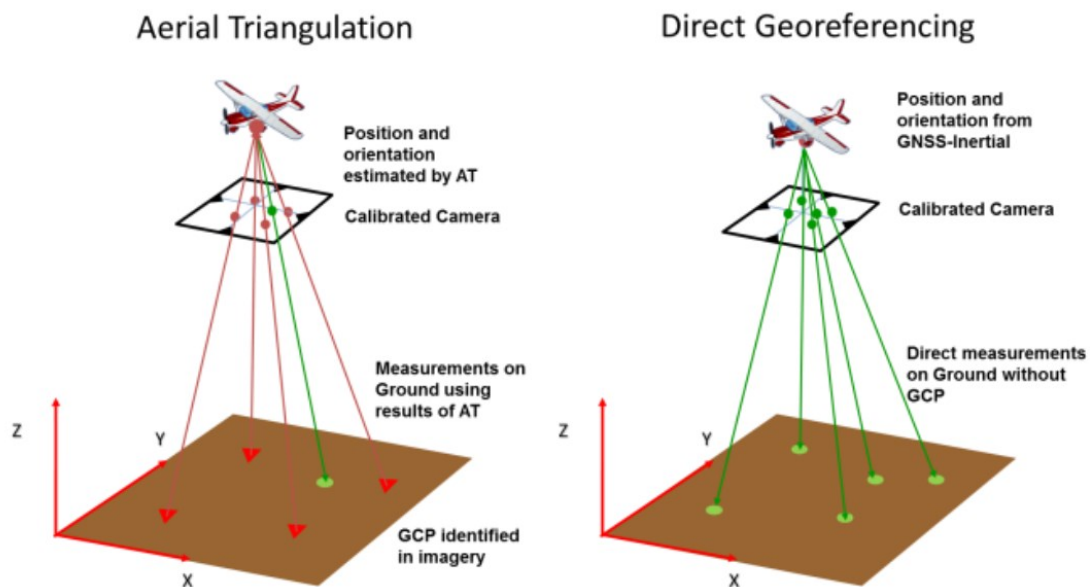


การกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยวิธีตรง(Direct Georeferencing : DG)

การอ้างอิงตำแหน่งบนโลกโดยตรงเป็นวิธีการกำหนดตำแหน่งและการวางตัวของยานพาหนะ โดยจะให้ผลลัพธ์การนำหนที่เป็นข้อมูลแสดงวิถีของพาหนะอย่างต่อเนื่อง ณ เวลาต่าง ๆ โดยจะต้องมีการหาความสัมพันธ์ระหว่างอุปกรณ์ช่วยในการนำหนต่าง ๆ กับตัวเซนเซอร์ที่เป็นค่าระยะห่างระหว่างคู่เซนเซอร์ (Offset) โดยที่เซนเซอร์เป็นได้ทั้ง กล้องถ่ายภาพจากดาวเทียม กล้องถ่ายภาพทางอากาศ ระบบเลเซอร์สแกน หรือระบบเรดาร์สำรวจภูมิประเทศเป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้จะให้ข้อมูลในรูปค่าพิกัดสัมพันธ์จากเซนเซอร์ไปยังจุดหรือพื้นผิวบนพื้นผิวโลก ซึ่งจุดหรือพื้นผิวดังกล่าวจะเป็นตัวแทนที่ต้องการในงานรังวัดทำแผนที่หรือต้องการข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยจุดเด่นของการกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยวิธีตรงคือ ช่วยให้การทำแผนที่จากอากาศและการทำแผนที่ด้วยระบบทำแผนที่เคลื่อนที่มีความสะดวก รวดเร็ว อีกทั้งให้ความละเอียดความถูกต้องทางตำแหน่งสูง

