

มาตรฐาน

ข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS)

ชั้นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศออร์โธ

สารบัญ

หน้า

1. บทนำ (Introduction).....	12-1
2. ภาพรวม (Overview) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ	12-1
2.1 ข้อสนเทศเกี่ยวกับการจัดทำข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ข้อมูล	12-1
2.2 นิยามศัพท์	12-1
2.3 อักษรย่อ	12-2
2.4 บทคัดย่อ.....	12-2
3. ขอบเขตของข้อกำหนด (Specification scopes).....	12-3
4. การระบุจำแนกผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product identification).....	12-3
5. เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล (Data content and structure).....	12-4
5.1 ความหมายในภาพรวม.....	12-4
5.2 รายละเอียดเนื้อหาชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ	12-5
5.2.1 เนื้อหาข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศขาวดำ.....	12-5
5.2.2 เนื้อหาข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศสี.....	12-5
5.3 Feature Catalogue ของรายการข้อมูลในชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ.....	12-7
6. ระบบพิกัดอ้างอิง (Coordinate reference system).....	12-10
6.1 พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (Geodetic datum).....	12-10
6.2 รูปแบบระบบพิกัด.....	12-11
6.3 ความสูง	12-12
7. ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล (Data quality)	12-12
7.1 ความถูกต้องทางตำแหน่ง (Positional accuracy).....	12-12
7.2 คุณภาพความคมชัดของภาพในข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ.....	12-13
7.3 คุณภาพการต่อภาพ (Mosaicing quality).....	12-14
8. การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product delivery)	12-15
8.1 ข้อกำหนดระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ	12-15
8.2 พอร์เมตของผลิตภัณฑ์ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ	12-15
8.3 การส่งมอบแผ่นพิมพ์แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ	12-15
8.4 การส่งมอบงานการผลิต ประกอบด้วย	12-16
8.5 แผนที่ดัชนีภาพถ่ายทางอากาศ	12-16
9. ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata).....	12-16

สารบัญ

หน้า

10. การสำรวจนำเข้าข้อมูล (Data capture)	12-21
10.1 การบินถ่ายภาพ	12-22
10.2 ความละเอียดจุดภาพข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Orthophoto resolution).....	12-23
10.3 กำลังขยายของภาพถ่ายที่ใช้ในการผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Photo scale enlargement).....	12-23
10.4 การกราดภาพถ่ายทางอากาศ (Photo scanning).....	12-24
10.5 ความละเอียดจุดภาพของการกราดภาพ (Scanning resolution).....	12-24
10.6 การเลือกจุดบังคับถ่ายภาพ (Photo control point)	12-25
10.6.1 ประเภทของจุดบังคับถ่ายภาพ.....	12-25
10.6.2 การวางตำแหน่งจุดบังคับถ่ายภาพภาคพื้นดิน	12-25
10.6.3 การวางตำแหน่งจุดผ่านและจุดโยงยึดภาพถ่าย	12-26
10.7 การรังวัดพิกัดจุดบังคับถ่ายภาพภาคพื้นดิน.....	12-26
10.8 การควบคุมคุณภาพและความถูกต้องงานขยายจุดบังคับถ่ายภาพ	12-26
10.9 การทำแบบจำลองข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศ (DTM)	12-26
10.9.1 การควบคุมคุณภาพแบบจำลองข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศ (DTM).....	12-26
10.10 การตัดแก้ภาพถ่าย (Orthorectified).....	12-27
10.11 การต่อภาพ (Mosaicing).....	12-27
11. การบำรุงรักษาข้อมูล (Data maintenance).....	12-27
12. การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล (Portrayal)	12-27

1. บทนำ (Introduction)

มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิศาสตร์พื้นฐาน (FGDS) ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศฉบับนี้ เป็นหนึ่งในชุดมาตรฐานข้อกำหนดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย ซึ่งได้ถูกจัดทำขึ้นภายใต้โครงการศึกษาเพื่อจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานด้านโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ คุณภาพ ของชั้นข้อมูลภูมิศาสตร์พื้นฐาน (FGDS) ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยมีศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นที่ปรึกษาดำเนินงาน

โครงสร้างเนื้อหาของมาตรฐานฉบับนี้ ประกอบด้วยข้อกำหนดลักษณะเฉพาะ (characteristics) ด้านต่างๆ ของชั้นข้อมูล FGDS ตามกรอบหลักการของเอกสารข้อกำหนดข้อมูลที่กำหนดในมาตรฐานระหว่างประเทศ ISO19131 Geographic information – Data product specifications โดยได้มีการศึกษามาตรฐานแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในต่างประเทศ และวิธีการผลิตที่ได้ดำเนินการในประเทศไทยมาเป็นกรอบแนวในการพัฒนา มาตรฐาน ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในที่นี่จะหมายถึงแผนที่ภาพถ่ายราสเตอร์ (raster orthophoto) ที่ผ่านกระบวนการตัดแก้ (rectified) ผลกระทบเนื่องจากภาพถ่ายเอียง (tilted) และค่าคลาดเคลื่อนจากความสูงของภูมิประเทศ (relief displacement) ที่เรียกว่า orthorectified โดยอ้างอิงกับระบบพิกัดโลก ที่มาตราส่วน 1:4,000 1:10,000 1:25,000 และ 1: 50,000 โดยข้อกำหนดส่วนหนึ่งในมาตรฐานนี้อ้างอิงตามมาตรฐานของ Federal Geographic Data Committee (FGDC) และการปฏิบัติงานของหน่วยงานในประเทศไทย

เพื่อให้เกิดความชัดเจนในความหมายของข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศนี้ คณะที่ปรึกษาจะเปลี่ยนชื่อเรียกชั้นข้อมูลนี้เป็น “ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ” ตลอดในร่างมาตรฐานข้อกำหนดฯ นี้

2. ภาพรวม (Overview) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ

2.1 ข้อสนเทศเกี่ยวกับการจัดทำข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ข้อมูล

ชื่อข้อกำหนด : ข้อกำหนดของมาตรฐานข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

วันที่จัดทำและเผยแพร่ข้อกำหนดนี้ : วันที่รายงานฉบับสมบูรณ์และร่างมาตรฐานได้รับการตรวจรับจาก สทอภ.

/ วันที่มีการนำไปประกาศใช้เป็นมาตรฐานฯ

ผู้รับผิดชอบในการจัดทำข้อกำหนดฉบับนี้ : คณะที่ปรึกษา คณะทำงานกลุ่มย่อยประสานงานการจัดทำมาตรฐานฯ กลุ่มพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานภูมิสารสนเทศแห่งชาติ สทอภ.

หัวข้อของชั้นข้อมูลภูมิศาสตร์ในมาตรฐานนี้ : ImageryBaseMapsEarthCover

2.2 นิยามศัพท์

ได้มีการกำหนดนิยามศัพท์ที่สำคัญ สำหรับมาตรฐาน FGDS ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ ไว้ดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 คำนิยามศัพท์ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

คำศัพท์	นิยามศัพท์
แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (aerial orthophoto)	ภาพราสเตอร์ของภาพถ่ายทางอากาศที่ผ่านการกระบวนการตัดแก้ (rectified) ผลกระทบจากการถ่ายภาพเอียง (tilted) และความสูงของภูมิประเทศ (relief displacement) โดยอ้างอิงกับระบบพิกัดโลกเรียบร้อยแล้ว ซึ่งในที่นี้จะหมายถึงแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:4,000 1:10,000 1:25,000 และ 1:50,000
แบบจำลองข้อมูลจุดความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM)	ข้อมูลจุดความสูงเชิงเลข (X,Y,Z) หรือ (E,N,h) ที่มีลักษณะเป็นตารางกริด
แบบจำลองข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Terrain Model, DTM)	ข้อมูลจุดความสูงเชิงเลข (DEM) ที่มีการบูรณาการข้อมูลระดับความสูงของลักษณะภูมิประเทศที่สำคัญ เช่น ทางน้ำ อาคาร ถนน แนวสันเขา เป็นต้นที่เรียกว่า break lines หรือ fault lines แบบจำลองที่ได้จึงลักษณะที่ใกล้เคียงกับภูมิประเทศจริงมากที่สุด โดยทั่วไปการบูรณาการใช้วิธีการสร้างเป็นโครงข่ายสามเหลี่ยมที่เรียกว่า Triangular Irregular Network (TIN)
ระยะบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD)	ค่าความละเอียดของจุดภาพ (pixel) โดยแสดงเป็นค่าระยะทางบนพื้นดิน ที่มีลักษณะจุดภาพเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส

2.3 อักษรย่อ

คำย่อที่สำคัญ สำหรับมาตรฐาน FGDS ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ อธิบายความหมายไว้ในตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ความหมายของอักษรย่อในมาตรฐานชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

อักษรย่อ	ความหมาย
ASPRS	American Society of Photogrammetry and Remote Sensing
DEM	Digital Elevation Model
DTM	Digital Terrain Model
FGDS	Fundamental Geographic Data Standard
FGDC	Federal Geographic Data Committee
GSD	Ground Sample Distance
RMSE	Root Mean Square Error
TIN	Triangular Irregular Network
UTM	Universal Traverse Mercator

2.4 บทคัดย่อ

เอกสารมาตรฐานข้อกำหนดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศนี้ เป็นข้อกำหนดสำหรับข้อมูลภาพออร์โธเชิงเลข (digital orthophoto imagery) ซึ่งจัดสร้างขึ้นจากภาพถ่ายทางอากาศ จึงหมายถึงข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานของประเทศไทย โดยแผนที่ภาพถ่ายทาง

อากาศหมายถึง ภาพราสเตอร์ของภาพถ่ายทางอากาศที่ผ่านการกระบวนการตัดแก้ (rectified) ผลกระทบจากการถ่ายภาพเอียง (tilted) และความสูงของภูมิประเทศ (relief displacement) ด้วยข้อมูลจุดความสูงภูมิประเทศ โดยอ้างอิงกับระบบพิกัดโลกเรียบร้อยแล้ว โดยวัตถุประสงค์ของชุดข้อมูลนี้คือเพื่อใช้ในการนำเข้า แก้ไข ข้อมูล และตรวจสอบคุณภาพข้อมูลของงานการทำแผนที่อื่นๆ ที่มีระดับความถูกต้องต่ำกว่าหรือมาตรฐานต่ำกว่า โดยใช้เป็นฉากหลังในการตรวจสอบการอ้างอิงพิกัดของข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่นๆ มาตรฐานฉบับนี้จะประกอบด้วยข้อกำหนดลักษณะเฉพาะ (characteristics) ที่สำคัญของข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศ ได้แก่ นิยาม รายการเนื้อหาของข้อมูล ข้อกำหนดคุณภาพ ระบบพิกัดอ้างอิง แนวทางวิธีการสำรวจจัดสร้างข้อมูล การประมวลผล และการควบคุมคุณภาพ ทั้งนี้แหล่งข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จะได้จากการกราดข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ หรือการถ่ายภาพทางอากาศด้วยกล้องถ่ายภาพเชิงเลข ที่ผ่านการกระบวนการตัดแก้ (rectified) ผลกระทบจากการถ่ายภาพเอียง (tilted) และค่าคลาดเคลื่อนจากความสูงของภูมิประเทศ (relief displacement) ผลลัพธ์จากการกระบวนการผลิตแผนที่ จะอยู่ในรูปข้อมูลภาพราสเตอร์หรือเอกสารการพิมพ์จากข้อมูลภาพราสเตอร์โดยอ้างอิงกับระบบพิกัดโลก (UTM)การจัดเก็บข้อมูลภาพราสเตอร์จะใช้รูปแบบ GeoTIFF โดยมีข้อมูลคำอธิบายข้อมูล (metadata) มากับผลิตภัณฑ์ด้วย

