ระเบียบกรมที่ดิน

ว่าด้วยการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV)

พ.ศ. ๒๕๖๔

เพื่อให้แนวทางการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) มีความเหมาะสม ถูกต้องเป็นไปตามหลักวิชาการ และสนับสนุนให้ภารกิจด้านการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศของกรมที่ดิน เกิดประสิทธิภาพและประโยชน์สูงสุด จึงสมควรกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการเพื่อให้การทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) เป็นไปโดยถูกต้องและเป็นมาตรฐานเดียวกัน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ แห่งพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน (ฉบับที่ ๕) พ.ศ. ๒๕๔๕ ประกอบด้วยข้อ ๒ (๑) (๔) และข้อ ๑๔ (๑) (๒) (๓) แห่งกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมที่ดิน กระทรวงมหาดไทย พ.ศ. ๒๕๕๗ ออกตามความในพระราชบัญญัติระเบียบบริหารราชการแผ่นดิน พ.ศ. ๒๕๓๔ อธิบดีกรมที่ดิน จึงวางระเบียบไว้ ดังต่อไปนี้

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

ข้อ ๒ ระเบียบนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

ข้อ ๓ ในระเบียบนี้

“การสำรวจด้วยภาพถ่าย” (Photogrammetry) หมายถึง ศาสตร์และเทคโนโลยีหนึ่งสำหรับการสำรวจรังวัดเพื่อทำแผนที่และผลิตเป็นข้อมูลสารสนเทศ การรังวัดด้วยภาพจะใช้ภาพเป็นสื่อกลางในการรังวัด ภาพที่ใช้เป็นสื่อกลางในการบันทึกสิ่งปกคลุมและสิ่งที่ปรากฏทางกายภาพบนผิวภูมิประเทศ สิ่งที่ปกคลุมและปรากฏบนภูมิประเทศเป็นไปตามลักษณะของการใช้ที่ดินอาณาบริเวณอาคารสถานที่หรือวัตถุที่สนใจ ภาพของสิ่งเหล่านั้นจะไปปรากฏในลักษณะจำลองแบบตามหลักการฉายของแสงด้วยวิธีทางกลไก เชิงทัศน์ หรือเชิงคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถจำลองสถานการณ์เหมือนขณะที่บันทึกภาพได้

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

“การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ” (UAV Photogrammetry) หมายถึง การสำรวจด้วยภาพถ่ายที่ใช้ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพที่ติดตั้งบนอากาศยานไร้คนขับ

“แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ” หมายถึง แผนที่เป็นภาพถ่ายซึ่งแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของพื้นที่ที่เป็นปัจจุบันขณะทำการบินถ่ายภาพทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับตามหลักวิชาการว่าด้วยการสำรวจด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) เพื่อกำหนดค่าพิกัดตำแหน่งบนภาพถ่ายดังกล่าวสัมพันธ์กับตำแหน่งบนพื้นผิวโลก

“จุดภาพ” (Pixel) หมายถึง หน่วยพื้นฐานของภาพที่แสดงผลรวมกันเป็นภาพ

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

“ส่วนซ้อน” (Overlap) หมายถึง ส่วนทับซ้อนของภาพที่อยู่ประชิดกันในแต่ละแนวบิน ซึ่งจะครอบคลุมพื้นที่เดียวกันบางส่วนเพื่อใช้เป็นคู่ภาพสามมิติ

“ส่วนเกย” (Side Lap) หมายถึง ส่วนทับซ้อนของภาพที่เกิดจากการเหลื่อมกันของภาพจากแนวบินที่ประชิดกัน

“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

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

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

“จุดโยงยึด” (Tie Point) หมายถึง จุดภาพที่ปรากฏบนภาพข้างเคียงกันที่อยู่ต่างแนวบินที่มีส่วนซ้อนกันใช้สำหรับยึดโยงภาพถ่ายในขั้นตอนการปรับแก้ข่ายบล็อกลำแสง

“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

“ทรูออร์โทโฟโต” (True Orthophoto) หมายถึง ภาพออร์โทที่ทำจากแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลข แสดงให้เห็นมุมมองแนวตั้งของพื้นผิวโลก สามารถตัดเรื่องความเอียงของวัตถุออกไปได้และมองเห็นเกือบทุกสิ่งบนพื้นผิวโลก

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

ข้อ ๔ ภาคผนวกซึ่งกำหนดไว้ท้ายระเบียบให้ถือว่าเป็นส่วนประกอบที่ใช้ในระเบียบ

ข้อ ๕ ให้ผู้อำนวยการศูนย์ข้อมูลแผนที่รูปแปลงที่ดินรักษาการตามระเบียบนี้

หมวด ๑
งานภาคสนาม ส่วนการบินถ่ายภาพ

ข้อ ๖ การสร้างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ ให้ใช้มาตราส่วน ๑ : ๕๐๐ และการบินถ่ายภาพให้ดำเนินการ ดังนี้

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

(๒) ส่วนซ้อน (Overlap) มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ ๘๐

(๓) ส่วนเกย (Side Lap) มีค่าไม่น้อยกว่าร้อยละ ๗๐

(๔) รูปแบบการบิน ให้บินถ่ายภาพเป็นบล็อกสี่เหลี่ยมมุมฉาก

ข้อ ๗ ให้จัดทำรายการบันทึกเพื่อควบคุมคุณภาพการปฏิบัติงานภาคสนาม ส่วนการบินถ่ายภาพตามแบบฟอร์มที่กำหนดในภาคผนวก ก.

