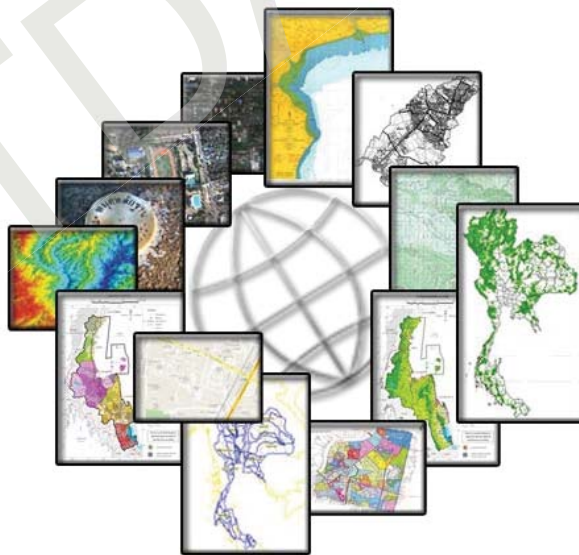


สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)



ข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ
คุณภาพ ของชุดข้อมูลภูมิศาสตร์พื้นฐาน
(Fundamental Geographic Data Set : FGDS)



เล่มที่ 1

GISTDA © 2013



ประกาศสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
เรื่อง การกำหนดมาตรฐานกลางสำหรับระบบสำรวจข้อมูลระยะไกลและระบบภูมิสารสนเทศ

เพื่อให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติข้อมูลข่าวสารของทางราชการ พ.ศ. 2540 อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 7 มาตรา 8 มาตรา 28 และมาตรา 29 แห่งพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) พ.ศ. 2543 จึงประกาศกำหนดมาตรฐานกลางสำหรับระบบสำรวจข้อมูลระยะไกลและระบบภูมิสารสนเทศ ในส่วนของข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ คุณภาพ ของชุดข้อมูลภูมิศาสตร์พื้นฐาน (Fundamental Geographic Data Set : FGDS) เพื่อให้ประชาชนได้มีโอกาสรับทราบข้อมูลข่าวสารได้ถูกต้อง ดังต่อไปนี้

1. ข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ คุณภาพ ของชุดข้อมูลภูมิศาสตร์พื้นฐาน (Fundamental Geographic Data Set : FGDS) เล่มที่ 1
2. ข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ คุณภาพ ของชุดข้อมูลภูมิศาสตร์พื้นฐาน (Fundamental Geographic Data Set : FGDS) เล่มที่ 2

ประกาศ ณ วันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2556



(นายอานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา)

ผู้อำนวยการ

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ

สารบัญหลัก

หน้า

สารบัญหลัก

1

คำนำ

2

มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศออร์โท

I

มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมออร์โท

II

มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ (DEM)

III

มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลหมวดหลักฐาน

IV

มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ

V

คำนำ

รายงาน มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (Fundamental Geographic Data Set, FGDS) ฉบับนี้ ประกอบด้วยชุดของ เอกสารมาตรฐานข้อกำหนดชุดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย จำนวน 13 ฉบับ สำหรับชั้นข้อมูล FGDS 13 ชั้นข้อมูล ซึ่งได้ถูกจัดทำขึ้นภายใต้ “โครงการจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ คุณภาพ ของชุดข้อมูลภูมิศาสตร์พื้นฐาน (FGDS) ตามมาตราส่วนหลักของประเทศ” ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยมีศูนย์บริการวิชาการ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นที่ปรึกษาดำเนินงาน

โครงการจัดทำมาตรฐานข้อมูล FGDS นี้ มีความเป็นมาสืบเนื่องจากการที่ คณะกรรมการภูมิสารสนเทศ แห่งชาติ (กษ.) ซึ่งเป็นองค์กรในระดับนโยบายของประเทศได้มีมติเห็นชอบให้ประเทศไทยดำเนินงานด้านการ พัฒนาภูมิสารสนเทศของชาติตามกรอบของระบบ NSDI โดยนโยบายของ กษ. ที่จะส่งเสริมให้เกิดการใช้ข้อมูล ร่วมกันได้กำหนดให้มีการศึกษาพัฒนามาตรฐานในด้านโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ คุณภาพ ของข้อมูลภูมิ สารสนเทศ เพื่อเป็นข้อกำหนดที่จะใช้ในการจัดทำชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ที่มีความหลากหลาย ของมาตราส่วนเพื่อให้มีความสอดคล้องกัน สำหรับการใช้งานของประเทศ ซึ่งจะมีการกำหนดให้แต่ละชั้นข้อมูล ควรมีหน่วยงานหลักเป็นเจ้าภาพในการจัดทำและบำรุงรักษาข้อมูลให้ทันสมัยพร้อมให้บริการสำหรับหน่วยงาน และผู้ใช้โดยทั่วไป เพื่อการใช้งานหรือพัฒนาต่อยอด

ชุดของมาตรฐานข้อกำหนดข้อมูล FGDS นี้ ประกอบด้วยเอกสารมาตรฐาน 13 ฉบับ แต่ละฉบับเป็น มาตรฐานข้อกำหนดสำหรับชั้นข้อมูล FGDS ซึ่งคณะกรรมการภูมิสารสนเทศแห่งชาติได้กำหนดไว้จำนวน 13 ชั้น ข้อมูล ได้แก่

- 1) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (ชื่อเดิม ชั้นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ)
- 2) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้ (ชื่อเดิม ชั้นข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม)
- 3) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DEM)
- 4) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลหมุดหลักฐานแผนที่
- 5) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลเขตชุมชน/อาคาร (ชื่อเดิม ชั้นข้อมูลเขตชุมชน)
- 6) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (ชื่อเดิม ชั้นข้อมูลการใช้ที่ดิน)
- 7) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลแหล่งน้ำ (ชื่อเดิม ชั้นข้อมูลแม่น้ำ ลำธาร แหล่งน้ำ)
- 8) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลเส้นทางคมนาคม
- 9) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลป่าไม้
- 10) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลเขตการปกครอง
- 11) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลแปลงที่ดิน
- 12) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลอุทกศาสตร์
- 13) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ (ชื่อเดิม ชั้นข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ)

โครงสร้างเนื้อหาของเอกสารมาตรฐานแต่ละฉบับ ประกอบด้วยข้อกำหนดลักษณะเฉพาะ (characteristics) ด้านต่าง ๆ ของชั้นข้อมูล FGDS โดยกำหนดโครงสร้างตามกรอบหลักการของมาตรฐานระหว่าง ประเทศ ISO19131 Geographic information – Data product specifications

มาตรฐาน
ข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS)

13 ชั้นข้อมูล

มาตรฐาน
ข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS)
ชั้นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศออร์โธ

สารบัญ

หน้า

1. บทนำ (Introduction).....	12-1
2. ภาพรวม (Overview) มาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ	12-1
2.1 ข้อเสนอเกี่ยวกับการจัดทำข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ข้อมูล	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 ฟอแมตของผลิตภัณฑ์ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ	12-15
8.3 การส่งมอบแผ่นพิมพ์แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ	12-15
8.4 การส่งมอบงานการผลิต ประกอบด้วย	12-16
8.5 แผนที่ดัชนีภาพถ่ายทางอากาศ	12-16
9. ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata).....	12-16

10. การสำรจนนำเข้าข้อมูล (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 การเลือกจุดบังคับภาพถ่าย (Photo control point)	12-25
10.6.1 ประเภทของจุดบังคับภาพถ่าย.....	12-25
10.6.2 การวางตำแหน่งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน	12-25
10.6.3 การวางตำแหน่งจุดผ่านและจุดโยงยึดภาพถ่าย.....	12-26
10.7 การรังวัดพิกัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน.....	12-26
10.8 การควบคุมคุณภาพและความถูกต้องงานขยายจุดบังคับภาพถ่าย	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 เป็นหนึ่งในชุดมาตรฐานข้อกำหนดชุดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย ซึ่งได้ถูกจัดทำขึ้นภายใต้โครงการศึกษาเพื่อจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานด้านโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ คุณภาพ ของชั้นข้อมูลภูมิศาสตร์พื้นฐาน (FGDS) ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยมีศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นที่ปรึกษาดำเนินงาน

โครงสร้างเนื้อหาของมาตรฐานฉบับนี้ ประกอบด้วยข้อกำหนดลักษณะเฉพาะ (characteristics) ด้านต่างๆ ของชั้นข้อมูล FGDS ตามกรอบหลักการของเอกสารข้อกำหนดข้อมูลที่กำหนดในมาตรฐานระหว่างประเทศ ISO19131 Geographic information – Data product specifications โดยได้มีการศึกษามาตรฐานแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในประเทศ 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) ที่สำคัญของข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศในฐานะชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศ 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 และเน้นในส่วน of ข้อกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อมูลภาพออร์โธผลลัพธ์

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 มาตราส่วน 1:4,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) = 0.50 เมตร มาตราส่วน 1:10,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) = 1.25 เมตร มาตราส่วน 1:25,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) = 3.13 เมตร มาตราส่วน 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

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

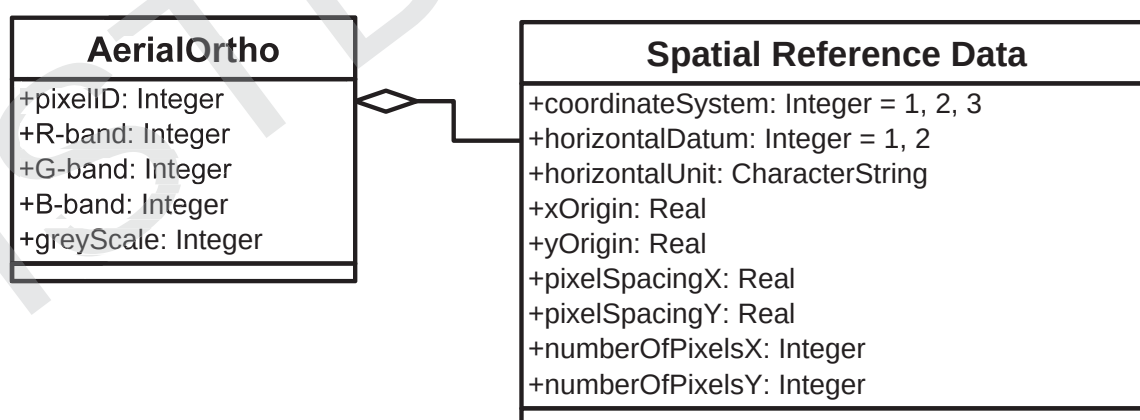
ชื่อ	ชนิด	คำอธิบาย	การบังคับ	หมายเหตุ
pixelID	Integer	หมายเลขประจำจุดภาพ เป็นหมายเลขเฉพาะที่ไม่ซ้ำกันในแต่ละไฟล์ข้อมูล	Mandatory	
R-band	Integer	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีแดง	Conditional	กรณีภาพสี
G-band	Integer	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีเขียว	Conditional	กรณีภาพสี
B-band	Integer	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีน้ำเงิน	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 มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6 ต่อไปนี้

ตารางที่ 6 รายการข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (Spatial reference data) ในชุดข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

ชื่อ	ชนิด	คำอธิบาย	การบังคับ	Domain / หมายเหตุ
coordinateSystem	Integer	รหัสบอกระบบพิกัดอ้างอิงของข้อมูลภาพ	Mandatory	1 = ระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซี 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 ในกรณีระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซี
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:	ข้อมูลจุดภาพของไฟล์ราสเตอร์ที่ใช้บันทึกข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ
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 ที่จัดทำโดย การทำงานรังวัดภาคพื้นดินด้วยวิธีสามเหลี่ยมและงานวงรอบ 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

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

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) พิกัดทางยิปโซเดซีหรือระบบพิกัด รูปทรงรี (geodetic or ellipsoidal coordinates) และพิกัดแผนที่ UTM (UTM map coordinates)

- 1) **ระบบพิกัดฉากยึดติดโลก** เป็นกรอบของแกนพิกัดฉาก ที่ผูกติดอยู่กับพื้นผิวโลก แกนพิกัดของระบบ ยึดติดโลกจึงหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับอัตราการหมุนรอบตัวเองของโลก ระบบพิกัดฉากยึดติด โลกบอกค่าพิกัดเป็น (x, y, z) มีนิยามดังนี้ คือ จุดกำเนิดของระบบอยู่ที่จุดมวลสารของโลก แกน z อยู่ในแนวแกนหมุนเฉลี่ยโลก โดยผ่านจุด CIO (Conventional International Origin) ระนาบ ศูนย์สูตร xy ตั้งฉากกับแกน z โดยมีแกน x อยู่ในแนวเมริเดียนกรีนิช ส่วนแกน y ตั้งฉากกับแกน x และแกน z ทำให้เกิดเป็นระบบพิกัดมือขวา
- 2) **ระบบพิกัดทางยิปโซเดซี** บอกค่าพิกัดเป็น (ϕ , λ , h) ระบบนี้ใช้รูปทรงรีที่เป็นตัวแทนสัณฐานของ โลกและเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการคำนวณ ดังนั้นรูปทรงรีนี้คือส่วนหนึ่งของพื้นหลักฐานทางยิปโซเดซีใน ข้อ 6.1 ข้างบนนั่นเอง มุมที่เส้นตั้งฉากกับพื้นผิวรูปทรงรีที่จุดใด ๆ P กระทำกับระนาบศูนย์สูตรคือค่า ละติจูด ϕ ของจุด P มุมระหว่างระนาบเมริเดียนที่ผ่าน P กับระนาบเมริเดียนกรีนิช คือค่า ลองจิจูด λ ของจุด P ส่วนระยะตามแนวเส้นตั้งฉากจากจุด P จนถึงพื้นผิวรูปทรงรี คือ ความสูง เหนือรูปทรงรี h
- 3) **ระบบพิกัดแผนที่ UTM** – UTM เป็นตัวย่อของ Universal Transverse Mercator เป็นวิธีการฉาย แผนที่ (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) เป็นความสูงที่ใช้อยู่โดยทั่วไปในงานรังวัด 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) ค่าความสูงยี่อเดซีนี้นับได้จากรูปจำลองยี่อเดซี 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%)

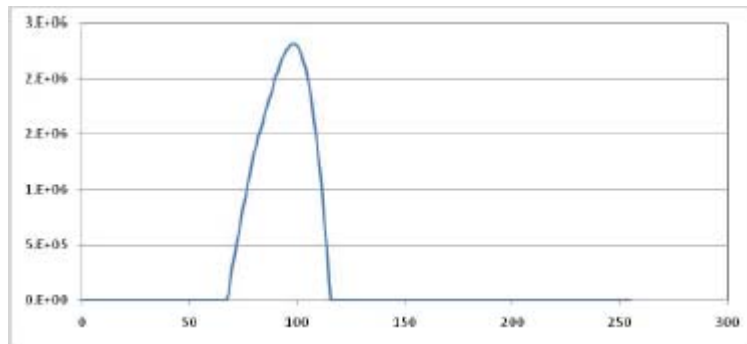
มาตราส่วนแผนที่	เกณฑ์ตรวจสอบความถูกต้องทางราบ (X) หรือ (Y) NSSDA (95%) (เมตร)		
	คลาส 1	คลาส 2	คลาส 3
1: 4,000	2.45	4.90	7.34
1: 10,000	6.12	12.24	18.36
1: 25,000	15.30	30.60	45.89
1: 50,000	30.60	61.19	91.79

โดยการตรวจสอบคุณภาพเชิงตำแหน่ง (spatial accuracy tests) กำหนดให้ใช้วิธีการตรวจสอบทางสถิติตามมาตรฐานความถูกต้องเชิงตำแหน่ง NSSDA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

7.2 คุณภาพความคมชัดของภาพในข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

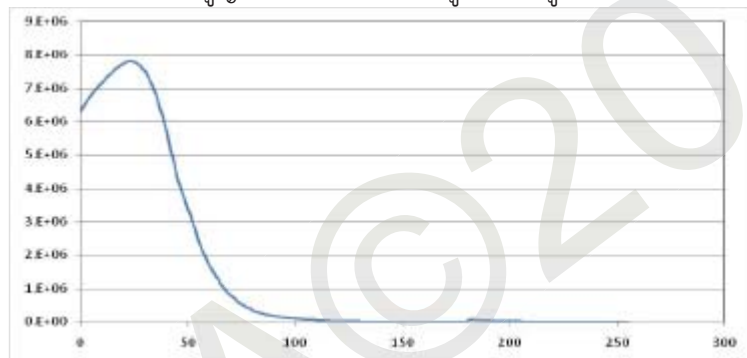
การตรวจสอบคุณภาพความคมชัดของข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศต้องมีคุณภาพเทียบเท่ากับภาพถ่ายทางอากาศต้นฉบับ ซึ่งควรมีความคมชัดเทียบเท่ากันโดยสามารถตรวจสอบได้จากสายตาและจากกราฟฮิสโตแกรม (histogram) ของข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเทียบกับภาพถ่ายทางอากาศต้นฉบับสิ่งสำคัญภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้ในการผลิตแต่ละภาพต้องไม่มีความแตกต่างของโทนสีอย่างเห็นได้ชัด เพราะจะทำให้ปรากฏรอยต่อบนแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศโดยสามารถพิจารณาการกระจายของกราฟซึ่งหากพบว่าภาพใดมีลักษณะฮิสโตแกรมที่ไม่ปกติ และแตกต่างจากต้นฉบับจะต้องไม่ยอมรับข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศนั้น ตัวอย่างเช่น

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



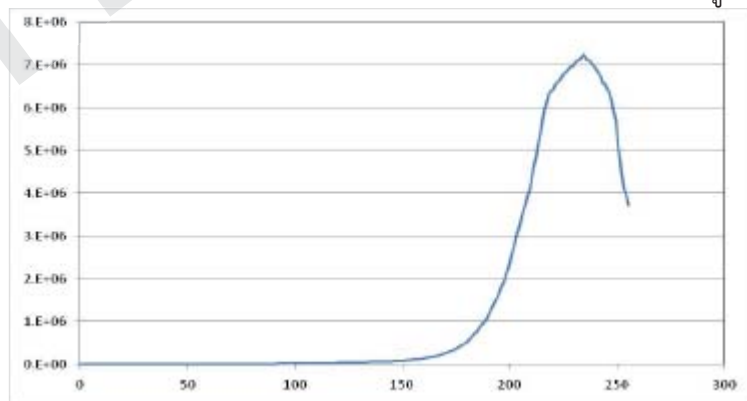
รูปที่ 2 ตัวอย่างฮิสโตแกรมที่แคบเกินไป(too skinny)

- 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 ความสม่เสมอต่อเนื่องกันบริเวณรอยต่อของภาพ 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 กองบัญชาการกองทัพไทยกรณีข้อมูลอยู่บนพื้นหลักฐาน 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 พอร์เมตของผลิตภัณฑ์ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

ข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศต้องส่งมอบในรูปแบบพอร์เมตของข้อมูลดังนี้

- พอร์เมต 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
- ที่อยู่ที่ติดต่อได้ของหน่วยงานที่รับผิดชอบ

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 นอกจากนั้นจะต้องมีรายการ 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 (ทางตั้ง 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 แฟ้ม	Optional	Boolean
1.2	language [0..*]	ภาษาที่ใช้ในสารบัญแฟ้ม ๆ	Optional	CharacterString
1.3	includeWithDataset	รหัสที่บอกว่าสารบัญ แฟ้ม ใดถูกใส่รวมไว้ใน ชุดข้อมูล	Mandatory	Boolean
1.4	featureTypes [0..*]	รายการรูปลักษณะข้อมูล ในสารบัญแฟ้ม ใด ปรากฏในชุดข้อมูล	Optional	GenericName
1.5	featureCatalogueCitation [1..*]	ข้อมูลอ้างอิงของสารบัญ แฟ้ม ภายนอก	Mandatory	CI_Citation
2	MD_CoverageDescription	ข้อมูลอธิบายคอเวอร์เรจ (กรณีข้อมูลแรสเตอร์)	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	มุมอิมิรของแสง	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	รหัสบอกถึงการทำ 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 องค์ประกอบ)	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 จะต้องมียารายการคำอธิบายข้อมูลตามที่กำหนดเพิ่มเติมขึ้น 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	ค่าพิกัดตะวันออกมุล่างซ้ายของระวาง	Mandatory	
24	nOrigin	ค่าพิกัดเหนือมุล่างซ้ายของระวาง	Mandatory	
25	eEnd	ค่าพิกัดตะวันออกมุลบนขวาของระวาง	Mandatory	
26	nEnd	ค่าพิกัดเหนือมุลบนขวาของระวาง	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

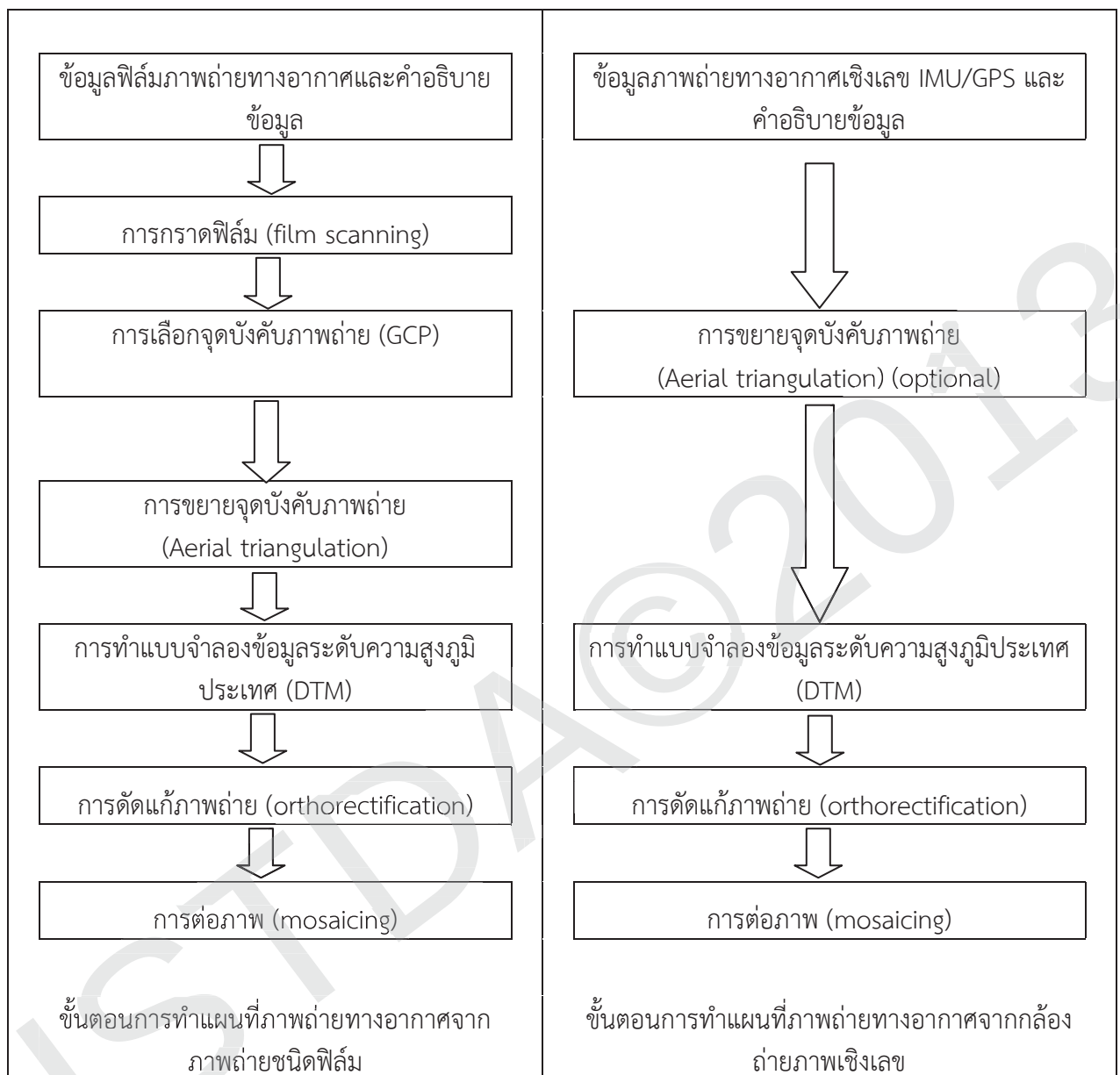
10. การสำรอนำเข้าข้อมูล (Data capture)

แหล่งข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศจะได้รับการกราดข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ หรือการถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพเชิงเลข ที่ผ่านการกระบวนการตัดแก้ (rectified) ผลกระทบจากการถ่ายภาพเอียง (tilted) และความสูงของภูมิประเทศ (relief displacement) ผลลัพธ์จากการกระบวนการผลิตแผนที่ 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 คิวเมนูส หรืออื่นๆในช่วงเวลาของการบินถ่ายภาพ โดยควรกำหนดให้กึ่งกรอบเวลาของการบินถ่ายภาพเป็นเวลาดวงอาทิตย์เที่ยงวัน ทั้งนี้สามารถตรวจสอบคำนวณเวลาและตำแหน่งมุมสูงของดวงอาทิตย์ได้จากเว็บไซต์ <http://aa.usno.navy.mil> กรณีที่มีหมอก คิวเมนูส หรืออื่นใด 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 จึงทำให้ค่าความถูกต้องต่ำกว่ามาตราส่วน 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) และควรเป็นตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ราบซึ่งได้จากการทำภาพถ่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ โดยเป็นจุดที่ปรากฏบนส่วนซ้อนของภาพคู่ซ้อนในแนวนอนเดียวกัน
- 3) จุดโยงยึดภาพถ่าย (tie point) คือ จุดบังคับภาพถ่ายที่ต้องการทราบค่าพิกัด 3 มิติ เป็นจุดชี้ชัด (well defined point) และควรเป็นตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ราบซึ่งได้จากการขยายจุดบังคับภาพถ่าย โดยเป็นจุดที่ปรากฏบนส่วนเกยของภาพคนละแนวนอน

10.6.2 การวางตำแหน่งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน

การเลือกตำแหน่งจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินของบล็อกภาพถ่ายสำหรับการขยายจุดบังคับภาพถ่าย จะอ้างอิงตามมาตรฐานความถูกต้องตามคลาสของชั้นงาน โดยกำหนดระยะความห่างของการวางตำแหน่งจุดบังคับทางราบและทางตั้งเป็นระยะฐานของรูปจำลองสามมิติ (bridging distance) เป็นระยะห่างที่ยอมให้ได้ 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) ภายในบล็อกภาพถ่ายทางอากาศมีจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางราบตามแนวนินทุกแนวนินที่ห่างกันไม่เกินสองเท่าของระยะฐานของรูปจำลองสามมิติของจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางราบที่กำหนดตามเงื่อนไขคลาสของชั้นงาน
- 5) ภายในบล็อกภาพถ่ายทางอากาศมีจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางตั้งตามแนวนินทุกแนวนินที่ห่างกันไม่เกินสองเท่าของ ระยะฐานของรูปจำลองสามมิติของจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดินทางตั้งที่กำหนดตามเงื่อนไขคลาสของชั้นงาน

10.6.3 การวางตำแหน่งจุดผ่านและจุดโยงยึดภาพถ่าย

การวางตำแหน่งจุดผ่านและจุดโยงยึดภาพถ่ายต้องวางให้อยู่ในบริเวณใกล้จุดमुखสำคัญ (principal point) ให้มากที่สุด เพื่อให้สามารถปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศได้หลายใบโดยต้องเป็นจุดชี้ชัด (well defined point) และควรเป็นตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ราบ

10.7 การรังวัดพิกัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน

การรังวัดค่าพิกัดจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน เป็นไปตามมาตรฐานหมวดหลักฐานแผนที่ 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) จากข้อมูลวัดสอบกลิ้ง ได้แก่ ตำแหน่งจุดमुखสำคัญเทียบกับจุดศูนย์กลางดัชนี 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) กรณีที่พื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เป็นพื้นที่ภูเขา หรือมีการเปลี่ยนแปลงความลาดชันอย่างเห็นได้ชัด จะต้องวัดจุดระดับความสูงให้หนาแน่นหรือมีความถี่มากขึ้น
- 5) การวัดแนวเส้นที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศ (breaklines) ต้องทำการวัดแบบจำลองสามมิติ เส้นเหล่านี้ได้แก่ ทางน้ำไหล แนวสันเขา ขอบทาง ขอบแหล่งน้ำ ขอบอาคาร เป็นต้น
- 6) ให้มีการตรวจสอบแก้ไขความถูกต้องแบบจำลองจุดระดับความสูงด้วยการสร้างแบบจำลองภูมิประเทศแบบโครงข่ายสามเหลี่ยม (TIN) ทาบกับแบบจำลองสามมิติบนสถานีงานโฟโตแกรมเมตรี

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 ขนาดของแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศให้เป็นไปตามมาตรฐานขนาดระวางของแต่ละมาตราส่วน

11. การบำรุงรักษาข้อมูล (Data maintenance)

การบำรุงรักษาข้อมูลควรมีการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบัน โดยมีวงรอบการปรับปรุงข้อมูลทุกๆ 3-5 ปี โดยสามารถดำเนินการเฉพาะพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด

12. การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล (Portrayal)

ไม่มีข้อกำหนดในส่วนนี้

มาตรฐาน

ข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS)

