกสร้าง เพื่อวาดรอยพิมพ์ฐานของอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างนั้นจากพิกัดที่รังวัดได้ และทำการเปรียบเทียบความถูกต้องเชิงตำแหน่งและความคล้อยคลึงกันของรอยพิมพ์ฐานอาคารที่วาดได้จากภาพถ่ายเฉียง กับรอยพิมพ์ฐานของอาคารเดียวกันที่วาดได้จากข้อมูลการรังวัดภาคพื้นดินด้วยกล้องรังวัดแบบประมวลผลรวม โดยพื้นที่ทำการบินเพื่อการวิจัยคือบริเวณถนนบางขุนเทียน-ชายทะเลช่วงระหว่างซอยเทียนทะเล 26 ถึงซอยเทียนทะเล 28 ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาประมาณ 1.4 ตารางกิโลเมตร

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

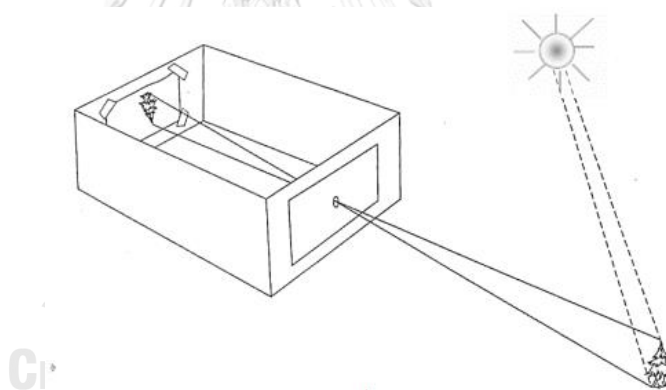
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้ คือ การได้รับรู้ถึงศักยภาพของภาพถ่ายเฉียงในการนำมาใช้เพื่อรังวัดสร้างรอยพิมพ์ฐานอาคาร เพื่อสร้างแผนที่มาตราส่วนใหญ่สำหรับงานออกแบบทางด้านวิศวกรรมโยธาและการออกแบบงานผังเมือง

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แบบจำลองเรขาคณิตของกล้องถ่ายภาพ

แบบจำลองพื้นฐานที่ใช้ในการอธิบายเรขาคณิตของการถ่ายภาพด้วยกล้อง คือ กล้องรูเข็ม (Pinhole Camera) ซึ่งสามารถผลิตได้อย่างง่ายดายโดยการนำกล่องกระดาษ เช่น กล่องรองเท้ามา ทำการเจาะรูเล็ก ๆ ด้านข้างกล่องด้วยเข็มหมุด แสงจากวัตถุที่อยู่ภายนอกกล่องจะผ่านรูที่เจาะเข้าไปปรากฏเป็นภาพหัวกลับของวัตถุนั้นบนผนังด้านในของกล่อง แนวคิดเรื่องกล้องรูเข็มแสดงให้เห็นถึง หลักการบันทึกภาพของกล้องถ่ายภาพ ในเรื่องของสมการร่วมเส้นของจุด 3 จุดที่อยู่ในแนวรังสีของแสงแต่ละเส้น (Colinearity) อันได้แก่ จุดบนวัตถุ รูเข็ม และจุดบนภาพ หรือกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า จุดใน 3 มิติถูกแปลงด้วยการฉายผ่านจุดศูนย์ทิวทัศน์ (Perspective Center) ไปสู่ระนาบภาพ 2 มิติ โดยมีรูเข็มทำหน้าที่เป็นจุดศูนย์ทิวทัศน์ (กิตติศักดิ์ ศรีกลาง, 2559)



รูปที่ 2.1 หลักการเกิดภาพภายในกล้องรูเข็ม

ที่มา : (กิตติศักดิ์ ศรีกลาง, 2559)

ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกล้องรูเข็ม ค่าพิกัด 3 มิติ( $X$ ) จากวัตถุจะถูกฉายลงบนระนาบภาพได้ค่าพิกัดของจุดภาพ ( $x$ ) สามารถเขียนในรูปแบบระบบพิกัดเอกพันธ์ (Homogeneous coordinates) ได้คือ

$$\lambda x = PX$$



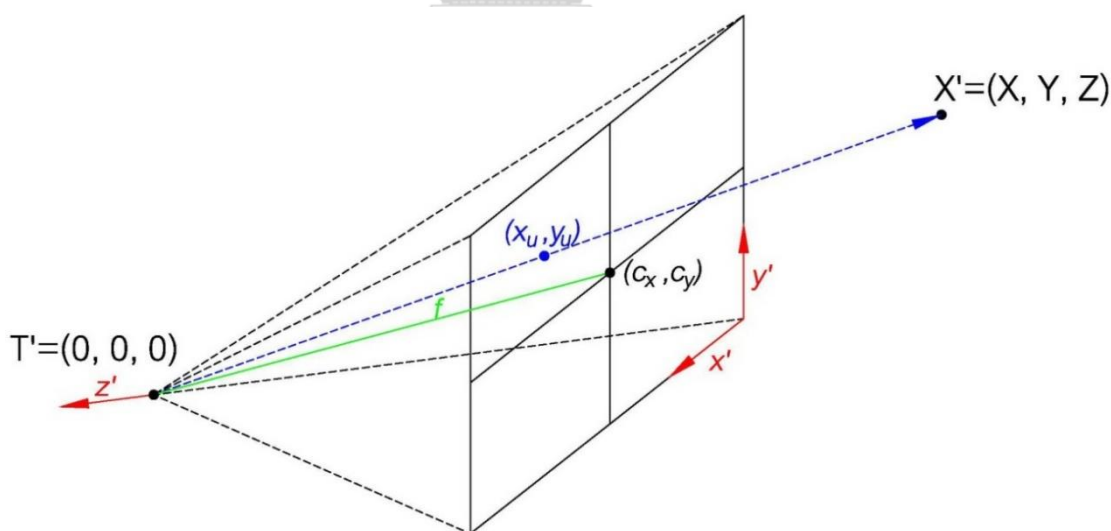
โดยที่เมทริกซ์  $X$  คือค่าพิกัด 3 มิติจากวัตถุ สามารถเขียนในรูปแบบของระบบพิกัดเอกพันธ์ได้คือ  $X = [X \ Y \ Z \ W]$  และ  $\lambda$  คือส่วนกลับของความลึกของจุดพิกัด 3 มิติ สำหรับเมทริกซ์  $P$  จะถูกเรียกว่า เมทริกซ์กล้องถ่ายภาพ (Camera matrix) หรือบางครั้งอาจเรียกว่า เมทริกซ์การฉาย (Projection matrix) สามารถแตกย่อยให้เห็นองค์ประกอบต่าง ๆ ในเมทริกซ์  $P$  ได้คือ

$$P = K[R|t]$$

เมื่อ  $R$  คือเมทริกซ์การหมุนแบบ 3 มิติ  $t$  คือ เวกเตอร์การเลื่อนแกนในระบบ 3 มิติ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของกล้องถ่ายภาพ และ  $K$  คือ เมทริกซ์ปรับเทียบ (Calibration matrix) ซึ่งบ่งบอกคุณลักษณะการฉายลงบนระนาบรับภาพของตัวกล้องถ่ายภาพ ซึ่งมีองค์ประกอบภายในเมทริกซ์  $K$  คือ

$$K = \begin{bmatrix} f & 0 & c_x \\ 0 & f & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

โดย  $f$  คือความยาวโฟกัสของกล้องถ่ายภาพ  $c_x$  และ  $c_y$  คือ ตำแหน่งของจุดมูขยสำคัญ (Principal point) (Solem, 2012)

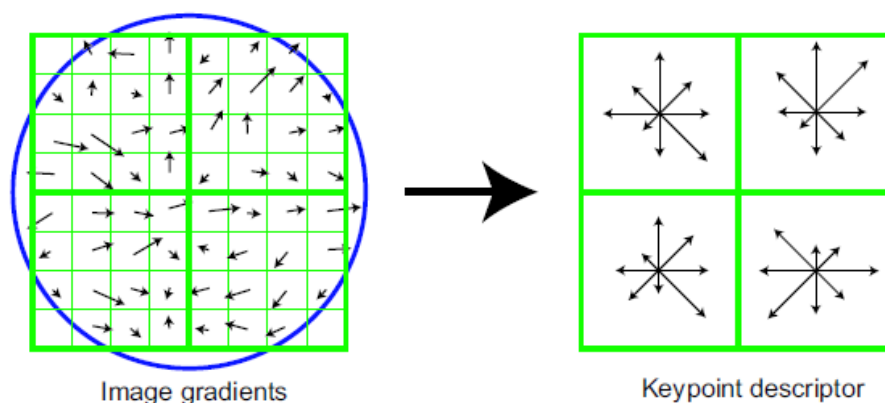


รูปที่ 2.2 เรขาคณิตของการฉายผ่านจุดศูนย์ทิวทัศน์ของจุดพิกัด 3 มิติ  $X'$

ที่มา : (<https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202559089-How-are-the-Internal-and-External-Camera-Parameters-defined#label3>)

## 2.2 การจับคู่ภาพด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์วิชั่น

ในกระบวนการรังวัดจุดโยงยึด (Tie- Points) ในปัจจุบันนิยมใช้วิธีการแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพ ซึ่งทำให้ได้จำนวนของจุดโยงยึดจำนวนมากมาย (จำนวนมากกว่า 10,000 จุดขึ้นไป) วิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดวิธีหนึ่งซึ่งเป็นกระบวนการทางคอมพิวเตอร์วิชั่นที่ชื่อว่า “SIFT” (Scale Invariance Feature Transform) (Lowe, 2004) วิธีการนี้เป็นการจับคู่ของวัตถุหรือจุดที่สนใจระหว่างภาพหลายๆภาพโดยการสร้าง Keypoint และ Descriptor ขึ้นมา การจับคู่ระหว่างภาพจะเป็นการจับคู่ระหว่าง Keypoint ที่มี Descriptor เหมือนกันแทนการจับคู่ระหว่าง pixel โดยตรง กระบวนการดังกล่าวสามารถขจัดอิทธิพลของการย่อขยายภาพ การหมุนหรือการเอียงภาพ การเปลี่ยนแปลงความสว่างบนภาพ และการเปลี่ยนมุมมองของกล้องถ่ายภาพอันเนื่องจากการเคลื่อนที่ได้ ทำให้การจับคู่ภาพมีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วยิ่งขึ้นรวมถึงจำนวนของจุดที่สามารถทำการจับคู่ได้มีจำนวนมากมายหลายหมื่นจุด

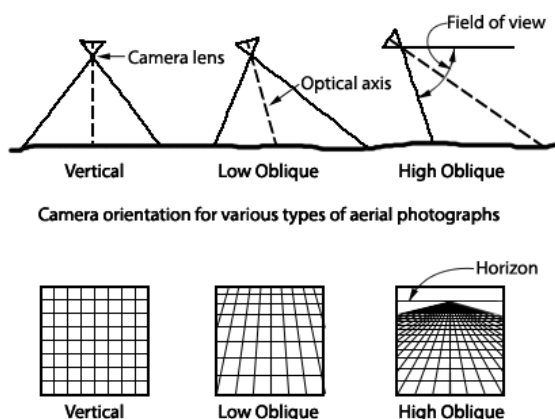


รูปที่ 2.3 การสร้าง Keypoint descriptor

ที่มา : (Lowe, 2004)

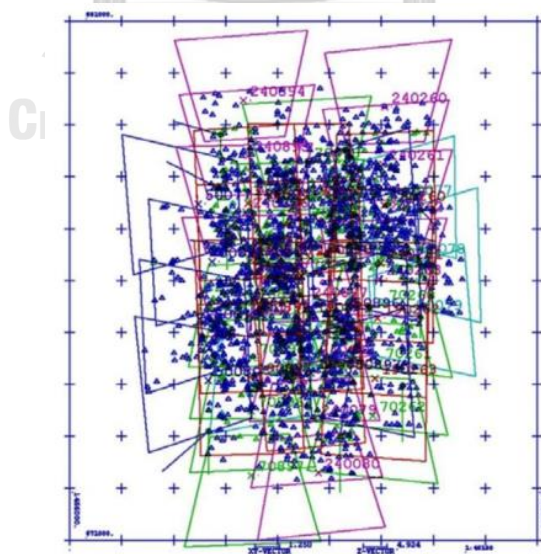
## 2.3 ภาพถ่ายเฉียง

ภาพถ่ายเฉียงคือภาพที่ถูกถ่ายขึ้นโดยให้แกนของกล้องเอียงออกจากแนวตั้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ภาพเฉียงต่ำ (Low oblique photograph) ที่ไม่เห็นเส้นขอบฟ้าปรากฏบนภาพ และภาพเฉียงสูง (High oblique photograph) ที่เห็นเส้นขอบฟ้าปรากฏบนภาพ ปัจจุบันการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายเฉียงเพื่อการรังวัดจะเป็นการใช้ภาพถ่ายชนิดเฉียงต่ำซึ่งมีมุมตกมุมเอียงไม่เกิน 45 องศาเท่านั้น



รูปที่ 2.4 การถ่ายภาพแนวตั้ง การถ่ายภาพแนวเฉียงต่ำและการถ่ายภาพแนวเฉียงสูง  
ที่มา : (<https://www.e-education.psu.edu/geog480/node/444> )

ภาพที่ได้จากระบบกล้องถ่ายภาพแนวเฉียงจะถูกนำมารังวัดจุดบังคับภาพ โดยการรังวัดไปยังจุดบังคับภาพภาคพื้นดิน (Ground Control Points : GCP) และในบริเวณส่วนซ้อนของภาพถ่ายจะมีการรังวัดจุดโยงยึด (Tie-Points) เช่นเดียวกันกับการรังวัดเพื่อคำนวณขยายสามเหลี่ยมของภาพถ่ายทางอากาศ จำนวนของจุดโยงยึดที่รังวัดได้จากระบบกล้องถ่ายภาพเฉียงจะมีจำนวนมากกว่าที่รังวัดบนภาพถ่ายตั้งเพียงอย่างเดียว เนื่องจากมีส่วนซ้อนที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากทั้งระหว่างภาพเฉียงด้วยกันเองและภาพถ่ายตั้ง(ถ้ามี) (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2557)



รูปที่ 2.5 จำนวนจุดโยงยึดในบล็อกภาพถ่ายเฉียง  
ที่มา : (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2557)

## 2.4 การวางตัวของกล้องถ่ายภาพในระบบกล้องชุดถ่ายภาพถ่ายเฉียง

Camera-Rig เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญยิ่งที่ใช้เพื่อโยยยึดกล้องถ่ายภาพจำนวนหลายกล้องเข้าด้วยกัน และควบคุมให้แต่ละกล้องทำการบันทึกภาพในเวลาเดียวกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้องถ่ายภาพชนิดหลายช่วงคลื่น (Multi-Spectral Camera) ที่แต่ละกล้องทำหน้าที่บันทึกภาพในช่วงคลื่นที่แตกต่างกันไป ความต้องการที่จะหลอมรวมภาพที่บันทึกในแต่ละช่วงคลื่นที่แตกต่างกันให้เป็นภาพเดี่ยว จำเป็นจะต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่างกล้องถ่ายภาพแต่ละกล้องที่ถูกโยยยึดอยู่บน Camera-Rig ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ ได้แก่ ความสัมพันธ์ในเชิงการเลื่อนตำแหน่ง (Translation) และความสัมพันธ์ในเชิงการหมุน (Rotation)

ปัจจุบันการประยุกต์ใช้งาน Camera-Rig ถูกขยายขอบเขตให้กว้างขวางขึ้น นอกเหนือจากกล้องถ่ายภาพชนิดหลายช่วงคลื่นแล้ว กล้องถ่ายภาพทั่วไปที่บันทึกภาพแบบ RGB ได้ถูกติดตั้งบน Camera-Rig โดยมีการปรับการวางตัวของกล้องให้มีมุมมองการถ่ายภาพที่แตกต่างกันไป เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ถ่ายภาพที่มากขึ้นหรือเพิ่มมุมมองสำหรับการถ่ายภาพ โดยใช้เวลาในการบันทึกภาพลดลง ความสัมพันธ์ของระบบกล้องถ่ายภาพที่โยยยึดกันด้วย Camera-Rig นั้น จะมีกล้องหลัก 1 กล้องทำหน้าที่อ้างอิงค่าพิกัด ส่วนกล้องที่เหลือในระบบจะนับเป็นกล้องรองและมีความสัมพันธ์แบบสัมพันธ์กับกล้องหลัก คือ ความสัมพันธ์ในเชิงการเลื่อนตำแหน่ง (Translation) ในแนวแกน X Y Z เทียบกับกล้องหลัก และความสัมพันธ์ในเชิงการหมุน (Rotation) รอบแกน X Y Z เทียบกับกล้องหลัก ซึ่งพารามิเตอร์การวางตัวของภายนอกของกล้องถ่ายภาพ (Exterior Orientation Parameters) ในระบบ Camera-Rig สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

- กำหนดให้กล้องหลักมีค่าพิกัดเป็น  $T_m$  และมีการวางตัวของกล้องในระบบพิกัด 3 มิติของโลกเป็น  $R_m$
- กล้องถ่ายภาพที่เหลือซึ่งเป็นกล้องรอง ให้มีค่าพิกัดเป็น  $T_s$  และมีการวางตัวเป็น  $R_s$
- สำหรับกล้องรองทุกกล้อง สามารถที่จะตรวจวัดหาความสัมพันธ์แบบสัมพันธ์กับกล้องหลักได้ โดยให้ความสัมพันธ์ในเชิงการเลื่อนตำแหน่งเป็น  $T_{rel}$  และความสัมพันธ์ในเชิงการหมุนเป็น  $R_{rel}$

ดังนั้น ค่าพิกัดและการวางตัวของกล้องรองแต่ละตัวสามารถคำนวณเทียบกับกล้องหลักได้

$$T_s = T_m + R_m T_{rel}$$

$$R_s = R_m R_{rel}$$

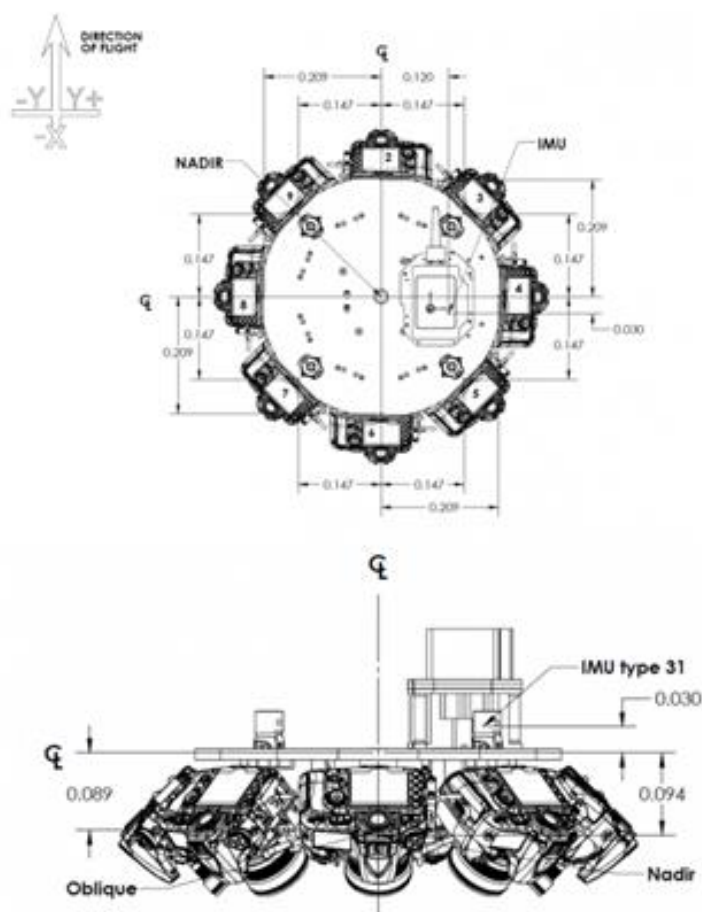
และจุดพิกัด 3 มิติใดๆ ในระบบพิกัดของกล้องหลัก สามารถคำนวณได้

$$X' = R_m^T(X - T_m)$$

และจุดพิกัด 3 มิติใดๆ ในระบบพิกัดของกล้องรอง สามารถคำนวณได้

$$X' = R_{rel}^T[R_m^T(X - T_m) - T_{rel}]$$

(Pix4D, Internet)



รูปที่ 2.6 การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกล้องถ่ายภาพบนอุปกรณ์ Camera-RIG

ที่มา : (<http://www.gisresources.com/ultra-efficient-photogrammetry-pix4dmapper-pros-multi-camera-rig-processing/octolique-midas-camera/>)

## 2.5 การรังวัดค่าพิกัด 3D จาก Multi rayCloud

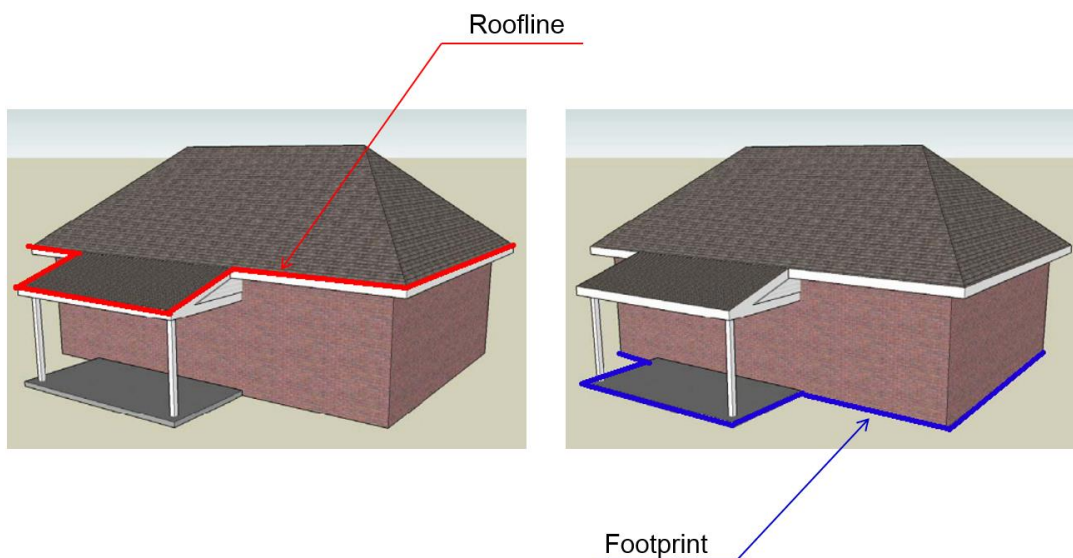
วิธีการทางโฟโตแกรมเมตรีแบบดั้งเดิมนั้น อาศัยคู่ภาพสเตอริโอที่ผ่านการคำนวณค่าหาพารามิเตอร์การวางตัวภายนอกของกล้องถ่ายภาพแล้วในการรังวัดค่าพิกัด 3D โดยใช้หลักการตัดกันของแนวรังสีที่มาจากคู่ภาพสเตอริโอ ความถูกต้องในการคำนวณค่าพารามิเตอร์การวางตัวภายนอกของกล้องถ่ายภาพส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของระยะฐาน (Base) ของจุดเปิดถ่ายภาพ และส่งผลกระทบต่อไปยังการรังวัดค่าพิกัด 3D ในที่สุด แนวคิดในเรื่องของ Multi rayCloud ได้เข้ามาช่วยแก้ปัญหาในงานโฟโตแกรมเมตรียุคใหม่ที่ใช้อัลกอริทึมของคอมพิวเตอร์วิชั่นเป็นหลัก Multi rayCloud เป็นการเพิ่มแนวรังสีที่มาตัดกันให้มากกว่า 2 แนวรังสี ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการเพิ่มส่วนซ้อนบนภาพถ่ายหรือเพิ่มมุมมองของวัตถุบนภาพถ่ายให้มากขึ้น แนวรังสีที่มีจำนวนมากขึ้นและมาจากภาพถ่ายที่มีระยะฐานที่ยาวขึ้นจะส่งผลให้การรังวัดค่าพิกัด 3D ที่ได้ มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น (Strecha, 2014)



รูปที่ 2.7 การรังวัดค่าพิกัด 3D จาก Stereo Pair และการรังวัดค่าพิกัด 3D จาก Multi View Stereo  
ที่มา : (Strecha, 2014)

## 2.6 รอยพิมพ์ฐานอาคาร

ได้มีการนิยามความหมายของคำว่า “รอยพิมพ์ฐานอาคาร”(Building Footprint) ไว้อย่างหลากหลาย แต่ส่วนใหญ่สามารถสรุปความหมายตรงกันได้ว่า “รอยพิมพ์ฐานอาคาร” คือ เส้นรอบรูปของอาคารที่ถูกลากขึ้นบริเวณขอบด้านนอกของผนังอาคารโดยไม่รวมส่วนยื่นของหลังคา นอกจากนั้นแล้วรอยพิมพ์ฐานของอาคารยังรวมไปถึงส่วนยื่นของอาคารที่ตั้งอยู่บนพื้นดิน เช่น ระเบียงชานพัก และโรงจอดรถที่มีหลังคาคลุม เป็นต้น (Law Insider, Internet) ซึ่งรอยพิมพ์ฐานของอาคารจะทำให้ทราบถึงขนาดพื้นที่ใช้สอยที่แท้จริงของตัวอาคาร รวมถึงระยะห่างระหว่างตัวอาคารกับอาคารข้างเคียงหรือระยะห่างระหว่างตัวอาคารกับแนวเขตที่ดินได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 2.8 เส้นขอบหลังคา (Roofline) และรอยพิมพ์ฐาน (Footprint)

## 2.7 ระยะฮาวส์ดอร์ฟ (Hausdorff Distance)

Felix Hausdorff (1968-1942) ได้เสนอวิธีการวัดระยะห่างระหว่างสมาชิก 2 เซต โดยกำหนดให้  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  และ  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$  โดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$H(A, B) = \max(h(A, B), h(B, A))$$

เมื่อ

$$h(A, B) = \max_{a \in A} \min_{b \in B} \|a - b\|$$

$$h(B, A) = \max_{b \in B} \min_{a \in A} \|b - a\|$$

$\|a - b\|$  คือ ระยะยูคลีเดียน (Euclidean Distance) ของแต่ละสมาชิกในเซต A ไปยังเซต B

$\|b - a\|$  คือ ระยะยูคลีเดียน (Euclidean Distance) ของแต่ละสมาชิกในเซต B ไปยังเซต A

ระยะฮาวส์ดอร์ฟ  $H(A, B)$  คือค่าที่มากที่สุดของ  $h(A, B)$  และ  $h(B, A)$  ใช้ระบุถึงความไม่เหมือนกันของสมาชิกในเซต A และเซต B โดยใช้หลักการหาระยะยูคลีเดียนที่สั้นที่สุดของแต่ละสมาชิกในเซต A ไปยังแต่ละสมาชิกในเซต B ในทางกลับกันก็จะหาระยะยูคลีเดียนที่สั้นที่สุดของแต่ละสมาชิกในเซต B ไปยังแต่ละสมาชิกในเซต A จากนั้นจึงหาค่าที่มากที่สุดของระยะยูคลีเดียนที่สั้น

ที่สุดจาก A ไป B และจาก B ไป A ได้เป็น  $h(A, B)$  และ  $h(B, A)$  ตามลำดับ (Grégoire & Bouillot, Internet)

## 2.8 การหาระดับความแตกต่างของรูปร่างอาคาร

การหาระดับความแตกต่าง (Degree of Mismatch) ของรอยพิมพ์ฐานอาคารที่ถูกรังวัดสามารถประยุกต์จากสูตรการคำนวณร้อยละของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error) ซึ่งมีรูปแบบของสมการคือ

$$\text{Relative Error} = \left| \frac{X_{mea} - X_t}{X_t} \right|$$

$$\%Error = \text{Relative Error} \times 100$$

เมื่อ

$X_{mea}$  คือ ค่าที่ได้จากการรังวัด (Measure Value)

$X_t$  คือ ค่าจริง (True Value)

(Food Network Solution, Internet)

ในการวิจัยนี้จะแทนค่าของ  $X_{mea}$  ด้วยระยะฮาวส์เตอร์ฟี่ที่คำนวณออกมาได้ และแทนค่า  $X_t$  ด้วยค่า Accuracy Threshold (หรือ Allowable Error) ของแผนที่มาตราส่วนต่าง ๆ และทำการถอดเครื่องหมายค่าสัมบูรณ์ (Absolute) ออก เนื่องจากว่าหากระยะฮาวส์เตอร์ฟี่มีค่าน้อยกว่าค่า Accuracy Threshold แล้วให้ถือว่าระยะฮาวส์เตอร์ฟี่กับ Accuracy Threshold ไม่มีความแตกต่างกัน (ผลต่างเท่ากับศูนย์) จึงทำให้สมการข้างต้นสามารถเขียนได้เป็น

$$\text{Degree of Mismatch} = \frac{H(A, B) - \text{Accuracy Threshold}}{\text{Accuracy Threshold}} \times 100$$

โดยค่า Accuracy Threshold หรือ Allowable Error ของแผนที่แต่ละมาตราส่วนมีค่าเท่ากับ 0.25 มิลลิเมตร×มาตราส่วนของแผนที่นั้น ๆ

## 2.9 การประเมินความถูกต้องของการรังวัด

ในการประเมินความถูกต้องของการรังวัดค่าพิกัดบนภาพถ่ายเฉยงั้น ได้ยึดแนวแนวทางการตรวจสอบตามมาตรฐาน NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy) ซึ่งกำหนดขึ้นโดย FGDC (Federal Geographic Data Committee) โดยการนำค่า RMSE ทำคำนวณขึ้นตาม



มาตรฐานของ ASPRS 1990 (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Standard 1990) มาคำนวณความน่าเชื่อถือที่ระดับ 95% โดยมีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

- ค่า RMSE ที่คำนวณตามมาตรฐานของ ASPRS 1990 สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (data\ i_x - check\ i_x)^2}{n}}$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (data\ i_y - check\ i_y)^2}{n}}$$

เมื่อ

$data\ i_x$  และ  $data\ i_y$  คือ ค่าพิกัดตัวที่  $i$  ของชุดข้อมูลที่ต้องการตรวจสอบ

$check\ i_x$  และ  $check\ i_y$  คือ ค่าพิกัดตัวที่  $i$  ของจุดตรวจสอบอิสระที่เชื่อว่ามี

ความถูกต้องสูงกว่าชุดข้อมูลที่ต้องการตรวจสอบ

$n$  คือ จำนวนของจุดตรวจสอบ

$i$  คือ เลขจำนวนเต็มตั้งแต่ 1- $n$

$$RMSE_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (data\ i_x - check\ i_x)^2 + (data\ i_y - check\ i_y)^2}{n}}$$

$$= \sqrt{(RMSE_x^2 + RMSE_y^2)}$$

- ความถูกต้องทางราบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของการรังวัดตามมาตรฐานของ NSSDA สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Accuracy_r = 1.7308(RMSE_r)$$

ในการระบุความถูกต้องของงานรังวัดนั้นจะระบุด้วยค่า  $Accuracy_r$  ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามมาตรฐาน NSSDA แต่ในการระบุว่าความถูกต้องของงานรังวัดนั้นอยู่ในเกณฑ์แผนที่ชั้นใดนั้นระบุตามมาตรฐานของ ASPRS 1990 ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$MSF = RMSE_r(cm) \times 40$$

$$Scale = 1:MSF$$

เมื่อ

$MSF$  คือ มาตรฐานส่วนแผนที่ (Map Scale Factor)