หมวด ๒
งานภาคสนาม ส่วนการสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ

ข้อ ๘ อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการปฏิบัติงาน มีคุณสมบัติตามที่กำหนด ดังนี้

(๑) ขนาดเซนเซอร์ของกล้องถ่ายภาพมีขนาดตั้งแต่ ๑ นิ้วขึ้นไป

(๒) จำนวนจุดภาพมีจำนวนตั้งแต่ ๑๖ เมกะพิกเซล (MP)

(๓) ประเภทชัตเตอร์เป็นแบบแมคคานิคชัตเตอร์ หรือโกลบอลชัตเตอร์

(๔) ประเภทของเลนส์เป็นแบบเลนส์ไพร์ม (Prime Lens)

(๕) การรังวัดพิกัดตำแหน่งถ่ายภาพเป็นแบบจลน์ (แบบ PPK หรือแบบ RTK)

ให้สร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินอย่างน้อย ๓ จุด ต่อการประมวลผลภาพถ่าย ๑ เที่ยวบิน และต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยมีระยะห่างระหว่างจุดไม่เกิน ๒ กิโลเมตร

กรณีใช้อากาศยานไร้คนขับมีคุณสมบัติไม่เป็นไปตามข้อ ๘ (๑) ถึง (๕) ให้สร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินอย่างน้อย ๕ จุดต่อการประมวลผลภาพถ่าย ๑ เที่ยวบิน และต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยมีระยะห่างระหว่างจุดไม่เกิน ๕๐๐ เมตร

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

ข้อ ๑๐ วิธีการรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ ให้ปฏิบัติโดยอ้างอิงระเบียบกรมที่ดินว่าด้วยการรังวัดทำแผนที่โดยวิธีแผนที่ชั้นหนึ่งด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) ดังนี้

(๑) ก่อนทำการรังวัดให้ตรวจสอบเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมสำหรับสถานีจร โดยรับสัญญาณที่หมุดตรวจสอบ RTK Network ด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมประกอบขาตั้งแบบสามขา (Tripod) ตั้งให้ตรงศูนย์กลางหมุดดาวเทียม และต้องมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งในทางราบ ±๔ เซนติเมตร

(๒) รังวัดด้วยระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ โดยมีเงื่อนไขในการรังวัด ดังนี้

(ก) ใช้วิธีการรังวัดตามรูปแบบหมุดดาวเทียม RTK Network

(ข) ค่าพีดอป (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 ให้ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมประกอบขากล้อง ตั้งให้ตรงจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ ก่อนการรับสัญญาณดาวเทียมทุกครั้ง ให้ปิดเครื่องแล้วเปิดเครื่องใหม่เพื่อให้เครื่องรับสัญญาณมีสภาพเริ่มต้นการทำงานใหม่ โดยค่าความต่างของค่าพิกัดต้องอยู่ในเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ ±๔ เซนติเมตร และให้ใช้ค่าเฉลี่ย

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

ข้อ ๑๑ ให้จัดทำรายการบันทึกเพื่อควบคุมคุณภาพการปฏิบัติงานภาคสนาม ส่วนการสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ พร้อมจัดทำแบบหมายแสดงตำแหน่งจุด ตามแบบฟอร์มที่กำหนดในภาคผนวก ข

หมวด 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.

หมวด ๔
เกณฑ์ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของแผนที่ภาพถ่าย

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

ข้อ ๑๕ กำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางดิ่ง (RMSEz) ของจุดตรวจสอบ มีค่าไม่เกิน ๒๐ เซนติเมตร

หมวด 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 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในระเบียบให้ผู้รักษาการตามระเบียบนี้ พิจารณาสั่งการให้ตรวจสอบ แก้ไข หรืออนุมัติใช้ในราชการได้ แล้วแต่กรณี

ประกาศ ณ วันที่ ๒ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๖๔
นิสิต 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	*ซม.*	
๔	ความถูกต้องทางดิ่งของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ต้องการ	๒๐	*ซม.*	
๕	ขนาดของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD)	๕.๗	*ซม.*	
๖	ปริมาณส่วนซ้อน (Overlap)	๘๕	*%*	
๗	ปริมาณส่วนเกย (Side Lap)	๗๐	*%*	
๘	รูปแบบการบิน	*ทั่วไป*		*๓ บล็อก*
๙	ประเภทของอากาศยานไร้คนขับ	*ปีกตรึงขึ้นลงแนวดิ่ง*		*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	*สีเหลี่ยม*		*สีเทา-แดงตัดกัน เป็นตารางหมากรุก*
๓	ขนาดของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ก x ย)	*๐.๕*๐.๕*	*ม.*	
๔	เครื่องมือรังวัดพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน	*GNSS*		*CHCNAV รุ่น i๘๐*
๕	วิธีการรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน	*RTK GNSS Network*		
๖	ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ ของจุดควบคุมภาคพื้นดิน	๓.๒	*ซม.*	
๗	ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางดิ่ง ของจุดควบคุมภาคพื้นดิน	๔.๐	*ซม.*	
๘	พื้นหลักฐานอ้างอิง (Datum)	*WGS๘๔*		
๙	แบบจำลองยีออยด์ (Geoid Model)	*EGM๙๖*		

ตัวอย่างแบบฟอร์มรายการบันทึกการสร้างจุดตรวจสอบ

รายการบันทึกการสร้างจุดตรวจสอบ				
ลำดับ	เกณฑ์การพิจารณา	รายงานผล	หน่วย	หมายเหตุ
๑	จำนวนจุดตรวจสอบ	๙	จุด	
๒	รูปร่างของจุดตรวจสอบ	*สีเหลี่ยม*		*สีน้ำเงิน-แดงตัดกัน เป็นตารางหมากรุก*
๓	ขนาดของจุดตรวจสอบ(ก x ย)	*๐.๕*๐.๕*	*ม.*	
๔	เครื่องมือรังวัดพิกัดจุดตรวจสอบ	*GNSS*		*CHCNAV รุ่น i๘๐*
๕	วิธีการรังวัดจุดตรวจสอบ	*RTK GNSS Network*		
๖	ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ ของจุดตรวจสอบ	๓.๐	*ซม.*	
๗	ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางดิ่ง ของจุดตรวจสอบ	๔.๐	*ซม.*	
๘	พื้นหลักฐานอ้างอิง (Datum)	*WGS๘๔*		
๙	แบบจำลองยีออยด์ (Geoid Model)	*EGM๙๖*		

/ตัวอย่าง...