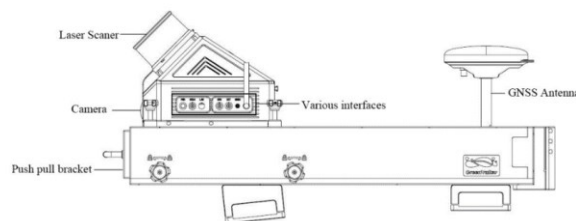


จงแสดงวิธีทำ

1. ในการรังวัดปริมาณระยะทางใด ๆ บนพื้นผิวโลกรัศมีเท่ากับ 6,371 กิโลเมตร หากนิสิตต้องการบรรยายความละเอียดความถูกต้องของค่าระยะเชิงเส้น (Linear distance) ในระดับความแม่นยำ 1 มิลลิเมตร นิสิตจะต้องแสดงจำนวนทศนิยมของค่าระยะทางเชิงมุม (Angular distance) อย่างน้อยกี่ตำแหน่ง โดยให้แสดงวิธีทำอย่างละเอียด (สูตรที่ใช้/หน่วยที่ชัดเจน) พร้อมสเก็ตช์รูปประกอบแสดงความเข้าใจ

วิธีทำ

2. หากนิสิตได้รับมอบหมายให้ทำการสำรวจข้อมูลโดยใช้รถสำรวจที่ติดตั้งเลเซอร์สแกนเนอร์ รุ่น LiMobile ยี่ห้อ Green Valley โดยที่เครื่องมือมีลักษณะ (Specification) ดังข้อมูลที่แสดงด้านล่าง เทคโนโลยีนี้เรียกว่า Mobile Mapping System (MMS) โดยประกอบด้วยเซนเซอร์หลักที่กำหนดวิถีของยานพาหนะ (Trajectory) เซนเซอร์ดังกล่าวคือ ระบบ GNSS/IMU ที่มีคุณภาพและเสถียรภาพที่สูง โดยมักจะถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยวิธีตรง (Direct georeferencing) เพื่อให้ได้ข้อมูลค่าพิกัดและการวางตัว (Position and Orientation: POS) ที่มีความถูกต้องและความแม่นยำที่สูง โดยมักจะถูกนำไปติดตั้งกับพาหนะ เช่น รถยนต์ อากาศยาน เรือ เป็นต้น



Specifications

System Specifications			
Dimensions ^[1] (mm)	265*270*230 mm	Battery	5700mAh*6
Weight ^[1] (Excl. Battery)	4.7 kg	Battery Life	~6 h / Battery
Storage Capacity	512 GB SSD	Ports	HDMI, USB, Network
System Control and Data Display	Wireless Mode	Smartphone/Tablet Connect via WIFI, Simultaneous Control and Display	
	Wired Mode	Wire Connection between System and Tablet, Control and Data Transmission	
Processor	4 Cores and 8 Threads		
Sensor Specifications		GNSS Specifications ^[1]	
Laser Sensor	XT32	Satellite Tracking	GPS: L1 C/A, L1C, L2C, L2P, L5
Range Accuracy	±3 cm		GLONASS: L1 C/A, L2C, L2P, L3, L5
Verticle FOV	-16°~ 15°		BeiDou: B1, B2
Horizontal FOV	0°~360°		
Maximum Range	120 m	Positioning Accuracy	1 cm + 1 ppm
Camera Specification		Data Output	
Camera	Panoramic Camera	Relative Accuracy	≤3cm ^[2]
Resolution	8.9 MP	Absolute Accuracy	≤15cm ^[2]
Frame Rate	6	Point Cloud Data Format	las, laz, ply, LiData

[1] The camera module and GNSS module are optional, the weight and dimension of the system may vary depending on the choice of modules.

[2] May be affected by environmental and route planning factors.