$RMSE_r$  ที่นำมาใช้คำนวณต้องแปลงหน่วยให้เป็นเซนติเมตรก่อน

(American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Standard, Internet)

## 2.10 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV)

UAV ถูกจำแนกออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ ได้แก่ แบบปีกยัด(Fixed-wing) และแบบปีกหมุน (Rotary Blade) UAV ทั้งสองกลุ่มต่างมีข้อดีและข้อด้อยที่แตกต่างกันไป แบบปีกยัดสามารถบินครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขวางกว่า แต่มีปัญหาคือความต้องการทางวิ่ง (Runway) สำหรับการขึ้น-ลงของอากาศยาน ในขณะที่แบบปีกหมุนใช้การขึ้นลงในแนวตั้งเท่านั้น นอกจากนั้นแล้วอากาศยานชนิดปีกหมุนสามารถเคลื่อนที่ได้ทุกทิศทางและสามารถลอยตัวอยู่กับที่ จึงทำให้อากาศยานชนิดนี้เหมาะสำหรับการบินสำรวจรายละเอียดของพื้นที่ต่าง ๆ แต่ข้อด้อยจุดใหญ่ของแบบปีกหมุนคือระยะเวลาการบินที่ค่อนข้างสั้นเนื่องจากข้อจำกัดในการจ่ายไฟของแบตเตอรี่ รวมถึงอุปกรณ์และกลไกของอากาศยานชนิดนี้บริโภคพลังงานจากแบตเตอรี่มากกว่าชนิดปีกยัด จากข้อดีและข้อด้อยของอากาศยานทั้งสองชนิดจึงนำมาซึ่งแนวความคิดการผสมผสานอากาศยานทั้งสองชนิดเข้าด้วยกัน อันเป็นที่มาของอากาศยานแบบปีกยัดที่สามารถขึ้นลงได้ในแนวตั้ง (Vertical take-off and landing : VTOL) (Nasrullah, 2016)



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างของ UAV ชนิดต่าง ๆ

## 2.11 การแพร่กระจายความคลาดเคลื่อนของกล้องสำรวจแบบประมวลผลรวม

ค่าพิกัดที่ได้จากการรังวัดด้วยกล้องสำรวจแบบประมวลผลรวม (Total Station) ได้จากการวัดมุมและระยะทาง ด้วยการคำนวณค่าแอสิมัท ระยะราบ ระยะเหนือ ระยะตะวันออก ซึ่งปริมาณเหล่านี้จะมีการแพร่กระจายความคลาดเคลื่อนจากค่าสังเกตการวัดมุมและระยะไปยังค่าพิกัดที่จะทำการคำนวณ โดยความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ประกอบด้วย

- 1) ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการเล็งเป้าและการอ่านจานองศา สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_{\theta pr} = \frac{\sigma_{DIN}}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ

$\sigma_{\theta pr}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการเล็งเป้าและการอ่านจานองศา

$\sigma_{DIN}$  คือ ความคลาดเคลื่อนจากในการเล็งเป้าและการอ่านจานองศาในการวัด 2 หน้าตามมาตรฐาน DIN 18723

$n$  คือ จำนวนครั้งของการวัดมุม

- 2) ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งเป้าไม่ตรงจุด สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_{\theta t} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{d1}}{D_1}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{d2}}{D_2}\right)^2}$$

เมื่อ

$\sigma_{\theta t}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งเป้าไม่ตรงจุด

$\sigma_{d1}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของการตั้งเป้า ณ จุดที่ 1 (ธงหลัง)

$\sigma_{d2}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของการตั้งเป้า ณ จุดที่ 2 (ธงหน้า)

$D_1$  คือ ระยะจากกล้องถึงเป้าที่ 1 (ธงหลัง)

$D_2$  คือ ระยะจากกล้องถึงเป้าที่ 2 (ธงหน้า)

- 3) ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งกล้องไม่ตรงจุด สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_{\theta i} = \frac{\sigma_i}{D_1 D_2} \sqrt{\left( \frac{D_1^2 + D_2^2 - 2D_1 D_2 \cos \theta}{2} \right)}$$

เมื่อ

$\sigma_{\theta i}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งกล้องไม่ตรงจุด

$\sigma_i$  คือ ความคลาดเคลื่อนของการตั้งกล้อง

$D_1$  คือ ระยะจากกล้องถึงเป้าที่ 1 (ธงหลัง)

$D_2$  คือ ระยะจากกล้องถึงเป้าที่ 2 (ธงหน้า)

$\theta$  คือ มุมที่วัดได้ระหว่างธงหลังกับธงหน้า

- 4) ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งกล้องไม่ได้ระดับ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_{\theta l} = \frac{\sqrt{(f_d \mu \tan(v_b))^2 + (f_d \mu \tan(v_f))^2}}{\sqrt{n}}$$

เมื่อ

$\sigma_{\theta l}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งกล้องไม่ได้ระดับ

$f_d$  คือ ความคลาดเคลื่อนของการตั้งหลอดระดับ

$\mu$  คือ ความไวหลอดระดับต่อ 1 ช่อง

$v_b$  คือ มุมตั้งของธงหลัง

$v_f$  คือ มุมตั้งของธงหน้า

$n$  คือ จำนวนครั้งของการวัดมุม

- 5) ความคลาดเคลื่อนรวมของการวัดมุมราบ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_{\theta} = \sqrt{\sigma_{\theta pr}^2 + \sigma_{\theta t}^2 + \sigma_{\theta i}^2 + \sigma_{\theta l}^2}$$

เมื่อ

$\sigma_{\theta}$  คือ ความคลาดเคลื่อนรวมของการวัดมุมราบ

$\sigma_{\theta pr}$  คือ คือ ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการเล็งเป้าและการอ่านจานองศา

- $\sigma_{\theta t}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งเป้าไม่ตรงจุด  
 $\sigma_{\theta i}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งกล้องไม่ตรงจุด  
 $\sigma_{\theta l}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งกล้องไม่ได้ระดับ

6) ความคลาดเคลื่อนของแอสิมัท สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_{AZ_c} = \sqrt{\sigma_{AZ_p}^2 + \sigma_{\theta}^2}$$

เมื่อ

- $\sigma_{AZ_c}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของแอสิมัทที่คำนวณได้  
 $\sigma_{AZ_p}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของเส้นแอสิมัทหลัง  
 $\sigma_{\theta}$  คือ ความคลาดเคลื่อนรวมของการวัดมุมราบ

7) ความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะทาง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_D = \sqrt{\sigma_i^2 + \sigma_t^2 + a^2 + (D \times b)^2}$$

เมื่อ

- $\sigma_D$  คือ ความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะทาง  
 $\sigma_i$  คือ ความคลาดเคลื่อนของการตั้งกล้องไม่ตรงจุด  
 $\sigma_t$  คือ ความคลาดเคลื่อนรวมของการตั้งเป้าไม่ตรงจุด  
 $a$  คือ ค่าคงที่ซึ่งอยู่ในรูป  $\pm(a \text{ mm} + b \text{ ppm})$   
 $b$  คือ ค่าแปรผันซึ่งอยู่ในรูป  $\pm(a \text{ mm} + b \text{ ppm})$   
 $D$  คือ ระยะทางที่วัดได้

8) ความคลาดเคลื่อนของระยะตะวันออก (Latitude) และความคลาดเคลื่อนของระยะเหนือ (Departure) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_{Lat} = \sqrt{(\cos Az)^2 \sigma_D^2 + (-D \sin Az)^2 \sigma_{AZ}^2}$$

$$\sigma_{Dep} = \sqrt{(\sin Az)^2 \sigma_D^2 + (D \cos Az)^2 \sigma_{AZ}^2}$$

เมื่อ

- $\sigma_{Lat}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของระยะตะวันออก  
 $\sigma_{Dep}$  คือ ความคลาดเคลื่อนของระยะเหนือ

$\sigma_D$	คือ ความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะทาง
$\sigma_{Az}$	คือ ความคลาดเคลื่อนของแอสิมัท
$Az$	คือ แอสิมัทในทิศทางใดก็ได้ (สามารถเลือกทิศทางที่สามารถคำนวณได้ง่าย ๆ เช่น 45 องศา เป็นต้น)
$D$	คือ ระยะทางที่วัดได้

- 9) ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 68% สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_{linear} = \sqrt{\sigma_{Lat}^2 + \sigma_{Dep}^2}$$

เมื่อ

$\sigma_{linear}$	คือ ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 68%
$\sigma_{Lat}$	คือ ความคลาดเคลื่อนของระยะตะวันออก
$\sigma_{Dep}$	คือ ความคลาดเคลื่อนของระยะเหนือ

- 10) ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\sigma_{LE95} = 1.9599 \times \sigma_{linear}$$

เมื่อ

$\sigma_{LE95}$	คือ ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
$\sigma_{linear}$	คือ ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 68%

(วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2559)

### บทที่ 3

#### ทบทวนวรรณกรรม

Zoltek (2014) ได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องเชิงสัมพัทธ์(การวัดระยะทาง) บนภาพที่ถ่ายด้วยระบบกล้องชุด ซึ่งประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพแนวตั้งและกล้องถ่ายภาพแนวเฉียงให้แก่ Pictometry โดยระบบกล้องที่ใช้ทดสอบได้แก่ กล้องถ่ายภาพ Pentaview ประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพ 5 กล้อง ได้แก่กล้องถ่ายภาพแนวตั้ง 1 กล้องและล้อมรอบด้วยกล้องถ่ายภาพแนวเฉียง 4 กล้อง ความละเอียดของกล้องถ่ายภาพแต่ละกล้อง 29 ล้านจุดภาพ และกล้องถ่ายภาพ C6 ซึ่งประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพ 6 กล้อง ได้แก่กล้องถ่ายภาพซึ่งทำมุม 10 องศาออกจากแนวตั้งจำนวน 2 กล้อง โดยกล้องทั้งสองมีส่วนซ้อนของภาพ 33% และล้อมรอบด้วยกล้องถ่ายภาพแนวเฉียง 4 กล้อง ความละเอียดของกล้องถ่ายภาพแต่ละกล้อง 29 ล้านจุดภาพเช่นกัน ซึ่งระบบกล้องถ่ายภาพทั้งสองได้รับการรับรองการวัดสอบจาก United State Geological Survey (USGS) บนตัวอากาศยานที่บินถ่ายภาพมีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการถ่ายภาพและระบบ GPS/IMU เพื่อให้ค่าพารามิเตอร์การจัดภาพภายนอก (Exterior Orientation Parameters : EOP) ในขณะถ่ายภาพ และมีสถานีฐานเพื่ออ้างอิงระบบพิกัดภาคพื้นดิน จากการทดสอบ พบว่าความถูกต้องของทั้งภาพถ่ายตั้ง (Ortho) และภาพถ่ายเฉียง (Oblique) ขึ้นอยู่กับความถูกต้องของแบบจำลองระดับ (DEM) ที่นำมาใช้ในการตัดแก้ภาพ โดยในการทดสอบพบว่าในการบินถ่ายภาพที่ระดับความสูง 3,500 ฟุต (GSD 4 นิ้ว) และใช้ DEM ที่มีความถูกต้อง  $\pm 7$  เมตร ( $\pm 23$  ฟุต) ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางมาตราส่วน (Scale error) ขึ้น 0.65% หรืออาจกล่าวได้ว่า ที่ความสูงของการถ่ายภาพ 1,000 ฟุตทำให้การวัดระยะบนภาพเฉียงคลาดเคลื่อนไป 7 ฟุต และที่ความสูงบินเดียวกันเมื่อเปลี่ยนมาใช้ DEM ที่มีความถูกต้อง  $\pm 1$  เมตร ( $\pm 3$  ฟุต) ทำให้เกิด Scale error 0.08% หรือกล่าวได้ว่า ที่ความสูงบิน 1,000 ฟุต ทำให้การวัดระยะบนภาพเฉียงคลาดเคลื่อนไป 1 ฟุต

Cavegn et al.(2014) ต้องการศึกษาศักยภาพในการจับคู่ภาพแบบหนาแน่นของภาพถ่ายเฉียงในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ จึงได้ทำการทดสอบสร้างแบบจำลองพื้นผิวเชิงเลข (DSM) จากกล้องถ่ายภาพทางอากาศ Leica RDC30 ที่ประกอบด้วยกล้องเฉียง 4 กล้องและกล้องตั้ง 1 กล้อง มีความละเอียดของจุดภาพ 6 ไมครอนและระดับความลึกของสี 14 บิต ทำการบินถ่ายภาพพื้นที่ชานเมืองด้านตะวันตกของนครซูริก โดยบินถ่ายภาพที่ระดับความสูง 520 เมตร จำนวน 11

แนวบิน ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 5 กิโลเมตร×3.5 กิโลเมตร มีส่วนซ้อนด้านหน้า 70% และส่วนซ้อนด้านข้าง 50% ใช้จุดบังคับภาพภาคพื้นดินจำนวน 10 จุดและมีขนาด GSD ประมาณ 6 เซนติเมตร ทำการจับคู่ภาพแบบหนาแน่นด้วยซอฟต์แวร์ 2 ชุด คือ SURE และ Agisoft Photoscan หลังจากนั้น ทำการตรวจสอบคุณภาพของพื้นผิวด้านข้าง (Façade) ของอาคารที่สังเคราะห์ได้จากการจับคู่ภาพความหนาแน่นสูง (Dense Image Matching : DIM) ด้วยข้อมูลจาก TLS (Terrestrial Laser Scanner) ที่มีความถูกต้องของจุดพิกัด 3D ในระดับ 3 มิลลิเมตร (ที่ระยะการรังวัดไม่เกิน 50 เมตร) ซึ่งปรากฏผลว่า จุดพิกัด 3D ของพื้นผิวด้านข้างของอาคารที่ได้จากวิธีการ DIM มีค่า RMSE ของความแตกต่างจากจุดพิกัด 3D จาก TLS อยู่ในช่วงระหว่าง 1.53 - 2.17 pixel (ประมาณ 9.2 – 13.0 เซนติเมตร) อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านความละเอียดของจุดภาพ โดยซอฟต์แวร์ SURE ให้ผลของการสังเคราะห์จุดพิกัด 3D ที่ดีกว่า Agisoft Photoscan เล็กน้อย

Aicardi et al.(2016) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ DSM ที่สังเคราะห์ได้จากถ่ายเฉียงร่วมกับภาพถ่ายตั้งกับข้อมูล Point Cloud ที่ได้จาก TLS (Terrestrial Laser Scanner) ที่มีความถูกต้องในระดับ  $\pm 0.002$  เมตร ในการศึกษาวิจัยได้ทำการติดกล้องถ่ายภาพ Sony ILCE-5100 ความละเอียด 24.3 ล้านจุดภาพ ความยาวโฟกัส 20 มิลลิเมตรบนอากาศไร้คนขับขนาดเล็ก ทำการบินถ่ายภาพโบราณสถานโบสถ์ S. Maria's Chapel ในประเทศอิตาลี การบินถ่ายภาพกระทำ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 บินเพื่อถ่ายภาพแนวตั้งด้วยวิธีการเดียวกับการบินถ่ายภาพแนวตั้งทั่วไป คือ บินเป็นแนวเส้นตรงจำนวนหลายแนวและปรับกล้องถ่ายภาพให้อยู่ในแนวตั้ง ส่วนการบินครั้งที่ 2 เป็นการบินลักษณะเป็นวงกลมรอบวัตถุโดยปรับกล้องถ่ายภาพให้มีมุมเอียง 45 องศา การบินถ่ายภาพทั้งสองครั้งกระทำที่ระดับความสูง 20 เมตร ซึ่งส่งผลทำให้ภาพถ่ายที่มีได้มีความละเอียดสูง 0.5 เซนติเมตรต่อจุดภาพ โดยมีการติดตั้งจุดบังคับภาพถ่ายและจุดอ้างอิงค่าพิกัดสำหรับเลเซอร์สแกนเนอร์บริเวณรอบ ๆ โบสถ์และบนผนังด้านข้างของโบสถ์ การประมวลผลภาพถ่ายใช้ซอฟต์แวร์หลายชุดในการประมวลผล ซึ่งได้แก่ Agisoft Photoscan, Pix4D, 3Df Zephyr, SURE, Micmac, Visual SFM และ Context Capture การเปรียบเทียบผลกระทำด้วยซอฟต์แวร์ CloudCompare ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า DSM ที่สังเคราะห์ได้จากซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพเกือบทั้งหมดที่ใช้มีความถูกต้องและมีรายละเอียดสมบูรณ์ใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จาก TLS (ให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานประมาณ 0.02 เมตร) ยกเว้นซอฟต์แวร์ SURE ที่จะต้องมีการศึกษาวิจัยวิธีการประมวลผลเพิ่มเติมเนื่องจากให้



ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงกว่าซอฟต์แวร์ทั้งหมด และมีความยุ่งยากในการปรับแต่งค่าการใช้งานมากกว่าซอฟต์แวร์ทั้งหมดที่ใช้ศึกษา

Vacca et al.(2017) ได้ทำการศึกษาศักยภาพและความถูกต้องของแบบจำลอง 3D ที่สร้างขึ้นจากภาพถ่ายเฉียงร่วมกับภาพถ่ายตั้ง เพื่อหาพื้นที่ ความสูงและปริมาตรของอาคารในแบบจำลอง 3D ที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการวางผังเมือง โดยได้ทำการติดตั้งกล้องถ่ายภาพ Sony Alfa 6000 ซึ่งมีความละเอียด 24 ล้านจุดภาพบน UAV ชนิดปีกหมุน 6 ใบพัดรุ่น Fly Novex UAV System การบินถ่ายภาพได้กระทำเป็น 2 กรณีศึกษา คือ กรณีศึกษาที่ 1 เป็นการบินถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพแนวตั้งเพียงอย่างเดียวที่ระดับความสูง 90 เมตร ได้ขนาด GSD 2.20 เซนติเมตร บินถ่ายภาพแบบกริดตามหลักการทางโฟโตแกรมเมตรีด้วยส่วนซ้อนด้านหน้า 80% และส่วนซ้อนด้านข้าง 73% ใช้จุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินซึ่งรังวัดค่าพิกัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS จำนวน 4 จุด ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา 3.5 เฮกตาร์ (35,000 ตารางเมตร) โดยมีอาคารอยู่ในพื้นที่ศึกษาจำนวน 30 หลังในลักษณะที่ตั้งห่างกันพอสมควร ทำการประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์ Agisoft Photoscan และ Pix4D วัตถุประสงค์ของกรณีศึกษาแรกเพื่อศึกษาขนาดพื้นที่และปริมาตรของอาคารที่ได้จาก Point Cloud เปรียบเทียบกับข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ DBGT มาตรฐาน 1:2,000 และข้อมูลที่รังวัดได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS บางส่วน กรณีศึกษาที่ 2 คือการบินถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพตั้งและกล้องถ่ายภาพเฉียง โดยการถ่ายภาพมุ่งเน้นไปที่อาคารที่ต้องการศึกษาเพียงหลังเดียว เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องของ Point Cloud ที่สังเคราะห์ได้จากภาพถ่ายเฉียงและภาพถ่ายตั้งกับข้อมูล Point Cloud ที่ได้จากการรังวัดด้วย TLS (Terrestrial Laser Scanner) ด้วยซอฟต์แวร์ CloudCompare ในการบินถ่ายภาพแนวตั้งนั้นกระทำที่ระดับความสูง 90 เมตร ได้ขนาด GSD 2.20 เซนติเมตร ส่วนการบินถ่ายภาพเฉียงด้วยมุมกล้อง 45 องศา ใช้วิธีการบินรอบวัตถุที่ระดับความสูง 50 เมตร ได้ขนาดจุดภาพ 1.2 เซนติเมตร ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาทั้งสองกรณีพบว่า กรณีศึกษาที่ 1 ในการวัดเปรียบเทียบระยะเส้นฐานที่เชื่อมระหว่างจุดบังคับภาพถ่ายที่รังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS จำนวน 10 เส้นพบว่า ซอฟต์แวร์ Agisoft Photoscan ให้ค่า RMS 0.05 เมตรและซอฟต์แวร์ Pix4D ให้ค่า RMS 0.04 เมตร ส่วนการวัดขนาดพื้นที่อาคารทั้ง 30 หลังเทียบกับแผนที่ภูมิประเทศ DBGT มาตรฐาน 1:2,000 พบว่าซอฟต์แวร์ Agisoft Photoscan ให้ค่า RMSE 4.62 ตารางเมตรและซอฟต์แวร์ Pix4D ให้ค่า RMSE

6.05 ตารางเมตร และท้ายสุดเมื่อทำการวัดเปรียบเทียบปริมาตรอาคารทั้ง 30 หลังที่สกัดจากแผนที่ภูมิประเทศ DBGT มาตรฐาน 1:2,000 พบว่าซอฟต์แวร์ Agisoft Photoscan ให้ค่า RMSE 74.13 ลูกบาศก์เมตรและซอฟต์แวร์ Pix4D ให้ค่า RMSE 68.55 ลูกบาศก์เมตร ส่วนกรณีศึกษาที่ 2 พบว่าการเปรียบเทียบ Point Cloud ที่เกิดจากการประมวลผลภาพถ่ายดิ่งกับ TSL ด้วยซอฟต์แวร์ Agisoft Photoscan ให้ค่า RMSE 0.057 เมตร แต่เมื่อนำภาพถ่ายเฉียงมาประมวลผลร่วมด้วยแล้วให้ค่า RMSE 0.031 เมตร ในขณะที่ซอฟต์แวร์ Pix4D ให้ค่า RMSE จากภาพถ่ายดิ่ง 0.068 เมตรและให้ค่า RMSE จากภาพถ่ายดิ่งร่วมกับภาพถ่ายเฉียง 0.025 เมตร แต่เมื่อพิจารณาจากกรณีศึกษาทั้งสองกรณีโดยละเอียดแล้วพบว่า ในกรณีศึกษาที่ 1 ไม่สามารถให้ข้อสรุปได้เนื่องจากว่าข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ DBGT มาตรฐาน 1:2,000 ที่นำมาใช้ตรวจสอบนั้นมีความคลาดเกินกว่าค่าที่ยอมรับได้และการไม่ทราบที่มาอันแน่ชัดของข้อมูลสำรวจ รวมไปถึงมีอาคารบางหลังถูกต่อเติมในภายหลังซึ่งทำให้รูปร่างแตกต่างไปจากข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ ในขณะที่กรณีศึกษาที่สองนั้นสามารถระบุได้อย่างชัดเจนว่าภาพถ่ายเฉียงที่นำมาใช้ร่วมประมวลผลกับภาพถ่ายดิ่งสามารถช่วยเพิ่มความถูกต้องให้การรังวัดได้ดีกว่าการใช้ภาพถ่ายดิ่งเพียงอย่างเดียว

Eu et al.(2019) ได้ทำการศึกษาการสร้างแบบจำลอง 3D ของอาคารจากการประมวลผลร่วมกันของภาพถ่ายดิ่งและภาพถ่ายเฉียง โดยใช้ UAV ราคาประหยัดอย่าง DJI Phantom 4 Professional ซึ่งมีกล้องถ่ายภาพความละเอียด 20 ล้านจุดภาพติดตั้งมาพร้อมกับตัวอากาศยาน ทำการบินถ่ายภาพบริเวณอาคารเรียนคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีแห่งมาเลเซีย ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาขนาด 24,000 ตารางเมตร ภาพถ่ายดิ่งและภาพถ่ายเฉียงมีจำนวนรวมกันทั้งหมด 307 ภาพ โดยภาพถ่ายดิ่งได้ทำการบินถ่ายภาพแบบกริดตามหลักการทางโฟโตแกรมเมตรี โดยมีส่วนซ้อนด้านหน้า 80% และส่วนซ้อนด้านข้าง 80% ที่ระดับความสูง 90.9 เมตร ซึ่งสามารถคำนวณค่า GSD ได้เท่ากับ 2.25 เซนติเมตร นอกจากนั้นแล้วยังมีการบินถ่ายภาพเสริมในแนวตั้งฉากกับแนวจนเต็ม (Double Flight) ส่วนภาพถ่ายเฉียงนั้นได้กระทำการบินถ่ายภาพในระยะใกล้กับอาคารที่ศึกษาโดยบินเป็นลักษณะวงกลมรอบอาคาร (มีได้ระยะห่างจากตัวอาคารและความสูงที่ใช้บิน) โดยในพื้นที่ศึกษาได้ทำการติดตั้งจุดบังคับภาพถ่ายจำนวน 4 จุดและจุดตรวจสอบจำนวน 5 จุดที่ทำด้วยแผ่นไวโรลขนาด 1.50 เมตร×1.50 เมตรทาสีขาวสลับดำ วางตัวกระจายอยู่ทั่วบริเวณของพื้นที่ศึกษา ซึ่งจุดบังคับภาพถ่ายและจุดตรวจสอบทั้งหมดถูกกระทำการรังวัดค่าพิกัดด้วยเครื่องรับ

สัญญาณดาวเทียม GNSS ด้วยวิธีการ Fast Static ภาพถ่ายนิ่งและภาพถ่ายเฉียงทั้งหมดได้ถูกนำมาประมวลผลร่วมกันด้วยซอฟต์แวร์ Agisoft Photoscan เพื่อทำการสร้างแบบจำลอง 3D ของภูมิประเทศที่ทำการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย ตัวอาคารเรียน ถนน ลานจอดรถ และพื้นที่ว่างรอบ ๆ อาคารเรียน หลังจากนั้นจึงได้ทำการประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง 3D โดยการรังวัดค่าพิกัดของจุดตรวจสอบทั้ง 5 จุดที่วางไว้บนพื้นดินบริเวณรอบ ๆ อาคารเรียนคณะวิทยาศาสตร์ด้วยเครื่องมือบนซอฟต์แวร์ Agisoft Photoscan เทียบกับค่าพิกัดที่รังวัดได้จากสนามด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ซึ่งผลการตรวจสอบพบว่าค่า RMSE ทางแกน X มีค่าเท่ากับ 0.026 เมตร ค่า RMSE ทางแกน Y มีค่าเท่ากับ 0.034 เมตร และค่า RMSE ทางแกน Z มีค่าเท่ากับ 0.018 เมตร นอกจากนั้นแล้วยังได้ทำการตรวจสอบการวัดระยะทางบนแบบจำลอง 3D เทียบกับระยะทางจริงในสนามที่คำนวณได้จากค่าพิกัด GNSS พบว่าค่า RMSE ของการวัดระยะมีค่าเท่ากับ 0.037 เมตร แต่ในการวิจัยครั้งนี้มิได้กระทำการตรวจสอบค่าพิกัดบนโครงสร้างของตัวอาคารเรียนเลย

Zhang et al.(2020) ได้ศึกษาการการสร้างแบบจำลอง 3D ด้วยกล้องถ่ายภาพแบบพาโนรามา 360 องศาที่ติดตั้งบน UAV โดยมีแนวคิดที่ว่าภาพถ่ายจากกล้องพาโนรามาสามารถนำมาสร้างเป็นภาพถ่ายเฉียงแบบเพอร์สเปกทีฟได้หลาย ๆ ภาพ หลังจากนั้นจึงนำภาพถ่ายเฉียงดังกล่าวมาประมวลผลเพื่อสร้างแบบจำลอง 3D ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษากล้องถ่ายภาพแบบพาโนรามาที่แตกต่างกัน 2 กล้องและทำการบินถ่ายภาพแยกกันที่ละกล้อง โดยกล้องที่ 1 ที่นำมาศึกษาคือกล้อง Yi-motion cameras ซึ่งมีความละเอียด 8,192×4,096 จุดภาพ และกล้องที่ 2 คือกล้อง Insta360 Pro มีความละเอียด 7,680×3,840 จุดภาพ ในการบินถ่ายภาพทั้งสองครั้งนั้น เนื่องจากระบบ UAV ที่ใช้บินถ่ายภาพในครั้งนี้ไม่มีอุปกรณ์ POS (Position and Orientation System) จึงทำให้ไม่สามารถวางแผนการบินเพื่อกำหนดจุดเปิดถ่ายภาพรวมถึงส่วนซ้อนด้านหน้าและส่วนซ้อนด้านข้างได้ จึงใช้การวางแผนการบินโดยประมาณเพื่อถ่ายรูปเก็บรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการศึกษาให้มากที่สุด โดยในกรณีศึกษาที่ 1 เป็นการบินถ่ายภาพอาคาร 1 หลังด้วยกล้อง Yi-motion cameras ออกแบบให้มีจำนวนแนวบินครอบคลุมอาคารทั้งหลังจำนวน 5 แนวบิน โดยก่อนที่จะทำการบินได้มีการนำ 3D Laser Scanner ยี่ห้อ RIGEL รุ่น VZ400 ซึ่งมีความถูกต้องในการวัดระยะถึงระดับ 5 มิลลิเมตรมาทำการสแกนตัวอาคารที่ศึกษาก่อน หลังจากนั้นจึงทำการเลือกจุดบนผนังอาคารจาก Point Cloud จำนวน 47 จุด โดยแยกเป็นจุดบังคับถ่ายภาพจำนวน 13 จุด และจุดตรวจสอบ 34 จุด จำนวนภาพ

