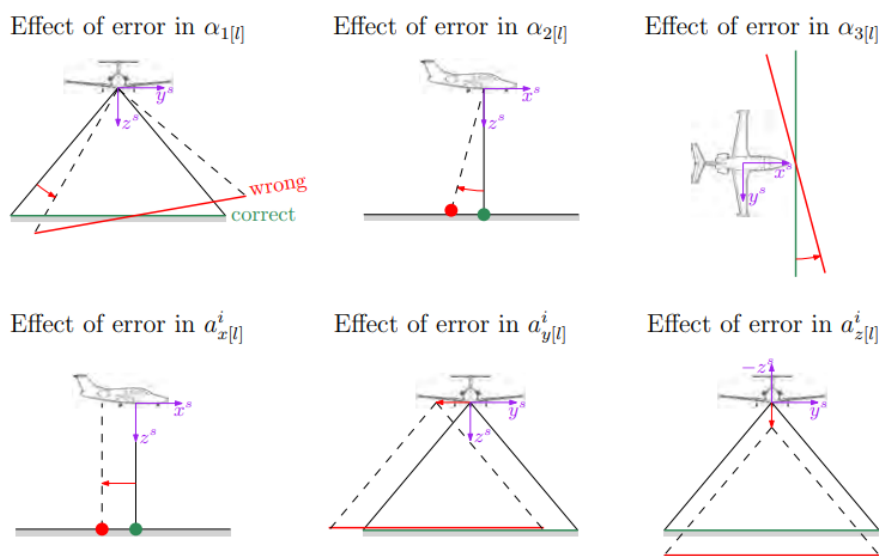


### ไลดาร์ (Light Detection And Ranging : LiDAR)

การสแกนด้วยแสงเลเซอร์เป็นเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลชนิดที่สามารถสร้างแหล่งพลังงานได้ด้วยตัวเอง (Active Remote Sensing) โดยพลังงานที่สร้างขึ้นจะอยู่ในรูปของแสงเลเซอร์ ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการวัดระยะทางระหว่างอุปกรณ์รังวัดไปยังพื้นผิวของวัตถุ โดยมักจะเรียกเทคนิคการสำรวจนี้ว่า ไลดาร์ (Light Detection And Ranging : LiDAR) การสแกนด้วยแสงเลเซอร์ทางอากาศ หรือการสำรวจด้วยไลดาร์ทางอากาศมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การได้มาซึ่งแบบจำลองระดับ (Digital Elevation Model : DEM) โดยต้องการให้พื้นที่ที่ทำการสำรวจมีจุดระดับอย่างละเอียดหนาแน่นมากกว่า 1 จุดต่อตารางเมตร ซึ่งจะทำให้ค่าความสูงที่ได้มีความละเอียดถูกต้องน่าเชื่อถือในระดับเดซิเมตร

สำหรับข้อมูลที่ได้มาจากการสแกนด้วยเลเซอร์มักจะมีค่าคลาดเคลื่อนเชิงระบบแฝงอยู่ ซึ่งส่งผลให้ผลลัพธ์ที่ประมวลผลได้มีความผิดเพี้ยนไปในข้อมูลพอยต์คลาวด์ของการคำนวณในแนวนอนนั้น ๆ ซึ่งในการคำนวณปรับแก้เพื่อลดขนาดของค่าคลาดเคลื่อนจะต้องอาศัยการวัดสอบและปรับแก้ค่าพารามิเตอร์เข้าไปทุกครั้ง โดยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเลเซอร์สแกน คือ พารามิเตอร์การวางตัว (ประกอบไปด้วย การหมุน 3 พารามิเตอร์และการเคลื่อนที่ 3 พารามิเตอร์) ซึ่งหากกำหนดค่าเหล่านี้ผิดจะส่งผลถึงการรังวัดค่าพิกัดภาคพื้นดิน เช่น ความเพี้ยนของมุมการวางตัวจะส่งผลถึงระยะของวัตถุที่วัดได้