OEM-IMU-HG4930

Performance During GNSS Outages⁷



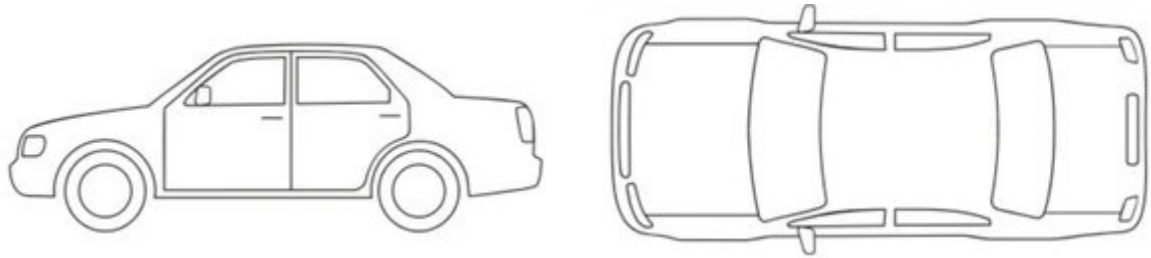
Outage Duration	Positioning Mode	Position Accuracy (M) RMS		Velocity Accuracy (M/S) RMS		Attitude Accuracy (Degrees) RMS		
		Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	Roll	Pitch	Heading
0 s	RTK ^a	0.02	0.03	0.015	0.010	0.010	0.010	0.030
	PPP	0.06	0.15					
	SP	1.00	0.60					
	Post-Processed ^a	0.01	0.02					
10 s	RTK ^a	0.12	0.08	0.035	0.020	0.018	0.018	0.040
	PPP	0.16	0.20					
	SP	1.10	0.65					
	Post-Processed ^a	0.01	0.02					
60 s	RTK ^a	3.82	0.73	0.165	0.030	0.030	0.030	0.055
	PPP	3.86	0.85					
	SP	4.80	1.30					
	Post-Processed ^a	0.11	0.05					

จงตอบคำถาม

2.1 หากกำหนดให้รถสำรวจ MMS มีความเร็วเฉลี่ย 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง แล้วระบบ GNSS-IMU ที่ใช้คือ รุ่น OEM-IMU-HG4930 หากต้องการรักษาคุณภาพของข้อมูลวิถียานพาหนะให้มีความละเอียดถูกต้องอยู่ในเกณฑ์โดยที่ทางราบ 15 เซนติเมตร และทางตั้ง 10 เซนติเมตร หากรถวิ่งผ่านอุโมงค์จะเกิดสภาวะ GNSS Outage (สัญญาณขาดหายไป) ดังนั้นเพื่อรักษาคุณภาพดังกล่าว รถสำรวจสามารถสำรวจวิ่งผ่านอุโมงค์โดยที่สัญญาณขาดหายได้เป็นเวลาเท่าไร และอุโมงค์ควรมีความยาวไม่เกินเท่าใด โดยให้แสดงวิธีทำอย่างละเอียด (สูตรที่ใช้/หน่วยที่ชัดเจน) พร้อมสเก็ตช์รูปประกอบแสดงความเข้าใจ

วิธีทำ

2.2 หากกำหนดให้รถสำรวจ MMS มีความเร็วเฉลี่ย 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง แล้วระบบ GNSS-IMU ที่ใช้คือ รุ่น OEM-IMU-HG4930 อยากทราบว่าที่ระยะทางของวัตถุที่เลเซอร์ไปตกกระทบที่ระยะ 60 เมตร และ 120 เมตร เพื่อรังวัดตำแหน่งของวัตถุที่ห่างจากรถสำรวจ ในกรณีที่รถสำรวจสามารถรับสัญญาณ GNSS ได้ปกติความถูกต้องของการรังวัดมุมทางราบและมุมทางตั้งของเลเซอร์สแกนจุดนี้มีค่าเป็นเท่าใด โดยให้แสดงวิธีทำอย่างละเอียด (สูตรที่ใช้/หน่วยที่ชัดเจน) พร้อมสเก็ตช์รูปประกอบแสดงความเข้าใจ



วิธีทำ

GNSS PPK Interpolation

หลักการในการประมาณค่าช่วง (Interpolation) จากข้อมูลสัญญาณดาวเทียมด้วยเทคนิคการรังวัดแบบจลน์และประมวลผลในภายหลัง (Post-Processed Kinematic; PPK)