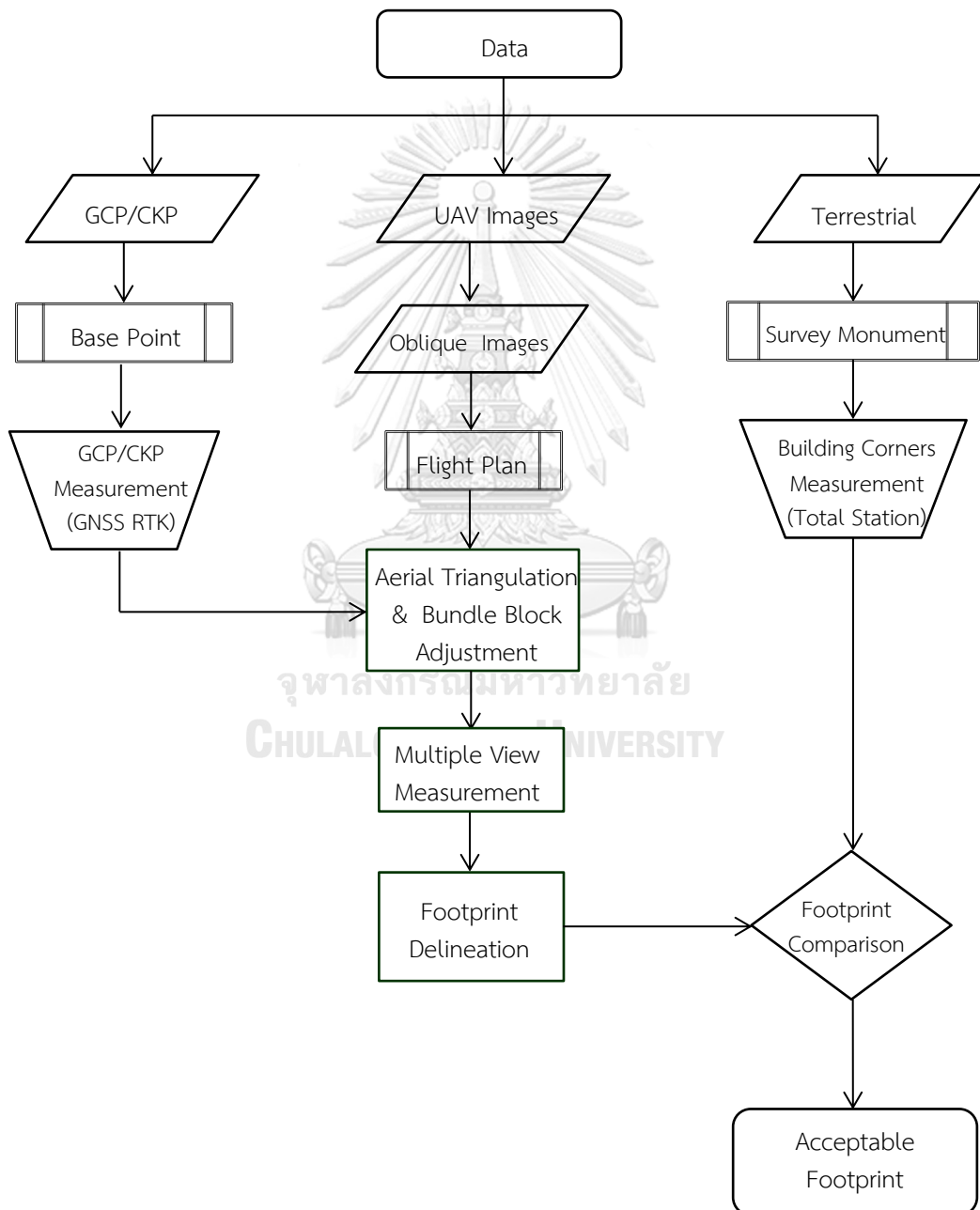
พาโนรามาที่ได้คือ 214 ภาพและได้นำไปแปลงให้เป็นภาพถ่ายเฉียงแบบเพอร์สเปกทีฟด้วยวิธี RHP (Regular Hexahedral Projection) ได้จำนวน 1,070 ภาพ และแปลงด้วยวิธี MHP (Multioverlap Hexahedral Projection) จำนวน 1,926 ภาพ ทั้งสองวิธีได้ GSD ประมาณ 0.02 เมตร ภาพถ่ายเฉียงที่แปลงได้จากทั้งสองวิธีถูกนำไปประมวลผลภาพถ่ายด้วยซอฟต์แวร์ Context Capture ในกรณีศึกษาที่ 2 เป็นการบินถ่ายภาพกลุ่มอาคารด้วยกล้อง Insta360 โดยออกแบบให้มีจำนวนแนวมบินครอบคลุมกลุ่มอาคารที่จะศึกษาจำนวน 4 แนวมบิน หลังจากนั้นจึงได้ทำการรังวัดจุดบังคับภาพถ่ายและจุดตรวจสอบด้วยกล้อง Electronic Total Station ยี่ห้อ SOUTH รุ่น NTS-360 โดยจุดบังคับภาพถ่ายมีจำนวน 6 จุด และจุดตรวจสอบจำนวน 29 จุดกระจายตัวอยู่บนหลังคาอาคารและบนพื้นดินรอบๆอาคาร การบินถ่ายภาพกระทำโดยการบันทึกวิดีโอก่อนแล้วจึงแปลงวิดีโอให้ออกมาเป็นภาพพาโนรามาจำนวน 286 ภาพ จากนั้นจึงนำภาพพาโนรามาที่ได้ไปแปลงเป็นภาพถ่ายเฉียงด้วยวิธี RHP ได้จำนวน 1,430 ภาพและแปลงด้วยวิธี MHP จำนวน 2,547 ภาพ ทั้งสองวิธีได้ GSD ประมาณ 0.04 เมตร การประมวลผลภาพถ่ายกระทำโดยซอฟต์แวร์ Agisoft Metashape (Agisoft Photoscan เดิม) นอกจากนั้นแล้วในกรณีศึกษาที่ 2 นี้ยังได้นำภาพพาโนรามาทั้ง 286 ภาพเข้าไปประมวลผลในซอฟต์แวร์ Metashape โดยตรงอีกทางหนึ่ง ผลจากการศึกษาพบว่า ในกรณีศึกษาที่ 1 การประมวลผลสามเหลี่ยมทางอากาศนั้น ภาพถ่ายเฉียงที่ได้จากการแปลงด้วยวิธี RHP ให้ค่า RMSE ของจุดบังคับภาพถ่าย 1.315 เซนติเมตรและให้ค่า RMSE ของจุดตรวจสอบ 2.905 เซนติเมตร ในขณะที่วิธีการแปลงแบบ MHP ให้ค่า RMSE ของจุดบังคับภาพถ่าย 2.142 เซนติเมตรและให้ค่า RMSE ของจุดตรวจสอบ 2.28 เซนติเมตร และหลังจากนั้นได้ทำการทดสอบการวัดระยะโดยเลือกแนวเส้นสันหลังคาของอาคารมาทำการทดสอบจำนวน 5 แนว พบว่า ระยะทางที่รังวัดได้บนแบบจำลองของภาพถ่ายเฉียงที่ได้จากการแปลงด้วยวิธี RHP ให้ค่า RMSE ของผลต่างจาก Laser Scanner เท่ากับ 0.047 เมตร และระยะทางบนแบบจำลองของภาพที่ได้จากวิธีการแปลง MHP ให้ค่า RMSE ของผลต่างจาก Laser Scanner เท่ากับ 0.023 เมตร ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าภาพถ่ายพาโนรามาสามารถนำมาใช้สร้างภาพถ่ายเฉียงเพื่อการประมวลผลภาพถ่ายเพื่อสร้างแบบจำลอง 3D ได้ ส่วนกรณีศึกษาที่ 2 การประมวลผลสามเหลี่ยมพบว่า ภาพถ่ายเฉียงที่ได้จากการแปลงด้วยวิธี RHP ให้ค่า RMSE ของจุดบังคับภาพถ่าย 5.31 เซนติเมตรและให้ค่า RMSE ของจุดตรวจสอบ 8.46 เซนติเมตร ส่วนวิธีการแปลงแบบ MHP ให้ค่า RMSE ของจุดบังคับภาพถ่าย 4.95 เซนติเมตรและให้ค่า RMSE ของจุดตรวจสอบ 7.49 เซนติเมตร ในขณะที่การนำภาพพาโนรามามาประมวลผลโดยตรง

ให้ค่า RMSE ของจุดบังคับถ่ายภาพ 7.40 เซนติเมตรและให้ค่า RMSE ของจุดตรวจสอบ 9.32 เซนติเมตร ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการนำภาพพาโนรามาประมวลผลโดยตรงนั้นเป็นการไม่เหมาะสม

Strecha (2014) ได้เสนอวิธีการรังวัดและสร้างจุดพิกัด 3D โดยใช้ภาพถ่ายมากกว่า 2 ภาพขึ้นไปที่เรียกว่า rayCloud เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการรังวัดให้ดียิ่งขึ้น โดยได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบ DSM ของกองวัสดุ (Stockpile) ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นจาก rayCloud ของภาพถ่ายจาก UAV ด้วยซอฟต์แวร์ Pix4D กับการรังวัดจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS และ TSL (Terrestrial Laser Scanner) โดยได้แบ่งกองวัสดุทดสอบออกเป็น 3 กองเพื่อตรวจสอบปริมาตร ได้แก่ กอง A-Central ทำการตรวจสอบเทียบกับการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS กอง A-West ทำการตรวจสอบเทียบกับการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS และกอง B ตรวจสอบเทียบกับ TSL ซึ่งจากการทดสอบพบว่า กองวัสดุ A-Central ให้ผลต่างระหว่าง DSM กับ GNSS เท่ากับ +353 ลูกบาศก์เมตรหรือคิดเป็น 2% กองวัสดุ A-West ให้ผลต่างระหว่าง DSM กับ GNSS เท่ากับ +484 ลูกบาศก์เมตรหรือคิดเป็น 3% และกองวัสดุ B ให้ผลต่างระหว่าง DSM กับ TSL เท่ากับ -196 ลูกบาศก์เมตรหรือคิดเป็น -0.1% ซึ่งจะเห็นได้ว่า DSM ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วย rayCloud มีความใกล้เคียงกับ Point Cloud ที่ได้จาก Terrestrial Laser Scanner

## บทที่ 4 ระเบียบวิธีวิจัย

เพื่อให้สามารถเข้าใจกระบวนการวิจัยได้โดยง่าย จึงขอนำเสนอภาพรวมของกระบวนการวิจัย ด้วยผังการทำงานก่อนแล้วจึงตามด้วยหัวข้อการอธิบายรายละเอียดของขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการวิจัย โดยผังงานแสดงกระบวนการวิจัยมีลำดับและขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 ผังงานแสดงขั้นตอนการวิจัย

#### 4.1 การบันทึกภาพถ่ายเฉียงที่ใช้ในการวิจัย

ถือว่าเป็นข้อมูลหลักที่ต้องการจะศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งเป็นการศึกษาถึงศักยภาพในการนำภาพถ่ายเฉียงมาใช้ในการรังวัดหารอยพิมพ์ฐานอาคาร โดยทำการบินถ่ายภาพของอาคารหลายชนิด เช่น อาคารพาณิชย์ อาคารที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงาน และโกดังสินค้า จำนวนทั้งสิ้น 12 อาคารบนถนนบางขุนเทียน-ชายทะเลช่วงตั้งแต่ซอยเทียนทะเล 26 ไปจนถึงซอยเทียนทะเล 28 โดยอาคารดังกล่าวมีความสูงตั้งแต่ 1-4 ชั้น ทั้งแบบมีชายคายื่นและไม่มีชายคายื่น เป็นต้น ด้วยอากาศยานไร้คนขับประเภท VTOL รุ่น Foxtech Nimbus V2 ติดตั้งระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียง ซึ่งประกอบด้วยกล้องภาพจำนวน 2 กล้อง รุ่น Foxtech Map-02 มีความละเอียด 24.3 ล้านจุดภาพ โดยกล้องถ่ายภาพทั้งสองถูกยึดติดไว้ทางด้านซ้ายและด้านขวาของอุปกรณ์โยยัดที่เรียกว่า Camera-Rig กล้องทั้งสองมีลักษณะการวางตัวให้ทำมุมเฉียงกับแนวบินประมาณ 45 องศา และทำมุมเฉียงกับแนวตั้งประมาณ 30 องศา โดยจำนวนภาพถ่ายเฉียงที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 430 ภาพ



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างของภาพถ่ายเฉียงที่ใช้ในงานวิจัย



รูปที่ 4.3 อากาศยานไร้คนขับและระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงที่ใช้ในงานวิจัย  
ที่มา : (<https://www.foxttechfpv.com/semidetached-loading-system-for-map-02-mapping-camera.html>)

#### 4.2 การวางแผนการบินถ่ายภาพ

ใช้วิธีการบินถ่ายภาพแบบกริดตามหลักการทางโฟโตแกรมเมตรี กระทำการวางแผนการบินด้วยซอฟต์แวร์ ARDUPILOT ที่ระดับความสูงเฉลี่ย 215 เมตรเหนือพื้นดิน กำหนดให้มีส่วนซ้อนด้านหน้า (Front Overlap) 80% และส่วนซ้อนด้านข้างระหว่างแนวบิน (Side Overlap) 60% ประกอบด้วยแนวบินจำนวน 6 แนว (นำมาใช้ประมวลผลเพียง 5 แนวบิน เนื่องจากอีก 1 แนวบินนั้นมีจำนวนภาพครบถ้วนตลอดทั้งแนวบิน) ภาพถ่ายเฉียงที่บันทึกได้สามารถครอบคลุมพื้นที่ออกไปได้ไกลกว่าตำแหน่งจุดเปิดถ่ายภาพเป็นอย่างมาก โดยสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ถึง 1.4 ตารางกิโลเมตร ตัวรับภาพ (Sensor) ที่ใช้สำหรับกล้องถ่ายภาพ Foxtech Map-02 นี้มีขนาด 3.9 ไมโครเมตรต่อจุดภาพและกล้องถ่ายภาพมีความยาวโฟกัสของเลนส์ถ่ายภาพประมาณ 28 มิลลิเมตร ดังนั้นการบินถ่ายภาพที่ระดับความสูงเฉลี่ย 215 เมตรนี้จึงสามารถประมาณค่าความละเอียดของจุดภาพต่อพื้นที่ (Ground Sample Distance : GSD) ได้ประมาณ 3 เซนติเมตร

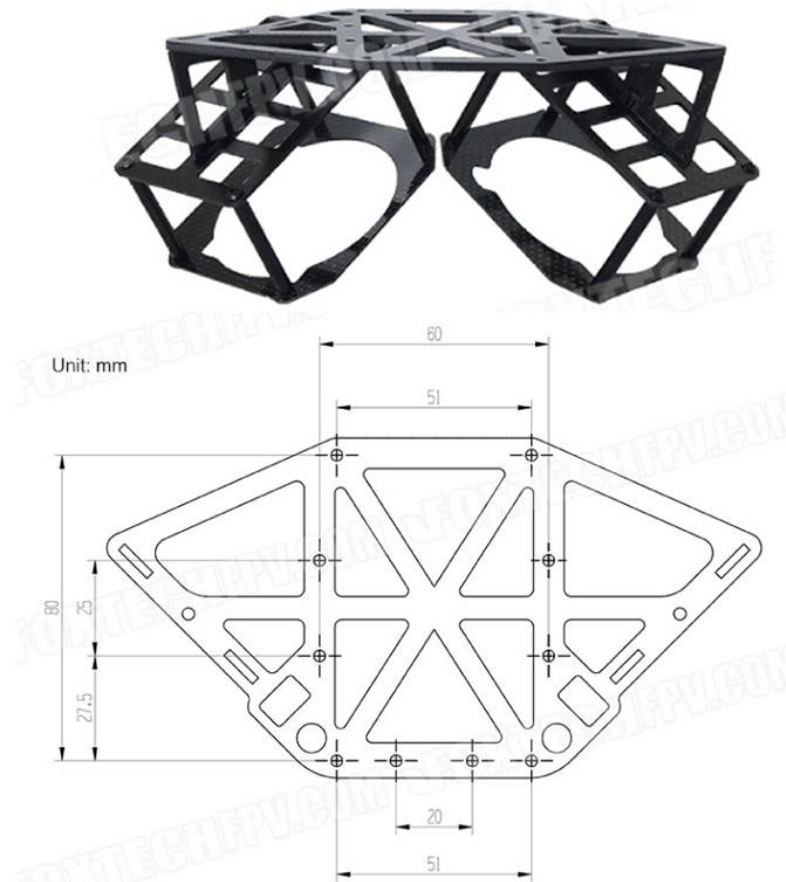




รูปที่ 4.4 การวางแผนการบินถ่ายภาพสำหรับระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียง

#### 4.3 การประมวลผลถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ (Aerial Triangulation)

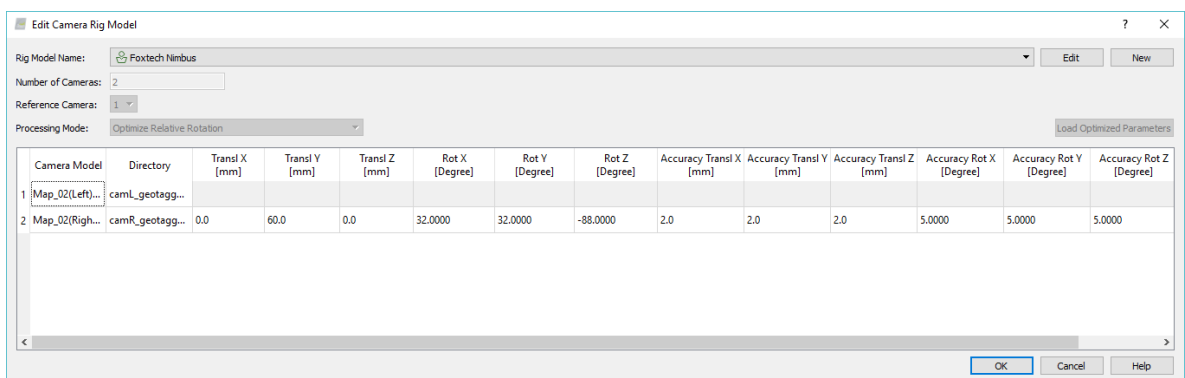
การประมวลผลถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศสำหรับภาพถ่ายเฉียงจะใช้ซอฟต์แวร์ Pix4D ในการประมวล ทั้งนี้เนื่องจากซอฟต์แวร์ดังกล่าวมีความสามารถในการประมวลผลระบบ Camera-Rig ที่ทำการโยยยึดหลายกล้องถ่ายภาพเข้าไว้ด้วยกัน ในการประมวล Camera-Rig นั้น จะมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง 2 ชนิดคือ การเลื่อนที่ (Translation) ในทิศทาง XYZ ของกล้องถ่ายภาพรองสัมพันธ์กับกล้องถ่ายภาพหลัก และการหมุน (Rotation) รอบแกน XYZ ของกล้องถ่ายภาพรองสัมพันธ์กับกล้องถ่ายภาพหลัก โดย Camera-Rig ที่ใช้สำหรับการโยยยึดระบบกล้องถ่ายภาพเฉียงในการวิจัยครั้งนี้สามารถตรวจวัดค่าการเลื่อนตำแหน่งทางแกน XYZ แบบสัมพันธ์ได้อย่างแน่ชัด ในขณะที่ค่าการหมุนรอบแกน XYZ แบบสัมพันธ์ไม่สามารถทราบค่าที่แน่ชัดได้ จึงใช้วิธีการวัดค่าโดยประมาณแล้วให้ซอฟต์แวร์คำนวณปรับปรุงค่าด้วยวิธีการเชิงเลข



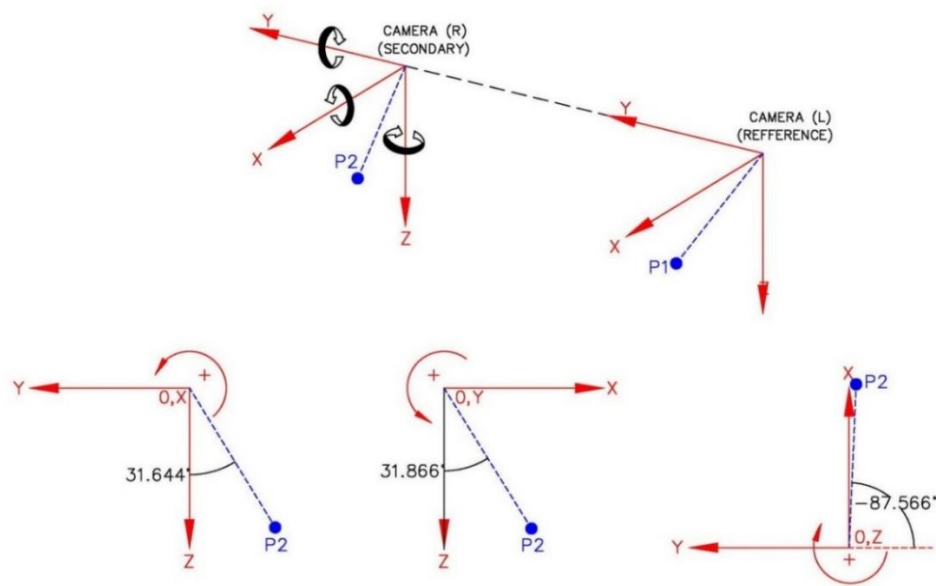
รูปที่ 4.5 อุปกรณ์ Camera-Rig ที่ใช้โยงยึดกล้องถ่ายภาพเฉียง

ที่มา : (<https://www.foxtechfpv.com/semidetached-loading-system-for-map-02-mapping-camera.html>)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

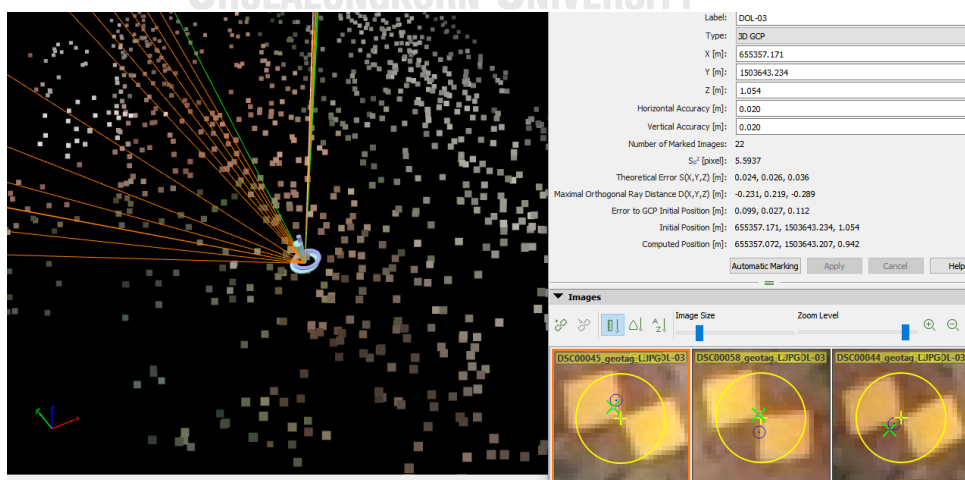


รูปที่ 4.6 การปรับแต่งค่าพารามิเตอร์การวางตัวภายนอกของกล้องถ่ายภาพบน Camera-Rig



รูปที่ 4.7 แบบจำลองการวางตัวของกล้องถ่ายภาพรอง (กล้องขวา) เทียบกับกล้องถ่ายภาพหลัก (กล้องซ้าย)

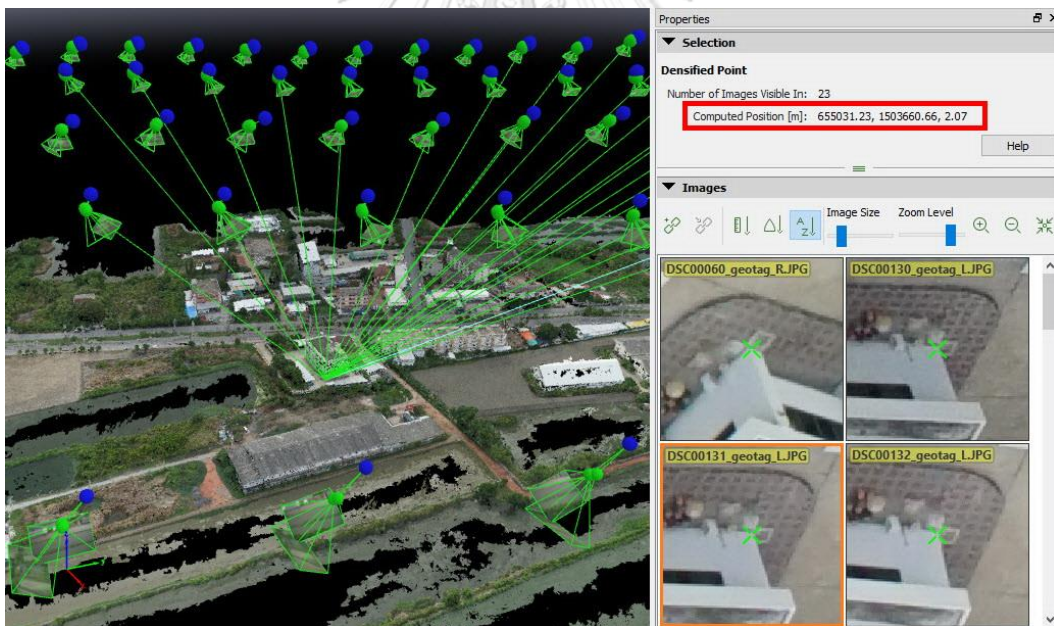
จุดเด่นอีกประการหนึ่งของซอฟต์แวร์ Pix4D ก็คือ การรังวัดแบบหลายมุมมอง (Multiple View) บน rayCloud Editor เนื่องจากยินยอมให้ผู้รังวัดสามารถทำการรังวัดตำแหน่งของจุดที่สนใจจากมุมมองต่าง ๆ ที่ปรากฏบนภาพถ่ายหลายๆภาพได้ในเวลาเดียวกัน และยังสามารถแสดงค่าความแปรปรวนและค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานทางตำแหน่งของจุดรังวัดได้ทันทีในขณะที่ทำการรังวัด ทำให้ผู้รังวัดสามารถคัดกรองจุดบังคับภาพถ่ายภาพพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) หรือจุดโยงยึดภาพ (Tie Point) ที่มีคุณภาพดีที่ปรากฏอยู่บนภาพถ่ายได้



รูปที่ 4.8 การใช้ rayCloud Editor ในการรังวัดตำแหน่งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน

#### 4.4 การวาดรอยพิมพ์ฐานอาคารจากภาพถ่ายเฉียง

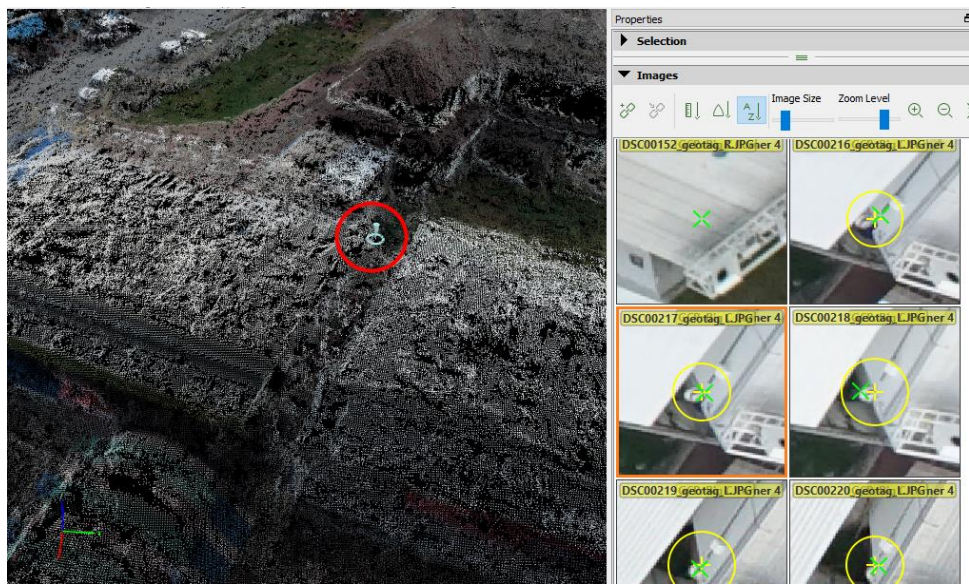
การรังวัดตำแหน่งของมุมอาคารสามารถกระทำได้ 2 วิธี โดยวิธีที่ 1 คือการรังวัดค่าพิกัดของจุด Point Cloud ณ บริเวณที่มองเห็นเป็นมุมอาคารบน rayCloud Editor ซึ่งค่าพิกัดที่นำมาใช้ในการวาดรอยพิมพ์ฐานอาคารนั้นจะใช้เพียงค่าพิกัดทางราบคือ X (ต่อไปจะแทนด้วย East หรือ E) และ Y (ต่อไปจะแทนด้วย North หรือ N) ก็นับว่าเพียงพอ การจะรังวัดตำแหน่งมุมอาคารโดยมุ่งเน้นไปที่บริเวณของฐานอาคารเพียงอย่างเดียวนั้นอาจเป็นเรื่องที่ยากและอาจทำให้การรังวัดมีความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากการถูกบดบังจากสิ่งที่อยู่ข้างเคียง ดังนั้นอาจต้องอาศัยการมองอาคารหลังดังกล่าวในภาพรวมก่อน ซึ่งจะทำให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าควรจะทำกรังวัดที่บริเวณใดแล้วยังสามารถใช้เป็นตัวแทนของตำแหน่งมุมฐานอาคารได้ ทั้งนี้เนื่องจากเส้นมุมอาคารโดยส่วนใหญ่จะเป็นเส้นที่ลากตั้งฉากกับพื้นดินขึ้นไปในแนวตั้ง มีอาคารเพียงส่วนน้อยที่จะก่อสร้างในลักษณะที่เส้นขอบมุมอาคารไม่ตั้งฉากกับพื้นดิน



รูปที่ 4.9 การรังวัดตำแหน่งมุมอาคารของจุด Point Cloud บน rayCloud Editor

อีกวิธีการหนึ่งก็คือรังวัดแบบหลายมุมมอง (Multiple View) เฉกเช่นเดียวกันกับวิธีการรังวัดจุด GCP หรือจุด Manual Tie Point โดยจะทำการรังวัด ณ บริเวณขอบมุมของอาคารที่ปรากฏบนภาพถ่ายแต่ละภาพ ซึ่งวิธีการนี้จะให้ความแม่นยำในการรังวัดตำแหน่งของมุมอาคารได้ดีกว่าการรังวัดค่าพิกัดของจุด Point Cloud ทั้งนี้เนื่องจากผู้รังวัดสามารถมองเห็นตำแหน่งของมุมอาคารจากที่ปรากฏบน

ภาพถ่ายแต่ละภาพได้อย่างชัดเจนและรวดเร็ว รวมถึงสามารถมองเห็นตำแหน่งของมุมอาคารที่อยู่ในมุมอับจนไม่สามารถสังเคราะห์จุด Point Cloud ได้ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการรังวัดแบบหลายมุมมองในการรังวัดมุมอาคารที่ต้องการศึกษา ค่าพิกัดทางราบของมุมอาคารที่รังวัดได้ สามารถนำมาทำการวาดรูปรอยพิมพ์ฐานอาคารด้วยซอฟต์แวร์สำหรับงานเขียนแบบ เช่น Auto CAD หรือซอฟต์แวร์สำหรับงาน GIS โดยทั่วไปได้



รูปที่ 4.10 การรังวัดตำแหน่งมุมอาคารบนภาพถ่ายแบบหลายมุมมอง (Multiple View)



รูปที่ 4.11 ตัวอย่างรอยพิมพ์ฐานอาคารที่ได้จากการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียง

## 4.5 การรังวัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน

### 4.5.1 การรังวัดหมุดอ้างอิงค่าพิกัด

ได้มีการสร้างหมุดอ้างอิงค่าพิกัดจำนวน 2 หมุด ในลักษณะเป็นหมุดคู่ที่สามารถใช้สำหรับออกค่าแอสซิมาท เพื่อขยายหมุดควบคุมที่จะใช้ในการรังวัดตำแหน่งมุมอาคาร การโยงค่าพิกัดใช้วิธีการรังวัดแบบสถิติด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ชนิดสองความถี่ โดยทำการโยงค่ามาจากหมุดที่ทราบค่าของหน่วยงานราชการ ได้แก่หมุด BMA-LiDAR02 ของสำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร ซึ่งหมุดตั้งอยู่ที่สนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ 84 พรรษา เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร ใช้เวลาในการรับสัญญาณไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง การคำนวณปรับแก้ค่าพิกัดทางราบกระทำบนพื้นหลักฐาน WGS1984 และคำนวณค่าระดับเหนือระดับทะเลปานกลาง (MSL : Mean Sea Level) โดยใช้แบบจำลองยี่ห้อ TGM2017 ในการแปลงค่าความสูงเหนือทรงรีไปสู่ความสูงออร์โธเมตริก