ชั้นข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมออร์โธ

สารบัญ

หน้า

1. บทนำ (Introduction).....	13-1
2. ภาพรวม (Overview) ของมาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้	13-1
2.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับข้อกำหนดชั้นข้อมูล FGDS นี้	13-1
2.2 นิยามศัพท์	13-2
2.3 อักษรย่อ	13-2
2.4 บทคัดย่อ	13-2
3. ขอบเขตของข้อกำหนด (Specification scopes)	13-3
4. ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product identification)	13-3
5. เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล (Data content and structure).....	13-4
5.1 ความหมายในภาพรวม	13-4
5.2 รายละเอียดเนื้อหาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้	13-4
5.2.1 ข้อมูลภาพ (image data).....	13-4
5.2.2 ข้อมูลประกอบที่มีใช้ตัวภาพ (non-image data).....	13-5
5.3 Feature Catalogue ของรายการข้อมูลในชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้.....	13-6
6. ระบบพิกัดอ้างอิง (Coordinate reference system)	13-10
6.1 พื้นหลักฐานทางยี่ห้อเดซี (Geodetic datum)	13-10
6.2 รูปแบบระบบพิกัด	13-11
6.3 ความสูง.....	13-11
7. ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล (Data quality)	13-12
7.1 ความถูกต้องทางตำแหน่ง (Positional accuracy)	13-12
7.2 คุณภาพข้อมูลค่าความสว่าง (Radiometric).....	13-13
7.3 ความครบถ้วนของข้อมูล (Data Completeness).....	13-13
8. การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product delivery)	13-13
8.1 ข้อกำหนดระวางภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้	13-13
8.2 รูปแบบในการส่งมอบผลิตภัณฑ์.....	13-14
9. ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata).....	13-14

สารบัญ

หน้า

10. การสำรวจจัดทำข้อมูล (Data capture).....	13-18
10.1 ภาพรวมแนวทางการสำรวจจัดทำข้อมูลภาพดาวเทียมดัดแก้.....	13-18
10.2 แหล่งข้อมูลที่ใช้จัดทำข้อมูลภาพดาวเทียมดัดแก้.....	13-20
10.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม	13-20
10.2.2 ข้อมูลจุดอ้างอิงหรือจุดควบคุมภาคพื้นดิน	13-20
10.3 กระบวนการดัดแก้ภาพถ่ายจากดาวเทียม.....	13-21
10.4 การทำ Resampling.....	13-21
10.5 การต่อภาพ (Image Mosaicing)	13-22
11. การบำรุงรักษาข้อมูล (Data Maintenance).....	13-22
12. การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล (Portrayal)	13-22

1. บทนำ (Introduction)

มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (Fundamental Geographic Data Set, FGDS) ชั้นข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมฉบับนี้ เป็นหนึ่งในชุดมาตรฐานข้อกำหนดชุดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย ซึ่งได้ถูกจัดทำขึ้นภายใต้โครงการศึกษาเพื่อจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานด้านโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ คุณภาพ ของชั้นข้อมูลภูมิศาสตร์พื้นฐาน (FGDS) ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยมีศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นที่ปรึกษาดำเนินงาน

โครงสร้างเนื้อหาของมาตรฐานฉบับนี้ ประกอบด้วยข้อกำหนดลักษณะเฉพาะ (characteristics) ด้านต่าง ๆ ของชั้นข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในฐานะของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศ โดยโครงสร้างหัวข้อของข้อกำหนดจะเป็นไปตามกรอบหลักการของเอกสารข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ข้อมูล (data product specifications) ที่กำหนดในมาตรฐานระหว่างประเทศ ISO19131 Geographic information – Data product specifications โดยได้มีการศึกษามาตรฐานแผนที่ภูมิประเทศในต่างประเทศ และวิธีการผลิตที่ได้ดำเนินการในประเทศไทยมาเป็นกรอบแนวในการพัฒนามาตรฐาน โดยอาศัยวิธีการทำการดัดแก้ภาพถ่ายจากดาวเทียม อ้างอิงมาตราส่วน 1:4,000 1:10,000 1:25,000 และ 1: 50,000 โดยข้อกำหนดมาตรฐานนี้อ้างอิงตามมาตรฐาน FGDC และการปฏิบัติงานของหน่วยงานในประเทศไทย

จากแนวคิดและหลักการของข้อมูล FGDS ที่จะต้องเป็นข้อมูลอ้างอิงทางตำแหน่งสำหรับการสำรวจ จัดสร้างชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่น ๆ ดังนั้นข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม จะต้องมีความแม่นยำและมาตรฐานเดียวกัน มีค่าพิกัดบนระบบอ้างอิง และในระบบพิกัดที่เป็นมาตรฐานของประเทศ และจะต้องมีความถูกต้องทางตำแหน่งตามเกณฑ์มาตรฐานแผนที่ โดยจะต้องผ่านกระบวนการดัดแก้ (rectification) เป็นอย่างน้อย ดังนั้น เพื่อให้เกิดความชัดเจนในความหมายของชั้นข้อมูล FGDS แผนที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมนี้ จึงจะเรียกชื่อชั้นข้อมูลนี้เป็น “ชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้” ตลอดในมาตรฐานนี้

2. ภาพรวม (Overview) ของมาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้

มาตรฐานข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้ ฉบับนี้ประกอบไปด้วยมาตรฐานของข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการกระบวนการดัดแก้ภาพถ่ายจากดาวเทียม ความถูกต้องของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้ตามมาตราส่วนหลักต่าง ๆ ของประเทศไทย นอกไปจากนี้มาตรฐานของข้อมูลและวิธีการต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในมาตรฐานฉบับนี้ บางส่วนสามารถหารายละเอียดได้ในเอกสารมาตรฐานอื่น ๆ

2.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับข้อกำหนดชั้นข้อมูล FGDS นี้

ชื่อข้อกำหนด : ข้อกำหนดของมาตรฐานข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้

วันที่จัดทำและเผยแพร่ข้อกำหนดนี้ : วันที่รายงานฉบับสมบูรณ์และร่างมาตรฐานได้รับการตรวจรับจาก สทอภ.

/ วันที่มีการนำไปประกาศใช้เป็นมาตรฐานฯ

ผู้รับผิดชอบในการจัดทำข้อกำหนดฉบับนี้ : คณะที่ปรึกษา คณะทำงานกลุ่มย่อยประสานงานการจัดทำมาตรฐานฯ กลุ่มพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานภูมิสารสนเทศแห่งชาติ สทอภ.

หัวข้อของชั้นข้อมูลภูมิศาสตร์ในมาตรฐานนี้ : imageryBaseMapsEarthCover

2.2 นิยามศัพท์

ได้มีการกำหนดนิยามศัพท์ที่สำคัญสำหรับมาตรฐาน FGDS ชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้ ไว้ดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 คำนิยามศัพท์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้

คำศัพท์	นิยามศัพท์
ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้	ภาพราสเตอร์ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการกระบวนการดัดแก้ทางด้านตำแหน่ง (geometric rectification) แล้ว
แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM)	ข้อมูลจุดความสูงเชิงเลขที่อธิบายค่าระดับความสูงของพื้นผิวภูมิประเทศ มักจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลราสเตอร์กริด
แผนที่ภาพถ่าย (Orthorectified Image)	ภาพถ่ายที่ผ่านการกระบวนการดัดแก้ (rectification) ความเพี้ยนของตำแหน่งที่เกิดจากการถ่ายภาพเอียง (tilted) และที่เกิดจากค่าแตกต่างความสูงของภูมิประเทศ (relief displacement) แล้ว
ระยะบนพื้นดิน (Ground Sample Distance, GSD)	ค่าความละเอียดของจุดภาพ (pixel) โดยแสดงเป็นค่าระยะทางบนพื้นดิน ระหว่างจุดภาพที่อยู่ติดกัน เป็นสเกลเลียมจัตุรัส

2.3 อักษรย่อ

คำย่อที่สำคัญ สำหรับมาตรฐาน FGDS ชั้นข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้ อธิบายความหมายไว้ในตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ความหมายของอักษรย่อในมาตรฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้

อักษรย่อ	ความหมาย
ASPRS	American Society for Photogrammetry and Remote Sensing
EPSG	European Petroleum Survey Group
FGDC	Federal Geographic Data Committee
GSD	Ground Sampling Distance
NSSDA	National Standard for Spatial Data Accuracy
RPC	Rational Polynomial Coefficient

2.4 บทคัดย่อ

มาตรฐานฉบับนี้เป็นมาตรฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้เพื่อใช้งานตามมาตรฐานแผนที่หลักของประเทศไทย ทั้งนี้ในมาตรฐานนี้จะเน้นไปที่ลักษณะเฉพาะของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้ที่เป็นข้อมูล FGDS ของประเทศไทย กระบวนการดัดแก้ภาพถ่ายดาวเทียม (rectification) เพื่อแก้ค่าคลาดเคลื่อนต่างๆของข้อมูลและทำให้ข้อมูลอยู่ในระบบพิกัดอ้างอิงที่ถูกต้อง สามารถนำไปใช้งานร่วมกับข้อมูลอื่นอันเป็นมาตรฐานของประเทศไทย นอกจากนี้มาตรฐานยังได้กำหนดค่าความถูกต้องทางตำแหน่งของข้อมูลภายหลังจากการดัดแก้ค่าให้เป็นไปตามชั้นความถูกต้องของงานตามมาตรฐานสากล รวมไปถึงข้อกำหนดต่าง ๆ เพื่อให้ข้อมูลผลลัพธ์ออกมาได้ตามมาตรฐานอีกด้วย

3. ขอบเขตของข้อกำหนด (Specification scopes)

มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ฉบับนี้จะใช้อธิบายลักษณะเฉพาะของข้อมูลดาวเทียมตัดแก้ที่จะสามารถใช้เป็นชุดข้อมูล FGDS ในระดับมาตราส่วนหลักของประเทศไทย และจะกล่าวถึงแนวทางในการจัดทำภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้จากภาพถ่ายจากดาวเทียม ทั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ที่มีค่าสะท้อนของพลังงานในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นเท่านั้น ไม่นับรวมข้อมูลจากช่วงความยาวคลื่นอื่น ๆ เช่น Infrared และ Microwave

มาตรฐานฉบับนี้กำหนดลักษณะเฉพาะของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ โดยเน้นไปที่ความถูกต้องทางตำแหน่งของข้อมูล ตามมาตราส่วนหลักของประเทศไทย ทั้งนี้ได้กำหนดบังคับวิธีการในการตัดแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม หากแต่เพียงแนะนำการเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม และข้อที่ต้องระวังต่าง ๆ นอกไปจากนี้ยังสนับสนุนให้ทำ orthorectifying ในกรณีที่มีข้อมูลอื่น ๆ เพียงพอในการทำงาน

4. ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product identification)

ส่วนนี้เป็นข้อสนเทศพื้นฐานที่ระบุจำแนกข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ ซึ่งประกอบด้วยรายการลักษณะเฉพาะพื้นฐานของชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ ดังตารางที่ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้

ชื่อ (Title)	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้
บทคัดย่อ (Abstract)	ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ หมายถึงข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการตัดแก้ผลกระทบและค่าคลาดเคลื่อนจากการโคจรของดาวเทียมและความสูงของภูมิประเทศ (Tilted and Relief Displacement) แล้ว และจัดเก็บในรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ที่มีข้อมูลเชิงตำแหน่งที่อ้างอิงกับระบบพิกัดโลกเรียบบรรยากาศแล้ว
กลุ่มประเภทของข้อมูล (Topic Category)	imageryBaseMapsEarthCover
คำอธิบายขอบเขตทางภูมิศาสตร์ (Geographic Description)	ทั่วประเทศ
ชื่ออื่น (alternate title)	
วัตถุประสงค์ (purpose)	มาตรฐานนี้สำหรับการผลิตข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศไทย โดยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลแผนที่ฐานเพื่ออ้างอิงตำแหน่งในการสำรวจจัดทำข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่น ๆ รวมทั้งอาจนำไปแปลความหมายให้ทราบประเภทสิ่งปกคลุมดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วย
ชนิดของการนำเสนอเชิงปริภูมิ (Spatial Representation Type)	ราสเตอร์

ตารางที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้

ความละเอียดเชิงพื้นที่ (spatial resolution)	กำหนดโดย ระยะบนพื้นดิน (Ground Sampling Distance, GSD) ดังนี้ มาตรฐานส่วน 1:4,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) ≤ 0.5 เมตร มาตรฐานส่วน 1:10,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) ≤ 1.25 เมตร มาตรฐานส่วน 1:25,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) ≤ 3.13 เมตร มาตรฐานส่วน 1:50,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) ≤ 6.25 เมตร มาตรฐานส่วน 1:250,000 จะมีระยะบนพื้นดิน (GSD) ≤ 31.25 เมตร
---	--

5. เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล (Data content and structure)

5.1 ความหมายในภาพรวม

ภาพถ่ายเทียมดัดแก้ในรูปแบบ raster เป็นกริดขนาดเท่ากันทั้งภาพเรียงกันตามแนวนอนเป็นแถว (row) และเรียงกันในแนวตั้งเป็นสดมภ์ (column) โดยที่จุดเริ่มต้นของการนับลำดับที่แถวและสดมภ์ของภาพเริ่มจากมุมบนซ้ายสุดของภาพ ที่จุดภาพ (pixel) เริ่มต้น (0,0) และนับต่อเนื่องไปตามแนวนอนจากซ้ายไปขวาและบนลงล่างสำหรับแนวตั้ง และแนวนอน ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อประกอบกันทั้งหมดแล้วภาพถ่ายเทียมดัดแก้ที่ได้จะต้องออกมาในรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่านั้น หากในตัวข้อมูลไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมดังกล่าวให้เพิ่มเติมจุดภาพเพื่อให้เต็มเป็นรูปสี่เหลี่ยมตามที่กำหนด โดยให้ค่าของจุดภาพนั้น ๆ เป็น void หรือไม่มีค่า หรือ ศูนย์ เป็นกรณี ๆ ไป และหากภาพเกิดจากการผสมของข้อมูลหลายช่วงความยาวคลื่น หรือที่เรียกว่า แบนด์ (band) หรือช่องสัญญาณ (channel) ก็สามารถให้จัดเก็บข้อมูลหลายแบนด์ดังกล่าวรวมอยู่ในไฟล์ ๆ เดียวกันได้

5.2 รายละเอียดเนื้อหาข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้

เนื้อหาข้อมูล (data content) ในชั้นข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ประกอบด้วยข้อมูลในรูปแบบราสเตอร์ ส่วนที่เป็นข้อมูลภาพ (image data) และส่วนที่เป็นข้อมูลประกอบที่มีใช้ตัวภาพ (non-image data) แต่เป็นข้อมูลอ้างอิงเชิงตำแหน่ง (spatial reference data) ให้กับข้อมูลภาพ ดังนี้

5.2.1 ข้อมูลภาพ (image data)

1) เนื้อหาข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ Panchromatic

กรณีข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ panchromatic ค่าข้อมูลของแต่ละจุดภาพ (pixel) จะเป็นค่าความสว่างของค่าสะท้อนพลังงานในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.4-0.7 ไมครอนเมตร หรือใกล้เคียง

2) เนื้อหาข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้สี

กรณีข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้สี ข้อมูลจะประกอบไปด้วยข้อมูลราสเตอร์ 3 แบนด์ดังนี้

- แบนด์สีน้ำเงิน มีค่าข้อมูลในแต่ละจุดภาพ เป็นค่าความสว่างของค่าสะท้อนพลังงาน ในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.4-0.5 ไมครอน หรือใกล้เคียง
- แบนด์สีเขียว มีค่าข้อมูลในแต่ละจุดภาพ เป็นค่าความสว่างของค่าสะท้อนพลังงาน ในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.5-0.6 ไมครอน หรือใกล้เคียง

- แบนด์สีแดง มีค่าข้อมูลในแต่ละจุดภาพ เป็นค่าความสว่างของจากค่าสะท้อนพลังงาน ในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.6-0.7 ไมครอน หรือใกล้เคียง

เนื้อหาข้อมูล (data content) ในชั้นข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ สามารถพิจารณาได้ว่าประกอบไปด้วยรูปลักษณะที่เป็นจุดภาพ (pixel) ซึ่งมีค่าข้อมูลลักษณะประจำคือค่าความสว่างของคลื่นแสงสีขาว (กรณีสภาพ panchromatic) หรือค่าความสว่างของแสงสีแดง เขียวและน้ำเงิน (กรณีสภาพสี) ซึ่งอาจถือว่าเป็นข้อมูลลักษณะประจำ (panchromatic attribute) หลักของชั้นข้อมูลนี้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4 รายการเนื้อหาข้อมูลลักษณะประจำของจุดภาพในชุดข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้

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

5.2.2 ข้อมูลประกอบที่มีใช้ตัวภาพ (non-image data)

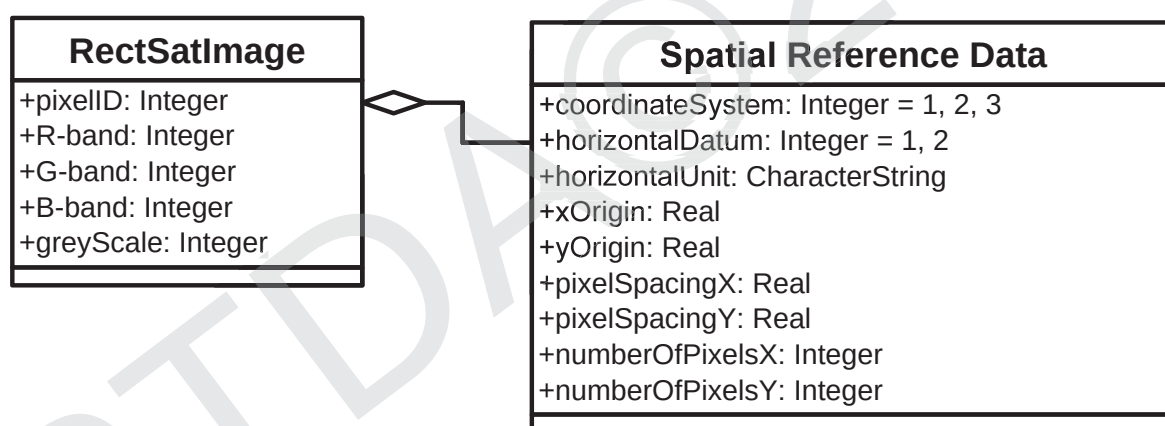
นอกจากเนื้อหาข้อมูลภาพซึ่งเป็นข้อมูลหลักข้างต้นแล้ว ยังจำเป็นต้องมีเนื้อหาข้อมูลประกอบซึ่งจำเป็นสำหรับใช้อ้างอิงในการใช้งานและแสดงเนื้อหาข้อมูลหลักดังกล่าว โดยเป็นข้อมูลที่อธิบายระบบอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatial reference system) ของไฟล์ข้อมูลจุดภาพ ในที่นี้จึงจะเรียกว่าข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (Spatial reference data) ข้อมูลนี้จะมีเพียง 1 ระเบียบข้อมูล (data record) สำหรับแต่ละไฟล์ข้อมูลภาพ ข้อมูลประเภทนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อ file header เนื้อหาของข้อมูล spatial reference data นี้มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5 ต่อไปนี้

ตารางที่ 5 รายการข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (Spatial reference data) ในชุดข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้

ชื่อ	ชนิด	คำอธิบาย	การบังคับ	Domain / หมายเหตุ
coordinateSystem	Integer	รหัสบอกระบบพิกัดอ้างอิงของข้อมูลภาพ	Mandatory	1 = ระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซี 2 = ระบบพิกัด UTM 47 3 = ระบบพิกัด UTM 48
horizontalDatum	Integer	รหัสพื้นหลักฐานอ้างอิงทางราบ	Mandatory	1 = WGS 84 2 = Indian 1975
horizontalUnit	Character String	หน่วยค่าพิกัดทางราบ	Mandatory	

ชื่อ	ชนิด	คำอธิบาย	การบังคับ	Domain / หมายเหตุ
xOrigin	Float	ค่าพิกัดทาง X ของจุดมุมล่างซ้าย	Mandatory	ค่า Easting ในกรณีค่าพิกัด UTM หรือค่า Longitude ในกรณีระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซี
yOrigin	Float	ค่าพิกัดทาง Y ของจุดมุมล่างซ้าย	Mandatory	Northing หรือ Latitude
pixelSpacingX	Float	ระยะห่างทาง X ระหว่างจุดภาพ	Mandatory	หน่วยองศาพิกัด หรือ เมตร
pixelSpacingY	Float	ระยะห่างทาง Y ระหว่างจุดภาพ	Mandatory	
numberOfPixelX	Integer	จำนวนจุดภาพในแนวแกน X	Mandatory	
numberOfPixelY	Integer	จำนวนจุดภาพในแนวแกน Y	Mandatory	

รายละเอียดโครงสร้างเนื้อหาของข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ สามารถนำเสนอในลักษณะ UML ได้ดังรูปที่ 1 ต่อไปนี้



รูปที่ 1 เนื้อหาข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ แสดงด้วย UML ในแบบ Class diagram

5.3 Feature Catalogue ของรายการข้อมูลในชั้นข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้

รายละเอียดเนื้อหาของข้อมูลภูมิศาสตร์ในชั้นข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ สามารถถูกอธิบายในลักษณะของ feature catalogue ตามมาตรฐาน ISO19110 ได้ดังนี้

Name:	ชั้นข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้
Scope:	แผนที่ฐาน
Field of application:	การอ้างอิงตำแหน่งเพื่อการสำรวจและการทำแผนที่
Version Number:	1.0 (โครงการจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา ลักษณะเฉพาะ คุณภาพของชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน)
Version Date:	15-ส.ค.-55
Definition source:	มาตรฐาน FGDS
Definition Type:	
Producer:	

Functional Language: XML

Feature Type

Name: OrthoSatellite

Definition: ข้อมูลจุดภาพของไฟล์ราสเตอร์ที่ใช้บันทึกข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้

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: INTEGER

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: R-band

Definition: ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีแดง

Code:

Value Data Type: INTEGER

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain: ค่า -9999 ใช้สำหรับจุดภาพที่ไม่ใช่เนื้อข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้

Feature Attribute

Name: G-band

Definition: ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีเขียว

Code:

Value Data Type: INTEGER

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain: ค่า -9999 ใช้สำหรับจุดภาพที่ไม่ใช่เนื้อข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้

Feature Attribute

Name: B-band

Definition: ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีน้ำเงิน

Code:

Value Data Type: INTEGER

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain: ค่า -9999 ใช้สำหรับจุดภาพที่ไม่ใช่เนื้อข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้

Feature Attribute

Name: greyScale

Definition: ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีขา (ระดับสีเทา)

Code:

Value Data Type: INTEGER

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain: ค่า -9999 ใช้สำหรับจุดภาพที่ไม่ใช่เนื้อข้อมูลภาพถ่ายเทียมตัดแก้

Feature Type

Name: SpatialReferenceData

Definition: ข้อมูลอ้างอิงเชิงตำแหน่งประกอบการใช้งานข้อมูลภาพถ่ายเทียมตัดแก้

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: FLOAT

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: yOrigin

Definition: ค่าพิกัดทาง Y ของจุดมุมล่างซ้าย

Code:

Value Data Type: FLOAT

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: pixelSpacingX

Definition: ระยะห่างระหว่างจุดภาพทาง X

Code:

Value Data Type: FLOAT

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: pixelSpacingY

Definition: ระยะห่างระหว่างจุดภาพทาง Y

Code:

Value Data Type: FLOAT

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) ของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศไทยนั้น ให้ใช้เป็น ระบบพิกัดอ้างอิง (coordinate reference system) โดยระบบพิกัดอ้างอิงแต่ละระบบจะประกอบด้วย องค์ประกอบ 2 ส่วนคือ

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

การเลือกใช้ระบบพิกัดอ้างอิงจึงขึ้นกับพื้นหลักฐานฯ และรูปแบบของค่าพิกัด และระบบพิกัดอ้างอิง สำหรับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศไทยทุกชั้นข้อมูล รวมถึงชั้นข้อมูลภาพดาวเทียมดัดแก้ นี้ สามารถเลือกกำหนดขึ้นจากพื้นหลักฐานทางยิออเดซี และรูปแบบระบบพิกัด ดังต่อไปนี้

6.1 พื้นหลักฐานทางยิออเดซี (Geodetic datum)

พื้นหลักฐานทางยิออเดซี (geodetic datum) หรือพื้นหลักฐานแผนที่ที่ใช้อ้างอิงสำหรับประเทศไทยมี 2 พื้นหลักฐาน คือ WGS 84 และ พื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 (Indian 1975)

WGS 84 เป็นพื้นหลักฐานสากลที่จัดทำขึ้นโดย Defense Mapping Agency (DMA) หรือปัจจุบันคือ National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้เป็นพื้นหลักฐานของดาวเทียม ระบบ GPS รูปทรงรีมีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Ellipsoid: "WGS 84"

Semi-major axis (a) = 6378137.0 m.

Flattening (f) = 1/298.257223563

EPSG: 4326

พื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 (Indian 1975) เป็นพื้นหลักฐานท้องถิ่นของประเทศไทย ที่จัดทำโดย การทำงานรังวัดภาคพื้นดินด้วยวิธีสามเหลี่ยมและงานวงรอบ รูปทรงรีมีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

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

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

ค่าพิกัดฉาก (x, y, z) เป็นค่าพิกัดในรูปแบบระบบพิกัดฉากยึดติดโลก ซึ่งอธิบายไว้ในหัวข้อต่อไป

อนึ่ง สมการแปลงค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐาน WGS 84 กับพื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 ข้างต้น กำหนดให้สำหรับใช้ในการแปลงค่าพิกัดที่ยังมิได้ผ่านการแปลงพื้นหลักฐานด้วยวิธีการหรือสมการอื่นมาแล้ว

เท่านั้น หากค่าพิกัดได้ผ่านการแปลงพื้นหลักฐานมาด้วยวิธีการหรือสมการแบบอื่นมา ก็จะต้องทำการแปลงกลับไปพื้นหลักฐานตั้งต้นด้วยวิธีการหรือสมการแบบเดิมก่อน

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) ของค่าพิกัดทางยิปโซเดซี

6.3 ความสูง

ความสูงที่เกี่ยวข้องมี 3 ชนิด คือ ค่าระดับ (elevation) ความสูงออร์โทเมตริก (orthometric height) และความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height)

ความสูงที่ใช้อยู่โดยทั่วไปในงานรังวัดคือ ค่าระดับ เป็นความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL) ถือได้ว่าเป็นตัวแทนของความสูงเหนือยิปโซออยด์ H หรือความสูงออร์โทเมตริก ดังนั้นถ้าระดับทะเลปานกลางที่สร้างขึ้นมาเป็นตัวแทนของยิปโซออยด์อย่างถูกต้อง จะได้ค่าระดับเท่ากับความสูงออร์โทเมตริก

ในการคำนวณค่าพิกัดที่ใช้รูปทรงรีเป็นพื้นผิวอ้างอิงได้ค่าพิกัดตำแหน่งทางราบเป็นละติจูดและลองจิจูดทางยิปโซเดซี (ϕ, λ) และมีความสูงของจุดนั้นเป็นความสูงเหนือรูปทรงรี h ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงออร์โทเมตริกและความสูงเหนือทรงรี คือ

$$h = H + N$$

ค่า N ในสมการข้างบนเรียกว่า ความสูงยิปโซออยด์ (geoidal height) ค่าความสูงยิปโซออยด์นี้คำนวณได้จากรูปจำลองยิปโซออยด์ เช่น EGM2008

รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบพิกัดอ้างอิงข้างต้น มีอธิบายเพิ่มเติมไว้ในเอกสารมาตรฐานข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลหลักฐานแผนที่
ทั้งนี้พิกัดที่ระบุตำแหน่งของจุดภาพให้วัดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของจุดภาพ

7. ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล (Data quality)

7.1 ความถูกต้องทางตำแหน่ง (Positional accuracy)

ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งของข้อมูลภาพถ่ายเทียมตัดแก้จะอ้างอิงตามมาตรฐาน ASPRS โดยแบ่งออกเป็น 3 คลาส คือ คลาส 1, 2 และ 3 ซึ่งเป็นเกณฑ์ความถูกต้องทางราบ (X) หรือ (Y) (limiting RMSE) หรือคิดเป็นระดับความเชื่อมั่น 95% ตามมาตรฐาน NSSDA โดยมาตรฐานนี้จะไม่แสดงค่าในคลาสที่มีเกณฑ์ความถูกต้องน้อยกว่าคลาสของมาตราส่วนเล็กลงกว่า ดังแสดงในตารางที่ 6 ต่อไปนี้

ตารางที่ 6 เกณฑ์ความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบ ของข้อมูล FGDS ภาพถ่ายเทียมตัดแก้

มาตราส่วน ข้อมูลภาพถ่ายเทียมตัดแก้	เกณฑ์ความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบ NSSDA (m.)		
	คลาส 1	คลาส 2	คลาส 3
1:4,000	2.45	4.90	7.34
1:10,000	6.12	12.24	56.43
1:25,000	15.30	30.60	45.90
1:50,000	30.60	61.20	91.80
1:250,000	153	306.00	459.00

การตรวจสอบความถูกต้องให้ดำเนินการตามมาตรฐานการตรวจสอบ FGDC.STD-007.3-1998 โดยกำหนดให้วิธีการตรวจสอบความถูกต้องทางตำแหน่งใช้ค่า Root Mean Square Error, RMSE เป็นค่าในการตรวจสอบความถูกต้อง ทั้งนี้ความถูกต้องจะต้องรายงานเป็นระยะบนพื้นดินที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งหมายความว่าจุดที่ใช้ในการตรวจสอบเทียบกับจุดอ้างอิง จะต้องมีความถูกต้อง RMSE ไม่เกินค่าจากตารางข้างต้นตามมาตราส่วนจำนวนไม่น้อย 95% ของจุดที่ใช้ในการตรวจสอบทั้งหมด

ทั้งนี้ในแต่ละมาตราส่วนของข้อมูลดาวเทียมที่จะนำมาตัดแก้จะต้องมีความละเอียดของจุดภาพของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ให้กำหนดจากค่าของขนาดจุดภาพที่เป็นระยะจริงบนพื้นดินที่เรียกว่า Ground Sampling Distance (GSD) โดยกำหนดความสัมพันธ์ของ GSD กับมาตราส่วนของแผนที่ภาพถ่ายดังตารางที่ 7 ต่อไปนี้

ตารางที่ 7 ข้อกำหนดระยะบนพื้นดินของข้อมูล FGDS ภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้

มาตราส่วน ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้	ระยะบนพื้นดิน (เมตร)
1:4,000	0.50
1:10,000	1.25
1:25,000	3.13
1:50,000	6.25
1:250,000	31.25

7.2 คุณภาพข้อมูลค่าความสว่าง (Radiometric)

