

การรังวัดค่าพิกัดสามมิติของจุดควบคุมภาคพื้นดินสำหรับการผลิต
แผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ

3D GNSS Survey for GCP Supporting UAV Mapping



PCV & LS Lab

Department of Survey Engineer,
Faculty of Engineering,
Chulalongkorn University

การรังวัดค่าพิกัดสามมิติของจุดควบคุมภาคพื้นดินสำหรับการผลิตแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ

3D GNSS Survey for GCP Supporting UAV Mapping

จัดทำโดย

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

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

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การรังวัดค่าพิกัดสามมิติของจุดควบคุมภาคพื้นดินสำหรับการผลิตแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ

3D GNSS Survey for GCP Supporting UAV Mapping

ความสำคัญของการจัดทำจุดควบคุมภาคพื้นดิน

การจัดทำจุดควบคุมภาคพื้นดินเป็นอีกหนึ่งส่วนที่สำคัญในการผลิตแผนที่ที่มีระบบพิกัดทั้งทางราบและทางตั้งอยู่ในระบบเดียวกันกับระบบพิกัดทำแผนที่ภาคพื้นดิน ดังนั้นในแต่ละการปฏิบัติการกิจควรจะต้องคำนึงถึงการก่อสร้างหมุดค่าพิกัดจุดบังคับภาคพื้นดิน (GCPs) และจุดตรวจสอบ (CPs) ให้กระจายตัวอยู่ในพื้นที่ปฏิบัติงาน รวมถึงรูปแบบและวิธีการรังวัดจุดบังคับภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบให้มีความละเอียดถูกต้องตามเกณฑ์มาตรฐานชั้นงาน และสามารถสลับเปลี่ยนหน้าที่กันได้เมื่อนำมาใช้ในการประมวลผลล็อกภาพถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศเพื่อโยงยึดระบบพิกัดของภาพถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศของชุดภาพที่บันทึกได้ ดังนั้นบางครั้งจึงเรียกว่า จุดบังคับภาพ (Photo Control Point) โดยรูปแบบของจุดบังคับผู้ใช้สามารถเลือกใช้วัสดุและดำเนินการแตกต่างกันไปสรุปได้ดังตารางด้านล่าง

ตาราง ชนิดและคุณลักษณะของจุดบังคับภาพ

ชนิดจุดบังคับภาพ	คุณลักษณะ
1.จุดบังคับภาพชนิดหมายไว้ล่วงหน้า (Pre-marking) หรือ จุดบังคับภาพชนิดให้สัญญาณ (Signalized)	ทำด้วยวัสดุแผ่นบางติดตั้งในสนามชั่วคราว มองเห็นได้ชัดเจน ภาพถ่ายทางอากาศ เช่น แผ่นฟิวเจอร์บอร์ดมีขายในร้านเครื่องเขียนเป็นแผ่นแข็งมีสีต่าง ๆ ให้เลือกใช้ หรือใช้การทาสีบนพื้นแผ่นเรียบโดยตรง เช่น ถนน พื้น โดยทั่วไปจะต้องมีขนาดใหญ่กว่า 10 - 50 จุดภาพ
2.จุดบังคับภาพชนิดหมายไว้ภายหลัง (Postmarking) หรือ จุดบังคับภาพชนิดจุดธรรมชาติ (Natural)	เป็นจุดหรือเครื่องหมายที่มีใช้ปรากฏอยู่แล้ว เช่น เส้นจราจร เส้นขอบสนามกีฬา สำหรับมุมหลังคาอาคารถือว่าไม่ดีนัก เนื่องจากยากต่อการรังวัดและมีลักษณะเป็นค่าที่มีการยกระดับต่างไปจากสภาพแวดล้อม ซึ่งอาจส่งผลให้การรังวัดผิดพลาดได้ง่าย



(ก)



(ข)



(ค)

รูป ลักษณะจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินที่กระจายตัวในพื้นที่การศึกษา (ก (และ) ข (เป้าแบบให้สัญญาณ (Signalized)) ค (เป้าแบบธรรมชาติ (Natural))

การกำหนดตำแหน่งค่าพิกัดสามมิติของจุดควบคุมภาคพื้นดินด้วยการรังวัดสัญญาณดาวเทียมจีเอ็นเอสเอส

1. วิธีการรังวัดค่าพิกัดสามมิติของจุดควบคุมภาคพื้นดินด้วยการรังวัดแบบจลน์ในทันที (Real-Time-Kinematic: RTK)

