



ระเบียบกรมที่ดิน

ว่าด้วยการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV)

พ.ศ. ๒๕๖๔

เพื่อให้แนวทางการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) มีความเหมาะสมถูกต้องเป็นไปตามหลักวิชาการ และสนับสนุนให้ภารกิจด้านการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศของกรมที่ดิน เกิดประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุด จึงสมควรกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการเพื่อให้การทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) เป็นไปโดยถูกต้องและเป็นมาตรฐานเดียวกัน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน (ฉบับที่ ๕) พ.ศ. ๒๕๔๕ ประกอบด้วย ข้อ ๒ (๑) (๔) และ ข้อ ๑๔ (๑) (๒) (๓) แห่งกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมที่ดิน กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. ๒๕๕๗ ออกตามความในพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ อธิบดีกรมที่ดินจึงวางระเบียบไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ระเบียบนี้เรียกว่า “ระเบียบกรมที่ดิน ว่าด้วยการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) พ.ศ. ๒๕๖๔”

ข้อ ๒ ระเบียบนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันนี้เป็นต้นไป

ข้อ ๓ ในระเบียบนี้

“การสำรวจด้วยภาพถ่าย” (Photogrammetry) หมายถึง ศาสตร์และเทคโนโลยีหนึ่งสำหรับการสำรวจรังวัดเพื่อทำแผนที่และผลิตเป็นข้อมูลสารสนเทศ การรังวัดด้วยภาพจะใช้ภาพเป็นสื่อกลางในการรังวัด ภาพที่ใช้เป็นสื่อกลางในการบันทึกสิ่งปฏิกูลและสิ่งที่ปรากฏทางกายภาพบนผิวภูมิประเทศ สิ่งที่ปฏิกูลและปรากฏบนภูมิประเทศเป็นไปตามลักษณะของการใช้ที่ดินอาณาบริเวณอาคารสถานที่หรือวัตถุที่สนใจ ภาพของสิ่งเหล่านั้นจะไปปรากฏในลักษณะจำลองแบบตามหลักการฉายของแสงด้วยวิธีทางกลไก เชิงทัศน หรือเชิงคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถจำลองสถานการณ์เหมือนขณะที่บันทึกภาพได้

“อากาศยานไร้คนขับ” (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) หมายถึง อากาศยานที่ไม่มีนักบินควบคุมบนเครื่อง

“การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ” (UAV Photogrammetry) หมายถึง การสำรวจด้วยภาพถ่ายที่ใช้ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพที่ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ

“แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ” หมายถึง แผนที่ เป็นภาพถ่ายซึ่งแสดงรายละเอียดต่างๆ ของพื้นที่ที่เป็นปัจจุบันขณะทำการบินถ่ายภาพทางอากาศด้วยอากาศยาน

/ไร้คนขับ...

ไว้คนขับตามหลักวิชาการว่าด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) เพื่อกำหนดค่าพิกัดตำแหน่งบนภาพถ่ายดังกล่าวสัมพันธ์กับตำแหน่งบนพื้นผิวโลก

“จุดภาพ” (Pixel) หมายถึง หน่วยพื้นฐานของภาพที่แสดงผลรวมกันเป็นภาพ

“ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน” (Ground Sample Distance, GSD) หมายถึง ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของจุดภาพที่อยู่ติดกันเมื่อวัดบนพื้นดิน

“ส่วนซ้อน” (Overlap) หมายถึง ส่วนทับซ้อนของภาพที่อยู่ประชิดกันในแต่ละแนวนบิน ซึ่งจะครอบคลุมพื้นที่เดียวกันบางส่วนเพื่อใช้เป็นคู่ภาพสามมิติ

“ส่วนเกย” (Side Lap) หมายถึง ส่วนทับซ้อนของภาพที่เกิดจากการเหลื่อมกันของภาพจากแนวนบินที่ประชิดกัน

“การกำหนดตำแหน่งแบบจุดเดี่ยว” (Single Point Positioning, SPP) หมายถึง การรังวัดค่าพิกัดด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจำนวน ๑ เครื่อง

“การรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์แบบ RTK” (Real Time Kinematic) หมายถึง การรังวัดด้วยการรับสัญญาณดาวเทียมแบบจลน์ ได้ค่าพิกัด ณ ขณะที่ทำการรังวัด

“การรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์แบบ PPK” (Post Processed Kinematic) หมายถึง การรังวัดด้วยการรับสัญญาณดาวเทียมแบบจลน์ ได้ค่าพิกัดภายหลังการประมวลผล

“จุดควบคุมภาคพื้นดิน” (Ground Control Point, GCP) หมายถึง จุดที่ทราบค่าพิกัดในระบบพิกัดภูมิประเทศ เพื่อเป็นตัวกลางที่ทำให้สามารถจัดภาพหรือทำให้ภาพมีความสัมพันธ์กับพื้นดิน

“จุดตรวจสอบ” (Check Point, CP) หมายถึง จุดตรวจสอบคุณภาพของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่าย โดยจุดตรวจสอบจะเป็นจุดที่ต้องทำการรังวัดค่าพิกัดตำแหน่งในระบบพิกัดภูมิประเทศจริง และรังวัดค่าพิกัดในผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของภาพถ่าย เพื่อที่จะตรวจสอบค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล

“ซิฟท, เอสไอเอฟที” (Scale Invariant Feature Transform, SIFT) หมายถึง ขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการสืบค้นและระบุตำแหน่งคุณลักษณะในภาพดิจิทัล โดยจะสกัดตำแหน่งจุดสำคัญและนำไปใช้ในการประมวลผล

“จุดสำคัญ” (Keypoint) หมายถึง จุดที่ได้จากการประมวลผลขั้นตอนวิธีซิฟท, เอสไอเอฟที (Scale Invariant Feature Transform, SIFT) ซึ่งจุดสำคัญที่ได้จะแสดงลักษณะเฉพาะของข้อมูล เช่น สี รูปทรง เป็นต้น

“จุดโยงยึด” (Tie Point) หมายถึง จุดภาพที่ปรากฏบนภาพข้างเคียงกันที่อยู่ต่างแนวนบินที่มีส่วนซ้อนกันใช้สำหรับยึดโยงภาพถ่ายในขั้นตอนการปรับแก้ขยับสไลด์ลำแสง

“ความคลาดเคลื่อนจากการฉายกลับ” (Reprojection Error) หมายถึง ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตที่เกิดขึ้นกับระยะของภาพระหว่างจุดฉายกับจุดที่รังวัด

“พอยท์คลาวด์” (Point Cloud) หมายถึง กลุ่มของจุดสามมิติ ที่จัดเก็บพิกัดและสีของแต่ละจุด

“แบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลข” (Digital Surface Model, DSM) หมายถึง การจำลองค่าความสูงพื้นผิวของภูมิประเทศและจัดเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบตารางกริด หรือข้อมูลราสเตอร์ โดยรวมความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวทางกายภาพของโลกด้วย เช่น สิ่งปลูกสร้าง ต้นไม้ และพุ่มไม้ เป็นต้น

“แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข” (Digital Elevation Model, DEM) หมายถึง การจำลองค่าระดับของภูมิประเทศ และจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบตารางกริด หรือข้อมูลราสเตอร์ โดยมีการกำจัดข้อมูลความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวทางกายภาพของโลกออกจากแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข

“ภาพออร์โท” (Orthophoto) หมายถึง ภาพถ่ายที่ได้รับการขจัดความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความต่างระดับและความเอียง ทำให้แสดงรายละเอียดในลักษณะที่มีตำแหน่งทางราบถูกต้อง

“ทรูออร์โธโฟโต” (True Orthophoto) หมายถึง ภาพออร์โทที่ทำจากแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลข แสดงให้เห็นมุมมองแนวตั้งของพื้นผิวโลก สามารถตัดเรื่องความเอียงของวัตถุออกไปได้ และมองเห็นเกือบทุกสิ่งบนพื้นผิวโลก

“ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่ง” (Root Mean Square Error, RMSE) หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนรวมระหว่างค่าพิกัดจากการวัดบนภาพถ่ายที่ประมวลผลแล้วกับค่าพิกัดจากการรังวัดภาคสนามที่จุดตรวจสอบ

ข้อ ๔ ภาคผนวกซึ่งกำหนดไว้ท้ายระเบียบให้ถือว่าเป็นส่วนประกอบที่ใช้ในระเบียบ

ข้อ ๕ ให้ผู้อำนวยการศูนย์ข้อมูลแผนที่รูปแปลงที่ดินรักษาการตามระเบียบนี้

หมวดที่ ๑

งานภาคสนาม ส่วนการบินถ่ายภาพ

ข้อ ๖ การสร้างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ ให้ใช้มาตราส่วน ๑ : ๕๐๐ และการบินถ่ายภาพให้ดำเนินการ ดังนี้

(๑) ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD) มีค่าไม่เกิน ๗ เซนติเมตร

(๒) ส่วนซ้อน (Overlap) มีค่าน้อยกว่าร้อยละ ๘๐

(๓) ส่วนเกย (Side Lap) มีค่าน้อยกว่าร้อยละ ๗๐

(๔) รูปแบบการบิน ให้บินถ่ายภาพเป็นบล็อกสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ข้อ ๗ ให้จัดทำรายการบันทึกเพื่อควบคุมคุณภาพการปฏิบัติงานภาคสนาม ส่วนการบินถ่ายภาพตามแบบฟอร์มที่กำหนดในภาคผนวก ก.

หมวดที่ ๒

งานภาคสนาม ส่วนการสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ

ข้อ ๘ อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการปฏิบัติงาน มีคุณสมบัติตามที่กำหนด ดังนี้

- (๑) ขนาดเซนเซอร์ของกล้องถ่ายภาพมีขนาดตั้งแต่ ๑ นิ้วขึ้นไป
- (๒) จำนวนจุดภาพมีจำนวนตั้งแต่ ๑๖ เมกะพิกเซล (MP)
- (๓) ประเภทเซ็นเซอร์เป็นแบบแมคคาณิกเซ็นเซอร์ หรือโกลบอลเซ็นเซอร์
- (๔) ประเภทของเลนส์เป็นแบบเลนส์ไพรม์ (Prime Lens)
- (๕) การรังวัดพิกัดตำแหน่งถ่ายภาพเป็นแบบจลน์ (แบบ PPK หรือ แบบ RTK)

ให้สร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินอย่างน้อย ๓ จุด ต่อการประมวลผลภาพถ่าย ๑ เทียบิน และต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยมีระยะห่างระหว่างจุดไม่เกิน ๒ กิโลเมตร

กรณีใช้อากาศยานไร้คนขับที่มีคุณสมบัติไม่เป็นไปตาม ข้อ ๘ (๑) ถึง (๕) ให้สร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินอย่างน้อย ๕ จุดต่อการประมวลผลภาพถ่าย ๑ เทียบิน และต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยมีระยะห่างระหว่างจุดไม่เกิน ๕๐๐ เมตร

ข้อ ๙ ให้สร้างจุดตรวจสอบอย่างน้อย ๔ จุด ต่อการประมวลผลภาพถ่าย ๑ เทียบิน และต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยมีระยะห่างระหว่างจุดไม่เกิน ๒ กิโลเมตร