ค่าความสว่างของจุดภาพอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าความสว่างของจุดภาพเดิมในภาพถ่ายจากดาวเทียมต้นฉบับ เนื่องจากกระบวนการต่าง ๆ ในการผลิตภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ ทั้งนี้ต้องมีมาตรการในการควบคุมมิให้ค่าความสว่างของจุดภาพมีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเดิม เนื่องจากก่อนที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่นำใช้ในการทำภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ นั้น ได้มีการปรับแก้ค่าความสว่างจากกระบวนการผลิตของบริษัทถ่ายดาวเทียมอยู่แล้ว การทำการใดๆเพิ่มเติมให้การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างจะทำให้ค่าความสว่างที่ได้ผิดไปจากความเป็นจริงมากเกินไป การพิจารณาว่าภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้ทางด้านความสว่างของจุดภาพแล้วมีการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยไปนั้น ให้พิจารณาภาพก่อนและหลังจากปรับแก้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรด้วยตา หากเห็นการเปลี่ยนแปลงมากผิดปกติให้ พิจารณาจากฮิสโทแกรม (histogram) และค่าทางสถิติของภาพทั้งสองว่าเปลี่ยนแปลงไปมากหรือน้อยไปอย่างไรให้อธิบายในรูปแบบของ Radiometric Accuracy Verification

7.3 ความครบถ้วนของข้อมูล (Data Completeness)

การพิจารณาความครบถ้วนของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ นั้นให้ใช้การพิจารณาด้วยตาเปล่าเป็นลำดับแรก ว่ามีการสูญหายของข้อมูล หรือความไม่ครบถ้วนของข้อมูลในส่วนใดของภาพบ้าง หากตรวจพบจะต้องรายงานในคำอธิบายข้อมูล (metadata) ด้วย

นอกจากนี้จะต้องพิจารณาปริมาณของเมฆ ที่มีอยู่ในภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ด้วย โดยทั่วไปปริมาณของเมฆและเงาของเมฆจะต้องไม่เกิน 10% ของปริมาณข้อมูลภาพทั้งหมด และจะต้องไปอยู่ในบริเวณที่ไม่สำคัญของภาพด้วย เช่นเมฆหรือเงาของเมฆที่มีอยู่ในภาพบริเวณที่เป็นพื้นน้ำ อาจจะเป็นที่ยอมรับได้ หากไม่ได้อยู่ครอบคลุมบริเวณแนวเขตน้ำเป็นต้น

8. การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product delivery)

8.1 ข้อกำหนดระวางภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้

รูปแบบการส่งมอบผลิตภัณฑ์ชั้นข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ทั้งที่อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ และแผ่นพิมพ์ให้อ้างอิงระบบระวางแผนที่ ดังนี้

- 1) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตัดแก้ มาตราส่วน 1:50,000 ให้ใช้ระบบการกำหนดชื่อและหมายเลขระวางแผนที่เป็นไปตามเกณฑ์ของกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทยกรณีข้อมูลอยู่บนพื้น

หลักฐาน Indian 1975 ให้ใช้ระบบระวางแผนที่ L7017 และกรณีข้อมูลอยู่บนพื้นหลักฐาน WGS84 ให้ใช้ระบบระวางแผนที่ L7018

- 2) ข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ มาตราส่วน 1:25,000 ให้ใช้ระบบการกำหนดชื่อและหมายเลขระวางแผนที่เป็นไปตามเกณฑ์ของกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย
- 3) ข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ มาตราส่วน 1:10,000 ให้ใช้ระบบการกำหนดชื่อและหมายเลขระวางแผนที่เป็นไปตามเกณฑ์ของกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย
- 4) ข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ มาตราส่วน 1:4,000 ให้ใช้ระบบการกำหนดชื่อและหมายเลขระวางแผนที่เป็นไปตามเกณฑ์ของกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย

8.2 รูปแบบในการส่งมอบผลิตภัณฑ์

การส่งมอบข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ ให้ส่งมอบในฟอร์แมต GeoTiff โดยเฉพาะที่จะต้องไม่ใช้รูปแบบของไฟล์ที่จะทำให้เกิดความสูญเสียของข้อมูลเนื่องจากการบีบอัด

ทั้งนี้รูปแบบที่ทำการจัดเก็บจะต้องรองรับการจัดเก็บข้อมูลตำแหน่งและข้อมูลประกอบอื่นๆได้อย่างครบถ้วน และจะต้องรองรับรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลที่ไม่น้อยกว่า 8-bit binary

9. ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata)

คำอธิบายข้อมูล (metadata) สำหรับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO19115 และ ISO19115-2 โดยต้องมีรายการ metadata ครบตามรายการ core metadata ที่กำหนดในมาตรฐาน ISO19115 ตามรายการที่ 1-23 ในตาราง 8 นอกจากนั้นจะต้องมีรายการ metadata ที่อธิบายเนื้อหาของชุดข้อมูล (data content) และคุณภาพของชุดข้อมูล (data quality) ตามตารางที่ 9 และ 10 ด้วย

ตารางที่ 8 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
8	Scale of the dataset	มาตราส่วนชุดข้อมูล	Optional	MD_Resolution

ตารางที่ 8 รายการ Metadata ของชุดข้อมูล FGDS

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล/ค่าโดเมน
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 (ทางตั้ง 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 9 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 แฟ้ม	Optional	Boolean
1.2	language [0..*]	ภาษาที่ใช้ในสารบัญแฟ้ม ๆ	Optional	CharacterString
1.3	includeWithDataset	รหัสที่บอกว่าสารบัญ แฟ้มๆ ได้ถูกใส่รวมไว้ใน ชุดข้อมูล	Mandatory	Boolean
1.4	featureTypes [0..*]	รายการรูปลักษณะข้อมูล ในสารบัญแฟ้มๆ ที่ ปรากฏในชุดข้อมูล	Optional	GenericName
1.5	featureCatalogueCitation [1..*]	ข้อมูลอ้างอิงของสารบัญ แฟ้มๆ ภายนอก	Mandatory	CI_Citation
2	MD_CoverageDescription	ข้อมูลอธิบายคอเวอร์เรจ (กรณีข้อมูลแรสเตอร์)	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	มุมอิมิรของแสง	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	Optional	MD_Identifier

ตารางที่ 9 รายการ metadata สำหรับอธิบายเนื้อหาข้อมูล (MD_ContentInformation)

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล/ค่าโดเมน
		ประมวลผลข้อมูล		
3.7	compressionGeneration Quantity	จำนวนรอบการบีบอัด ของข้อมูล	Optional	Integer
3.8	triangulationIndicator	รหัสบอกถึงการทำการ 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 10 รายการ metadata สำหรับอธิบายคุณภาพข้อมูล (DQ_DataQuality)

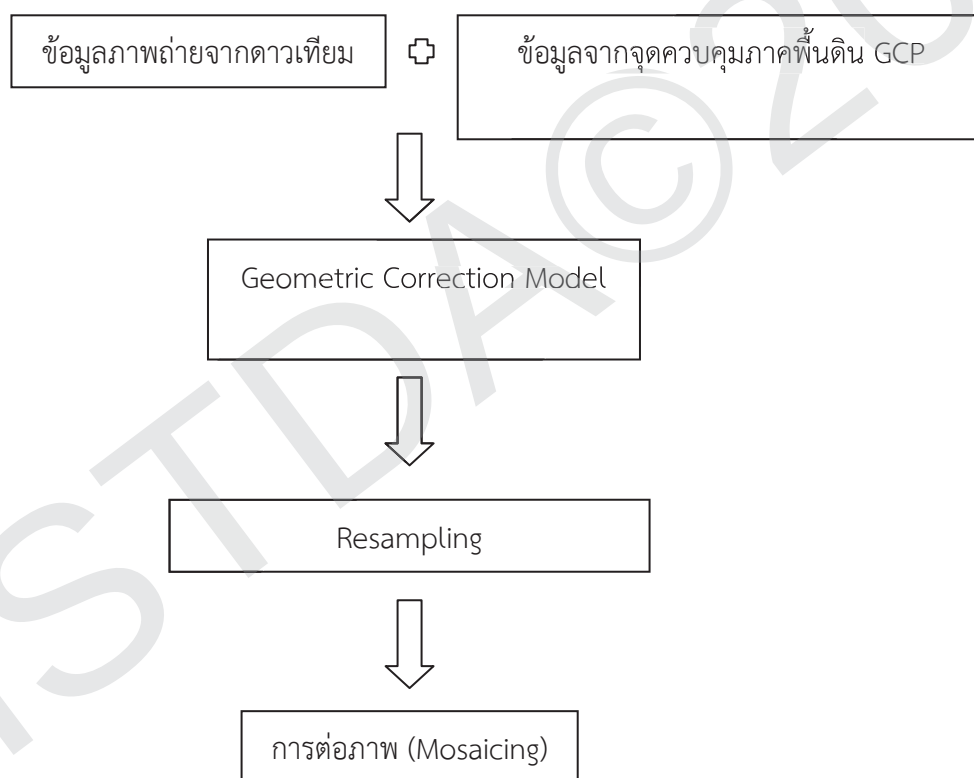
ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล
1	Data Quality Scope	ขอบเขตของคุณภาพ	Mandatory	DQ_Scope
2	DQ_Element [0..*]	องค์ประกอบคุณภาพข้อมูล (รายงาน ได้ หลาย องค์ประกอบ)	Mandatory	รายการที่ 2.1 – 2.7
2.1	nameOfMeasure [0..*]	ชื่อตัวชี้วัดคุณภาพข้อมูล	Optional	Char (Free text)
2.2	measuredIdentification [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

คำอธิบายข้อมูล (metadata) สำหรับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้ให้จัดทำขึ้นในรูปแบบ XML ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ISO19139

10. การสำรวจจัดทำข้อมูล (Data capture)

10.1 ภาพรวมแนวทางการสำรวจจัดทำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้

เนื่องด้วยเทคโนโลยีของดาวเทียมทุกวันนี้มีหลากหลายและแตกต่างกันอย่างมากซึ่งส่งผลให้วิธีการดัดแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมีความหลากหลายในวิธีการทำงาน มาตรฐานฉบับนี้มีได้บังคับวิธีการดัดแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมวิธีใดวิธีเดียว แต่หากต้องการให้คำแนะนำในการใช้เทคนิคในการดัดแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้เหมาะสมกับข้อมูลที่ได้มาและให้ได้ความถูกต้องตรงตามมาตรฐานที่ระบุข้างต้น โดยที่ขนาดของจุดภาพและลักษณะของ sensor ของดาวเทียมจะเป็นตัวหลักในการเลือกเทคนิคการดัดแก้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม แต่นอกจากเกณฑ์ความถูกต้องตามมาตรฐานแล้ว เพื่อให้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้มีมาตรฐานเดียวกันไม่ว่าจะใช้วิธีการหรือเทคนิคใด ๆ มีความถูกต้องเท่ากันจึงได้กำหนดค่า RMSE สำหรับขั้นตอนกระบวนการดัดแก้ไว้ในมาตรฐานนี้ด้วยรูปที่ 2 แสดงผังขั้นตอนการทำงานในการจัดทำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้



รูปที่ 2 ผังขั้นตอนการจัดทำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดัดแก้

ข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ยังไม่ผ่านการปรับแก้ ๆ ใด ๆ นั้น สามารถที่จะมีค่าผิดพลาดและหรือค่าคลาดเคลื่อนทางด้านทางตำแหน่งหรือที่เรียกว่าความเพี้ยนเชิงตำแหน่งหรือความเพี้ยนเชิงเรขาคณิต (geometric distortion) จึงต้องนำมาผ่านกระบวนการปรับแก้ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการทำให้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ได้มาให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้นทั้งในทางเรขาคณิต (geometry) เพื่อขจัดค่าคลาดเคลื่อน และค่าผิดพลาดจากกระบวนการเก็บข้อมูลของดาวเทียม

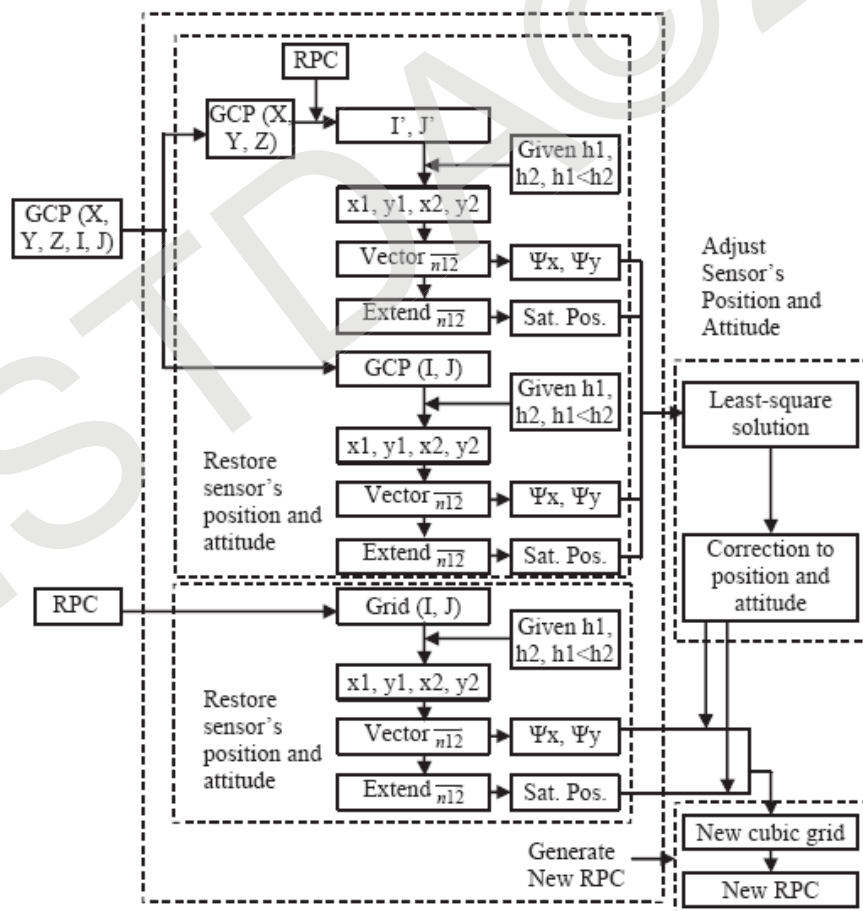
การปรับแก้ทางตำแหน่งนี้จะต้องปรับแก้ทั้งค่าคลาดเคลื่อนและค่าผิดพลาด ทั้งนี้รูปแบบที่เป็นค่าคลาดเคลื่อนที่เป็นระบบ และแบบสุ่มออกให้หมดตรงตามคุณสมบัติความถูกต้องของภาพถ่ายเทียมตัดแก้ที่ต้องการ ค่าคลาดเคลื่อนและค่าผิดพลาดดังกล่าวนี้สามารถปรับแก้ได้หลายวิธีการ

ทั้งนี้วิธีการ Nearest neighbour, Bilinear interpolation และ Cubic convolution resampling จะถูกนำมาใช้ในการปรับแก้ค่า digital value ของแต่ละจุดภาพให้เข้ากับค่าพิกัดของจุดภาพใหม่หลังจากทำการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนแล้ว การทำ resampling ในรูปแบบของ Cubic convolution นั้นเป็นรูปแบบที่แนะนำให้ใช้หลังจากการทำการแก้ค่าคลาดเคลื่อนทางด้านทางตำแหน่ง (geometric corrections) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แต่สามารถใช้วิธีการอื่นๆได้ตามความเหมาะสมของผู้ใช้งานแล้วแต่กรณีไป

นอกจากนี้การใช้เทคนิค Sensor Model สำหรับข้อมูลภาพถ่ายเทียมรายละเอียดสูง หากสามารถหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของดาวเทียมนั้น ๆ ได้ หรือการใช้วิธีการ Rational Polynomial Coefficient, RPC (ดังตัวอย่างในรูปภาพที่ 3) เช่นในกรณีของข้อมูลจากดาวเทียม Quickbird หรือ Ikonos สามารถใช้ในกระบวนการตัดแก้ได้ รวมไปถึงวิธีการและเทคนิคอื่นๆที่เป็นที่ยอมรับด้วย

โดยทั้งนี้ไม่ว่าจะกระทำการตัดแก้ข้อมูลภาพถ่ายเทียมด้วยเทคนิคใด ๆ ก็ตามเพื่อให้ได้ตามข้อกำหนดในมาตรฐานความถูกต้องข้างต้นแล้วนั้น ในขั้นตอนการทำการตัดแก้กันนั้นจะต้องให้ได้ค่า RMSE ไม่เกินกว่า 1 pixel ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้น ๆ

รูปภาพที่ 3 Flow chart วิธีการปรับแก้โดยใช้ วิธีการ RPC



การปรับแก้กระทำเพื่อให้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมีค่าพิกัด อยู่ในระบบพิกัดอ้างอิงตรงตามระบบมาตรฐานของประเทศ ทั้งนี้หากข้อมูลที่ได้มาอยู่ในระบบที่เป็นมาตรฐานอยู่แล้วนั้นการตัดแก้ก็ไม่จำเป็นต้องทำ

นอกจากนี้หากสามารถหาข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความถูกต้องเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการทำ orthorectify ได้ มาตรฐานนี้สนับสนุนให้ทำ orthorectify ข้อมูลภาพถ่ายเทียมนั้นๆ โดยที่จะต้องได้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งตามที่มาจากรฐานกำหนดไว้ให้ได้เช่นกัน

10.2 แหล่งข้อมูลที่ใช้จัดทำข้อมูลภาพถ่ายเทียมตัดแก้

10.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่จะนำมาทำการตัดแก้จำเป็นต้องมีลักษณะเฉพาะในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- เป็นข้อมูลเชิงเลขในรูปแบบราสเตอร์
- มีความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial resolution) หรือระยะบนพื้นดิน (GSD) เป็นไปตามข้อกำหนดค่าระยะบนพื้นดินของข้อมูลภาพถ่ายเทียมตัดแก้ในแต่ละมาตราส่วน ในมาตรฐานนี้
- ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ที่นำมาจัดทำข้อมูลภาพถ่ายเทียมตัดแก้จะต้องถูกจัดเก็บมา และนำมาแสดงได้ในรูปแบบข้อมูลที่ไม่น้อยกว่า 8-bit binary radiometric resolution
- มีเนื้อหาข้อมูลในแต่ละจุดภาพเป็นค่าความสว่างของค่าสะท้อนพลังงานในช่วงของความยาวช่วงคลื่นตามข้อกำหนดเนื้อหาข้อมูลภาพถ่ายเทียมตัดแก้ คือ
 - กรณีนำมาจัดทำข้อมูลภาพถ่ายเทียมตัดแก้ Panchromatic ต้องเป็นภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีข้อมูลในแต่ละจุดภาพเป็นค่าความสว่างของค่าสะท้อนพลังงานในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.4-0.7 ไมครอนเมตร หรือใกล้เคียง
 - กรณีนำมาจัดทำข้อมูลภาพถ่ายเทียมตัดแก้แบบ Panchromatic ต้องเป็นภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ประกอบด้วยข้อมูล 3 แบนด์ คือ
 - แบนด์สีน้ำเงิน มีค่าข้อมูลในแต่ละจุดภาพ เป็นค่าความสว่างของจากค่าสะท้อนพลังงาน ในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.4-0.5 ไมครอน หรือใกล้เคียง
 - แบนด์สีเขียว มีค่าข้อมูลในแต่ละจุดภาพ เป็นค่าความสว่างของจากค่าสะท้อนพลังงาน ในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.5-0.6 ไมครอน หรือใกล้เคียง
 - แบนด์สีแดง มีค่าข้อมูลในแต่ละจุดภาพ เป็นค่าความสว่างของจากค่าสะท้อนพลังงาน ในช่วงของความยาวช่วงคลื่นประมาณ 0.6-0.7 ไมครอน หรือใกล้เคียง
 - อนุโลมให้ใช้ภาพที่ผ่านเทคนิค Pan-sharpening มาใช้งานได้ด้วย
- เป็นภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ถูกจัดเก็บในช่วงเวลา และฤดูกาลที่เหมาะสม ที่ทำให้ได้ภาพที่มีเนื้อหาของข้อมูลเหมาะสมสอดคล้องกับการทำหน้าที่เป็นข้อมูล FGDS ของประเทศ

10.2.2 ข้อมูลจุดอ้างอิงหรือจุดควบคุมภาคพื้นดิน

จุดอ้างอิงหรือจุดควบคุมภาคพื้นดินจะต้องมีค่าพิกัดในระบบพิกัดอ้างอิงตามข้อกำหนดข้อ 6 ของมาตรฐานฉบับนี้ และจะต้องมีความถูกต้องสูงพอที่จะใช้ในการจัดทำข้อมูลภาพถ่ายเทียมตัดแก้ที่มีค่าความถูกต้องทางตำแหน่งได้ตามข้อกำหนดข้อ 7 ในมาตรฐานฉบับนี้ ทั้งนี้จุดควบคุมเหล่านี้ควรมีตำแหน่งกระจายครอบคลุมพื้นที่ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ต้องการตัดแก้ โดยที่จำนวนต่ำสุดของจุดควบคุมที่ต้องการให้พิจารณาลำดับขั้นของระบบสมการที่ใช้ในแบบจำลองการตัดแก้ภาพฯ ตามตารางที่ 11 ข้างล่างนี้

ตารางที่ 11 จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินสำหรับการจัดทำข้อมูลภาพถ่ายเทียมดัดแก้

ลำดับขั้นของการแปลงค่าพิกัด (order of transformation)	จำนวนต่ำที่สุดของจุดควบคุม ภาคพื้นดินที่ต้องการ
1	3
2	6
3	10
4	15
5	21
6	28
7	36
8	45
9	55
10	66

จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินตามตารางนี้เป็นจำนวนที่ต่ำสุดที่จะสามารถทำการดัดแก้ภาพได้ แต่อาจจะไม่ได้เป็นจำนวนที่เพียงพอต่อการดัดแก้แล้วให้ค่าความถูกต้องได้ตรงตามมาตรฐานซึ่งต้องการจำนวนมากกว่านี้ได้ ทั้งนี้การเลือกใช้สมการลำดับขั้นใดให้พิจารณาเองตามความเหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องที่ดีที่สุด ทั้งนี้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งของหมุดควบคุมที่นำมาใช้งานจะต้องดีกว่าค่าความถูกต้องที่ต้องการในแต่ละชั้นงานและมาตราส่วนที่ต้องการ

10.3 กระบวนการดัดแก้ภาพถ่ายจากดาวเทียม

กระบวนการดัดแก้ภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยอาศัยระบบสมการโพลิโนเมียล (polynomial) ในการเปลี่ยนแก้ค่าระบบพิกัดและการแก้ค่าคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งต่างๆ ให้ถูกต้อง ซึ่งการเลือกใช้ลำดับขั้นของสมการนั้นให้พิจารณาจากตำแหน่งของภาพ ความซับซ้อนของค่าคลาดเคลื่อน ในบางกรณีระบบสมการเส้นตรง (linear transformation) สามารถแก้ค่าคลาดเคลื่อนเหล่านี้ได้ แต่ในบางกรณีอาจต้องการสมการกำลังสามในการดัดแก้ภาพ ให้พิจารณาว่าสมการลำดับขั้นใดเหมาะสมและให้ค่าความถูกต้องได้ตรงตามข้อกำหนดได้ดีที่สุดเป็นหลัก แต่ทั้งนี้แนะนำว่าหากการดัดแก้เพื่อแก้ค่าคลาดเคลื่อนในเรื่องของ Scale, offset, rotation, reflection, skew ทั้งในแนวแกน X และ Y ให้พิจารณาใช้ สมการเส้นตรงก่อน หากไม่ได้ค่าถูกต้องตามมาตรฐานให้พิจารณาใช้ระบบสมการลำดับขั้นที่สูงขึ้นไป (higher order transformation)

10.4 การทำ Resampling

เนื่องจากหลังการทำการปรับแก้ค่าคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง (geometric transformation for geometric correction) แล้ว อาจจะทำให้ตำแหน่งของจุดภาพ (pixel) มีการขยับปรับเปลี่ยนไปจากเดิม ทำให้ค่าความสว่างในแต่ละจุดภาพนั้นๆ เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย จึงจำเป็นต้องทำการ resampling เพื่อให้ทุกจุดภาพมีค่าความสว่างหลังจากการดัดแก้ภาพ ทั้งนี้สามารถกระทำได้หลายวิธีการ มาตรฐานฉบับนี้ไม่กำหนดวิธีการในการทำ resampling แต่แนะนำให้ทำอย่างรอบคอบ เนื่องจากการทำ resampling อาจจะทำให้ข้อมูลค่าความสว่างในแต่ละจุดภาพเปลี่ยนไปได้มาก วิธีการ resampling ที่ใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ Nearest neighbour, Bi-linear

interpolation และ Cubic-interpolation เป็นต้น สามารถใช้งานวิธีการอื่นๆ ได้ ให้พิจารณาว่าหลังจากการทำ resampling แล้วพิจารณาค่าทางสถิติของภาพไม่เปลี่ยนแปลงจากภาพต้นแบบมากอย่างมีนัยสำคัญ

10.5 การต่อภาพ (Image Mosaicing)

การต่อภาพที่ผ่านการปรับแก้เป็นภาพดาวเทียมตัดแก้แล้วนั้น การเชื่อมต่อภาพจะต้องไม่เป็นรอยต่อที่สังเกตเห็นได้ รวมทั้งควรต้องมีการเกลี่ยและเฉลี่ยโทนและความสว่างของภาพที่นำมาต่อกันให้กลมกลืนกัน ทั้งนี้ ขนาดของภาพดาวเทียมตัดแก้ที่ได้จากการต่อภาพ ให้เป็นไปตามมาตรฐานขนาดระวางแผนที่ของแต่ละมาตราส่วน

11. การบำรุงรักษาข้อมูล (Data Maintenance)

การบำรุงรักษาข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพดาวเทียมตัดแก้ นั้น ควรมีการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบันโดยการจัดหาข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมใหม่มาจัดทำข้อมูลภาพดาวเทียมตัดแก้ โดยควรมีวงรอบการปรับปรุงข้อมูลใหม่ในพื้นที่ทั่วประเทศทุก ๆ 3-5 ปี และสามารถดำเนินการปรับปรุงข้อมูลเฉพาะพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดในวงรอบที่สั้นลงได้

12. การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล (Portrayal)

ไม่มีข้อกำหนดในส่วนนี้

มาตรฐาน

ข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS)

ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DEM)

สารบัญ

หน้า

1. บทนำ.....	10-1
2. ภาพรวมของมาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข.....	10-1
2.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับข้อกำหนดชั้นข้อมูล FGDS นี้.....	10-1
2.2 คำนิยามศัพท์	10-1
2.3 อักษรย่อ	10-1
2.4 บทคัดย่อของเอกสารข้อกำหนดฯ	10-2
3. ขอบเขตของข้อกำหนด (Specification scopes)	10-3
4. ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product identification)	10-3
5. เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล (Data content and structure).....	10-5
5.1 ความหมายในภาพรวม.....	10-5
5.2 เนื้อหาข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข	10-7
5.3 Feature Catalogue ของรายการข้อมูลในชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข	10-9
6. ระบบพิกัดอ้างอิง (Coordinate Reference System).....	10-12
6.1 พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (Geodetic Datum).....	10-12
6.2 รูปแบบระบบพิกัด.....	10-13
6.3 ความสูง	10-14
7. ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล (Data quality)	10-14
7.1 ข้อกำหนดความถูกต้องเชิงตำแหน่ง	10-14
7.2 ข้อกำหนดความครบถ้วนของข้อมูล.....	10-15
7.2.1 ความครบถ้วนของรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์.....	10-15
7.2.2 ความครบถ้วนของข้อมูลลักษณะประจำ	10-15
7.3 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลลักษณะประจำ (Attribute accuracy).....	10-15
7.4 ข้อกำหนดความสอดคล้องทางตรรกะของข้อมูล	10-16
7.4.1 ข้อกำหนดความสอดคล้องกับค่าโดเมนของข้อมูล.....	10-16
7.5 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลเชิงเวลา	10-17
8. การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product delivery)	10-17
8.1 ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:4,000	10-17
8.2 ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:10,000	10-17
8.3 ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:25,000	10-18
8.4 ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:50,000	10-18
8.5 ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:250,000	10-18
9. ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata).....	10-19

สารบัญ

หน้า

10. การสำรจนำเข้าข้อมูล (Data capture)	10-21
10.1 Stereo photogrammetry	10-21
10.2 Light Detection and Ranging (LIDAR)	10-22
10.3 Interferometric Synthetic Aperture Radar (IFSAR).....	10-23
11. การบำรุงรักษาข้อมูล (Data Maintenance)	10-23
12. การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล (Portrayal)	10-24
13. รายการเอกสารอ้างอิง.....	10-24
ภาคผนวก ก รูปแบบของข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข	10-25

1. บทนำ

มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ฉบับนี้เป็นหนึ่งในชุดมาตรฐานข้อกำหนดชุดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย ซึ่งได้ถูกจัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ คุณภาพของชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (Fundamental Geographic Data Set: FGDS) ตามมาตราส่วนหลักของประเทศ ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยมีศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นที่ปรึกษาดำเนินงาน

โครงสร้างเนื้อหาของมาตรฐานฉบับนี้ ประกอบด้วยข้อกำหนดสมบัติเฉพาะ (characteristics) ด้านต่าง ๆ ของชั้นข้อมูล FGDS ตามกรอบหลักการของเอกสารข้อกำหนดข้อมูลที่กำหนดในมาตรฐานระหว่างประเทศ ISO19131 Geographic information – Data product specifications

2. ภาพรวมของมาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

2.1 ข้อสนเทศเกี่ยวกับข้อกำหนดชั้นข้อมูล FGDS นี้

ชื่อข้อกำหนด : ข้อกำหนดของมาตรฐานข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

วันที่จัดทำและเผยแพร่ข้อกำหนดนี้ : วันที่รายงานฉบับสมบูรณ์และร่างมาตรฐานได้รับการตรวจรับจาก สทอภ. / วันที่มีการนำไปประกาศใช้เป็นมาตรฐาน :

ผู้รับผิดชอบในการจัดทำข้อกำหนดฉบับนี้ : คณะที่ปรึกษา คณะทำงานกลุ่มย่อยประสานงานการจัดทำมาตรฐานฯ กลุ่มพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานภูมิสารสนเทศแห่งชาติ สทอภ.