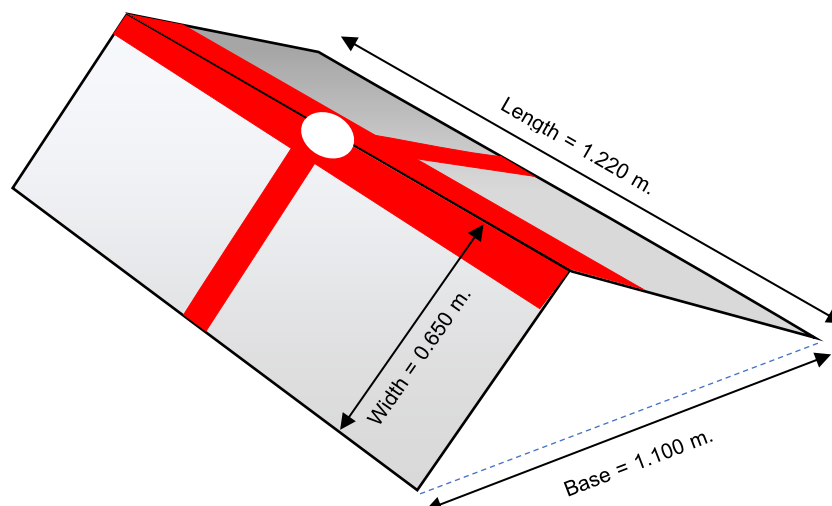
Effect of an erroneous mounting calibration (top: misalignment angles, bottom: lever-arm) on the georeference of lidar strips.

ความคลาดเคลื่อนของการสแกนด้วยแสงเลเซอร์ทางอากาศมักจะแฝงมากับข้อมูลที่บันทึกมา โดยมักสังเกตได้จากข้อมูลพอยต์คลาวด์บริเวณส่วนซ้อนระหว่างแนวนอนที่มีความแตกต่างทางความสูง แม้จุดตกกระทบนั้นจะเป็นจุดบนพื้นผิวเดียวกันก็ตาม ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น

- การกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยวิธีตรงที่คำนวณมาจากเซนเซอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยานในการคำนวณหาวิถีของพาหนะ
- เกิดจากแสงเลเซอร์ที่มีรูปแบบและแหล่งที่มาที่หลากหลาย เช่น อาจเกิดจากการที่วัตถุไม่สะท้อนรังสีของแสงเลเซอร์ หรืออาจสะท้อนแล้วส่งผลให้ความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์เปลี่ยนแปลงไป
- การหักเหและการเบี่ยงเบนของมุมสะท้อนที่ทำให้แสงเลเซอร์ไม่สะท้อนกลับเข้าเครื่องตรวจจับ
- ค่าระยะห่างและการวางตัวของอุปกรณ์ GNSS/IMU กับเลเซอร์สแกนเนอร์ ซึ่งรวมไปถึงอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่ใช้ทำให้อุปกรณ์ภายในอาจมีการขยับไปจากเดิม (Drift) จึงเป็นสาเหตุที่ต้องมีการวัดสอบเครื่องมือ (Calibration) รวมถึงการ Misalignment ของข้อมูล
- การบันทึกข้อมูลของระบบรับวัดเซนเซอร์ต่าง ๆ ให้สอดคล้องตรงกัน (Time synchronization)
- ค่าคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ในระบบรับวัดด้วยสัญญาณดาวเทียม GNSS
- การที่เลเซอร์เดินทางมาจากแหล่งกำเนิดที่มีระยะไกล โดยเฉพาะมาจากการบินสำรวจด้วยอากาศยาน ซึ่งในขณะที่เลเซอร์เดินทางผ่านชั้นบรรยากาศจะมีการกระเจิง (Disperse) เกิดขึ้น ซึ่งส่งผลให้ลำแสงเลเซอร์ที่ปลายทางขยายใหญ่ขึ้น (Beam divergence)