3. ขอบเขตของข้อกำหนด (Specification scopes)

ขอบเขตของข้อกำหนดมาตรฐานชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ ครอบคลุมเฉพาะแผนที่ภาพถ่ายที่ได้จากการถ่ายภาพทางอากาศ มีลักษณะเป็นภาพออร์โธ ซึ่งมีวัตถุประสงค์สำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานอ้างอิงในการจัดทำชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่น ๆ และเน้นในส่วนของข้อกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อมูลภาพออร์โธผลลัพธ์

4. การระบุจำแนกผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product identification)

ส่วนนี้เป็นข้อสนเทศพื้นฐานที่ระบุจำแนกข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศนี้ ซึ่งประกอบด้วยรายการลักษณะเฉพาะพื้นฐานของชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ ดังตารางที่ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

ชื่อ (Title)	ข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (aerial orthophoto)
บทคัดย่อ (Abstract)	แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ หมายถึง ภาพราสเตอร์ของภาพถ่ายทางอากาศที่ผ่านการกระบวนการตัดแก้ (rectified) ผลกระทบจากการถ่ายภาพเอียง (tilted) และความสูงของภูมิประเทศ (relief displacement) ด้วยข้อมูลจุดความสูงภูมิประเทศ โดยอ้างอิงกับระบบพิกัดโลกเรียบร้อยแล้ว
กลุ่มประเภทของข้อมูล (Topic Category)	imageryBaseMapsEarthCover

ตารางที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

คำอธิบายขอบเขตทางภูมิศาสตร์ (Geographic description)	ทั่วประเทศ
ชื่ออื่น (Alternate title)	ภาพออร์โธเชิงเลข (digital orthophoto imagery)
วัตถุประสงค์ (Purpose)	ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการนำเข้า แก้ไขข้อมูล และตรวจสอบคุณภาพข้อมูลของงานการทำแผนที่อื่นๆ ที่มีระดับความถูกต้องต่ำกว่าหรือมาตราส่วนเล็กกว่า โดยใช้เป็นฉากหลังในการตรวจสอบการอ้างอิงพิกัดของข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่นๆ มาตรฐานฉบับนี้จะประกอบด้วย วิธีการเก็บข้อมูล การประมวลผล และการควบคุมคุณภาพ
ชนิดของการนำเสนอเชิงพื้นที่ (Spatial representation type)	ราสเตอร์
ความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution)	กำหนดโดยค่าระยะบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD) ซึ่งแปรผันตามมาตราส่วนของชุดข้อมูล FGDS คือ มาตรฐาน 1:4,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) = 0.50 เมตร มาตรฐาน 1:10,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) = 1.25 เมตร มาตรฐาน 1:25,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) = 3.13 เมตร มาตรฐาน 1:50,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) = 6.25 เมตร

5. เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล (Data content and structure)

5.1 ความหมายในภาพรวม

ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศหมายถึงภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขที่ผ่านกระบวนการตัดแก้ (rectified) ผลกระทบจากการถ่ายภาพเอียง (tilted) และความสูงของภูมิประเทศ (relief displacement) ด้วยข้อมูลจุดความสูงภูมิประเทศ ที่เรียกว่า orthorectified โดยอ้างอิงกับระบบพิกัดโลกเรียบร้อยแล้วไม่นับรวมภาพถ่ายทางอากาศที่ตัดแก้เฉพาะความเอียงของภาพถ่าย ไม่ผ่านกระบวนการตัดแก้ผลกระทบความสูงของภูมิประเทศ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวไม่ได้นำข้อมูลความสูงภูมิประเทศมารวมในการตัดแก้ ประกอบด้วยข้อมูล 4 มาตราส่วน คือ

- มาตรฐาน 1:4,000 มีระยะบนพื้นดิน (GSD) ไม่มากกว่า 0.50 เมตร
- มาตรฐาน 1:10,000 มีระยะบนพื้นดิน (GSD) ไม่มากกว่า 1.25 เมตร
- มาตรฐาน 1:25,000 มีระยะบนพื้นดิน (GSD) ไม่มากกว่า 3.13 เมตร
- มาตรฐาน 1:50,000 มีระยะบนพื้นดิน (GSD) ไม่มากกว่า 6.25 เมตร

ความถูกต้องทางตำแหน่งในแต่ละมาตราส่วนแบ่งเป็น 3 คลาสอ้างอิงตามมาตรฐาน ASPRS

5.2 รายละเอียดเนื้อหาชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

เนื้อหาข้อมูล (data content) ในชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศประกอบด้วยข้อมูลในรูปแบบราสเตอร์ดังนี้

5.2.1 เนื้อหาข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศขาวดำ

กรณีแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศขาวดำ ค่าข้อมูลในแต่ละจุดภาพ (pixel) จะต้องเป็นค่าความสว่างของแสงสีขาวในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.4-0.7 ไมครอน หรือใกล้เคียง (ความยาวช่วงคลื่นครอบคลุมช่วงคลื่นของแม่สีแสงทั้ง 3 คือแดง เขียว และน้ำเงิน)

5.2.2 เนื้อหาข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศสี

กรณีแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศสีข้อมูลจะต้องประกอบไปด้วยข้อมูลราสเตอร์ 3 แบนด์ดังนี้

- แบนด์สีน้ำเงิน มีค่าข้อมูลในแต่ละจุดภาพเป็นค่าความสว่างของแสงในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.4-0.5 ไมครอนหรือใกล้เคียง
- แบนด์สีเขียว มีค่าข้อมูลในแต่ละจุดภาพเป็นค่าความสว่างของแสงในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.5-0.6 ไมครอนหรือใกล้เคียง
- แบนด์สีแดง มีค่าข้อมูลในแต่ละจุดภาพเป็นค่าความสว่างของแสงในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.6-0.7 ไมครอนหรือใกล้เคียง

เนื้อหาข้อมูล (data content) ในชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ สามารถพิจารณาได้ว่าประกอบไปด้วยรูปลักษณะที่เป็นจุดภาพ (pixel) ซึ่งมีค่าข้อมูลลักษณะประจำคือค่าความสว่างของคลื่นแสงสีขาว (กรณีภาพขาวดำ) หรือแสงสีแดง เขียวและน้ำเงิน (กรณีภาพสี) ซึ่งอาจถือว่าเป็นข้อมูลลักษณะประจำ (attribute) หลักของชั้นข้อมูลนี้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 5 ต่อไปนี้

ตารางที่ 5 รายการเนื้อหาข้อมูลลักษณะประจำของจุดภาพในชุดข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

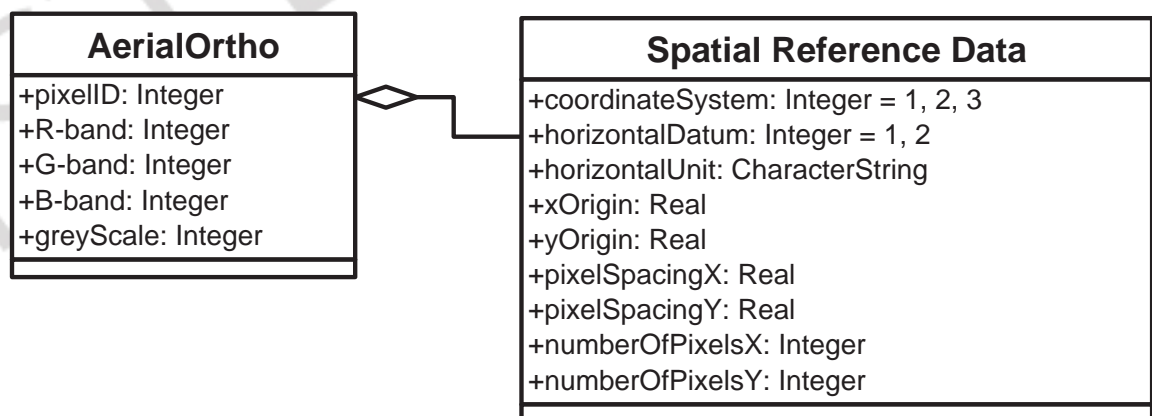
ชื่อ	ชนิด	คำอธิบาย	การบังคับ	หมายเหตุ
pixelID	Integer	หมายเลขประจำจุดภาพ เป็นหมายเลขเฉพาะที่ไม่ซ้ำกันในแต่ละไฟล์ข้อมูล	Mandatory	
R-band	Integer	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีแดง	Conditional	กรณีภาพสี
G-band	Integer	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีเขียว	Conditional	กรณีภาพสี
B-band	Integer	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีน้ำเงิน	Conditional	กรณีภาพสี
greyScale	Integer	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีขาว (ค่าระดับสีเทา)	Conditional	กรณีภาพขาวดำ

นอกจากเนื้อหาข้อมูลหลักข้างต้นแล้ว ยังจำเป็นต้องมีเนื้อหาข้อมูลประกอบซึ่งจำเป็นสำหรับใช้อ้างอิงในการใช้งานและแสดงเนื้อหาข้อมูลหลักดังกล่าว โดยเป็นข้อมูลที่อธิบายระบบอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatial reference system) ของไฟล์ข้อมูลจุดภาพ ในที่นี้จึงจะเรียกว่าข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (Spatial reference data) ข้อมูลนี้จะมีเพียง 1 ระเบียบข้อมูล (data record) สำหรับแต่ละไฟล์ข้อมูลภาพ เนื้อหาของข้อมูล spatial reference data นี้ นั้นมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6 ต่อไปนี้

ตารางที่ 6 รายการข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (Spatial reference data) ในชุดข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