ข้อ ๑๐ วิธีการรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ ให้ปฏิบัติโดยอ้างอิงระเบียบกรมที่ดินว่าด้วยการรังวัดทำแผนที่โดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) ดังนี้

(๑) ก่อนทำการรังวัดให้ตรวจสอบเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมสำหรับสถานีจร โดยรับสัญญาณที่หมดตรวจสอบ RTK Network ด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมประกอบขาตั้งแบบสามขา (Tripod) ตั้งให้ตรงศูนย์กลางหมุดดาวเทียม และต้องมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งในทางราบ ± 4 เซนติเมตร

(๒) รังวัดด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ โดยมีเงื่อนไขในการรังวัด ดังนี้

- (ก) ใช้วิธีการรังวัดตามรูปแบบหมุดดาวเทียม RTK Network
- (ข) ค่าพีดีโอ (PDOP) ขณะทำการรังวัดไม่เกิน ๕.๐
- (ค) ค่าอาร์เอ็มเอส (RMS) ในทางราบ ไม่เกิน ๓.๐ เซนติเมตร
- (ง) ผลการรังวัดเป็นแบบฟิกซ์ (Fixed)

(๓) รับสัญญาณดาวเทียมทุก ๑ วินาที และได้ข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมไม่น้อยกว่า ๖๐ วินาที อย่างต่อเนื่อง จำนวน ๓ ครั้ง การรับสัญญาณดาวเทียมโดยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ ณ สถานีจร ให้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมประกอบขาตั้ง ตั้งให้ตรงจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ ก่อนการรับสัญญาณดาวเทียมทุกครั้ง ให้ปิดเครื่องแล้วเปิด

เครื่องมือ เพื่อให้เครื่องรับสัญญาณมีสภาพเริ่มต้นการทำงานใหม่ โดยค่าความต่างของค่าพิกัดต้องอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ ± 4 เซนติเมตร และให้ใช้ค่าเฉลี่ย

(๔) กรณีรับสัญญาณดาวเทียมในพื้นที่ที่ไม่มีสัญญาณระบบสื่อสารให้ผู้รับแจ้งให้ผู้ดูแลระบบของสถานีควบคุมทราบก่อนดำเนินการ เพื่อนำข้อมูลดาวเทียมมาประมวลผลในภายหลัง (Post-Processing) โดยให้รับสัญญาณดาวเทียมทุก ๑ วินาที และได้ข้อมูลการรับสัญญาณดาวเทียมไม่น้อยกว่า ๑๐ นาที อย่างต่อเนื่องจำนวน ๒ ครั้ง และมีเงื่อนไขตามข้อ ๑๐ (๒) โดยค่าความต่างของค่าพิกัดต้องอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ ± 4 เซนติเมตร และให้ใช้ค่าเฉลี่ย

ข้อ ๑๑ ให้จัดทำรายการบันทึกเพื่อควบคุมคุณภาพการปฏิบัติงานภาคสนาม ส่วนการสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ พร้อมจัดทำแบบหมายแสดงตำแหน่งจุด ตามแบบฟอร์มที่กำหนดในภาคผนวก ข

หมวดที่ ๓

งานส่วนการประมวลผลภาพถ่าย

ข้อ ๑๒ การประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ ให้ดำเนินการตามหลักวิชาการว่าด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) โดยมีเงื่อนไขในการประมวลผล ดังนี้

(๑) ให้กำหนดขนาดภาพเท่ากับต้นฉบับ (Full Image Scale) หรือ ๑:๑ ในการสร้างจุดโยงยึดแบบอัตโนมัติ

(๒) การสกัดจุดภาพที่เป็นจุดสำคัญ ให้กำหนดจำนวนจุดสำคัญสูงสุดของภาพแต่ละภาพอย่างน้อย ๔๐,๐๐๐ จุด

(๓) การสร้างจุดโยงยึดแบบอัตโนมัติ ต้องมีจำนวนจุดโยงยึดไม่น้อยกว่า ๑๐,๐๐๐ จุดต่อภาพ และให้กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ

(๔) ความแม่นยำของการวัดจุดภาพของจุดควบคุมภาคพื้นดิน ต้องมีความคลาดเคลื่อนของการวัดไม่เกิน ๒ จุดภาพบนภาพถ่าย

(๕) ค่าความคลาดเคลื่อนจากการฉายกลับ (Reprojection Error) ต้องมีขนาดไม่เกิน ๐.๓ เท่าของขนาดจุดภาพ

(๖) การสร้างแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลข ให้กำหนดความละเอียดไม่น้อยกว่า ๑ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน

(๗) การสร้างภาพออร์โท ให้กำหนดความละเอียดจุดภาพของภาพออร์โทไม่น้อยกว่า ๑ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน

ข้อ ๑๓ ให้จัดทำรายการบันทึกผลการปฏิบัติงาน ส่วนการประมวลผลภาพถ่าย ตามแบบฟอร์มที่กำหนดในภาคผนวก ค.

หมวดที่ ๔

เกณฑ์ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของแผนที่ภาพถ่าย

ข้อ ๑๔ กำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ (RMSE_x) ของจุดตรวจสอบ มีค่าไม่เกิน ๑.๔๑๔ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD)

ข้อ ๑๕ กำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางตั้ง (RMSE_z) ของจุดตรวจสอบ มีค่าไม่เกิน ๒๐ เซนติเมตร

หมวดที่ ๕

การส่งมอบข้อมูล

ข้อ ๑๖ การส่งมอบข้อมูล ให้ดำเนินการ ดังนี้

(๑) รูปแบบข้อมูลดิจิทัลที่ส่งมอบ ให้ประกอบด้วย

- | | |
|--------------------------------------|------------------------|
| (ก) ภาพออร์โท | นามสกุล geotiff, MrSID |
| (ข) แบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลข | นามสกุล geotiff |
| (ค) ข้อมูลพอยท์คลาวด์ | นามสกุล las |
| (ง) รายงานการประมวลผลภาพถ่าย | นามสกุล pdf |
| (จ) คำอธิบายข้อมูล (Metadata) | |

กรณีตามข้อ ๑๖ (๑) หากต้องการเปลี่ยนแปลงรูปแบบหรือนามสกุลของข้อมูลดิจิทัลที่ส่งมอบ เพื่อให้มีความเหมาะสมหรือตามข้อตกลงในการปฏิบัติงาน ให้ผู้ที่ได้รับแต่งตั้งเป็นผู้ควบคุมงานเป็นผู้พิจารณาและสั่งการ

(๒) เอกสารที่ส่งมอบ ให้จัดทำเป็นรายงานผลการปฏิบัติงาน โดยประกอบด้วย

- (ก) แผนการดำเนินงาน และแผนการบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ
- (ข) ขั้นตอนการดำเนินงานภายในโครงการ
- (ค) แผนที่ภาพรวมโครงการที่แสดงตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดิน
- (ง) รายการแสดงผลการประมวลผลภาพถ่าย

ข้อ ๑๗ กรณีการปฏิบัติงานภาคสนามหรือการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ ไม่สามารถดำเนินการตามที่กำหนดไว้ในระเบียบนี้ได้ ให้ผู้ปฏิบัติงานรายงานให้ผู้ควบคุมงานทราบ เพื่อให้พิจารณาสั่งการแก้ไขปัญหา โดยให้บันทึกเป็นหลักฐานตามแบบฟอร์มที่กำหนดในภาคผนวก ง. และให้นำเสนอผู้รักษาการตามระเบียบนี้ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาอนุมัติใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในราชการต่อไป

ข้อ ๑๘ ให้ผู้รักษาการตามระเบียบนี้ เป็นผู้พิจารณาอนุมัติใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในราชการ
ทั้งนี้ หากความถูกต้องของแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในระเบียบ ให้ผู้รักษาการ
ตามระเบียบนี้ พิจารณาสั่งการให้ตรวจสอบ แก้ไข หรืออนุมัติใช้ในราชการได้ แล้วแต่กรณี

ประกาศ ณ วันที่ ๒ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๔



(นายนิสิต จันทร์สมวงศ์)

อธิบดีกรมที่ดิน

ภาคผนวก ก.

รายการบันทึกเพื่อควบคุมคุณภาพการปฏิบัติงานภาคสนาม
ส่วนการบินถ่ายภาพ

ตัวอย่างแบบฟอร์มรายการบันทึกการวางแผนการบิน

รายการบันทึกการวางแผนการบิน				
ลำดับ	เกณฑ์การพิจารณา	รายงานผล	หน่วย	หมายเหตุ
๑	ตำแหน่งที่ตั้งโครงการ	ที่สาธารณประโยชน์ “ทุ่งยาว” อ.ทุ่งหว้า จ.สตูล		
๒	ขนาดพื้นที่โครงการ	๖	ตร.กม.	
๓	ความถูกต้องทางราบของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ต้องการ	๘	ชม.	
๔	ความถูกต้องทางตั้งของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ต้องการ	๒๐	ชม.	
๕	ขนาดของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD)	๕.๗	ชม.	
๖	ปริมาณส่วนซ้อน (Overlap)	๘๕	%	
๗	ปริมาณส่วนเกย (Side Lap)	๗๐	%	
๘	รูปแบบการบิน	ทั่วไป		๓ บล็อก
๙	ประเภทของอากาศยานไร้คนขับ	ปีกตรึงขึ้นลง แนวตั้ง		CHCNAV รุ่น P๓๑๖

ตัวอย่างแบบฟอร์มรายการบันทึกข้อมูลจำเพาะของกล้องถ่ายภาพ

รายการบันทึกข้อมูลจำเพาะของกล้องถ่ายภาพ				
ลำดับ	เกณฑ์การพิจารณา	รายงานผล	หน่วย	หมายเหตุ
๑	กล้องถ่ายภาพที่ใช้ในการสำรวจ	Sony RX๑RII		
๒	ความถูกต้องของพิกัดจุดถ่ายภาพ	-		
๓	ประเภทการรังวัดพิกัดตำแหน่งถ่ายภาพ	PPK		
๔	ความยาวโฟกัส (Focal Length)	๓๕	มม.	
๕	จำนวนจุดภาพ (Pixel) ของกล้องถ่ายภาพ	๔๒.๔	MP	
๖	ขนาดเซนเซอร์ (กว้าง x ยาว)	๓๕.๙x๒๔.๐	มม.	
๗	ชนิดเลนส์	เลนส์ไพร์ม (Prime Lens)		
๘	ประเภทชัตเตอร์	โกลบอลชัตเตอร์		
๙	การตั้งค่ารูรับแสง (Aperture)	๗.๑	F	
๑๐	การตั้งค่าความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed)	๑/๑๐๐๐		
๑๑	การตั้งค่าความไวแสง (ISO)	Auto		
๑๒	การตั้งค่าสมดุลแสงขาว	Auto	K	
๑๓	การตั้งค่าขนาดของภาพ	๓:๒		

ภาคผนวก ข.