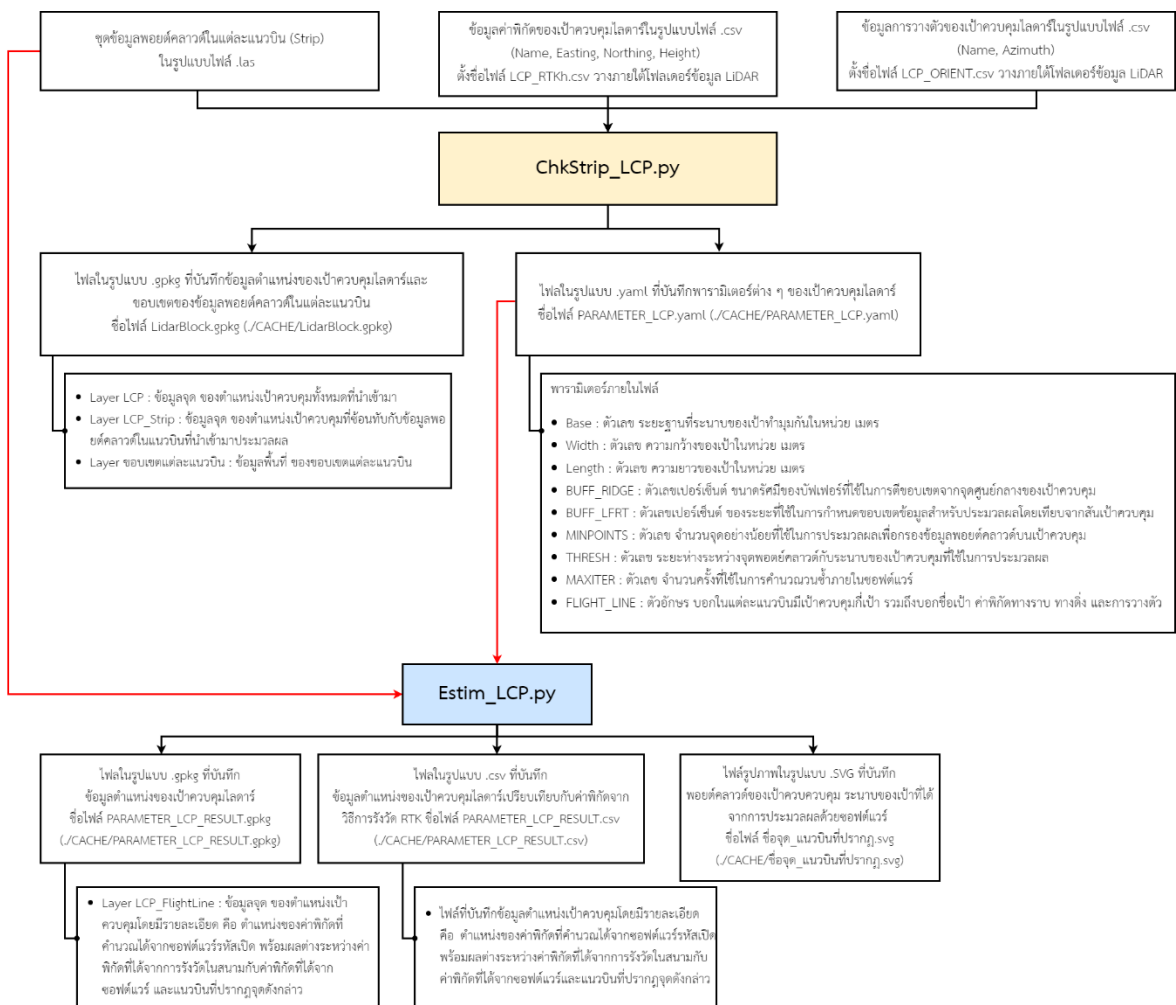
เหตุผลที่ต้องปรับแก้เป็นแนวนอน เนื่องจากความคลาดเคลื่อนที่แฝงอยู่ในข้อมูลพอยต์คลาวด์สามารถตรวจพบได้ในบริเวณส่วนซ้อนของแนวนอนนั้น จึงเป็นสาเหตุที่ต้องทำให้ปรับแก้เป็นแนวนอนเพื่อให้มีความถูกต้องทางตำแหน่งเพิ่มมากขึ้น โดยวิธีการคำนวณปรับแก้เป็นแนวนอน เรียกว่า Strip adjustment

ดังนั้นในแบบฝึกหัดนี้ผู้เรียนจะได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเป้าความคุมไลดาร์ (LiDAR Control Plane: LCP) ที่มีลักษณะเป็นระนาบทรงหลังคาวัดภาพที่แสดงด้านล่าง ที่จะใช้ในคำนวณปรับแก้ Strip adjustment ต่อไปในอนาคต



ให้นิสิตดาวน์โหลดข้อมูลไลดาร์ที่ได้มาจากเลเซอร์สแกนเนอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle Laser Scanning: ULS) ยี่ห้อ CHC รุ่น AA450 จากลิงก์ [https://github.com/ThirawatBan/PCV\\_SVCU](https://github.com/ThirawatBan/PCV_SVCU) โดยข้อมูลทีมนิสิตจะต้องดาวน์โหลดประกอบไปด้วย