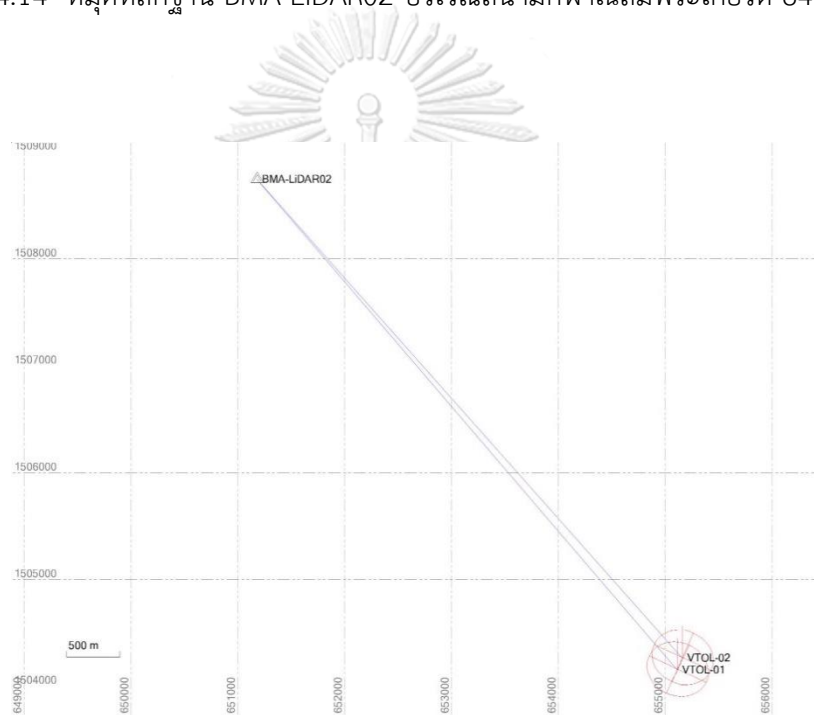
รูปที่ 4.12 หมุดอ้างอิงค่าพิกัด VTOL-01 บริเวณสถาบันพัฒนาข้าราชการกรมที่ดิน



รูปที่ 4.13 หมุดอ้างอิงค่าพิกัด VTOL-02 บริเวณเชิงสะพานข้างคลองบางหญ้า



รูปที่ 4.14 หมุดหลักฐาน BMA-LiDAR02 บริเวณสนามกีฬาเฉลิมพระเกียรติ 84 พรรษา



รูปที่ 4.15 การประมวลผลเส้นฐานและการคำนวณค่าพิกัดหมุดอ้างอิงค่าพิกัด

#### 4.5.2 การรังวัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน

แรกเริ่มได้มีการกำหนดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินจำนวนทั้งสิ้น 20 จุด แต่เนื่องจากมีอุปสรรคในการบินถ่ายภาพจึงได้มีการปรับแผนการบินถ่ายภาพโดยลดขนาดพื้นที่ลง ทำให้จุดบังคับภาพถ่ายที่ถูกนำมาใช้งานจริงลดลงเหลือ 10 จุด โดยจุดบังคับภาพถ่ายแต่ละจุดจะมีระยะห่างกันไม่เกิน 250 เมตร การกำหนดจุดบังคับภาพถ่ายจะพิจารณาจากจุดที่มีความเด่นชัดในพื้นที่ เช่น เครื่องหมายจราจรบนพื้นทาง ฝาบ่อพักชนิดกลม เป็นต้น

ส่วนพื้นที่ที่ไม่ปรากฏสิ่งเด่นชัดในพื้นที่ ได้มีการสร้างจุดบังคับภาพถ่ายแบบ Pre-Marking โดยการทาสีเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 40x40 เซนติเมตรสองรูปให้มุมชนกัน ทำการรังวัดค่าพิกัดด้วยเครื่องรับสัญญาณ GNSS ด้วยวิธี RTK (Real Time Kinematic) ใช้เวลาในการรังวัดค่าพิกัดต่อจุดไม่น้อยกว่า 3 นาที (180 Epoch) อ้างอิงกับค่าพิกัดของหมุดอ้างอิง VTOL-01 (หรือ VTOL-02)



รูปที่ 4.16 การรังวัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินด้วยวิธี RTK

#### 4.6 การวาดรอยพิมพ์ฐานอาคารจากการรังวัดภาคพื้นดิน

การวาดรอยพิมพ์ฐานอาคารจากการรังวัดภาคพื้นดินนั้น ใช้วิธีการนำค่าพิกัด E,N ของมุมอาคารที่ได้จากการรังวัดภาคพื้นดินด้วยกล้อง Total Station มาวาดเป็นรูปฐานของอาคารด้วยซอฟต์แวร์สำหรับงานเขียนแบบ เช่น AutoCAD เป็นต้น การรังวัดค่าพิกัดของมุมอาคารด้วยกล้อง Total Station นั้น จำเป็นจะต้องทราบค่าพิกัดของจุดตั้งกล้องสำรวจและจุดตรงหลัง (Backside) ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกรวมกันว่าหมุดควบคุมรอง โดยค่าพิกัดของจุดควบคุมรองสามารถที่จะรังวัดออกจากหมุดอ้างอิง VTOL-01 และ VTOL-02 ได้ในลักษณะของการทำวงรอบเปิด (Open Traverse) หรือใช้วิธีการรังวัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ด้วยวิธี RTK อ้างอิงตำแหน่งกับหมุด VTOL-01 (หรือ VTOL-02) กล้องสำรวจแบบประมวลผลรวมที่ใช้ในการรังวัดได้แก่กล้อง LEICA TCRA 1103 PLUS ซึ่งมีความถูกต้องในการรังวัดระยะ  $\pm 2$  มิลลิเมตร + 2 ppm สำหรับการวัดแบบใช้ปริซึม (None Reflectorless) และมีความถูกต้อง  $\pm 3$  มิลลิเมตร + 3 ppm สำหรับการวัดระยะทางแบบไม่

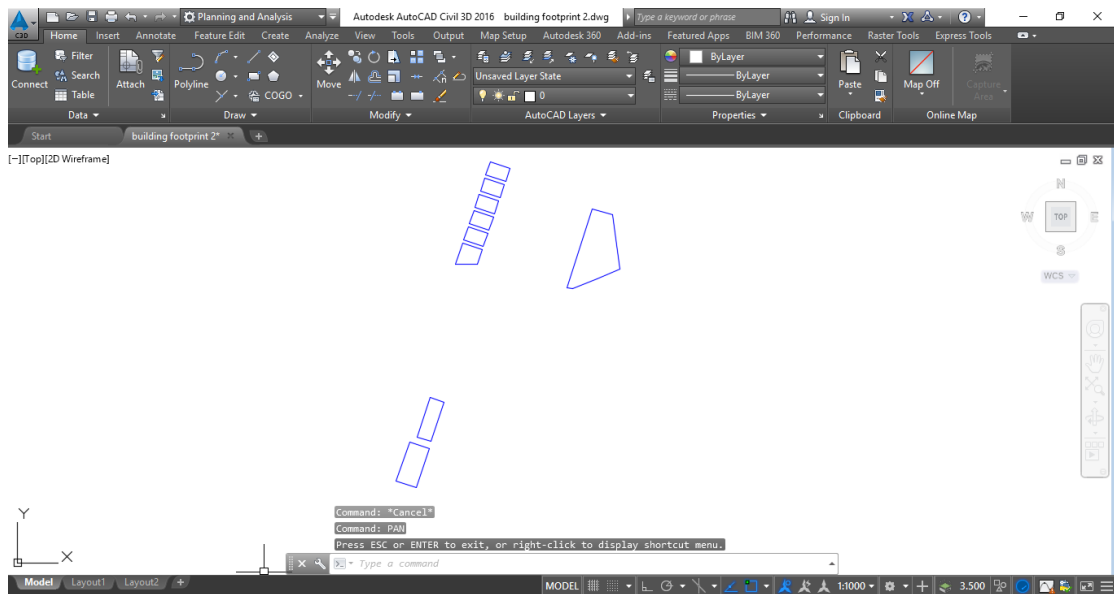


ใช้ปริซึม (Reflectorless) ส่วนการวัดมุมมีความถูกต้องตามมาตรฐาน DIN 18723 เท่ากับ 3 ฟลิปดา และมีระบบ Dual Axis Compensator ชดเชยความเอียงชนิดสองแกนที่มีความถูกต้อง 0.3 ฟลิปดา



รูปที่ 4.17 การรังวัดตำแหน่งมุมอาคารด้วยกล้อง Total Station

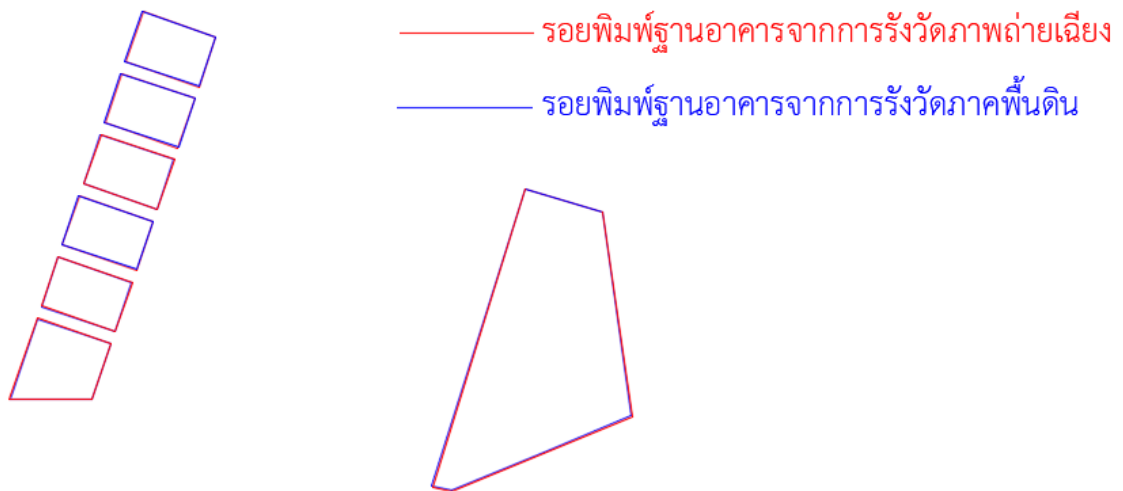
ข้อมูลที่ได้รับจากการสำรวจด้วยกล้อง Total Station ได้แก่ มุมราบระหว่างมุมอาคารที่รังวัดกับจุดธงหลัง ระยะลาด (Slope Distance) จากจุดตั้งกล้องสำรวจไปยังมุมอาคารที่รังวัด มุมตั้งระหว่างจุดที่ทำการเล็งกับระนาบตั้ง ซึ่งทั้งหมดนี้จะถูกบันทึกไว้ในรูปแบบดิจิทัลในหน่วยความจำของกล้องสำรวจ และจะถูกนำออกมาประมวลผลเพื่อคำนวณเป็นค่าพิกัด Easting (E) และ Northint (N) ของมุมอาคาร หลังจากนั้นจึงนำค่าพิกัด E,N ที่ได้ไปทำการพล็อตตำแหน่งบนซอฟต์แวร์สำหรับงานเขียนแบบ และลากเส้นเชื่อมต่อระหว่างจุดมุมอาคารจนเกิดเป็นรูปรอยพิมพ์ฐานอาคาร โดยในการคำนวณค่าพิกัดของมุมอาคารที่รังวัดนั้นมีการใช้ตัวคูณค่ามาตราส่วนแผนที่ (Scale Factor) ณ จุดตั้งกล้องในการปรับแก้ระยะทางที่รังวัดได้เพื่อแปลงค่าพิกัดให้อยู่ในระบบการฉายแผนที่แบบ UTM โดยผังของการรังวัดโยงยึดตำแหน่งมุมอาคารแต่ละหลังแสดงในภาคผนวก ฉ



รูปที่ 4.18 การวาดรอยพิมพ์ฐานอาคารบนซอฟต์แวร์เขียนแบบ AutoCAD

#### 4.7 การเปรียบเทียบรอยพิมพ์ฐานอาคาร

รอยพิมพ์ฐานอาคารที่มาจากวิธีการรังวัดทั้งสองวิธี จะถูกนำมาเปรียบเทียบในเบื้องต้นด้วยการซ้อนทับกัน (Overlay) บนซอฟต์แวร์เขียนแบบ AutoCAD (หรือซอฟต์แวร์ด้าน GIS อื่น ๆ) ในส่วนของการเปรียบเทียบแบบละเอียด จะทำการเปรียบเทียบ 2 วิธีคือ การเปรียบเทียบตำแหน่งของมุมอาคารแบบจุดต่อจุดโดยการพิจารณาค่า RMS (Root Mean Square) ของผลต่างค่าพิกัดทางราบของมุมอาคารที่ได้จากการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงและการรังวัดภาคพื้นดิน และการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของรูปปิด (Polygon) ของรอยพิมพ์ฐานอาคาร หรือเส้นฐานของอาคารที่รังวัดได้เพียงบางส่วนในรูปแบบของ Polyline โดยใช้วิธีการวัดระยะฮาวส์ดอร์ฟ (Hausdorff Distance) ซึ่งความคล้ายคลึงกันนั้นมีไม่เพียงแค่อรูปร่างของรอยพิมพ์ฐานอาคาร หากแต่ยังรวมไปถึงทิศทางการวางตัวของรอยพิมพ์ฐานอาคารด้วย



รูปที่ 4.19 การซ้อนทับรอยพิมพ์ฐานอาคารที่ได้จากการรังวัดทั้งสองวิธีบนซอฟต์แวร์เขียนแบบ AutoCAD



## บทที่ 5

### ผลการวิจัย

#### 5.1 การประมวลผลภาพถ่ายเฉียงจากระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียง

##### 5.1.1 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์การวางตัวภายนอกของกล้องถ่ายภาพรองบนอุปกรณ์ Camera-Rig

ในการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของกล้องถ่ายภาพรองบนอุปกรณ์ Camera-Rig นั้น ค่าพารามิเตอร์สำหรับการเลื่อนที่ (Translation) สามารถตรวจวัดค่าที่แนชต์ได้จึงถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ ส่วนค่าพารามิเตอร์สำหรับการหมุน (Rotation) ไม่สามารถตรวจวัดค่าที่แนชต์ได้ แต่สามารถวัดค่าโดยประมาณแล้วนำมาใช้เป็นค่าเริ่มต้น (Initial) เพื่อปรับปรุหาค่าพารามิเตอร์ที่ละเอียดด้วยวิธีการเชิงเลข (Numerical) ซึ่งผลการคำนวณที่ได้มีรายละเอียดดังนี้

- ค่าการเลื่อนที่ทางแกน X (ทิศทางแนวนอน) = 0.000 เมตร
- ค่าการเลื่อนที่ทางแกน Y (ตั้งฉากแนวนอน) = 0.060 เมตร
- ค่าการเลื่อนที่ทางแกน Z (แนวแกนตั้ง) = 0.000 เมตร
- ค่าการหมุนรอบแกน X = 31.657 องศา
- ค่าการหมุนรอบแกน Y = 31.868 องศา
- ค่าการหมุนรอบแกน Z = -87.561 องศา

#### 🔍 Camera Rig «Foxtech Nimbus» Relatives. Images: 426



	Transl X[m]	Transl Y[m]	Transl Z[m]	Rot X[degree]	Rot Y[degree]	Rot Z[degree]
Map_02(Left)_28.0_6000x4000 (RGB)	Reference Camera					
Map_02(Right)_28.0_6000x4000 (RGB)						
Initial Values	0.000	0.060	0.000	32.000	32.000	-88.000
Optimized values	0.000	0.060	0.000	31.657	31.868	-87.561
Uncertainties (sigma)				0.022	0.041	0.046

รูปที่ 5.1 ผลการคำนวณพารามิเตอร์การวางตัวภายนอกของกล้องถ่ายภาพรองบนอุปกรณ์ Camera-Rig

### 5.1.2 ผลการคำนวณข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ

ในการคำนวณข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ ใช้จำนวนจุดบังคับภาพถ่ายภาพพื้นดิน (GCP) ทั้งสิ้นจำนวน 10 จุด ให้มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) ที่ได้จากการรังวัดภาคสนาม ด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS เท่ากับ 0.02 เมตร ทำการคำนวณร่วมกับจุดโยงยึดภาพ (Tie Points) ที่ได้จากการจับคู่ภาพแบบอัตโนมัติ โดยมีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) ในทิศทาง Easting, Northing และ Height ของจุดบังคับภาพถ่าย ดังต่อไปนี้

- RMSE ทาง Easting = 0.054 เมตร
- RMSE ทาง Northing = 0.047 เมตร
- RMSE ทาง Height = 0.042 เมตร

#### ? Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z[m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
DOL-02 (3D)	0.020/ 0.020	-0.055	0.045	-0.051	1.055	23 / 23
DOL-03 (3D)	0.020/ 0.020	0.079	-0.008	0.001	0.941	17 / 18
DOL-06 (3D)	0.020/ 0.020	-0.057	0.054	-0.075	1.207	19 / 19
DOL-07 (3D)	0.020/ 0.020	-0.027	-0.025	0.042	0.686	13 / 15
DOL-09 (3D)	0.020/ 0.020	0.087	-0.068	0.016	1.683	8 / 8
DOL-10 (3D)	0.020/ 0.020	0.012	-0.022	0.010	0.786	23 / 24
DOL-11 (3D)	0.020/ 0.020	-0.016	-0.065	-0.003	1.144	20 / 22
DOL-14 (3D)	0.020/ 0.020	-0.066	0.085	-0.026	0.532	5 / 5
DOL-16 (3D)	0.020/ 0.020	-0.013	0.012	-0.011	0.752	17 / 19
DOL-19 (3D)	0.020/ 0.020	0.060	-0.001	0.079	0.213	8 / 8
<b>Mean [m]</b>		0.000274	0.000676	-0.001656		
<b>Sigma [m]</b>		0.054027	0.047256	0.041640		
<b>RMS Error [m]</b>		0.054028	0.047261	0.041673		

รูปที่ 5.2 ความคลาดเคลื่อนในทิศทาง Easting, Northing และ Height ของจุดบังคับภาพและค่า RMS ของความคลาดเคลื่อน

## 5.2 การประมวลผลจุดควบคุม

### 5.2.1 ผลการคำนวณค่าพิกัดหมุดอ้างอิงค่าพิกัด

ผลการคำนวณปรับแก้ค่าพิกัดหมุดอ้างอิง VTOL-01 และ VTOL-02 ซึ่งรังวัดด้วยวิธีสถิต (Static) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการคำนวณปรับแก้ค่าพิกัดหมุดอ้างอิงค่าพิกัด

Point ID	Easting (E) (m.)	(E) error (m.)	Northing (N) (m.)	(N) error (m.)	Elev. (e) (m.)	(e) error (m.)	Constrain
BMA-LiDA02	651181.537	-	1508748.388	-	2.019	-	E N e
VTOL-01	655119.261	0.002	1504155.878	0.002	1.722	0.004	
VTOL-02	655166.441	0.002	1504266.981	0.002	1.624	0.005	

## 5.2.2 ผลการรังวัดค่าพิกัดจุดบังคับภาพถ่ายภาพภาคพื้นดิน

ผลการรังวัดค่าพิกัดจุดบังคับภาพถ่ายภาพภาคพื้นดินที่ใช้สำหรับการประมวลผล  
ภาพถ่ายเฉียง ด้วยวิธี RTK ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ค่าพิกัดของจุดบังคับภาพถ่ายภาพภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP)

Point ID	Easting	Northing	Ortho Hgt.	Point Class
DOL-02	655155.374	1503706.269	0.914	Fixed
DOL-03	655357.171	1503643.234	1.054	Fixed
DOL-06	655311.938	1503978.675	1.034	Fixed
DOL-07	655366.687	1503814.071	0.915	Fixed
DOL-09	655129.315	1504161.883	1.191	Fixed
DOL-10	655326.822	1504156.900	0.339	Fixed
DOL-11	655500.982	1504125.499	1.352	Fixed
DOL-14	655179.639	1504409.124	1.393	Fixed
DOL-16	655368.926	1504348.763	0.224	Fixed
DOL-19	655005.050	1503774.511	1.197	Fixed

### 5.2.3 ผลการรังวัดค่าพิกัดจุดควบคุมรองเพื่อใช้รังวัดเก็บรายละเอียดภาคพื้นดิน

การรังวัดค่าพิกัดจุดควบคุมรองเพื่อใช้ออกค่าแอสซิเมัทสำหรับการรังวัดเก็บรายละเอียดภาคพื้นดินด้วยกล้อง Total Station นั้น ใช้การรังวัดด้วยวิธี RTK โดยค่าพิกัดของจุดควบคุมรองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ค่าพิกัดจุดควบคุมรองเพื่อใช้รังวัดเก็บรายละเอียดภาคพื้นดิน

Station	Easting	Northing	Scale Factor
T1	655141.132	1504301.268	0.9998976909
T2	655131.470	1504268.077	0.9998976537
T2/1	655120.907	1504225.488	0.9998976132
T3	655163.867	1504370.898	0.9998977782
T4	655184.327	1504430.850	0.9998978568
T5	655192.720	1504348.323	0.9998978891
T6	655179.574	1504305.623	0.9998978385
T7	655149.699	1504215.122	0.9998977238
T8	655137.621	1504178.820	0.9998976774
T8/1	655141.374	1504177.776	0.9998976918
T9	655130.704	1504149.624	0.9998976508
N1	654994.914	1503717.587	0.9998971295
N2	655005.197	1503767.643	0.9998971689
N2/1	654958.938	1503628.247	0.9998969914
N2/2	654937.449	1503777.162	0.9998969090
N3	655000.237	1503798.542	0.9998971295
N4	655009.057	1503825.230	0.9998971837
N5	655354.390	1503685.153	0.9998985106
N6	655356.971	1503645.383	0.9998985205

### 5.3 ผลการรังวัดค่าพิกัตมุมอาคาร

ในการวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกตัวอย่างอาคารที่จะนำมาใช้ในการเปรียบเทียบรอยพิมพ์ฐานที่ได้จากรังวัดด้วยภาพถ่ายเฉียงและจากรังวัดภาคพื้นดิน จำนวน 12 อาคารดังแสดงในรูป



รูปที่ 5.3 ตำแหน่งที่ตั้งของอาคารที่ใช้ทดสอบ

ผลการรังวัดแบ่งออกเป็น ค่าพิกัตของมุมอาคารที่ได้จากรังวัดบนภาพถ่ายเฉียง (แสดงไว้ในภาคผนวก ก) และค่าพิกัตของมุมอาคารที่ได้จากรังวัดภาคพื้นดิน (แสดงไว้ในภาคผนวก ข) โดยในหัวข้อนี้จะแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของการรังวัดที่เกิดขึ้นจากรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงและผลการประเมินความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ของงานรังวัดภาคพื้นดิน เพื่อให้เนื้อหามีความกระชับ



### 5.3.1 ความคลาดเคลื่อนของการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียง

ในการรังวัดค่าพิกัดมุมอาคารบนภาพถ่ายเฉียงด้วยวิธีการรังวัดแบบหลายมุมมอง สามารถระบุความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 ทิศทางดังแสดงในตาราง 5.3

ตารางที่ 5.4 ค่าความคลาดเคลื่อนของการรังวัดพิกัดมุมอาคารจากภาพถ่ายภาพเฉียง

อาคาร	จุดที่	Standard Error			จำนวนภาพ ที่ปรากฏ
		E (m)	N (m)	H (m)	
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	1	0.046	0.018	0.051	12
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	2	0.047	0.019	0.058	10
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	3	0.035	0.016	0.041	13
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	4	0.038	0.019	0.045	13
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	5	0.032	0.016	0.037	15
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	6	0.037	0.017	0.042	14
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	7	0.034	0.016	0.039	14
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	8	0.040	0.019	0.046	13
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	9	0.038	0.018	0.043	15
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	10	0.043	0.020	0.049	13
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	11	0.052	0.025	0.063	11
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	12	0.061	0.029	0.070	12
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	13	0.244	0.167	0.347	3
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	14	0.096	0.035	0.098	7
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	1	0.150	0.150	0.212	5
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	2	0.082	0.119	0.131	4
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	3	0.088	0.053	0.093	7
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	4	0.035	0.030	0.047	10
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	5	0.050	0.031	0.065	12
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	1	0.264	0.096	0.329	4

อาคาร	จุดที่	Standard Error			จำนวนภาพ ที่ปรากฏ
		E (m)	N (m)	H (m)	
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	2	0.090	0.039	0.122	8
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	3	0.074	0.029	0.101	8
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	1	0.062	0.027	0.082	9
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	2	0.121	0.031	0.148	4
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	3	0.328	0.242	0.577	2
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	4	0.081	0.028	0.123	6
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	1	0.022	0.023	0.033	7
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	2	0.031	0.023	0.039	12
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	3	0.056	0.068	0.095	5
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	4	0.034	0.020	0.032	5
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	5	0.018	0.014	0.023	10
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	6	0.031	0.014	0.029	11
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	7	0.167	0.227	0.356	3
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	8	0.218	0.249	0.528	3
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	9	0.040	0.074	0.086	4
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	11	0.019	0.023	0.036	3
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	12	0.136	0.176	0.273	3
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	15	0.065	0.099	0.159	3
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	16	0.074	0.081	0.172	3
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	17	0.023	0.047	0.069	2
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	18	0.108	0.232	0.341	2
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	19	0.056	0.013	0.057	4
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	20	0.042	0.076	0.128	3
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	1	0.021	0.011	0.027	8

อาคาร	จุดที่	Standard Error			จำนวนภาพ ที่ปรากฏ
		E (m)	N (m)	H (m)	
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	2	0.022	0.074	0.099	6
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	3	0.057	0.406	0.574	3
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	4	0.079	0.039	0.084	6
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	5	0.022	0.016	0.030	9
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	6	0.031	0.032	0.055	9
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	7	0.051	0.142	0.221	5
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	8	0.034	0.042	0.060	10
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	9	0.037	0.038	0.055	12
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	10	0.020	0.021	0.031	15
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	11	0.027	0.040	0.069	6
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	12	0.031	0.027	0.051	12
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	13	0.036	0.084	0.110	6
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	14	0.079	0.114	0.205	4
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	15	0.018	0.020	0.032	10
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	16	0.044	0.027	0.053	6
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	1	0.113	0.052	0.126	5
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	2	0.125	0.036	0.135	4
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	3	0.048	0.056	0.074	3
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	4	0.045	0.031	0.054	11
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	1	0.164	0.028	0.255	2
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	2	0.381	0.218	0.365	3
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	3	0.281	0.466	0.404	2
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	4	0.115	0.181	0.171	4
7-11 1 ชั้น (9)	1	0.080	0.052	0.088	5

อาคาร	จุดที่	Standard Error			จำนวนภาพ ที่ปรากฏ
		E (m)	N (m)	H (m)	
7-11 1 ชั้น (9)	2	0.386	0.154	0.470	3
7-11 1 ชั้น (9)	3	0.092	0.107	0.105	4
7-11 1 ชั้น (9)	4	0.028	0.025	0.030	6
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	1	0.052	0.029	0.053	8
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	2	0.029	0.041	0.054	5
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	3	0.016	0.011	0.019	11
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	4	0.017	0.014	0.020	18
อพาร์ทเมนต์ 4 ชั้น ขาว (11)	1	0.030	0.022	0.039	16
อพาร์ทเมนต์ 4 ชั้น ขาว (11)	2	0.099	0.105	0.134	9
อพาร์ทเมนต์ 4 ชั้น ขาว (11)	3	0.050	0.035	0.068	7
อพาร์ทเมนต์ 4 ชั้น ขาว (11)	4	0.018	0.012	0.024	13
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	1	0.022	0.036	0.057	4
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	2	0.034	0.028	0.052	11
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	3	0.041	0.029	0.059	9
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	4	0.012	0.012	0.018	8

## CHULALONGKORN UNIVERSITY

### 5.3.2 การประเมินความคลาดเคลื่อนสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ของงานรังวัดภาคพื้นดิน

ในการรังวัดค่าพิกัดมุมอาคารด้วยวิธีการรังวัดภาคพื้นดิน สามารถประเมินความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งที่สามารถเกิดขึ้นได้สูงสุดที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธีการคำนวณจากการแพร่กระจายความคลาดเคลื่อน (Error Propagation) โดยต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลและวิธีการที่ใช้รังวัดดังต่อไปนี้

- กล้องสำรวจมีความถูกต้องในการวัดมุมตามมาตรฐาน DIN 18723 เท่ากับ 3 ฟลิปดา
- กล้องสำรวจมีความถูกต้องในการวัดระยะแบบ Reflectorless  $\pm 3$  มม.+ 3 ppm
- กล้องสำรวจมีระบบ Dual Axis Compensator ที่มีความถูกต้อง 0.3 ฟลิปดา

- การร้งวัดเก็บรายละเอียดกระทำโดยการร้งวัดด้วยกล้องหน้าเดียว
- ประมาณการความคลาดเคลื่อนของการตั้งกล้องไม่ตรงจุด  $\pm 1$  มิลลิเมตร
- ประมาณการความคลาดเคลื่อนของการตั้งเป้าหลังไม่ตรงจุด  $\pm 1$  มิลลิเมตร
- ประมาณการความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งธงหน้าแบบไม่ใช่เป้า  $\pm 10$  มิลลิเมตร
- ระยะธงหลังเฉลี่ย 40 เมตร
- ระยะธงหน้าที่ไกลที่สุด 11 เมตร และไกลที่สุด 165 เมตร
- มุมตั้งที่มากที่สุดในการเล็งธงหลัง 2 องศาและมุมตั้งที่มากที่สุดในการเล็งธงหน้า 20 องศา

จากข้อมูลข้างต้นสามารถทำการคำนวณหาความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นด้วยสมการที่ได้แสดงไว้ในหัวข้อ 2.11 ได้ดังต่อไปนี้

- 1) ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการเล็งเป้าและการอ่านจานองศาเท่ากับ  $\pm 6$  ฟลิปดา
- 2) ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งเป้าไม่ตรงจุด แบ่งเป็น 2 กรณี คือ
  - ระยะธงหน้าที่ไกลที่สุด (7.4 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 278.8$  ฟลิปดา
  - ระยะธงหน้าที่ไกลที่สุด (136.1 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 16$  ฟลิปดา
- 3) ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งกล้องไม่ตรงจุด แบ่งเป็น 2 กรณี คือ
  - ระยะธงหน้าที่ไกลที่สุด (7.4 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 23.4$  ฟลิปดา
  - ระยะธงหน้าที่ไกลที่สุด (136.1 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 4.7$  ฟลิปดา
- 4) ความคลาดเคลื่อนของมุมที่เกิดจากการตั้งกล้องไม่ได้ระดับเท่ากับ  $\pm 0.11$  ฟลิปดา
- 5) ความคลาดเคลื่อนรวมของการร้งวัดมุมรวม  $1)+2)+3)+4)$  แบ่งเป็น 2 กรณี คือ
  - ระยะธงหน้าที่ไกลที่สุด (7.4 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 279.8$  ฟลิปดา
  - ระยะธงหน้าที่ไกลที่สุด (136.1 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 17.7$  ฟลิปดา
- 6) ความคลาดเคลื่อนของแอสิมัท แบ่งเป็น 2 กรณี คือ
  - ระยะธงหน้าที่ไกลที่สุด (7.4 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 280.5$  ฟลิปดา
  - ระยะธงหน้าที่ไกลที่สุด (136.1 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 26.7$  ฟลิปดา
- 7) ความคลาดเคลื่อนของการวัดระยะทางเท่ากับ  $\pm 10.50$  มิลลิเมตร (ระยะธงหน้า 7.4 เมตร และ 136.1 เมตร ให้ผลความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างกัน)