ตัวอย่างแบบหมายแสดงตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ

โครงการ : *การจัดทำแผนที่ภาพถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับ บริเวณที่สาธารณประโยชน์ แปลง "ทุ่งยาว" อำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล*

ตามหนังสือกรมที่ดิน ที่ *มท.๐๕๒๕.๔/๓๗๓๓* **ลงวันที่** *๒๙ ตุลาคม ๒๕๖๒*

ชื่อจุด : ☑ **จุดควบคุมภาคพื้นดิน** *GCP01* ☐ **จุดตรวจสอบ** ..... **พื้นหลักฐานอ้างอิง :** *WGS84 Zone 47N* **แบบจำลองยีออยด์ :** *EGM96*	**ตะวันออก (Easting) :** *772669.125 (ม.)* **เหนือ (Northing) :** *584128.210 (ม.)* **ระดับ (MSL.) :** *8.885 (ม.)*

ภาพที่ตั้งโดยประมาณจากแผนที่ฐาน

ภาพที่ตั้งบนภาพขยายจากแผนที่ฐาน

ภาพตำแหน่งจุดในสนาม

ภาพขยายจุดบนภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

รายละเอียดตำแหน่งจุด : *จุด GCP01 อยู่ทางทิศตะวันออกของทางหลวงแผ่นดินหมายเลข ๔๑๖ ใกล้กับถนนคอนกรีต และอยู่ทางทิศตะวันตกของสนามกีฬากลางอำเภอทุ่งหว้า*

ปัญหาอุปสรรค : *ช่วงเวลา ๑๑.๐๐ - ๑๒.๐๐ น. เกิดปัญหาในการเชื่อมต่อเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมกับระบบโครงข่ายการรังวัดด้วยดาวเทียมแบบจลน์ (RTK GNSS Network) จึงกลับไปรับสัญญาณจุด GCP01 อีกครั้งเมื่อเวลา ๑๔.๐๐ น.*

ภาคผนวก ค.

รายการบันทึกผลการปฏิบัติงาน ส่วนการประมวลผลภาพถ่าย

ตัวอย่างแบบฟอร์มรายการตรวจสอบการประมวลผลภาพถ่าย

รายการตรวจสอบการประมวลผลภาพถ่าย				
ลำดับ	เกณฑ์การพิจารณา	ผลการตรวจสอบ		หมายเหตุ
		ผ่าน	ไม่ผ่าน	
๑	กำหนดขนาดภาพ เท่ากับ *ต้นฉบับ (Full Image Scale)* *หมายเหตุ : ขนาดภาพเท่ากับต้นฉบับ (Full Image Scale) หรือ ๑:๑*	/		
๒	จุดสำคัญ (Keypoint) สูงสุดของภาพแต่ละภาพ เท่ากับ ๕๖,๗๐๘ จุดต่อภาพ *หมายเหตุ : มีจำนวนไม่น้อยกว่า ๔๐,๐๐๐ จุดต่อภาพ*	/		
๓	คุณภาพของจุดโยงยึด (Tie Point) แบบอัตโนมัติ (๑) จำนวนเท่ากับ ๒๔,๕๙๔ จุดต่อภาพ (๒) กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ *หมายเหตุ : มีจำนวนไม่น้อยกว่า ๑๐,๐๐๐ จุดต่อภาพ และกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ*	/ /		
๔	ความแม่นยำของการวัดจุดภาพของจุดควบคุมภาคพื้นดิน เท่ากับ ๐.๓ เซนติเมตร *หมายเหตุ : ความคลาดเคลื่อนของการวัดไม่เกิน ๒ จุดภาพบนภาพถ่าย*	/		
๕	ค่าความคลาดเคลื่อนจากการฉายกลับ (Reprojection Error) เท่ากับ ๐.๑๓๓ เซนติเมตร *หมายเหตุ : มีค่าไม่เกิน ๐.๓ เท่าของขนาดจุดภาพ*	/		
๖	ความละเอียดของแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลข เท่ากับ ๕.๖๗ เซนติเมตร/จุดภาพ *หมายเหตุ : ไม่น้อยกว่า ๑ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน*	/		
๗	ความละเอียดจุดภาพของภาพออร์โท เท่ากับ ๕.๖๗ เซนติเมตร/จุดภาพ *หมายเหตุ : ไม่น้อยกว่า ๑ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน*	/		
๘	ขนาดพื้นที่โครงการหลังการประมวลผลภาพถ่าย เท่ากับ ๖.๑๒ ตารางกิโลเมตร *หมายเหตุ : ขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่าพื้นที่วางแผนบิน*	/		
๙	ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (GSD) เท่ากับ ๕.๖๗ 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 เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (GSD)*	/		
๑๑	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางดิ่ง ($RMSE_z$) 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 ลงชื่อ..... (.....) ผู้รายงาน	.....เมื่อพิจารณาแล้ว พบว่าตำแหน่งที่จะสร้างจุดควบคุมภาพถ่าย GCP10 ไม่สามารถปฏิบัติได้ตามแผนงาน เห็นควรให้เปลี่ยนตำแหน่งการสร้างจุดดังกล่าว เพื่อให้มีความสะดวกในการปฏิบัติงาน ทั้งนี้ให้คำนึงถึงความเหมาะสมของตำแหน่ง และยังคงมีการกระจายตัวสม่ำเสมอในบล็อกการบิน..... ลงชื่อ..... (.....) ผู้อนุญาต

ภาคผนวก จ.