1. ข้อมูลไลดาร์ (.las) ในแต่ละแนวนบิน
2. ข้อมูลค่าพิกัดตำแหน่งของเป้าควบคุมไลดาร์
3. ข้อมูลค่าวางตัวของเป้าควบคุมไลดาร์
4. ภาพถ่ายออร์โธ
5. โค้ดภาษาไพธอนสำหรับการประมวลผลตรวจสอบ (Link: [https://github.com/phisan-chula/UAV\\_Research/tree/main/LidarTarget\\_LCP](https://github.com/phisan-chula/UAV_Research/tree/main/LidarTarget_LCP)) ซึ่งประกอบไปด้วยโค้ด [ChkStrip\\_LCP.py](#) และ [EstimLCP.py](#)



### จงตอบคำถาม



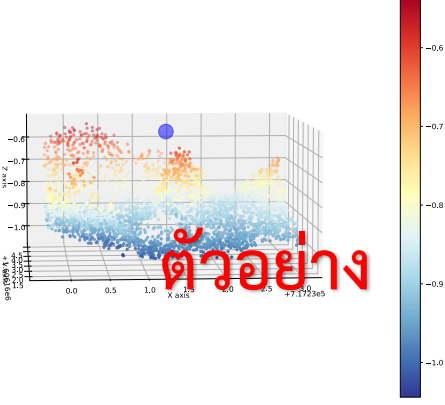
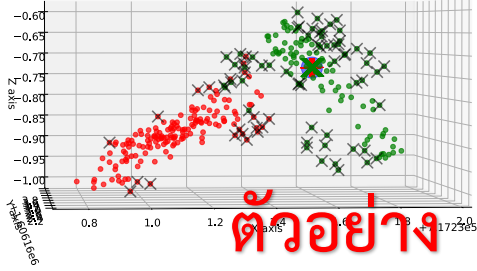
1. จงบอกคุณลักษณะ (Specification) ของระบบเลเซอร์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลในแบบฝึกหัดนี้



Instrument name	CHCNAV AA450
Measuring range	
FOV	
Precision	
Accuracy	
GNSS-Inertial solution	
IMU update rate	
Scanner	
Point cloud density	
Scan rate	
RGB resolution	
Max return	

2. ให้นิสิตทำการรังวัดหาค่าการวางตัวของเป้าควบคุมไลดาร์ โดยนิสิตสามารถคำนวณหาค่าการวางตัวหรือค่าอะซิมุทของเป้าควบคุมได้จากการรังวัดแนวเส้นหลังคาของเป้าควบคุมที่ปรากฏบนภาพถ่ายออร์โธผ่านโปรแกรมภูมิสารสนเทศ เช่น QGIS เป็นต้น โดยให้แสดงการคำนวณการหาค่าการวางตัวของเป้าและเปรียบเทียบค่าผลลัพธ์ระหว่างที่นิสิตคำนวณได้กับข้อมูลที่ได้จัดเตรียมไว้ให้ กำหนดให้ทำการรังวัดคนละ 5 เป้าควบคุม
3. ให้นิสิตประมวลผลตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์รหัสเปิด [ChkStrip\\_LCP.py](#) และ [EstimLCP.py](#) ที่ได้จัดเตรียมไว้ให้ จากนั้นให้จัดทำผลการรังวัดเป้าควบคุมไลดาร์ (LCP) ตามรูปแบบที่กำหนดให้ในหน้าถัดไป และแสดงค่าต่างระหว่างค่าพิกัดที่ได้จากซอฟต์แวร์และค่าพิกัดที่ได้มาด้วยวิธีการรังวัดแบบจลน์ในทันที (RTK) พร้อมคำนวณหาค่า RMSE กำหนดให้จัดทำผลการรังวัดคนละ 5 เป้าควบคุม

## ตัวอย่าง รูปแบบการแสดงผลการรังวัดเป้าควบคุมไคตารุ

LCP: (หมายเลข) Flight-line: (ชื่อแนวกบิน)	
Manual Measure (E,N,h) : EEEEE.EEE, NNNNN.NNN, h.hhh เมตร	
Estim_LCP (E,N,h) : EEEEE.EEE, NNNNN.NNN, h.hhh เมตร	
	
a) LCP on Orthophoto GSD xx cm	b) RGB Point-cloud
	
c) Point-cloud color by height	d) Point-cloud Roof-ridge