รายการบันทึกเพื่อควบคุมคุณภาพการปฏิบัติงานภาคสนาม
ส่วนการสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ

ตัวอย่างแบบฟอร์มรายการบันทึกการสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดิน

รายการบันทึกการสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดิน				
ลำดับ	เกณฑ์การพิจารณา	รายงานผล	หน่วย	หมายเหตุ
๑	จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดิน	๑๑	จุด	
๒	รูปร่างของจุดควบคุมภาคพื้นดิน	สี่เหลี่ยม		สี่เท้า-แดงตัดกัน เป็นตารางหมากรุก
๓	ขนาดของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ก x ย)	๐.๕*๐.๕	ม.	
๔	เครื่องมือรังวัดปักจุดควบคุมภาคพื้นดิน	GNSS		CHCNAV รุ่น iso
๕	วิธีการรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน	RTK GNSS Network		
๖	ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ ของจุดควบคุมภาคพื้นดิน	๓.๒	ซม.	
๗	ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางตั้ง ของจุดควบคุมภาคพื้นดิน	๔.๐	ซม.	
๘	พื้นหลักฐานอ้างอิง (Datum)	WGS๘๔		
๙	แบบจำลองยิออยด์ (Geoid Model)	EGM๙๖		

ตัวอย่างแบบฟอร์มรายการบันทึกการสร้างจุดตรวจสอบ

รายการบันทึกการสร้างจุดตรวจสอบ				
ลำดับ	เกณฑ์การพิจารณา	รายงานผล	หน่วย	หมายเหตุ
๑	จำนวนจุดตรวจสอบ	๙	จุด	
๒	รูปร่างของจุดตรวจสอบ	สี่เหลี่ยม		สีน้ำเงิน-แดงตัดกัน เป็นตารางหมากรุก
๓	ขนาดของจุดตรวจสอบ(ก x ย)	๐.๕*๐.๕	ม.	
๔	เครื่องมือรังวัดปักจุดตรวจสอบ	GNSS		CHCNAV รุ่น iso
๕	วิธีการรังวัดจุดตรวจสอบ	RTK GNSS Network		
๖	ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ ของจุดตรวจสอบ	๓.๐	ซม.	
๗	ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางตั้ง ของจุดตรวจสอบ	๔.๐	ซม.	
๘	พื้นหลักฐานอ้างอิง (Datum)	WGS๘๔		
๙	แบบจำลองยิออยด์ (Geoid Model)	EGM๙๖		

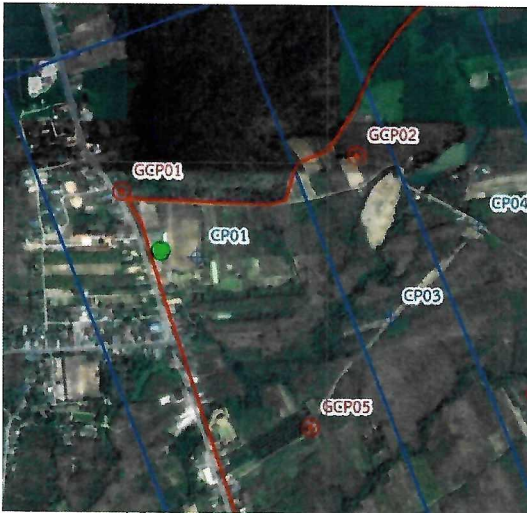
/ตัวอย่าง...

ตัวอย่างแบบหมายแสดงตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ

โครงการ :การจัดทำแผนที่ภาพถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับ บริเวณที่สาธารณประโยชน์
.....แปลง “ทุ่งยาว” อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล
ตามหนังสือกรมที่ดิน ที่มท.๐๕๒๕.๔/๓๗๓๓..... ลงวันที่๒๙ ตุลาคม ๒๕๖๒.....

ชื่อจุด : ☒ จุดควบคุมภาคพื้นดิน ...GCP01...
☐ จุดตรวจสอบ
พื้นหลักฐานอ้างอิง : ...WGS84 Zone 47N...
แบบจำลองยิอออยด์ : ...EGM96.....

ตะวันออก (Easting) : ...772669.125..(ม.)...
เหนือ (Northing) : ...584128.210..(ม.)...
ระดับ (MSL.) :8.885..(ม.)...



ภาพที่ตั้งโดยประมาณจากแผนที่ฐาน



ภาพที่ตั้งบนภาพถ่ายจากแผนที่ฐาน



ภาพตำแหน่งจุดในสนาม



ภาพถ่ายจุดบนภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

รายละเอียดตำแหน่งจุด : ...จุด GCP01 อยู่ทางทิศตะวันออกของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข ๔๑๖...
...ใกล้กับถนนคอนกรีต และอยู่ทางทิศตะวันตกของสนามกีฬากลางอำเภอทุ่งหว้า.....

ปัญหาอุปสรรค : ...ช่วงเวลา ๑๑.๐๐ - ๑๒.๐๐ น. เกิดปัญหาในการเชื่อมต่อเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม
กับระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) จึงกลับไปรับสัญญาณ
จุด GCP01 อีกครั้งเมื่อเวลา ๑๔.๐๐ น.....

ภาคผนวก ค.

รายการบันทึกผลการปฏิบัติงาน ส่วนการประมวลผลภาพถ่าย

ตัวอย่างแบบฟอร์มรายการตรวจสอบการประมวลผลภาพถ่าย

รายการตรวจสอบการประมวลผลภาพถ่าย				
ลำดับ	เกณฑ์การพิจารณา	ผลการตรวจสอบ		หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	
๑	กำหนดขนาดภาพ เท่ากับ <u>ต้นฉบับ</u> (Full Image Scale) หมายเหตุ : ขนาดภาพเท่ากับต้นฉบับ (Full Image Scale) หรือ ๑:๑	/		
๒	จุดสำคัญ (Keypoint) สูงสุดของภาพแต่ละภาพ เท่ากับ <u>๕๖,๗๐๘</u> จุดต่อภาพ หมายเหตุ : มีจำนวนไม่น้อยกว่า ๔๐,๐๐๐ จุดต่อภาพ	/		
๓	คุณภาพของจุดโยงยึด (Tie Point) แบบอัตโนมัติ (๑) จำนวนเท่ากับ <u>๒๔,๕๕๕</u> จุดต่อภาพ (๒) กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ หมายเหตุ : มีจำนวนไม่น้อยกว่า ๑๐,๐๐๐ จุดต่อภาพ และกระจาย อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ	/		
๔	ความแม่นยำของการวัดจุดภาพของจุดควบคุม ภาคพื้นดิน เท่ากับ <u>๐.๓</u> เซนติเมตร หมายเหตุ : ความคลาดเคลื่อนของการวัดไม่เกิน ๒ จุดภาพ บนภาพถ่าย	/		
๕	ค่าความคลาดเคลื่อนจากการฉายกลับ (Reprojection Error) เท่ากับ <u>๐.๑๓๓</u> เซนติเมตร หมายเหตุ : มีค่าไม่เกิน ๐.๓ เท่าของขนาดจุดภาพ	/		
๖	ความละเอียดของแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศ เชิงเลข เท่ากับ <u>๕.๖๗</u> เซนติเมตร/จุดภาพ หมายเหตุ : ไม่น้อยกว่า ๑ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลาง จุดภาพบนพื้นดิน	/		
๗	ความละเอียดจุดภาพของภาพออร์โท เท่ากับ <u>๕.๖๗</u> เซนติเมตร/จุดภาพ หมายเหตุ : ไม่น้อยกว่า ๑ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลาง จุดภาพบนพื้นดิน	/		
๘	ขนาดพื้นที่โครงการหลังการประมวลผลภาพถ่าย เท่ากับ <u>๖.๑๒</u> ตารางกิโลเมตร หมายเหตุ : ขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่าพื้นที่วางแผนบิน	/		
๙	ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (GSD) เท่ากับ <u>๕.๖๗</u> เซนติเมตร หมายเหตุ : มีค่าไม่เกิน ๗ เซนติเมตร	/		

/รายการ...

รายการตรวจสอบการประมวลผลภาพถ่าย (ต่อ)				
ลำดับ	เกณฑ์การพิจารณา	ผลการตรวจสอบ		หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	
๑๐	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ ($RMSE_r$) ของจุดตรวจสอบ เท่ากับ.....๓.๖๐.....เซนติเมตร หมายเหตุ : มีค่าไม่เกิน ๑.๔๑๔ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลาง จุดภาพบนพื้นดิน (GSD)	/		
๑๑	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางตั้ง ($RMSE_z$) ของจุดตรวจสอบ เท่ากับ.....๑๒.๖๐.....เซนติเมตร หมายเหตุ : มีค่าไม่เกิน ๒๐ เซนติเมตร	/		

ภาคผนวก ง.

แบบบันทึกการพิจารณาอนุญาตแนวการแก้ไขปัญหา

การปฏิบัติงานการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ

ตามหนังสือกรมที่ดิน ที่ มท.๐๕๒๕.๔/๓๗๓๓.๓๗๓๓ ลงวันที่ ๒๙ ตุลาคม ๒๕๖๒

ลำดับ	วัน/เดือน/ปี	สภาพปัญหา	ข้อสั่งการในการแก้ไขปัญหา
๑	๒๐ พ.ย. ๒๕๖๒	จากการสำรวจสภาพพื้นที่บริเวณที่จะปฏิบัติงาน พบว่าตำแหน่งที่จะสร้างจุดควบคุมภาพถ่าย GCP10 ในบล็อกการบินที่ ๓ ไม่สามารถปฏิบัติได้ตามแผนงาน เนื่องจากเป็นพื้นที่สูงชันไม่สามารถใช้รถยนต์ราชการในการเข้าพื้นที่ได้ จึงขออนุญาตเปลี่ยนตำแหน่งการสร้างจุดดังกล่าว โดยส่งผลให้มีระยะห่างระหว่างจุดเกิน ๒ กิโลเมตร	เมื่อพิจารณาแล้ว พบว่าตำแหน่งที่จะสร้างจุดควบคุมภาพถ่าย GCP10 ไม่สามารถปฏิบัติได้ตามแผนงาน เห็นควรให้เปลี่ยนตำแหน่งการสร้างจุดดังกล่าว เพื่อให้มีความสะดวกในการปฏิบัติงาน ทั้งนี้ให้คำนึงถึงความเหมาะสมของตำแหน่ง และยังคงมีการกระจายตัวสม่ำเสมอในบล็อกการบิน
		ลงชื่อ..... (.....) ผู้รายงาน	ลงชื่อ..... (.....) ผู้อนุญาต

ภาคผนวก จ.