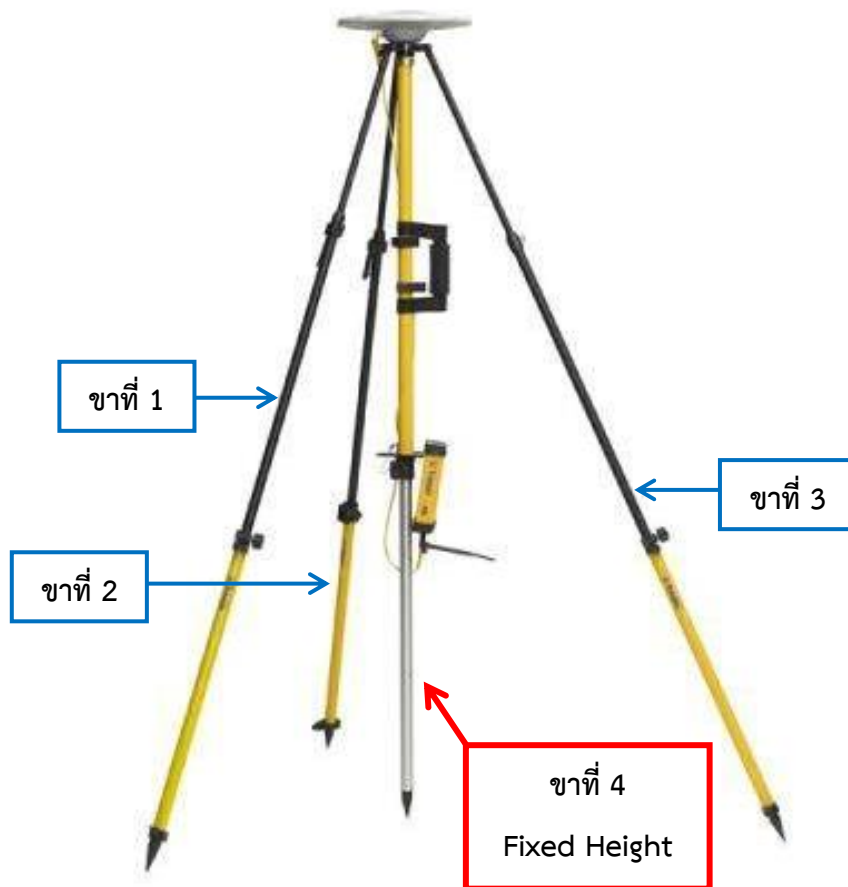
หลักการการจัดทำจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point: GCP) และจุดตรวจสอบ (Check Point: CP) ต้องมีจำนวนไม่น้อยกว่า 5 จุดต่อตารางกิโลเมตร โดยจุด GCP และจุด CP มีรูปแบบเป็นรูปตารางหมากรุกสี่เหลี่ยมขาว-แดง ขนาด 60 เซนติเมตร x 60 เซนติเมตร กรณีพื้นที่อำนวยสามารถใช้วิธีการทาสี/พ่นสีรูปแบบตารางหมากรุกสี่เหลี่ยมขาว-แดง ได้ตามโอกาส จุด GCP และ CP จัดทำเป็นมาตรฐานและคุณภาพเดียวกัน ค่าพิกัดที่รังวัดได้อาจใช้วิธีการรังวัด RTK ตามข้อกำหนดข้างล่างนี้ ค่าระดับให้ส่งมอบในรูปแบบความสูงเหนือผิวทรงรี (Height Above Ellipsoid : HAE) และค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง หรือ รทก. (Mean Sea Level: MSL)

- ค่าสูงสุดของ GDOP สูงไม่เกินกว่า 3
- จำนวนครั้งที่ต้องรังวัดอิสระต่อจุด 2 ครั้ง
- ห้วงเวลาทิ้งห่างในการรังวัดอิสระ 30 นาที
- ระยะห่างสูงสุดจากสถานีฐาน 5 กิโลเมตร (อาจมากกว่าตามเหตุผลความจำเป็นในแต่ละโครงการ)
- ระยะเวลารับสัญญาณ RTK 2 นาที
- ความถี่ในการรับสัญญาณ RTK 1 วินาที
- ความแตกต่างค่าพิกัดทางราบในการรังวัดอิสระ 0.035 เมตร
- ความแตกต่างค่าพิกัดทางตั้งในการรังวัดอิสระ 0.065 เมตร