- 8) ความคลาดเคลื่อนของระยะตะวันออก (Latitude) แบ่งเป็น 2 กรณี คือ
- ระยะธงหน้าที่ใกล้สุด (7.4 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.010$  เมตร
  - ระยะธงหน้าที่ไกลสุด (136.1 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.015$  เมตร
- 9) ความคลาดเคลื่อนของระยะเหนือ (Departure) แบ่งเป็น 2 กรณี คือ
- ระยะธงหน้าที่ใกล้สุด (7.4 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.010$  เมตร
  - ระยะธงหน้าที่ไกลสุด (136.1 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.015$  เมตร
- 10) ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 68% แบ่งเป็น 2 กรณี คือ
- ระยะธงหน้าที่ใกล้สุด (7.4 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.014$  เมตร
  - ระยะธงหน้าที่ไกลสุด (136.1 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.021$  เมตร
- 11) ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แบ่งเป็น 2 กรณี คือ
- ระยะธงหน้าที่ใกล้สุด (7.4 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.028$  เมตร
  - ระยะธงหน้าที่ไกลสุด (136.1 เมตร) มีความคลาดเคลื่อน  $\pm 0.042$  เมตร

#### 5.4 ผลการเปรียบเทียบรอยพิมพ์ฐานอาคาร

##### 5.4.1 การเปรียบเทียบโดยใช้ค่าพิกัดมุมอาคารแบบจุดต่อจุด

ผลการเปรียบเทียบค่าพิกัดมุมอาคารที่รังวัดได้จากภาพถ่ายเฉียงและการรังวัดภาคพื้นดินแบบจุดต่อจุดจำนวน 67 จุด ให้ผลดังต่อไปนี้

- |  |   |            |
|--|---|------------|
| - RMSE ทาง Easting   | = | 0.164 เมตร |
| - RMSE ทาง Northing  | = | 0.168 เมตร |
| - RMSE รวม   | = | 0.235 เมตร |
| - ความถูกต้องทางราบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามมาตรฐานของ NSSDA | = | 0.401 เมตร |

โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังแสดงในภาคผนวก ค

#### 5.4.2 การเปรียบเทียบรูปร่างโดยระยะฮาวส์ดอร์ฟ

รอยพิมพ์ฐานอาคารที่ถูกวัดจากภาพถ่ายเฉียงและจากการรังวัดภาคพื้นดิน สามารถนำมาคำนวณหาระยะฮาวส์ดอร์ฟ (Hausdorff Distance) ระหว่างข้อมูลทั้งสองชุดด้วยวิธีการตามที่ได้นำเสนอไปในหัวข้อ 2.7

ตารางที่ 5.5 ระยะฮาวส์ดอร์ฟระหว่างรอยพิมพ์ฐานอาคารที่ได้จากการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงและจากการรังวัดภาคพื้นดิน

อาคาร	$h(A,B)$	$h(B,A)$	$H(A,B)$
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	0.132	0.132	0.132
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	0.420	0.420	0.420
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	0.269	0.269	0.269
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	0.140	0.140	0.140
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	0.579	0.579	0.579
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	0.452	0.452	0.452
เอเพ็กซ์ ซ็อบ 1 ชั้น (7)	0.331	0.331	0.331
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	0.261	0.261	0.261
ร้าน 7-11 1 ชั้น (9)	0.285	0.285	0.285
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	0.223	0.223	0.223
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	0.285	0.285	0.285
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	0.290	0.290	0.290
<b>Average <math>H(A,B)</math></b>			<b>0.306</b>

ระยะฮาวส์ดอร์ฟที่คำนวณได้สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบความแตกต่างของรอยพิมพ์ฐานอาคาร โดยการหาค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error) ด้วยวิธีการที่ได้นำเสนอไปในหัวข้อ 2.8

ตารางที่ 5.6 สรุปผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของรอยพิมพ์ฐานอาคารของแผนที่มาตราส่วนใหญ่

อาคาร	H(A,B)	Degree of Mismatch (%)		
		1:500	1:1,000	1:2,000
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	0.132	5%	0%	0%
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	0.420	100%	68%	0%
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	0.269	100%	8%	0%
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	0.140	12%	0%	0%
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	0.579	100%	100%	16%
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	0.452	100%	81%	0%
เอเพ็กซ์ ซีโอป 1 ชั้น (7)	0.331	100%	33%	0%
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	0.261	100%	5%	0%
ร้าน 7-11 1 ชั้น (9)	0.285	100%	14%	0%
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	0.223	78%	0%	0%
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	0.285	100%	14%	0%
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	0.290	100%	16%	0%
<b>Average H(A,B)</b>	<b>0.306</b>			

ในการพิจารณาความแตกต่างของรอยพิมพ์ฐานของอาคารที่ได้จากการรังวัดทั้งสองวิธีนั้น จะบ่งบอกได้ว่ารอยพิมพ์ฐานทั้งสองมีความแตกต่างกันก็ต่อเมื่อเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างมีค่ามากกว่า 20% ขึ้นไป หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเมื่อ Degree of Mismatch <20% อาคารที่รังวัดจากทั้งสองวิธีมีความคล้ายคลึงกัน ซึ่งจากตารางที่ 5.6 จะเห็นได้ว่า

- แผนที่มาตราส่วน 1:500 อาคารมีความเหมือนกัน 2 อาคารจาก 12 อาคาร คิดเป็นจำนวน 17%
- แผนที่มาตราส่วน 1:1,000 อาคารมีความเหมือนกัน 8 อาคารจาก 12 อาคาร คิดเป็นจำนวน 67%
- แผนที่มาตราส่วน 1:2,000 อาคารมีความเหมือนกัน 12 อาคารจาก 12 อาคาร คิดเป็นจำนวน 100%



## บทที่ 6

### สรุปผลการวิจัย

#### 6.1 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยที่ได้นำเสนอไปในบทที่ 5 แล้วนั้น มีประเด็นที่สามารถนำมาอภิปรายได้ดังต่อไปนี้

##### 6.1.1 การเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน

งานวิจัยเกี่ยวกับการรังวัดด้วยภาพถ่ายเฉียงในช่วงหลายปีที่ผ่านมานับได้ว่าสามารถสร้างความน่าตื่นตื้นเต้นให้วงการรังวัดด้วยภาพถ่ายเป็นอย่างมาก เนื่องจากผลการวิจัยที่ได้แสดงให้เห็นแล้วว่าภาพถ่ายเฉียงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของรังวัดด้วยภาพถ่ายได้อย่างดียิ่ง ดังจะเห็นได้จากตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Cavegn et al.(2014) ได้แสดงให้เห็นว่าภาพถ่ายเฉียงสามารถสร้างพื้นผิวด้านข้างของอาคารได้อย่างถูกต้องใกล้เคียงกับ TSL(Terrestrial Laser Scanner) นอกจากนั้นแล้วงานวิจัยของ Aicardi et al.(2016) ยังช่วยตอกย้ำให้เห็นว่าแม้แต่ภาพถ่ายเฉียงที่ถ่ายจากกล้องถ่ายภาพ Compact Camera ที่ติดตั้งบน UAV นั้นสามารถนำมาสร้างพื้นผิวด้านข้างของอาคารที่มีความถูกต้องไม่แพ้ TSL เช่นเดียวกัน ซึ่งในหัวข้อนี้จะเป็นการอภิปรายลักษณะวิธีการดำเนินงานวิจัยและผลของการวิจัยการประยุกต์ใช้ระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงบนอากาศยานไร้คนขับเพื่อรังวัดรอยพิมพ์ฐานอาคารเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกันดังต่อไปนี้

- 1) งานวิจัยของ Aicardi et al.(2016) ซึ่งถือว่าเป็นงานวิจัยชิ้นแรก ๆ ที่ได้ทำการติดตั้งกล้องถ่ายภาพเฉียงบน UAV เพื่อศึกษาแบบจำลอง 3D ของอาคาร และยังเป็นต้นแบบของงานวิจัยอีกหลาย ๆ ชิ้น ได้ให้ผลความแตกต่างระหว่าง DSM ที่สังเคราะห์ได้จากข้อมูลจาก TSL ในระดับ 0.02 เมตร ซึ่งถือว่ามีความใกล้เคียงกันมาก งานวิจัยของ Aicardi et al. นั้นมีข้อแตกต่างที่สำคัญหลายประการโดยเฉพาะในแง่ของวิธีการดำเนินการวิจัยที่แตกต่างจากงานวิจัยในครั้งนี้ คือ
  - การบินถ่ายภาพเฉียงของอาคารที่ศึกษานั้นเป็นการบินในลักษณะเป็นวงกลมรอบอาคารที่ต้องการศึกษา ซึ่งการบินถ่ายภาพในลักษณะนี้ทำให้สามารถบันทึกรายละเอียดของอาคารได้ค่อนข้างจะครบถ้วนในทุกมุมมอง ประกอบกับการบิน

ถ่ายภาพกระทำที่ระดับความสูงที่ต่ำมาก คือ ที่ระดับ 20 เมตรเหนือพื้นดิน แม้ว่าระยะห่างในแนวราบจากตัวอาคารจะไม่ได้ระบุ แต่ภาพถ่ายที่ได้ให้ GSD ที่ละเอียดถึง 0.5 เซนติเมตร ซึ่งถือว่ามีความละเอียดที่สูงมาก นอกจากนั้นแล้วยังมีการบินถ่ายภาพตั้งที่ระดับความสูง 20 เมตรเหนืออาคารที่ศึกษาด้วยเช่นกัน

- ในการประมวลผลภาพถ่ายใช้ทั้งภาพถ่ายตั้งและภาพถ่ายเฉียงประมวลผลร่วมกัน ส่งผลให้มีส่วนซ้อนของภาพเป็นจำนวนมากทำให้มีการโยยยิตระหว่างภาพที่แข็งแรงและให้มุมมองต่าง ๆ ของอาคารที่เกือบจะมีรายละเอียดครบถ้วนสมบูรณ์ ประกอบกับภาพมี GSD ที่ละเอียดสูงจึงส่งผลให้ DSM ที่สังเคราะห์ได้มีคุณภาพสูงตาม ในขณะที่งานวิจัยนี้ใช้วิธีการรังวัดตำแหน่งจุดที่สนใจโดยตรงด้วยวิธีการรังวัดแบบหลายมุมมองโดยมิได้ทำการสังเคราะห์ DSM ขึ้นมาเลย เนื่องจากตำแหน่งที่ต้องการรังวัดนั้นยากต่อการสร้าง Point Cloud
- การบันทึกภาพถ่ายเฉียงแบบเน้นไปที่อาคารที่ต้องการศึกษาโดยตรงโดยมีระยะห่างจากสิ่งที่ต้องการศึกษาไม่มากนัก และการนำภาพถ่ายตั้งมาใช้ร่วมในการประมวลผล ทำให้ผลของการรังวัดที่ได้มีความละเอียดถูกต้องสูงกว่างานวิจัยในครั้งนี้อย่างเห็นได้ชัดจากการบินถ่ายภาพแบบกริดที่ระดับความสูง 215 เมตรเหนือพื้นดินซึ่งให้ GSD ที่หยากกว่า

- 2) งานวิจัยของ Vacca et al.(2017) ได้ทำการวิจัยที่มีวิธีดำเนินงานคล้ายคลึงกับ Aicardi et al., (2016) เป็นอย่างมาก แตกต่างกันเพียงแต่รุ่นของกล้องถ่ายภาพและระดับความสูงของการบินถ่ายตั้งและภาพเฉียงเท่านั้น คือ Vacca et al. ทำการบินถ่ายภาพเฉียงที่ระดับความสูง 50 เมตรได้ขนาด GSD 1.2 เซนติเมตรและถ่ายภาพตั้งที่ระดับความสูง 90 เมตรได้ขนาด GSD 2.2 เซนติเมตร ซึ่งผลการวิจัยให้ความแตกต่างของ DSM ที่สังเคราะห์ได้จากการประมวลผลภาพถ่ายเฉียงร่วมกับภาพถ่ายตั้งมีค่าประมาณ 0.03 เมตรใกล้เคียงกับผลงานวิจัยของ Aicardi et al. ดังนั้นข้อเปรียบเทียบระหว่างงานวิจัยของ Vacca et al.กับงานวิจัยในครั้งนี้อย่างเห็นได้ชัดจึงเป็นไปในทิศทางเดียวกับข้อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Aicardi et al.ที่ได้กล่าวถึงไปก่อนหน้านี้

- 3) งานวิจัยของ Eu et al., (2019) ได้ทำการสร้างแบบจำลอง 3D จากกล้องถ่ายภาพที่ติดตั้งมาพร้อมกับ UAV ราคาประหยัดอย่าง DJI Phantom 4 Professional โดยผลการวิจัยที่ได้สามารถรังวัดจุดตรวจสอบได้ถูกต้องถึงระดับ 2-3 เซนติเมตร ซึ่งงานวิจัยของ Eu et al. มีทั้งความแตกต่างและคล้ายคลึงกับงานวิจัยในครั้งนี้ได้แก่
- การบินถ่ายภาพของ Eu et al. ได้ทำการบินถ่ายภาพดิ่งแบบกริดที่ระดับความสูงประมาณ 91 เมตรมีขนาด GSD เท่ากับ 2.25 เซนติเมตร โดยมีส่วนซ้อนด้านหน้า 80% และส่วนซ้อนด้านข้าง 80% และมีการบินเสริมในแนวตั้งฉาก (Double Flight) ส่วนการบินถ่ายภาพเฉยนั้นใช้การบินเป็นวงกลมรอบอาคารที่ทำการศึกษาระยะใกล้ (มิได้ระยะห่างจากตัวอาคารและความสูงที่บินถ่ายภาพ) ในขณะที่งานวิจัยนี้ทำการบินถ่ายภาพแบบ Single Flight ที่ระดับความสูง 215 เมตรมีขนาด GSD 3 เซนติเมตร โดยมีส่วนซ้อนด้านหน้า 80% และส่วนซ้อนด้านข้าง 60%
  - จุดตรวจสอบในงานวิจัยของ Eu et al. นั้นเป็นจุดที่ถูกสร้างขึ้นด้วยแผ่นไว้นิลขนาด 1.50 เมตร×1.50 เมตร ทาสีขาวสลับดำ วางไว้บนพื้นดินบริเวณรอบ ๆ อาคารที่ทำการศึกษาและทำการรังวัดค่าพิกัดของจุดตรวจสอบด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS โดยวิธี RTK ส่วนจุดตรวจสอบในงานวิจัยนี้เป็นจุดมุมอาคารและใช้วิธีการรังวัดค่าพิกัดด้วยกล้อง Total Station จะเห็นได้ว่าจุดตรวจสอบในงานวิจัยของ Eu et al. นั้นมีความเด่นชัดปราศจากความคลุมเครือ ในขณะที่ตำแหน่งมุมอาคารที่ใช้รังวัดตรวจสอบในงานวิจัยนี้นั้นเป็นจุดตรวจสอบตามธรรมชาติซึ่งจะมีความคลุมเครือไม่ชัดเจนมากกว่า รวมถึงวิธีการที่ใช้ในการรังวัดจุดตรวจสอบที่ต่างกันอย่างส่งกระทบต่อค่าพิกัดของจุดตรวจสอบด้วยอีกประการหนึ่ง ซึ่งผลลัพธ์ของวิธีการรังวัดจุดตรวจสอบด้วยกล้อง Total Station จะมีการอธิบายในหัวข้อถัดไป
  - ผลงานวิจัยของ Eu et al. ที่ได้ค่าความถูกต้องของจุดตรวจสอบที่สูงกว่างานวิจัยนี้อาจมีสาเหตุมาจากข้อเท็จจริงที่ได้กล่าวไปในข้างต้น คือ ระดับการบินถ่ายภาพที่ต่ำกว่าซึ่งให้ค่า GSD ที่ละเอียดกว่า การบินถ่ายภาพแบบ

Double Flight และการนำภาพถ่ายดึงมารวมประมวลผลช่วยให้ DSM ที่สังเคราะห์ได้มีคุณภาพที่ดีกว่าการใช้ภาพถ่ายเฉียงเพียงอย่างเดียว จุดตรวจสอบที่ถูกสร้างขึ้นมีความคลุมเครือน้อยกว่าจุดตรวจสอบตามธรรมชาติ และสุดท้ายคือวิธีการรังวัดค่าพิกัดของจุดตรวจสอบที่แตกต่างกัน

- 4) งานวิจัยของ Zhang et al.(2020) ได้ทำการศึกษาการสร้างแบบจำลอง 3D จากกล้องถ่ายภาพแบบพาโนรามา 360 ที่ติดตั้งบน UAV ซึ่งผลการศึกษาที่ได้พบว่าการวัดความยาวของหลังคาอาคารบนแบบจำลอง 3D ที่ได้จากการประมวลภาพถ่ายเฉียง มีความแตกต่างจากการวัดบนแบบจำลอง 3D ที่ได้จาก TSL ประมาณ 0.03 เมตร โดยงานวิจัยของ Zhang et al. มีความแตกต่างและคล้ายคลึงกับงานวิจัยในครั้งนี้ได้แก่
- การบินถ่ายภาพเป็นการบินถ่ายภาพแบบกริดเช่นเดียวกัน แต่งานวิจัยของ Zhang et al. ไม่ได้ระบุความสูงและส่วนซ้อนด้านหน้าและด้านหลังของการบินถ่ายภาพ เนื่องจากระบบ UAV ที่ใช้ทำการวิจัยไม่มีอุปกรณ์ POS (Position and Orientation System) แต่ในภายหลังได้นำภาพพาโนรามา 360 องศา มาแปลงเป็นภาพถ่ายเฉียงที่มีขนาด GSD 2 เซนติเมตร โดยภาพถ่ายพาโนรามา 1 ภาพสามารถแปลงออกมาเป็นภาพถ่ายธรรมดาได้มากถึง 9 ภาพ (เป็นภาพเฉียง 8 ทิศทางด้านข้างและภาพตั้ง 1 ทิศทางด้านตั้ง) ซึ่งทำให้ภาพถ่ายเฉียงที่นำมาใช้ประมวลผลได้มีจำนวนมากกว่า 2,000 ภาพ
  - เมื่อพิจารณาจากผลการตรวจสอบการวัดความยาวของหลังคาอาคารที่วัดบนแบบจำลอง 3D ของอาคาร เทียบกับผลการรังวัดค่าพิกัดของมุมอาคารในงานวิจัยนี้ ถือว่างานวิจัยของ Zhang et al. ให้ความถูกต้องอยู่ระดับเซนติเมตร ในขณะที่งานวิจัยครั้งนี้อยู่ในระดับเดซิเมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาจากข้อเท็จจริงข้างต้นแล้วจะเห็นได้ว่าข้อแตกต่างที่ทำให้ผลการตรวจสอบของงานวิจัยทั้ง 2 งานนี้มีความแตกต่างกันคือ ขนาด GSD ของภาพถ่ายที่ใช้ประมวลผลและจำนวนภาพถ่ายที่ครอบคลุมหลาย ๆ มุมมองที่นำมาใช้ในการประมวลผลรวมถึงการมีภาพถ่ายดึงมาใช้ในการร่วมประมวลผล จะให้ผลของการตรวจสอบ

ออกมาค่อนข้างดีกว่า ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยทั้ง 3 ชิ้นที่ได้เปรียบ  
เทียบไปในข้อก่อนหน้านี้

#### 6.1.2 การรังวัดค่าพิกัดจุดตรวจสอบด้วยกล้อง Total Station

โดยทั่วไปจุดตรวจสอบมักจะถูกคัดเลือกจากจุดที่มีความเด่นชัด (Well Defined) สามารถมองเห็นได้ง่ายและไม่ก่อให้เกิดข้อสงสัยหรือเสี่ยงต่อการเข้าใจที่คลาดเคลื่อน สามารถเข้าถึงและกระทำการรังวัดได้โดยง่าย การรังวัดค่าพิกัดของจุดตรวจสอบนั้นจะกระทำด้วยเครื่องมือที่มีความละเอียดถูกต้องสูงมากอย่างเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS เลเซอร์สแกนเนอร์ หรือกล้อง Total Station ที่สามารถอ่านจานองศาได้ถูกต้องถึง 1 ฟิลิปดาตามมาตรฐานของ DIN 18723 ด้วยวิธีการรังวัดมุมอย่างน้อย 2 ชุดขึ้นไป (ซึ่งจะให้ความถูกต้องของการอ่านจานองศาราบและการเล็งเป้ามีความถูกต้องถึงระดับ 1 ฟิลิปดาที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) รวมถึงสามารถวัดระยะทางได้อย่างละเอียดถูกต้องสูง การรังวัดตำแหน่งของจุดตรวจสอบจะต้องกระทำด้วยความประณีต เช่น การตั้งเครื่องมือรังวัดให้ตรงกับตำแหน่งของจุดควบคุมค่าพิกัดและจุดตรวจสอบ การควบคุมเครื่องมือรังวัดให้ได้ระดับการเล็งเป้าให้ตรงจุด เป็นต้น สำหรับจุดตรวจสอบของงานวิจัยนี้ได้แก่มุมอาคารที่ต้องการจะนำมาวาดรูปรอยพิมพ์ฐานอาคาร ซึ่งหากพิจารณาตามข้อเท็จจริงแล้วจะเห็นได้ว่าเป็นจุดตรวจสอบที่ยังมีความคลุมเครือและไม่ชัดเจนสูงเนื่องจากไม่สามารถหลีกเลี่ยงการบดบังจากสิ่งแวดล้อมรอบข้างได้ แต่เนื่องด้วยเหตุที่เป็นเป้าหมายหลักสำคัญในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จึงเป็นการยากที่จะละเว้นไม่กระทำการรังวัดเนื่องจากจะทำให้รอยพิมพ์ฐานของอาคารขาดความสมบูรณ์ ดังนั้นการรังวัดตำแหน่งมุมอาคารในครั้งนี้จึงหลีกเลี่ยงไม่พ้นจากความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากการเล็งตำแหน่งของมุมอาคาร ในการรังวัดค่าพิกัดของมุมอาคารดังกล่าวกระทำโดยใช้กล้อง Total Station ที่มีความถูกต้องในการอ่านจานองศาและการเล็งเป้า 3 ฟิลิปดา ตามมาตรฐานของ DIN 18723 และมีความถูกต้องของการวัดระยะทางแบบ Reflectorless  $\pm 3$  มม.+ 3 ppm กระทำการรังวัดตำแหน่งมุมอาคารด้วยวิธีการเดียวกับที่ใช้ในการรังวัดเก็บรายละเอียดทั่วไปนั่นคือการรังวัดด้วยกล้องหน้าเดียว ซึ่งผลของความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งเชิงเส้นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่เกิดจากการแพร่กระจายของความคลาดเคลื่อนชนิดต่าง ๆ ดังที่ได้แสดงในหัวข้อ 5.3.2 มีค่าสูงสุด

เท่ากับ  $\pm 0.042$  เมตร ซึ่งมีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ของแผนที่มาตราส่วน 1:200 และสามารถอนุมานได้ว่ามีความถูกต้องเพียงพอที่จะนำไปใช้เป็นจุดตรวจสอบสำหรับการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงได้ แต่อย่างไรก็ดีการคำนวณหาความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งเชิงเส้นในครั้งนี้นี้ได้นำผลของอุณหภูมิในขณะที่ทำการรังวัดมาพิจารณาด้วย ซึ่งผลของอุณหภูมิจะส่งผลกระทบต่อความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะทางเมื่ออุณหภูมิมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากการรังวัดตำแหน่งของมุมอาคารในครั้งนี้นำมาเมื่อต้นเดือนพฤศจิกายน 2562 ซึ่งมีค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยต่อวัน 31 องศาเซลเซียส จึงอนุมานว่าอุณหภูมิดังกล่าวส่งผลกระทบต่อรังวัดเพียงเล็กน้อยหรือไม่ส่งผลกระทบเลย นอกจากนั้นแล้วการคำนวณความคลาดเคลื่อนเชิงเส้นครั้งนี้นี้ได้นำผลกระทบจากความโค้งของโลกและการหักเหของแสงมาคำนวณ เนื่องจากค่าพิกัดของจุดตรวจสอบที่ต้องการคือค่าพิกัดทางราบ แต่หากต้องการทำการรังวัดค่าพิกัดทางตั้งของตำแหน่งมุมอาคารด้วยแล้วจะต้องนำผลกระทบจากความโค้งของโลกมาทำการคำนวณร่วมด้วย

#### 6.1.3 การเปรียบเทียบความถูกต้องในการรังวัดตำแหน่งของมุมอาคารบนภาพถ่ายเฉียง

จากผลการดำเนินการเปรียบเทียบค่าพิกัดมุมอาคารแบบจุดต่อจุดจากตารางภาคผนวก ค นั้น ปรากฏว่าค่า RMS ของความแตกต่างระหว่างรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงกับการรังวัดภาคสนามตำแหน่งมุมอาคารจำนวน 67 จุด มีค่าเท่ากับ 0.235 เมตร ในขณะเดียวกัน หากพิจารณาความไม่ลงรอยกันของตำแหน่งมุมอาคารที่ได้จากวิธีการหาระยะฮาวส์ดอร์ฟพบว่าค่าเฉลี่ยของระยะฮาวส์ดอร์ฟที่แสดงในตารางที่ 5.5 นั้น มีค่าเท่ากับ 0.306 เมตร (มีค่าใกล้เคียงกับค่า RMS ที่ได้จากการเปรียบเทียบแบบจุดต่อจุด) และเมื่อพิจารณาเกณฑ์ความถูกต้องทางราบของแผนที่มาตราส่วนต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ASPRS จากตาราง

#### 6.1

ตารางที่ 6.1 มาตรฐานความถูกต้องราบของแผนที่มาตราส่วนต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ASPRS

Map Scale	RMSE (m.)		
	Class 1	Class 2	Class 3
1:50	0.0125	0.0250	0.0375
1:100	0.025	0.050	0.075
1:200	0.050	0.100	0.150
1:500	0.125	0.250	0.375
1:1,000	0.25	0.50	0.75
1:2,000	0.50	1.00	1.50
1:4,000	1.00	2.00	3.00
1:5,000	1.25	2.50	3.75
1:10,000	2.50	5.00	7.50
1:20,000	5.00	10.00	15.00

สามารถกล่าวได้ว่า รอยพิมพ์ฐานอาคารที่ได้จากการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงสามารถนั้นมี ความถูกต้องเพียงพอที่จะนำมาแสดงบนแผนที่มาตราส่วน 1:1,000 Class 1 ตามมาตรฐาน ASPRS ไปจนถึงแผนที่มาตราส่วน 1:5,000 Class 1 ที่นิยมใช้ในงาน GIS ได้ โดยความคลาดเคลื่อนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นจากรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงนั้น เกิดจากความคลุมเครือในการมองเห็นตำแหน่งของมุมอาคาร ซึ่งถูกบดบังจากสิ่งแวดล้อมรอบข้าง เช่น ต้นไม้ที่ปลูกไว้ใกล้ อาคาร หรือการบดบังกันระหว่างอาคารที่อยู่ใกล้ชิดกันมาก เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลให้จำนวน ภาพที่ปรากฏตำแหน่งของมุมอาคารที่ต้องการจะรังวัดมีจำนวนน้อยลง ทำให้มีค่า Redundancy ของการรังวัดลดลง และลดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของจุดรังวัดดังกล่าวลง ตามลำดับ

#### 6.1.4 การเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของรอยพิมพ์ฐานอาคาร

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความไม่ลงรอยกัน (Degree of Mismatch) ของรอยพิมพ์ ฐานอาคารดังแสดงในตารางที่ 5.6 โดยพิจารณาจากอาคารที่มีความแตกต่างกันน้อยกว่า

20% (ค่า Degree of Mismatch <20%) ขึ้นไปพบว่า แผนที่มาตราส่วน 1:500 มีความลงรอยกันน้อยที่สุด (ลงรอยกันจำนวน 2 อาคารจากทั้งหมด 12 อาคาร) แผนที่มาตราส่วน 1:1,000 อาคารส่วนใหญ่มีความลงรอยกัน (ลงรอยกันจำนวน 8 อาคารจากทั้งหมด 12 อาคาร) และแผนที่มาตราส่วน 1:2,000 อาคารทุกหลังมีความลงรอยกัน (ลงรอยกันจำนวน 12 อาคารจากทั้งหมด 12 อาคาร) จึงกล่าวได้ว่าการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงสามารถนั้นสามารถที่จะสร้างรอยพิมพ์ฐานอาคารที่มีความถูกต้องเพียงพอสำหรับการนำไปแสดงบนแผนที่มาตราส่วน 1:1,000 ไปจนถึงแผนที่ 1:5,000 ได้เช่นเดียวกันกับการพิจารณาความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่ได้กล่าวไปในข้อก่อนหน้านี้

## 6.2 สรุปผลการวิจัย

จากผลการเปรียบเทียบระหว่างงานวิจัยที่คล้ายคลึงกันดังที่ได้อภิปรายไปในข้อ 6.1.1 แล้วนั้น พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่ที่นำมาเปรียบเทียบให้ผลของความแตกต่างระหว่างงานรังวัดด้วยภาพถ่ายเฉียงกับสิ่งทีนำมาใช้ในการตรวจสอบในระดับเซนติเมตร ในขณะที่งานวิจัยนี้ให้ผลความแตกต่างในระดับเดซิเมตร ซึ่งเมื่อพิจารณารายละเอียดของวิธีดำเนินการวิจัยแล้วพบว่า มีข้อแตกต่างบางประการที่อาจจะส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ของงานวิจัยที่แตกต่างกัน ได้แก่

- ขนาด GSD ของภาพถ่ายที่ใช้ในการประมวลผล ซึ่งขึ้นอยู่กับความสูงที่ใช้ในการบินถ่ายภาพ โดยงานวิจัยทั้งหมดนำมาเปรียบเทียบพบว่า มีระดับของการบินถ่ายภาพที่ต่ำกว่าและมีขนาด GSD ที่ละเอียดกว่างานวิจัยนี้
- รูปแบบของแบบการบินถ่ายภาพที่เน้นบันทึกรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการศึกษาในทุกมุมมอง เช่น การบินในลักษณะที่เป็นวงกลมรอบอาคารที่มุ่งเน้นศึกษาเพื่อเก็บภาพของอาคารในทุกทิศทาง ในขณะที่งานวิจัยนี้เป็นการบินแบบ Single Flight Grid เพื่อบันทึกภาพในบริเวณกว้าง
- การประยุกต์ใช้อุปกรณ์เพื่อเน้นเก็บรายละเอียดในทุกมุมมองของสิ่งที่ต้องการศึกษา เช่น การใช้กล้องถ่ายภาพแบบพาโนรามา 360 องศาที่สามารถนำมาสร้างเป็นภาพถ่ายเฉียงได้ถึง 9 ทิศทางต่อการถ่ายภาพพาโนรามา 1 ครั้ง ในขณะที่ระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงของงานวิจัยนี้ให้ภาพถ่ายเพียง 2 ทิศทางในการถ่ายภาพ 1 ครั้ง