หัวข้อของชั้นข้อมูลภูมิศาสตร์ในมาตรฐานนี้ : Elevation

2.2 คำนิยามศัพท์

ได้มีการกำหนดนิยามศัพท์ที่สำคัญ สำหรับมาตรฐาน FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ไว้ดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 คำนิยามศัพท์ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

คำศัพท์	นิยามศัพท์
ค่าระดับ (elevation)	ระยะทางที่วัดตามแนวสายตั้งจากระดับทะเลปานกลาง (mean sea level) จนถึงจุดที่สนใจ
ความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height)	ระยะทางที่วัดตามแนวเส้นตั้งฉากจากพื้นผิวรูปทรงรีจนถึงจุดที่สนใจ
ความสูงออร์โธเมตริก (orthometric height)	ระยะทางที่วัดตามแนวสายตั้งจากพื้นผิวออยด์จนถึงจุดที่สนใจ

2.3 อักษรย่อ

คำย่อที่สำคัญ สำหรับมาตรฐาน FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข อธิบายความหมายไว้ในตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ความหมายของอักษรย่อในมาตรฐานชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

อักษรย่อ	ความหมาย
DEM	digital elevation model
DTED	digital terrain elevation data
INS	inertial navigation system
IFSAR	interferometric synthetic aperture radar
LIDAR	light detecting and ranging
MSL	mean sea level
RADAR	radio detecting and ranging
TIN	triangulated irregular network
UTM	universal transverse Mercator
WGS84	world geodetic system 1984

2.4 บทคัดย่อของเอกสารข้อกำหนดฯ

ชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานในเอกสารชุดนี้ เรียกว่า ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข แม้ว่าโดยทั่วไปแล้วลักษณะการบันทึกข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขอาจอยู่ในรูปแบบของข้อมูลแบบจุด (point) ข้อมูลแบบ กริด (grid) เส้นชั้นความสูง (contour) Triangulated Irregular Network (TIN) หรือโปรไฟล์ (profile) แต่ในมาตรฐานข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขฉบับนี้จะครอบคลุมชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขเฉพาะข้อมูลแบบกริดเท่านั้น เนื่องจากเป็นข้อมูลแบบเดียวที่มีอยู่ในชุดข้อมูล FGDS สำหรับประเทศไทย ปัจจุบันและคาดว่าจะจะเป็นข้อมูลแบบเดียวที่มีอยู่ในชุดข้อมูล FGDS สำหรับประเทศไทยต่อไปอีกระยะหนึ่ง เอกสารมาตรฐานฉบับนี้แบ่งความละเอียดของข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขออกเป็น 5 ระดับสอดคล้องกับมาตราส่วนแผนที่หลักคือ

- ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมาตราส่วน 1:4,000 ค่าพิกัดทางราบอ้างอิงระบบพิกัด UTM บนพื้นหลักฐาน WGS84 มีหน่วยเป็นเมตร ค่าความสูงอ้างอิง MSL มีหน่วยเป็นเมตร ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 2×2 ตารางกิโลเมตร ระยะห่างระหว่างจุด 5 เมตร
- ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมาตราส่วน 1:10,000 ค่าพิกัดทางราบอ้างอิงระบบพิกัด UTM บนพื้นหลักฐาน WGS84 มีหน่วยเป็นเมตร ค่าความสูงอ้างอิง MSL มีหน่วยเป็นเมตร ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 5×5 ตารางกิโลเมตร ระยะห่างระหว่างจุด 10 เมตร
- ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมาตราส่วน 1:25,000 ค่าพิกัดทางราบอ้างอิงระบบพิกัด UTM บนพื้นหลักฐาน WGS84 มีหน่วยเป็นเมตร ค่าความสูงอ้างอิง MSL มีหน่วยเป็นเมตร ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 10×10 ตารางกิโลเมตร ระยะห่างระหว่างจุด 20 เมตร
- ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมาตราส่วน 1:50,000 ค่าพิกัดทางราบอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ (ละติจูด ลองจิจูด) บนพื้นหลักฐาน WGS84 มีหน่วยเป็นองศา ลิบดา ฟลิปดา ค่าความสูงอ้างอิง MSL มีหน่วยเป็นเมตร ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 1 องศา×1 องศา ระยะห่างระหว่างจุด 1 ฟลิปดา
- ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมาตราส่วน 1:250,000 ค่าพิกัดทางราบอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ (ละติจูด ลองจิจูด) บนพื้นหลักฐาน WGS84 มีหน่วยเป็นองศา ลิบดา ฟลิปดา ค่าความสูงอ้างอิง MSL มีหน่วยเป็นเมตร ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 1 องศา×1 องศา ระยะห่างระหว่างจุด 3 ฟลิปดา

วิธีการสำรavnนำเข้าข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมีอยู่หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปคือการคำนวณค่าพิกัดทางราบและทางตั้งโดยวิธีการทางโฟโตแกรมเมตรีจากภาพคู่ทรวดตรง (stereopair) นอกจากนี้ยังวิธีสำรavnข้อมูลที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ทำให้ความสะดวกรวดเร็วและความละเอียดถูกต้องสูงคือ IFSAR และ LIDAR รวมทั้งวิธีการสำรavnนำเข้าข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขจากข้อมูลข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขหรือข้อมูลแผนที่ที่มีอยู่เดิม

ตามปกติแล้วโอกาสที่ลักษณะภูมิประเทศจะมีการเปลี่ยนแปลงจนทำให้ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมีไม่มากนัก และถ้ามีเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นก็มักครอบคลุมบริเวณที่ไม่กว้างขวางนัก การบำรุงรักษาข้อมูลจึงไม่จำเป็นต้องกระทำในพื้นที่ทั้งหมด อาจพิจารณากระทำเฉพาะในพื้นที่ที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศจนทำให้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขเดิมไม่ถูกต้องทำให้สามารถทำการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขได้อย่างรวดเร็วและใช้งบประมาณไม่มากนัก

3. ขอบเขตของข้อกำหนด (Specification scopes)

มาตรฐานข้อกำหนดสมบัติเฉพาะของข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขฉบับนี้ จะอธิบายสมบัติเฉพาะที่สำคัญของชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข โดยเฉพาะรายละเอียดรายการและนิยามที่ชัดเจนของข้อมูลภูมิศาสตร์ และเกณฑ์คุณภาพของข้อมูล ในขณะที่ข้อกำหนดวิธีการในการสำรavnจัดทำข้อมูลนั้น จะมีระบุหรืออธิบายไว้ในลักษณะของแนวทางหรือข้อเสนอแนะสำหรับวิธีการหลัก ๆ เท่านั้น

ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขโดยทั่วไปมักหมายถึงข้อมูลที่บันทึกอยู่ในแฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์ใช้แสดงลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศในพื้นที่แห่งหนึ่ง ลักษณะการบันทึกอาจอยู่ในรูปแบบของข้อมูลแบบจุด (point) ข้อมูลแบบกริด (grid) เส้นชั้นความสูง (contour) Triangulated Irregular Network (TIN) หรือโปรไฟล์ (profile) รายละเอียดของรูปแบบข้อมูลแต่ละชนิดแสดงอยู่ในภาคผนวกรูปแบบของข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่จัดอยู่ในชุดข้อมูล FGDS สำหรับประเทศไทยปัจจุบันมีเพียง 2 ชุดข้อมูลเป็นข้อมูลแบบกริดทั้ง 2 ชุดคือ ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:4,000 และสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000 เมื่อพิจารณาจากแนวโน้มในอนาคตอันใกล้แล้วจะเห็นว่าข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่จัดอยู่ในชุดข้อมูล FGDS สำหรับประเทศไทยจะมีเพียงข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบกริดเท่านั้น มาตรฐานข้อกำหนดนี้จึงจะอธิบายข้อกำหนดสำหรับข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขเฉพาะแบบกริด ไม่รวมถึงข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบอื่น

4. ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product identification)

ส่วนนี้เป็นข้อสนเทศพื้นฐานที่ระบุจำแนกข้อมูล FGDS ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขนี้ ซึ่งประกอบด้วยรายการสมบัติเฉพาะพื้นฐานของชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ดังตารางที่ 3 ต่อไปนี้

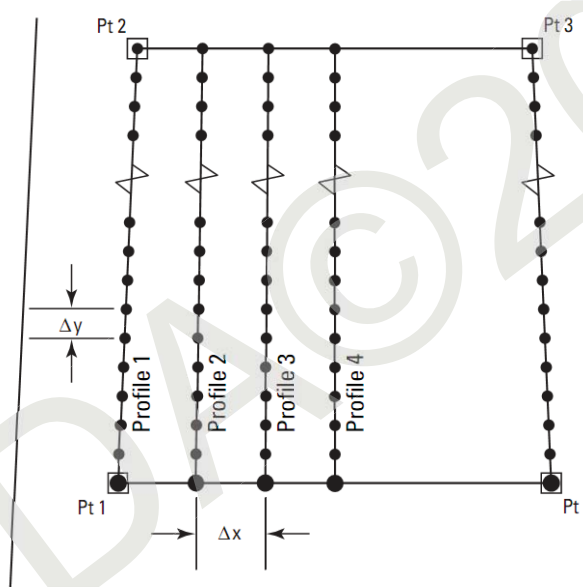
ตารางที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับชั้นข้อมูล FGDS ความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

ชื่อ (Title)	ข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข
บทคัดย่อ (Abstract)	มาตรฐานข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขนี้มีขอบเขตเนื้อหาครอบคลุมเฉพาะข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบกริด โดยแบ่งระดับความละเอียดของข้อมูลออกเป็น 5 ระดับตามมาตราส่วนหลักของแผนที่สำหรับชุดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย เนื้อหาในมาตรฐานมีการกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล ระบบอ้างอิงคุณภาพข้อมูล และการส่งมอบผลิตภัณฑ์สำหรับข้อมูลแต่ละระดับ รวมทั้งมีการกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับคำอธิบายข้อมูล การสำรavnนำเข้าข้อมูล และการบำรุงรักษาข้อมูลในภาพรวมสำหรับข้อมูลทุกระดับ
กลุ่มประเภทของข้อมูล (Topic Category)	Elevation
คำอธิบายขอบเขตทางภูมิศาสตร์ (Geographic Description)	ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่อยู่ในความดูแลของกรมแผนที่ทหารครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยทั้งหมด ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่อยู่ในความดูแลของกรมพัฒนาที่ดินครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยเกือบทั้งประเทศ
ชื่ออื่น (alternate title)	แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข
วัตถุประสงค์ (purpose)	ชุดข้อมูล FGDS เป็นชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของ โครงสร้างพื้นฐานภูมิสารสนเทศแห่งชาติ (NSDI) ข้อมูล FGDS จะถูกเผยแพร่ให้ผู้ใช้งานในหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการสำรวจจัดสร้างข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่น ๆ
ชนิดของการนำเสนอเชิงปริภูมิ (Spatial Representation Type)	ข้อมูลแบบกริด (Gridded Data)
ความละเอียดเชิงปริภูมิ (Spatial Resolution)	ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1: 4,000 ขนาด resolution 5 เมตร ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1: 10,000 ขนาด resolution 10 เมตร ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1: 25,000 ขนาด resolution 20 เมตร ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับมาตราส่วนแผนที่ 1: 50,000 ขนาด resolution 1 ฟิลิปดา ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับมาตราส่วนแผนที่ 1: 250,000 ขนาด resolution 3 ฟิลิปดา

5. เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล (Data content and structure)

5.1 ความหมายในภาพรวม

ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบกริดเป็นข้อมูลที่ใช้แสดงลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศในพื้นที่แห่งหนึ่งโดยการบันทึกค่าระดับของกลุ่มของจุดที่มีระยะห่างระหว่างจุดคงที่ ครอบคลุมพื้นที่นั้นๆ ลงในแฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์ การบันทึกข้อมูลอาจกระทำได้ใน 2 แบบ แบบแรกเป็นการบันทึกข้อมูลโดยมีค่าพิกัดทางราบของขอบเขตข้อมูลอ้างอิงระบบพิกัดเดียวกันกับค่าระยะห่างระหว่างจุด ดังรูปที่ 1 จุดที่ 1 ถึงจุดที่ 4 (Pt1, Pt2, Pt3, Pt4 ในรูปที่ 1) เป็นจุดขอบของข้อมูลและเป็นจุดที่มีค่าระดับ ในกรณีที่ค่าพิกัดทางราบอ้างอิงพิกัดแผนที่ UTM อาจเกิดความยุ่งยากในการใช้งานข้อมูลบริเวณรอยต่อของโซน UTM ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ไขได้โดยใช้พิกัดทางราบที่อ้างอิงพิกัดรูปทรงรีแต่ก็จะส่งผลให้ระยะห่างระหว่างจุดทางราบ (เป็นเมตร) ไม่คงที่แม้ว่าระยะห่างระหว่างจุดเชิงมุมจะคงที่

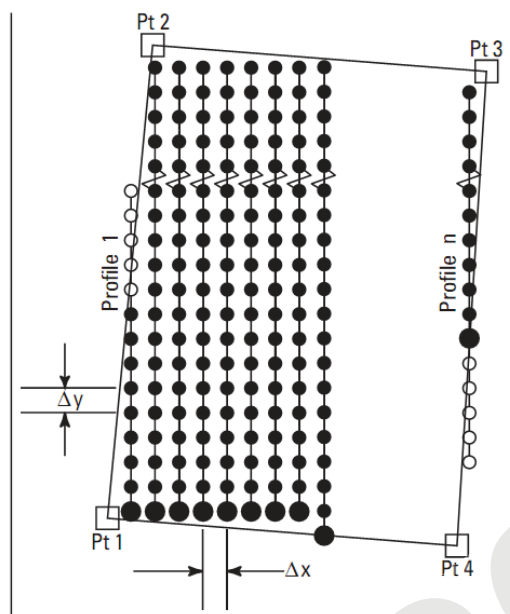


รูปที่ 1 ผังข้อมูลแบบอ้างอิงระบบพิกัดเดียวกัน

(ภาพดัดแปลงมาจาก U.S. Geological Survey, *Standards for Digital Elevation Models*, 1998)

การบันทึกข้อมูลแบบที่สองเป็นการบันทึกข้อมูลโดยมีค่าพิกัดทางราบของขอบเขตข้อมูลอ้างอิงระบบพิกัดที่ต่างจากค่าระยะห่างระหว่างจุด ดังรูปที่ 2 จุดที่ 1 ถึงจุดที่ 4 (Pt1, Pt2, Pt3, Pt4 ในรูปที่ 2) เป็นจุดขอบของข้อมูลแต่ไม่ใช่จุดที่ทราบค่าระดับ การบันทึกข้อมูลแบบนี้นิยมใช้ในกรณีที่กำหนดให้ค่าพิกัดของจุดขอบอ้างอิงพิกัดรูปทรงรีแต่ให้ระยะห่างระหว่างจุดอ้างอิงพิกัดแผนที่ UTM ซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาเรื่องรอยต่อโซน UTM และระยะห่างระหว่างจุดทางราบไม่คงที่ไปได้ แต่ก็ทำให้เกิดความยุ่งยากในการคำนวณตำแหน่งทางราบของจุดในข้อมูล

โดยทั่วไปแล้ว การบันทึกข้อมูลในแบบแรกถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายมากกว่า อย่างไรก็ตามข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่จัดอยู่ในชุดข้อมูล FGDS สำหรับประเทศไทยอาจถูกบันทึกอยู่ในแบบใดก็ได้จากทั้งสองแบบ



รูปที่ 2 ผังข้อมูลแบบอ้างอิงระบบพิกัดต่างกัน

(ภาพดัดแปลงมาจาก U.S. Geological Survey, *Standards for Digital Elevation Models*, 1998)

ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขในชุดข้อมูล FGDS สำหรับประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้ตามมาตราส่วนของแผนที่ออกเป็น 5 มาตราส่วนคือ

1) ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:4,000 ปัจจุบันชุดข้อมูลนี้อยู่ในความดูแลของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพยากรของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ การจัดเก็บข้อมูลสอดคล้องกับระวางแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีโธสเชิงเลขมาตราส่วน 1:4,000 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ค่าพิกัดทางราบอ้างอิงระบบพิกัด UTM บนพื้นหลักฐาน WGS84 มีหน่วยเป็นเมตร ค่าความสูงอ้างอิง MSL มีหน่วยเป็นเมตร ขนาดระวาง 2 X 2 ตารางกิโลเมตร ระยะห่างระหว่างจุด 5 เมตร มีขอบเขตครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยเกือบทั้งประเทศ ยกเว้นบริเวณ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้คือ ยะลา ปัตตานี นราธิวาส รวมทั้งบางส่วนของจังหวัดสงขลา บริเวณพื้นที่แนวชายแดนไทย-ลาว และบางพื้นที่ที่ไม่สามารถผลิตแผนที่ให้ได้มาตรฐานตามข้อกำหนดทางเทคนิคของโครงการฯ ได้

2) ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:10,000 ปัจจุบันชุดข้อมูลนี้ในประเทศไทยยังไม่มีหน่วยงานได้รับผิดชอบ ค่าพิกัดทางราบของข้อมูลควรอ้างอิงระบบพิกัด UTM บนพื้นหลักฐาน WGS84 และมีหน่วยเป็นเมตร ส่วนค่าความสูงควรอ้างอิง MSL และมีหน่วยเป็นเมตร ควรมีขนาดระวาง 5 X 5 ตารางกิโลเมตรระยะห่างระหว่างจุด 10 เมตร

3) ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:25,000 ปัจจุบันชุดข้อมูลนี้ในประเทศไทยยังไม่มีหน่วยงานได้รับผิดชอบ ค่าพิกัดทางราบควรอ้างอิงระบบพิกัด UTM บนพื้นหลักฐาน WGS84 และมีหน่วยเป็นเมตร ส่วนค่าความสูงควรอ้างอิง MSL และมีหน่วยเป็นเมตร ควรมีขนาดระวาง 10 X 10 ตารางกิโลเมตร มีระยะห่างระหว่างจุด 20 เมตร

4) ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ปัจจุบันชุดข้อมูลนี้อยู่ในความดูแลของกรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการกองทัพไทย จัดทำขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของโครงการเพิ่มความสามารถในการผลิตแผนที่เชิงเส้น เชิงรหัส หรือเชิงตัวเลข เพื่อจัดทำแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018

โดยความร่วมมือของหน่วยงานทำแผนที่ของสหรัฐอเมริกา ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขชุดนี้ผลิตตามมาตรฐาน DTED level 2 ที่ปรากฏในเอกสารข้อกำหนดชื่อว่า Performance Specification Digital Terrain Elevation Data (DTED) (MIL-PRF-89020B) ข้อกำหนดดังกล่าวจัดทำขึ้นโดยหน่วยงานทำแผนที่ของสหรัฐอเมริกา (ขณะนั้นคือ Defense Mapping Agency หรือ National Geospatial-Intelligence Agency ในปัจจุบัน) ค่าพิกัดทางราบอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ (ละติจูด ลองจิจูด) บนพื้นหลักฐาน WGS84 มีหน่วยเป็นองศา ลิบดา ฟิลิปดา ค่าความสูงอ้างอิง MSL มีหน่วยเป็นเมตร ขนาดระวาง 1 องศา×1 องศา ระยะห่างระหว่างจุด 1 ฟิลิปดา มีขอบเขตครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยทั้งประเทศสอดคล้องกับแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 พื้นที่ในเซล (โดยเฉพาะในเซลบริเวณชายแดนและมหาสมุทร) ที่ไม่มีข้อมูลแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 ก็จะไม่มีความสูงภูมิประเทศ (void)

5) ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:250,000 ปัจจุบันชุดข้อมูลนี้ในประเทศไทยยังไม่มีหน่วยงานใดรับผิดชอบ ค่าพิกัดทางราบอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ (ละติจูด ลองจิจูด) บนพื้นหลักฐาน WGS84 มีหน่วยเป็นองศา ลิบดา ฟิลิปดา ค่าความสูงอ้างอิง MSL มีหน่วยเป็นเมตร ขนาดระวาง 1 องศา×1 องศา ระยะห่างระหว่างจุด 3 ฟิลิปดา ในปัจจุบันมีการให้บริการข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมาตราส่วนนี้ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายผ่านอินเทอร์เน็ต ในอนาคตคาดว่าจะมีการปรับปรุงคุณภาพขึ้นไปเรื่อยๆ และจะยังคงให้บริการโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายต่อไป จึงอาจพิจารณานำมาใช้เป็นข้อมูล FGDS ความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:250,000 สำหรับประเทศไทยได้

5.2 เนื้อหาข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

เนื้อหาข้อมูล (data content) ในชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข เป็นข้อมูลแบบราสเตอร์กริดซึ่งมีค่าข้อมูลคือค่าระดับ (elevation) ซึ่งอาจถือว่าเป็นข้อมูลลักษณะประจำ (attribute) หลักของชุดข้อมูลนี้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 4 ต่อไปนี้ และสามารถนำเสนอในลักษณะ UML ได้ดังรูปที่ 3

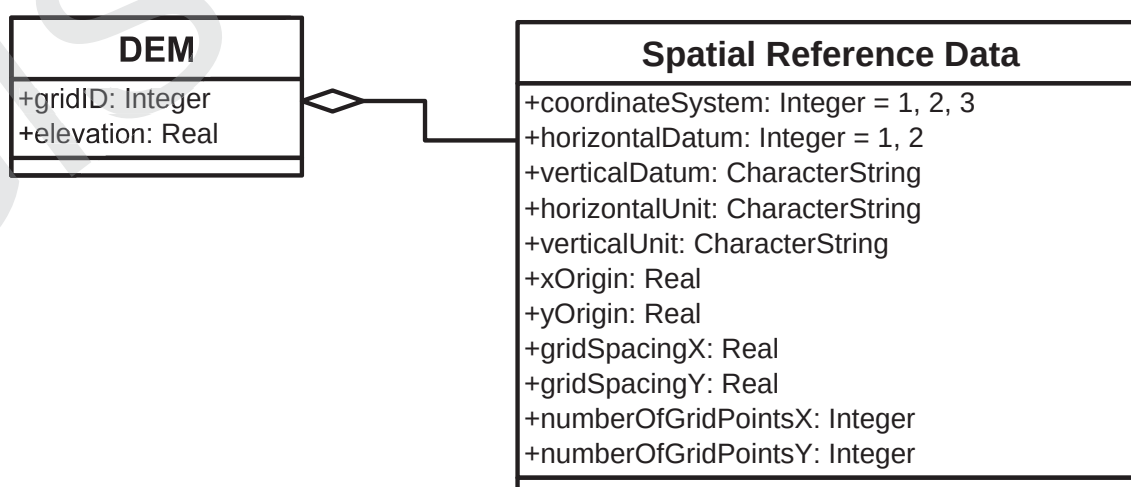
ตารางที่ 4 รายการเนื้อหาข้อมูลในชุดข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

ชื่อ	ชนิด	คำอธิบาย	ความสำคัญ	หมายเหตุ
gridID	Integer	หมายเลขประจำจุดกริดหรือกริดเซล เป็นหมายเลขเฉพาะที่ไม่ซ้ำกันในแต่ละไฟล์ข้อมูล	บังคับ	
elevation	Real	ค่าระดับ	บังคับ	ค่า -32768 ใช้สำหรับจุดที่ไม่ทราบค่าระดับ

สำหรับข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขซึ่งเป็นข้อมูลแบบกริดหรือแบบราสเตอร์นั้น นอกจากเนื้อหาข้อมูลหลักข้างต้นแล้ว ยังจำเป็นต้องมีเนื้อหาข้อมูลประกอบซึ่งจำเป็นสำหรับใช้อ้างอิงในการใช้งานและแสดงเนื้อหาข้อมูลหลักดังกล่าว โดยเป็นข้อมูลที่อธิบายระบบอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatial reference system) ของไฟล์ข้อมูลกริด ในที่นี้จะเรียกว่าข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatial reference data) ข้อมูลนี้จะมีเพียง 1 ระเบียบข้อมูล (data record) สำหรับแต่ละไฟล์ข้อมูลกริด เนื้อหาของข้อมูล spatial reference data นั้นมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5 ต่อไปนี้

ตารางที่ 5 รายการข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatial reference data) ในชุดข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

ชื่อ	ชนิด	คำอธิบาย	ความสำคัญ	Domain / หมายเหตุ
coordinateSystem	Integer	รหัสบอกระบบพิกัดอ้างอิงของข้อมูลกริด	บังคับ	1 = ระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซี่ 2 = ระบบพิกัด UTM 47 3 = ระบบพิกัด UTM 48
horizontalDatum	Integer	รหัสพื้นหลักฐานอ้างอิงทางราบ	บังคับ	1 = WGS84 2 = Indian1975
verticalDatum	Character String	พื้นหลักฐานอ้างอิงทางตั้ง	บังคับ	
horizontalUnit	Character String	หน่วยค่าพิกัดทางราบ	บังคับ	
verticalUnit	Character String	หน่วยค่าพิกัดทางตั้ง (ค่าระดับ)	บังคับ	
xOrigin	Real	ค่าพิกัดทาง X ของจุดมุมล่างซ้าย	บังคับ	ค่า Easting ในกรณีค่าพิกัด UTM หรือค่า Longitude ในกรณีระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซี่
yOrigin	Real	ค่าพิกัดทาง Y ของจุดมุมล่างซ้าย	บังคับ	Northing หรือ Latitude
gridSpacingX	Real	ระยะห่างทาง X ระหว่างจุดกริด	บังคับ	หน่วยของศาตศนิยม หรือ เมตร
gridSpacingY	Real	ระยะห่างทาง Y ระหว่างจุดกริด	บังคับ	
numberOfGridPointsX	Integer	จำนวนจุดกริดในแนวแกน X	บังคับ	
numberOfGridPointsY	Integer	จำนวนจุดกริดในแนวแกน Y	บังคับ	



รูปที่ 3 เนื้อหาข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขโดยใช้ UML ในแบบ Class diagram

5.3 Feature Catalogue ของรายการข้อมูลในชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

รายละเอียดเนื้อหาของข้อมูลภูมิสารสนเทศในชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข สามารถถูกอธิบายในลักษณะของ Feature Catalogue ตามมาตรฐาน ISO19110 ได้ดังนี้

Name:	ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข
Scope:	แผนที่ฐาน
Field of application:	FGDS
Version Number:	1.1 (โครงการจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ คุณภาพ ของชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน)
Version Date:	8-ส.ค.-55
Definition source:	None
Definition Type:	
Producer:	คณะที่ปรึกษาโครงการจัดทำมาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิศาสตร์พื้นฐาน (FGDS)
Functional Language:	XML

Feature Type

Name:	DEM
Definition:	ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข
Code:	
Aliases:	
Feature Operation Names:	
Feature Attribute Names:	gridID, Elevation
Feature Association Names:	None
Subtype Of:	None

Feature Attribute

Name:	gridID
Definition:	หมายเลขประจำกริดเซลล์ เป็นหมายเลขเฉพาะที่ไม่ซ้ำกัน
Code:	
Value Data Type:	Integer
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	

Feature Attribute

Name:	Elevation
Definition:	ค่าระดับ
Code:	
Value Data Type:	Real
Value Measurement	เมตร

Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain: ค่า -32768 ใช้สำหรับจุดที่ไม่ทราบค่าระดับ

ข้อมูลประกอบ Non-image Data

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 = WGS84; 2 = Indian 1975

Feature Attribute

Name: verticalDatum

Definition: พื้นหลักฐานทางตั้ง

Code:

Value Data Type: CharacterString

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

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: verticalUnit

Definition: หน่วยของค่าพิกัดทางตั้ง

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: gridSpacingX

Definition: ระยะห่างระหว่างจุดทาง X

Code:

Value Data Type: REAL

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: gridSpacingY

Definition: ระยะห่างระหว่างจุดทาง Y

Code:

Value Data Type: REAL

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: numberOfGridPointsX

Definition:	จำนวนจุดทาง X
Code:	
Value Data Type:	INTEGER
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	
<u>Feature Attribute</u>	
Name:	numberOfGridPointsY
Definition:	จำนวนจุดทาง 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) ของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศไทย นั้น ให้ใช้เป็น ระบบพิกัดอ้างอิง (Coordinate Reference System) โดยระบบพิกัดอ้างอิงแต่ละระบบจะ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ

- พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (Geodetic datum) ซึ่งเป็นพื้นผิวอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณงานรังวัด
- รูปแบบระบบพิกัด ซึ่งเป็นรายละเอียดของระบบการฉายแผนที่ (Map projection) ที่ใช้ ระบบแกนอ้างอิงค่าพิกัด และรายละเอียดนิยามค่าพิกัด

การเลือกใช้ระบบพิกัดอ้างอิงจึงขึ้นกับพื้นหลักฐานฯ และรูปแบบของค่าพิกัด และระบบพิกัดอ้างอิง สำหรับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศไทยทุกชั้นข้อมูล รวมถึงชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขนี้ สามารถเลือกกำหนดขึ้นจากพื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี และรูปแบบระบบพิกัด ดังต่อไปนี้

6.1 พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (Geodetic Datum)

พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (Geodetic datum) หรือพื้นหลักฐานแผนที่ ที่ใช้อ้างอิงสำหรับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ประเทศไทย กำหนดให้เลือกใช้ได้ 2 พื้นหลักฐาน คือ WGS 84 และ พื้นหลักฐานอินเดีย 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 ที่จัดทำโดย การทำงานรังวัดภาคพื้นดินด้วยวิธีสามเหลี่ยมและงานวงรอบ เป็นพื้นหลักฐานรูปทรงรีซึ่งมี ค่าพารามิเตอร์ดังนี้

SPHEROID : "Everest 1830 (1937 Adjustment)"

Semi-major axis (a) = 6377276.345 m.