ชื่อ	ชนิด	คำอธิบาย	การบังคับ	Domain / หมายเหตุ
coordinateSystem	Integer	รหัสบบพิกัดอ้างอิงของข้อมูลภาพ	Mandatory	1 = ระบบพิกัดทางย็อดเดซี่ 2 = ระบบพิกัด UTM 47 3 = ระบบพิกัด UTM 48
horizontalDatum	Integer	รหัสพื้นหลักฐานอ้างอิงทางราบ	Mandatory	1 = WGS 84 2 = Indian 1975
horizontalUnit	Character String	หน่วยค่าพิกัดทางราบ	Mandatory	
xOrigin	Float	ค่าพิกัดทาง X ของจุดมุมล่างซ้าย	Mandatory	ค่า Easting ในกรณีค่าพิกัด UTM หรือค่า Longitude ในกรณีระบบพิกัดทางย็อดเดซี่
yOrigin	Float	ค่าพิกัดทาง Y ของจุดมุมล่างซ้าย	Mandatory	Northing หรือ Latitude
pixelSpacingX	Float	ระยะห่างทาง X ระหว่างจุดภาพ	Mandatory	หน่วยของศาตศนิยม หรือ เมตร
pixelSpacingY	Float	ระยะห่างทาง Y ระหว่างจุดภาพ	Mandatory	
numberOfPixelX	Integer	จำนวนจุดภาพในแนวแกน X	Mandatory	
numberOfPixelY	Integer	จำนวนจุดภาพในแนวแกน Y	Mandatory	

รายละเอียดโครงสร้างเนื้อหาของข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ สามารถนำเสนอในลักษณะ UML ได้ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เนื้อหาข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ แสดงด้วย UML ในแบบ Class diagram

5.3 Feature Catalogue ของรายการข้อมูลในชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

รายละเอียดเนื้อหาของข้อมูลภูมิศาสตร์ในชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ สามารถถูกอธิบายในลักษณะของ feature catalogue ตามมาตรฐาน ISO19110 ได้ดังนี้

Name:	ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ
Scope:	แผนที่ฐาน
Field of application:	การอ้างอิงตำแหน่งเพื่อการสำรวจและการทำแผนที่
Version Number:	1.0 (โครงการจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา ลักษณะเฉพาะ คุณภาพ ของชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน
Version Date:	15-ส.ค.-55
Definition source:	มาตรฐาน FGDS
Definition Type:	
Producer:	
Functional Language:	XML

Feature Type

Name:	AerialOrtho
Definition:	ข้อมูลคุณภาพของไฟล์ราสเตอร์ที่ใช้บันทึกข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ
Code:	FGDS0801
Aliases:	
Feature Operation Names:	
Feature Attribute Names:	pixelID, R-band, G-band, B-band, greyScale
Feature Association Names:	
Subtype Of:	

Feature Attribute

Name:	pixelID
Definition:	ค่ารหัสประจำจุดภาพ
Code:	
Value Data Type:	INTERGER
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	

Feature Attribute

Name:	R-band
Definition:	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีแดง
Code:	
Value Data Type:	INTERGER
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	ค่า -9999 ใช้สำหรับจุดภาพที่ไม่ใช่เนื้อข้อมูลแผนที่

Feature Attribute

Name:	G-band
Definition:	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีเขียว
Code:	

Value Data Type: INTERGER
 Value Measurement Unit:
 Value Domain Type: 0 ("not enumerated")
 Value Domain: ค่า -9999 ใช้สำหรับจุดภาพที่ไม่ใช่เนื้อข้อมูลแผนที่

Feature Attribute

Name: B-band
 Definition: ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีน้ำเงิน
 Code:

Value Data Type: INTERGER
 Value Measurement Unit:
 Value Domain Type: 0 ("not enumerated")
 Value Domain: ค่า -9999 ใช้สำหรับจุดภาพที่ไม่ใช่เนื้อข้อมูลแผนที่

Feature Attribute

Name: greyScale
 Definition: ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีขาว (ระดับสีเทา)
 Code:

Value Data Type: INTERGER
 Value Measurement Unit:
 Value Domain Type: 0 ("not enumerated")
 Value Domain: ค่า -9999 ใช้สำหรับจุดภาพที่ไม่ใช่เนื้อข้อมูลแผนที่

Feature Type

Name: SpatialReferenceData
 Definition: ข้อมูลอ้างอิงเชิงตำแหน่งประกอบการใช้งานข้อมูล RasterMap

Code:
 Aliases:
 Feature Operation Names:
 Feature Attribute Names: coordinateSystem, horizontalDatum, horizontalUnit, xOrigin, yOrigin, pixelSpacingX, pixelSpacingY, numberOfPixelsX, numberOfPixelsY

Subtype Of:

Feature Attribute

Name: coordinateSystem
 Definition: รหัสระบบพิกัดอ้างอิง
 Code:
 Value Data Type: Integer
 Value Measurement Unit:
 Value Domain Type: 1 ("enumerated")
 Value Domain: 1 =geodetic coordinate; 2 = UTM zone 47; 3 = UTM zone 48

Feature Attribute

Name: horizontalDatum
 Definition: พื้นหลักฐานทางราบ
 Code:

Value Data Type: Integer
 Value Measurement Unit:
 Value Domain Type: 1 ("enumerated")

Value Domain: 1 = WGS 84; 2 = Indian 1975

Feature Attribute

Name: horizontalUnit
 Definition: หน่วยของค่าพิกัดทางราบ
 Code:
 Value Data Type: CharacterString
 Value Measurement Unit:
 Value Domain Type: 0 ("not enumerated")
 Value Domain:

Feature Attribute

Name: xOrigin
 Definition: ค่าพิกัดทาง X ของจุดมุมล่างซ้าย
 Code:
 Value Data Type: REAL
 Value Measurement Unit:
 Value Domain Type: 0 ("not enumerated")
 Value Domain:

Feature Attribute

Name: yOrigin
 Definition: ค่าพิกัดทาง Y ของจุดมุมล่างซ้าย
 Code:
 Value Data Type: REAL
 Value Measurement Unit:
 Value Domain Type: 0 ("not enumerated")
 Value Domain:

Feature Attribute

Name: pixelSpacingX
 Definition: ระยะห่างระหว่างจุดภาพทาง X
 Code:
 Value Data Type: REAL
 Value Measurement Unit:
 Value Domain Type: 0 ("not enumerated")
 Value Domain:

Feature Attribute

Name: pixelSpacingY
 Definition: ระยะห่างระหว่างจุดภาพทาง Y
 Code:
 Value Data Type: REAL
 Value Measurement Unit:
 Value Domain Type: 0 ("not enumerated")
 Value Domain:

Feature Attribute

Name: numberOfPixelsX
 Definition: จำนวนจุดภาพทาง X

Code:

Value Data Type: INTEGER

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: numberOfPixelsY

Definition: จำนวนจุดภาพทาง Y

Code:

Value Data Type: INTEGER

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

6. ระบบพิกัดอ้างอิง (Coordinate reference system)

ระบบอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatial reference system) ของข้อมูลในชั้นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศนี้ กำหนดให้ต้องเป็น ระบบพิกัดอ้างอิง (coordinate reference system) โดยระบบพิกัดอ้างอิงแต่ละระบบจะประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ

- พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (geodetic datum) ซึ่งเป็นพื้นผิวอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณงานรังวัด
- รูปแบบระบบพิกัด ซึ่งเป็นรายละเอียดของการนิยามระบบแกนพิกัดอ้างอิง รายละเอียดนิยามค่าพิกัด และระบบการฉายแผนที่ (map projection) ที่ใช้

การเลือกใช้ระบบพิกัดอ้างอิงจึงขึ้นกับพื้นหลักฐานฯ รูปแบบของค่าพิกัด และระบบพิกัดอ้างอิงสำหรับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศไทยทุกชั้นข้อมูล รวมถึงชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศนี้ สามารถเลือกกำหนดขึ้นจากพื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี และรูปแบบระบบพิกัด ดังต่อไปนี้

6.1 พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (Geodetic datum)

พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (geodetic datum) หรือพื้นหลักฐานแผนที่ที่ใช้อ้างอิงสำหรับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศไทย กำหนดให้เลือกใช้ได้ 2 พื้นหลักฐาน คือพื้นหลักฐาน WGS84 และพื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 (Indian 1975)

- 1) WGS 84 เป็นพื้นหลักฐานสากลที่จัดทำขึ้นโดย Defense Mapping Agency (DMA) หรือปัจจุบันคือ National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้เป็นพื้นหลักฐานของดาวเทียมระบบ GPS เป็นพื้นหลักฐานรูปทรงรีซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Ellipsoid : "WGS 84"

Semi-major axis (a) = 6378137.0 m.

Flattening (f) = 1/298.257223563

EPSG : 4326

- 2) พื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 (Indian 1975) เป็นพื้นหลักฐานท้องถิ่นของประเทศไทย ที่จัดทำโดยการทำงานรังวัดภาคพื้นดินด้วยวิธีถ่ายสามเหลี่ยมและงานวงรอบ เป็นพื้นหลักฐานรูปทรงรีซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

SPHEROID : "Everest 1830 (1937 Adjustment)"

Semi-major axis (a) = 6377276.345 m.

Flattening (f) = 1/300.8017

EPSG : 4240

การแปลงค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐาน WGS84 กับพื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 ใช้สมการต่อไปนี้

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{Indian1975} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{WGS\ 84} + \begin{bmatrix} -204.5 \\ -837.9 \\ -294.8 \end{bmatrix} \quad \text{หน่วยเป็นเมตร}$$

โดยที่ค่าพิกัดฉาก (x, y, z) เป็นค่าพิกัดในรูปแบบระบบพิกัดฉากยึดติดโลก ซึ่งอธิบายไว้ในหัวข้อต่อไป

อนึ่ง สมการแปลงค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐาน WGS 84 กับพื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 ข้างต้น กำหนดให้สำหรับการแปลงค่าพิกัดที่ยังมิได้ผ่านการแปลงพื้นหลักฐานด้วยวิธีการหรือสมการอื่นมาแล้ว เท่านั้น หากค่าพิกัดได้ผ่านการแปลงพื้นหลักฐานมาด้วยวิธีการหรือสมการแบบอื่นมา ก็จะต้องทำการแปลงกลับไป ที่พื้นหลักฐานตั้งต้นด้วยวิธีการหรือสมการแบบเดิมก่อน

6.2 รูปแบบระบบพิกัด

รูปแบบระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งพิกัดของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศไทย ให้เลือกใช้ได้ 3 รูปแบบ คือ พิกัดฉากยึดติดโลก (Earth-fixed coordinates) พิกัดทางยิปโซเดซีหรือระบบพิกัดรูปทรงรี (geodetic or ellipsoidal coordinates) และพิกัดแผนที่ UTM (UTM map coordinates)