นิยามศัพท์เทคนิค

๑. หมวดการบินถ่ายภาพ

ก. ส่วนอากาศยานไร้คนขับ

(๑) "อากาศยานไร้คนขับประเภทปีกตรึง (Fixed–Wing UAV)" หมายถึง อากาศยานไร้คนขับที่มีลักษณะภายนอกการทำงานคล้ายคลึงกับเครื่องบิน จึงจำเป็นที่จะต้องมีพื้นที่สำหรับการใช้ขึ้นและลงของลำ ซึ่งอากาศยานไร้คนขับสามารถบินได้นาน และบรรทุกอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากได้

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

(๓) "อากาศยานไร้คนขับประเภทปีกหมุนเดี่ยว (Singie-Rotor Helicopter UAV)" หมายถึง อากาศยานไร้คนขับที่มีรูปร่างและโครงสร้างคล้ายเฮลิคอปเตอร์ไม่เหมือนอากาศยานไร้คนขับประเภทหลายปีกหมุน มีใบพัดขนาดใหญ่เพียงใบเดียวที่ใช้ในการเคลื่อนที่และมีใบพัดขนาดเล็กอยู่บนหางของอากาศยานเพื่อควบคุมทิศทางในการบิน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพมากกว่าอากาศยานไร้คนขับประเภทหลายปีกหมุนบางรุ่น

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

(๕) "โครงเครื่องบิน (Airframe)" หมายถึง โครงสร้างของเครื่องอากาศยานไร้คนขับซึ่งอาจมีรูปร่างที่แตกต่างกันตามลักษณะการออกแบบ รวมถึงในส่วนของวัสดุที่ใช้ก็มีลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น พลาสติกผสม คาร์บอนไฟเบอร์ผสม หรือโฟม เป็นต้น

(๖) "ปีกแก้เอียงของเครื่องบิน (Aileron)" หมายถึง พื้นผิวที่ติดตั้งอยู่บริเวณขายปีกหลังส่วนปลายปีกที่เคลื่อนไหวได้เพื่อใช้สำหรับควบคุมการเอียงตัวของลำ (Roll) หรือการหมุนรอบแกนตามแนวลำอากาศยาน

(๗) "ปีกปรับระดับการบิน (Elevator)" หมายถึง พื้นผิวที่เคลื่อนไหวได้อยู่บริเวณขายหลังของแพนหาง ซึ่งมีหน้าที่ยกหรือลดระดับด้านหน้าลำ หรือการหมุนรอบแกนตามแนวปีกอากาศยาน

(๘) "ระบบควบคุมเครื่องบิน (Control System)" หมายถึง ระบบที่ควบคุมการทำงานของอากาศยานไร้คนขับ ได้แก่ การบังคับแบบใช้เครื่องควบคุมวิทยุจากภาคพื้น หรือการใช้คอมพิวเตอร์สั่งการอัตโนมัติ

(๙) "ระบบนำทางเฉื่อย (Inertial Navigation System, INS)" หมายถึง ระบบนำทางสำหรับหลายระบบโดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์อ้างอิงภายนอก

/(๑๐) "หน่วยวัด...

(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) “แนวบิน (Flight Strip)” หมายถึง แนวบินที่กำหนดขึ้นจากการวางแผนการบิน

(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) “ความเร็ว...

(๓) “ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed)” หมายถึง ความเร็วของชุดชัตเตอร์เปิด-ปิด เพื่อกั้นแสงที่จะเดินทางต่อไปยังเซนเซอร์รับภาพ

(๔) “ค่าความไวแสง (ISO)” หมายถึง ความสามารถในการรับปริมาณแสงที่ได้รับของเซนเซอร์รับภาพ

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

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

(๗) “ผลกระทบจากกลไกเปิดปิดหน้ากล้องแบบกลิ้ง (Rolling Shutter Effect)” หมายถึง ปรากฏการณ์ภาพล้ม 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, $\omega - \emptyset - K$)

(๒) “การจัดภาพภายใน (Interior Orientation, IO)” หมายถึง การจัดวางข้อมูลภาพให้มีความสัมพันธ์ในทิศทางแนวบิน ประกอบด้วยค่าคงตัวของกล้องถ่ายภาพ ได้แก่ ค่าพิกัดของจุดมุขยสำคัญ 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 จุดมุขยสำคัญ และจุดภาพของสิ่งเดียวกัน เพื่อทำการหาค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า ได้แก่ พารามิเตอร์การจัดภาพภายนอกของภาพถ่าย และค่าพิกัดบนภูมิประเทศจริงของจุดโยงยึด โดยการปรับแก้โครงข่ายบล็อกลำแสงของภาพถ่ายจะทำการสร้างสมการร่วมเส้นขึ้นตามจำนวนของจุดควบคุมและจุดโยงยึดในแต่ละภาพ ซึ่งหากสามารถสร้างจำนวนสมการได้มากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า ก็จะสามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าได้ทั้งหมดโดยการปรับแก้ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Squares Adjustment)

(๖) “จุดมุขยสำคัญ (Principal Point, PP)” หมายถึง จุดในระนาบโฟกัสที่เกิดจากจุดขั้วหลังของเลนส์กล้องที่ตั้งฉากกับระนาบโฟกัส ตัดกับระนาบโฟกัส

/(๗) “การวัด...

(๗) "การวัดสอบกล้องถ่ายภาพ (Camera Calibration)" หมายถึง การวัดสอบทางเรขาคณิต เพื่อหาค่าคงตัวต่างๆ ของกล้อง ซึ่งค่าคงตัวดังกล่าวเรียกว่า องค์ประกอบของการจัดภาพภายใน (Elements of Interior Orientation) ได้แก่ ค่าพิกัดของจุดมุขยสำคัญ ความยาวโฟกัส และความเพี้ยนของเลนส์ทั้งตามแนวรัศมี และแนวตั้งฉากรัศมี

(๘) "การวัดสอบกล้องในตัว (Self-Calibration)" หมายถึง การวัดสอบกล้อง (Camera Calibration) ที่ได้จากการประมวลผลข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศใช้หลักการของสมการสภาวะร่วมเส้น (Collinearity Equation) คำนวณปรับแก้ด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Squares Adjustment)

(๙) "ขนาดภาพ (Image Size)" หมายถึง ขนาดของภาพถ่าย โดยขนาดภาพถ่ายต้นฉบับสามารถเขียนแทนด้วยอัตราส่วน ๑:๑