Flattening (f) = 1/300.8017

EPSG : 4240

และการแปลงค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐาน WGS 84 กับพื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 ให้ใช้สมการต่อไปนี้

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

โดยที่ค่าพิกัดฉาก (x, y, z) เป็นค่าพิกัดในระบบพิกัดฉากยึดติดโลก อธิบายไว้ในหัวข้อต่อไป

อนึ่ง สมการแปลงค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐาน WGS 84 กับพื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 ข้างต้น กำหนดให้สำหรับการแปลงค่าพิกัดที่ยังมิได้ผ่านการแปลงพื้นหลักฐานด้วยวิธีการหรือสมการอื่นมาแล้ว เท่านั้น หากค่าพิกัดได้ผ่านการแปลงพื้นหลักฐานมาด้วยวิธีการหรือสมการแบบอื่นมา ก็จะต้องทำการแปลง กลับไปที่พื้นหลักฐานตั้งต้นด้วยวิธีการหรือสมการแบบเดิมก่อน

6.2 รูปแบบระบบพิกัด

รูปแบบระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งพิกัดของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศไทย ให้เลือกใช้ได้ 3 รูปแบบ คือ พิกัดฉากยึดติดโลก (Earth-fixed coordinates) พิกัดทางยี่ห้อเดซีหรือระบบพิกัด รูปทรงรี (Geodetic or Ellipsoidal coordinates) และพิกัดแผนที่ UTM (UTM map coordinates)

- 1) **ระบบพิกัดฉากยึดติดโลก** เป็นกรอบของแกนพิกัดฉาก ที่ผูกติดอยู่กับพื้นผิวโลก แกนพิกัดของระบบ ยึดติดโลกจึงหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับอัตราการหมุนรอบตัวเองของโลก ระบบพิกัดฉากยึดติด โลกบอกค่าพิกัดเป็น (x, y, z) มีนิยามดังนี้ คือ จุดกำเนิดของระบบอยู่ที่จุดมวลสารของโลก แกน **z** อยู่ในแนวแกนหมุนเฉลี่ยโลก โดยผ่านจุด CIO (Conventional International Origin) ระนาบ ศูนย์สูตร **xy** ตั้งฉากกับแกน **z** โดยมีแกน **x** อยู่ในแนวเมริเดียนกรีนิช ส่วนแกน **y** ตั้งฉากกับ แกน **x** และแกน **z** ทำให้เกิดเป็นระบบพิกัดมือขวา
- 2) **ระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซี** บอกค่าพิกัดเป็น (ϕ , λ , h) ระบบนี้ใช้รูปทรงรีที่เป็นตัวแทนสัณฐานของ โลกและเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการคำนวณ ดังนั้นรูปทรงรีนี้คือส่วนหนึ่งของพื้นหลักฐานทางยี่ห้อเดซีใน ข้อ 6.1 ข้างบนนั่นเอง มุมที่เส้นตั้งฉากกับพื้นผิวรูปทรงรีที่จุดใด ๆ P กระทำกับระนาบศูนย์สูตรคือค่า ละติจูด ϕ ของจุด P มุมระหว่างระนาบเมริเดียนที่ผ่าน P กับระนาบเมริเดียนกรีนิช คือค่า ลองจิจูด λ ของจุด P ส่วนระยะตามแนวเส้นตั้งฉากจากจุด P จนถึงพื้นผิวรูปทรงรี คือ ความสูง เหนือรูปทรงรี h
- 3) **ระบบพิกัดแผนที่ UTM** – UTM เป็นตัวย่อของ Universal Transverse Mercator เป็นวิธีการฉาย แผนที่ (map projection) บอกค่าพิกัดแผนที่เป็น (N, E) ค่า N คือระยะเหนือ (northing) และ ค่า

E คือระยะตะวันออก (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) เป็นความสูงที่ใช้อยู่โดยทั่วไปในงานรังวัด 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) ค่าความสูงยี่อเดซีนี้นับได้จากรูปจำลองยี่อเดซี เช่น EGM2008

รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบพิกัดอ้างอิงข้างต้น มีอธิบายเพิ่มเติมไว้ในเอกสารมาตรฐานข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่

7. ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล (Data quality)

ข้อกำหนดคุณภาพของข้อมูลในชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขนี้ จะระบุความต้องการด้านคุณภาพข้อมูลในองค์ประกอบคุณภาพด้านต่าง ๆ ตามที่กำหนดในมาตรฐาน ISO19113 Quality principles โดยใช้ตัวชี้วัดคุณภาพ (quality measures) ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ISO19138 Data quality measures รายละเอียดข้อกำหนดคุณภาพของแต่ละองค์ประกอบคุณภาพ มีดังนี้

7.1 ข้อกำหนดความถูกต้องเชิงตำแหน่ง

สำหรับข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่จัดเก็บในรูปแบบข้อมูลกริดหรือราสเตอร์นั้น การวัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบไม่สามารถทำได้ เนื่องจากไม่มีรายละเอียดของรูปลักษณะที่จะนำมากำหนดหาจุดที่ระบุจำแนกได้ชัดเจน (well-defined points) จึงวัดได้เพียงความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่งเท่านั้น อย่างไรก็ตามเนื่องจากในโครงสร้างข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขตามมาตรฐานนี้ ได้พิจารณาข้อมูลความสูงของภูมิประเทศเป็นค่าระดับ ซึ่งเป็นข้อมูลลักษณะประจำ (attribute data) ของแต่ละช่องกริด ดังนั้น การกำหนดเกณฑ์ความ

ถูกต้องของข้อมูลค่าความสูงในที่นี่ จึงถูกพิจารณาว่าเป็นองค์ประกอบคุณภาพข้อมูลประเภทความถูกต้องของข้อมูลลักษณะประจำ และได้นำไปกำหนดในหัวข้อ 7.3 แทน

7.2 ข้อกำหนดความครบถ้วนของข้อมูล

7.2.1 ความครบถ้วนของรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์

ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขประกอบด้วยรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์เพียงรายการเดียวคือจุดกริดหรือ กริดเซลล์ที่บันทึกค่าระดับภูมิประเทศ ดังนั้นความครบถ้วนของข้อมูลรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ในชั้นข้อมูลนี้จึงหมายถึงการที่ข้อมูลกริดครอบคลุมขอบเขตพื้นที่ตามที่กำหนดในขอบเขตงานของโครงการฯ ครบถ้วน โดยใช้ตัวชี้วัด “ร้อยละพื้นที่ข้อมูลที่ขาดไป” ซึ่งแสดงเป็นเกณฑ์ข้อกำหนดดังตารางที่ 6 ต่อไปนี้ ทั้งนี้จะต้องมีการแสดงผลที่มาของความไม่ครบถ้วนนั้นว่าเป็นเหตุสุดวิสัยด้วย

ตารางที่ 6 เกณฑ์ความครบถ้วนของรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ ในชุดข้อมูล FGDS ความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

ที่	รายการรูปลักษณ์ข้อมูล	จำนวนข้อมูลที่ขาดไป (m ²)	ร้อยละพื้นที่ข้อมูลที่ขาดไป
1	กริดเซลล์	N.A.	≤ 5 %

7.2.2 ความครบถ้วนของข้อมูลลักษณะประจำ

ในลักษณะของข้อมูลกริดนั้น เกณฑ์ความครบถ้วนของข้อมูลลักษณะประจำในข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข กำหนดเฉพาะข้อมูลลักษณะประจำหลักคือ gridID และ elevation เท่านั้น ซึ่งจะต้องมีค่าครบถ้วนสำหรับทุกจุดกริด (หรือกริดเซลล์) ดังตารางที่ 7 ต่อไปนี้ ส่วนข้อมูลลักษณะประจำที่เป็นข้อมูลอ้างอิงเชิงตำแหน่งสำหรับการใช้งานไฟล์ข้อมูลความสูงภูมิประเทศนั้นก็ต้องมีครบถ้วนสำหรับแต่ละไฟล์ข้อมูลด้วย

ตารางที่ 7 เกณฑ์ความครบถ้วนของข้อมูลลักษณะประจำในชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

	รายการข้อมูลลักษณะประจำ	จำนวนข้อมูลที่ขาดไป	ร้อยละข้อมูลที่ขาดไป
1	gridID	0	0
2	elevation	0	0

7.3 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลลักษณะประจำ (Attribute accuracy)

เกณฑ์ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลลักษณะประจำในชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขนี้ จะกำหนดให้เฉพาะรายการข้อมูลลักษณะประจำหลักคือข้อมูลค่าระดับเท่านั้น เนื่องจากรายการข้อมูลเสริม non-image data นั้นเป็นข้อมูลที่ต้องมีอยู่สำหรับทุกไฟล์ข้อมูลกริดหรือราสเตอร์อยู่แล้ว

เกณฑ์ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลค่าระดับนั้นจะมีค่าแตกต่างกันตามมาตราส่วนของข้อมูล โดยกำหนดแยกเป็น 2 กลุ่มมาตราส่วน กลุ่มแรกเป็นข้อกำหนดสำหรับข้อมูลมาตราส่วน 1:4,000 1:10,000 และ 1:25,000 และกลุ่มที่สองเป็นข้อกำหนดสำหรับข้อมูลมาตราส่วน 1:50,000 และ 1:250,000

ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลค่าระดับ ในกลุ่มแรก คือข้อมูลมาตราส่วน 1:4,000 1:10,000 และ 1:25,000 นั้น กำหนดความถูกต้องของข้อมูลไว้ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยแบ่งระดับความถูกต้องของข้อมูล

ตามลักษณะความลาดชันของภูมิประเทศเป็นบริเวณพื้นที่ราบและบริเวณที่มีความลาดชันไม่เกิน 35% กับบริเวณพื้นที่สูงชันที่มีความลาดชันเกิน 35% โดยค่าเกณฑ์ความถูกต้องของค่าระดับของข้อมูลในกลุ่มนี้แสดงไว้ในตารางที่ 8 ต่อไปนี้

ตารางที่ 8 เกณฑ์ความถูกต้องของข้อมูลค่าระดับ สำหรับข้อมูลมาตราส่วน 1:4,000 – 1:25,000

มาตราส่วน	ข้อกำหนดความถูกต้องของค่าระดับ	
	พื้นที่ราบและบริเวณที่มีความลาดชันไม่เกิน 35%	บริเวณพื้นที่สูงชันที่มีความลาดชันเกิน 35 %
1:4,000	2 เมตรหรือดีกว่า	4 เมตรหรือดีกว่า
1:10,000	5 เมตรหรือดีกว่า	10 เมตรหรือดีกว่า
1:25,000	10 เมตรหรือดีกว่า	15 เมตรหรือดีกว่า

สำหรับข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลค่าระดับ ในชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมาตราส่วน 1:50,000 และ 1:250,000 นั้น กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 90% Linear Error (L.E.) อ้างอิงระดับทะเลปานกลาง (MSL) โดยแบ่งข้อกำหนดความถูกต้องออกเป็น 2 ประเภทคือ ข้อกำหนดความถูกต้องแบบสัมบูรณ์ และ ข้อกำหนดความถูกต้องแบบสัมพัทธ์ (แบบเทียบจุดต่อจุด) ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่ภูมิประเทศมีความลาดชันต่ำถึงปานกลาง (ความชันของภูมิประเทศส่วนใหญ่ตั้งแต่ 0 – 20%) และกรณีที่ภูมิประเทศมีความลาดชันสูง (ความชันของภูมิประเทศส่วนใหญ่มากกว่า 20%) ข้อกำหนดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลในกลุ่มนี้แสดงไว้ในตารางที่ 9 ต่อไปนี้

ตารางที่ 9 เกณฑ์ความถูกต้องของข้อมูลค่าระดับ สำหรับข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมาตราส่วน 1:50,000 – 1:250,000

มาตราส่วน	ความถูกต้องแบบสัมบูรณ์	ความถูกต้องแบบสัมพัทธ์	
		ความลาดชันต่ำถึงปานกลาง (0–20%)	ความลาดชันสูง (> 20%)
1:50,000	≤ 18 เมตร	≤ 12 เมตร	≤ 15 เมตร
1:250,000	≤ 30 เมตร	≤ 20 เมตร	≤ 20 เมตร

7.4 ข้อกำหนดความสอดคล้องทางตรรกะของข้อมูล

ความสอดคล้องเชิงตรรกะของข้อมูล ในชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ประกอบด้วยเพียงองค์ประกอบย่อยเดียวคือ ข้อกำหนดความสอดคล้องกับค่าโดเมนของข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

7.4.1 ข้อกำหนดความสอดคล้องกับค่าโดเมนของข้อมูล

เกณฑ์ความสอดคล้องกับค่าโดเมน ของข้อมูลในชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขนั้น ใช้ค่า value domain non-conformance rate เป็นตัวชี้วัดคุณภาพ (quality measure) ดังตารางที่ 10 ต่อไปนี้

ตารางที่ 10 เกณฑ์ความสอดคล้องกับค่าโดเมน ของข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

	รายการข้อมูลลักษณะประจำ	value domain non-conformance rate
1	gridID	N.A.
2	elevation	0

7.5 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลเชิงเวลา

ไม่ระบุ

8. การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product delivery)

เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่ส่งมอบ อยู่ในรูปแบบที่เปิดกว้างสามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง มาตรฐานนี้ได้กำหนดรูปแบบฟอร์แมตของข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขในแต่ละระดับมาตราส่วนไว้ในข้อ 8.1 ถึง 8.5 ต่อไปนี้

อย่างไรก็ตาม หากเห็นว่าเป็นประโยชน์ต่อ หน่วยงานผู้ดำเนินการสำรวจจัดทำข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ก็สามารถกำหนดรูปแบบฟอร์แมตของผลิตภัณฑ์ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่ส่งมอบ เป็นรูปแบบฟอร์แมตอื่น เช่น Erdas img หรือ ESRI GRID ได้ แต่ต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่ารูปแบบฟอร์แมตที่กำหนดต้องสามารถบันทึกเนื้อหาของข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขตามมาตรฐานนี้ได้อย่างครบถ้วน

8.1 ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:4,000

ชื่อของฟอร์แมต: GeoTIFF

เวอร์ชันของฟอร์แมต: 28 ธันวาคม 2543

ภาษาที่ใช้ในชุดข้อมูล: ไทย

ขนาดโดยประมาณ: 2 Mbytes

สื่อบันทึกข้อมูล: ซีดีรอม หรือ ดีวีดีรอม

ข้อกำหนดขนาดและระบบการแบ่งระวาง: 2 กม.×2 กม.

ในกรณีที่หน่วยงานผู้จัดทำข้อมูล

8.2 ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:10,000

ชื่อของฟอร์แมต: GeoTIFF

เวอร์ชันของฟอร์แมต: 28 ธันวาคม 2543

ภาษาที่ใช้ในชุดข้อมูล: ไทย

ขนาดโดยประมาณ: 4 Mbytes

สื่อบันทึกข้อมูล: ซีดีรอม หรือ ดีวีดีรอม

ข้อกำหนดขนาดและระบบการแบ่งระวาง: 5 กม.×5 กม.

8.3 ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:25,000

ชื่อของฟอร์แมต: GeoTIFF

เวอร์ชันของฟอร์แมต: 28 ธันวาคม 2543

ภาษาที่ใช้ในชุดข้อมูล: ไทย

ขนาดโดยประมาณ: 8 Mbytes

สื่อบันทึกข้อมูล: ซีดีรอม

ข้อกำหนดขนาดและระบบการแบ่งระวาง: 10 กม.×10 กม.

8.4 ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:50,000

ชื่อของฟอร์แมต: Digital Terrain Elevation Data (DTED)

เวอร์ชันของฟอร์แมต: 19 เมษายน 2539

ชื่อของส่วนย่อย: DTED level 2

โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลที่ส่งมอบ: ประกอบด้วย 4 ไฟล์ข้อมูลคือ

- onc.dir
- <xxx>.dt2
- Read.me
- dmed

ภาษาที่ใช้ในชุดข้อมูล: อังกฤษ

ขนาดโดยประมาณ: 25 Mbytes

สื่อบันทึกข้อมูล: ซีดีรอม หรือ ดีวีดีรอม

ข้อกำหนดขนาดและระบบการแบ่งระวาง: 1 องศา×1 องศา

8.5 ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:250,000

ชื่อของฟอร์แมต: Digital Terrain Elevation Data (DTED)

เวอร์ชันของฟอร์แมต: 19 เมษายน 2539

ชื่อของส่วนย่อย: DTED level 1

โครงสร้างของไฟล์ข้อมูลที่ส่งมอบ: ประกอบด้วย 8 ไฟล์ข้อมูลคือ

onc.dir

<xxx>.dt1

Read.me

dmed.

gazetteer/<country>.gaz

gazetteer/<country>.hsh

gazetteer/Gazette.dir

gazetteer/Gazette.key

ภาษาที่ใช้ในชุดข้อมูล: อังกฤษ

ขนาดโดยประมาณ: 3 Mbytes

สื่อบันทึกข้อมูล: ซีดีรอม หรือ ดีวีดีรอม

ข้อกำหนดขนาดและระบบการแบ่งระวาง: 1 องศา X 1 องศา

9. ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata)

คำอธิบายข้อมูล (metadata) สำหรับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO19115 และ ISO19115-2 โดยต้องมีรายการ Metadata ครบตามรายการ core metadata ที่กำหนดในมาตรฐาน ISO19115 ตามรายการที่ 1-25 ในตาราง 11 นอกจากนี้จะต้องมีรายการ metadata ที่อธิบายเนื้อหาของชุดข้อมูล (data content) และคุณภาพของชุดข้อมูล (data quality) ตามตารางที่ 12 และ 13 ด้วย

อนึ่ง ข้อมูล metadata ซึ่งอธิบายการอ้างอิงเชิงตำแหน่งของข้อมูลแต่ละไฟล์นั้น ได้ถูกกำหนดไว้เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อหาข้อมูล (data content) ด้วยแล้ว

ตารางที่ 11 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
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 (ทางตั้ง 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)

ตารางที่ 11 รายการ Metadata ของชุดข้อมูล FGDS

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล/ค่าโดเมน
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 12 รายการ metadata สำหรับอธิบายเนื้อหาข้อมูล (MD_ContentInformation)

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล
1	MD_FeatureCatalogue Description	ข้อมูลอธิบายสารบัญเพิ่มเติมของรูปลักษณ์ (กรณีข้อมูลแบบเวกเตอร์)	Conditional	รายการที่ 1.1 ถึง 1.5
1.1	complianceCode [0..1]	รหัสที่บอกถึงการได้ตาม ISO19110 ของสารบัญเพิ่มเติมฯ	Optional	Boolean
1.2	language [0..*]	ภาษาที่ใช้ในสารบัญเพิ่มเติมฯ	Optional	CharacterString
1.3	includeWithDataset	รหัสที่บอกว่าสารบัญเพิ่มเติมฯ ได้ถูกใส่รวมไว้ในชุดข้อมูล	Mandatory	Boolean
1.4	featureTypes [0..*]	รายการรูปลักษณ์ข้อมูลในสารบัญเพิ่มเติมฯ ที่ปรากฏในชุดข้อมูล	Optional	GenericName
1.5	featureCatalogueCitation [1..*]	ข้อมูลอ้างอิงของสารบัญเพิ่มเติมฯ ภายนอก	Mandatory	CI_Citation

ตารางที่ 13 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 องค์ประกอบ)	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

อนึ่ง Metadata สำหรับชุดข้อมูล FGDS ให้จัดทำในรูปแบบฟอร์แมตและวิธีการเข้ารหัสข้อมูล ตามมาตรฐาน ISO19139

10. การสำรavnนำเข้าข้อมูล (Data capture)

วิธีการสำรavnนำเข้าข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่สามารถนำมาใช้เพื่อให้ได้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศที่มีลักษณะตามที่กำหนดในข้อกำหนดนี้มีอยู่หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปมี 3 วิธี คือ

10.1 Stereo photogrammetry

เป็นวิธีการทางโฟโตแกรมเมตรีที่เก็บข้อมูลความสูงภูมิประเทศจากแบบจำลองภาพทรวงซึ่งอาจเป็นภาพคู่ทรวงจากภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายจากดาวเทียม ในอดีตจะต้องใช้คนในการวัดค่าพิกัดของจุดบนภาพทรวงทำให้ใช้เวลาค่อนข้างมาก แต่ในปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีการจับคู่จุดบนภาพถ่าย (image point matching) แบบอัตโนมัติมาช่วยในการวัดค่าพิกัดของจุดบนภาพทรวงจึงสามารถลดเวลาการทำงานลงได้มาก การสำรavnนำเข้าข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขโดยวิธีการทางโฟโตแกรมเมตรีจากภาพคู่ทรวงอาจแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนหลักดังนี้

จัดหาภาพถ่าย ภาพถ่ายที่จะนำมาใช้ในการสำรavnนำเข้าข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขนี้จะต้องเป็นภาพถ่ายที่สามารถนำมาสร้างเป็นแบบจำลองภาพทรวง (stereo model) ได้คือเป็นชุดของภาพถ่ายที่มีส่วนซ้อน (overlap) กัน การเลือกภาพถ่ายมาใช้ในการเก็บข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมีปัจจัยที่สำคัญที่ต้อง

นำมาพิจารณาคือระดับความละเอียดถูกต้องของข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่ต้องการซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{\sigma_h}{H} = \frac{\sqrt{2}}{(B/H)f} \sigma$$

โดยที่ σ_h คือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความสูงภูมิประเทศ

H คือค่าความสูงบินเหนือภูมิประเทศ

f คือค่าความยาวโฟกัสของเลนส์ของกล้องถ่ายภาพ

B คือค่าระยะห่างระหว่างภาพถ่ายหรือระยะฐานบิน

σ คือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพิกัดที่วัดบนภาพถ่าย

ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ใช้ภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพที่มีความยาวโฟกัสของเลนส์เท่ากับ 150 มม. มีอัตราส่วนระยะฐานบินต่อความสูงเท่ากับ 0.6 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพิกัดที่วัดบนภาพถ่ายเท่ากับ 0.03 มม.จะได้

$$\frac{\sigma_h}{H} = \frac{\sqrt{2}}{(0.6)150} 0.03 = 0.000471$$

หมายความว่าเมื่อนำภาพถ่ายดังกล่าวมาเก็บข้อมูลความสูงภูมิประเทศจะได้ค่าความสูงที่มีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานประมาณ 0.05% ของค่าความสูงบินเหนือภูมิประเทศ เป็นต้น

ในกรณีที่ไม่ทราบค่าพารามิเตอร์ของภาพถ่ายที่จัดทำมาจะต้องมีการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของภาพถ่ายโดยวิธีสามเหลี่ยมอากาศ (aerotriangulation) ในการปฏิบัติงานสามเหลี่ยมอากาศนั้น จำเป็นต้องมีการวัดค่าพิกัดของจุดบนภาพถ่ายจำนวนมาก จุดเหล่านี้เมื่อพิจารณาบนพื้นดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ จุดที่ไม่ทราบค่าพิกัดบนพื้นดิน เรียกว่า จุดผ่าน/จุดเชื่อมโยง (pass/tie point) และจุดที่ทราบค่าพิกัดบนพื้นดิน เรียกว่า จุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point, GCP) ซึ่งเป็นจุดที่ต้องไปสำรวจหาค่าพิกัดภาคสนาม ในปัจจุบันมีระบบถ่ายภาพทั้งทางอากาศหรือจากดาวเทียมที่สามารถให้ค่าพารามิเตอร์ของภาพถ่ายได้ แต่ระบบดังกล่าวส่วนใหญ่ให้ค่าพารามิเตอร์ที่มีความละเอียดถูกต้องต่ำกว่าที่ต้องการทำให้ยังมีความจำเป็นต้องปฏิบัติงานสามเหลี่ยมอากาศเพื่อคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่มีความละเอียดถูกต้องตามความต้องการอยู่

เก็บข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ในทางโฟโตแกรมเมตรีเมื่อทราบค่าพารามิเตอร์ของภาพถ่ายแล้ว เราสามารถรังวัดค่าพิกัดของจุดบนภาพถ่ายอย่างน้อย 2 ภาพเพื่อคำนวณหาค่าพิกัด 3 มิติบนพื้นดินได้ ในปัจจุบันนิยมใช้สถานีงานโฟโตแกรมเมตรี (digital photogrammetric workstation) ในการเก็บข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขซึ่งมีขีดความสามารถในการรังวัดค่าพิกัดบนภาพถ่ายแบบอัตโนมัติโดยใช้การจับคู่จุดบนภาพถ่าย แต่การปฏิบัติงานดังกล่าวยังมีข้อจำกัดอยู่มากทำให้ไม่สามารถปฏิบัติงานดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์แบบจำเป็นต้องใช้คนตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลที่ได้มาจากการรังวัดอัตโนมัติ ในกรณีจุดที่ได้จากการรังวัดมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ทำให้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศที่ได้ไม่วางตัวแบบกริด อาจต้องมีการประมาณค่าในช่วง (interpolation) เพื่อสร้างข้อมูลแบบกริดขึ้น

10.2 Light Detection and Ranging (LIDAR)

LIDAR จะส่งคลื่นเลเซอร์ไปยังวัตถุแล้ววัดเวลาในเดินทางของคลื่นทำให้สามารถคำนวณระยะจากระบบไปยังวัตถุนั้นได้ ตามปกติระบบ LIDAR ที่ใช้เก็บข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมักติดตั้งบนเครื่องบินพร้อมทั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสและ inertial navigation system (INS) ในขณะที่เครื่องบินเก็บข้อมูลนั้นระบบจะบันทึกตำแหน่งและการวางทิศทางของเครื่องบินรวมทั้งระยะไปยังพื้นดินไว้แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมา

ประมวลผลเพื่อให้ได้ค่าพิกัด 3 มิติของจุดต่างๆ ความหนาแน่นของจุดขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของระบบ ความเร็วและความสูงบิน ผลผลิตที่ได้จากระบบ LIDAR นั้นมักเป็นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบจุดในลักษณะของกลุ่มของจุดซึ่งจะต้องผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลให้เป็นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบกริด อีกทีหนึ่ง

การที่ LIDAR สร้างคลื่นเลเซอร์ขึ้นมาเอง (เรียกว่าเป็น active system) ทำให้ระบบสามารถทำงานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน แต่อาจมีปัญหาในการทำงานในที่ที่มีเมฆหรือหมอกควัน ระบบ LIDAR มีความสะดวกรวดเร็วในการทำงาน และให้ความละเอียดถูกต้องสูง แต่มีประเด็นที่ต้องพิจารณาในเรื่องของระบบอ้างอิงค่าความสูงภูมิประเทศ ตามปกติแล้วค่าความสูงที่ใช้ในชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขเป็นค่าความสูงชนิด ค่ำระดับ แต่ค่าความสูงที่ได้จากระบบ LIDAR มักเป็นค่าความสูงที่คำนวณมาจากการรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสซึ่งเป็นค่าความสูงเหนือทรงรี จำเป็นที่จะต้องได้รับการแปลงค่าไปสู่ค่าระดับต่อไป กระบวนการแปลงค่าความสูงดังกล่าวอาจทำให้ระดับความถูกต้องของข้อมูลเปลี่ยนไปเรื่องนี้จะจึงเป็นประเด็นที่ควรมีการพิจารณาอย่างรอบคอบดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

10.3 Interferometric Synthetic Aperture Radar (IFSAR)

IFSAR มีหลักการคล้ายกับ LIDAR แต่ใช้คลื่นไมโครเวฟแทนคลื่นแสง IFSAR จะส่งคลื่นไมโครเวฟไปยังวัตถุ คลื่นที่สะท้อนกลับมาจากวัตถุจะถูกบันทึกไว้ผ่านจานสายอากาศ 2 จาน ข้อมูลที่บันทึกไว้จะนำมาประมวลผลเพื่อวัดความต่างเฟสแล้วคำนวณออกมาเป็นระยะทางไปยังวัตถุนั้น จากนั้นจึงนำค่าตำแหน่งและการวางทิศทางที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสและ INS มาคำนวณร่วมกับค่าระยะดังกล่าวได้เป็นค่าพิกัด 3 มิติของจุดต่างๆ คล้ายกับกรณีของระบบ LIDAR โดยทั่วไปผลผลิตที่ได้จากระบบ IFSAR ก็มักเป็นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบจุดในลักษณะของกลุ่มของจุดซึ่งจะต้องผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลให้เป็นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบกริดเช่นเดียวกัน

IFSAR ก็เป็น active system โดยสร้างคลื่นไมโครเวฟขึ้นมาเอง คลื่นไมโครเวฟสามารถทะลุทะลวงผ่านเมฆและหมอกควันได้ ทำให้สามารถทำงานได้ทั้งกลางวันและกลางคืน รวมทั้งในที่ที่มีเมฆหรือหมอกควันซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในภูมิภาคเขตร้อนอย่างประเทศไทย คุณสมบัติข้อนี้จึงเป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญเหนือระบบอื่นๆ นอกจากนี้โดยทั่วไปแล้ว ระบบ IFSAR สามารถเก็บข้อมูลได้รวดเร็วกว่าระบบ LIDAR แต่มีความซับซ้อนมากกว่า ทำให้มีราคาแพงกว่าระบบ LIDAR การที่ระบบ IFSAR ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสในการกำหนดตำแหน่งทำให้มีประเด็นเรื่องระบบอ้างอิงค่าความสูงเช่นเดียวกับกรณีของระบบ LIDAR ตัวอย่างข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่ผลิตขึ้นโดยใช้ระบบ IFSAR ที่ทราบกันดีคือข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขจาก Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) เป็นข้อมูลที่ครอบคลุมประมาณ 80% ของพื้นผิวนบกของโลก

11. การบำรุงรักษาข้อมูล (Data Maintenance)