- 1) **ระบบพิกัดฉากยึดติดโลก** เป็นกรอบของแกนพิกัดฉาก ที่ผูกติดอยู่กับพื้นผิวโลก แกนพิกัดของระบบยึดติดโลกจึงหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับอัตราการหมุนรอบตัวเองของโลก ระบบพิกัดฉากยึดติดโลกบอกค่าพิกัดเป็น (x, y, z) มีนิยามดังนี้ คือ จุดกำเนิดของระบบอยู่ที่จุดมวลสารของโลก แกน z อยู่ในแนวแกนหมุนเฉลี่ยโลก โดยผ่านจุด CIO (Conventional International Origin) ระนาบศูนย์สูตร xy ตั้งฉากกับแกน z โดยมีแกน x อยู่ในแนวเมริเดียนกรีนิช ส่วนแกน y ตั้งฉากกับแกน x และแกน z ทำให้เกิดเป็นระบบพิกัดมือขวา
- 2) **ระบบพิกัดทางยิปโซเดซี** บอกค่าพิกัดเป็น (ϕ, λ, h) ระบบนี้ใช้รูปทรงรีที่เป็นตัวแทนสัณฐานของโลกและเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการคำนวณ ดังนั้นรูปทรงรีนี้คือส่วนหนึ่งของพื้นหลักฐานทางยิปโซเดซีในข้อ 6.1 ข้างบนนั่นเอง มุมที่เส้นตั้งฉากกับพื้นผิวรูปทรงรีที่จุดใด ๆ P กระทำกับระนาบศูนย์สูตรคือค่าละติจูด ϕ ของจุด P มุมระหว่างระนาบเมริเดียนที่ผ่าน P กับระนาบเมริเดียนกรีนิช คือค่าลองจิจูด λ ของจุด P ส่วนระยะตามแนวเส้นตั้งฉากจากจุด P จนถึงพื้นผิวรูปทรงรี คือ ความสูงเหนือรูปทรงรี h
- 3) **ระบบพิกัดแผนที่ UTM** – UTM เป็นตัวย่อของ Universal Transverse Mercator เป็นวิธีการฉายแผนที่ (map projection) บอกค่าพิกัดแผนที่เป็น (N, E) ค่า N คือค่าพิกัดเหนือ (northing) และ ค่า

E คือค่าพิกัดตะวันออก (easting) ค่าทั้งสองคือพิกัดตำแหน่งทางราบคำนวณมาจากค่า (ϕ, λ) ของค่าพิกัดทางยี่อเดซี

6.3 ความสูง

ระบบอ้างอิงค่าความสูงของข้อมูลภูมิสารสนเทศมี 3 ระบบ คือ ค่าระดับ (elevation) ความสูงออร์โทเมตริก (orthometric height) และความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height) ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้กับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศไทย ตามความเหมาะสม แต่ต้องอธิบายระบบอ้างอิงค่าความสูงที่ใช้ไว้ในคำอธิบายข้อมูล (metadata) ของชุดข้อมูลนั้นให้ชัดเจน

- 1) ค่าระดับ (elevation) เป็นความสูงที่ใช้อ้างอิงโดยทั่วไปในงานรังวัด เป็นความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL) อาจใช้เป็นตัวแทนของความสูงเหนือยี่อเดซี H หรือความสูงออร์โทเมตริกได้ หากระดับทะเลปานกลางที่สร้างขึ้นมาเป็นตัวแทนของยี่อเดซีอย่างถูกต้อง
- 2) ความสูงออร์โทเมตริก (orthometric height) เป็นความสูงวัดจากผิวยี่อเดซี ณ จุดใด ๆ
- 3) ความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height) เป็นความสูงวัดจากผิวพื้นทรงรีที่ใช้เป็นหลักฐานทางยี่อเดซี ณ จุดใด ๆ

ในการคำนวณค่าพิกัดที่ใช้รูปทรงรีเป็นพื้นผิวอ้างอิงได้ค่าพิกัดตำแหน่งทางราบเป็นละติจูดและลองจิจูดทางยี่อเดซี (ϕ, λ) และมีความสูงของจุดนั้นเป็นความสูงเหนือรูปทรงรี h ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงออร์โทเมตริกและความสูงเหนือทรงรี คือ

$$h = H + N$$

ค่า N ในสมการข้างบนเรียกว่า ความสูงยี่อเดซี (geoidal height) ค่าความสูงยี่อเดซีนี้คำนวณได้จากรูปจำลองยี่อเดซี เช่น EGM2008

7. ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล (Data quality)

7.1 ความถูกต้องทางตำแหน่ง (Positional accuracy)

ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งของข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจะอ้างอิงตามมาตรฐาน ASPRS โดยแบ่งออกเป็น 3 คลาส คือ คลาส 1, 2 และ 3 ซึ่งเป็นเกณฑ์ความถูกต้องทางราบ (X) หรือ (Y) (limiting RMSE) ที่ระดับความเชื่อมั่น 68% ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เกณฑ์ความถูกต้องทางราบ (X) หรือ (Y) ASPRS (limiting RMSE)

มาตราส่วนแผนที่	เกณฑ์ความถูกต้องทางราบ (X) หรือ (Y) ASPRS (limiting RMSE)(เมตร)		
	คลาส 1	คลาส 2	คลาส 3
1: 4,000	1.00	2.00	3.00
1: 10,000	2.50	5.00	7.50
1: 25,000	6.25	12.50	18.74
1: 50,000	12.50	25.00	37.50

หรือคิดเป็นที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามมาตรฐาน NSSDA เพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์ตรวจสอบความถูกต้องทางราบ (X) หรือ (Y) NSSDA (95%)

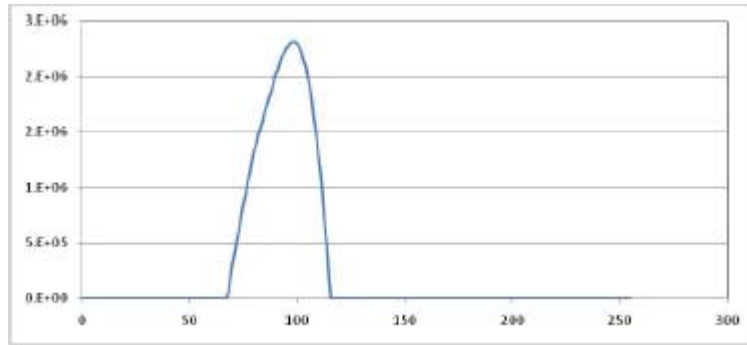
มาตราส่วนแผนที่	เกณฑ์ตรวจสอบความถูกต้องทางราบ (X) หรือ (Y) NSSDA (95%) (เมตร)		
	คลาส 1	คลาส 2	คลาส 3
1: 4,000	2.45	4.90	7.34
1: 10,000	6.12	12.24	18.36
1: 25,000	15.30	30.60	45.89
1: 50,000	30.60	61.19	91.79

โดยการตรวจสอบคุณภาพเชิงตำแหน่ง (spatial accuracy tests) กำหนดให้ใช้วิธีการตรวจสอบทางสถิติตามมาตรฐานความถูกต้องเชิงตำแหน่ง NSSDA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

7.2 คุณภาพความคมชัดของภาพในข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

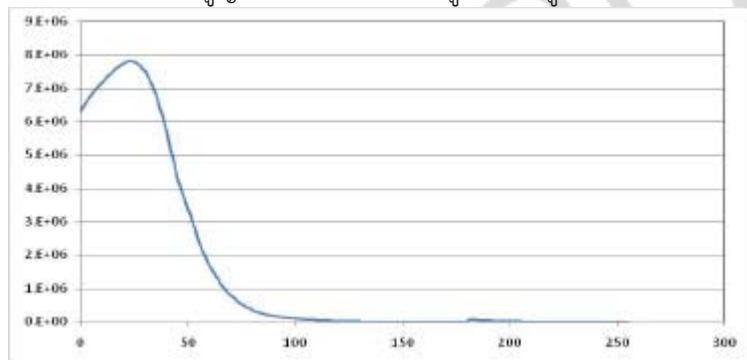
การตรวจสอบคุณภาพความคมชัดของข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศต้องมีคุณภาพเทียบเท่ากับภาพถ่ายทางอากาศต้นฉบับ ซึ่งควรมีความคมชัดเทียบเท่ากันโดยสามารถตรวจสอบได้จากสายตาและจากกราฟฮิสโตแกรม (histogram) ของข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเทียบกับภาพถ่ายทางอากาศต้นฉบับสิ่งสำคัญภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้ในการผลิตแต่ละภาพต้องไม่มีความแตกต่างของโทนสีอย่างเห็นได้ชัด เพราะจะทำให้ปรากฏรอยต่อบนแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศโดยสามารถพิจารณาการกระจายของกราฟซึ่งหากพบว่าภาพใดมีลักษณะฮิสโตแกรมที่ไม่ปกติ และแตกต่างจากต้นฉบับจะต้องไม่ยอมรับข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศนั้น ตัวอย่างเช่น

- 1) ฮิสโตแกรมที่แคบ (too skinny) คือ ฮิสโตแกรมที่มีลักษณะการเกาะกลุ่มไม่มีการกระจาย ซึ่งหมายความว่า ภาพนั้นมีค่าความเปรียบต่างของโทนแสงน้อย (low contrast) ดังรูปที่ 2



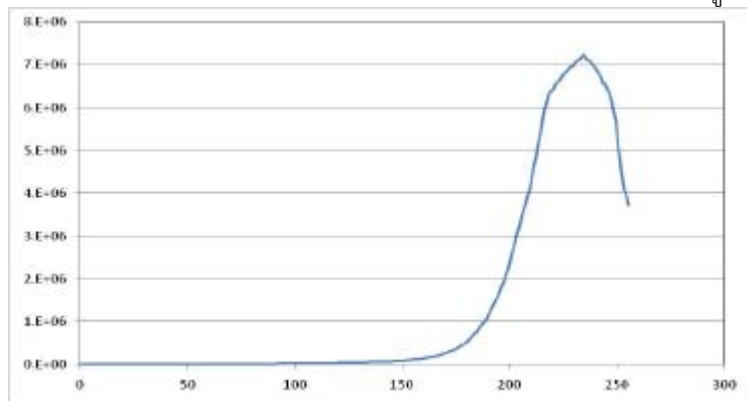
รูปที่ 2 ตัวอย่างฮิสโตแกรมที่แคบเกินไป(too skinny)

- 2) ฮิสโตแกรมที่เบ้เข้าใกล้ค่า 0 ซึ่งแสดงว่าจุดภาพส่วนใหญ่มีค่าโทนสีไปในทางมืดทำให้ไม่สามารถเห็นรายละเอียดของภาพได้ชัดเจนและสูญเสียรายละเอียดข้อมูลไป ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างฮิสโตแกรมที่เบ้เข้าใกล้ค่า 0 มากเกินไป