นิยามศัพท์เทคนิค

๑. หมวดการบินถ่ายภาพ

ก. ส่วนอากาศยานไร้คนขับ

(๑) “อากาศยานไร้คนขับประเภทปีกตรึง (Fixed-Wing UAV)” หมายถึง อากาศยานไร้คนขับที่มีลักษณะภายนอกการทำงานคล้ายคลึงกับเครื่องบิน จึงจำเป็นที่จะต้องมียานที่สำหรับการใช้ขึ้นและลงของลำ ซึ่งอากาศยานไร้คนขับสามารถบินได้นาน และบรรทุกอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากได้

(๒) “อากาศยานไร้คนขับประเภทหลายปีกหมุน (Multirotors UAV)” หมายถึง อากาศยานไร้คนขับที่สามารถขึ้นลงแนวดิ่ง โดยอาศัยการหมุนของใบพัดในการเคลื่อนไปในทิศทางต่างๆ ซึ่งอากาศยานไร้คนขับประเภทหลายปีกหมุนมีจำนวนใบพัดตั้งแต่ ๓ ใบพัด จนถึง ๘ ใบพัด มีระยะเวลาการบินประมาณ ๑๐-๒๐ นาที

(๓) “อากาศยานไร้คนขับประเภทปีกหมุนเดี่ยว (Single-Rotor Helicopter UAV)” หมายถึง อากาศยานไร้คนขับที่มีรูปร่างและโครงสร้างคล้ายเฮลิคอปเตอร์ไม่เหมือนอากาศยานไร้คนขับประเภทหลายปีกหมุน มีใบพัดขนาดใหญ่เพียงใบเดียวที่ใช้ในการเคลื่อนที่และมีใบพัดขนาดเล็กอยู่บนหางของอากาศยานเพื่อควบคุมทิศทางในการบิน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพมากกว่าอากาศยานไร้คนขับประเภทหลายปีกหมุนบางรุ่น

(๔) “อากาศยานไร้คนขับประเภทปีกตรึงขึ้นลงแนวดิ่ง (Fixed-Wing Hybrid UAV)” หมายถึง อากาศยานไร้คนขับที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใหม่ มีลำตัวอากาศยานเป็นแบบอากาศยานไร้คนขับประเภทปีกตรึง แต่สามารถขึ้นลงแนวดิ่งได้ ซึ่งเป็นการนำข้อดีของประเภทอากาศยานไร้คนขับประเภทปีกตรึงมารวมกับอากาศยานไร้คนขับประเภทหลายปีกหมุน

(๕) “โครงเครื่องบิน (Airframe)” หมายถึง โครงสร้างของเครื่องอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งอาจมีรูปร่างที่แตกต่างกันตามลักษณะการออกแบบ รวมถึงในส่วนของวัสดุที่ใช้ก็มีลักษณะที่ต่างกัน เช่น พลาสติกผสม คาร์บอนไฟเบอร์ผสม หรือโฟม เป็นต้น

(๖) “ปีกแก้อียงของเครื่องบิน (Aileron)” หมายถึง พื้นผิวที่ติดตั้งอยู่บริเวณชายปีกหลังส่วนปลายปีกที่เคลื่อนไหวได้เพื่อใช้สำหรับควบคุมการเอียงตัวของลำ (Roll) หรือการหมุนรอบแกนตามแนวลำอากาศยาน

(๗) “ปีกปรับระดับการบิน (Elevator)” หมายถึง พื้นผิวที่เคลื่อนไหวได้อยู่บริเวณชายหลังของแพนหาง ซึ่งมีหน้าที่ยกหรือลดระดับด้านหน้าลำ หรือการหมุนรอบแกนตามแนวยาวอากาศยาน

(๘) “ระบบควบคุมเครื่องบิน (Control System)” หมายถึง ระบบที่ควบคุมการทำงานของอากาศยานไร้คนขับ ได้แก่ การบังคับแบบใช้เครื่องควบคุมวิทยุจากภาคพื้น หรือการใช้คอมพิวเตอร์สั่งการอัตโนมัติ

(๙) “ระบบนำทางเฉื่อย (Inertial Navigation System, INS)” หมายถึง ระบบนำทางสำหรับหลายระบบโดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์อ้างอิงภายนอก

(๑๐) “หน่วยวัดความเฉื่อย (Inertial Measurement Unit, IMU)” หมายถึง ระบบซึ่งบรรจุในระบบนำทางเฉื่อย (Inertial Navigation System, INS) มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ เครื่องวัดความเร่ง ที่ทำหน้าที่วัดทั้งความเร่งเชิงมุม และความเร่งเชิงเส้น อีกทั้งหน่วยวัดความเฉื่อยยังประกอบด้วยไจโรสโคปเพื่อรักษาให้อยู่ในแนวอ้างอิงที่ถูกต้อง

(๑๑) “ระบบนำหน (Navigation System)” หมายถึง ระบบที่ช่วยในการนำทาง ซึ่งอาจจะติดตั้งอยู่บนยานพาหนะหรืออากาศยาน

(๑๒) “ระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมหรือระบบนำทางด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System, GNSS)” หมายถึง คำมาตรฐานทั่วไปที่ใช้เรียกแทนคำว่า Satellite Navigation System ซึ่งทำหน้าที่ให้ข้อมูลค่าพิกัดบนผิวโลก โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวรับสัญญาณเพื่อคำนวณและแสดงพิกัดตำแหน่ง ณ จุดที่ตัวรับสัญญาณตั้งอยู่

(๑๓) “สถานีควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Station, GCS)” หมายถึง สถานีควบคุมและสนับสนุนภาคพื้นดิน มีหน้าที่ตรวจสอบการทำงาน และตรวจสอบข้อมูลสถานะต่างๆ ที่ส่งมาจากอากาศยานไร้คนขับ

(๑๔) “การปล่อยอากาศยาน (Launch)” หมายถึง การส่งอากาศยานไร้คนขับขึ้นบินสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับชนิดอุปกรณ์

(๑๕) “แนวมบิน (Flight Strip)” หมายถึง แนวมบินที่กำหนดขึ้นจากการวางแผนการบิน

(๑๖) “ระดับความสูงบิน (Flight Altitude)” หมายถึง ระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับที่อ้างอิงเหนือระดับทะเลปานกลาง

(๑๗) “การเร่งเครื่อง (Throttle)” หมายถึง การเร่งหรือลดกำลังของใบพัด

(๑๘) “แรงต้าน (Drag)” หมายถึง แรงที่กระทำตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ เช่น แรงเสียดทานที่อากาศกระทำ แรงดึงดูดเนื่องจากอากาศแทนที่

(๑๙) “แรงยก (Lift Force)” หมายถึง แรงยกที่เกิดจากการบิน โดยความกดอากาศที่แตกต่างกันระหว่างพื้นผิวด้านบนกับผิวด้านล่าง

(๒๐) “น้ำหนักบรรทุก (Payload)” หมายถึง น้ำหนักของสัมภาระที่อากาศยานไร้คนขับสามารถบรรทุกได้

(๒๑) “สัญญาณรบกวน (Noise)” หมายถึง เสียงหรือจุดรบกวนที่เกิดขึ้น และอาจก่อให้เกิดสัญญาณเสียงหรือภาพที่ไม่ชัดเจน

ข. ส่วนข้อมูลจำเพาะของกล้องถ่ายภาพ

(๑) “ความยาวโฟกัสของเลนส์ (Focal Length)” หมายถึง ระยะที่สั้นที่สุดระหว่าง Projection center และระนาบของภาพถ่าย

(๒) “ชัตเตอร์ (Shutter)” หมายถึง ชิ้นส่วนภายในกล้องสำหรับควบคุมเวลาที่เปิดให้แสงเข้ามาสู่เซนเซอร์รับภาพ

(๓) “ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed)” หมายถึง ความเร็วของชัตเตอร์เปิด-ปิด เพื่อกันแสงที่จะเดินทางต่อไปยังเซนเซอร์รับภาพ

(๔) “ค่าความไวแสง (ISO)” หมายถึง ความสามารถในการรับปริมาณแสงที่ได้รับของเซนเซอร์รับภาพ

(๕) “ขนาดของจุดภาพ (Pixel Size)” หมายถึง ขนาดจุดภาพบนภาพถ่าย

(๖) “รูรับแสง (Aperture)” หมายถึง ขนาดของการกำหนดปริมาณแสงที่จะเข้าสู่เซนเซอร์รับภาพโดยชิ้นส่วนที่ใช้ในการปรับขนาดปริมาณแสงเรียกว่า วังแหวนควบคุมรูรับแสง

(๗) “ผลกระทบจากกลไกเปิดปิดหน้ากล้องแบบกลิ้ง (Rolling Shutter Effect)” หมายถึง ปรากฏการณ์ภาพลั้ม อันเนื่องมาจากการถ่ายภาพที่ไม่ได้ถ่ายฉากทั้งหมดในเวลาเดียวกัน แต่เป็นการสแกนจุดภาพข้ามฉากตามแนวตั้งและแนวนอนของเซนเซอร์

๒. หมวดการประมวลผลภาพถ่าย

(๑) “การจัดภาพภายนอก (Exterior Orientation, EO)” หมายถึง พารามิเตอร์ที่เป็นอิสระจากกัน ๖ ตัว เป็นตัวแสดงตำแหน่งในระวางอากาศ (Space Position) หรือค่าพิกัดสามมิติของตำแหน่งถ่ายภาพ ได้แก่ X, Y และ Z และพารามิเตอร์การจัดวางเชิงมุม (Angular Orientation) ได้แก่ โอเมกา-ฟี-แคปปา (Omega-Phi-Kappa, $\omega - \phi - K$)

(๒) “การจัดภาพภายใน (Interior Orientation, IO)” หมายถึง การจัดวางข้อมูลภาพให้มีความสัมพันธ์ในทิศทางแนวนอน ประกอบด้วยค่าคงตัวของกล้องถ่ายภาพ ได้แก่ ค่าพิกัดของจุดมูขยสำคัญ ความยาวโฟกัส และความเพี้ยนของเลนส์ทั้งตามแนวรัศมี และความเพี้ยนของเลนส์ตามแนวเส้นสัมผัส ซึ่งค่าพารามิเตอร์จัดการภาพภายใน จะถูกนำมาใช้คำนวณในการแปลงระบบพิกัดจากระบบภาพถ่าย ๒ มิติ เป็นระบบพิกัด ๓ มิติ

(๓) “การปรับแก้โครงข่ายลำแสงอิสระ (Free-Network Bundle Adjustment)” หมายถึง การคำนวณปรับแก้ข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศโดยไม่ใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน

(๔) “การปรับแก้ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Squares Adjustment)” หมายถึง การปรับแก้ โดยใช้แบบจำลองสำหรับการแก้ปัญหาของระบบสมการที่มีจำนวนสมการมากกว่าจำนวนตัวแปร (Overdetermined System)

(๕) “การปรับแก้บล็อกลำแสง (Bundle Block Adjustment)” หมายถึง การสร้างภาวะร่วมเส้นของจุดควบคุมภาคพื้นดิน จุดมูขยสำคัญ และจุดภาพของสิ่งเดียวกัน เพื่อทำการหาค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า ได้แก่ พารามิเตอร์การจัดภาพภายนอกของภาพถ่าย และค่าพิกัดบนภูมิประเทศจริงของจุดโยงยึด โดยการปรับแก้โครงข่ายบล็อกลำแสงของภาพถ่ายจะทำการสร้างสมการร่วมเส้นขึ้นตามจำนวนของจุดควบคุมและจุดโยงยึดในแต่ละภาพ ซึ่งหากสามารถสร้างจำนวนสมการได้มากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า ก็จะสามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าได้ทั้งหมดโดยการปรับแก้ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Squares Adjustment)

(๖) “จุดมูขยสำคัญ (Principal Point, PP)” หมายถึง จุดในระนาบโฟกัสที่เกิดจากจุดชั่วหลังของเลนส์กล้องที่ตั้งฉากกับระนาบโฟกัส ตัดกับระนาบโฟกัส