- การใช้ภาพถ่ายตั้งในการร่วมประมวลผลกับภาพถ่ายเฉียงซึ่งเป็นจุดร่วมที่งานวิจัยทุกชิ้นที่นำมาเปรียบเทียบในครั้งนี้มีเหมือนกัน แต่งานวิจัยนี้ปราศจากภาพถ่ายตั้งในการใช้ประมวลผลร่วมกับภาพถ่ายเฉียง ตามหลักการรังวัดจากภาพถ่ายทางอากาศโดยทั่วไปแล้วจะเป็นการรังวัดจากภาพถ่ายตั้งเป็นหลัก การปราศจากภาพถ่ายตั้งในงานวิจัยครั้งนี้อาจเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่สูงกว่างานวิจัยที่คล้ายคลึงกัน การมีภาพถ่ายตั้งจะทำให้ภาพมีการโยงยึดที่แข็งแรงมากขึ้นและเป็นการเพิ่มมุมมองให้แก่การรังวัดบนภาพถ่ายเฉียง โดยภาพถ่ายตั้งจะเป็นเสมือนแกนกลางที่สำคัญให้ภาพถ่ายเฉียงมายึดเกาะ
- การเลือกใช้จุดตรวจสอบที่มีความแตกต่างกัน เช่น การสร้างจุดตรวจสอบขึ้นมาเองหรือการคัดเลือกจากจุดที่มีความเด่นชัดและสามารถรังวัดตรวจสอบค่าพิกัดได้อย่างชัดเจนกับจุดตรวจสอบที่มีความคลุมเครือยากต่อการรังวัดทั้งจากการรังวัดภาคพื้นดินและการรังวัดจากภาพถ่าย เช่น มุมอาคาร เป็นต้น
- การเลือกใช้วิธีการรังวัดและเครื่องมือที่ใช้รังวัดที่แตกต่างกัน เช่น การใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ในการรังวัดค่าพิกัดของจุดตรวจสอบ กับการใช้กล้อง Total Station ด้วยวิธีการอ่านกล้องหน้าเดียวที่ให้ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งที่มากกว่า เป็นต้น

อย่างไรก็ตามแม้จะเลือกใช้จุดตรวจสอบที่มีความคลุมเครือรวมถึงวิธีการรังวัดค่าพิกัดจุดตรวจสอบด้วยกล้อง Total Station แบบหน้าเดียว แต่ผลการรังวัดที่ได้ยังนับได้ว่ามีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ดี คือ มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ของแผนที่มาตราส่วน 1:200 Class 1 (ความถูกต้องดีกว่า 5 เซนติเมตร) ตามมาตรฐาน ASPRS จึงสามารถใช้ค่าพิกัดดังกล่าวในการเปรียบเทียบความถูกต้องของการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงได้ ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบความถูกต้องเชิงตำแหน่งของมุมอาคารที่ได้จากการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงเทียบกับผลการรังวัดภาคพื้นดินด้วยกล้องสำรวจแบบประมวลผลรวม (Total Station) ดังที่ได้อภิปรายไปในข้อ 6.1.3 และผลเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของรอยพิมพ์ฐานอาคาร ดังที่ได้อภิปรายไปในข้อ 6.1.4 สามารถสรุปได้ว่าการรังวัดตำแหน่งมุมอาคารเพื่อวาดรอยพิมพ์ฐานจากภาพถ่ายเฉียงที่ถ่ายด้วยระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงนั้นมีความถูกต้องเพียงพอที่จะนำมาแสดงบนแผนที่มาตราส่วน 1:1,000 Class 1 ไปจนถึงมาตราส่วน 1:5,000 Class 3 ได้

ซึ่งจะให้ประโยชน์ในการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับงานทางด้านผังเมืองได้ และงานวิศวกรรมบางประเภทได้เป็นอย่างดี และยังครอบคลุมไปถึงงาน GIS ที่ต้องการความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ของแผนที่ 1:5,000 ได้ด้วย โดยระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงจะให้ประโยชน์ในด้านความเร็วในการให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการจะรังวัด การหลีกเลี่ยงการเข้าถึงตำแหน่งของข้อมูลที่อยู่ในจุดเสี่ยงภัยหรือเข้าถึงได้ยาก ซึ่งถือว่าเป็นจุดเด่นที่สำคัญของระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงที่จะช่วยลดระยะเวลาและต้นทุนในการรังวัดจัดทำแผนที่มาตราส่วนใหญ่เมื่อเทียบกับการรังวัดภาคพื้นดิน ส่วนข้อจำกัดของการรังวัดบนภาพถ่ายเฉียงนั้น หลีกเลี่ยงไม่พ้นจากเรื่องของการถูกบดบังจากสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ อาคารที่ทำการรังวัด เช่น ต้นไม้ที่ปลูกไว้ใกล้กับตัวอาคาร หรือแม้กระทั่งการบดบังกันของอาคารที่อยู่ใกล้ชิดกัน เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะสร้างความคลุมเครือให้แก่จุดที่ต้องการจะทำการรังวัดส่งผลให้ความถูกต้องที่ได้จากการรังวัดลดน้อยลง

### 6.3 ข้อเสนอแนะ

จากข้อสรุปข้างต้นมีสิ่งที่ต้องการจะเสนอแนะเพื่อปรับปรุงให้ผลของการศึกษาวิจัยต่อเนื่องที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้นดังต่อไปนี้

6.3.1 การลดขนาดของ GSD ลงเพื่อให้ภาพถ่ายที่ได้มีรายละเอียดที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น สามารถกระทำได้ 2 วิธี คือ การลดระดับความสูงของการบินถ่ายภาพหรือการใช้กล้องถ่ายภาพที่มีความละเอียดของจุดภาพที่มากขึ้น

6.3.2 การเพิ่มแนวบินในทิศทางตั้งฉากแบบ Double Flight Grid เนื่องจากระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีการถ่ายภาพเฉียงเพียง 2 ทิศทาง การเพิ่มแนวบินในแนวตั้งฉากจะเป็นการเพิ่มมุมมองของกล้องในอีก 2 ทิศทาง ทำให้เพิ่มมุมมองในการมองเห็นสภาพภูมิประเทศที่ต้องการศึกษาได้มากขึ้น

6.3.3 การปรับเปลี่ยนไปใช้ระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงที่มีการวางตัวของกล้องแบบ 4 ทิศทางหรือมากกว่า จะเป็นการเพิ่มมุมมองในการมองเห็นสภาพภูมิประเทศและสิ่งที่ต้องการศึกษา แต่หากไม่สามารถเปลี่ยนมาใช้กล้องถ่ายภาพแบบ 4 ทิศทางได้แล้ว การเพิ่มแนวบินดังที่ได้กล่าวไปในข้อ 6.3.2 ก็ถือเป็นการแก้ปัญหาในทิศทางเดียวกัน

6.3.4 นำภาพถ่ายนิ่งมาใช้ร่วมในการประมวลผลกับภาพถ่ายเฉียง การเพิ่มภาพถ่ายนิ่งมีข้อดี 3 ประการคือ ประการที่ 1 ภาพถ่ายนิ่งจะเป็นเสมือนแกนกลางให้ภาพถ่ายเฉียงมายึดเกาะ และเป็นการเพิ่มส่วนซ้อนทับที่จะทำให้การโยงยืดระหว่างภาพมีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้น ประการที่ 2 เป็นการช่วยเพิ่มมุมมองต่อวัตถุหรือสิ่งที่ต้องการศึกษาให้มากขึ้น ประการที่ 3 หากมีความต้องการที่จะผลิตภาพตัดแก้หรือไรด้วยแล้วภาพถ่ายนิ่งจะทำให้ภาพตัดแก้หรือไรที่ได้มีความสวยงาม

6.3.5 การรังวัดค่าพิกัดของจุดตรวจสอบด้วยกล้อง Total Station ควรจะกระทำด้วยความประณีตเพื่อให้ค่าพิกัดที่ได้มีความถูกต้องสูงสุด ซึ่งสิ่งที่ควรจะทำได้แก่ การรังวัดตำแหน่งของจุดตรวจสอบควรจะเป็นการเล็งสกัดอย่างน้อย 2 จุดขึ้นไปเพื่อให้มีการสอบทานความถูกต้อง การวัดมุมจะต้องเป็นการวัดแบบ 2 หน้าโดยจะมีจำนวนชุดของการวัดที่ชุดนั้นขึ้นอยู่กับความถูกต้องของการอ่านจานองศาและการเล็งที่ระบุมากับกล้อง Total Station ตามมาตรฐานของ DIN 18723 การตั้งกล้องและเป้าให้ตรงจุดมากที่สุด การตั้งกล้องให้ได้ระดับ การวัดระยะทางให้ได้ค่าเฉลี่ยที่ดีที่สุด รวมถึงการบันทึกอุณหภูมิในขณะที่ทำการรังวัด เป็นต้น

## บรรณานุกรม

- Aicardi, I., Chiabrando, F., Grasso, N., Lingua, A. M., Noardo, F., & Spanò, A. (2016). UAV PHOTOGRAMMETRY WITH OBLIQUE IMAGES: FIRST ANALYSIS ON DATA ACQUISITION AND PROCESSING. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 41.
- American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS). (2013). ASPRS Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. Retrieved from [http://www.asprs.org/a/society/divisions/pad/Accuracy/Draft\\_ASPRS\\_Accuracy\\_Standards\\_for\\_Digital\\_Geospatial\\_Data\\_PE&RS.pdf](http://www.asprs.org/a/society/divisions/pad/Accuracy/Draft_ASPRS_Accuracy_Standards_for_Digital_Geospatial_Data_PE&RS.pdf)
- Cavegn, S., Haala, N., Nebiker, S., Rothemel, M., & Tutzauer, P. (2014). BENCHMARKING HIGH DENSITY IMAGE MATCHING FOR OBLIQUE AIRBORNE IMAGERY. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*.
- Dini, G. R., Jacobsen, K., & Heipke, C. (2013). Delineation of building footprints from high resolution satellite stereo imagery using image matching and a GIS database. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences-ISPRS Archives 40 (2013), 40(1W1)*, 81-85.
- Djimantoro, M. I., & Suhardjanto, G. (2017). *The Advantage by Using Low-Altitude UAV for Sustainable Urban Development Control*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Eu, H. J., Razak, M. S. I. A., Darwin, N., Majid, Z., Ariff, M. F. M., & Idris, K. M. (2019). *3D Model By Using Oblique Images From Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Paper presented at the 2019 IEEE 9th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET).
- FoodNetworkSolution. (2010-2020). Static error/ความคลาดเคลื่อนสถิต. Retrieved from <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4298/static-error-ความคลาดเคลื่อนสถิต>

- Grégoire, N., & Bouillot, M. (1998). Hausdorff distance between convex polygons. Retrieved from <http://cgm.cs.mcgill.ca/~godfried/teaching/cg-projects/98/normand/main.html>
- Grenzdörffer, G., Niemeyer, F., & Schmidt, F. (2012). Development of four vision camera system for a micro-UAV. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 39, B1.
- Haithcoat, T. L., Song, W., & Hipple, J. D. (2001). *Building footprint extraction and 3-D reconstruction from LIDAR data*. Paper presented at the IEEE/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas (Cat. No. 01EX482).
- LawInsider. (2013-2020). Definition of Building footprint. Retrieved from <https://www.lawinsider.com/dictionary/building-footprint>
- Lowe, D. G. (2004). Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International journal of computer vision*, 60(2), 91-110.
- Nasrullah, A. R. (2016). Systematic analysis of unmanned aerial vehicle (UAV) derived product quality. *Enschede, University of Twente Faculty of Geo-Information and Earth Observation (ITC), unpublished*.
- Nyaruhuma, A. P., Gerke, M., Vosselman, G., & Mtalo, E. G. (2012). Verification of 2D building outlines using oblique airborne images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 71, 62-75.
- Pérez, M., Agüera, F., & Carvajal, F. (2013). Low cost surveying using an unmanned aerial vehicle. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci*, 40, 311-315.
- Pix4D. (2011-2020). How are the Internal and External Camera Parameters defined. Retrieved from <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202559089-How-are-the-Internal-and-External-Camera-Parameters-defined>
- Remondino, F., Toschi, I., Gerke, M., Nex, F., Holland, D., McGill, A., . . . Magarinos, A. (2016). Oblique aerial imagery for NMA—some best practices. *The International*

*Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, 639.

Solem, J. E. (2012). *Programming Computer Vision with Python: Tools and algorithms for analyzing images*: " O'Reilly Media, Inc."

Strecha, C. (2014). *The rayCloud—a vision beyond the point cloud*. Paper presented at the FIG Congress.

Vacca, G., Dessì, A., & Sacco, A. (2017). The use of nadir and oblique UAV images for building knowledge. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(12), 393.

Zhang, X., Zhao, P., Hu, Q., Ai, M., Hu, D., & Li, J. (2020). A UAV-based panoramic oblique photogrammetry (POP) approach using spherical projection. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 159, 198-219.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.11.016>

Zoltek, M. J. (2014). Relative Measurement Accuracies within Pictometry's Individual Orthogonal and Oblique Frame Imagery©. *A Pictometry International, Corp White Paper*.

ไพศาล สันติธรรมนนท์. (2557). การรังวัดด้วยภาพสมัยใหม่ *Modern Photogrammetry*. เอกสารคำสอน.

กิตติศักดิ์ ศรีกลาง. (2559). การสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (*Aerial Photogrammetry*). เอกสารคำสอน.

วิชัย เยี่ยงวีรชน. (2559). การสำรวจทางวิศวกรรม 2 (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2560, 14 กุมภาพันธ์ 2560). พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. Retrieved from <http://web.krisdika.go.th/data/law/law2/%A404/%A404-20-9999-update.pdf>



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY





ตารางภาคผนวก ก ค่าพิกัดของตำแหน่งมุมอาคารที่ได้จากการรังวัดบนภาพถ่ายเฉย

อาคาร	จุดที่	Easting (m)	Northing (m)
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	1	655168.648	1504432.258
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	2	655166.095	1504424.613
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	3	655165.473	1504422.817
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	4	655162.922	1504415.150
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	5	655162.320	1504413.347
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	6	655159.708	1504405.725
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	7	655159.063	1504403.877
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	8	655156.502	1504396.254
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	9	655155.851	1504394.447
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	10	655153.242	1504386.814
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	11	655152.603	1504384.982
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	12	655149.714	1504376.366
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	13	655136.868	1504376.457
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	14	655157.601	1504436.222
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	1	655216.357	1504408.845
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	2	655202.248	1504362.772
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	3	655205.163	1504362.214
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	4	655233.041	1504373.677
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	5	655228.379	1504405.193
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	1	655122.035	1504298.781
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	2	655130.584	1504296.025
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	3	655122.887	1504272.897
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	1	655121.640	1504269.303
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	2	655110.386	1504273.081

อาคาร	จุดที่	Easting (m)	Northing (m)
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	3	655102.436	1504250.202
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	4	655114.053	1504246.268
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	1	655216.114	1504180.272
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	2	655212.057	1504181.671
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	3	655210.218	1504176.328
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	4	655187.693	1504183.336
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	5	655189.498	1504189.105
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	6	655185.320	1504190.406
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	7	655183.475	1504185.388
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	8	655179.637	1504186.340
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	9	655176.572	1504176.907
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	11	655179.910	1504173.734
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	12	655184.131	1504172.258
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	15	655206.702	1504165.031
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	16	655210.442	1504163.995
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	17	655211.202	1504165.562
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	18	655214.984	1504164.243
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	19	655217.839	1504173.266
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	20	655214.464	1504174.491
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	1	655264.630	1504135.613
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	2	655260.482	1504137.083
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	3	655259.835	1504135.217
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	4	655237.435	1504142.751
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	5	655237.922	1504144.573
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	6	655234.029	1504146.056

อาคาร	จุดที่	Easting (m)	Northing (m)
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	7	655233.413	1504144.372
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	8	655229.686	1504145.416
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	9	655226.489	1504136.526
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	10	655230.402	1504135.267
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	11	655228.277	1504129.535
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	12	655258.797	1504119.207
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	13	655260.875	1504124.554
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	14	655264.567	1504123.378
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	15	655267.808	1504132.516
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	16	655263.920	1504133.718
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	1	654975.089	1503830.982
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	2	654961.256	1503835.586
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	3	654954.226	1503814.442
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	4	654968.153	1503810.059
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	1	654965.154	1503808.742
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	2	654953.491	1503812.977
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	3	654947.026	1503793.704
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	4	654958.651	1503789.760
7-11 1 ชั้น (9)	1	654955.850	1503764.679
7-11 1 ชั้น (9)	2	654931.475	1503772.747
7-11 1 ชั้น (9)	3	654927.511	1503761.177
7-11 1 ชั้น (9)	4	654951.594	1503752.928
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	1	655032.822	1503798.820
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	2	655006.652	1503714.651
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	3	655019.099	1503711.137

อาคาร	จุดที่	Easting (m)	Northing (m)
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	4	655044.479	1503795.196
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	1	655030.870	1503676.935
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	2	654997.218	1503675.548
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	3	654997.836	1503660.009
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	4	655031.391	1503661.382
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	1	655350.141	1503674.769
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	2	655324.827	1503675.925
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	3	655324.465	1503660.708
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	4	655349.536	1503659.695



ตารางภาคผนวก ข ค่าพิกัดของตำแหน่งมุมอาคารที่ได้จากการรังวัดภาคพื้นดิน

อาคาร	จุดที่	Easting (m)	Northing (m)
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	1	655168.731	1504432.309
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	2	655166.124	1504424.713
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	3	655165.491	1504422.841
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	4	655162.948	1504415.271
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	5	655162.254	1504413.378
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	6	655159.675	1504405.792
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	7	655159.028	1504403.914
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	8	655156.487	1504396.385
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	9	655155.793	1504394.460
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	10	655153.199	1504386.843
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	11	655152.566	1504384.982
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	12	655149.682	1504376.429
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	13	655136.990	1504376.432
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	14	655157.322	1504436.235
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	1	655216.383	1504408.847
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	2	655202.030	1504363.014
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	3	655205.076	1504362.317
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	4	655232.723	1504373.952
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	5	655228.371	1504405.323
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	1	655122.268	1504298.753
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	2	655130.491	1504295.981
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	3	655123.002	1504273.140
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น (3)	4	655114.645	1504275.629
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	1	655121.649	1504269.294

อาคาร	จุดที่	Easting (m)	Northing (m)
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	2	655110.361	1504273.055
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	3	655102.410	1504250.125
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	4	655114.078	1504246.406
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	1	655216.071	1504180.398
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	2	655211.945	1504181.681
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	3	655209.974	1504175.925
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	4	655187.255	1504183.523
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	5	655189.180	1504189.279
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	6	655185.290	1504190.463
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	7	655183.392	1504184.815
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	8	655179.976	1504185.930
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	9	655176.674	1504177.105
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	10	655180.509	1504175.930
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	11	655179.868	1504173.979
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	14	655207.142	1504167.017
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	15	655206.503	1504165.218
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	9	655226.447	1504136.311
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	10	655230.180	1504134.947
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	11	655228.290	1504129.389
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	12	655258.478	1504119.013
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	13	655260.435	1504124.658
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	14	655264.250	1504123.362
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	1	654975.292	1503831.071
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	2	654961.163	1503835.636
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	3	654954.329	1503814.757

อาคาร	จุดที่	Easting (m)	Northing (m)
เอเพ็กซ์ ซี้อป 1 ชั้น (7)	4	654968.295	1503810.183
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	1	654965.267	1503808.937
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	2	654953.572	1503812.893
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	3	654947.269	1503793.608
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	4	654958.873	1503789.747
7-11 1 ชั้น (9)	1	654955.586	1503764.787
7-11 1 ชั้น (9)	2	654931.381	1503772.868
7-11 1 ชั้น (9)	3	654927.550	1503761.353
7-11 1 ชั้น (9)	4	654951.545	1503753.008
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	1	655033.044	1503798.838
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	2	655006.615	1503714.855
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	3	655018.941	1503711.006
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	4	655044.519	1503795.213
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	1	655030.762	1503676.975
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	2	654997.393	1503675.423
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	3	654997.930	1503660.278
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	4	655031.287	1503661.451
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	1	655350.158	1503674.927
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	2	655324.932	1503675.911
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	3	655324.427	1503660.648
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	4	655349.414	1503659.958





ภาคผนวก ค  
ผลการเปรียบเทียบค่าพิกัดมุมอาคารที่รังวัดได้จากภาพถ่ายเฉียงและการรังวัด  
ภาคพื้นดิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางภาคผนวก ค ผลการเปรียบเทียบค่าพิกัดมุมอาคารที่รังวัดได้จากภาพถ่ายเอียงและการรังวัดภาคพื้นดิน

อาคาร	มุมที่	$\Delta E$	$\Delta N$	$\Delta E^2$	$\Delta N^2$
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	1	-0.083	-0.051	0.0069	0.0026
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	2	-0.029	-0.100	0.0008	0.0100
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	3	-0.018	-0.024	0.0003	0.0006
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	4	-0.026	-0.121	0.0007	0.0146
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	5	0.066	-0.031	0.0044	0.0010
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	6	0.033	-0.067	0.0011	0.0045
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	7	0.035	-0.037	0.0012	0.0014
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	8	0.015	-0.131	0.0002	0.0172
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	9	0.058	-0.013	0.0034	0.0002
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	10	0.043	-0.029	0.0018	0.0008
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	11	0.037	0.000	0.0014	0.0000
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	12	0.032	-0.063	0.0010	0.0040
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	13	-0.122	0.025	0.0149	0.0006
อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว (1)	14	0.279	-0.013	0.0778	0.0002
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	1	-0.026	-0.002	0.0007	0.0000
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	2	0.218	-0.242	0.0475	0.0586
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	3	0.087	-0.103	0.0076	0.0106
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	4	0.318	-0.275	0.1011	0.0756
ร้านหลังคาเมทัลชีท (2)	5	0.008	-0.130	0.0001	0.0169
ห้องแถวที่פקข้าราชการ 2 ชั้น (3)	1	-0.233	0.028	0.0543	0.0008
ห้องแถวที่פקข้าราชการ 2 ชั้น (3)	2	0.093	0.044	0.0086	0.0019
ห้องแถวที่פקข้าราชการ 2 ชั้น (3)	3	-0.115	-0.243	0.0132	0.0590
ห้องแถวที่פקข้าราชการ 1 ชั้น (4)	1	-0.009	0.009	0.0001	0.0001
ห้องแถวที่פקข้าราชการ 1 ชั้น (4)	2	0.025	0.026	0.0006	0.0007

อาคาร	มุมที่	$\Delta E$	$\Delta N$	$\Delta E^2$	$\Delta N^2$
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	3	0.026	0.077	0.0007	0.0059
ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น (4)	4	-0.025	-0.138	0.0006	0.0190
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	1	0.043	-0.126	0.0018	0.0159
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	2	0.112	-0.010	0.0125	0.0001
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	3	0.244	0.403	0.0595	0.1624
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	4	0.438	-0.187	0.1918	0.0350
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	5	0.318	-0.174	0.1011	0.0303
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	6	0.030	-0.057	0.0009	0.0032
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	7	0.083	0.573	0.0069	0.3283
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	8	-0.339	0.410	0.1149	0.1681
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	9	-0.102	-0.198	0.0104	0.0392
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	11	0.042	-0.245	0.0018	0.0600
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว (5)	15	0.199	-0.187	0.0396	0.0350
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	9	0.042	0.215	0.0018	0.0462
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	10	0.222	0.320	0.0493	0.1024
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	11	-0.013	0.146	0.0002	0.0213
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	12	0.319	0.194	0.1018	0.0376
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	13	0.440	-0.104	0.1936	0.0108
อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว (6)	14	0.317	0.016	0.1005	0.0003
เอเพ็กซ์ ซ็อบ 1 ชั้น (7)	1	-0.203	-0.089	0.0412	0.0079
เอเพ็กซ์ ซ็อบ 1 ชั้น (7)	2	0.093	-0.050	0.0086	0.0025
เอเพ็กซ์ ซ็อบ 1 ชั้น (7)	3	-0.103	-0.315	0.0106	0.0992
เอเพ็กซ์ ซ็อบ 1 ชั้น (7)	4	-0.142	-0.124	0.0202	0.0154
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	1	-0.113	-0.195	0.0128	0.0380
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	2	-0.081	0.084	0.0066	0.0071

อาคาร	มุมมองที่	$\Delta E$	$\Delta N$	$\Delta E^2$	$\Delta N^2$	
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	3	-0.243	0.096	0.0590	0.0092	
มินิบิ๊กซี 1 ชั้น (8)	4	-0.222	0.013	0.0493	0.0002	
7-11 1 ชั้น (9)	1	0.264	-0.108	0.0697	0.0117	
7-11 1 ชั้น (9)	2	0.094	-0.121	0.0088	0.0146	
7-11 1 ชั้น (9)	3	-0.039	-0.176	0.0015	0.0310	
7-11 1 ชั้น (9)	4	0.049	-0.080	0.0024	0.0064	
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	1	-0.222	-0.018	0.0493	0.0003	
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	2	0.037	-0.204	0.0014	0.0416	
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	3	0.158	0.131	0.0250	0.0172	
อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาลอ่อน (10)	4	-0.040	-0.017	0.0016	0.0003	
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	1	0.108	-0.040	0.0117	0.0016	
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	2	-0.175	0.125	0.0306	0.0156	
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	3	-0.094	-0.269	0.0088	0.0724	
อพาร์ทเมนท์ 4 ชั้น ขาว (11)	4	0.104	-0.069	0.0108	0.0048	
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	1	-0.017	-0.158	0.0003	0.0250	
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	2	-0.105	0.014	0.0110	0.0002	
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	3	0.038	0.060	0.0014	0.0036	
โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา (12)	4	0.122	-0.263	0.0149	0.0692	
				SUM	1.7971	1.8978
				MEAN	0.0268	0.0283
				RMSE(E)	0.1638	
				RMSE(N)		0.1683
				RMSE	0.2348	
NSSDA Horizontal Accuracy at 95% Confidence Level					0.4067	



ค่าพารามิเตอร์การวางตัวภายนอกของกล้องถ่ายภาพในระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียง

ตารางภาคผนวก ง ค่าพารามิเตอร์การวางตัวภายนอกของกล้องถ่ายภาพในระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียง

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00012_geotag_L.JPG	655792.696	1504626.128	212.210	-12.681754	38.612356	-78.891517
DSC00016_geotag_R.JPG	655792.650	1504626.125	212.248	-38.298963	1.717103	8.858813
DSC00013_geotag_L.JPG	655775.153	1504601.260	212.427	0.855671	32.745940	-92.630430
DSC00017_geotag_R.JPG	655775.103	1504601.262	212.459	-32.387477	2.119549	-3.730778
DSC00014_geotag_L.JPG	655759.218	1504577.547	213.418	-13.134005	33.267672	-68.958325
DSC00018_geotag_R.JPG	655759.171	1504577.533	213.453	-32.689511	-6.297649	14.236876
DSC00015_geotag_L.JPG	655745.598	1504550.346	209.719	-11.429232	35.764529	-74.502704
DSC00019_geotag_R.JPG	655745.551	1504550.337	209.755	-34.381494	-2.315613	10.874888
DSC00016_geotag_L.JPG	655731.710	1504525.075	211.166	-8.615408	40.622952	-78.647458
DSC00020_geotag_R.JPG	655731.665	1504525.069	211.206	-34.123769	3.449805	9.897007
DSC00017_geotag_L.JPG	655719.498	1504498.350	211.668	-7.461722	39.307870	-80.665839
DSC00021_geotag_R.JPG	655719.452	1504498.345	211.706	-34.156692	2.949546	7.926235
DSC00018_geotag_L.JPG	655707.220	1504469.990	211.884	-12.376473	38.366729	-73.591182
DSC00022_geotag_R.JPG	655707.175	1504469.981	211.922	-34.742511	-0.194409	12.548920
DSC00019_geotag_L.JPG	655697.283	1504442.402	211.879	-11.665414	38.791539	-75.061556
DSC00023_geotag_R.JPG	655697.238	1504442.394	211.918	-34.944904	0.642985	11.654227
DSC00020_geotag_L.JPG	655687.336	1504414.177	210.216	-4.694716	41.573118	-84.531419
DSC00024_geotag_R.JPG	655687.292	1504414.174	210.256	-33.773075	6.327059	6.380084
DSC00021_geotag_L.JPG	655675.986	1504385.867	210.424	-9.846295	41.173360	-79.410268
DSC00025_geotag_R.JPG	655675.941	1504385.863	210.464	-35.835365	4.196039	9.616153
DSC00022_geotag_L.JPG	655665.766	1504357.322	210.458	-9.297801	40.081940	-80.467855
DSC00026_geotag_R.JPG	655665.721	1504357.318	210.497	-35.893856	3.573091	8.410326
DSC00023_geotag_L.JPG	655655.647	1504329.303	211.528	-10.573173	39.789863	-77.142757
DSC00027_geotag_R.JPG	655655.602	1504329.297	211.568	-35.144158	2.208669	10.586425
DSC00024_geotag_L.JPG	655646.321	1504300.788	213.066	-8.135538	37.526787	-81.797994

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00028_geotag_R.JPG	655646.274	1504300.784	213.103	-35.468261	1.765686	6.325666
DSC00025_geotag_L.JPG	655636.755	1504271.206	212.901	-17.628878	40.532643	-66.535290
DSC00029_geotag_R.JPG	655636.713	1504271.194	212.943	-35.495572	-0.037080	18.407777
DSC00026_geotag_L.JPG	655630.714	1504242.239	212.191	-7.543240	35.356526	-83.568417
DSC00030_geotag_R.JPG	655630.665	1504242.237	212.226	-35.882662	0.511636	4.052475
DSC00027_geotag_L.JPG	655619.887	1504213.898	212.515	-9.597982	37.513645	-75.378590
DSC00031_geotag_R.JPG	655619.841	1504213.889	212.553	-33.071974	-0.431105	10.918355
DSC00028_geotag_L.JPG	655610.154	1504185.986	212.127	-9.570901	35.427288	-80.338412
DSC00032_geotag_R.JPG	655610.106	1504185.981	212.162	-36.036680	-0.637543	6.422569
DSC00029_geotag_L.JPG	655598.416	1504158.556	211.750	-5.748549	41.322561	-85.049981
DSC00033_geotag_R.JPG	655598.371	1504158.555	211.790	-35.119107	6.298168	5.915723
DSC00030_geotag_L.JPG	655588.089	1504130.182	213.012	-14.035871	37.263663	-68.465276
DSC00034_geotag_R.JPG	655588.045	1504130.169	213.050	-33.173021	-2.660442	15.945493
DSC00031_geotag_L.JPG	655578.006	1504100.852	212.863	-10.307400	37.615495	-76.080456
DSC00035_geotag_R.JPG	655577.960	1504100.845	212.900	-34.211522	-0.114313	10.449804
DSC00032_geotag_L.JPG	655568.100	1504073.554	212.431	-8.540660	37.949622	-78.354941
DSC00036_geotag_R.JPG	655568.054	1504073.547	212.469	-33.827657	0.937681	8.954350
DSC00033_geotag_L.JPG	655556.162	1504046.252	212.106	-11.339413	40.622361	-75.408539
DSC00037_geotag_R.JPG	655556.118	1504046.245	212.146	-34.853533	2.429281	12.136388
DSC00034_geotag_L.JPG	655545.635	1504018.616	212.174	-8.944066	42.741616	-80.478175
DSC00038_geotag_R.JPG	655545.591	1504018.613	212.215	-35.645797	5.953792	9.600356
DSC00035_geotag_L.JPG	655536.552	1503991.232	212.093	-5.282420	39.204950	-86.603260
DSC00039_geotag_R.JPG	655536.506	1503991.232	212.131	-35.450392	5.048534	3.825290
DSC00036_geotag_L.JPG	655526.073	1503963.253	212.464	-7.204119	39.048282	-85.232238
DSC00040_geotag_R.JPG	655526.026	1503963.253	212.502	-36.576654	4.384454	4.673573
DSC00037_geotag_L.JPG	655515.335	1503936.065	211.547	-7.286003	41.016690	-86.582077