- 3) ฮิสโตแกรมที่เบ้เข้าใกล้ค่า 255 ซึ่งแสดงว่าจุดภาพส่วนใหญ่มีค่าโทนสีไปในทางสว่างมากทำให้ไม่สามารถเห็นรายละเอียดของภาพได้ชัดเจนฮิสโตแกรมที่เบ้เข้าใกล้ค่า 255 ซึ่งแสดงว่าจุดภาพส่วนใหญ่มีค่าโทนสีไปในทางมืดทำให้ไม่สามารถเห็นรายละเอียดของภาพได้ชัดเจน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ฮิสโตแกรมที่เบ้เข้าใกล้ค่า 255 มากเกินไป

7.3 คุณภาพการต่อภาพ (Mosaicing quality)

คุณภาพการต่อภาพ หมายถึง ความสม่ำเสมอต่อเนื่องกันบริเวณรอยต่อของภาพ ทั้งด้านความต่อเนื่องของตำแหน่ง ความต่อเนื่องของค่าสี และความเข้มของแสง หากพบว่าภาพไม่มีความต่อเนื่องทางตำแหน่ง จะแสดงว่ามีความผิดพลาดในกระบวนการตัดแก้ จะต้องไม่ยอมรับแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศนั้น สำหรับคุณภาพด้านความ

ต่อเนื่องของค่าสี และความเข้มของแสง สามารถตรวจสอบได้ด้วยสายตา โดยจะต้องไม่สามารถสังเกตเห็นรอยต่อของภาพ ที่เรียกว่า ไร้ตะเข็บ (seamless)

8. การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product delivery)

8.1 ข้อกำหนดระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

รูปแบบการส่งมอบผลิตภัณฑ์ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศทั้งที่อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ และแผ่นพิมพ์ ให้อ้างอิงระบบระวางแผนที่ ดังนี้

- 1) แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1:50,000 ให้ใช้ระบบการกำหนดชื่อและหมายเลขระวางแผนที่ที่เป็นไปตามเกณฑ์ของกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย กรณีข้อมูลอยู่บนพื้นหลักฐาน Indian 1975 ให้ใช้ระบบระวางแผนที่ L7017 และกรณีข้อมูลอยู่บนพื้นหลักฐาน WGS84 ให้ใช้ระบบระวางแผนที่ L7018
- 2) แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1:25,000 ให้ใช้ระบบการกำหนดชื่อและหมายเลขระวางแผนที่ที่เป็นไปตามเกณฑ์ของกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย
- 3) แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1:10,000 ให้ใช้ระบบการกำหนดชื่อและหมายเลขระวางแผนที่ที่เป็นไปตามเกณฑ์ของกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย
- 4) แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1:4,000 ให้ใช้ระบบการกำหนดชื่อและหมายเลขระวางแผนที่ที่เป็นไปตามเกณฑ์ของกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย

8.2 พอร์แมตของผลิตภัณฑ์ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศต้องส่งมอบในรูปแบบพอร์แมตของข้อมูลดังนี้

- พอร์แมต GeoTiff
- ไม่มีการบีบอัดภาพ
- การตั้งชื่อไฟล์ให้ตั้งชื่อเช่นเดียวกับชื่อระวาง
- มีข้อมูลแผนที่ดัชนีระวางแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ ในรูปแบบข้อมูล GIS ที่เป็น polygon พร้อม attribute หมายเลขระวาง

8.3 การส่งมอบแผ่นพิมพ์แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

อาจมีการกำหนดให้จัดทำและส่งมอบแผ่นพิมพ์แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศตามระวางแผนที่ โดยใช้รูปแบบตามเกณฑ์มาตรฐานกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย หรือประกอบด้วยรายละเอียดต่อไปนี้เป็นอย่างน้อย

- หมายเลขระวาง ชื่อระวาง
- เส้นกริดและขอบระวางแผนที่ พร้อมระบุค่าพิกัด
- มาตราส่วน แสดงในรูปของตัวเลขและแผนภาพมาตราส่วน (graphic scale)
- คำอธิบายสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ (legend)
- วัน เดือน ปี ที่ถ่ายภาพ
- ที่อยู่ติดต่อได้ของหน่วยงานที่รับผิดชอบ

8.4 การส่งมอบงานการผลิต ประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขต้นฉบับที่ใช้ในการผลิต
- 2) แผนที่ดัชนีภาพถ่ายทางอากาศต้นฉบับตามรายละเอียดข้อ 8.5
- 3) รายงานการรังวัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน ประกอบด้วยรายละเอียด
 - แผนที่ดัชนีแสดงตำแหน่งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน
 - แผนภาพสเกตตำแหน่งที่ตั้งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินพร้อมทั้งรายละเอียดค่าพิกัด
 - รายการคำนวณปรับแก้ผลการรังวัดและค่าความต้องของค่าพิกัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน
- 4) รายงานผลการทำโครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ

8.5 แผนที่ดัชนีภาพถ่ายทางอากาศ

ต้องมีการจัดทำแผนที่ดัชนีภาพถ่ายทางอากาศต้นฉบับ เพื่อให้สามารถสืบค้นภาพถ่ายทางอากาศในพื้นที่ที่ต้องการได้โดยง่าย ด้วยการระบุตำแหน่งถ่ายภาพทางอากาศพร้อมรายละเอียดเกี่ยวกับภาพถ่ายทางอากาศนั้น โดยมีข้อมูลฉากหลังเป็นแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 และข้อมูลขอบเขตโครงการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศนั้น

9. ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata)

คำอธิบายข้อมูล (metadata) สำหรับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO19115 และ ISO19115-2 โดยต้องมีรายการ Metadata ครบตามรายการ core metadata ที่กำหนดในมาตรฐาน ISO19115 ตามรายการที่ 1-23 ในตาราง 9 นอกจากนี้จะต้องมีรายการ metadata ที่อธิบายเนื้อหาของชุดข้อมูล (data content) และคุณภาพของชุดข้อมูล (data quality) ตามตารางที่ 10 และ 11 ด้วย

ตารางที่ 9 รายการ Metadata ของชุดข้อมูล FGDS

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล/ค่าโดเมน
1	Dataset title	ชื่อชุดข้อมูล	Mandatory	Free Text
2	Dataset reference date	วันที่อ้างอิงของชุดข้อมูล	Mandatory	Date
3	Dataset responsible party	ผู้รับผิดชอบชุดข้อมูล	Optional	CI_ResponsibleParty
4	Geographic location of the dataset (by four coordinates or by geographic identifier)	พื้นที่ครอบคลุมของข้อมูล (โดยค่าพิกัดมุมล่างซ้าย และค่าพิกัดมุมบนขวาของพื้นที่ครอบคลุม)	Conditional	EX_GeographicExtent
5	Dataset language	ภาษาของชุดข้อมูล	Mandatory	Char (ISO 639-2)
6	Dataset character set	รหัสอักษรของชุดข้อมูล	Conditional	MD_CharacterSetCode
7	Dataset topic category	ประเภทหัวข้อของชุดข้อมูล	Mandatory	MD_TopicCategoryCode

ตารางที่ 9 รายการ Metadata ของชุดข้อมูล FGDS

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล/ค่าโดเมน
8	Scale of the dataset	มาตราส่วนชุดข้อมูล	Optional	MD_Resolution
9	Abstract describing the dataset	บทคัดย่อซึ่งอธิบายชุดข้อมูล	Mandatory	Char (Free text)
10	Dataset format name	ชื่อฟอร์แมตของชุดข้อมูล	Optional	Char (Free text)
11	Dataset format version	เวอร์ชันของฟอร์แมตของชุดข้อมูล	Optional	Char (Free text)
12	Additional extent information (vertical and temporal)	ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับขอบเขตของข้อมูล (ทางดิ่ง ทางเวลา)	Optional	EX_TemporalExtent และ/หรือ EX_VerticalExtent
13	Spatial representation type	ชนิดการบันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่	Optional	MD_SpatialRepresentationTypeCode
14	Reference system	ระบบอ้างอิง (ระบบพิกัดอ้างอิง)	Optional	MD_ReferenceSystem
15	Lineage statement	ข้อความบอกความเป็นมาและกระบวนการจัดทำข้อมูล	Optional	Char (Free text)
16	On-line resource	URL ที่เชื่อมโยงไปสู่ข้อมูล	Optional	Char (Free text)
17	Metadata file identifier	รหัสหมายเลข metadata	Optional	Char (Free text)
18	Metadata standard name	ชื่อมาตรฐาน metadata	Optional	Char (Free text)
19	Metadata standard version	เวอร์ชันมาตรฐาน metadata	Optional	Char (Free text)
20	Metadata language	ภาษาข้อมูลใน metadata	Conditional	Char (ISO 639-2)
21	Metadata character set	รหัสตัวอักษรของข้อมูลใน metadata	Conditional	MD_CharacterSetCode
22	Metadata point of contact	การติดต่อเกี่ยวกับ metadata	Mandatory	CI_ResponsibleParty
23	Metadata date stamp	วันที่ของ metadata	Mandatory	Date
24	Data content [0..*]	เนื้อหาข้อมูล	Mandatory	MD_Content Information (ดูรายละเอียดด้านล่าง)
25	Data quality [0..*]	คุณภาพข้อมูล (สามารถรายงานได้หลายค่าสำหรับ scope และ quality element ที่แตกต่างกัน)	Mandatory	DQ_DataQuality (ดูรายละเอียดด้านล่าง)

ตารางที่ 10 รายการ metadata สำหรับอธิบายเนื้อหาข้อมูล (MD_ContentInformation)