(๑๐) "ข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ (Aerial Triangulation, AT)" หมายถึง กระบวนการทำข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศโดยใช้ทฤษฎีวิธีการปรับแก้บล็อกลำแสง (Bundle Block Adjustment) ซึ่งจะต้องประกอบด้วยจุดโยงยึดและจุดผ่านในการหาค่าองค์ประกอบการจัดภาพภายนอก (Exterior Orientation) ของภาพทุกภาพในบล็อก

(๑๑) "ความคลาดเคลื่อนจากความต่างระดับ (Relief Displacement)" หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนที่เคลื่อนที่ไปของตำแหน่งจุดภาพบนภาพถ่ายอันเนื่องมาจากความสูงต่ำของวัตถุ

(๑๒) "ความเพี้ยนของเลนส์ (Lens Distortion)" หมายถึง ความเพี้ยนของเลนส์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการผลิตเลนส์ 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

$\delta x, \delta y$ = ค่าปรับแก้ความเพี้ยนของเลนส์ตามแนวรัศมี
$\bar{x}, \bar{y}$ = ค่าพิกัดเทียบกับจุดมุขยสำคัญ
k_1, k_2, k_3 = 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

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

p_1, p_2 = tangential lens distortion parameters

(๑๕) "คู่ภาพสามมิติ (Single-Pair Stereo)" หมายถึง การใช้ภาพ ๑ คู่ภาพสำหรับการวัดสเตอริโอ

(๑๖) "โครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอ (Triangulated Irregular Network)" หมายถึง ข้อมูลพื้นผิวที่มีโครงสร้างแบบเวกเตอร์ที่แสดงลักษณะของพื้นผิวโดยการใช้รูปสามเหลี่ยมหลายรูป ซึ่งมีด้านประชิดกัน และใช้จุดยอดร่วมกันเรียงต่อเนื่องกันไปโดยค่าระดับที่จัดเก็บอยู่ที่จุดยอดของสามเหลี่ยม จุดเหล่านี้จะกระจายตัวไม่สม่ำเสมอโดยพื้นที่ที่มีความแตกต่างของค่าระดับมากๆ จุดจะอยู่ใกล้กันแต่หากพื้นที่ที่มีค่าระดับไม่แตกต่างกันนักจุดจะอยู่ห่างกัน

(๑๗) "จุดดัชนี (Fiducial Mark)" หมายถึง เครื่องหมายดัชนีของกล้องโดยทั่วๆ ไป มีจำนวนจุด ๔ จุด หรือ ๘ จุด โดยอาจจะอยู่ที่กึ่งกลางของกรอบระนาบโฟกัสแต่ละด้านหรือที่มุมของภาพ และเมื่อโยงเส้นตรงจากจุดดัชนีที่อยู่ตรงข้ามควรจะตัดกันที่จุดมุขยสำคัญของภาพถ่าย แต่สำหรับกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลจะไม่มีความจำเป็นที่จะต้องมีจุดดัชนี เนื่องจากภายในกล้องถ่ายภาพแบบดิจิทัลมีเซนเซอร์ (sensor) ที่สามารถสร้างระบบพิกัดได้อย่างเสถียร

(๑๘) "จุดผ่าน (Pass Points)" หมายถึง จุดภาพที่ปรากฏบนภาพข้างเคียงกันที่อยู่ตามแนวบินเดียวกันมีส่วนซ้อนกันใช้สำหรับยึดโยงภาพถ่ายในขั้นตอนการปรับแก้ข่ายบล็อกลำแสง

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

(๒๐) "ดิจิไทซ์ (Digitize)" หมายถึง การนำเข้าข้อมูลดิจิทัล หรือการคัดลอกลายให้อยู่ในรูปข้อมูลเวกเตอร์

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

(๒๒) "แบบจำลองสามมิติ (Stereomodel)" หมายถึง แบบจำลองที่รับรู้สภาพสามมิติอย่างต่อเนื่องไปทั่วทั้งบริเวณ การรับรู้นี้เกิดจากการเปลี่ยนมุมเหลื่อมเมื่อมองไปยังจุดจำนวนอนันต์ที่ประกอบขึ้นเป็นพื้นที่นั้น

(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 ระบบหลักฐานที่ใช้อ้างอิงในการกำหนดค่าทางดิ่งและทางราบ แบ่งได้ ๒ ประเภท ได้แก่ พื้นหลักฐานทางราบ และพื้นหลักฐานทางดิ่ง

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

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

(๒๙) “ภาพถ่ายดิ่งทางอากาศ (Vertical Aerial Photograph)” หมายถึง ภาพที่ถ่ายโดยแกนของกล้องจะต้องอยู่ในแนวดิ่งมากที่สุด

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

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

(๓๒) “สภาวะร่วมเส้น (Collinearity Condition)” หมายถึง สภาพที่ตำแหน่งถ่ายภาพ จุดวัตถุใดๆ 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

ระดับความถูกต้องทางราบ	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่ง		
	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางแกน X และแกน Y (ซม.)	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ (ซม.)	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ ๙๕ (ซม.)
X-cm	≤ X	≤ ๑.๔๑๔*X	≤ ๒.๔๔๘*X

ตารางที่ ๒ ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่ง เมื่อ x คือ ระดับความถูกต้องทางดิ่ง

ระดับความถูกต้องทางดิ่ง	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่ง	
	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางดิ่ง (ซม.)	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ ๙๕ (ซม.)
X-cm	≤ X	≤ ๑.๙๖*X

ภาคผนวก ช.