(๗) “การวัดสอบกล้องถ่ายภาพ (Camera Calibration)” หมายถึง การวัดสอบทางเรขาคณิต เพื่อหาค่าคงตัวต่างๆ ของกล้อง ซึ่งค่าคงตัวดังกล่าวเรียกว่า องค์ประกอบของการจัดภาพภายใน (Elements of Interior Orientation) ได้แก่ ค่าพิกัดของจุดมุขยสำคัญ ความยาวโฟกัส และความเพี้ยนของเลนส์ ทั้งตามแนวรัศมี และแนวตั้งฉากรัศมี

(๘) “การวัดสอบกล้องในตัว (Self-Calibration)” หมายถึง การวัดสอบกล้อง (Camera Calibration) ที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศใช้หลักการของสมการสภาวะร่วมเส้น (Collinearity Equation) คำนวณปรับแก้ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Squares Adjustment)

(๙) “ขนาดภาพ (Image Size)” หมายถึง ขนาดของภาพถ่าย โดยขนาดภาพถ่ายต้นฉบับ สามารถเขียนแทนด้วยอัตราส่วน ๑:๑

(๑๐) “ถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ (Aerial Triangulation, AT)” หมายถึง กระบวนการทำ ถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศโดยใช้ทฤษฎีวิธีการปรับแก้บล็อกลำแสง (Bundle Block Adjustment) ซึ่งจะต้องประกอบด้วยจุดโยงยึดและจุดผ่านในการหาค่าองค์ประกอบการจัดภาพภายนอก (Exterior Orientation) ของภาพทุกภาพในบล็อก

(๑๑) “ความคลาดเคลื่อนจากความต่างระดับ (Relief Displacement)” หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนที่เคลื่อนที่ไปของตำแหน่งจุดภาพบนภาพถ่ายอันเนื่องมาจากความสูงต่ำของวัตถุ

(๑๒) “ความเพี้ยนของเลนส์ (Lens Distortion)” หมายถึง ความเพี้ยนของเลนส์ที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนการผลิตเลนส์ และทำให้คุณภาพทางเรขาคณิตของภาพด้อยลง ถ้าไม่ตรวจแก้ ความเพี้ยนของเลนส์แบ่งออกเป็น ตามแนวรัศมี (Radial) และตามแนวเส้นสัมผัส (Tangential)

(๑๓) “ความเพี้ยนของเลนส์ตามแนวรัศมี (Radial Lens Distortion)” หมายถึง ความเพี้ยนของเลนส์ที่เกิดจากความพลาดของการขัดผิวเลนส์ ทำให้ตำแหน่งจุดภาพปรากฏคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมตามแนวรัศมีจากจุดมุขยสำคัญ จึงทำให้ต้องมีการวัดสอบและทำการปรับแก้ด้วยค่าพารามิเตอร์ k_1 k_2 และ k_3

$$\delta x = \bar{x}(k_0 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6 + k_4 r^8) \quad (๑๓.๑)$$

$$\delta y = \bar{y}(k_0 + k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6 + k_4 r^8) \quad (๑๓.๒)$$

เมื่อ

$$\delta x, \delta y = \text{ค่าปรับแก้ความเพี้ยนของเลนส์ตามแนวรัศมี}$$

$$\bar{x}, \bar{y} = \text{ค่าพิกัดเทียบกับจุดมุขยสำคัญ}$$

$$k_1, k_2, k_3 = \text{radial lens distortion parameters}$$

(๑๔) “ความเพี้ยนของเลนส์ตามแนวเส้นสัมผัส (Tangential Lens Distortion)” หมายถึง ความเพี้ยนของเลนส์ที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการตั้งศูนย์ของชิ้นส่วนต่างๆ ของเลนส์ประกอบ ทำให้ตำแหน่งจุดภาพปรากฏคลาดเคลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมตามแนวเส้นสัมผัสซึ่งตั้งฉากกับแนวรัศมีจากจุดมุขยสำคัญ จึงทำให้ต้องมีการวัดสอบและหาค่าพารามิเตอร์ p_1 และ p_2

$$\Delta x = (1 + p_3 r^2 + p_4 r^4)[2p_2 \bar{x}\bar{y} + p_1(r^2 + 2\bar{x}^2)] \quad (๑๔.๑)$$

$$\Delta y = (1 + p_3 r^2 + p_4 r^4)[2p_1 \bar{x}\bar{y} + p_2(r^2 + 2\bar{y}^2)] \quad (๑๔.๒)$$

/เมื่อ...

เมื่อ

$\Delta x, \Delta y$	=	ค่าปรับแก้ความเพี้ยนของเลนส์ตามแนวเส้นสัมผัส
$\bar{x}, \bar{y}$	=	ค่าพิกัดเทียบกับจุดमुखยสำคัญ
p_1, p_2	=	tangential lens distortion parameters

(๑๕) “คูภาพสามมิติ (Single-Pair Stereo)” หมายถึง การใช้ภาพ ๑ คูภาพสำหรับการวัดสเตอริโอ

(๑๖) “โครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอ (Triangulated Irregular Network)” หมายถึง ข้อมูลพื้นผิวที่มีโครงสร้างแบบเวกเตอร์ที่แสดงลักษณะของพื้นผิวโดยใช้รูปสามเหลี่ยมหลายรูปซึ่งมีด้านประชิดกัน และใช้จุดยอดร่วมกันเรียงต่อเนื่องกันไปโดยค่าระดับที่จัดเก็บอยู่ที่จุดยอดของสามเหลี่ยม จุดเหล่านี้จะกระจายตัวไม่สม่ำเสมอโดยพื้นที่ที่มีความแตกต่างของค่าระดับมากๆ จุดจะอยู่ใกล้กันแต่หากพื้นที่ที่มีค่าระดับไม่แตกต่างกันนักจุดจะอยู่ห่างกัน

(๑๗) “จุดดัชนี (Fiducial Mark)” หมายถึง เครื่องหมายดัชนีของกล้องโดยทั่วไป มีจำนวนจุด ๔ จุด หรือ ๘ จุด โดยอาจจะอยู่ที่กึ่งกลางของกรอบระนาบโฟกัสแต่ละด้านหรือที่มุมของภาพ และเมื่อโยงเส้นตรงจากจุดดัชนีที่อยู่ตรงข้ามควรจะตัดกันที่จุดमुखยสำคัญของภาพถ่าย แต่สำหรับกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลจะไม่มีความจำเป็นที่จะต้องจุดดัชนี เนื่องจากภายในกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลมีเซนเซอร์ (sensor) ที่สามารถสร้างระบบพิกัดได้อย่างเสถียร

(๑๘) “จุดผ่าน (Pass Points)” หมายถึง จุดภาพที่ปรากฏบนภาพข้างเคียงกันที่อยู่ตามแนวบินเดียวกันมีส่วนซ้อนกันใช้สำหรับยึดโยงภาพถ่ายในขั้นตอนการปรับแก้ขยับบล็อกภาพ

(๑๙) “เอสเอฟเอ็ม (Structure From Motion, SFM)” หมายถึง เทคนิคทางการสำรวจด้วยภาพถ่ายสำหรับการสร้างแบบจำลองสามมิติจากภาพสองมิติ โดยการคำนวณตำแหน่งและการวางตัวของภาพคอมพิวเตอร์วิชั่นมาช่วยในกระบวนการประมวลผล

(๒๐) “ดิจิทัลไซ์ (Digitize)” หมายถึง การนำเข้าข้อมูลดิจิทัล หรือการคัดลอกถ่ายให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลเวกเตอร์

(๒๑) “แบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Terrain Model, DTM)” หมายถึง ข้อมูลจุดระดับ ความสูงพื้นผิวของโลกในรูปแบบดิจิทัล โดยมีการจัดความสูงของสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งปกคลุมพื้นผิวโลกออกให้เหลือเฉพาะความสูงของพื้นผิวโลกจริงๆ ข้อมูลระดับความสูงของลักษณะภูมิประเทศที่สำคัญ ได้แก่ ทางน้ำ ขอบบริเวณพื้นน้ำ อาคาร ถนน และแนวสันเขา เป็นต้น

(๒๒) “แบบจำลองสามมิติ (Stereomodel)” หมายถึง แบบจำลองที่รับรู้ภาพสามมิติอย่างต่อเนื่องไปทั่วทั้งบริเวณ การรับรู้นี้เกิดจากการเปลี่ยนมุมมองเมื่อมองไปยังจุดจำนวนอนันต์ที่ประกอบขึ้นเป็นพื้นผิวนั้น

(๒๓) “พอยท์คลาวด์ชนิดหนาแน่น (Dense Point Cloud)” หมายถึง พอยท์คลาวด์ที่สร้างขึ้นจากเทคนิควิธี MVS

(๒๔) “พอยท์คลาวด์ชนิดเบาบาง (Sparse Point Cloud)” หมายถึง พอยท์คลาวด์ที่สร้างจากการคำนวณค่าพิกัดจุดโยงยึด

/(๒๕) “พื้นที่...

(๒๕) “พื้นที่ถูกเงาบัง (Occlusion Area)” หมายถึง บริเวณที่ถูกเงาบังจากพื้นที่หรือวัตถุต่างระดับกันบนภาพ

(๒๖) “พื้นหลักฐานอ้างอิง (Datum)” หมายถึง ระบบหลักฐานที่ใช้อ้างอิงในการกำหนดค่าทางตั้งและทางราบ แบ่งได้ ๒ ประเภท ได้แก่ พื้นหลักฐานทางราบ และพื้นหลักฐานทางตั้ง

(๒๗) “ภาพเงาหลอก/ภาพเงาสะท้อน (Ghost Image)” หมายถึง ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนภาพออร์โทบริเวนอาคารสูง ซึ่งจะปรากฏส่วนหลังคาอาคารทับซ้อนกับส่วนล่างอาคารทำให้มีหลังคา ๒ ภาพซ้อนกัน

(๒๘) “ภาพต่อ (Mosaic)” หมายถึง การประกอบภาพถ่ายที่มีส่วนซ้อนจำนวน ๒ ภาพขึ้นไปเข้าด้วยกันเพื่อทำเป็นภาพถ่ายของพื้นที่ต่อเนื่องภาพเดียว

(๒๙) “ภาพถ่ายตั้งทางอากาศ (Vertical Aerial Photograph)” หมายถึง ภาพที่ถ่ายโดยแกนของกล้องจะต้องอยู่ในแนวตั้งมากที่สุด

(๓๐) “มัลติวิวสเตอริโอ (เอ็มวีเอส) (Multi-View Stereo, MVS)” หมายถึง เทคนิควิธีในการรับรู้สภาพสามมิติจากการใช้ภาพสองมิติจำนวน ๒ ภาพขึ้นไป

(๓๑) “มุมรับภาพและองศารับภาพ (Field of View, FOV)” หมายถึง ค่าขอบเขตการมองเห็นซึ่งเป็นคุณสมบัติที่แสดงถึงพื้นที่การมองเห็นวัตถุของกล้องถ่ายภาพ

(๓๒) “สภาวะร่วมเส้น (Collinearity Condition)” หมายถึง สภาพที่ตำแหน่งถ่ายภาพจุดวัตถุใดๆ และจุดภาพของวัตถุนั้นๆ บนภาพถ่ายอยู่บนเส้นตรงเดียวกัน

(๓๓) “อัตราส่วนฐานต่อความสูง (Base-Height Ratio, B/H)” หมายถึง อัตราส่วนของฐานถ่ายภาพในอากาศของภาพคู่ซ้อนต่อความสูงบินเฉลี่ยเหนือพื้นดิน

(๓๔) “ระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level)” หมายถึง ค่าที่แสดงความมั่นใจต่อการสรุปผลได้อย่างถูกต้องโดยกรรมวิธีทางสถิติ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วในการวิจัยหรือการใช้งานจะกำหนดค่าของระดับความเชื่อมั่นไว้ร้อยละ ๙๕ หรือ ๙๙

ภาคผนวก ฉ.