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00041_geotag_R.JPG	655515.289	1503936.066	211.586	-37.534796	6.606125	4.755641
DSC00038_geotag_L.JPG	655504.712	1503907.169	211.980	-10.546550	44.270069	-78.487926
DSC00042_geotag_R.JPG	655504.670	1503907.164	212.023	-36.096115	6.690335	11.581406
DSC00039_geotag_L.JPG	655493.033	1503878.349	211.996	-6.286974	42.580317	-84.752936
DSC00043_geotag_R.JPG	655492.989	1503878.348	212.037	-35.555250	7.286644	6.729943
DSC00040_geotag_L.JPG	655483.786	1503850.791	212.957	-12.195155	38.621661	-76.741082
DSC00044_geotag_R.JPG	655483.740	1503850.785	212.996	-36.506594	1.016374	10.386360
DSC00041_geotag_L.JPG	655475.709	1503822.975	213.417	-10.354014	38.012237	-80.482857
DSC00045_geotag_R.JPG	655475.663	1503822.971	213.454	-36.916169	1.727292	7.472890
DSC00042_geotag_L.JPG	655464.825	1503793.814	212.836	-8.453145	42.055305	-80.040946
DSC00046_geotag_R.JPG	655464.781	1503793.809	212.877	-34.858300	5.195539	9.582294
DSC00043_geotag_L.JPG	655456.273	1503765.230	212.694	-10.267414	36.957217	-81.795225
DSC00047_geotag_R.JPG	655456.226	1503765.228	212.731	-37.591609	1.258673	6.066050
DSC00044_geotag_L.JPG	655445.467	1503737.708	213.131	-5.386447	39.777896	-85.939706
DSC00048_geotag_R.JPG	655445.421	1503737.708	213.170	-35.198440	5.288805	4.558170
DSC00045_geotag_L.JPG	655435.736	1503709.398	213.306	-10.153368	37.756912	-78.123841
DSC00049_geotag_R.JPG	655435.690	1503709.393	213.344	-35.299727	0.685595	9.037340
DSC00046_geotag_L.JPG	655426.238	1503681.019	213.859	-12.595036	37.045515	-76.005364
DSC00050_geotag_R.JPG	655426.191	1503681.013	213.896	-36.454810	-0.659666	10.273639
DSC00047_geotag_L.JPG	655417.383	1503652.188	213.664	-11.919503	38.051622	-76.203513
DSC00051_geotag_R.JPG	655417.337	1503652.181	213.702	-35.899266	0.323729	10.537961
DSC00048_geotag_L.JPG	655407.424	1503624.281	214.060	-6.039871	37.674822	-85.545411
DSC00052_geotag_R.JPG	655407.376	1503624.280	214.097	-35.547008	3.309026	3.782654
DSC00049_geotag_L.JPG	655395.749	1503596.713	213.157	-5.853407	40.349337	-85.093504
DSC00053_geotag_R.JPG	655395.704	1503596.711	213.196	-35.200309	5.466077	5.407201
DSC00050_geotag_L.JPG	655384.074	1503569.033	213.121	-8.390875	38.322737	-80.878177



Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00054_geotag_R.JPG	655384.027	1503569.029	213.159	-35.192652	2.144289	7.334530
DSC00051_geotag_L.JPG	655376.103	1503540.738	214.424	-10.829298	33.838943	-75.404772
DSC00055_geotag_R.JPG	655376.055	1503540.729	214.458	-34.373357	-3.792501	9.432237
DSC00052_geotag_L.JPG	655367.036	1503512.619	213.350	-11.214963	37.512986	-78.028256
DSC00056_geotag_R.JPG	655366.989	1503512.614	213.387	-36.302614	0.432604	9.002338
DSC00053_geotag_L.JPG	655356.940	1503484.590	212.068	-4.650858	40.332466	-88.361406
DSC00057_geotag_R.JPG	655356.894	1503484.591	212.107	-35.883229	6.707888	3.235829
DSC00056_geotag_L.JPG	655260.134	1503500.577	215.376	24.128477	-19.725485	120.853314
DSC00060_geotag_R.JPG	655260.182	1503500.598	215.405	38.128013	21.777188	-161.111655
DSC00057_geotag_L.JPG	655269.956	1503528.033	215.180	19.507944	-29.012420	117.118203
DSC00061_geotag_R.JPG	655270.003	1503528.050	215.214	35.328291	11.929795	-162.053682
DSC00058_geotag_L.JPG	655282.470	1503557.565	214.257	17.930328	-33.738883	114.390159
DSC00062_geotag_R.JPG	655282.515	1503557.579	214.294	35.317526	6.735551	-162.947496
DSC00059_geotag_L.JPG	655294.994	1503585.398	213.299	18.817225	-35.469348	115.948491
DSC00063_geotag_R.JPG	655295.038	1503585.412	213.337	35.134681	5.451280	-161.208462
DSC00060_geotag_L.JPG	655301.335	1503590.268	213.800	20.714449	-35.139778	111.806290
DSC00064_geotag_R.JPG	655301.381	1503590.277	213.838	39.722665	4.739356	-164.542392
DSC00061_geotag_L.JPG	655320.883	1503642.386	211.617	16.777697	-38.329984	115.065332
DSC00065_geotag_R.JPG	655320.925	1503642.400	211.657	33.615900	2.508087	-161.068933
DSC00062_geotag_L.JPG	655333.814	1503672.991	212.252	18.240815	-35.543721	115.610600
DSC00066_geotag_R.JPG	655333.858	1503673.006	212.290	34.777368	5.302157	-161.452335
DSC00063_geotag_L.JPG	655347.371	1503701.556	211.443	19.644137	-36.808013	116.509263
DSC00067_geotag_R.JPG	655347.414	1503701.571	211.482	35.562105	4.290952	-160.398843
DSC00064_geotag_L.JPG	655358.688	1503727.578	209.068	18.092644	-39.099766	114.078042
DSC00068_geotag_R.JPG	655358.730	1503727.590	209.108	35.566379	1.545339	-161.578264
DSC00065_geotag_L.JPG	655370.044	1503756.507	212.743	19.326711	-36.183964	116.002162

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00069_geotag_R.JPG	655370.087	1503756.521	212.782	35.591070	4.777561	-160.965266
DSC00066_geotag_L.JPG	655380.508	1503782.754	211.631	17.111613	-37.477186	113.463214
DSC00070_geotag_R.JPG	655380.551	1503782.767	211.670	35.003698	2.944682	-162.531615
DSC00067_geotag_L.JPG	655393.441	1503813.922	213.537	19.948782	-37.089248	119.343736
DSC00071_geotag_R.JPG	655393.483	1503813.939	213.577	33.986836	4.604804	-158.131148
DSC00068_geotag_L.JPG	655404.290	1503840.861	212.994	19.909426	-37.110350	119.855147
DSC00072_geotag_R.JPG	655404.332	1503840.879	213.034	33.606418	4.682081	-157.728766
DSC00073_geotag_R.JPG	655414.274	1503869.966	213.858	33.444533	6.062408	-160.272812
DSC00070_geotag_L.JPG	655425.397	1503897.692	213.029	22.488620	-35.989613	123.180647
DSC00074_geotag_R.JPG	655425.437	1503897.712	213.069	33.976337	6.358141	-155.354944
DSC00071_geotag_L.JPG	655434.957	1503925.872	211.906	22.418552	-33.316948	122.314890
DSC00075_geotag_R.JPG	655434.999	1503925.891	211.944	34.564615	8.828351	-156.610310
DSC00072_geotag_L.JPG	655445.409	1503955.737	212.375	18.832692	-34.653698	115.595731
DSC00076_geotag_R.JPG	655445.453	1503955.752	212.413	35.404398	6.151825	-161.718911
DSC00073_geotag_L.JPG	655455.812	1503984.437	213.132	20.595063	-36.622447	120.664258
DSC00077_geotag_R.JPG	655455.854	1503984.454	213.172	33.761497	5.306997	-157.210518
DSC00074_geotag_L.JPG	655466.736	1504013.710	212.766	19.817294	-34.884989	118.965726
DSC00078_geotag_R.JPG	655466.779	1504013.727	212.804	34.160108	6.666844	-158.972082
DSC00075_geotag_L.JPG	655476.473	1504042.423	213.366	19.359276	-35.789530	118.711914
DSC00079_geotag_R.JPG	655476.515	1504042.440	213.405	33.846218	5.739238	-158.947293
DSC00076_geotag_L.JPG	655486.221	1504069.718	213.109	20.636457	-34.840004	120.666887
DSC00080_geotag_R.JPG	655486.264	1504069.737	213.147	33.845132	7.042928	-157.617431
DSC00077_geotag_L.JPG	655497.010	1504099.821	212.875	21.306896	-35.142433	122.524839
DSC00081_geotag_R.JPG	655497.052	1504099.840	212.914	33.257879	7.079302	-156.054164
DSC00078_geotag_L.JPG	655506.282	1504128.576	213.917	22.644531	-33.481636	124.224575
DSC00082_geotag_R.JPG	655506.323	1504128.597	213.955	33.489307	8.984718	-154.995717

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00079_geotag_L.JPG	655516.759	1504158.469	213.625	22.307683	-31.715147	122.235331
DSC00083_geotag_R.JPG	655516.802	1504158.489	213.662	34.564902	10.379793	-157.020162
DSC00080_geotag_L.JPG	655525.944	1504167.320	203.300	26.271421	-32.585424	125.808460
DSC00084_geotag_R.JPG	655525.985	1504167.339	203.339	36.060025	10.104219	-153.833753
DSC00081_geotag_L.JPG	655536.261	1504217.123	213.114	20.385840	-34.501344	116.561698
DSC00085_geotag_R.JPG	655536.306	1504217.137	213.152	36.329279	6.520746	-160.993600
DSC00082_geotag_L.JPG	655546.724	1504246.752	213.672	22.381410	-35.880831	126.136370
DSC00086_geotag_R.JPG	655546.763	1504246.774	213.712	31.863017	6.900633	-153.005888
DSC00083_geotag_L.JPG	655556.160	1504274.089	214.654	26.464165	-31.685829	129.062008
DSC00087_geotag_R.JPG	655556.200	1504274.112	214.692	34.030013	11.409119	-151.199731
DSC00084_geotag_L.JPG	655565.631	1504303.641	213.964	19.267564	-29.950815	119.319327
DSC00088_geotag_R.JPG	655565.677	1504303.660	213.998	33.569807	11.521616	-159.914959
DSC00085_geotag_L.JPG	655575.295	1504331.127	212.867	18.293033	-33.898017	113.299228
DSC00089_geotag_R.JPG	655575.341	1504331.140	212.903	36.380563	6.307856	-163.767583
DSC00086_geotag_L.JPG	655587.607	1504362.246	211.866	22.826760	-37.145804	121.335039
DSC00090_geotag_R.JPG	655587.648	1504362.263	211.907	35.533325	4.917039	-156.567892
DSC00087_geotag_L.JPG	655598.551	1504388.335	211.057	22.159380	-35.907460	120.382547
DSC00091_geotag_R.JPG	655598.593	1504388.351	211.096	35.530420	5.950764	-157.597563
DSC00088_geotag_L.JPG	655611.106	1504418.957	211.895	25.008653	-35.326140	122.465559
DSC00092_geotag_R.JPG	655611.147	1504418.974	211.935	36.994972	6.889548	-156.063504
DSC00089_geotag_L.JPG	655621.851	1504449.388	212.051	22.731563	-37.344552	120.031531
DSC00093_geotag_R.JPG	655621.893	1504449.403	212.092	36.306472	4.487590	-157.536451
DSC00090_geotag_L.JPG	655631.903	1504477.444	212.564	20.823737	-31.555611	120.647646
DSC00094_geotag_R.JPG	655631.947	1504477.463	212.600	34.159932	10.235946	-158.395873
DSC00091_geotag_L.JPG	655642.491	1504507.950	214.066	23.107275	-34.035896	126.666076
DSC00095_geotag_R.JPG	655642.531	1504507.972	214.105	32.267469	8.791511	-152.875063

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00092_geotag_L.JPG	655651.892	1504537.630	214.779	24.875666	-31.574760	130.460287
DSC00096_geotag_R.JPG	655651.930	1504537.655	214.818	31.469782	11.666087	-150.007858
DSC00093_geotag_L.JPG	655660.534	1504566.402	215.811	23.045820	-25.810906	128.900582
DSC00097_geotag_R.JPG	655660.576	1504566.429	215.844	30.926814	17.211854	-152.158943
DSC00094_geotag_L.JPG	655670.521	1504596.171	215.336	26.949786	-30.095581	136.845923
DSC00098_geotag_R.JPG	655670.556	1504596.201	215.374	29.069064	13.557217	-144.521299
DSC00095_geotag_L.JPG	655678.989	1504625.842	215.754	20.644937	-23.992744	127.033435
DSC00099_geotag_R.JPG	655679.032	1504625.869	215.785	29.944134	18.756653	-154.205023
DSC00096_geotag_L.JPG	655687.908	1504652.918	214.331	19.397258	-26.866325	123.015160
DSC00100_geotag_R.JPG	655687.953	1504652.941	214.363	31.352700	15.263395	-157.380758
DSC00097_geotag_L.JPG	655699.073	1504680.994	212.799	20.013415	-32.258713	116.786636
DSC00101_geotag_R.JPG	655699.119	1504681.010	212.835	35.891199	8.728966	-161.431586
DSC00098_geotag_L.JPG	655618.181	1504732.070	213.600	0.329542	34.103485	-103.606997
DSC00099_geotag_L.JPG	655601.035	1504707.652	213.112	-4.372423	43.176539	-84.351502
DSC00103_geotag_R.JPG	655600.992	1504707.649	213.153	-33.439373	7.663894	7.282082
DSC00100_geotag_L.JPG	655591.441	1504678.641	213.541	-7.555928	40.782455	-82.267482
DSC00104_geotag_R.JPG	655591.396	1504678.638	213.580	-35.253202	4.821408	7.508599
DSC00101_geotag_L.JPG	655582.887	1504650.680	214.408	-11.667469	40.921245	-73.065270
DSC00105_geotag_R.JPG	655582.844	1504650.670	214.449	-33.719215	2.017590	13.889517
DSC00102_geotag_L.JPG	655574.277	1504622.044	212.999	-9.458354	35.812891	-79.531145
DSC00106_geotag_R.JPG	655574.229	1504622.039	213.035	-35.445890	-0.581643	7.181684
DSC00103_geotag_L.JPG	655562.984	1504592.356	213.402	-9.293966	37.392263	-78.244602
DSC00107_geotag_R.JPG	655562.937	1504592.350	213.439	-34.511682	0.396326	8.795559
DSC00104_geotag_L.JPG	655553.770	1504563.592	214.262	-13.170857	32.672077	-71.927501
DSC00108_geotag_R.JPG	655553.722	1504563.581	214.296	-34.615946	-5.982971	11.680491
DSC00105_geotag_L.JPG	655546.364	1504534.833	213.183	-15.473520	32.442443	-68.822822

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00109_geotag_R.JPG	655546.316	1504534.821	213.218	-34.975331	-7.113457	14.067143
DSC00106_geotag_L.JPG	655537.612	1504506.868	212.274	-8.168110	35.917514	-77.801863
DSC00110_geotag_R.JPG	655537.564	1504506.860	212.310	-33.123330	-1.089902	8.491982
DSC00107_geotag_L.JPG	655526.892	1504478.659	213.608	-7.033282	38.061860	-82.243693
DSC00111_geotag_R.JPG	655526.845	1504478.656	213.645	-34.636755	2.402890	6.259931
DSC00108_geotag_L.JPG	655516.115	1504451.657	212.894	-9.324167	41.024195	-79.822801
DSC00112_geotag_R.JPG	655516.071	1504451.653	212.934	-35.559114	4.198925	9.270428
DSC00109_geotag_L.JPG	655503.563	1504424.778	213.727	-11.629093	41.311046	-77.840114
DSC00113_geotag_R.JPG	655503.519	1504424.774	213.767	-36.661746	3.811803	10.743719
DSC00110_geotag_L.JPG	655493.212	1504397.573	212.593	-3.102488	42.540484	-87.552002
DSC00114_geotag_R.JPG	655493.168	1504397.573	212.634	-34.017499	8.285927	4.909467
DSC00111_geotag_L.JPG	655482.799	1504369.471	212.614	0.699426	40.457472	-95.559699
DSC00115_geotag_R.JPG	655482.753	1504369.476	212.652	-34.545106	9.818028	-1.326610
DSC00112_geotag_L.JPG	655473.122	1504341.867	214.632	-9.277274	37.412303	-77.657695
DSC00116_geotag_R.JPG	655473.076	1504341.860	214.669	-34.140803	0.217143	9.226457
DSC00113_geotag_L.JPG	655466.260	1504313.066	214.532	-8.508958	34.292150	-76.168199
DSC00117_geotag_R.JPG	655466.212	1504313.057	214.567	-32.504585	-3.122836	9.035412
DSC00114_geotag_L.JPG	655456.906	1504284.119	213.889	-9.927451	35.816420	-77.640681
DSC00118_geotag_R.JPG	655456.859	1504284.112	213.925	-34.786691	-1.236603	8.567892
DSC00115_geotag_L.JPG	655445.238	1504257.134	215.166	-10.238596	37.376576	-74.993068
DSC00119_geotag_R.JPG	655445.192	1504257.125	215.203	-33.475995	-0.678285	11.145026
DSC00116_geotag_L.JPG	655435.509	1504229.283	214.463	-5.380984	41.328770	-81.605520
DSC00120_geotag_R.JPG	655435.464	1504229.278	214.503	-32.703660	5.075380	8.206268
DSC00117_geotag_L.JPG	655425.908	1504201.542	214.639	-10.194197	34.522020	-77.078977
DSC00121_geotag_R.JPG	655425.860	1504201.535	214.674	-34.734025	-2.604441	8.444120
DSC00118_geotag_L.JPG	655416.253	1504174.225	213.472	-3.610098	35.686873	-92.300843

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00122_geotag_R.JPG	655416.205	1504174.230	213.507	-36.773092	4.431260	-1.889350
DSC00119_geotag_L.JPG	655405.449	1504146.719	214.186	-12.966634	35.849323	-71.612452
DSC00123_geotag_R.JPG	655405.403	1504146.708	214.223	-34.123105	-3.117241	13.081563
DSC00120_geotag_L.JPG	655397.057	1504118.033	214.096	-10.125677	35.931618	-80.407975
DSC00124_geotag_R.JPG	655397.009	1504118.029	214.131	-36.630814	-0.160944	6.596914
DSC00121_geotag_L.JPG	655383.716	1504090.156	212.405	-4.373386	45.866978	-85.587573
DSC00125_geotag_R.JPG	655383.675	1504090.155	212.448	-34.396506	10.439013	7.848931
DSC00122_geotag_L.JPG	655373.779	1504062.891	213.380	-14.133652	39.341979	-69.253553
DSC00126_geotag_R.JPG	655373.735	1504062.879	213.419	-33.756554	-0.494642	16.051589
DSC00123_geotag_L.JPG	655364.395	1504034.288	213.051	-2.652800	39.329384	-89.003599
DSC00127_geotag_R.JPG	655364.349	1504034.289	213.089	-34.190571	6.108405	2.286504
DSC00124_geotag_L.JPG	655352.831	1504007.736	213.774	-6.850539	40.148330	-81.067631
DSC00128_geotag_R.JPG	655352.786	1504007.731	213.814	-33.808460	3.839006	8.029947
DSC00125_geotag_L.JPG	655343.534	1503980.471	213.455	-10.737286	38.359577	-76.257269
DSC00129_geotag_R.JPG	655343.489	1503980.463	213.493	-34.751012	0.622246	10.624614
DSC00126_geotag_L.JPG	655336.530	1503951.182	215.180	-12.071174	30.853392	-72.739913
DSC00130_geotag_R.JPG	655336.481	1503951.171	215.212	-34.098482	-7.416563	10.356321
DSC00127_geotag_L.JPG	655327.712	1503923.537	212.501	-8.140641	36.252715	-87.342413
DSC00131_geotag_R.JPG	655327.664	1503923.540	212.537	-38.624251	2.795281	1.825459
DSC00128_geotag_L.JPG	655314.859	1503896.825	212.833	-9.094794	42.656570	-80.568351
DSC00132_geotag_R.JPG	655314.816	1503896.821	212.874	-35.847555	5.907639	9.502390
DSC00129_geotag_L.JPG	655304.776	1503869.472	214.560	-6.243040	39.698541	-83.488460
DSC00133_geotag_R.JPG	655304.730	1503869.470	214.599	-34.622815	4.302844	6.172246
DSC00130_geotag_L.JPG	655294.245	1503841.779	214.274	-9.988782	39.560364	-77.611835
DSC00134_geotag_R.JPG	655294.200	1503841.772	214.313	-34.843108	2.151129	10.162199
DSC00131_geotag_L.JPG	655285.284	1503813.655	214.385	-11.158999	37.763766	-76.928443

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00135_geotag_R.JPG	655285.238	1503813.649	214.423	-35.580700	0.295645	9.898249
DSC00132_geotag_L.JPG	655275.232	1503785.245	215.045	-12.433495	37.500451	-73.248269
DSC00136_geotag_R.JPG	655275.187	1503785.236	215.083	-34.589600	-1.098579	12.471055
DSC00133_geotag_L.JPG	655267.819	1503756.677	214.609	-10.829649	34.365851	-76.500020
DSC00137_geotag_R.JPG	655267.771	1503756.669	214.644	-35.024065	-2.943687	8.815045
DSC00134_geotag_L.JPG	655257.637	1503728.550	214.279	-8.037216	36.915375	-81.171458
DSC00138_geotag_R.JPG	655257.590	1503728.546	214.315	-34.994919	0.993995	6.490723
DSC00135_geotag_L.JPG	655244.391	1503701.475	213.942	-8.777381	41.747256	-79.977990
DSC00139_geotag_R.JPG	655244.347	1503701.471	213.983	-35.132108	4.898748	9.487031
DSC00136_geotag_L.JPG	655234.459	1503673.410	214.844	-11.000133	37.349789	-77.220108
DSC00140_geotag_R.JPG	655234.412	1503673.404	214.882	-35.598584	0.014895	9.516126
DSC00137_geotag_L.JPG	655225.519	1503644.825	215.178	-12.272701	38.378346	-75.947500
DSC00141_geotag_R.JPG	655225.474	1503644.818	215.216	-36.096477	0.540935	10.854246
DSC00138_geotag_L.JPG	655214.867	1503617.261	213.408	-6.330608	41.300310	-85.447051
DSC00142_geotag_R.JPG	655214.822	1503617.260	213.448	-35.933126	6.425605	5.643474
DSC00139_geotag_L.JPG	655203.266	1503589.685	214.213	-7.281609	41.716142	-82.358450
DSC00143_geotag_R.JPG	655203.221	1503589.682	214.253	-35.073245	5.679593	7.884299
DSC00140_geotag_L.JPG	655193.059	1503561.737	214.355	-9.205110	41.976228	-78.413939
DSC00144_geotag_R.JPG	655193.016	1503561.732	214.395	-34.611393	4.596289	10.638917
DSC00141_geotag_L.JPG	655185.094	1503533.581	215.455	-10.594500	35.914539	-77.806923
DSC00145_geotag_R.JPG	655185.046	1503533.575	215.491	-35.552782	-1.090869	8.487011
DSC00142_geotag_L.JPG	655175.982	1503505.753	214.172	-9.369312	38.846566	-76.074345
DSC00146_geotag_R.JPG	655175.936	1503505.745	214.210	-33.273582	1.009224	10.953039
DSC00143_geotag_L.JPG	655165.239	1503478.905	215.468	-12.754225	37.567129	-72.185195
DSC00147_geotag_R.JPG	655165.194	1503478.895	215.506	-34.245407	-1.350074	13.278616
DSC00146_geotag_L.JPG	655079.707	1503518.326	216.457	22.914020	-16.622996	118.060971

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00150_geotag_R.JPG	655079.757	1503518.346	216.482	39.211836	24.078706	-164.772461
DSC00147_geotag_L.JPG	655089.747	1503545.073	215.683	18.897973	-27.513898	118.023211
DSC00151_geotag_R.JPG	655089.794	1503545.092	215.715	34.206895	13.587229	-161.678613
DSC00148_geotag_L.JPG	655101.411	1503573.776	215.221	14.921466	-31.690051	110.395444
DSC00152_geotag_R.JPG	655101.459	1503573.788	215.255	34.951639	7.597482	-166.818018
DSC00149_geotag_L.JPG	655114.088	1503601.599	214.765	14.336404	-35.909485	111.620845
DSC00153_geotag_R.JPG	655114.133	1503601.613	214.802	33.444108	3.962556	-164.433407
DSC00150_geotag_L.JPG	655126.394	1503628.211	214.752	13.459227	-35.449972	109.141286
DSC00154_geotag_R.JPG	655126.441	1503628.223	214.788	34.150777	3.708989	-166.488199
DSC00151_geotag_L.JPG	655139.532	1503656.008	213.873	16.758686	-38.259092	113.862496
DSC00155_geotag_R.JPG	655139.575	1503656.021	213.912	34.381014	2.296160	-161.992398
DSC00152_geotag_L.JPG	655151.663	1503682.634	214.543	13.689510	-38.153203	108.367463
DSC00156_geotag_R.JPG	655151.707	1503682.644	214.581	34.828994	0.962699	-166.101739
DSC00153_geotag_L.JPG	655164.988	1503712.721	215.068	15.971294	-37.043011	113.052939
DSC00157_geotag_R.JPG	655165.032	1503712.735	215.107	34.135875	3.256481	-162.977143
DSC00154_geotag_L.JPG	655176.811	1503740.169	214.778	17.147929	-38.127424	118.511568
DSC00158_geotag_R.JPG	655176.853	1503740.187	214.818	31.720719	3.435941	-158.514376
DSC00155_geotag_L.JPG	655188.161	1503769.223	213.293	17.667462	-36.147305	115.510717
DSC00159_geotag_R.JPG	655188.204	1503769.238	213.331	34.254243	4.700534	-161.357531
DSC00156_geotag_L.JPG	655199.462	1503798.599	214.292	18.768398	-38.226087	119.058909
DSC00160_geotag_R.JPG	655199.503	1503798.616	214.332	32.976341	3.447308	-158.072289
DSC00157_geotag_L.JPG	655210.559	1503826.145	213.806	22.162667	-35.870603	124.144813
DSC00161_geotag_R.JPG	655210.599	1503826.166	213.846	33.000063	6.626041	-154.607243
DSC00158_geotag_L.JPG	655221.596	1503856.923	213.582	21.977120	-33.710445	122.615932
DSC00162_geotag_R.JPG	655221.638	1503856.943	213.621	33.907066	8.495854	-156.278988
DSC00159_geotag_L.JPG	655232.556	1503887.189	213.607	24.318707	-33.826407	124.465862



Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00163_geotag_R.JPG	655232.597	1503887.208	213.646	34.989098	8.683495	-154.730905
DSC00160_geotag_L.JPG	655243.200	1503917.349	213.946	25.558437	-32.678559	127.398340
DSC00164_geotag_R.JPG	655243.240	1503917.371	213.984	34.250015	10.227296	-152.475949
DSC00161_geotag_L.JPG	655253.174	1503945.943	213.767	22.706979	-32.293734	122.688112
DSC00165_geotag_R.JPG	655253.216	1503945.962	213.804	34.635426	9.894485	-156.515633
DSC00162_geotag_L.JPG	655263.679	1503973.675	212.183	22.934258	-33.963931	122.332413
DSC00166_geotag_R.JPG	655263.721	1503973.693	212.222	35.048127	8.198877	-156.458424
DSC00163_geotag_L.JPG	655273.694	1504003.482	213.610	21.944215	-35.121007	120.979623
DSC00167_geotag_R.JPG	655273.736	1504003.500	213.649	34.935494	6.827315	-157.301862
DSC00164_geotag_L.JPG	655286.009	1504033.899	213.019	22.067757	-35.744081	120.354654
DSC00168_geotag_R.JPG	655286.051	1504033.915	213.059	35.461440	6.104473	-157.657712
DSC00165_geotag_L.JPG	655297.482	1504063.986	212.842	22.247467	-36.431810	119.947650
DSC00169_geotag_R.JPG	655297.524	1504064.002	212.882	35.896849	5.358906	-157.817502
DSC00166_geotag_L.JPG	655307.910	1504092.246	213.154	25.270440	-35.369703	124.766523
DSC00170_geotag_R.JPG	655307.950	1504092.265	213.194	35.696680	7.211582	-154.199983
DSC00167_geotag_L.JPG	655317.601	1504121.636	214.112	25.566886	-34.005562	126.080267
DSC00171_geotag_R.JPG	655317.641	1504121.656	214.151	35.129480	8.742462	-153.364791
DSC00168_geotag_L.JPG	655327.027	1504149.806	214.928	24.556412	-31.871578	127.569932
DSC00172_geotag_R.JPG	655327.068	1504149.829	214.966	33.152199	11.046915	-152.453409
DSC00169_geotag_L.JPG	655336.126	1504178.676	214.868	21.180925	-30.595390	119.177173
DSC00173_geotag_R.JPG	655336.171	1504178.693	214.904	35.546790	10.866713	-159.873538
DSC00170_geotag_L.JPG	655346.720	1504207.072	213.879	24.060162	-35.670190	124.052375
DSC00174_geotag_R.JPG	655346.760	1504207.091	213.919	34.964719	6.808712	-154.719466
DSC00171_geotag_L.JPG	655357.490	1504236.505	214.718	24.022592	-33.135018	123.899024
DSC00175_geotag_R.JPG	655357.531	1504236.524	214.756	35.099658	9.273281	-155.333004
DSC00172_geotag_L.JPG	655367.147	1504263.757	212.881	22.759357	-32.706182	121.053703