ตารางแสดง
ตัวอย่างคุณภาพหรือความถูกต้องทางราบ สำหรับข้อมูลแผนที่แสดงทางราบแบบดิจิทัลความถูกต้องสูง

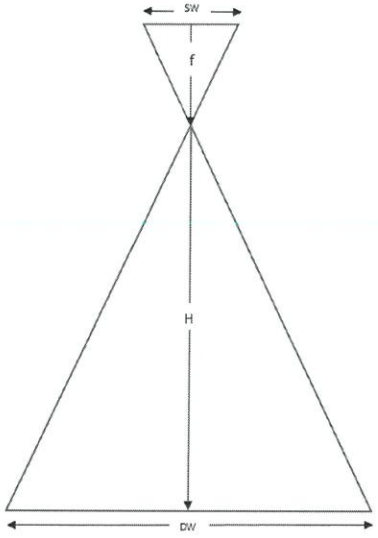
มาตรฐาน ASPRS ๒๐๑๔				เทียบเท่ามาตราส่วนแผนที่		เทียบเท่ามาตราส่วนแผนที่ตามมาตรฐาน NMAS
ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางแกน X และแกน Y ของระดับความถูกต้องทางราบ (ซม.)	ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ (ซม.)	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ ๙๕ (ซม.)	ค่าระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (GSD) ของภาพโดยประมาณ (ซม.)	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	๑๔๑.๔	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 ซ.
แนวทางการปฏิบัติ
การวางแผนการบิน

เพื่อควบคุมความแม่นยำและความถูกต้องเชิงตำแหน่งของผลลัพธ์ของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ ขั้นตอนการวางแผนการบินจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของการวางแผนการบินจะต้องสอดคล้องกับความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนการบิน ประกอบด้วย

(๑) ความสูงบิน

ความสูงบินของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ เป็นการกำหนดความละเอียดของภาพ และความถูกต้องของผลลัพธ์ โดยความสูงบินต่ำจะให้ความละเอียดภาพสูง ขณะที่ความสูงบินสูงจะให้ความละเอียดภาพต่ำ เพื่อให้สามารถผลิตข้อมูลและแผนที่มาตราส่วนตามความต้องการ นอกจากนี้การกำหนดความสูงบินจะต้องคำนึงถึงสภาพภูมิประเทศโดยรวม 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) ระยะ...

(๒) ระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance)

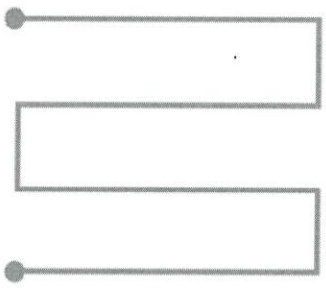
การเลือกใช้ค่าระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดินจะขึ้นกับความถูกต้องของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ต้องการ โดยพิจารณาจากความถูกต้องในงานวิศวกรรมด้านต่างๆ ซึ่งแบ่งตามประเภทกิจกรรมหรือการใช้งาน ตามแนวทางของ FGDC (Geospatial Positioning Accuracy Standards PART ๔ : Standards for Architecture, Engineering, Construction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

(๓) รูปแบบการบิน

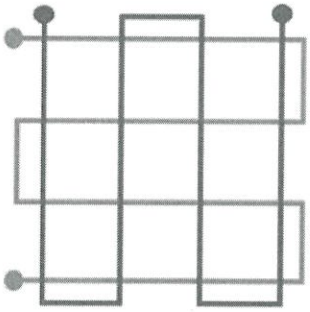
การวางแผนรูปร่างของบล็อกการบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับโดยทั่วไปจะกำหนดให้บินถ่ายในลักษณะบล็อกสี่เหลี่ยมมุมฉาก เพื่อให้โครงข่ายมีความแข็งแรงและลดจำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยสามารถเลือกรูปแบบการบินได้ดังนี้

(๓.๑) รูปแบบการบินแบบทั่วไป ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งาน

(๓.๒) รูปแบบการบินแบบกริด สำหรับความต้องการแบบจำลองสามมิติรายละเอียดดีขึ้น



รูปแบบการบินแบบทั่วไป



รูปแบบการบินแบบกริด

การถ่ายภาพ

ภาพถ่ายที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับจะต้องถ่ายภาพให้ได้ภาพที่มีคุณภาพที่ดีและมีความคมชัดที่สุด โดยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการถ่ายภาพ ดังนี้

(๑) สภาพอากาศ

กล้องถ่ายภาพในปัจจุบันมีความสามารถในการจัดการกับแสงและเงาได้ดีมากขึ้น แต่การบินในสภาพอากาศที่ไม่ดีจะทำให้คุณภาพของภาพถ่ายทางอากาศที่ได้ลดลง 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) สภาพอากาศ...

(๑.๓) สภาพอากาศเหนือพื้นดิน เป็นสิ่งที่ต้องรู้เกี่ยวกับสภาพพื้นที่โดยรวม เช่น โอกาสการเกิดหมอกควันที่มีผลต่อการถ่ายภาพ ให้หลีกเลี่ยงการบินขณะสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

(๒) ค่าพารามิเตอร์ของการถ่ายภาพ

ภาพถ่ายทางอากาศที่นำไปใช้ในการประมวลผลจะต้องมีคุณภาพที่ดี คุณสมบัติพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการถ่ายภาพให้มีความคมชัด และมีสีที่ถูกต้อง จะต้องตั้งค่าพารามิเตอร์การถ่ายภาพที่เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมของพื้นที่ ซึ่งในที่นี้ให้คำแนะนำสำหรับการตั้งค่าการถ่ายภาพเบื้องต้น ทั้งนี้จะต้องตั้งค่าที่เหมาะสมในกล้องแต่ละรุ่นด้วยตนเอง โดยทั่วไปการตั้งค่าการถ่ายภาพประกอบด้วย

(๒.๑) รูรับแสงมีผลต่อความชัดลึกของภาพ และปริมาณแสงที่ได้รับ ในกรณีสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับในพื้นที่ที่มีความแปรผันของความสูงมากจะต้องคำนึงถึงการตั้งค่าขนาดของรูรับแสงมากขึ้น