1. คำนวณเส้นวิถีการบิน (Trajectory) ของยานพาหนะจากข้อมูลสถานีฐาน (Base station) และข้อมูลสถานีจลน์ (Rover) ในที่นี้คือ ข้อมูลสัญญาณดาวเทียมจากอากาศยานไร้คนขับ
2. เตรียมข้อมูลเวลาที่ใช้ในการบันทึกภาพถ่ายขณะบินปฏิบัติการกิจ (Timestamp/Event Mark)
3. นำข้อมูลเส้นวิถีโคจรและเวลาที่ใช้ในการบันทึกภาพมาทำการประมวลผลด้วยหลักการประมาณค่าช่วง โดยจะใช้หลักการประมาณจากข้อมูลเส้นวิถีโคจรที่ทราบทั้งเวลาและค่าพิกัด ณ ขณะนั้น เพื่อประมาณค่าพิกัดจากการที่ทราบข้อมูลเวลาที่ใช้ในการบันทึกภาพ
4. เนื่องจากค่าพิกัดที่ประมาณได้เป็นค่า ณ ตำแหน่งของ เสาร์รับสัญญาณดาวเทียมที่ติดตั้งบนยานพาหนะ ซึ่งยานพาหนะส่วนใหญ่ตำแหน่งของเสาร์รับสัญญาณและตำแหน่งของกล้องมีตำแหน่งที่ไม่ตรงกัน ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าพิกัด ณ ตำแหน่งบันทึกภาพ (Camera Exterior Orientation Parameter) จึงมีการคำนึงถึงระยะห่างจากเสาร์รับสัญญาณไปจนถึงตำแหน่งที่กล้องใช้เปิดถ่าย



กำหนดให้ข้อมูลที่รับวัดสัญญาณดาวเทียมบนอากาศยานมีค่าดังตารางด้านล่าง

Time (second)	Latitude	Longitude	Ell. Height
22652.6	14.5210869351	101.0185992492	205.148
22652.8	14.5211041621	101.0185894299	205.144
22653.0	14.5211214000	101.0185796425	205.151
22653.2	14.5211386964	101.0185698774	205.150
22653.4	14.5211559494	101.0185600934	205.147
22653.6	14.5211732029	101.0185503133	205.149
22653.8	14.5211904444	101.0185405310	205.143
22654.0	14.5212077074	101.0185307195	205.134
22654.2	14.5212249856	101.0185209141	205.130
22654.4	14.5212423056	101.0185111208	205.136
22654.6	14.5212596891	101.0185014026	205.151

จงตอบคำถาม

3.1 จากตารางให้นิสิตรับว่าข้อมูลการรับวัดสัญญาณดาวเทียมบนอากาศยานที่รับสัญญาณข้อมูล มา รับสัญญาณมาทุก ๆ กิโลเฮิรตซ์ (Hz) โดยให้แสดงวิธีทำอย่างละเอียด (สูตรที่ใช้/หน่วยที่ชัดเจน) วิธีทำ

3.2 ให้นิสิตฝึกคำนวณการประมาณค่าช่วง (Interpolation) หาดำแหน่งของค่าพิกัด (Latitude, Longitude, Ellipsoidal Height) ที่ห้วงเวลา 22653.652967 วินาที จากข้อมูลที่กำหนดให้ ผ่านการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพธอนในการประมาณค่า โดยให้ใช้วิธีในการประมาณค่า 5 วิธี ได้แก่ 1) nearest 2) slinear 3) quadratic 4) cubic 5) spline และแสดงโค้ดที่ใช้ รวมถึงผลลัพธ์ที่ประมวลผลได้ พร้อมอธิบายว่าการประมาณค่าในแต่ละรูปแบบมีวิธีการการประมวลผลอย่างไร

วิธีทำ

CODE Python