2. วิธีการรววัดค่าพิกัดสามมิติของจุดควบคุมภาคพื้นดินด้วยการรังวัดเส้นฐาน

หลักการการจัดทำจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Points : GCPs) และจุดตรวจสอบ (Check points : CPs) โดยจุด GCP และ/หรือจุด CP มีรูปแบบเป็นรูปตารางหมากรุกสี่สลับขาว-แดง ขนาดไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร x 60 เซนติเมตร ปิดเต็มพื้นที่ 100% ทั้งสีขาวและสีแดง โดยใช้วิธีการ ทาสี/พ่นสี ค่าพิกัดที่รังวัดได้จะใช้วิธีการรังวัด GNSS-Static ตามข้อกำหนดข้างล่างนี้ ค่าระดับให้ส่งมอบ ในรูปแบบความสูงเหนือผิวทรงรี (Height Above Ellipsoid : HAE) และค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเล ปานกลาง หรือ รทก. (Mean Sea Level: MSL)

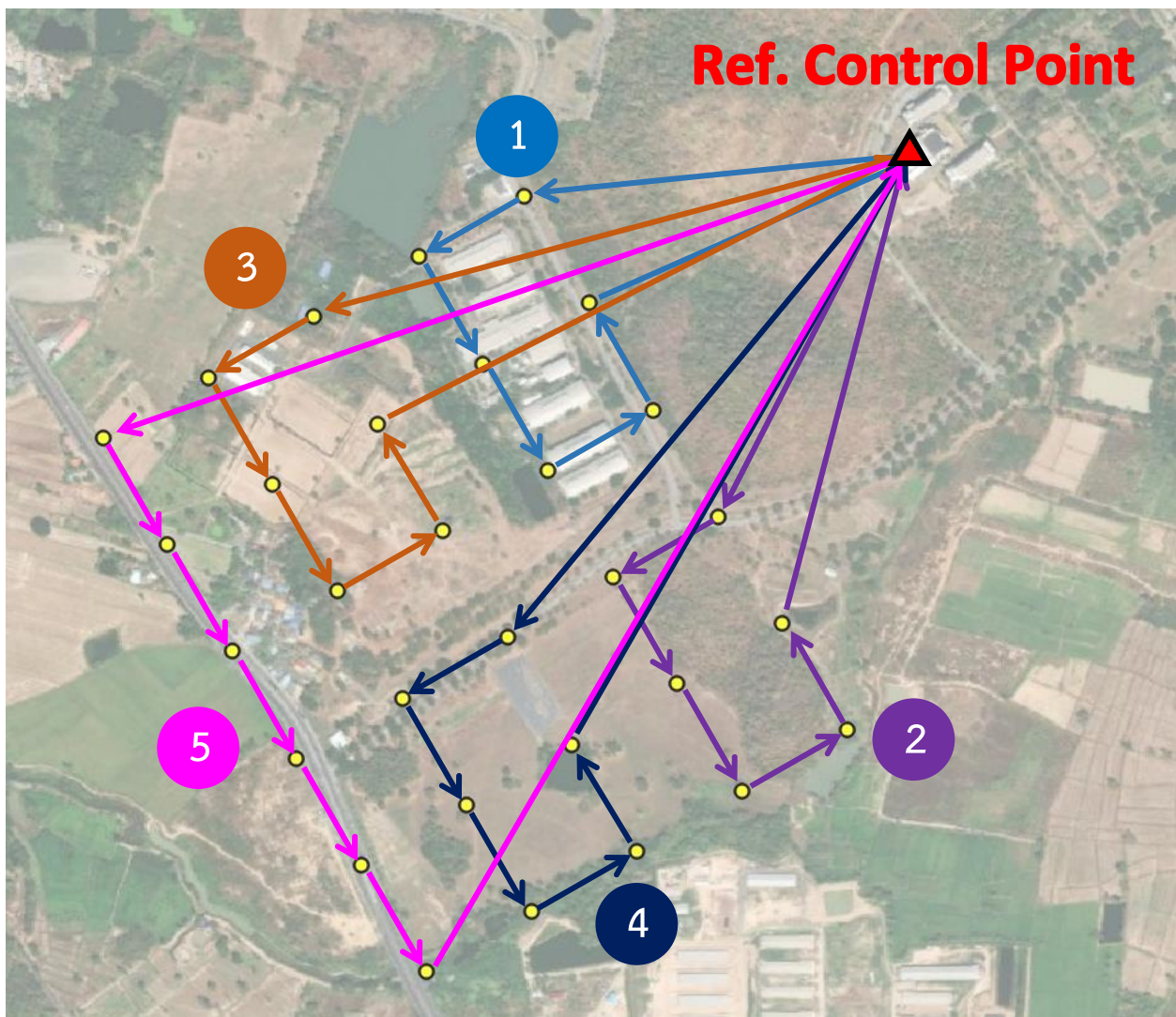
- จำนวนจุด GCP/CP สำหรับในการคำนวณ bundle block adjustment (BBA) แต่ละบล็อก ย่อยจำนวนรวมกันไม่น้อยกว่า 10 จุด โดยมีขนาดของแต่ละบล็อกไม่เกิน 20 ตารางกิโลเมตร
- โดยจุด GCP/CP จะต้องมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ
- ใช้เครื่องรับสัญญาณ GNSS ชนิดหลายความถี่จำนวนช่องสัญญาณไม่น้อยกว่า 400 ช่องสัญญาณ
- ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ของงานรับสัญญาณ GNSS จากหน่วยงาน IGS
- ระยะเวลาการรังวัดสัญญาณ GNSS ทุก ๆ 10 วินาที
- งานรับสัญญาณหันอ้างอิงกับทิศเหนือถูกต้องในระดับ 5 องศา
- จำนวนดาวเทียมที่รับได้ดีของเส้นฐานไม่น้อยกว่า 8 ดวง
- ค่าคุณภาพการรับสัญญาณ GDOP สูงไม่เกินกว่า 3
- รูปแบบโครงข่าย เส้นฐานประกอบเป็นแบบวงรอบวงละไม่เกิน 6 จุด
- รูปแบบการรังวัดเส้นฐานไม่อนุญาตให้ใช้ trivial baselinesมุมกันฟ้า (cut-off elevation angle) 15°
- ระยะเวลาสัญญาณของเส้นฐานที่สั้นกว่า 5 กิโลเมตร 40 นาที
- ระยะเวลาสัญญาณของเส้นฐานที่ยาวกว่า 5 กิโลเมตร 2D+30 นาที D คือ ระยะทางเป็น กิโลเมตร
- การประมวลผลเส้นฐานมีแสดงค่า variance/standard deviation
- การตรวจสอบ loop closure ต้องได้ดีกว่า 10 ppm
- ในการประมวลผลใช้แบบจำลองค่าแก๊สภาวะอากาศ Troposphere และ Ionosphere
- ผลคำตอบในการประมวลผลเส้นฐานสำหรับ ambiguity เป็นเลขจำนวนเต็ม
- ต้องใช้ขาตั้ง GNSS แบบ Tripod ชนิดมีขากลางความสูงตายตัว (รวมทั้งหมด 4 ขา) และอ่านค่า ความสูงงานรับถึง Antenna Reference Plane (ARP) ให้ละเอียดถึงมิลลิเมตร