(๒.๒) ความเร็วชัตเตอร์มีผลต่อความคมชัดของภาพ หรือความพร่ามัวของภาพที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของวัตถุหรือกล้องถ่ายภาพ สำหรับการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับนั้นเป็นการถ่ายภาพวัตถุอยู่นิ่งและกล้องเคลื่อนที่ โดยความเร็วชัตเตอร์ที่เลือกใช้มีผลต่อการหยุดการเคลื่อนไหวของวัตถุ และปริมาณแสงที่ได้รับ โดยการตั้งค่าความเร็วชัตเตอร์จะต้องสัมพันธ์กับความเร็วการบินด้วย

(๒.๓) ค่าความไวแสง คือ การเพิ่มหรือลดค่าปริมาณแสงที่เข้าสู่กล้อง การเพิ่มค่าความไวแสงจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนกับภาพที่บันทึก ซึ่งมีผลกับการประมวลผลภาพถ่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของกล้องที่สามารถลดสัญญาณรบกวนได้เมื่อต้องตั้งค่าความไวแสงที่สูงขึ้น

(๒.๔) ค่าสมดุลแสงขาว คือ การปรับค่าอุณหภูมิสีของแสง และเฉดสีของภาพตามที่ต้องการ โดยอุณหภูมิสีของสีจะแตกต่างกันตามสถานที่และเวลาที่ถ่ายภาพ และต้องตั้งค่าสมดุลแสงขาวให้มีโทนสีใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด

(๒.๕) ขนาดของภาพหรือสัดส่วนของภาพด้านกว้างต่อด้านยาวนั้นจะต้องมีสัดส่วนสูงที่สุดที่กล้องให้ได้ ซึ่งกล้องบันทึกภาพในปัจจุบันสัดส่วนที่ใช้และมีจำนวนจุดภาพสูงที่สุดอยู่ที่ ๓:๒

คุณภาพของภาพถ่าย

ภาพถ่ายเป็นข้อมูลตั้งต้นของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ การตรวจวัดคุณภาพของภาพถ่ายก่อนนำไปประมวลผล เป็นขั้นตอนหนึ่งที่จะต้องให้ความสำคัญเมื่อบินถ่ายภาพเสร็จทุกครั้ง โดยมีหลักการตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

(๑) ความคมชัด

รายละเอียดต่างๆ ของภาพต้องมีความคมชัด โดย (ก) ภาพจะต้องโฟกัสได้ในระยะที่ต้องการ และความชัดลึกครอบคลุมความสูงที่ปรากฏในพื้นที่โครงการ (ข) ภาพจะต้องไม่พร่ามัวอันเนื่องมาจากความเร็วของอากาศยานไร้คนขับที่มากกว่าความเร็วชัตเตอร์ที่ใช้

/(๒) ความสว่าง...

(๒) ความสว่าง

ภาพที่ได้จากการถ่ายทุกครั้งต้องมีความสว่างสม่ำเสมอเท่ากันตลอดทั้งภาพ ทั้งนี้กล้องถ่ายภาพในปัจจุบันสามารถตั้งค่าความไวแสงได้อย่างเหมาะสมโดยง่าย โดยใช้การวัดแสงแบบเฉลี่ยทั้งพื้นที่เพื่อตั้งค่าการถ่ายภาพก่อนบินทุกครั้ง

(๓) ความชัดเจน

การถ่ายภาพในช่วงเวลาที่มีแสงน้อยจำเป็นต้องเพิ่มค่าความไวแสงเพื่อให้ภาพมีความสว่างอย่างเหมาะสม แต่การเพิ่มค่าความไวแสงย่อมทำให้เกิดสัญญาณรบกวน (Noise) บนภาพมากขึ้น ทำให้คุณภาพของผลลัพธ์อาจไม่เป็นไปตามต้องการ โดยกำหนดให้การถ่ายภาพทางอากาศจะต้องใช้ค่าความไวแสงไม่เกิน ๘๐๐

(๔) ความถูกต้องของสี

สีสันของภาพจะต้องใกล้เคียงกับสีจริงมากที่สุด ทั้งนี้หากขณะบินถ่ายภาพมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงอาจส่งผลกระทบต่อค่าสมดุลแสงขาวที่ตั้งไว้ก่อนทำการบิน จะต้องตรวจสอบความถูกต้องของสีของภาพทุกใบ หากพบใบที่มีสีผิดไปจากความเป็นจริงจะต้องทำการปรับสีให้สอดคล้องกับภาพอื่นก่อนนำไปประมวลผล

การสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ

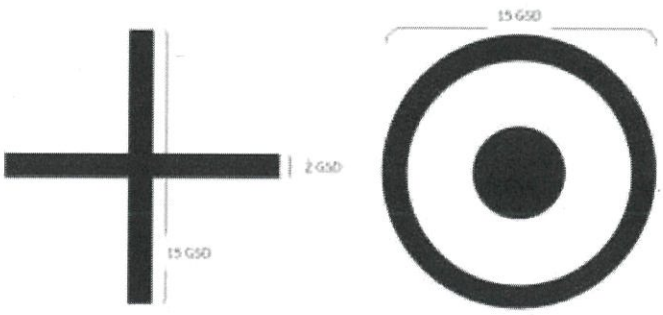
---

(๑) การสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ

จุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ ที่ดีจะต้องมองเห็นและสามารถรังวัดได้บนภาพถ่าย และสามารถหมายตำแหน่งจุดกึ่งกลางของจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบได้ จะเป็นจุดที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่หรือเป็นจุดที่สร้างขึ้นเอง ซึ่งในการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ นิยมใช้วิธีการสร้างเป็นเป้าขึ้นมา เพื่อให้สามารถวางในตำแหน่งที่เหมาะสมได้ โดยจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ ต้องมีสีตัดกับพื้นของภูมิประเทศโดยรอบ ซึ่งมีรูปแบบ เช่น

(๑.๑) รูปกากบาทหรือรูปวงกลม

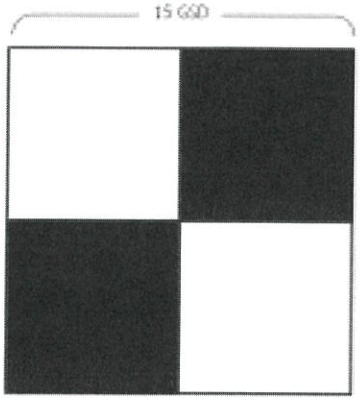
รูปร่างของกากบาทหรือวงกลมที่เหมาะสมสามารถมองเห็นได้ชัดนั้น จะต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า ๑๕ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD) (I. Tellidis and E. Levin. ๒๐๑๔) และมีความหนาของเส้นไม่น้อยกว่า ๒ เท่าของระยะระหว่างจุดศูนย์กลางจุดภาพบนพื้นดิน (Ground Sample Distance,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



/(๑.๒) รูปสี่เหลี่ยม...