มาตรฐานความถูกต้องเชิงตำแหน่ง

ตารางที่ ๑ ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ เมื่อ x คือ ระดับความถูกต้องทางราบ

ระดับ ความถูกต้อง ทางราบ	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่ง		
	ค่าความคลาดเคลื่อน เชิงตำแหน่งทางแกน X และแกน Y (ซม.)	ค่าความคลาดเคลื่อน เชิงตำแหน่งทางราบ (ซม.)	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่ง ทางราบที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ ๙๕ (ซม.)
X-cm	$\leq X$	$\leq ๑.๔๑๔ * X$	$\leq ๒.๔๔๘ * X$

ตารางที่ ๒ ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางตั้ง เมื่อ x คือ ระดับความถูกต้องทางตั้ง

ระดับ ความถูกต้อง ทางตั้ง	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่ง	
	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางตั้ง (ซม.)	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางตั้ง ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ ๙๕ (ซม.)
X-cm	$\leq X$	$\leq ๑.๙๖ * X$

ภาคผนวก ข.

ตารางแสดง

ตัวอย่างคุณภาพหรือความถูกต้องทางราบ สำหรับข้อมูลแผนที่แสดงทางราบแบบดิจิทัลความถูกต้องสูง

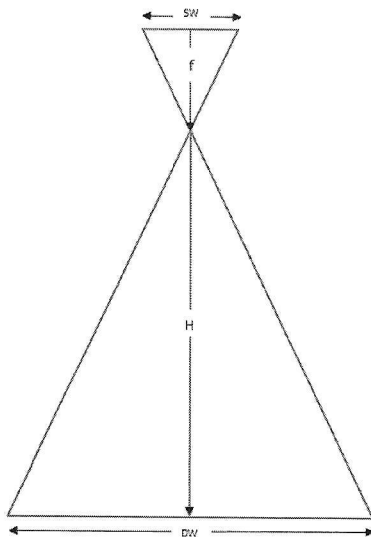
มาตรฐาน ASPRS ๒๐๑๔				เทียบเท่ามาตรฐานแผนที่		เทียบเท่ามาตรฐานแผนที่ตามมาตรฐาน NMAS
ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางแกน X และแกน Y ของระดับความถูกต้องทางราบ (ชม.)	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ (ชม.)	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ ๙๕ (ชม.)	ค่าระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (GSD) ของภาพโดยประมาณ (ชม.)	มาตรฐาน ASPRS (๑๙๙๐) งานระดับ ๑	มาตรฐาน ASPRS (๑๙๙๐) งานระดับ ๒	
๐.๖๓	๐.๙	๑.๕	๐.๓๑ ถึง ๐.๖๓	๑:๒๕	๑:๑๒.๕	๑:๑๖
๑.๒๕	๑.๘	๓.๑	๐.๖๓ ถึง ๑.๒๕	๑:๕๐	๑:๒๕	๑:๓๒
๒.๕	๓.๕	๖.๑	๑.๒๕ ถึง ๒.๕	๑:๑๐๐	๑:๕๐	๑:๖๓
๕.๐	๗.๑	๑๒.๒	๒.๕ ถึง ๕.๐	๑:๒๐๐	๑:๑๐๐	๑:๑๒๗
๗.๕	๑๐.๖	๑๘.๔	๓.๘ ถึง ๗.๕	๑:๓๐๐	๑:๑๕๐	๑:๑๙๐
๑๐.๐	๑๔.๑	๒๔.๕	๕.๐ ถึง ๑๐.๐	๑:๔๐๐	๑:๒๐๐	๑:๒๕๓
๑๒.๕	๑๗.๗	๓๐.๖	๖.๓ ถึง ๑๒.๕	๑:๕๐๐	๑:๒๕๐	๑:๓๑๗
๑๕.๐	๒๑.๒	๓๖.๗	๗.๕ ถึง ๑๕.๐	๑:๖๐๐	๑:๓๐๐	๑:๓๘๐
๑๗.๕	๒๔.๗	๔๒.๘	๘.๘ ถึง ๑๗.๕	๑:๗๐๐	๑:๓๕๐	๑:๔๔๔
๒๐.๐	๒๘.๓	๔๙.๐	๑๐.๐ ถึง ๒๐.๐	๑:๘๐๐	๑:๔๐๐	๑:๕๐๗
๒๒.๕	๓๑.๘	๕๕.๑	๑๑.๓ ถึง ๒๒.๕	๑:๙๐๐	๑:๔๕๐	๑:๕๗๐
๒๕.๐	๓๕.๔	๖๑.๒	๑๒.๕ ถึง ๒๕.๐	๑:๑๐๐๐	๑:๕๐๐	๑:๖๓๔
๒๗.๕	๓๘.๙	๖๗.๓	๑๓.๘ ถึง ๒๗.๕	๑:๑๑๐๐	๑:๕๕๐	๑:๖๙๗
๓๐.๐	๔๒.๔	๗๓.๔	๑๕.๐ ถึง ๓๐.๐	๑:๑๒๐๐	๑:๖๐๐	๑:๗๖๐
๔๕.๐	๖๓.๖	๑๑๐.๑	๒๒.๕ ถึง ๔๕.๐	๑:๑๘๐๐	๑:๙๐๐	๑:๑๑๔๑
๖๐.๐	๘๔.๙	๑๔๖.๙	๓๐.๐ ถึง ๖๐.๐	๑:๒๔๐๐	๑:๑๒๐๐	๑:๑๕๒๑
๗๕.๐	๑๐๖.๑	๑๘๓.๖	๓๗.๕ ถึง ๗๕.๐	๑:๓๐๐๐	๑:๑๕๐๐	๑:๑๙๐๑
๑๐๐.๐	๑๔๑.๕	๒๔๔.๘	๕๐.๐ ถึง ๑๐๐.๐	๑:๔๐๐๐	๑:๒๐๐๐	๑:๒๕๓๕
๑๕๐.๐	๒๑๒.๑	๓๖๗.๒	๗๕.๐ ถึง ๑๕๐.๐	๑:๖๐๐๐	๑:๓๐๐๐	๑:๓๘๐๒
๒๐๐.๐	๒๘๒.๘	๔๘๙.๕	๑๐๐.๐ ถึง ๒๐๐.๐	๑:๘๐๐๐	๑:๔๐๐๐	๑:๕๐๖๙
๒๕๐.๐	๓๕๓.๖	๖๑๑.๙	๑๒๕.๐ ถึง ๒๕๐.๐	๑:๑๐๐๐๐	๑:๕๐๐๐	๑:๖๓๓๗
๓๐๐.๐	๔๒๔.๓	๗๓๔.๓	๑๕๐.๐ ถึง ๓๐๐.๐	๑:๑๒๐๐๐	๑:๖๐๐๐	๑:๗๖๐๔
๕๐๐.๐	๗๐๗.๑	๑๒๒๓.๙	๒๕๐.๐ ถึง ๕๐๐.๐	๑:๒๐๐๐๐	๑:๑๐๐๐๐	๑:๒๑๑๒๒
๑๐๐๐.๐	๑๔๑๔.๒	๒๔๔๗.๗	๕๐๐.๐ ถึง ๑๐๐๐.๐	๑:๔๐๐๐๐	๑:๒๐๐๐๐	๑:๔๒๒๔๔

ภาคผนวก ข.
แนวทางการปฏิบัติ
การวางแผนการบิน

เพื่อควบคุมความแม่นยำและความถูกต้องเชิงตำแหน่งของผลลัพธ์ของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ ขั้นตอนการวางแผนการบินจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของการวางแผนการบินจะต้องสอดคล้องกับความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนการบิน ประกอบด้วย

(๑) ความสูงบิน

ความสูงบินของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ เป็นการกำหนดความละเอียดของภาพ และความถูกต้องของผลลัพธ์ โดยความสูงบินต่ำจะให้ความละเอียดภาพสูง ขณะที่ความสูงบินสูงจะให้ความละเอียดภาพต่ำ เพื่อให้สามารถผลิตข้อมูลและแผนที่มาตราส่วนตามความต้องการ นอกจากนี้ การกำหนดความสูงบินจะต้องคำนึงถึงสภาพภูมิประเทศโดยรวม และศักยภาพของอากาศยานไร้คนขับ การวางแผนความสูงบินสามารถคำนวณได้จากสมการ



$$H = \frac{GSD \times f \times IW}{SW \times 100}$$

H (Flight Height) คือ ความสูงการบินเหนือจุดถ่ายภาพ หน่วย เมตร

GSD (Ground Sample Distance)

คือ ระยะบนพื้นดินต่อจุดภาพ หน่วย เซนติเมตรต่อจุดภาพ

SW (Sensor Width) คือ ระยะด้านกว้างของเซนเซอร์ หน่วย มิลลิเมตร

f (Focal Length) คือ ความยาวโฟกัสของเลนส์ หน่วย มิลลิเมตร

IW (Image Width) คือ จำนวนจุดภาพด้านกว้าง หน่วย จุดภาพ

จากรูป สามารถหาระยะพื้นจริงจากภาพถ่ายหนึ่งภาพได้จากสมการ

$$DW = \frac{GSD \times IW}{100}$$

DW (Distance Width) คือ ความยาวพื้นดินจริงต่อหนึ่งภาพ หน่วย เมตร

GSD (Ground Sample Distance) คือ ระยะบนพื้นดินต่อจุดภาพ หน่วย เซนติเมตรต่อจุดภาพ

IW (Image Width) คือ จำนวนจุดภาพด้านกว้าง หน่วย จุดภาพ

(๒) ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance)

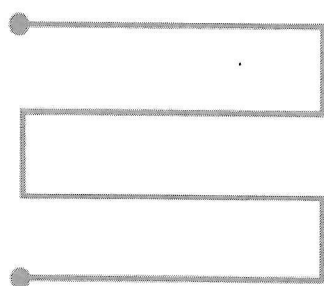
การเลือกใช้ค่าระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดินจะขึ้นกับความถูกต้องของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ต้องการ โดยพิจารณาจากความถูกต้องในงานวิศวกรรมด้านต่างๆ ซึ่งแบ่งตามประเภทกิจกรรมหรือการใช้งาน ตามแนวทางของ FGDC (Geospatial Positioning Accuracy Standards PART ๔ : Standards for Architecture, Engineering, Construction (A/E/C) and Facility Management National)