ในอดีตการผลิตข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขเป็นงานที่ยุ่งยากต้องใช้งบประมาณและระยะเวลาในการปฏิบัติงานมาก ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขส่วนใหญ่มักได้รับการผลิตขึ้นโดยเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตแผนที่ภูมิประเทศหรือภาพออร์โท เมื่อมีการปรับปรุงแก้ไขแผนที่ภูมิประเทศหรือภาพออร์โทในพื้นที่ใดก็มักจะมีการปรับปรุงข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขในพื้นที่นั้นควบคู่กันไป วงรอบการปรับปรุงแก้ไขแผนที่ภูมิประเทศมักมีระยะเวลายาวนานเนื่องจากการปรับปรุงแก้ไขแผนที่ภูมิประเทศใช้เวลานานรวมทั้งยังใช้งบประมาณสูง แผนที่ภูมิประเทศบางชุดไม่มีวงรอบการปรับปรุงแก้ไขทำให้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขก็ไม่ได้รับการปรับปรุงแก้ไข ปัจจุบันมีเทคโนโลยี IFSAR และ LIDAR ช่วยให้การผลิตข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสามารถทำได้สะดวก

รวดเร็ว มีความถูกต้องสูงรวมทั้งใช้งบประมาณน้อยลง ทำให้สามารถผลิตและการบำรุงรักษาข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นต้องขึ้นอยู่กับวงรอบของการปรับปรุงแก้ไขแผนที่ภูมิประเทศหรือภาพออร์โธ

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงการที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศจนทำให้ต้องมีการการแก้ไขปรับปรุงข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขก็จะเห็นได้ว่ามีโอกาสไม่มากนัก นอกจากนี้พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศก็มักครอบคลุมบริเวณที่ไม่กว้างขวางนัก การบำรุงรักษาข้อมูลจึงไม่จำเป็นต้องกระทำในพื้นที่ทั้งหมด อาจพิจารณากระทำเฉพาะในพื้นที่ที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศจนทำให้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขเดิมไม่ถูกต้องทำให้สามารถทำการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขได้อย่างรวดเร็วและใช้งบประมาณไม่มากนัก

12. การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล (Portrayal)

ไม่มีข้อกำหนดในส่วนนี้

13. รายการเอกสารอ้างอิง

U.S. Geological Survey (USGS), 1998. **Standards for Digital Elevation Models.**

Federal Geographic Data Committee (FGDC), 2008. **Geographic Information Framework Data Content Standard, Part 3: Elevation.**

ภาคผนวก ก

รูปแบบของข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

โดยทั่วไปสามารถพบข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขได้ใน 5 รูปแบบดังนี้

1) ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบจุด เป็นการบันทึกข้อมูลค่าพิกัดสามมิติ (X, Y, Z) ของจุดต่างๆ ที่กระจายกันอยู่อย่างไม่เป็นระเบียบในพื้นที่หนึ่ง ดังรูปที่ 4 (ก) ในการเก็บข้อมูลแบบนี้ด้วยคน (manual) จุดที่สร้างขึ้นมักถูกกำหนดให้อยู่ในตำแหน่งที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวภูมิประเทศ ส่วนการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือแบบอัตโนมัติ การกระจายของจุดก็จะขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติของเครื่องมือที่ใช้ แหล่งที่มาที่สำคัญของข้อมูลแบบจุดคือ LIDAR ซึ่งให้ค่าพิกัดสามมิติของจุดต่างๆ โดยมีระยะห่างของจุดไม่คงที่ในลักษณะของกลุ่มของจุด (point cloud) การบันทึกข้อมูลแบบจุดโดยทั่วไปแล้วสามารถกระทำได้ง่ายแต่ก็ไม่สะดวกในการนำข้อมูลไปใช้งาน โดยเฉพาะงานด้านการวิเคราะห์ข้อมูล

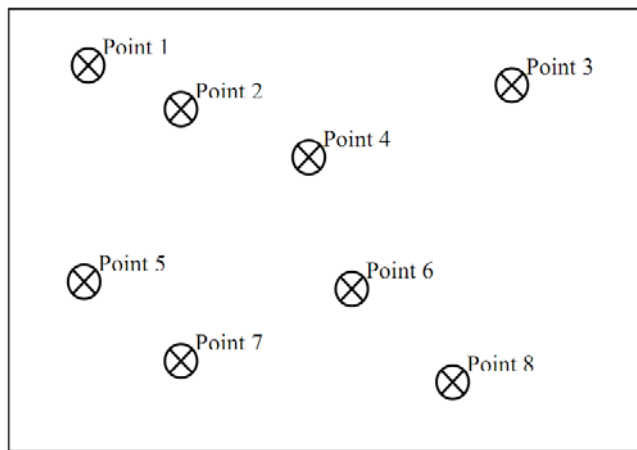
2) ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบกริด เป็นการบันทึกค่าระดับของจุดโดยมีระยะห่างระหว่างจุดคงที่ในสองทิศทางคือ เหนือ-ใต้และตะวันออก-ตะวันตก ดังรูปที่ 4 (ข) ในการบันทึกข้อมูลแบบนี้ถ้ากำหนดค่าพิกัดทางราบ ณ จุดใดจุดหนึ่ง (ตามปกติมักเป็นจุดที่อยู่มุมล่างซ้ายของพื้นที่) ก็จะสามารถหาค่าพิกัดของจุดใดๆ ในข้อมูลได้โดยคำนวณจากค่าพิกัดของจุดอ้างอิง ลำดับของจุดเมื่อเทียบกับจุดอ้างอิง และระยะห่างระหว่างจุด ทำให้ไม่จำเป็นต้องบันทึกค่าพิกัดทางราบสำหรับทุกจุด ข้อมูลแบบกริดนี้สามารถพิจารณาได้ว่าเป็นข้อมูลแบบจุดภาพ (raster data) โดยมีค่าระดับที่เทียบได้กับ digital number ของภาพถ่าย จึงมีเรื่องที่ต้องพิจารณาเกี่ยวกับความละเอียดของการบันทึกข้อมูลคล้ายกับภาพถ่าย ถ้าการบันทึกข้อมูลมีความละเอียดต่ำหรือมีระยะห่างระหว่างจุดมาก ข้อมูลก็อาจแสดงลักษณะของพื้นที่ได้ไม่เหมือนกับพื้นผิวภูมิประเทศจริง โดยเฉพาะในกรณีที่พื้นผิวภูมิประเทศมีความขรุขระหรือมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน (เช่น หน้าผา เป็นต้น) แต่ถ้าบันทึกข้อมูลให้มีความละเอียดสูงก็จะต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลมาก ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบกริดอาจได้มาโดยตรงจากเครื่องมือสำรวจ เช่น เครื่องเขียนแผนที่จากภาพคู่ทรวดทรง (stereo model) และ IFSAR เป็นต้น หรืออาจได้มาจากการนำข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบอื่น เช่น ข้อมูลแบบจุด เส้นชั้นความสูง และ TIN เป็นต้น มาแปลงเป็นข้อมูลแบบกริด การแปลงข้อมูลจะใช้การประมาณค่าในช่วง (interpolation) ซึ่งเป็นการคำนวณหาค่าระดับของจุด (Z) ณ ตำแหน่งทางราบ (X, Y) ที่กำหนดจากค่าระดับของจุดที่ทราบค่าแล้วจำนวนหนึ่งทีล้อมรอบจุดๆ นั้น คุณสมบัติที่สำคัญของข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบกริดคือเป็นข้อมูลที่มีความสะดวกในการนำไปดำเนินการวิธีจึงทำให้ข้อมูลแบบนี้มีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย

3) ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบเส้นชั้นความสูง การเก็บข้อมูลในแบบนี้มักพบอยู่ในแผนที่ภูมิประเทศนั้นโดยแสดงเป็นเส้นที่ลากผ่านจุดที่มีค่าระดับเท่ากัน ดังรูปที่ 4 (ค) ในการบันทึกข้อมูลเส้นชั้นความสูงลงในแฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์นิยมบันทึกเป็นข้อมูลแบบจุดพิกัด (vector data) โดยบันทึกข้อมูลเป็นเส้นที่ประกอบด้วยจุดที่มีค่าระดับเท่ากัน ตามปกติการผลิตเส้นชั้นความสูงเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตแผนที่ภูมิประเทศ ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบเส้นชั้นความสูงส่วนใหญ่ได้มาจากการนำเส้นชั้นความสูงในแผนที่ภูมิประเทศเดิมที่อยู่ในแผนที่กระดาษมาแปลงเป็นเชิงเลข (digitization) เส้นชั้นความสูงเป็นข้อมูลที่เหมาะสำหรับใช้แสดงลักษณะภูมิประเทศให้ดูด้วยตาแต่ไม่ค่อยเหมาะสำหรับการนำข้อมูลไปดำเนินการวิธี

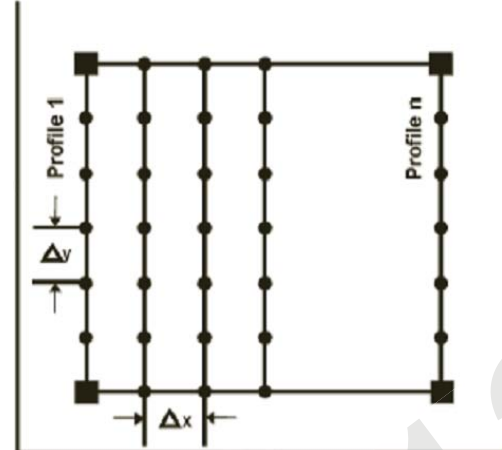
4) ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบ TIN เป็นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่ถูกบันทึกไว้แบบจุดพิกัดที่มีองค์ประกอบเป็นจุด (node) และด้าน (edge) รวมกันเป็นรูปสามเหลี่ยมเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย ดังรูปที่ 4 (ง) การบันทึกข้อมูล TIN มักกระทำในลักษณะของโครงสร้างเชิงทอพอโลยี (topological structure) ที่เก็บความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ทำให้โครงสร้างข้อมูลมีความซับซ้อนสูงกว่าข้อมูลชนิดอื่นๆ ระยะระหว่าง

จุดในข้อมูล TIN ไม่จำเป็นต้องคงที่จึงสามารถเลือกการกระจายของจุดให้สอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศได้ทำให้ข้อมูล TIN เป็นข้อมูลที่แสดงลักษณะภูมิประเทศได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยทั่วไปแล้ว TIN มักได้มาจากการนำข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบจุดมาจัดให้อยู่ในลักษณะของโครงสร้างเชิงทอพอโลยี โครงสร้างข้อมูลในลักษณะนี้มีความซับซ้อนแต่มีข้อดีคือสามารถนำไปดำเนินการวิธีได้หลากหลายโดยเฉพาะ การนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในด้านต่างๆ

5) ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบโพรไฟล์ เป็นการบันทึกค่าระดับของจุดโดยมีลักษณะเป็นเส้นที่เชื่อมจุดต่างๆ ที่ทราบค่าพิกัดสามมิติ ดังรูปที่ 4 (จ) ค่าระดับของจุดเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องเท่ากันดังในกรณีของเส้นชั้นความสูง และระยะห่างระหว่างจุดไม่จำเป็นต้องคงที่ โพรไฟล์อาจเป็นเส้นตรงหรือไม่ก็ได้ มักบันทึกในแฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์นิยมบันทึกเป็นข้อมูลแบบจุดพิกัดโดยบันทึกข้อมูลเป็นเส้นที่ประกอบด้วยจุดที่มีค่าพิกัดสามมิติ โพรไฟล์มักได้มาจากการสำรวจภาคพื้นดิน ข้อมูลแบบนี้นิยมใช้ในการแสดงพื้นผิวภูมิประเทศส่วนที่ไม่ต่อเนื่อง เช่น หลุม หน้าผา หรือหุบ เป็นต้น เหมาะสมกับการใช้งานทางวิศวกรรมซึ่งครอบคลุมพื้นที่ที่มีขนาดไม่มากนัก



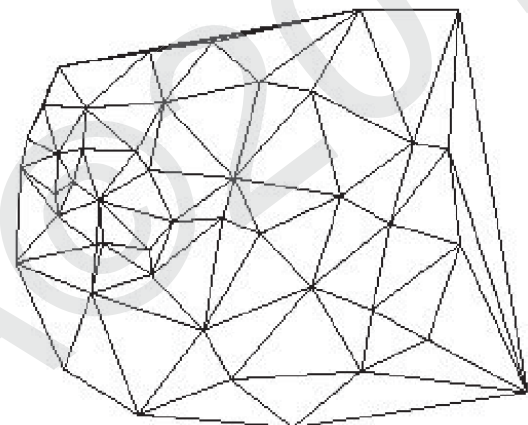
(ก) ข้อมูลแบบจุด



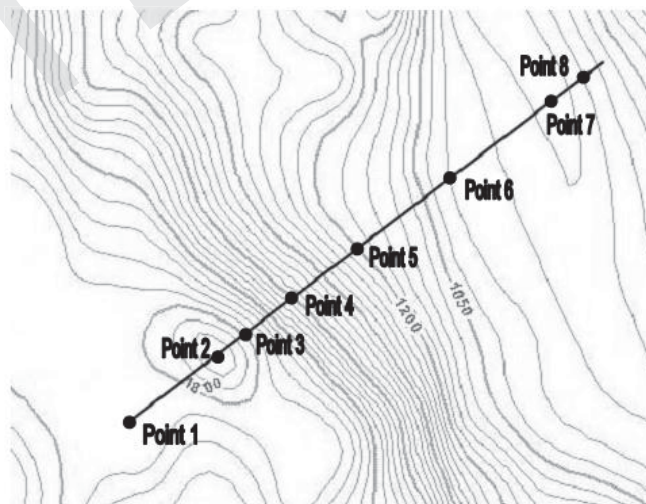
(ข) ข้อมูลแบบกริด



(ค) เส้นชั้นความสูง



(ง) TIN



(จ) โปรไฟล์

รูปที่ 4 ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

(ภาพดัดแปลงจาก Federal Geographic Data Committee, *Geographic Information Framework Data Content Standard, Part 3: Elevation*, 2008)

มาตรฐาน

ข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS)

ชั้นข้อมูลชุดหลักฐานแผนที่

สารบัญ

หน้า

1. บทนำ.....	9-1
2. ภาพรวม (Overview) ของมาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลชุดหลักฐานแผนที่.....	9-1
2.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับข้อกำหนดชั้นข้อมูล FGDS นี้.....	9-1
2.2 คำนิยามศัพท์	9-1
2.3 อักษรย่อ	9-2
2.4 บทคัดย่อของเอกสารข้อกำหนดฯ	9-2
3. ขอบเขตของข้อกำหนด (Specification scopes)	9-3
4. ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product identification)	9-3
5. เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล (Data content and structure).....	9-4
5.1 ความหมายในภาพรวม.....	9-4
5.2 รายการรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ (Geographic feature)	9-6
5.3 ผังเค้าร่างการประยุกต์ใช้ (Application schema) ของชั้นข้อมูลชุดหลักฐานแผนที่.....	9-9
5.4 พจนานุกรมข้อมูล (Data dictionary) ชั้นข้อมูลชุดหลักฐานแผนที่.....	9-10
5.5 Feature Catalogue ของรายการข้อมูลในชั้นข้อมูลชุดหลักฐานแผนที่.....	9-12
6. ระบบพิกัดอ้างอิง (Coordinate reference system)	9-17
6.1 พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (Geodetic datum).....	9-17
6.2 รูปแบบระบบพิกัด.....	9-18
6.3 ความสูง	9-18
7. ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล (Data quality)	9-19
7.1 ข้อกำหนดความถูกต้องเชิงตำแหน่ง	9-19
7.2 ข้อกำหนดความครบถ้วนของข้อมูล.....	9-22
7.2.1 ความครบถ้วนของข้อมูลรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์	9-22
7.2.2 ความครบถ้วนของข้อมูลลักษณะประจำ	9-22
7.3 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลลักษณะประจำ (Attribute Data)	9-23
7.4 ข้อกำหนดความสอดคล้องทางตรรกะของข้อมูล	9-24
7.4.1 ข้อกำหนดความสอดคล้องกับค่าโดเมนของข้อมูล.....	9-25
7.5 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลเชิงเวลา	9-25
8. การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product delivery)	9-25
8.1 รูปแบบฟอร์แมตของข้อมูล	9-25
8.2 สื่อบันทึกข้อมูล	9-28
9. ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata).....	9-28

สารบัญ

หน้า

10. การสำรจนำเข้าข้อมูล (Data capture)	9-31
10.1 การออกแบบโครงข่ายหมุดหลักฐาน	9-31
10.2 เครื่องมือในงานรังวัดดาวเทียม	9-33
10.2.1 ชนิดของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส	9-33
10.2.2 เสืออากาศหรือจานรับสัญญาณดาวเทียม	9-33
10.3 เทคนิคในการรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสแบบสัมพัทธ์ (Differential or relative GPS positioning)	9-34
10.3.1 การรังวัดแบบสถิต (Static survey)	9-34
10.3.2 การรังวัดแบบจลน์ (Kinematic survey)	9-35
10.3.3 การรังวัดแบบสถิตอย่างรวดเร็ว (Rapid static survey)	9-35
10.3.4 การรังวัดแบบจลน์ในทันที (Real-time kinematic survey)	9-35
10.4 เครื่องมือในงานรังวัดภาคพื้นดิน	9-38
10.5 เทคนิคในการทำงานวงรอบ	9-38
10.6 เครื่องมือและเทคนิคในการทำงานระดับ	9-39
10.7 การหาค่าระดับด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส (GPS Leveling)	9-40
10.7.1 หลักการหาค่าระดับจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอส	9-40
10.7.2 แนวทางการหาค่าระดับจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสในประเทศไทย	9-42
11. การบำรุงรักษาข้อมูล (Data maintenance)	9-43
12. การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล (Portrayal)	9-43
13. รายการเอกสารอ้างอิง	9-43
ภาคผนวก ก ระบบพิกัดอ้างอิง (Reference coordinate system)	9-45
ก.1 พื้นหลักฐานทางยี่ห้อเดซี	9-45
ก.2 ระบบพิกัดฉากและระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซี	9-46
ก.3 ระบบพิกัด UTM	9-47

1. บทนำ

มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่ฉบับนี้ เป็นหนึ่งในชุดมาตรฐานข้อกำหนดชุดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย ซึ่งได้ถูกจัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา คุณลักษณะ คุณภาพของชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยมีศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นที่ปรึกษาดำเนินงาน

โครงสร้างเนื้อหาของมาตรฐานฉบับนี้ ประกอบด้วยข้อกำหนดลักษณะเฉพาะ (characteristics) ด้านต่างๆ ของชั้นข้อมูล FGDS หมวดหลักฐานแผนที่ ตามกรอบหลักการของเอกสารข้อกำหนดข้อมูลที่กำหนดในมาตรฐานระหว่างประเทศ ISO19131 Geographic information – Data product specifications

2. ภาพรวม (Overview) ของมาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่

2.1 ข้อสนเทศเกี่ยวกับข้อกำหนดชั้นข้อมูล FGDS นี้

ชื่อข้อกำหนด : ข้อกำหนดของมาตรฐานข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่

วันที่จัดทำและเผยแพร่ข้อกำหนดนี้ : วันที่รายงานฉบับสมบูรณ์และร่างมาตรฐานได้รับการตรวจรับจาก สทอภ. / วันที่มีการนำไปประกาศใช้เป็นมาตรฐานฯ

ผู้รับผิดชอบในการจัดทำข้อกำหนดฉบับนี้ : คณะที่ปรึกษา คณะทำงานกลุ่มย่อยประสานงานการจัดทำมาตรฐานฯ กลุ่มพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานภูมิสารสนเทศแห่งชาติ สทอภ.

หัวข้อของชั้นข้อมูลภูมิศาสตร์ในมาตรฐานนี้ : Location

2.2 คำนิยามศัพท์

คำศัพท์สำคัญ ที่ใช้ในมาตรฐานของชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่นี้ แสดงรายการนิยามศัพท์ไว้ดังตารางที่ 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 คำนิยามศัพท์ข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่

ที่	คำศัพท์	นิยามศัพท์
1	หมวดหลักฐานแผนที่	หมวดที่จัดสร้างขึ้นอย่างมั่นคง แข็งแรง และมีการรังวัดค่าพิกัดตำแหน่งที่มีความถูกต้องสูง
2	หมวดหลักฐานทางราบ	หมวดหลักฐานแผนที่ที่ให้เฉพาะค่าพิกัดทางราบในรูปพิกัดทางยี่ห้อเดซี และ/หรือในรูปพิกัดแผนที่ระบubyที่เอ็ม (UTM)
3	หมวดหลักฐานทางตั้ง	หมวดหลักฐานแผนที่ที่ให้เฉพาะค่าพิกัดทางตั้งในรูป ความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height) หรือความสูงออร์โธเมตริก (orthometric height) หรือค่าระดับ (elevation) อย่างน้อยอย่างใดอย่างหนึ่ง
4	หมวดหลักฐานสามมิติ	หมวดหลักฐานแผนที่ที่ให้ค่าพิกัดทั้งทางราบและทางตั้ง ตามที่อธิบายไว้ข้างต้น
5	จุดบังคับภาพถ่าย	จุดที่มองเห็นได้อย่างเด่นชัดบนภาพถ่าย และสามารถระบุตำแหน่งได้ใน

ตารางที่ 1 คำนิยามศัพท์ข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่

ที่	คำศัพท์	นิยามศัพท์
		ภูมิประเทศ เป็นจุดที่มีการหาตำแหน่งทางราบและทางดิ่งมาเพื่อใช้ในการควบคุมการประมวลผลเชิงตำแหน่งของข้อมูลภาพ และปกติเป็นการหาตำแหน่งจากกระบวนการทำงานงานรังวัดภาพถ่าย (photogrammetry)

2.3 อักษรย่อ

ความหมายของอักษรย่อที่สำคัญ ซึ่งมีการใช้ในมาตรฐานชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่นี้ แสดงไว้ดังตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ความหมายของอักษรย่อในมาตรฐานชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่

ที่	อักษรย่อ	ความหมาย
1	DMA	(U.S.) Defense Mapping Agency
2	EGM	Earth Gravitational Model
3	GPS	Global Positioning System
4	GLONASS	<u>G</u> L <u>O</u> bal <u>N</u> avigation <u>S</u> atellite <u>S</u> ystem
5	IGS	International GNSS Services
6	MSL	Mean Sea Level
7	NIMA	National Imagery and Mapping Agency
8	UTM	Universal Transverse Mercator
9	WGS 84	World Geodetic System 1984

2.4 บทคัดย่อของเอกสารข้อกำหนดฯ

เอกสารฉบับนี้เป็นข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ ซึ่งเป็นหนึ่งใน 13 ชั้นข้อมูลของชุดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย มาตรฐานฉบับนี้กำหนดข้อกำหนดคุณสมบัติเฉพาะ (characteristics) ที่สำคัญของข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ในฐานะข้อมูล FGDS เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปใช้เป็นกรอบแนวทางในการจัดทำข้อกำหนดการจ้าง หรือการปฏิบัติงานสำรวจจัดสร้าง และปรับปรุงบำรุงรักษาข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ให้มีคุณสมบัติ และคุณภาพที่เหมาะสมที่จะสามารถนำไปใช้อ้างอิงในการสำรวจจัดสร้างข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่น ๆ ต่อไป

โครงสร้างเนื้อหาของเอกสารข้อกำหนดมาตรฐานข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ฉบับนี้เป็นไปตามกรอบแนวทางที่กำหนดในมาตรฐาน ISO19131 Geographic information – Data product specifications โดยมีเนื้อหาหลักได้แก่ รายการเนื้อหาข้อมูลในชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ ระบบพิกัดอ้างอิง ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพของข้อมูลในระดับมาตราส่วนหลักของประเทศ ข้อกำหนดการจัดทำคำอธิบายข้อมูล ข้อกำหนดเกี่ยวกับการส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล และแนวทางการสำรวจจัดทำข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่

ข้อมูล FGDS มหุดหลักฐานแผนที่ประกอบด้วยรูปลักษณะทางภูมิศาสตร์ (geographic feature) 4 รายการได้แก่ มหุดหลักฐานทางราบ มหุดหลักฐานทางดิ่ง มหุดหลักฐานสามมิติ และจุดบังคับภาพถ่าย โดยมีข้อมูลลักษณะประจำที่สำคัญคือรหัสหมายเลขประจำมหุดฯ คำอธิบายและภาพแผนที่ที่ตั้งของมหุด ค่าพิกัดของ

หมุดฯ หน่วยงานที่รับผิดชอบ ระดับความถูกต้องของค่าพิกัดหมุดฯ และระดับชั้นงานของการสำรวจรังวัดหมุดฯ นั้น

หมุดหลักฐานแผนที่ มีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการจัดทำแผนที่และเป็นขั้นตอนแรกที่ต้องจัดสร้างขึ้นหรือจัดหา มา เพราะค่าพิกัดของรายละเอียดแผนที่หรือชั้นข้อมูลอื่น ๆ ต้องอ้างอิงมาจากค่าพิกัดของหมุดหลักฐานแผนที่นี้ วิธีการรังวัดเพื่อให้มาซึ่งค่าพิกัดของหมุดหลักฐานแผนที่อาจเป็นวิธีการรังวัดภาคพื้นดินหรือการรังวัดดาวเทียม วิธีการรังวัดภาคพื้นดินเน้นความถูกต้องเฉพาะค่าพิกัดทางราบเท่านั้น สำหรับงานรังวัดดาวเทียมเป็นวิธีการรังวัดสมัยใหม่ที่ถูกนำมาใช้ทำงานแทนงานรังวัดภาคพื้นดิน ให้ค่าพิกัดเป็นแบบสามมิติ ความถูกต้องทางตำแหน่งของหมุดหลักฐานแผนที่ แบ่งเป็น 6 ชั้นงานคือ ชั้น AA ชั้น A ชั้น B ชั้น 1 ชั้น 2 และ ชั้น 3

ค่าพิกัดของจุดบังคับภาพถ่ายได้มาจากการรังวัดภาพถ่าย มีความถูกต้องทางตำแหน่งที่ค่อนข้างต่ำ (ระดับเป็นเมตร) ไม่จัดว่าเป็นหมุดหลักฐานแผนที่ แต่ได้นำมารวมไว้ในชั้นข้อมูลนี้ เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานกลุ่มที่ต้องการประหยัดงบประมาณ หรือ ไม่มีเวลาที่จะดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ (aerial triangulation) ของการทำงานรังวัดภาพถ่าย

3. ขอบเขตของข้อกำหนด (Specification scopes)

มาตรฐานข้อกำหนดสมบัติเฉพาะของข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ฉบับนี้ จะอธิบายสมบัติเฉพาะที่สำคัญของข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ ในฐานะชั้นข้อมูลหนึ่งในชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศ โดยเฉพาะรายละเอียดรายการและนิยามที่ชัดเจนของรูปลักษณะทางภูมิศาสตร์ และข้อมูลลักษณะประจำในชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ รวมทั้งเกณฑ์คุณภาพของข้อมูล ในขณะที่ข้อกำหนดวิธีการในการสำรวจจัดทำข้อมูลนั้น จะมีระบุหรืออธิบายไว้ในลักษณะของแนวทางหรือข้อเสนอแนะสำหรับวิธีการหลัก ๆ เท่านั้น

มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่นี้ อธิบายข้อกำหนดสำหรับข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ ที่จัดสร้างขึ้นทั้งโดยวิธีการรังวัดภาคพื้นดินและวิธีการรังวัดดาวเทียม โดยวิธีการรังวัดภาคพื้นดินเพื่อสร้างหมุดหลักฐานแผนที่จะเป็นวิธีทำวงรอบ (traversing) เท่านั้น ส่วนการรังวัดดาวเทียมเป็นการรังวัดจากระบบดาวเทียม GPS เพียงระบบเดียว ความถูกต้องของหมุดหลักฐานแผนที่ขึ้นอยู่กับชั้นงาน (order) ที่ทำงานรังวัดมา ชั้นงานในมาตรฐานชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่เป็นงานชั้น 3 หรือสูงกว่าเท่านั้น หมุดหลักฐานแผนที่ที่จัดสร้างขึ้นโดยวิธีการรังวัดที่ต่ำกว่างานชั้น 3 จึงไม่จัดเป็นข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศไทย

4. ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product identification)

ส่วนนี้เป็นข้อสนเทศพื้นฐานที่ระบุจำแนกข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่นี้ ซึ่งประกอบด้วยรายการสมบัติเฉพาะพื้นฐานของชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ ดังตารางที่ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่

ชื่อ (Title)	ข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่
บทคัดย่อ (Abstract)	ชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานในเอกสารชุดนี้ เรียกว่า ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่ ซึ่งมีความสำคัญในการกำหนดกรอบพิกัดอ้างอิงของชั้นข้อมูลอื่น ๆ ข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่ประกอบด้วยหมวดหลักฐานทางราบ หมวดหลักฐานทางตั้ง หมวดหลักฐานสามมิติ และจุดบังคับภาพถ่าย โดยมีข้อมูลลักษณะประจำที่สำคัญคือรหัสหมายเลขประจำหมวดฯ คำอธิบายและภาพแผนที่ที่ตั้งของหมวด ค่าพิกัดของหมวดฯ หน่วยงานที่รับผิดชอบ ระดับความถูกต้องของค่าพิกัดหมวดฯ และระดับชั้นงานของการสำรวจรังวัดหมวดฯ นั้น ค่าพิกัดของหมวดหลักฐานแผนที่อาจได้จากวิธีการรังวัดภาคพื้นดินหรือวิธีการรังวัดดาวเทียม ความถูกต้องทางตำแหน่งของหมวดหลักฐานแบ่งเป็น 6 ชั้นงานคือ ชั้น AA ชั้น A ชั้น B ชั้น 1 ชั้น 2 และ ชั้น 3 ในหลักการนั้นค่าพิกัดของจุดบังคับภาพถ่ายซึ่งได้มาจากการรังวัดภาพถ่าย มีความถูกต้องทางตำแหน่งที่ค่อนข้างต่ำและไม่จัดว่าเป็นหมวดหลักฐานแผนที่ แต่ได้นำมารวมไว้ในชั้นข้อมูลนี้เนื่องจากเห็นว่าการจัดทำไว้แล้วเป็นจำนวนมากและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานบางประเภท
กลุ่มประเภทของข้อมูล (Topic Category)	Location ¹
คำอธิบายขอบเขตทางภูมิศาสตร์ (Geographic Description)	ข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่นี้ ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยทั้งหมด
วัตถุประสงค์ (purpose)	ชุดข้อมูล FGDS เป็นชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของ โครงสร้างพื้นฐานภูมิสารสนเทศแห่งชาติ (NSDI) ข้อมูล FGDS จะถูกเผยแพร่ให้ผู้ใช้งานในหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการสำรวจจัดสร้างข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่น ๆ
ชนิดของการนำเสนอเชิงปริภูมิ (Spatial Representation Type)	ข้อมูลเชิงเส้น (Vector) ²

5. เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล (Data content and structure)

5.1 ความหมายในภาพรวม

ชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานในเอกสารชุดนี้ เรียกว่า **ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่** ซึ่งข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่นั้น มีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการจัดทำแผนที่และเป็นขั้นตอนแรกที่ต้องจัดสร้างขึ้นหรือ

¹ ค่าตามโดเมนของ Topic Category ที่กำหนดในมาตรฐาน ISO19115 Metadata

จัดหามา เพราะค่าพิกัดของรายละเอียดแผนที่หรือชั้นข้อมูลอื่น ๆ ต้องอ้างอิงมาจากค่าพิกัดของมหุดหลักฐานแผนที่นี้ วิธีการรังวัดเพื่อให้มาซึ่งค่าพิกัดของมหุดหลักฐานแผนที่ อาจเป็นวิธีการรังวัดภาคพื้นดินหรือการรังวัดดาวเทียม วิธีการรังวัดภาคพื้นดินหรือวิธีการรังวัดแบบดั้งเดิมได้แก่ งานข่ายสามเหลี่ยม (triangulation) งานวงรอบ (traversing) และงานข่ายสามเหลี่ยมเชิงด้าน (trilateration) เป็นต้น ในปัจจุบันมีเพียงงานวงรอบเท่านั้นที่ยังใช้เป็นวิธีการรังวัดภาคพื้นดิน ค่าพิกัดที่ได้จากวิธีการทางภาคพื้นดินมุ่งเน้นความถูกต้องเฉพาะค่าพิกัดทางราบเท่านั้น สำหรับงานรังวัดดาวเทียม เป็นวิธีการรังวัดสมัยใหม่ที่ถูกนำมาใช้ทำงานแทนงานรังวัดภาคพื้นดิน ยกเว้นบางพื้นที่ที่ไม่อาจใช้งานรังวัดดาวเทียมได้ ระบบดาวเทียมที่มีบทบาทในการทำงานปัจจุบัน คือ ระบบดาวเทียม Navstar GPS ของสหรัฐอเมริกา หรือ เรียกสั้น ๆ ว่า ระบบดาวเทียม GPS ดาวเทียมอีกระบบหนึ่งคือ GLONASS ของรัสเซีย ส่วนระบบดาวเทียมของกลุ่มประชาคมยุโรปและของจีนยังไม่อยู่ในสถานะภาพที่ใช้ประโยชน์ได้ ค่าพิกัดที่ได้จากวิธีการทางดาวเทียม จะเป็นค่าพิกัดสามมิติ

ตามปกติการจัดสร้างมหุดหลักฐานแผนที่แบ่งเป็นชั้นงาน (order) ตามระดับความถูกต้องทางตำแหน่งที่รังวัดมา การรังวัดภาคพื้นดินแบ่งเป็นงานชั้นหนึ่ง (ดีที่สุด) งานชั้นสอง และงานชั้นสาม ตามลำดับ สำหรับงานรังวัดดาวเทียมใช้ทำงานได้สะดวกและรวดเร็วกว่าวิธีการรังวัดภาคพื้นดิน และที่สำคัญคือให้ความถูกต้องทางตำแหน่งที่ดีกว่ามาก จึงได้เพิ่มชั้นของงานขึ้นมาอีก 3 ชั้น คือ ชั้น AA ชั้น A และชั้น B ในการสร้างมหุดหลักฐานแผนที่ใหม่นั้น ความถูกต้องทางตำแหน่งมหุดหลักฐานแผนที่ใหม่ที่ได้จะอยู่ในชั้นเดียวกัน หรือต่ำกว่าความถูกต้องทางตำแหน่งของมหุดหลักฐานแผนที่ที่นำมาใช้ตรงโครงข่ายใหม่ มหุดหลักฐานแผนที่ที่อยู่ในชั้นที่ต่ำกว่าไม่สามารถนำมาใช้ควบคุมหรือตรงโครงข่ายที่อยู่ในชั้นที่สูงกว่าได้

มหุดหลักฐานแผนที่ที่ครอบคลุมพื้นที่ของประเทศไทยจัดสร้างโดยกรมแผนที่ทหาร ซึ่งได้เปลี่ยนวิธีการรังวัดจากวิธีการภาคพื้นดินมาเป็นวิธีการทางดาวเทียมระบบ GPS มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 กรมแผนที่ทหารเรียกโครงข่ายมหุดหลักฐานแผนที่ที่มีความถูกต้องสูงสุดว่า โครงข่ายอ้างอิง ประกอบด้วยมหุด 8 มหุด ดำเนินการรังวัดตามข้อกำหนดการทำงานชั้น AA เรียกโครงข่ายชั้นรองลงมาว่า โครงข่ายหลักประกอบด้วยมหุด 19 มหุด ดำเนินการรังวัดตามข้อกำหนดการทำงานชั้น A โครงข่ายชั้นถัดมาเรียก โครงข่ายรองประกอบด้วยมหุด 94 มหุด ดำเนินการรังวัดตามข้อกำหนดการทำงานชั้น B

นอกจากกรมแผนที่ทหารแล้ว กรมที่ดินเป็นอีกหน่วยงานราชการที่ได้จัดสร้างมหุดหลักฐานแผนที่จำนวนมากที่กระจายครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ

มหุดหลักฐานทางดิ่ง วิธีการรังวัดภาคพื้นดินแยกการสร้างโครงข่ายมหุดหลักฐานทางราบและทางดิ่งออกจากกันอย่างอิสระ กล่าวคือ ตำแหน่งของมหุดไม่จำเป็นต้องอยู่ที่เดียวกัน ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่แตกต่างกันทำงานคำนวณและปรับแก้โครงข่ายที่เป็นอิสระต่อกัน ค่าพิกัดทางดิ่งที่ได้จะเป็นค่าระดับเหนือทะเลปานกลางสำหรับประเทศไทย มหุดระดับอ้างอิงของค่าระดับทะเลปานกลาง คือ มหุด BMA ที่เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ความถูกต้องของงานระดับแบ่งออกเป็น งานชั้นหนึ่ง คลาส (class) 1 และ 2 งานชั้นสอง คลาส (class) 1 และ 2 และงานชั้นสาม

จุดบังคับภาพถ่ายที่ค่าพิกัดได้มาจากการรังวัดภาพถ่าย ตามปกติจะมีความถูกต้องทางตำแหน่งที่ค่อนข้างต่ำ (ระดับเป็นเมตร) โดยหลักการทั่วไปแล้วไม่จัดว่าเป็นมหุดหลักฐานแผนที่ เพราะไม่ได้จัดสร้างมหุดไว้เป็นการถาวร และมีความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งที่ด้อยกว่ามหุดหลักฐานชั้นสาม แต่ได้นำมารวมไว้ในชั้นข้อมูล FGDS นี้ เนื่องจากเห็นว่าปัจจุบันได้มีการจัดทำจุดบังคับภาพถ่ายไว้แล้วเป็นจำนวนมากและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานบางประเภท

วัตถุประสงค์การจัดทำชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ให้เป็นชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน เพื่อเป็นสื่อกลางสำหรับการแลกเปลี่ยนและใช้ประโยชน์ร่วมกันในงานรังวัดและทำแผนที่ ทั้งนี้เพื่อให้มีระบบพิกัดอ้างอิงที่เป็นเอกภาพและขจัดความซ้ำซ้อนในการปฏิบัติงาน

5.2 รายการรูปลักษณะทางภูมิศาสตร์ (Geographic feature)

รายการรูปลักษณะทางภูมิศาสตร์ (geographic feature) ในชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ ประกอบด้วย รูปลักษณะตามตารางที่ 4

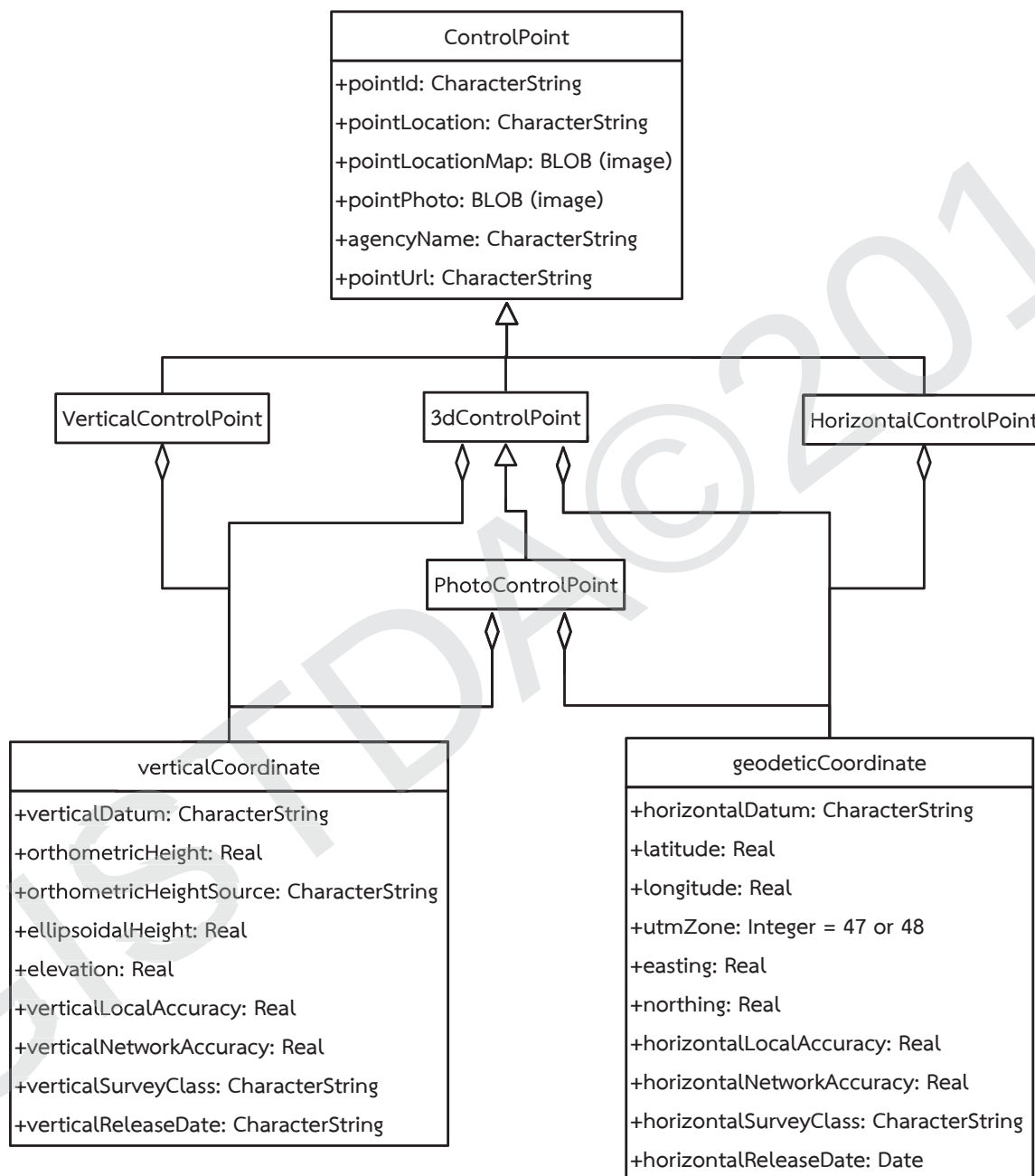
ตารางที่ 4 รายการสัญลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ (geographic feature) ในชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่

รหัส ข้อมูล	รายการข้อมูล	นิยาม (Definition)	ประเภทสัญลักษณ์ (Feature type) <จุด, เส้น, พื้นที่, กริด>					เงื่อนไขการจัดเก็บข้อมูล	นิยามของตำแหน่งจุดหรือแนว เส้นหรือแนวขอบเขตพื้นที่
			1:4,000	1:10,000	1:25,000	1:50,000	1:250,000		
90		ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่							
90000	หมวดหลักฐานแผนที่ (control point)	หมวดที่จัดสร้างขึ้นอย่างมั่นคง แข็งแรง และมีการ รังวัดค่าพิกัดตำแหน่งที่มีความถูกต้องสูง	จุด	จุด	จุด	จุด	จุด	เฉพาะหมวดหลักฐานแผนที่ที่ถูกจัดสร้างขึ้น โดยมีลักษณะทางกายภาพที่มั่นคงถาวร และดำเนินการรังวัดด้วยวิธีการที่ไม่ต่ำ กว่างานชั้น 3	หมายเหตุ: เป็น Abstract feature class
90001	หมวดหลักฐานทาง ราบ	หมวดหลักฐานแผนที่ที่ให้ค่าพิกัดทางราบที่อ้างอิง จากโครงข่ายทางเยื่อเดซีของประเทศ โดยอาจมี ค่าพิกัดในรูปพิกัดทางเยื่อเดซี (geodetic coordinates) และ/หรือ ในรูปพิกัดแผนที่ระบบ ยูทีเอ็ม (UTM map coordinates)	จุด	จุด	จุด	จุด	จุด	เป็นหมวดหลักฐานแผนที่ที่มีการโยงยึด ค่าพิกัดมาจากหมวดหลักฐานแผนที่ใน โครงข่ายทางเยื่อเดซีของประเทศ	เครื่องหมายที่จุดกึ่งกลางของหัว หมุด
90002	หมวดหลักฐานทางดิ่ง	หมวดหลักฐานแผนที่ที่ให้ค่าพิกัดทางดิ่งที่อ้างอิง จากโครงข่ายหมวดหลักฐานทางดิ่งของประเทศ โดยอาจมีค่าพิกัดในรูป ความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height) และ/หรือ ความสูงออร์โธ เมตริก (orthometric height) และ/หรือ ค่า ระดับ (elevation)	จุด	จุด	จุด	จุด	จุด	เป็นหมวดหลักฐานแผนที่ที่มีการถ่ายภาพ พิกัดทางดิ่งมาจากหมวดหลักฐานทางดิ่ง ในโครงข่ายหมวดหลักฐานทางดิ่งของ ประเทศ	พื้นผิวด้านบนของจุดกึ่งกลางหัว หมุด
90003	หมวดหลักฐานสาม มิติ	หมวดหลักฐานแผนที่ที่ให้ค่าพิกัดทั้งทางราบและ ทางดิ่งที่อ้างอิงจากโครงข่ายทางเยื่อเดซี และ โครงข่ายหมวดหลักฐานทางดิ่งของประเทศ	จุด	จุด	จุด	จุด	จุด	เป็นหมวดหลักฐานแผนที่ที่อ้างอิงค่า พิกัดมาจากหมวดหลักฐาน ในโครงข่าย ทางเยื่อเดซีและโครงข่ายหมวดหลักฐาน ทางดิ่งของประเทศ	เครื่องหมายที่จุดกึ่งกลางของหัว หมุด

รหัสข้อมูล	รายการข้อมูล	นิยาม (Definition)	ประเภทสัญลักษณ์ (Feature type) <จุด, เส้น, พื้นที่, กริด>					เงื่อนไขการจัดเก็บข้อมูล	นิยามของตำแหน่งจุดหรือแนวเส้นหรือแนวขอบเขตพื้นที่
			1:4,000	1:10,000	1:25,000	1:50,000	1:250,000		
90		ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่							
900004	จุดบังคับถ่ายภาพ	จุดที่มองเห็นได้อย่างเด่นชัด (well-defined point) บนภาพถ่าย และสามารถพิสูจน์ตำแหน่งของจุดเดียวกันนี้ได้ในทุกประเทศ ตามปกติค่าพิกัดตำแหน่งทางราบและทางตั้งของจุดบังคับภาพถ่ายได้มาจากกระบวนการทำงานรังวัดภาพถ่าย (photogrammetry)	จุด	จุด	จุด	จุด	จุด	จุดเชื่อมโยง (tie point) ที่ค่าพิกัดได้จากงานขยายสามเหลี่ยมทางอากาศ และมีค่าพิกัดทางราบและค่าพิกัดทางตั้งที่อ้างอิงจากโครงสร้างทางยี่ห้อเดซี และโครงสร้างหมวดหลักฐานทางตั้งของประเทศ	จุดที่มองเห็นได้อย่างเด่นชัดบนภาพถ่าย ส่วนใหญ่ไม่มีมุมตึงไว้

5.3 ผังเค้าร่างการประยุกต์ใช้ (Application schema) ของชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่

โครงสร้างเนื้อหาของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่ สามารถถูกอธิบายในลักษณะของผังเค้าร่างการประยุกต์ใช้ (application schema) ตามมาตรฐาน ISO19109 ได้ โดยนำเสนอในรูปแบบ Universal Modelling Language (UML) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ผังเค้าร่างการประยุกต์ใช้ (application schema) ของข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่

โดยหมวดหลักฐานแผนที่จะแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ หมวดหลักฐานสามมิติ (3dControlPoint) หมวดหลักฐานทางราบ (HorizontalControlPoint) และหมวดหลักฐานทางตั้ง (VerticalControlPoint)

สำหรับจุดบังคับภาพถ่าย (PhotoControlPoint) ในที่นี้ถือว่าเป็นประเภทย่อยประเภทหนึ่งของมหุดหลักฐานแผนที่ จึงมีรายการข้อมูลลักษณะประจำต่าง ๆ เหมือนกันทุกประการ

5.4 พจนานุกรมข้อมูล (Data dictionary) ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่

โครงสร้างข้อมูลในชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ สามารถอธิบายในรูปแบบของพจนานุกรม (data dictionary) ซึ่งประกอบด้วยตารางโครงสร้างรายการและลักษณะเฉพาะของข้อมูลลักษณะประจำสำหรับรูปลักษณะทางภูมิศาสตร์ (geographic feature)

ของมหุดหลักฐานแผนที่ ประกอบด้วยรายการข้อมูลตามตารางที่ 5-1 ถึง 5-3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 5-1 ข้อมูลลักษณะประจำของ มหุดหลักฐานแผนที่ (ControlPoint)

ชื่อ	คำอธิบาย	ชนิด	หมายเหตุ/ค่าโดเมน	การบังคับ
pointId	หมายเลขมหุดหลักฐานที่ไม่ซ้ำกับมหุดอื่น	Character String		Mandatory
pointLocation	คำอธิบายสถานที่ตั้งและวิธีการเข้าถึงมหุดหลักฐานแผนที่	Character String		Mandatory
PointLocationMap	ภาพร่างแผนที่แสดงที่ตั้งมหุดหลักฐานแผนที่	BLOB	กรณีไฟล์ฐานข้อมูลไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลภาพได้	Mandatory
PointPhoto	ภาพถ่ายมหุด และสภาพแวดล้อมโดยรอบที่ช่วยในการเข้าถึงมหุดฯ	BLOB	ให้จัดเก็บเป็นชื่อไฟล์หรือ URL	Optional
agencyName	หน่วยงานผู้รับผิดชอบมหุดหลักฐาน	Character String		Mandatory
pointURL	URL เชื่อมโยงข้อมูลมหุดหลักฐานกับผู้ใช้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต	Character String		Optional

ตารางที่ 5-2 ข้อมูลลักษณะประจำของ ค่าพิกัดทางยี่ห้อเดซี (GeodeticCoordinate)

ชื่อ	คำอธิบาย	ชนิด	หมายเหตุ	การบังคับ
horizontalDatum	รหัสพื้นหลักฐานทางราบ	Integer	1 = WGS 84 2 = Indian 1975	Mandatory
latitude	ค่าพิกัดละติจูด (องศาทศนิยม)	Real	หากไม่มีค่าพิกัด UTM	Conditional
longitude	ค่าพิกัดลองจิจูด (องศาทศนิยม)	Real	หากไม่มีค่าพิกัด UTM	Conditional
utmZone	ค่าหมายเลขประจำโซน UTM	Integer	- หากมีการบันทึกค่าพิกัด UTM - ค่าเป็น 47 หรือ 48	Conditional
easting	ค่าพิกัดตะวันออกในระบบพิกัด UTM (เมตร)	Real	หากไม่มีค่าพิกัด Geodetic	Conditional
northing	ค่าพิกัดเหนือในระบบพิกัด UTM (เมตร)	Real	หากไม่มีค่าพิกัด Geodetic	Conditional
horizontalLocalAccuracy	ค่าความละเอียดถูกต้องของค่าพิกัดทางราบ (RMSE) ของมหุดหลักฐานแผนที่จากการปรับแก้โครงข่ายท้องถิ่น โดยเป็นค่าความละเอียด	Real		Mandatory

ตารางที่ 5-2 ข้อมูลลักษณะประจำของ ค่าพิกัดทางยี่ห้อเดซี (GeodeticCoordinate)

ชื่อ	คำอธิบาย	ชนิด	หมายเหตุ	การบังคับ
	ถูกต้องแบบเปรียบเทียบกับหมวดหลักฐานอื่นในโครงข่ายการปรับแก้เดียวกัน (เมตร)			
horizontalNetworkAccuracy	ค่าความละเอียดถูกต้องของค่าพิกัดทางราบ (RMSE) ของหมวดหลักฐานแผนที่เมื่อเทียบกับโครงข่ายหมวดหลักฐานหลักของประเทศ (เมตร)	Real		Mandatory
horizontalSurveyClass	ชั้นงานสำรวจทางราบ	Character String	นิยามตามข้อกำหนดความถูกต้องเชิงตำแหน่งในหัวข้อ 7.1 ของมาตรฐานฉบับนี้	Mandatory
horizontalReleaseDate	วันที่ประกาศใช้ข้อมูลค่าพิกัดทางราบ	Date		Mandatory

ตารางที่ 5-3 ข้อมูลลักษณะประจำค่าพิกัดทางตั้ง (VerticalCoordinate)

ชื่อ	คำอธิบาย	ชนิด	หมายเหตุ	การบังคับ
verticalDatum	พื้นหลักฐานทางตั้ง	Character String		Mandatory
orthometricHeight	ค่าความสูงออร์โทเมตริก (เมตร)	Real	หากไม่มีค่าความสูงเหนือรูปทรงรี หรือค่าระดับ	Conditional
orthometricHeightSource	ที่มาของค่าความสูงออร์โทเมตริก	Character String	หากมีการบันทึกค่าความสูงออร์โทเมตริก	Conditional
ellipsoidalHeight	ค่าความสูงเหนือรูปทรงรี (เมตร)	Real	หากไม่มีค่าความสูงออร์โทเมตริก หรือค่าระดับ	Conditional
elevation	ค่าระดับเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (เมตร)	Real	หากไม่มีค่าความสูงเหนือรูปทรงรี หรือค่าความสูงออร์โทเมตริก	Conditional
verticalLocalAccuracy	ค่าความละเอียดถูกต้องของค่าพิกัดทางตั้งของหมวดหลักฐานแผนที่ (เมตร)	Real		Mandatory
verticalNetworkAccuracy	ค่าความละเอียดถูกต้องของโครงข่ายหมวดหลักฐานทางตั้ง (เมตร)	Real		Mandatory
verticalSurveyClass	ชั้นงานสำรวจทางตั้ง	Character String	นิยามตามข้อกำหนดความถูกต้องเชิงตำแหน่งในหัวข้อ 7.1 ของมาตรฐานฉบับนี้	Mandatory
verticalReleaseDate	วันที่ประกาศใช้ข้อมูลทางตั้ง	Date		Mandatory

5.5 Feature Catalogue ของรายการข้อมูลในชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่

รายละเอียดเนื้อหาของข้อมูลภูมิศาสตร์ในชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่ สามารถถูกอธิบายในลักษณะของ Feature Catalogue ตามมาตรฐาน ISO19110 ได้ดังนี้

Name:	ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่
Scope:	ข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน
Field of application:	การอ้างอิงตำแหน่งเพื่อการสำรวจและการทำแผนที่
Version Number:	1
Version Date:	23-ก.ย.-54
Definition source:	
Definition Type:	
Producer:	
Functional Language:	XML
Feature Type	
Name:	controlPoint
Definition:	หมวดหลักฐานแผนที่
Code:	90000
Aliases:	
Feature Operation Names:	
Feature Attribute Names:	pointId, pointLocation, pointLocationMap, pointPhoto, agencyName, pointUrl
Feature Association Names:	
Feature Attribute	
Name:	pointId
Definition:	หมายเลขหมวดหลักฐานที่ไม่ซ้ำใคร
Code:	
Value Data Type:	TEXT
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	Free text
Feature Attribute	
Name:	pointLocation
Definition:	คำอธิบายสถานที่ตั้งหมวดหลักฐาน
Code:	
Value Data Type:	TEXT
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	Free text
Feature Attribute	
Name:	agencyName
Definition:	หน่วยงานผู้รับผิดชอบหมวดหลักฐาน
Code:	
Value Data Type:	TEXT
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	Free text
Feature Attribute	
Name:	pointUrl
Definition:	URL เชื่อมโยงข้อมูลหมวดหลักฐานกับผู้ใช้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
Code:	

Value Data Type:	TEXT
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	Free text
Feature Type	
Name:	HorizontalControlPoint
Definition:	หมวดหลักฐานทางราบ คือหมวดหลักฐานแผนที่ที่เฉพาะค่าพิกัดทางราบ
Code:	90001
Aliases:	
Feature Operation Names:	
Feature Attribute Names:	pointId, pointLocation, pointLocationMap, pointPhoto, agencyName, pointUrl, horizontalDatum, latitude, longitude, utmZone, easting, northing, horizontalLocalAccuracy, horizontalNetwork Accuracy, horizontalSurveyClass, horizontalReleaseDate,
Feature Association Names:	
Subtype Of:	controlPoint
Feature Attribute	
Name:	horizontalDatum
Definition:	พื้นหลักฐานทางราบ
Code:	
Value Data Type:	TEXT
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	
Feature Attribute	
Name:	latitude
Definition:	ค่าพิกัดละติจูด
Code:	
Value Data Type:	REAL
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	
Feature Attribute	
Name:	longitude
Definition:	ค่าพิกัดลองจิจูด
Code:	
Value Data Type:	REAL
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	
Feature Attribute	
Name:	horizontalLocalAccuracy
Definition:	ค่าความถูกต้องทางราบของหมวดหลักฐาน
Code:	
Value Data Type:	REAL
Value Measurement Unit:	
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	
Feature Attribute	
Name:	horizontalNetwork Accuracy
Definition:	ความละเอียดถูกต้องของโครงข่ายหมวดหลักฐานทางราบ

Code:

Value Data Type: REAL

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: horizontalSurveyClass

Definition: ชั้นงานสำรวจทางราบ

Code:

Value Data Type: TEXT

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 1 ("enumerated")

Value Domain: AA, A, B, 1, 2, และ 3

Feature Attribute

Name: horizontalReleaseDate

Definition: วันที่ประกาศใช้ข้อมูลทางราบ

Code:

Value Data Type: Date

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: utmZone

Definition: ค่าโซน UTM

Code:

Value Data Type: Integer

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 1 ("enumerated")

Value Domain: 47, 48

Feature Attribute

Name: easting

Definition: ค่าพิกัดตะวันออก

Code:

Value Data Type: REAL

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: northing

Definition: ค่าพิกัดเหนือ

Code:

Value Data Type: REAL

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Type

Name: VerticalControlPoint

Definition: หมวดหลักฐานทางตั้ง คือหมวดหลักฐานแผนที่ที่ให้เฉพาะค่าพิกัดทางตั้ง

Code: 90002

Aliases:

Feature Operation Names:

Feature Attribute Names: pointId, pointLocation, pointLocationMap, pointPhoto, agencyName, pointUrl, verticalDatum, orthometricHeight, ellipsoidalHeight, elevation, verticalLocalAccuracy, verticalNetworkAccuracy, verticalSurveyClass, verticalReleaseDate

Feature Association Names:

Subtype Of: controlPoint

Feature Attribute

Name: verticalDatum

Definition: พื้นหลักฐานทางดิ่ง

Code:

Value Data Type: TEXT

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain: Free Text

Feature Attribute

Name: orthometricHeight

Definition: ค่าความสูงออร์โทเมตริก

Code:

Value Data Type: REAL

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: orthometricHeightSource

Definition: ที่มาของค่าความสูงออร์โทเมตริก

Code:

Value Data Type: REAL

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: ellipsoidalHeight

Definition: ค่าความสูงเหนือรูปทรงรี

Code:

Value Data Type: REAL

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: elevation

Definition: ค่าระดับเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง

Code:

Value Data Type: REAL

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: verticalLocalAccuracy

Definition: ค่าความถูกต้องแบบท้องถิ่นของหมวดหลักฐานทางดิ่ง

Code:

Value Data Type: REAL

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: verticalNetworkAccuracy

Definition: ค่าความละเอียดถูกต้องของโครงข่ายหมวดหลักฐานทางตั้ง

Code:

Value Data Type: REAL

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Attribute

Name: verticalSurveyClass

Definition: ชั้นงานสำรวจทางตั้ง

Code:

Value Data Type: TEXT

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 1 ("enumerated")

Value Domain: ชั้นงานที่ 1, ชั้นงานที่ 2, ชั้นงานที่ 3

Feature Attribute

Name: verticalReleaseDate

Definition: วันที่ประกาศใช้ข้อมูลทางตั้ง

Code:

Value Data Type: Date

Value Measurement Unit:

Value Domain Type: 0 ("not enumerated")

Value Domain:

Feature Type

Name: 3dControlPoint

Definition: หมวดหลักฐานสามมิติ คือหมวดหลักฐานแผนที่ที่ให้ค่าพิกัดทั้งทางราบและทางตั้ง

Code: 90003

Aliases:

Feature Operation Names:

Feature Attribute Names: pointId, pointLocation, pointLocationMap, pointPhoto, agencyName, pointUrl, horizontalDatum, latitude, longitude, utmZone, easting, northing, horizontalLocalAccuracy, horizontalNetwork Accuracy, horizontalSurveyClass, horizontalReleaseDate, verticalDatum, orthometricHeight, ellipsoidalHeight, elevation, verticalLocalAccuracy, verticalNetworkAccuracy, verticalSurveyClass, verticalReleaseDate

Feature Association Names:

Subtype Of: controlPoint

Feature Type

Name: PhotoControlPoint

Definition: จุดบังคับภาพถ่าย คือจุดที่มองเห็นได้อย่างเด่นชัดในภาพ และสามารถระบุตำแหน่งได้ในสนาม มีค่าพิกัดเพื่อใช้อ้างอิงในการประมวลผลภาพ

Code: 90004

Aliases:

Feature Operation Names:

Feature Attribute Names: pointId, pointLocation, pointLocationMap, pointPhoto, agencyName, pointUrl, horizontalDatum, latitude, longitude, utmZone, easting, northing, horizontalLocalAccuracy, horizontalNetwork Accuracy, horizontalSurveyClass, horizontalReleaseDate, verticalDatum, orthometricHeight, ellipsoidalHeight, elevation, verticalLocalAccuracy, verticalNetworkAccuracy, verticalSurveyClass, verticalReleaseDate

Feature Association Names:

Subtype Of: controlPoint

6. ระบบพิกัดอ้างอิง (Coordinate reference system)

ระบบอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatial reference system) ของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศไทยนั้น ให้ใช้เป็น ระบบพิกัดอ้างอิง (coordinate reference system) โดยระบบพิกัดอ้างอิงแต่ละระบบจะประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ

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

การเลือกใช้ระบบพิกัดอ้างอิงจึงขึ้นกับพื้นหลักฐานฯ และรูปแบบของค่าพิกัด และระบบพิกัดอ้างอิงสำหรับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศไทยทุกชั้นข้อมูล รวมถึงชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่นี้ สามารถเลือกกำหนดขึ้นจากพื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี และรูปแบบระบบพิกัด ดังต่อไปนี้

6.1 พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (Geodetic datum)

พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (geodetic datum) หรือพื้นหลักฐานแผนที่ ที่ใช้อ้างอิงสำหรับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ประเทศไทย กำหนดให้เลือกใช้ได้ 2 พื้นหลักฐาน คือ WGS 84 และ พื้นหลักฐานอินเดีย 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 ที่จัดทำโดยการทำงานรังวัดภาคพื้นดินด้วยวิธีสามเหลี่ยมและงานวงรอบ เป็นพื้นหลักฐานรูปทรงรีซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

SPHEROID : "Everest 1830 (1937 Adjustment)"

Semi-major axis (a) = 6377276.345 m.