(๑.๒) รูปสี่เหลี่ยม

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



(๒) การกำหนดตำแหน่งและการกระจายตัวของจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ

การกำหนดตำแหน่งของจุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ จะต้องมีการกระจายตัวสม่ำเสมอและครอบคลุมทั่วพื้นที่โครงการ อีกทั้งต้องมีจำนวนที่เพียงพอต่อความถูกต้องของผลลัพธ์ จุดควบคุมภาคพื้นดินหรือจุดตรวจสอบ ที่เหมาะสมจะต้องมี ๔ จุด ถึง ๘ จุด และการกำหนดตำแหน่งการวางจุด ควรให้มีการกระจายตัวแบบกริด ซึ่งให้ค่าความถูกต้องของผลลัพธ์เชิงตำแหน่งได้ดีที่สุด

การประมวลผลภาพถ่าย

ขั้นตอนการประมวลผลภาพถ่าย มีรายละเอียดดังนี้

(๑) ขั้นตอนการสร้างจุดโยงยึดแบบอัตโนมัติ เป็นขั้นตอนเริ่มต้นของการประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ โดยในขั้นตอนนี้ประกอบด้วยกระบวนการประมวลผลด้วยวิธีของซิฟท์, 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

/กรณี...

กรณีที่จุดโยงยึดคุณภาพต่ำจะทำให้การประมวลผลการจับคู่ภาพที่เป็นจุดสำคัญได้คุณภาพไม่ดีอาจมีสาเหตุมาจาก

(ก) จำนวนจุดสำคัญที่สกัดได้มีจำนวนน้อยเกินไป

(ข) ภาพถ่ายแต่ละภาพมีความคล้ายคลึงกันมากเกินไป

(ค) ปริมาณส่วนซ้อนของภาพน้อยเกินไป

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

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

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

(๓) ขั้นตอนการสร้างพอยท์คลาวด์ชนิดหนาแน่น คือ การสร้างจุดพิกัดพื้นดินเชิงพื้นผิวขึ้นเป็นแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขโดยใช้ขั้นตอนวิธีมัลติวิวสเตอริโอ (เอ็มวีเอส) (Multi-View Stereo, MVS) ตามความหนาแน่นที่ต้องการ เพื่อเป็นแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขในการสร้างภาพออร์โท สามารถกำหนดความหนาแน่นในการสร้างพอยท์คลาวด์เป็นชนิดหนาแน่นตามความเหมาะสมในการใช้งาน พอยท์คลาวด์ชนิดหนาแน่นที่ได้ต้องไม่มีลักษณะฟุ้งกระจายออกจากลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งทำให้การสร้างแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขเพื่อผลิตภาพออร์โทคลาดเคลื่อน รวมทั้งการนำข้อมูลจุดพิกัดพื้นดินเชิงพื้นผิวไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งาน

(๔) ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลข ที่ได้จาก Mesh จะถูกจัดเก็บในรูปแบบราสเตอร์ซึ่งมีค่าความสูงระบุไว้ในแต่ละจุดภาพจากการคำนวณประมาณค่าจากพอยท์คลาวด์ชนิดหนาแน่น สามารถกำหนดความละเอียดจุดภาพของราสเตอร์ที่จะแสดงผลแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขได้ โดยการกำหนดความละเอียด แนะนำให้ใช้ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งแบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขนี้จะถูกนำไปใช้ในการสร้างภาพออร์โทต่อไป

(๕) ขั้นตอนการสร้างภาพออร์โท โดยใช้แบบจำลองพื้นผิวภูมิประเทศเชิงเลขในการสร้างจะต้องกำหนดความละเอียดของภาพออร์โทที่ต้องการใช้งาน โดยการกำหนดความละเอียดจุดภาพของภาพออร์โท แนะนำให้ใช้ตามหลักเกณฑ์ที่กำหนด

/การประมวลผล...

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)	ไม่นำจุดดังกล่าวมารังวัดโยงยึดค่าพิกัด

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 การตรวจสอบภาพออร์โท โดยตรวจสอบได้จากหัวข้อต่อไปนี้

(๒.๑) คุณภาพพอยท์คลาวด์

พอยท์คลาวด์ที่มีคุณภาพจะต้องมีรายละเอียดที่ชัดเจน สามารถวัดระยะได้แม่นยำ โดยพอยท์คลาวด์ต้องเกาะกลุ่มไปตามลักษณะของพื้นที่ และหากพื้นที่มีความคลาดเคลื่อนจะต้องเพิ่มจุดโยงยึดในบริเวณดังกล่าว และนำไปประมวลภาพถ่ายใหม่

/(๒.๒) คุณภาพ...

(๒.๒) คุณภาพของภาพออร์โท

ภาพออร์โทจะต้องมีสีที่ถูกต้องและมีความคมชัดต่อเนื่องของภาพเพียงพอต่อการนำไปใช้งาน หรือนำไปผลิตแผนที่ภาพถ่าย โดยการตรวจสอบคุณภาพของภาพออร์โท สามารถตรวจสอบได้จากตารางที่ ๑ ภาคผนวก ฉ.

ภาคผนวก ฌ.

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