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล/ค่าโดเมน
1	MD_FeatureCatalogue Description	ข้อมูลอธิบายสารบัญ แฟ้มของรูปลักษณะ (กรณี ข้อมูลแบบเวกเตอร์)	Conditional	รายการที่ 1.1 ถึง 1.5
1.1	complianceCode [0..1]	รหัสที่บอกถึงการได้ตาม ISO19110 ของสารบัญ แฟ้มฯ	Optional	Boolean
1.2	language [0..*]	ภาษาที่ใช้ในสารบัญแฟ้ม ฯ	Optional	CharacterString
1.3	includeWithDataset	รหัสที่บอกว่าสารบัญ แฟ้มฯ ได้ถูกใส่รวมไว้ใน ชุดข้อมูล	Mandatory	Boolean
1.4	featureTypes [0..*]	รายการรูปลักษณะข้อมูล ในสารบัญแฟ้มฯ ที่ ปรากฏในชุดข้อมูล	Optional	GenericName
1.5	featureCatalogueCitation [1..*]	ข้อมูลอ้างอิงของสารบัญ แฟ้มฯ ภายนอก	Mandatory	CI_Citation
2	MD_CoverageDescription	ข้อมูลอธิบายคอเวอเรจ (กรณีข้อมูลราสเตอร์)	Conditional	รายการที่ 2.1 ถึง 2.3
2.1	attributeDescription	คำอธิบายลักษณะประจำ	Mandatory	RecordType
2.2	contentType	ชนิดของข้อมูลที่บันทึก ในกริดเซลล์	Mandatory	MD_CoverageContent TypeCode
2.3	Dimension (includes Band information)	ข้อมูลเกี่ยวกับ dimension และ Band ของข้อมูล	Optional	MD_RangeDimension และ MD_Band
3	MD_ImageDescription	ข้อมูลอธิบายข้อมูลภาพ	Conditional	รายการที่ 2.1 ถึง 2.3 และรายการที่ 3.1 ถึง 3.12
3.1	illuminationElevationAngle	มุมระดับของแสง	Optional	Real (-90.0 – 90.0)
3.2	illuminationAzimuthAngle	มุมอิมิตูของแสง	Optional	Real (0.00 – 360)
3.3	imagingCondition	สภาพ/เงื่อนไขที่ส่งผลต่อ ภาพ	Optional	MD_Imaging ConditionCode
3.4	imageQualityCode	รหัสคุณภาพของภาพ	Optional	MD_Identifier
3.5	cloudCoverPercentage	พื้นที่บดบังโดยเมฆ	Optional	Real (0.0 – 100.0)
3.6	processingLevelCode	รหัสของผู้ผลิตภาพแสดง ระดับของการ ประมวลผลข้อมูล	Optional	MD_Identifier

ตารางที่ 10 รายการ metadata สำหรับอธิบายเนื้อหาข้อมูล (MD_ContentInformation)

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล/ค่าโดเมน
3.7	compressionGeneration Quantity	จำนวนรอบการบีบอัด ของข้อมูล	Optional	Integer
3.8	triangulationIndicator	รหัสบอกถึงการทำให้ triangulation	Optional	Boolean (0=No, 1=Yes)
3.9	radiometricCalibrationData Availability	รหัสบอกถึงการมีข้อมูล radiometric calibration	Optional	Boolean (0=No, 1=Yes)
3.10	cameraCalibrationInformation Availability	รหัสบอกถึงการมีข้อมูล camera calibration	Optional	Boolean (0=No, 1=Yes)
3.11	filmDistortionInformation Availability	รหัสบอกถึงการมีข้อมูล film distortion	Optional	Boolean (0=No, 1=Yes)
3.12	lensDistortionInformation Availability	รหัสบอกถึงการมีข้อมูล lens distortion	Optional	Boolean (0=No, 1=Yes)

ตารางที่ 11 รายการ metadata สำหรับอธิบายคุณภาพข้อมูล (DQ_DataQuality)

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล
1	Data Quality Scope	ขอบเขตของคุณภาพ	Mandatory	DQ_Scope
2	DQ_Element [0..*]	องค์ประกอบคุณภาพข้อมูล (รายงาน ได้ หลาย องค์ประกอบฯ)	Mandatory	รายการที่ 2.1 – 2.7
2.1	nameOfMeasure [0..*]	ชื่อตัวชี้วัดคุณภาพข้อมูล	Optional	Char (Free text)
2.2	measuredIdentification [0..1]	ข้อมูลบ่งชี้ตัวชี้วัดฯ	Optional	MD_Identifier
2.3	measureDescription [0..1]	คำอธิบายตัวชี้วัดฯ	Optional	Char (Free text)
2.4	evaluationMethodType [0..1]	ชนิดของวิธีการประเมิน คุณภาพข้อมูล	Optional	DQ_Evaluation MethodTypeCode
2.5	evaluationProcedure [0..1]	กระบวนการประเมิน คุณภาพฯ	Optional	CI_Citation
2.6	dateTime [0..*]	วันที่ของคุณภาพข้อมูล	Optional	DateTime
2.7	result [1..2]	ผลการประเมินคุณภาพ ข้อมูล	Mandatory	DQ_Result

นอกเหนือจากคำอธิบายข้อมูล (metadata) ตามมาตรฐาน ISO 19115 ข้างต้นแล้ว จะต้องมียุทธศาสตร์คำอธิบายข้อมูลตามที่กำหนดเพิ่มเติมขึ้น โดยปรับจากรายการ metadata ที่กำหนดในมาตรฐาน ISO19115-2 ด้วย ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 รายการ metadata เพิ่มเติมสำหรับข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล/ค่าโดเมน
1	HorizontalDatum	พื้นหลักฐานทางราบ	Mandatory	Indian 1975, WGS 84
2	VerticalDatum	พื้นหลักฐานทางตั้ง	Mandatory	รทก.
3	HorizontalUnit	หน่วยของค่าพิกัดทางราบ	Mandatory	เมตร
4	VerticalUnit	หน่วยค่าพิกัดทางตั้ง	Mandatory	เมตร
5	Scale	มาตราส่วน	Mandatory	
6	AccuracyClass	ระดับคลาสของความถูกต้องตามมาตรฐาน ASPRS	Mandatory	I, II, III
7	ProductionDate	วันเดือนปีที่ผลิตแผนที่ภาพถ่าย	Mandatory	mm.dd.yyyy
8	FileFormatName	ชื่อชนิดรูปแบบแฟ้มข้อมูลภาพ	Mandatory	
9	FormatVersion	เวอร์ชันของรูปแบบแฟ้มข้อมูลภาพ	Mandatory	
10	AgencyName	ชื่อหน่วยงานผู้รับผิดชอบดูแล	Mandatory	
11	Producer	ชื่อผู้ผลิต	Mandatory	
12	ProductionSystem	ระบบที่ใช้ในการผลิตแผนที่ภาพถ่าย	Mandatory	
13	SourceImageType	ชนิดภาพถ่ายต้นฉบับ	Mandatory	ฟิล์ม ภาพถ่ายเชิงเลข
14	SourceImageScale	มาตราส่วนภาพถ่ายต้นฉบับ	Mandatory	
15	SourceImageDate	วันเดือนปีภาพถ่ายต้นฉบับ	Mandatory	mm.dd.yyyy
16	SourceImageResolution	ความละเอียดของภาพถ่ายต้นฉบับเชิงเลข	Mandatory	
17	SourceDemDate	วันเดือนปีข้อมูลความสูงภูมิประเทศที่ใช้	Mandatory	mm.dd.yyyy
18	MetaData	วันเดือนปีที่ปรับปรุงข้อมูล metadata	Mandatory	mm.dd.yyyy
19	SheetNumber	หมายเลขระวาง	Mandatory	
20	SheetName	ชื่อระวาง	Mandatory	
21	ProvinceName	ชื่อจังหวัด	Mandatory	
22	AmphoeName	ชื่ออำเภอ	Mandatory	
23	eOrigin	ค่าพิกัดตะวันออกมุมล่างซ้ายของระวาง	Mandatory	
24	nOrigin	ค่าพิกัดเหนือมุมล่างซ้ายของระวาง	Mandatory	
25	eEnd	ค่าพิกัดตะวันออกมุมบนขวาของระวาง	Mandatory	
26	nEnd	ค่าพิกัดเหนือมุมบนขวาของระวาง	Mandatory	
27	Zone	โซนพิกัด	Mandatory	47, 48
28	DataFileSize	ขนาดไฟล์ของภาพ	Mandatory	
29	GSD	ความละเอียดจุดภาพ	Mandatory	
30	BandContent	รายละเอียดชนิดแบนด์	Mandatory	BW, R, G, B
31	BitsPerPixel	จำนวนบิตต่อพิกเซลของภาพต้นฉบับเชิงเลข	Mandatory	

คำอธิบายข้อมูล (metadata) สำหรับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ นี้ให้จัดทำขึ้นในรูปแบบ XML ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ISO19139

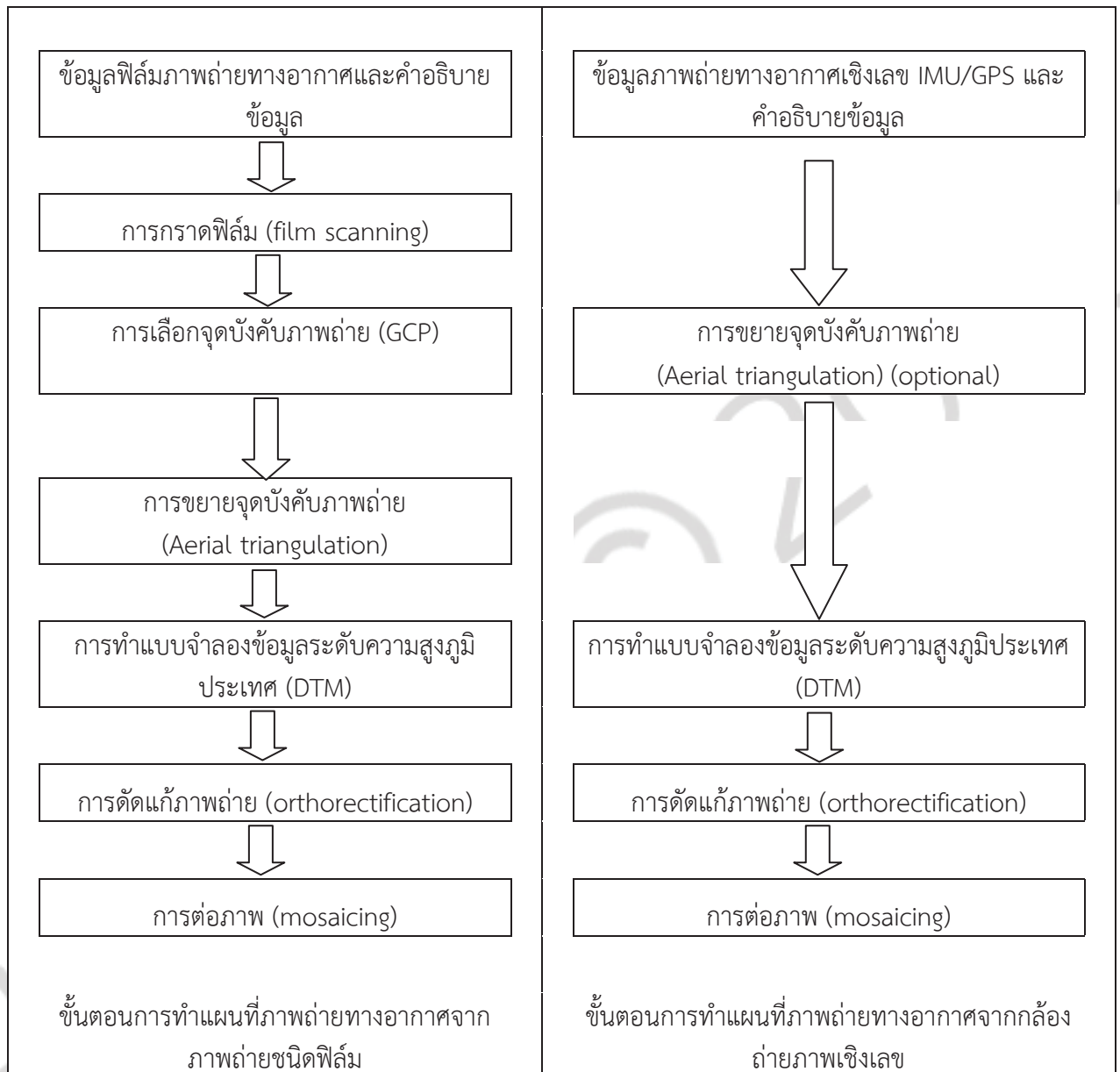
10. การสำรอนำเข้าข้อมูล (Data capture)