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00176_geotag_R.JPG	655367.191	1504263.775	212.918	35.777349	9.194053	-157.790094
DSC00173_geotag_L.JPG	655377.862	1504293.104	212.887	23.599906	-36.847391	121.329330
DSC00177_geotag_R.JPG	655377.903	1504293.120	212.927	36.316118	5.207134	-156.638278
DSC00174_geotag_L.JPG	655388.359	1504322.298	213.693	26.897388	-34.830310	127.467364
DSC00178_geotag_R.JPG	655388.398	1504322.319	213.734	35.489263	8.108589	-152.091001
DSC00175_geotag_L.JPG	655398.563	1504350.925	215.152	22.457139	-31.264148	121.720987
DSC00179_geotag_R.JPG	655398.607	1504350.944	215.188	35.080915	10.725716	-157.554659
DSC00176_geotag_L.JPG	655409.061	1504383.473	215.771	22.394599	-30.217192	124.901142
DSC00180_geotag_R.JPG	655409.104	1504383.495	215.807	32.889647	12.299099	-155.035969
DSC00177_geotag_L.JPG	655419.363	1504413.747	215.549	20.661851	-32.008737	123.676518
DSC00181_geotag_R.JPG	655419.405	1504413.769	215.585	31.928235	10.341893	-155.741139
DSC00178_geotag_L.JPG	655428.415	1504441.214	215.770	20.856543	-28.136388	126.604550
DSC00182_geotag_R.JPG	655428.457	1504441.240	215.804	30.256493	14.605462	-153.899290
DSC00179_geotag_L.JPG	655438.715	1504473.045	216.200	20.341994	-29.455660	124.582949
DSC00183_geotag_R.JPG	655438.758	1504473.068	216.235	31.087731	12.996716	-155.457844
DSC00180_geotag_L.JPG	655447.796	1504499.890	216.407	24.339413	-28.216859	130.080690
DSC00184_geotag_R.JPG	655447.837	1504499.916	216.443	31.293939	14.961754	-150.750650
DSC00181_geotag_L.JPG	655456.933	1504527.953	215.539	21.816583	-29.557228	123.021179
DSC00185_geotag_R.JPG	655456.977	1504527.975	215.575	33.630237	12.631242	-156.804460
DSC00182_geotag_L.JPG	655467.044	1504557.390	214.279	15.961913	-27.816883	113.091672
DSC00186_geotag_R.JPG	655467.093	1504557.405	214.310	34.491944	12.025794	-165.873162
DSC00183_geotag_L.JPG	655478.950	1504586.268	214.589	20.897933	-35.670937	120.174673
DSC00187_geotag_R.JPG	655478.992	1504586.285	214.628	34.413735	6.141604	-157.817778
DSC00184_geotag_L.JPG	655489.484	1504616.444	216.029	18.602031	-31.580559	115.522176
DSC00188_geotag_R.JPG	655489.530	1504616.459	216.064	35.339616	9.078453	-162.666967
DSC00185_geotag_L.JPG	655501.788	1504644.948	215.999	20.782753	-36.190791	124.696613

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00189_geotag_R.JPG	655501.828	1504644.970	216.039	31.238773	6.393811	-154.106299
DSC00186_geotag_L.JPG	655512.231	1504674.719	215.852	19.892557	-31.415513	120.404680
DSC00190_geotag_R.JPG	655512.275	1504674.739	215.888	33.398100	10.324128	-158.633745
DSC00187_geotag_L.JPG	655523.325	1504702.575	214.857	16.404392	-34.217104	111.393273
DSC00191_geotag_R.JPG	655523.371	1504702.587	214.893	35.703478	5.499515	-165.168464
DSC00188_geotag_L.JPG	655433.903	1504731.569	213.111	5.115778	36.291210	-102.471193
DSC00189_geotag_L.JPG	655415.238	1504708.899	215.183	-13.683700	39.154027	-63.818553
DSC00193_geotag_R.JPG	655415.196	1504708.882	215.222	-29.781665	-1.964644	20.000298
DSC00190_geotag_L.JPG	655407.065	1504680.482	214.374	-6.945768	38.625518	-80.840681
DSC00194_geotag_R.JPG	655407.018	1504680.477	214.412	-33.730672	2.401331	7.497347
DSC00191_geotag_L.JPG	655398.477	1504651.371	216.193	-9.062830	35.891733	-79.096974
DSC00195_geotag_R.JPG	655398.429	1504651.366	216.229	-34.792255	-0.664181	7.532764
DSC00192_geotag_L.JPG	655389.968	1504623.577	215.462	-16.537428	31.605741	-65.243589
DSC00196_geotag_R.JPG	655389.922	1504623.562	215.496	-33.773509	-8.863806	16.708943
DSC00193_geotag_L.JPG	655382.132	1504594.929	214.702	-15.697014	35.328471	-66.912989
DSC00197_geotag_R.JPG	655382.086	1504594.915	214.739	-33.877715	-4.894090	16.512981
DSC00194_geotag_L.JPG	655369.707	1504567.454	214.151	-0.118376	41.996082	-89.046695
DSC00198_geotag_R.JPG	655369.662	1504567.453	214.191	-31.858739	8.396011	3.668495
DSC00195_geotag_L.JPG	655357.201	1504538.911	215.058	-8.158080	34.949625	-80.434465
DSC00199_geotag_R.JPG	655357.153	1504538.906	215.093	-34.683335	-1.030016	6.139186
DSC00196_geotag_L.JPG	655348.132	1504510.989	215.854	-8.300464	34.745303	-76.907717
DSC00200_geotag_R.JPG	655348.084	1504510.980	215.889	-32.733197	-2.459645	8.665121
DSC00197_geotag_L.JPG	655340.165	1504481.236	214.905	-7.472683	32.018537	-78.981388
DSC00201_geotag_R.JPG	655340.115	1504481.229	214.938	-33.205221	-4.195179	5.936434
DSC00198_geotag_L.JPG	655330.141	1504453.755	213.884	-12.515195	37.790492	-70.290583
DSC00202_geotag_R.JPG	655330.097	1504453.743	213.923	-32.809146	-1.676173	14.759654

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00199_geotag_L.JPG	655322.493	1504425.521	216.227	-8.047133	31.637070	-73.996027
DSC00203_geotag_R.JPG	655322.444	1504425.509	216.259	-30.809438	-6.282858	9.656969
DSC00200_geotag_L.JPG	655311.972	1504398.725	214.356	-8.726209	38.074827	-78.475494
DSC00204_geotag_R.JPG	655311.926	1504398.719	214.394	-34.086873	1.091481	8.922045
DSC00201_geotag_L.JPG	655301.474	1504372.249	213.690	-4.498077	40.619777	-84.423395
DSC00205_geotag_R.JPG	655301.429	1504372.246	213.729	-33.465050	5.453932	5.986679
DSC00202_geotag_L.JPG	655287.027	1504343.741	214.455	-6.041478	42.054437	-85.202825
DSC00206_geotag_R.JPG	655286.983	1504343.740	214.495	-35.544014	6.991655	6.177764
DSC00203_geotag_L.JPG	655276.673	1504316.652	214.046	-0.572557	38.752372	-92.024616
DSC00207_geotag_R.JPG	655276.626	1504316.654	214.084	-33.752743	6.877036	-0.018971
DSC00204_geotag_L.JPG	655266.014	1504288.364	214.408	-6.425942	38.374548	-80.002191
DSC00208_geotag_R.JPG	655265.967	1504288.357	214.446	-32.706636	1.883661	7.972664
DSC00205_geotag_L.JPG	655257.895	1504260.183	215.166	-15.057750	35.142967	-68.315602
DSC00209_geotag_R.JPG	655257.849	1504260.170	215.203	-34.143823	-4.703813	15.364113
DSC00206_geotag_L.JPG	655250.698	1504231.421	215.946	-11.804592	35.032404	-73.728656
DSC00210_geotag_R.JPG	655250.651	1504231.411	215.982	-34.293961	-3.234618	11.174463
DSC00207_geotag_L.JPG	655240.663	1504203.866	214.930	-10.265866	38.088018	-77.798968
DSC00211_geotag_R.JPG	655240.616	1504203.860	214.968	-35.217637	0.877053	9.409732
DSC00208_geotag_L.JPG	655230.187	1504176.070	214.453	-4.737008	37.561357	-87.762814
DSC00212_geotag_R.JPG	655230.140	1504176.071	214.490	-35.495800	4.092665	2.203413
DSC00209_geotag_L.JPG	655217.157	1504149.136	213.758	-1.732032	40.499443	-88.135362
DSC00213_geotag_R.JPG	655217.112	1504149.135	213.797	-32.845446	6.761672	3.471135
DSC00210_geotag_L.JPG	655204.186	1504120.873	213.989	-9.031551	39.548760	-79.610676
DSC00214_geotag_R.JPG	655204.140	1504120.869	214.028	-35.098425	2.803195	8.764472
DSC00211_geotag_L.JPG	655195.356	1504092.792	215.275	-3.864051	42.422553	-82.819789
DSC00215_geotag_R.JPG	655195.312	1504092.787	215.315	-31.967839	6.464119	7.912999

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00212_geotag_L.JPG	655186.944	1504064.120	216.283	-9.365491	32.503208	-74.908918
DSC00216_geotag_R.JPG	655186.895	1504064.110	216.316	-32.649995	-5.183172	9.281875
DSC00213_geotag_L.JPG	655179.029	1504035.691	214.621	-10.902410	33.199645	-73.779233
DSC00217_geotag_R.JPG	655178.981	1504035.680	214.655	-33.472915	-4.911478	10.431683
DSC00214_geotag_L.JPG	655170.025	1504007.549	214.933	-8.355956	34.544053	-77.473892
DSC00218_geotag_R.JPG	655169.977	1504007.541	214.968	-33.132296	-2.448688	8.157368
DSC00215_geotag_L.JPG	655158.860	1503980.016	215.411	-4.706394	40.342103	-81.072788
DSC00219_geotag_R.JPG	655158.815	1503980.010	215.450	-31.673436	4.013501	8.114495
DSC00216_geotag_L.JPG	655149.202	1503952.470	214.486	-9.087685	32.406986	-83.005656
DSC00220_geotag_R.JPG	655149.151	1503952.468	214.519	-37.128671	-2.308815	3.070929
DSC00217_geotag_L.JPG	655141.447	1503924.571	213.833	-1.232105	38.230571	-93.313919
DSC00221_geotag_R.JPG	655141.400	1503924.575	213.870	-35.077334	6.999168	-1.156765
DSC00218_geotag_L.JPG	655129.458	1503898.258	214.921	2.046586	40.666760	-97.072377
DSC00222_geotag_R.JPG	655129.412	1503898.264	214.960	-34.035032	10.658055	-2.151378
DSC00219_geotag_L.JPG	655118.286	1503869.223	214.786	-11.790290	36.946551	-78.872810
DSC00223_geotag_R.JPG	655118.239	1503869.219	214.823	-37.384163	0.208487	8.152151
DSC00220_geotag_L.JPG	655106.619	1503842.183	214.377	-6.864091	38.971067	-82.997063
DSC00224_geotag_R.JPG	655106.573	1503842.180	214.415	-34.931765	3.482122	6.163082
DSC00221_geotag_L.JPG	655097.093	1503813.606	217.080	-12.198386	35.800948	-70.600616
DSC00225_geotag_R.JPG	655097.047	1503813.593	217.117	-32.719574	-3.454303	13.832322
DSC00222_geotag_L.JPG	655088.319	1503785.078	214.202	-2.514743	39.733898	-90.872933
DSC00226_geotag_R.JPG	655088.273	1503785.081	214.240	-35.124799	7.216752	1.272771
DSC00223_geotag_L.JPG	655076.814	1503757.484	214.300	-7.130094	41.077256	-82.038537
DSC00227_geotag_R.JPG	655076.770	1503757.480	214.340	-34.702298	5.002348	7.799645
DSC00224_geotag_L.JPG	655068.644	1503729.028	213.057	-1.586163	38.507213	-93.323150
DSC00228_geotag_R.JPG	655068.597	1503729.033	213.094	-35.455613	7.232931	-1.007500

Image Name	X	Y	Z	Omega	Phi	Kappa
DSC00225_geotag_L.JPG	655057.811	1503701.858	214.552	-1.185359	40.766215	-90.930087
DSC00229_geotag_R.JPG	655057.766	1503701.860	214.591	-33.902369	8.109362	1.797878
DSC00226_geotag_L.JPG	655046.926	1503673.233	214.219	-6.880260	42.109167	-84.309177
DSC00230_geotag_R.JPG	655046.882	1503673.232	214.259	-35.856649	6.715435	6.787598
DSC00227_geotag_L.JPG	655036.009	1503645.883	213.728	-2.761391	44.089100	-88.575181
DSC00231_geotag_R.JPG	655035.966	1503645.883	213.769	-34.405381	9.995944	5.079390
DSC00228_geotag_L.JPG	655025.219	1503617.609	214.462	-5.637444	40.446946	-85.311190
DSC00232_geotag_R.JPG	655025.174	1503617.608	214.501	-35.116054	5.632519	5.310271
DSC00229_geotag_L.JPG	655014.879	1503589.419	215.425	-7.268395	40.754380	-81.596733
DSC00233_geotag_R.JPG	655014.834	1503589.415	215.465	-34.563582	4.561967	7.947721
DSC00230_geotag_L.JPG	655008.066	1503560.238	217.283	-11.614125	33.401196	-74.701961
DSC00234_geotag_R.JPG	655008.018	1503560.229	217.317	-34.742893	-4.426268	9.797146
DSC00235_geotag_R.JPG	654999.107	1503532.107	217.312	-34.728868	-2.324147	5.185740
DSC00236_geotag_R.JPG	654989.957	1503504.890	215.367	-34.478205	2.231357	6.566378





รูปที่ จ-1 อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว



รูปที่ จ-2 ร้านหลังคาเมทัลชีท



รูปที่ จ-3 ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น



รูปที่ จ-4 ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น



รูปที่ จ-5 อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว



รูปที่ จ-6 อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว





รูปที่ จ-7 เอเพ็กซ์ ซุปเปอร์ 1 ชั้น



รูปที่ จ-8 มินิบิ๊กซี 1 ชั้น



รูปที่ จ-9 ร้าน 7-11 1 ชั้น



รูปที่ จ-10 อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาล

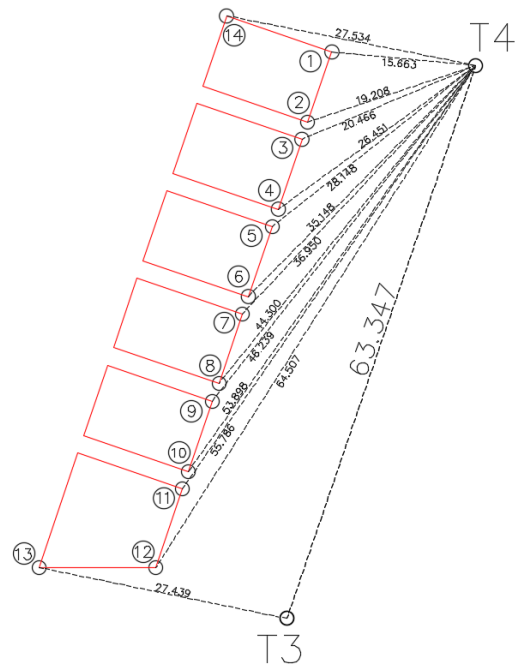


รูปที่ จ-11 อพาร์ตเมนต์ 4 ชั้น ขาว

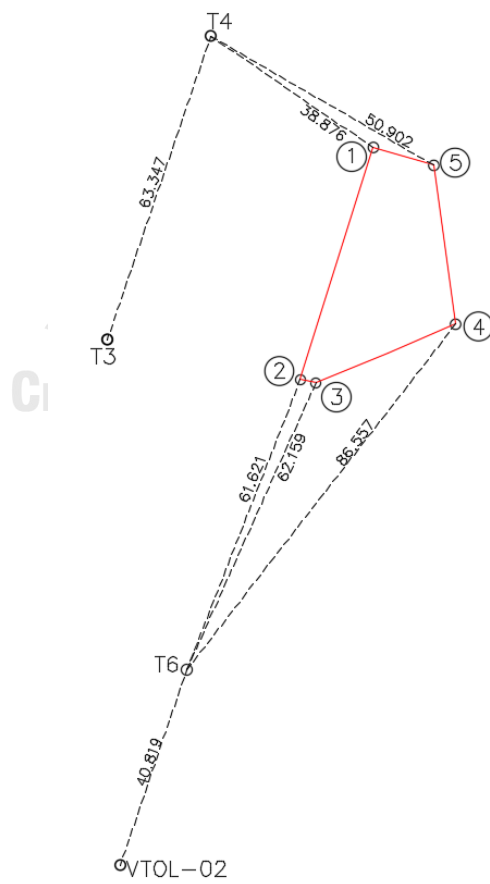


รูปที่ จ-12 โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา

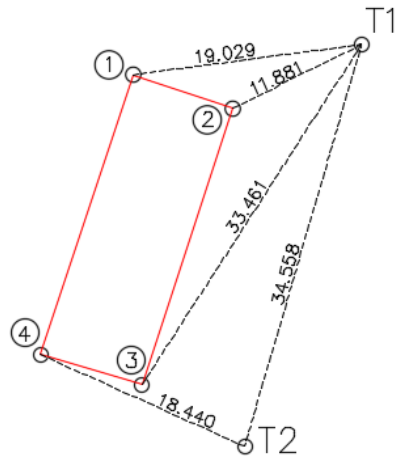




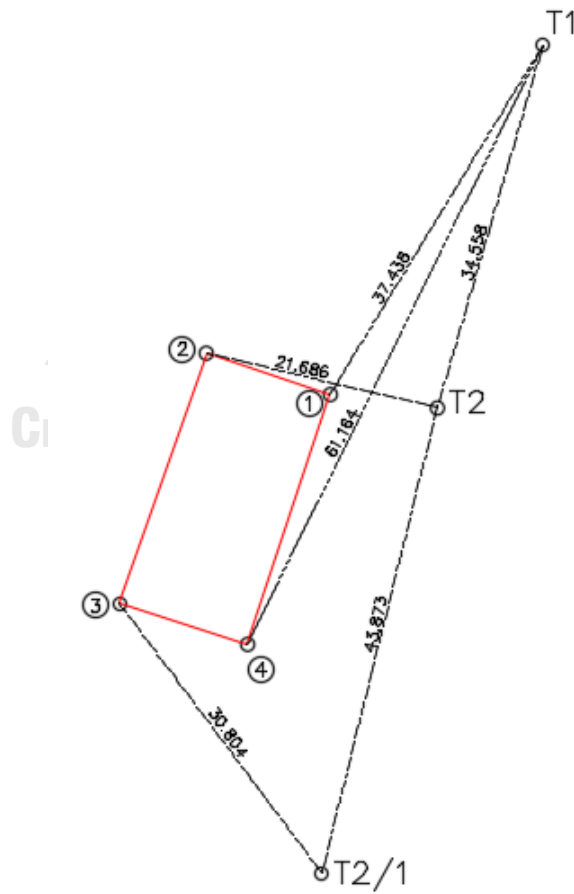
รูปที่ ฉ-1 อาคารพาณิชย์ 4 ชั้น เขียว-ขาว



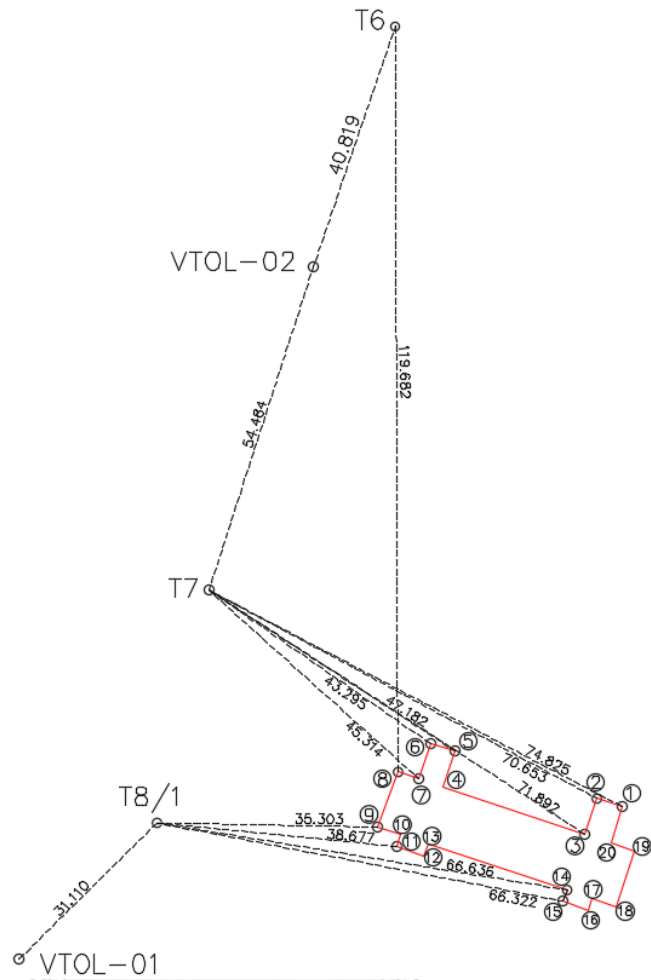
รูปที่ ฉ-2 ร้านหลังคาเมทัลชีท



รูปที่ ฉ-3 ห้องแถวที่พักข้าราชการ 2 ชั้น

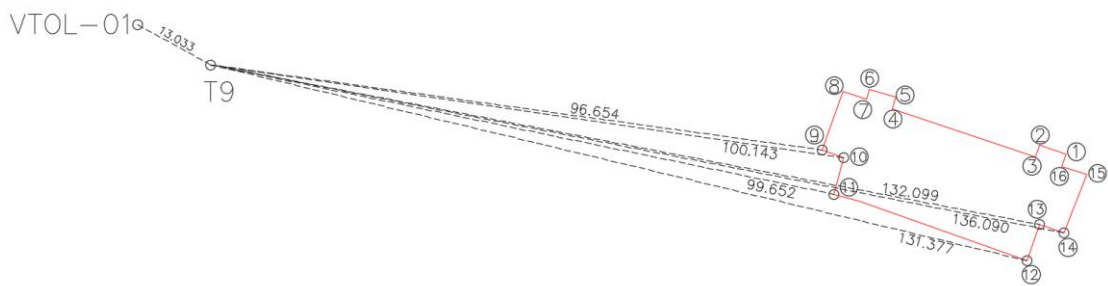


รูปที่ ฉ-4 ห้องแถวที่พักข้าราชการ 1 ชั้น

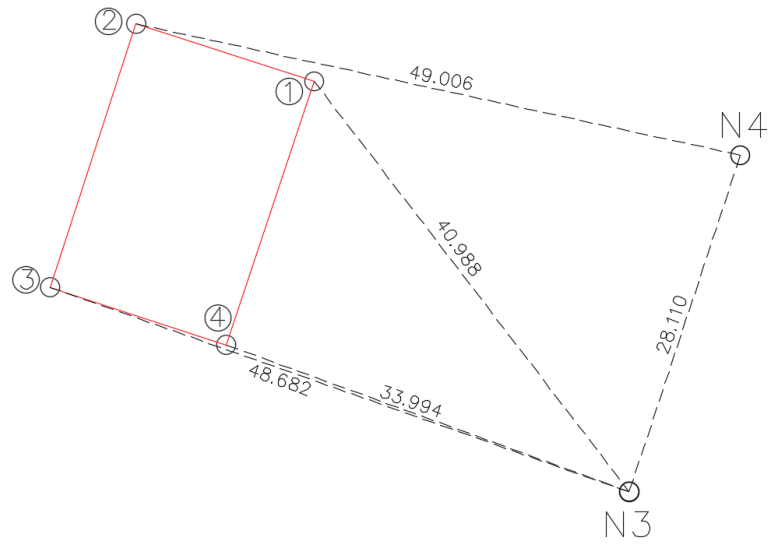


รูปที่ ๕-5 อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น หลังคาเขียว

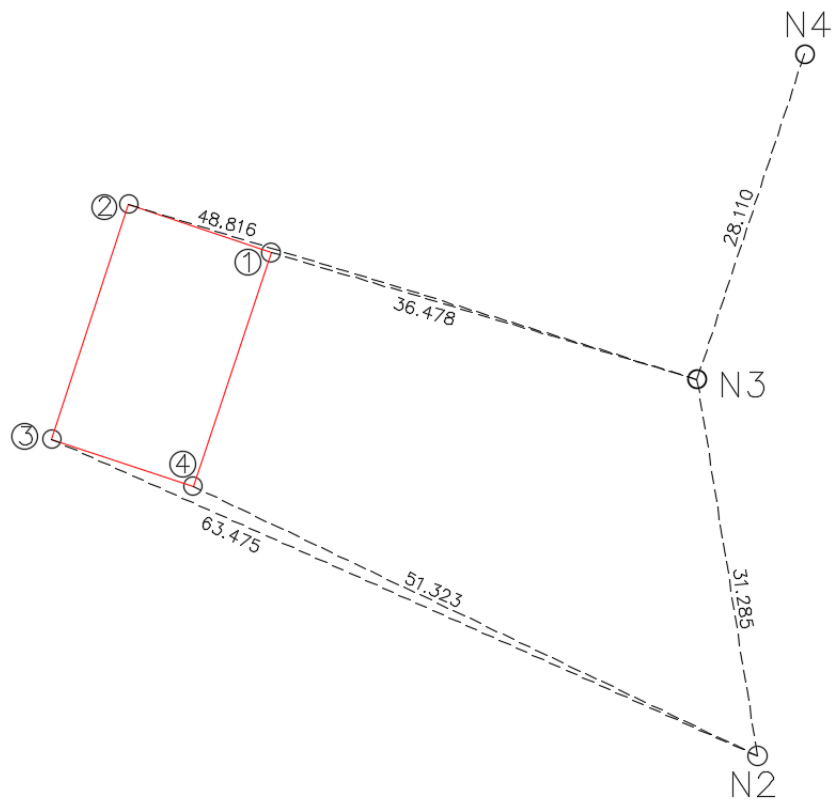
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY



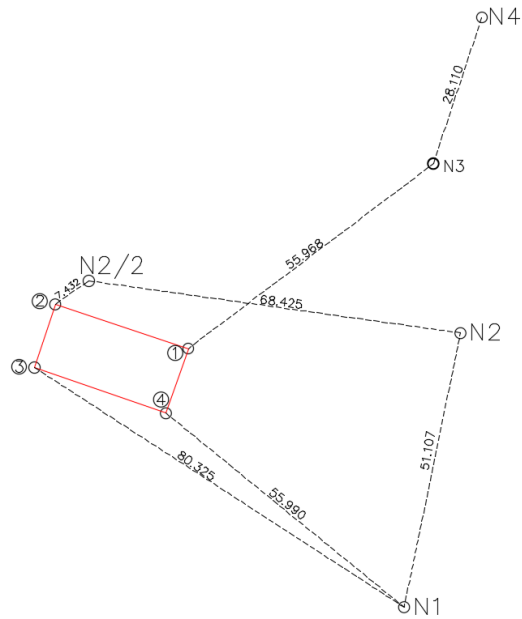
รูปที่ ๕-6 อาคารกรมที่ดิน 3 ชั้น ขาว



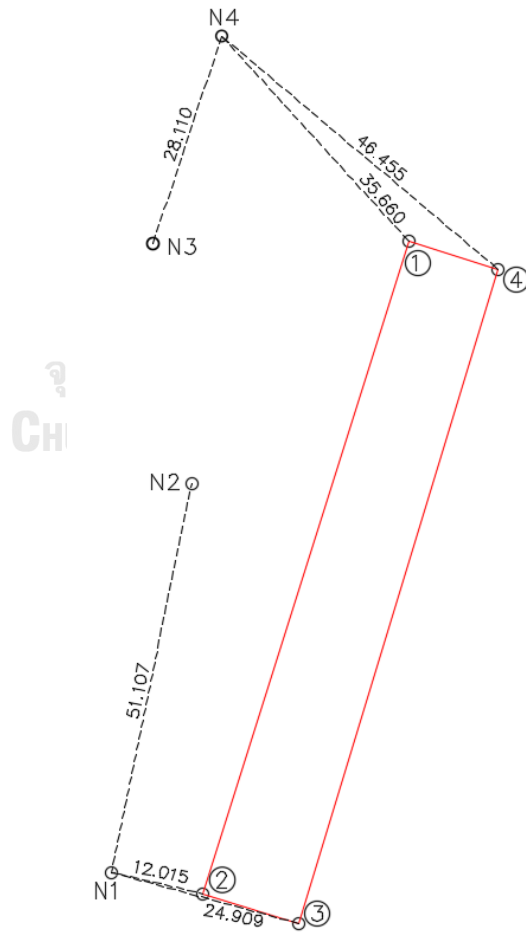
รูปที่ ฉ-7 เอเฟ็กซ์ ซ็อบ 1 ชั้น



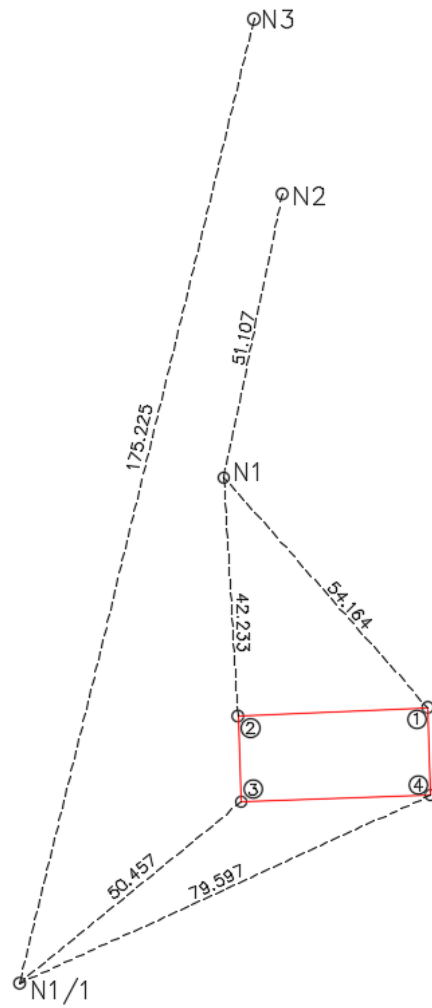
รูปที่ ฉ-8 มินิบิ๊กซี 1 ชั้น



รูปที่ ๙-9 ร้าน 7-11 1 ชั้น



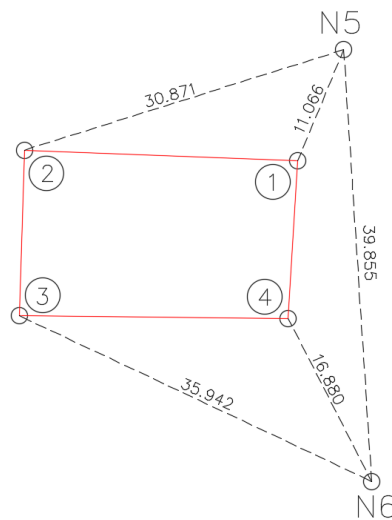
รูปที่ ๙-10 อาคารพาณิชย์ 3 ชั้น น้ำตาล



รูปที่ ฉ-11 อพาร์ทเมนต์ 4 ชั้น ขาว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHUL



รูปที่ ฉ-12 โกดังสินค้า 1 ชั้น เทา



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายจเด็จ ไผศาลสิทธิกันต์
วัน เดือน ปี เกิด	28 ธันวาคม 2516
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
วุฒิการศึกษา	วศ.บ.(สำรวจ) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ.2540 วศ.บ.(โยธา) มหาวิทยาลัยศรีปทุม พ.ศ.2546
ที่อยู่ปัจจุบัน	98/226 หมู่ที่ 4 ถนนรัตนานิเบศร์ ตำบลบางรักน้อย อำเภอเมือง จังหวัด นนทบุรี 11000
ผลงานตีพิมพ์	จเด็จ ไผศาลสิทธิกันต์ และ ไผศาล สันติธรรมนนท์ (2563). การ ประยุกต์ใช้ระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงบนอากาศยานไร้คนขับเพื่อรังวัดรอย พิมพ์ฐานอาคาร. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 25, การ ประชุมวิชาการรูปแบบออนไลน์, 15-17 กรกฎาคม 2563.