(๓) รูปแบบการบิน

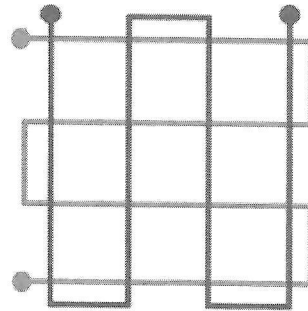
การวางแผนรูปร่างของบล็อกการบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับโดยทั่วไปจะกำหนดให้บินภายในลักษณะบล็อกสี่เหลี่ยมมุมฉาก เพื่อให้โครงข่ายมีความแข็งแรงและลดจำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยสามารถเลือกรูปแบบการบินได้ดังนี้

(๓.๑) รูปแบบการบินแบบทั่วไป ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งาน

(๓.๒) รูปแบบการบินแบบกริด สำหรับความต้องการแบบจำลองสามมิติรายละเอียดดีขึ้น



รูปแบบการบินแบบทั่วไป



รูปแบบการบินแบบกริด

การถ่ายภาพ

ภาพถ่ายที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับจะต้องถ่ายภาพให้ได้ภาพที่มีคุณภาพที่ดีและมีความคมชัดที่สุด โดยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการถ่ายภาพ ดังนี้

(๑) สภาพอากาศ

กล้องถ่ายภาพในปัจจุบันมีความสามารถในการจัดการกับแสงและเงาได้ดีมากขึ้น แต่การบินในสภาพอากาศที่ไม่ดีจะทำให้คุณภาพของภาพถ่ายทางอากาศที่ลดลง เพราะฉะนั้นสภาพอากาศที่ดีควรมีปัจจัยที่เหมาะสม ดังนี้

(๑.๑) มุมรังสีดวงอาทิตย์เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเงาของสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การถ่ายภาพต้องถ่ายเมื่อดวงอาทิตย์อยู่สูงกว่า ๔๕ องศาจากพื้น หรือช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ๙.๐๐ น. ถึง ๑๕.๐๐ น. ภายใต้สภาวะแสงที่ไม่ทำให้เกิดความเปรียบต่างสีของแสงและเงาอย่างชัดเจน

(๑.๒) การปกคลุมของเมฆเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เนื่องจากส่วนใหญ่จะทำการบินต่ำกว่าเมฆ หากบริเวณโครงการมีเมฆปกคลุมหนาจนทำให้เกิดเงา และหลีกเลี่ยงการบินถ่ายภาพ ณ ขณะนั้น

(๑.๓) สภาพอากาศเหนือพื้นดิน เป็นสิ่งที่ต้องรู้เกี่ยวกับสภาพพื้นที่โดยรวม เช่น โอกาสการเกิดหมอกควันที่มีผลต่อการถ่ายภาพ ให้หลีกเลี่ยงการบินขณะสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

(๒) ค่าพารามิเตอร์ของการถ่ายภาพ

ภาพถ่ายทางอากาศที่นำไปใช้ในการประมวลผลจะต้องมีคุณภาพที่ดี คุณสมบัติ พื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการถ่ายภาพให้มีความคมชัด และมีสีที่ถูกต้อง จะต้องตั้งค่าพารามิเตอร์ การถ่ายภาพที่เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมของพื้นที่ ซึ่งในที่นี้ให้คำแนะนำสำหรับการตั้งค่าการถ่ายภาพ เบื้องต้น ทั้งนี้จะต้องตั้งค่าที่เหมาะสมในกล้องแต่ละรุ่นด้วยตนเอง โดยทั่วไปการตั้งค่าการถ่ายภาพ ประกอบด้วย

(๒.๑) รูรับแสงมีผลต่อความชัดลึกของภาพ และปริมาณแสงที่ได้รับ ในกรณีสำรวจ ด้วยอากาศยานไร้คนขับในพื้นที่ที่มีความแปรผันของความสูงมากจะต้องคำนึงถึงการตั้งค่าขนาด ของรูรับแสงมากขึ้น

(๒.๒) ความเร็วชัตเตอร์มีผลต่อความคมชัดของภาพ หรือความพร่ามัวของภาพที่เกิด จากการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือกล้องถ่ายภาพ สำหรับการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับนั้น เป็นการถ่ายภาพวัตถุอยู่นิ่งและกล้องเคลื่อนที่ โดยความเร็วชัตเตอร์ที่เลือกใช้มีผลต่อการหยุด การเคลื่อนไหวของวัตถุ และปริมาณแสงที่ได้รับ โดยการตั้งค่าความเร็วชัตเตอร์จะต้องสัมพันธ์ กับความเร็วการบินด้วย

(๒.๓) ค่าความไวแสง คือ การเพิ่มหรือลดค่าปริมาณแสงที่เข้าสู่กล้อง การเพิ่ม ค่าความไวแสงจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนกับภาพที่บันทึก ซึ่งมีผลกับการประมวลผลภาพถ่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ คุณภาพของกล้องที่สามารถลดสัญญาณรบกวนได้เมื่อต้องตั้งค่าความไวแสงที่สูงขึ้น

(๒.๔) ค่าสมดุลแสงขาว คือ การปรับค่าอุณหภูมิสีของแสง และเฉดสีของภาพ ตามที่ต้องการ โดยอุณหภูมิสีของสีจะแตกต่างกันตามสถานที่และเวลาที่ถ่ายภาพ และต้องตั้งค่าสมดุลแสงขาว ให้มีโทนสีใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด

(๒.๕) ขนาดของภาพหรือสัดส่วนของภาพด้านกว้างต่อด้านยาวนั้นจะต้องมีสัดส่วน สูงที่สุดที่กล้องให้ได้ ซึ่งกล้องบันทึกภาพในปัจจุบันสัดส่วนที่ใช้และมีจำนวนจุดภาพสูงที่สุดอยู่ที่ ๓:๒

คุณภาพของภาพถ่าย

ภาพถ่ายเป็นข้อมูลตั้งต้นของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ การตรวจวัดคุณภาพ ของภาพถ่ายก่อนนำไปประมวลผล เป็นขั้นตอนหนึ่งที่จะต้องให้ความสำคัญเมื่อบินถ่ายภาพเสร็จทุกครั้ง โดยมีหลักการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

(๑) ความคมชัด

รายละเอียดต่างๆ ของภาพต้องมีความคมชัด โดย (ก) ภาพจะต้องโฟกัสได้ในระยะ ที่ต้องการ และความชัดลึกครอบคลุมความสูงที่ปรากฏในพื้นที่โครงการ (ข) ภาพจะต้องไม่พร่ามัว อันเนื่องมาจากความเร็วของอากาศยานไร้คนขับที่มากกว่าความเร็วชัตเตอร์ที่ใช้

/(๒) ความสว่าง...

(๒) ความสว่าง

ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพทุกครั้งต้องมีความสว่างสม่ำเสมอเท่ากันตลอดทั้งภาพ ทั้งนี้ กล้องถ่ายภาพในปัจจุบันสามารถตั้งค่าความไวแสงได้อย่างเหมาะสมโดยง่าย โดยใช้การวัดแสงแบบเฉลี่ยทั้งพื้นที่เพื่อตั้งค่าการถ่ายภาพก่อนบินทุกครั้ง

(๓) ความชัดเจน

การถ่ายภาพในช่วงเวลาที่มีแสงน้อยจำเป็นต้องเพิ่มค่าความไวแสงเพื่อให้ภาพมีความสว่างอย่างเหมาะสม แต่การเพิ่มค่าความไวแสงย่อมทำให้เกิดสัญญาณรบกวน (Noise) บนภาพมากขึ้น ทำให้คุณภาพของผลลัพธ์อาจไม่เป็นไปตามต้องการ โดยกำหนดให้การถ่ายภาพทางอากาศจะต้องใช้ค่าความไวแสงไม่เกิน ๘๐๐

(๔) ความถูกต้องของสี

สีสันทของภาพจะต้องใกล้เคียงกับสีจริงมากที่สุด ทั้งนี้หากขณะบินถ่ายภาพมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงอาจส่งผลกระทบต่อค่าสมดุลแสงขาวที่ตั้งไว้ก่อนทำการบิน จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของสีของภาพทุกใบ หากพบใบที่มีสีผิดไปจากความเป็นจริงจะต้องทำการปรับสีให้สอดคล้องกับภาพอื่นก่อนนำไปประมวลผล

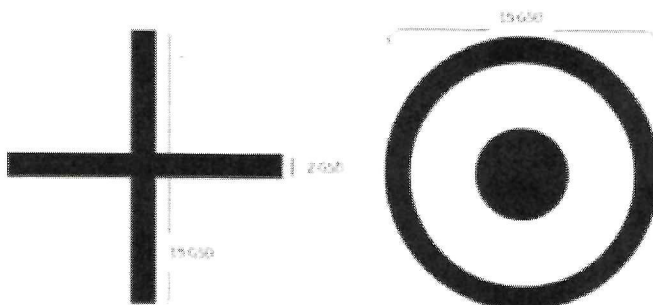
การสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ

(๑) การสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ

จุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ ที่ดีจะต้องมองเห็นและสามารถรังวัดได้บนภาพถ่าย และสามารถหมายตำแหน่งจุดกึ่งกลางของจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบได้ จะเป็นจุดที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่หรือเป็นจุดที่สร้างขึ้นเอง ซึ่งในการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ นิยมใช้วิธีการสร้างเป็นเป้าขึ้นมา เพื่อให้สามารถวางในตำแหน่งที่เหมาะสมได้ โดยจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ ต้องมีสีตัดกับพื้นของภูมิประเทศโดยรอบ ซึ่งมีรูปแบบ เช่น

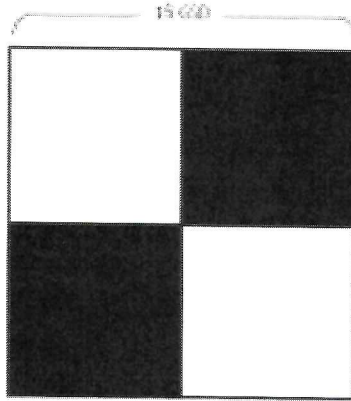
(๑.๑) รูปกากบาทหรือรูปวงกลม

รูปร่างของกากบาทหรือวงกลมที่เหมาะสมสามารถมองเห็นได้ชัดเจนนั้น จะต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า ๑๕ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD) (I. Tellidis and E. Levin. ๒๐๑๔) และมีความหนาของเส้นไม่น้อยกว่า ๒ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD) ดังรูป



(๑.๒) รูปสี่เหลี่ยม

รูปสี่เหลี่ยมที่สามารถวัดจุดโยงยึดบนภาพได้อย่างแม่นยำ จะต้องมีส่วนตัดกันของสี่เป็นตารางหมากรุกตั้งรูป และต้องมีขนาดด้านกว้างและด้านยาวไม่น้อยกว่า ๑๕ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD) (I. Tellidis and E. Levin. ๒๐๑๔)



(๒) การกำหนดตำแหน่งและการกระจายตัวของจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ

การกำหนดตำแหน่งของจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ จะต้องมีการกระจายตัวสม่ำเสมอและครอบคลุมทั่วพื้นที่โครงการ อีกทั้งต้องมีจำนวนที่เพียงพอต่อความถูกต้องของผลลัพธ์จุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ ที่เหมาะสมจะต้องมี ๔ จุด ถึง ๘ จุด และการกำหนดตำแหน่งการวางจุด ควรให้มีการกระจายตัวแบบกริด ซึ่งให้ค่าความถูกต้องของผลลัพธ์เชิงตำแหน่งได้ดีที่สุด

การประมวลผลภาพถ่าย

ขั้นตอนการประมวลผลภาพถ่าย มีรายละเอียดดังนี้

(๑) ขั้นตอนการสร้างจุดโยงยึดแบบอัตโนมัติ เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ โดยในขั้นตอนนี้ประกอบด้วยกระบวนการประมวลผลด้วยวิธีของซิฟที, เอสไอเอฟที (Scale Invariant Feature Transform, SIFT) ทั้งหมด ๓ ส่วน ได้แก่

(๑.๑) กำหนดเลือกระดับขนาดภาพ แนะนำให้เลือกตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด

(๑.๒) การสกัดจุดภาพที่เป็นจุดสำคัญ เป็นกระบวนการค้นหาจุดภาพที่มีตัวบ่งชี้เฉพาะตัว ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการจับคู่ภาพในขั้นตอนต่อไป การกำหนดให้การประมวลผลการสกัดจุดภาพที่เป็นจุดสำคัญจำนวนมากจะทำให้การจับคู่ภาพถ่ายมีความแม่นยำ แต่จะเพิ่มระยะเวลาในการประมวลผลมากขึ้นตาม ทั้งนี้การกำหนดจำนวนจุดสำคัญสูงสุดของภาพแต่ละภาพ แนะนำให้ใช้ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อให้โปรแกรมการประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับสกัดจุดภาพที่เป็นจุดสำคัญได้เพียงพอต่อการนำไปจับคู่จุดภาพเพื่อใช้เป็นจุดโยงยึดต่อไป

(๑.๓) การจับคู่ภาพที่เป็นจุดสำคัญ ซึ่งได้จากขั้นตอนการสกัดจุดภาพ โดยจุดสำคัญที่จับคู่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นจุดโยงยึดหรือจุดผ่านเพื่อใช้สำหรับการประมวลผลปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศด้วยวิธี Bundle Adjustment ด้วยขั้นตอนวิธีเอสเอฟเอ็ม (Structure From Motion, SFM) ทั้งนี้คุณภาพของจุดโยงยึดจึงมีความสำคัญที่ต้องตรวจสอบให้อยู่ในหลักเกณฑ์ที่กำหนด

กรณีที่จุดโยงยึดคุณภาพต่ำจะทำให้การประมวลผลการจับคู่ภาพที่เป็นจุดสำคัญได้คุณภาพไม่ดีอาจมีสาเหตุมาจาก

- (ก) จำนวนจุดสำคัญที่สกัดได้มีจำนวนน้อยเกินไป
- (ข) ภาพถ่ายแต่ละภาพมีความคล้ายคลึงกันมากเกินไป
- (ค) ปริมาณส่วนซ้อนของภาพน้อยเกินไป

(๒) ขั้นตอนการประมวลผลเอสเอฟเอ็ม (Structure From Motion, SFM) เป็นขั้นตอนการประมวลผลที่ใช้หาค่าการจัดภาพภายใน ค่าการจัดภาพภายนอก และพิกัดสามมิติของจุดภาพ จุดสำคัญ ด้วยการประมวลผลสามเหลี่ยมทางอากาศใช้หลักการของสมการสภาวะร่วมเส้น โดยจะมีการปรับแก้บล็อกลำแสงไปพร้อมกับการวัดสอบกล้องในตัว (Self-Calibration) ประกอบด้วย ๒ ขั้นตอน คือ

(๒.๑) ขั้นตอนการปรับแก้โครงข่ายลำแสงอิสระ (Free-Network Bundle Adjustment) เป็นขั้นตอนการคำนวณปรับแก้สามเหลี่ยมทางอากาศตั้งต้นโดยไม่ใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะคำนวณปรับแก้และจัดภาพแบบสัมพันธ์ พร้อมกับคำนวณค่าพิกัดจุดโยงยึดที่เป็นสามมิติ ซึ่งโดยทั่วไปที่ใช้ในการประมวลผล เรียกว่า พอยท์คลาวด์ชนิดเบาบาง (Sparse Point Cloud) และจะมีความถูกต้องเชิงตำแหน่งตามความถูกต้องแบบสัมบูรณ์ของระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ

(๒.๒) ขั้นตอนวิธีการปรับแก้บล็อกลำแสง เป็นขั้นตอนการโยงยึดบล็อกสามเหลี่ยมทางอากาศที่คำนวณได้จากขั้นตอน (๒.๑) เข้ากับจุดควบคุมภาคพื้นดิน พร้อมนำเข้าข้อมูลพิกัดควบคุมภาคพื้นดิน เพื่อทำการประมวลผลวิธีการปรับแก้บล็อกลำแสงร่วมกับจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยใช้เกณฑ์การตรวจสอบผลการประมวลผลตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด

(๓) ขั้นตอนการสร้างพอยท์คลาวด์ชนิดหนาแน่น คือ การสร้างจุดพิกัดพื้นดินเชิงพื้นผิวขึ้นเป็นแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขโดยใช้ขั้นตอนวิธีมัลติวิวสเตอริโอ (เอ็มวีเอส) (Multi-View Stereo, MVS) ตามความหนาแน่นที่ต้องการ เพื่อเป็นแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขในการสร้างภาพออร์โท สามารถกำหนดความหนาแน่นในการสร้างพอยท์คลาวด์เป็นชนิดหนาแน่นตามความเหมาะสมในการใช้งาน พอยท์คลาวด์ชนิดหนาแน่นที่ได้อาจไม่มีลักษณะพุ่งกระจายออกจากลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งทำให้การสร้างแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขเพื่อผลิตภาพออร์โทคลาดเคลื่อนรวมทั้งการนำข้อมูลจุดพิกัดพื้นดินเชิงพื้นผิวไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน

(๔) ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลข ที่ได้จาก Mesh จะถูกจัดเก็บในรูปแบบราสเตอร์ซึ่งมีค่าความสูงระบุไว้ในแต่ละจุดภาพจากการคำนวณประมาณค่าจากพอยท์คลาวด์ชนิดหนาแน่น สามารถกำหนดความละเอียดจุดภาพของราสเตอร์ที่จะแสดงผลแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขได้ โดยการกำหนดความละเอียด แนะนำให้ใช้ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขนี้จะถูกนำไปใช้ในการสร้างภาพออร์โทต่อไป

(๕) ขั้นตอนการสร้างภาพออร์โท โดยใช้แบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขในการสร้างจะต้องกำหนดความละเอียดของภาพออร์โทที่ต้องการใช้งาน โดยการกำหนดความละเอียดจุดภาพของภาพออร์โท แนะนำให้ใช้ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด

การประมวลผลภาพถ่ายไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

แนวทางในการแก้ไขเมื่อการประมวลผลภาพถ่ายไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตข้อมูลเชิงตำแหน่งให้มีความถูกต้องตามมาตรฐาน ได้แก่ การจับคู่ภาพเพื่อสร้างจุดโยงยึด (Tie Point) และการโยงยึดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยแนวทางการแก้ไขเมื่อประมวลผลไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจะแสดงในตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ แนวทางการแก้ไขเมื่อประมวลผลไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

ลำดับ	ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด	แนวทางแก้ไข
๑	ค่าเฉลี่ยระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD)	วางแผนการบินถ่ายภาพใหม่
๒	ขนาดพื้นที่การประมวลผล	บินถ่ายภาพในบริเวณที่ขาด
๓	จำนวนจุดสำคัญ (Keypoint) ในภาพ	เพิ่มจำนวนภาพหรือเพิ่มปริมาณส่วนซ้อนของภาพ
๔	ภาพถ่ายที่สามารถวัดสอบได้	เพิ่มจำนวนภาพหรือเพิ่มภาพที่บินถ่ายภาพสูงขึ้น
๕	จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดิน	เพิ่มจำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินให้เท่ากับจำนวนที่วางแผน
๖	ค่าความคลาดเคลื่อนจากการฉายกลับ (Reprojection Error)	ไม่นำจุดดังกล่าวมารั้งวัดโยงยึดค่าพิกัด

การตรวจสอบคุณภาพผลลัพธ์

(๑) การตรวจสอบคุณภาพผลลัพธ์ มีรายละเอียดดังนี้

(๑.๑) กรณีพื้นที่โครงการขนาดเล็ก จะต้องทำการตรวจสอบด้วยจุดตรวจสอบ แนะนำให้สร้างจุดตรวจสอบบริเวณเดียวกับจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยมีระยะห่างไม่น้อยกว่า ๒๐ เมตร

(๑.๒) กรณีที่พื้นที่โครงการมีขนาดใหญ่และไม่สามารถปฏิบัติได้ตามระเบียบนี้ จะต้องทำการตรวจสอบคุณภาพด้วยจุดตรวจสอบตามมาตรฐาน NSSDA โดยจุดตรวจสอบต้องมีความถูกต้องเชิงตำแหน่งเท่ากับจุดควบคุมภาคพื้นดินตามมาตรฐาน ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data และไม่นำจุดตรวจสอบไปใช้ในการประมวลผลร่วมกับจุดควบคุมภาคพื้นดิน

(๒) การตรวจสอบจากคุณภาพของผลลัพธ์โดยตรง มีรายละเอียดดังนี้

นอกจากการตรวจสอบข้อมูลเชิงตำแหน่ง ผลลัพธ์ที่สามารถตรวจสอบด้วยสายตา คือ การตรวจสอบภาพออร์โธ โดยตรวจสอบได้จากหัวข้อต่อไปนี้

(๒.๑) คุณภาพพอยท์คลาวด์

พอยท์คลาวด์ที่มีคุณภาพจะต้องมีรายละเอียดที่ชัดเจน สามารถวัดระยะได้แม่นยำ โดยพอยท์คลาวด์ต้องเกาะกลุ่มไปตามลักษณะของพื้นที่ และหากพื้นที่ที่มีความคลาดเคลื่อนจะต้องเพิ่มจุดโยงยึดในบริเวณดังกล่าว และนำไปประมวลผลภาพถ่ายใหม่

/(๒.๒) คุณภาพ...

(๒.๒) คุณภาพของภาพออร์โท

ภาพออร์โทจะต้องมีสีที่ถูกต้องและมีความคมชัดต่อเนื่องของภาพเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน หรือนำไปผลิตแผนที่ภาพถ่าย โดยการตรวจสอบคุณภาพของภาพออร์โท สามารถตรวจสอบได้จากตารางที่ ๑ ภาคผนวก ฉ.

ภาคผนวก ณ.

มาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

(๑) ระเบียบกรมที่ดิน ว่าด้วยการรังวัดทำแผนที่โดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network)

(๒) ASPRS (๒๐๑๔), ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, November ๒๐๑๔

(๓) สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (.....), มาตรฐานการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คน เพื่องานวิศวกรรม