แหล่งข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจะได้รับการกราดข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ หรือการถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพเชิงเลข ที่ผ่านการกระบวนการตัดแก้ (rectified) ผลกระทบจากการถ่ายภาพเอียง (tilted) และความสูงของภูมิประเทศ (relief displacement) ผลลัพธ์จากกระบวนการผลิตแผนที่ จะอยู่ในรูปข้อมูลภาพราสเตอร์หรือเอกสารการพิมพ์จากข้อมูลภาพราสเตอร์โดยอ้างอิงกับระบบพิกัดโลก (UTM) การจัดเก็บข้อมูลภาพราสเตอร์จะใช้รูปแบบ GeoTIFF โดยมีคำอธิบายข้อมูล (metadata) มากับผลิตภัณฑ์ด้วย

การผลิตข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ต้องอาศัยข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข ที่ได้จากการกราดแผ่นฟิล์มหรือกล้องถ่ายภาพทางอากาศเชิงเลข
- 2) แบบจำลองข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DTM) พื้นที่เดียวกับภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข
- 3) จุดบังคับภาคพื้นดิน (ground control)
- 4) ข้อมูลการวัดสอบกล้องถ่ายภาพของภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข

โดยมีขั้นตอนการผลิตดังแสดงตามผังงานในรูปที่ 5 ต่อไปนี้



รูปที่ 5 ผังขั้นตอนการสำรวจจัดทำข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

10.1 การบินถ่ายภาพ

การวางแผนการบินถ่ายภาพต้องบินถ่ายในช่วงเวลาฤดูหนาว และมุมสูงดวงอาทิตย์ไม่น้อยกว่า 33 องศาเหนือเส้นขอบฟ้า ทั้งนี้ต้องมีการติดตามสภาพอากาศไม่ให้มีหมอก ฝุ่น คิวเมอ หรืออื่นๆในช่วงเวลาของการบินถ่ายภาพ โดยควรกำหนดให้กึ่งกรอบเวลาของการบินถ่ายภาพเป็นเวลาดวงอาทิตย์เที่ยงวัน ทั้งนี้สามารถตรวจสอบคำนวณเวลาและตำแหน่งมุมสูงของดวงอาทิตย์ได้จากเว็บไซต์ <http://aa.usno.navy.mil> กรณีที่มีหมอก คิวเมอ หรืออินโด บดบังทัศนวิสัยในการถ่ายภาพยอมให้ได้ไม่เกิน 5% ของพื้นที่ภาพถ่ายทางอากาศแต่ละใบ การบินถ่ายภาพให้มีส่วนซ้อน (overlap) 60% และส่วนเกย (sidelap) 30% หรือตามคำแนะนำกรมแผนที่ทหาร

10.2 ความละเอียดจุดภาพข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Orthophoto resolution)

ความละเอียดจุดภาพของผลลัพธ์ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ จะกำหนดเป็นค่าของขนาดจุดภาพ (pixel) เป็นระยะบนพื้นดิน เรียกว่า Ground Sample Distance (GSD) ดังตารางที่ 13 ต่อไปนี้

ตารางที่ 13 ข้อกำหนดความละเอียดจุดภาพที่มาตราส่วนต่าง ๆ

แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ	
มาตราส่วน	ระยะบนพื้นดิน (GSD) (เมตร)
1:4,000	0.50
1:10,000	1.25
1:25,000	3.13
1:50,000	6.25

10.3 กำลังขยายของภาพถ่ายที่ใช้ในการผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Photo scale enlargement)

การกำหนดเลือกมาตราส่วนภาพถ่ายทางอากาศทั้งในส่วนของการกราดภาพถ่ายและภาพถ่ายเชิงเลข เพื่อใช้ในการผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในแต่ละมาตราส่วน จะต้องเลือกใช้ไม่มากกว่าจำนวนเท่าของมาตราส่วนแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ คือ สำหรับคลาส 1 ไม่เกิน 6 เท่า คลาส 2 อยู่ระหว่าง 7 ถึง 8 เท่า และคลาส 3 อยู่ระหว่าง 9 ถึง 10 เท่า ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 14 ต่อไปนี้

ตารางที่ 14 ข้อกำหนดมาตราส่วนภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้เป็นแหล่งข้อมูล

มาตราส่วน แผนที่ภาพถ่าย ทางอากาศ	ระยะบน พื้นดิน (เมตร)	มาตราส่วนภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้เป็นแหล่งข้อมูล				
		คลาส 1	คลาส 2		คลาส 3	
		ใหญ่กว่า	อยู่ระหว่าง		อยู่ระหว่าง	
1: 4,000	0.50	1:24,000	1:24,000	1:32,000	1:32,000	1:40,000
1: 10,000	1.25	1:60,000	1:60,000	1:80,000	1:80,000	1:100,000
1: 25,000	3.13	1:150,000	1:150,000	1:200,000	1:200,000	1:250,000
1: 50,000	6.25	1:300,000	1:300,000	1:400,000	1:400,000	1:500,000

สำหรับในประเทศไทยจะมีการถ่ายภาพทางอากาศที่มาตราส่วนเล็กที่สุดเท่ากับ 1:50,000 โดยกรมแผนที่ทหาร ดังนั้นมาตราส่วน 1:50,000 จึงเป็นมาตราส่วนที่สามารถใช้ได้กับการผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:10,000 1:25,000 และ 1:50,000 ตามตารางข้างต้น โดยมีข้อห้ามว่า

การผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในคลาสที่ต่ำกว่า จะไม่สามารถนำไปใช้ขยายเพื่อเป็นแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในคลาสที่สูงกว่าหรือมาตราส่วนใหญ่ ถึงแม้จะใช้ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วนเดียวกัน เช่น ในการผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:10,000 กรณีใช้ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:20,000 ซึ่งเป็นการขยาย 2 เท่า จัดเป็นการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:10,000 ในระดับคลาส 1 แผนที่ภาพถ่ายทาง

อากาศดังกล่าวไม่สามารถนำไปขยายเป็นมาตราส่วน 1:4,000 คลาส 1 ได้ เนื่องจากขั้นตอนการผลิตมีเงื่อนไขที่แตกต่างกันในรายละเอียด เช่น ค่าระยะบนพื้นดินที่มาตราส่วน 1:10,000 หยิบกว่ามาตราส่วน 1:4,000 จึงทำให้ค่าความถูกต้องด้อยกว่ามาตราส่วน 1:4,000 เป็นต้น

10.4 การกราดภาพถ่ายทางอากาศ (Photo scanning)

- 1) การกราดต้องกราดจากแผ่นฟิล์มที่ได้จากการผลิตจากต้นฉบับครั้งแรกหรือครั้งที่สองเท่านั้น
- 2) เป็นการกราดจากแผ่นฟิล์มไม่ใช่จากม้วนฟิล์ม ไม่อนุญาตให้กราดจากภาพพิมพ์ (paper print) หรือภาพถ่าย (photo print)
- 3) แผ่นฟิล์มต้องสะอาดไม่มีรอยใด ๆ และปราศจากฝุ่น
- 4) เครื่องกราดต้องเป็นเครื่องกราดฟิล์มชนิดสำหรับงานโฟโตแกรม (photogrammetric scanner) เท่านั้น
- 5) เครื่องกราดต้องมีการวัดสอบตามข้อกำหนดของผู้ผลิตก่อนการจำหน่าย
- 6) ความถูกต้องของเครื่องกราดต้องไม่น้อยกว่า 1/3 ของขนาดจุดภาพ (pixel) ที่ความละเอียดของการกราด หรือดีกว่า
- 7) ค่าฮิสโตแกรม (histogram) ต้องตั้งเต็มช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 255 ของระดับสีเทา
- 8) สำหรับภาพขาวดำ (panchromatic images) ต้องเป็นระดับสีเทาแบบ 8 บิต และภาพสีเป็นระดับสี RGB แบบ 24 บิตในรูปแบบ TIFF
- 9) ภาพที่กราดได้ต้องปรากฏข้อมูลที่เกี่ยวข้องตามขอบภาพและจุดดัชนี (fiducial marks) ครบถ้วน
- 10) การกราดภาพต้องไม่มีการใช้เทคนิคใด ๆ ทำให้ภาพที่กราดได้ไม่เหมือนต้นฉบับ

10.5 ความละเอียดจุดภาพของการกราดภาพ (Scanning resolution)

เป็นการกำหนดความละเอียดของการกราดภาพถ่ายต้นฉบับ โดยกำหนดเป็นค่ามากที่สุดที่ยอมได้ในการกราดภาพจากเครื่องกราดฟิล์มชนิดสำหรับงานโฟโตแกรมโดยใช้กับภาพถ่ายทางอากาศที่ช่วงมาตราส่วนต่าง ๆ ของแต่ละคลาสตามตารางในหัวข้อ 10.3 ความละเอียดของการกราดกำหนดหน่วยเป็นไมครอน ดังแสดงตารางที่ 15 ต่อไปนี้

ตารางที่ 15 ข้อกำหนดความละเอียดจุดภาพของการกราดภาพ

มาตราส่วน แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ	ระยะบนพื้นดิน (เมตร)	ความละเอียดจุดภาพของการกราดภาพ (ไมครอน)		
		คลาส 1	คลาส 2	คลาส 3
		ไม่มากกว่า	ไม่มากกว่า	ไม่มากกว่า
1: 4,000	0.50	17.5	13	10.5
1: 10,000	1.25	17.5	13	10.5
1: 25,000	3.13	17.5	13	10.5
1: 50,000	6.25	17.5	13	10.5

สำหรับภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลข กำหนดให้ใช้ความละเอียดจุดภาพของการถ่ายภาพเชิงเลขตามตารางข้างบนเช่นเดียวกัน

10.6 การเลือกจุดบังคับภาพถ่าย (Photo control point)