รูป ขาตั้งเครื่องรับสัญญาณ GNSS แบบ Tripod ชนิดมีขากลางความสูงตายตัว (Fixed Height) รวมทั้งหมด
มี 4 ขา

ตัวอย่าง: ณ สนามทดสอบจีเอ็นเอสเอสและยูเอวีสำหรับงานแผนที่ (Geodetic GNSS and UAV Testing Facility) บริเวณศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาคจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี มีขนาดพื้นที่ประมาณ 1 ตารางกิโลเมตร จุดควบคุมภาคพื้นดินกระจายตัว 30 จุด

สำหรับการรังวัดเพื่อกำหนดค่าพิกัด GCP/CP เป็นงานรังวัดเส้นฐาน 3D-GNSS แล้วนำมาประกอบกันเป็นวงรอบ ร้อยเรียงไปบนจุด GCP/CP ที่ได้ทำเครื่องหมายไว้ก่อน จุด GCP/CP ที่ประกอบกันเป็นวงรอบมีจำนวนไม่เกิน 6 จุด ในทุกวงรอบจะต้องมีจุดสถานี CORS หรือ สถานีอ้างอิง อย่างน้อย 1 จุด



เอกสารอ้างอิง (Reference)

Technical Specifications for NSW Secondary Control Surveys Ver. 1.0 (2021) Spatial Services ,
https://www.spatial.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0009/228789/Technical_Specifications_for_NSW_Secondary_Control_Surveys_v1.0.pdf.