10.6.1 ประเภทของจุดบังคับภาพถ่าย

จุดบังคับภาพถ่ายแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

- 1) จุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน (Ground Control Point, GCP) คือ จุดที่ทราบค่าพิกัดพื้นดินทั้งทางราบและ/หรือทางตั้ง ใช้สำหรับการขยายหมุดบังคับภาพถ่ายด้วยวิธีขยายจุดบังคับภาพถ่าย (aerial triangulation) ที่สามารถระบุตำแหน่งชี้ชัดได้ตรงกันบนภาพถ่ายทางอากาศ (well defined point) ค่าพิกัดได้จากการสำรวจรังวัดภาคสนาม (ground survey) และควรเป็นตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ราบจัดได้ 3 ประเภท คือ
 - จุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน 3 มิติ (x, y, h) (full ground control point)
 - จุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางราบ (x, y) (horizontal ground control point)
 - จุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางตั้ง (h) (vertical ground control point)
- 2) จุดผ่านภาพถ่าย (pass point) คือ จุดบังคับภาพถ่ายที่ต้องการทราบค่าพิกัด 3 มิติ เป็นจุดชี้ชัด (well defined point) และควรเป็นตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ราบซึ่งได้จากการทำซ้ำสามเหลี่ยมทางอากาศ โดยเป็นจุดที่ปรากฏบนส่วนซ้อนของภาพคู่ซ้อนในแนวนอนเดียวกัน
- 3) จุดโยงยึดภาพถ่าย (tie point) คือ จุดบังคับภาพถ่ายที่ต้องการทราบค่าพิกัด 3 มิติ เป็นจุดชี้ชัด (well defined point) และควรเป็นตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ราบซึ่งได้จากการขยายจุดบังคับภาพถ่าย โดยเป็นจุดที่ปรากฏบนส่วนเกยของภาพคนละแนวนอน

10.6.2 การวางตำแหน่งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน

การเลือกตำแหน่งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินของบล็อกภาพถ่ายสำหรับการขยายจุดบังคับภาพถ่าย จะอ้างอิงตามมาตรฐานความถูกต้องตามคลาสของชั้นงาน โดยกำหนดระยะความห่างของการวางตำแหน่งจุดบังคับทางราบและทางตั้งเป็นระยะฐานของรูปจำลองสามมิติ (bridging distance) เป็นระยะห่างที่ยอมรับได้ ดังตารางที่ 16 ต่อไปนี้

ตารางที่ 16 ข้อกำหนดระยะฐานของรูปจำลองสามมิติ

คลาสแผนที่	ค่ายอมรับของระยะฐานของรูปจำลองสามมิติ (คิดจากรูปจำลองสามมิติ)	
	ค่าสูงสุดของระยะห่างของจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางราบ	ค่าสูงสุดของระยะห่างของจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางตั้ง
1	4	3
2	5	4
3	6	5

การวางตำแหน่งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินในการขยายจุดบังคับภาพถ่าย มีแนวปฏิบัติ ดังนี้

- 1) ที่มุมบล็อกภาพถ่ายทุกมุม มีตำแหน่งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน 3 มิติ
- 2) ขอบบล็อกตามแนวนอน มีตำแหน่งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางราบและทางตั้ง หรือ 3 มิติ ตามเงื่อนไขคลาสของชั้นงาน
- 3) ภายในบล็อกภาพถ่ายทางอากาศต้องมีจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางราบ 1 จุด และทางตั้ง 2 จุด หรือ 3 มิติ 3 จุด เป็นอย่างน้อย บริเวณกึ่งกลางบล็อกภาพถ่ายทางอากาศ

- 4) ภายในบล็อกภาพถ่ายทางอากาศมีจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางราบตามแนวบินทุกแนวบินที่ห่างกันไม่เกินสองเท่าของระยะฐานของรูปจำลองสามมิติของจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางราบที่กำหนดตามเงื่อนไขคลาสของชั้นงาน
- 5) ภายในบล็อกภาพถ่ายทางอากาศมีจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางตั้งตามแนวบินทุกแนวบินที่ห่างกันไม่เกินสองเท่าของ ระยะฐานของรูปจำลองสามมิติของจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางตั้งที่กำหนดตามเงื่อนไขคลาสของชั้นงาน

10.6.3 การวางตำแหน่งจุดผ่านและจุดโยงยึดภาพถ่าย

การวางตำแหน่งจุดผ่านและจุดโยงยึดภาพถ่ายต้องวางให้อยู่ในบริเวณใกล้จุดमुखยสำคัญ (principal point) ให้มากที่สุด เพื่อให้สามารถปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศได้หลายใบโดยต้องเป็นจุดชัด (well defined point) และควรเป็นตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ราบ

10.7 การรังวัดพิกัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน

การรังวัดค่าพิกัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน เป็นไปตามมาตรฐานหมุดหลักฐานแผนที่ กรมแผนที่ทหาร

10.8 การควบคุมคุณภาพและความถูกต้องงานขยายจุดบังคับภาพถ่าย

- 1) การวัดค่าพิกัดภาพถ่าย ต้องวัดได้ละเอียดไม่น้อยกว่า 0.001 มิลลิเมตรการวัดซ้ำค่า RMSE ของการวัดซ้ำต้องไม่เกิน 0.004 มิลลิเมตร
- 2) การจัดภาพภายใน (interior orientation) ต้องวัดจุดดัชนี (fiducial marks) อย่างน้อย 4 จุด และคำนวณด้วยสมการ affine transformation แบบ least square adjustment (แนะนำให้วัด 8 จุด) โดยค่าเศษเหลือ (residual) หลังการคำนวณต้องไม่เกิน 0.020 มิลลิเมตร และต้องมีการตรวจแก้ความคลาดเคลื่อนมีระบบ (systematic errors) จากข้อมูลวัดสอบกล้อง ได้แก่ ตำแหน่งจุดमुखยสำคัญเทียบกับจุดศูนย์กลางดัชนี ความยาวโฟกัสวัดสอบ ความเพี้ยนของเลนส์ตามแนวรัศมีและแนวสัมผัส (radial and tangential lens distortions)
- 3) การคำนวณปรับแก้งานขยายจุดบังคับภาพถ่าย ใช้การคำนวณปรับแก้แบบ Bundle Adjustment โดยใช้สมการสภาวะร่วมเส้น (collinearity condition equations) โดยค่า standard deviation of unit weight หลังการปรับแก้ต้องไม่เกิน 1.5 เท่าของค่า standard deviation ของการวัดค่าพิกัดภาพถ่าย

10.9 การทำแบบจำลองข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศ (DTM)

การสร้างแบบจำลองข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศ (DTM) ต้องดำเนินการสร้างจากแบบจำลองสามมิติ (stereo model) ด้วยสถานีงานโฟโตแกรมเมตรี (photogrammetric workstation) โดยต้องจัดเก็บข้อมูลจุดระดับความสูงในลักษณะตารางกริด (DEM) และข้อมูลระดับความสูงของแนวเส้นที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศ (breaklines) ที่ละคู่ภาพสามมิติ (stereo pairs) หรือ แบบจำลอง (model) การสร้างแบบจำลองภูมิประเทศต้องสร้างด้วยวิธี TIN ที่บูรณาการข้อมูล breaklines ด้วยเท่านั้น

10.9.1 การควบคุมคุณภาพแบบจำลองข้อมูลระดับความสูงภูมิประเทศ (DTM)

ความหนาแน่นของการวัดข้อมูลจุดระดับความสูง ให้พิจารณาจากมาตราส่วนของแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศที่ต้องการ โดยพิจารณาจากลักษณะภูมิประเทศแบบพื้นที่ราบ ได้ดังนี้

- 1) ถ้ามีการขยายภาพไม่เกิน 3 เท่า ให้วัดจุดระดับความสูงทุก 4-8 มิลลิเมตรที่มาตราส่วนแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ
- 2) ถ้ามีการขยายภาพระหว่าง 3-8 เท่า ให้วัดจุดระดับความสูงทุก 8-16 มิลลิเมตรที่มาตราส่วนแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ
- 3) ถ้ามีการขยายภาพมากกว่า 8 เท่า ให้วัดจุดระดับความสูงทุก 12-24 มิลลิเมตรที่มาตราส่วนแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ
- 4) กรณีที่พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เป็นพื้นที่ภูเขา หรือมีการเปลี่ยนแปลงความลาดชันอย่างเห็นได้ชัด จะต้องวัดจุดระดับความสูงให้หนาแน่นหรือมีความถี่มากขึ้น
- 5) การวัดแนวเส้นที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศ (breaklines) ต้องทำการวัดแบบจำลองสามมิติ เส้นเหล่านี้ได้แก่ ทางน้ำไหล แนวสันเขา ขอบทาง ขอบแหล่งน้ำ ขอบอาคาร เป็นต้น
- 6) ให้มีการตรวจสอบแก้ไขความถูกต้องแบบจำลองจุดระดับความสูงด้วยการสร้างแบบจำลองภูมิประเทศแบบโครงข่ายสามเหลี่ยม (TIN) ทาบกับแบบจำลองสามมิติบนสถานีงานโปรแกรมมิติ

10.10 การตัดแก้ภาพถ่าย (Orthorectified)

การตัดแก้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเชิงเลขเพื่อสร้างแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศแต่ละรูป พื้นที่ข้อมูลภาพที่จะนำไปใช้ในการต่อภาพเพื่อประกอบขึ้นเป็นแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศต้องใช้บริเวณส่วนกลางของภาพ (effective area) คือ ตามแนวนอนหรือส่วนซ้อนให้ใช้ได้เท่ากับระยะครึ่งหนึ่งของระยะระหว่างจุดमुखสำคัญ (principal point) และจุดमुखสำคัญสังยุค (conjugated principal point) และตั้งฉากกับแนวนอนหรือส่วนเกยให้ใช้ได้เท่ากับระยะขนาดภาพครึ่งหนึ่งลบด้วยระยะครึ่งหนึ่งของส่วนเกย แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศที่ได้ต้องมีค่าพิกัด UTM ตามที่กำหนด

10.11 การต่อภาพ (Mosaicing)

การต่อภาพที่ผ่านการตัดแก้เป็นแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศต้องเลือกใช้เฉพาะส่วนกลางของภาพ (effective area) โดยการต่อภาพจะต้องไม่เป็นรอยต่อที่สังเกตเห็นได้ชัด มีการเกลี่ยโทนสีและความสว่างของภาพที่ต่อกันอย่างกลมกลืน ขนาดของแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานขนาดตารางของแต่ละมาตราส่วน

11. การบำรุงรักษาข้อมูล (Data maintenance)

การบำรุงรักษาข้อมูลควรมีการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบัน โดยมีวงรอบการปรับปรุงข้อมูลทุกๆ 3-5 ปี โดยสามารถดำเนินการเฉพาะพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด

12. การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล (Portrayal)

ไม่มีข้อกำหนดในส่วนนี้