Flattening (f) = 1/300.8017

EPSG : 4240

และการแปลงค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐาน WGS 84 กับพื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 ให้ใช้สมการต่อไปนี้

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

โดยที่ค่าพิกัดฉาก (x, y, z) เป็นค่าพิกัดในรูปแบบระบบพิกัดฉากยึดติดโลก ซึ่งอธิบายไว้ในหัวข้อต่อไป

อนึ่ง สมการแปลงค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐาน WGS 84 กับพื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 ข้างต้น กำหนดให้สำหรับใช้ในการแปลงค่าพิกัดที่ยังมิได้ผ่านการแปลงพื้นหลักฐานด้วยวิธีการหรือสมการอื่นมาแล้ว เท่านั้น หากค่าพิกัดได้ผ่านการแปลงพื้นหลักฐานมาด้วยวิธีการหรือสมการแบบอื่นมา ก็จะต้องทำการแปลงกลับไปพื้นหลักฐานตั้งต้นด้วยวิธีการหรือสมการแบบเดิมก่อน โดยรายละเอียดเกี่ยวกับแนวทางการแปลงพื้นหลักฐานสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากผลการศึกษารายงานของชูเกียรติ วิเชียรเจริญ (2555)

6.2 รูปแบบระบบพิกัด

รูปแบบระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งพิกัดของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศ ไทย ให้เลือกใช้ได้ 3 รูปแบบ คือ พิกัดฉากยึดติดโลก (Earth-fixed coordinates) พิกัดทางยิออเดซีหรือระบบพิกัดรูปทรงรี (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) **ระบบพิกัดทางยิออเดซี** บอกค่าพิกัดเป็น (ϕ, λ, h) ระบบนี้ใช้รูปทรงรีที่เป็นตัวแทนสัณฐานของโลกและเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการคำนวณ ดังนั้นรูปทรงรีนี้คือส่วนหนึ่งของพื้นหลักฐานทางยิออเดซีในข้อ 6.1 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) โดยค่า N คือค่าพิกัดเหนือ (northing) และ ค่า E คือค่าพิกัดตะวันออก (easting) ค่าทั้งสองคือพิกัดตำแหน่งทางราบคำนวณมาจากค่า (ϕ, λ) ของค่าพิกัดทางยิออเดซี

6.3 ความสูง

ระบบอ้างอิงค่าความสูงของข้อมูลภูมิสารสนเทศมี 3 ระบบ คือ ค่าระดับ (elevation) ความสูงออร์โทเมตริก (orthometric height) ซึ่งบางครั้งเรียกความสูงเหนือยิออเดซี และความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height) ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้กับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศไทย ตามความ

เหมาะสม แต่ต้องอธิบายระบบอ้างอิงค่าความสูงที่ใช้ไว้ในคำอธิบายข้อมูล (metadata) ของชุดข้อมูลนั้นให้ชัดเจน

- 1) ค่าระดับ (elevation) เป็นความสูงที่ใช้อยู่โดยทั่วไปในงานรังวัด เป็นความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL) อาจใช้เป็นตัวแทนของความสูงออร์โทเมตริกเหนือย็อยด์ H หรือความสูงออร์โทเมตริกได้ หากระดับทะเลปานกลางที่สร้างขึ้นมาเป็นตัวแทนของย็อยด์อย่างถูกต้อง
- 2) ความสูงออร์โทเมตริก (orthometric height) เป็นความสูงวัดจากผิวย็อยด์ ณ จุดใด ๆ
- 3) ความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height) เป็นความสูงวัดจากผิวพื้นทรงรีที่ใช้เป็นหลักฐานทางย็อยด์ ณ จุดใด ๆ

ในการคำนวณค่าพิกัดที่ใช้รูปทรงรีเป็นพื้นผิวอ้างอิงได้ค่าพิกัดตำแหน่งทางราบเป็นละติจูดและลองจิจูดทางย็อยด์ (ϕ, λ) และมีความสูงของจุดนั้นเป็นความสูงเหนือรูปทรงรี h ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงออร์โทเมตริกและความสูงเหนือทรงรี คือ

$$h = H + N$$

ค่า N ในสมการข้างบนเรียกว่า ความสูงย็อยด์ (geoidal height) ค่าความสูงย็อยด์นี้คำนวณได้จากรูปจำลองย็อยด์ เช่น EGM2008

รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบพิกัดอ้างอิงข้างต้น มีอธิบายเพิ่มเติมไว้ในภาคผนวก ก ของเอกสารมาตรฐานข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ฉบับนี้

7. ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล (Data quality)

มหุดหลักฐานแผนที่มีความถูกต้องทางตำแหน่งตามชั้นงาน (order) ที่ได้ดำเนินการรังวัดมาโดยมีความถูกต้องสูงจนถึงต่ำสุดดังนี้

- งานรังวัดมหุดหลักฐานชั้น AA
- งานรังวัดมหุดหลักฐานชั้น A
- งานรังวัดมหุดหลักฐานชั้น B
- งานรังวัดมหุดหลักฐานชั้น 1
- งานรังวัดมหุดหลักฐานชั้น 2
- งานรังวัดมหุดหลักฐานชั้น 3

จากการวิเคราะห์เกณฑ์ความละเอียดถูกต้องของข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ ที่รังวัดด้วยเกณฑ์งานรังวัดมหุดหลักฐานชั้น 3 ก็มีความถูกต้องเพียงพอที่จะใช้เป็นมหุดอ้างอิงในการสำรวจจัดทำข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลอื่น ๆ ในมาตราส่วนที่ใหญ่ที่สุดคือ 1:4,000 ได้

7.1 ข้อกำหนดความถูกต้องเชิงตำแหน่ง

ในการสำรวจรังวัดค่าพิกัดของมหุดหลักฐานแผนที่นั้น ปัจจุบันใช้วิธีงานรังวัดดาวเทียมเป็นหลัก และการแบ่งชั้นระดับความถูกต้องของงานรังวัดดาวเทียมนั้นมีการแบ่งที่ละเอียดและครอบคลุมระดับความ

ละเอียดถูกต้องที่กว้างกว่าระบบการแบ่งชั้นงานของงานรังวัดภาคพื้นดิน ดังนั้น ข้อกำหนดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่นี้ จึงจะกำหนดบนพื้นฐานของงานรังวัดดาวเทียม

งานรังวัดดาวเทียม ในที่นี้หมายถึงงานรังวัดที่รับสัญญาณดาวเทียมระบบ GPS ของสหรัฐอเมริกา เท่านั้น งานรังวัดดาวเทียมเป็นวิธีการวัดสมัยใหม่ที่ทำให้ค่าพิกัดเป็นสามมิติ ปกติในการประมวลผลข้อมูลจากการรับสัญญาณ ใช้ค่าพิกัดฉาก (x , y , z) แต่สามารถแปลงค่าพิกัดเป็นพิกัดทางยื่อเดซี (geodetic coordinates) นั่นคือ มีค่าพิกัดทางราบเป็น ละติจูด ϕ ลองจิจูด λ และค่าพิกัดทางตั้งเป็นความสูงเหนือทรงรี h ซึ่งเป็นค่าระดับที่ใช้ในการทำงานโดยทั่วไป

วิธีการกำหนดตำแหน่งจากงานรังวัดดาวเทียม ทำได้ 2 วิธีคือ การหาตำแหน่งสัมบูรณ์ (absolute positioning) หรือการหาตำแหน่งจุดเดียว (single point positioning) และการหาตำแหน่งสัมพัทธ์ (relative positioning) การหาตำแหน่งจุดเดียวใช้เครื่องรับแบบนำหนเพียงหนึ่งเครื่องในการทำงานให้ความถูกต้องทางตำแหน่งระดับ 10-15 เมตร การหาตำแหน่งสัมพัทธ์ที่ใช้เครื่องรับแบบนำหนสองเครื่องในการทำงานเรียกว่า Differential GPS หรือ DGPS ให้ความถูกต้องทางตำแหน่งระดับ 1-3 เมตร การกำหนดตำแหน่งที่ใช้เครื่องรับแบบนำหนทั้งสองวิธีนี้ไม่ได้กล่าวถึงในมาตรฐานนี้เพราะ ความถูกต้องทางตำแหน่งไม่ดีเพียงพอสำหรับการสร้างหมวดหลักฐาน งานรังวัดดาวเทียมในมาตรฐานนี้จึงเป็นการกำหนดตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ที่ใช้เครื่องรับแบบรังวัดเท่านั้น เครื่องรับนี้อาจจะวัดคลื่นส่ง L1 เพียงความถี่เดียว หรือวัดคลื่นส่งทั้งสองความถี่หรือทั้ง L1 และ L2 เทคนิคในการวัดด้วยเครื่องรับแบบรังวัดทำได้ 4 วิธี คือ การรังวัดแบบสถิต (static survey) การรังวัดแบบจลน์ (kinematic survey) การรังวัดแบบสถิตอย่างรวดเร็ว (rapid static survey) และการรังวัดแบบจลน์ในทันที (real-time kinematic survey, RTK) การรังวัดแบบสถิตเป็นวิธีกำหนดตำแหน่งที่ให้ความถูกต้องสูงที่สุด จึงเป็นวิธีการทำงานที่อ้างอิงถึงในมาตรฐานนี้

มาตรฐานความถูกต้องของหมวดหลักฐานแผนที่จากงานรังวัดดาวเทียมจัดแบ่งเป็น 6 ชั้นงาน (order) คือ ชั้นงาน AA A B 1 2 และ 3 ตามลำดับจากความถูกต้องสูงสุดจนถึงต่ำสุด ชั้นงาน 1 2 และ 3 จะสอดคล้องกับการทำงานรังวัดภาคพื้นดิน การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ให้ผลการวัดเป็นเวกเตอร์เส้นฐาน (เส้นที่มีองค์ประกอบในปริภูมิสามมิติ) ความถูกต้องของเส้นฐานจากงานรังวัดดาวเทียมตามชั้นงาน สรุปไว้ในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 มาตรฐานความถูกต้องของหมวดหลักฐานแผนที่จากงานรังวัด (อ้างอิงตามมาตรฐานของ FGCC, 1989)

ประเภทงานรังวัด	ชั้นงาน	ความเชื่อมั่นระดับ 95 %		
		มาตรฐานความถูกต้องขั้นต่ำสุด		
		ความคลาดเคลื่อนฐาน	ความคลาดเคลื่อนแปรผันกับระยะเส้นฐาน	
		e (มม.)	p (ppm, ต่อล้านส่วน)	a (1:a)
วัดการเคลื่อนตัวเปลือกโลกระดับภูมิภาค วัดการบิดเบี้ยวโครงสร้างขนาดใหญ่	AA	3	0.01	100 ล้าน
สร้างโครงข่ายหลักของหมวดหลักฐานของประเทศ วัดการเคลื่อนตัวเปลือกโลกระดับภูมิภาคถึงระดับท้องถิ่น วัดการบิดเบี้ยวโครงสร้างทั่วไป	A	5	0.1	10 ล้าน

ตารางที่ 6 มาตรฐานความถูกต้องของหมวดหลักฐานแผนที่จากงานรังวัด (อ้างอิงตามมาตรฐานของ FGCC, 1989)

ประเภทงานรังวัด	ชั้นงาน	ความเชื่อมั่นระดับ 95 %		
		มาตรฐานความถูกต้องขั้นต่ำสุด		
		ความคลาดเคลื่อนฐาน	ความคลาดเคลื่อนแปรผันกับระยะเส้นฐาน	
		e (มม.)	p (ppm, ต่อล้านส่วน)	a (1:a)
สร้างโครงข่ายรองของหมวดหลักฐานของประเทศ วัดการเคลื่อนตัวเปลือกโลกระดับท้องถิ่น วัดการบิดเบี้ยวโครงสร้าง รังวัดทางวิศวกรรมที่มีความถูกต้องสูง	B	8	1	1 ล้าน
สร้างโครงข่ายหมวดหลักฐานเป็นกรอบพิกัดอ้างอิงสำหรับการทำงานรังวัดภาคพื้นดิน	1	10	10	100,000
	2	30	50	20,000
	3	50	200	5,000
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละองค์ประกอบของเวกเตอร์เส้นฐานของชั้นงานต่าง ๆ คำนวณจาก				
$\sigma = \pm \sqrt{e^2 + (0.1d \cdot p)^2} / 1.96$				
เมื่อ d เป็นระยะเส้นฐานในหน่วยกิโลเมตร				

อนึ่ง เกณฑ์ข้อกำหนดการทำงานรังวัดดาวเทียมอื่นที่กำลังจะมีการประกาศใช้ในประเทศไทยคือ เกณฑ์ข้อกำหนดการทำงานรังวัดดาวเทียมของสภาวิศวกร ซึ่งอ้างอิงกับเกณฑ์การกำหนดชั้นของงาน (class/order) ตามมาตรฐานของประเทศออสเตรเลีย (ICSM, 2007) โดยสามารถเทียบเคียงกับมาตรฐานชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่ในมาตรฐานนี้ได้ดังตารางที่ 7 ต่อไปนี้

ตารางที่ 7 การเทียบเคียงระหว่างเกณฑ์การกำหนดชั้นของงาน (class/order) ตามมาตรฐานออสเตรเลียนับกับข้อกำหนดชั้นงานสำหรับความถูกต้องทางตำแหน่งของมาตรฐานฉบับนี้

เกณฑ์การกำหนดตามมาตรฐาน ICSM ออสเตรเลีย		ชั้นงานในมาตรฐานนี้
คลาส	ประเภทของงานรังวัด	
3A	งานรังวัดที่ต้องการความละเอียดสูงเป็นพิเศษ	AA
2A	งานรังวัดยี่ห้อเดดิกของประเทศที่มีความละเอียดสูง	A
A	งานรังวัดยี่ห้อเดดิกของประเทศหรือของรัฐ	B
B	งานรังวัดยี่ห้อเดดิกที่เป็นการขยายความหนาแน่นหมวด	1
C	งานสำรวจและรังวัดด้วยค่าพิกัด	2
D	งานอื่นๆที่ต่ำชั้น	3
E	งานอื่นๆที่ต่ำชั้น	-

7.2 ข้อกำหนดความครบถ้วนของข้อมูล

7.2.1 ความครบถ้วนของข้อมูลรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์

ความครบถ้วนของข้อมูลรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ในข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ นั้นจะกำหนดเฉพาะสำหรับมหุดหลักฐานแผนที่ทั้งสามชนิดเท่านั้น ไม่รวมถึงจุดบังคับภาพถ่ายทางอากาศเนื่องจากไม่มีการสร้างเป็นมหุดถาวรไว้ในสนาม ทั้งนี้ความครบถ้วนของข้อมูลรูปลักษณ์มหุดหลักฐานแผนที่นั้นหมายถึง การที่ข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ทั้งหมดตามขอบเขตงานของโครงการ หรือขอบเขตงานจ้างดำเนินการ จะต้อง มีบันทึกอยู่ในชุดข้อมูลที่ส่งมอบอย่างครบถ้วนไม่มากและไม่น้อยกว่าความเป็นจริง

ตัวชี้วัดคุณภาพข้อมูล (data quality measure) ที่ใช้สำหรับการวัดความครบถ้วนของข้อมูลรูปลักษณ์มหุดหลักฐานแผนที่นั้น ให้ใช้ค่าร้อยละของจำนวนข้อมูลที่หายไป และค่าร้อยละของจำนวนข้อมูลที่ขาดไป

การกำหนดเกณฑ์ความครบถ้วนของข้อมูลรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ มหุดหลักฐานแผนที่นั้น อาจพิจารณาแยกเป็น 2 กรณีคือ

- กรณีจ้างสำรวจจัดทำมหุดหลักฐานแผนที่และต้องส่งมอบข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่นั้น กรณีนี้เกณฑ์ความครบถ้วนกำหนดเป็น 100% คือข้อมูลที่ส่งมอบต้องครบถ้วนตรงกับมหุดหลักฐานแผนที่ที่ได้ถูกสำรวจจัดทำไว้จริง นั่นคือร้อยละของจำนวนข้อมูลที่ขาดหายไปหรือที่เกินมาต้องเป็นศูนย์
- กรณีที่จ้างทำการสำรวจรวบรวมข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่เดิมที่ได้ถูกสำรวจจัดทำไว้แล้ว กรณีนี้กำหนดเกณฑ์ความครบถ้วนเป็น 95% นั่นคือจำนวนข้อมูลที่ขาดหายไปต้องไม่มากกว่าร้อยละ 5 ของจำนวนมหุดในขอบเขตงานของโครงการ เช่นเดียวกับจำนวนข้อมูลที่เกินมาก็ต้องไม่มากกว่าร้อยละ 5

เกณฑ์ความครบถ้วนของข้อมูลรูปลักษณ์มหุดหลักฐานแผนที่ กำหนดดังตารางที่ 8 ต่อไปนี้

ตารางที่ 8 เกณฑ์ความครบถ้วนของรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ ในชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่

ที่	รายการรูปลักษณ์ข้อมูล	กรณีข้อมูลมหุดหลักฐานใหม่ จ้างสำรวจจัดทำขึ้น		กรณีข้อมูลมหุดหลักฐานเดิม จ้างสำรวจรวบรวม	
		ร้อยละจำนวน ข้อมูลที่เกินมา	ร้อยละจำนวน ข้อมูลที่ขาดไป	ร้อยละจำนวน ข้อมูลที่เกินมา	ร้อยละจำนวน ข้อมูลที่ขาดไป
1	มหุดหลักฐานแผนที่ (ทางราบ, ทางตั้ง, สามมิติ)	0	0	≤ 5	≤ 5

7.2.2 ความครบถ้วนของข้อมูลลักษณะประจำ

ความครบถ้วนของข้อมูลลักษณะประจำ หมายถึงการที่ข้อมูลลักษณะประจำรายการต่าง ๆ ของแต่ละรูปลักษณ์มหุดหลักฐานแผนที่ และจุดบังคับภาพถ่าย จะต้องมีความบันทึกไว้ครบถ้วนในชุดข้อมูลที่ส่งมอบ โดยตัวชี้วัดคุณภาพข้อมูลที่ใช้ในการวัดความครบถ้วนของข้อมูลลักษณะประจำแต่ละรายการ คือค่าร้อยละของจำนวนรูปข้อมูลที่ขาดหายไป ซึ่งก็คือร้อยละของจำนวนรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ที่ข้อมูลลักษณะประจำรายการดังกล่าวขาดหายไปเมื่อเทียบกับจำนวนรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ (ประเภทเดียวกัน) ทั้งหมดในชุดข้อมูลที่ส่งมอบ

เกณฑ์ความครบถ้วนของข้อมูลลักษณะประจำในข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ กำหนดเฉพาะตามระดับความสำคัญของข้อมูลลักษณะประจำนั้น และแยกเป็น 2 กรณีเช่นเดียวกับเกณฑ์ความ

ครบถ้วนของข้อมูลรูปลักษณะทางภูมิศาสตร์ในหัวข้อ 7.2.1 ข้างต้น คือแยกระหว่างกรณีส่งมอบข้อมูลหมวดหลักฐานที่สำรวจจัดสร้างขึ้นใหม่ กับกรณีการสำรวจรวบรวมข้อมูลของหมวดหลักฐานแผนที่เดิมที่มีอยู่แล้ว ดังตารางที่ 9 ต่อไปนี้

ตารางที่ 9 เกณฑ์ความครบถ้วนของข้อมูลลักษณะประจำในชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่

	รายการข้อมูลลักษณะประจำ	ร้อยละข้อมูลลักษณะประจำที่ขาดหายไป	
		กรณีข้อมูลหมวดหลักฐานที่สำรวจจัดสร้างขึ้นใหม่	กรณีสำรวจรวบรวมข้อมูลของหมวดหลักฐานเดิมที่มีอยู่
1	pointId	0	0
2	pointLocation	0	0
3	pointLocationMap	0	0
4	pointPhoto	0	0
5	agencyName	0	≤ 5
6	pointURL	N.A.	N.A.
7	horizontalDatum	0	≤ 5
8	latitude (กรณีที่ใช้เข้าเงื่อนไขบังคับ)	0	0
9	longitude (กรณีที่ใช้เข้าเงื่อนไขบังคับ)	0	0
10	horizontalLocalAccuracy	0	N.A.
11	horizontalNetwork Accuracy	0	N.A.
12	horizontalSurveyClass	0	N.A.
13	horizontalReleaseDate	0	N.A.
14	utmZone (กรณีที่ใช้เข้าเงื่อนไขบังคับ)	0	0
15	easting (กรณีที่ใช้เข้าเงื่อนไขบังคับ)	0	0
16	northing (กรณีที่ใช้เข้าเงื่อนไขบังคับ)	0	0
17	verticalDatum	0	0
18	orthometricHeight	0	0
19	orthometricHeightSource	0	≤ 5
20	ellipsoidalHeight	0	0
21	Elevation	0	0
22	verticalLocalAccuracy	0	N.A.
23	verticalNetworkAccuracy	0	N.A.
24	verticalSurveyClass	0	N.A.
25	verticalReleaseDate	0	N.A.

7.3 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลลักษณะประจำ (Attribute Data)

ข้อมูลลักษณะประจำในชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่นั้น มี 2 ชนิดคือข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative attribute) และข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงปริมาณ (non-quantitative attribute) ซึ่งสำหรับข้อมูลลักษณะประจำแบบเชิงปริมาณนั้นจะใช้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงเส้นที่ความเชื่อมั่น 95% (LE95) เป็นตัวชี้วัด

คุณภาพข้อมูล และสำหรับข้อมูลลักษณะประจำแบบที่ไม่เป็นเชิงปริมาณนั้นจะใช้ค่าร้อยละจำนวนข้อมูลลักษณะประจำที่ผิด (rate of incorrect values) เป็นตัวชี้วัด

เกณฑ์ความถูกต้องของข้อมูลลักษณะประจำในชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่นั้น แยกเป็น 2 กรณี เช่นเดียวกับเกณฑ์ความครบถ้วนของข้อมูล และกำหนดค่าตามระดับความสำคัญของข้อมูลลักษณะประจำแต่ละรายการ ดังตารางที่ 10 ต่อไปนี้

ตารางที่ 10 เกณฑ์ความถูกต้องของข้อมูลลักษณะประจำในชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่

	รายการข้อมูลลักษณะประจำ	LE95	rate of incorrect attribute values	หมายเหตุ
1	pointId	N.A.	≤ 5 %	
2	pointLocation	N.A.	N.A.	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
3	pointLocationMap	N.A.	N.A.	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
4	pointPhoto	N.A.	N.A.	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
5	agencyName	N.A.	≤ 3 %	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
6	pointURL	N.A.	N.A.	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
7	horizontalDatum	N.A.	≤ 3 %	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
8	latitude (กรณีที่เข้าเงื่อนไขบังคับ)	N.A.	N.A.	ใช้เกณฑ์ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง
9	longitude (กรณีที่เข้าเงื่อนไขบังคับ)	N.A.	N.A.	
10	horizontalLocalAccuracy	N.A.	N.A.	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
11	horizontalNetwork Accuracy	N.A.	N.A.	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
12	horizontalSurveyClass	N.A.	≤ 3 %	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
13	horizontalReleaseDate	N.A.	≤ 3 %	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
14	utmZone (กรณีที่เข้าเงื่อนไขบังคับ)	0	N.A.	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
15	easting (กรณีที่เข้าเงื่อนไขบังคับ)	N.A.	N.A.	ใช้เกณฑ์ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง
16	northing (กรณีที่เข้าเงื่อนไขบังคับ)	N.A.	N.A.	
17	verticalDatum	N.A.	≤ 3 %	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
18	orthometricHeight	N.A.	N.A.	ใช้เกณฑ์ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง
19	orthometricHeightSource	N.A.	≤ 3 %	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
20	ellipsoidalHeight	N.A.	N.A.	ใช้เกณฑ์ความถูกต้องเชิงตำแหน่ง
21	Elevation	N.A.	N.A.	
22	verticalLocalAccuracy	N.A.	N.A.	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
23	verticalNetworkAccuracy	N.A.	N.A.	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
24	verticalSurveyClass	N.A.	≤ 3 %	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata
25	verticalReleaseDate	N.A.	≤ 3 %	เป็นข้อมูลลักษณะ metadata

7.4 ข้อกำหนดความสอดคล้องทางตรรกะของข้อมูล

ความสอดคล้องเชิงตรรกะของข้อมูล ในชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ ประกอบด้วยเพียงองค์ประกอบย่อยเดียวคือ ข้อกำหนดความสอดคล้องกับค่าโดเมนของข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

7.4.1 ข้อกำหนดความสอดคล้องกับค่าโดเมนของข้อมูล

เกณฑ์ความสอดคล้องกับค่าโดเมน ของข้อมูลในชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่นั้น ใช้กับรายการข้อมูลลักษณะประจำที่มีการกำหนดค่าโดเมนเท่านั้น โดยใช้ค่าอัตราความไม่สอดคล้องกับค่าโดเมน (value domain non-conformance rate) เป็นตัวชี้วัดคุณภาพ (quality measure) ดังตารางที่ 11 ต่อไปนี้

ตารางที่ 11 เกณฑ์ความสอดคล้องกับค่าโดเมน ของข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

	รายการข้อมูลลักษณะประจำที่มีการกำหนดค่าโดเมน	value domain non-conformance rate
1	horizontalSurveyClass	0
2	utmZone	0
3	verticalSurveyClass	0

7.5 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลเชิงเวลา

ไม่มีข้อกำหนดความถูกต้องเชิงเวลาสำหรับข้อมูลในชั้นข้อมูลหลักฐานแผนที่

8. การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product delivery)

ข้อกำหนดการส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล FGDS ในที่นี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นกรอบแนวทางในการกำหนดรูปแบบวิธีการในการที่หน่วยงานที่ได้รับมอบหมายหรือได้รับจ้าง จะทำการส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล FGDS ให้กับหน่วยงานผู้มอบหมาย หรือผู้ว่าจ้าง ทั้งนี้จะไม่รวมถึงรูปแบบวิธีการเผยแพร่ข้อมูล FGDS ไปสู่ผู้ใช้งานเนื่องจากจะมีความหลากหลายอย่างมาก

ข้อกำหนดการส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูลนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วน คือข้อกำหนดรูปแบบฟอร์แมตของข้อมูล และข้อกำหนดสื่อบันทึกข้อมูล

8.1 รูปแบบฟอร์แมตของข้อมูล

การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูลชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ ตามมาตรฐานฉบับนี้ ในส่วนข้อมูลรูปลักษณะทางภูมิศาสตร์และข้อมูลลักษณะประจำรายการต่าง ๆ กำหนดให้ส่งมอบเป็นข้อมูลดิจิทัลในรูปแบบข้อมูล GIS แบบเวกเตอร์ (Vector File) โดยให้อยู่ในรูปแบบฟอร์แมตข้อมูลหนึ่งในรายการต่อไปนี้

1. ARC/INFO Coverage คือ ฟอร์แมตข้อมูลที่ใช้บันทึกข้อมูลดิจิทัลแบบเวกเตอร์ซึ่งพัฒนาขึ้นสำหรับโปรแกรม ARC/INFO และใช้ในซอฟต์แวร์ ARC/INFO, ArcView, ArcGIS และซอฟต์แวร์ GIS อื่น ๆ หลายตัว
2. Shapefile คือรูปแบบไฟล์ข้อมูล GIS ที่พัฒนาโดยบริษัท ESRI เพื่อเป็นฟอร์แมตเปิดสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูล GIS กันระหว่างซอฟต์แวร์ต่าง ๆ และเป็นฟอร์แมตที่สามารถเปิดอ่านได้โดยซอฟต์แวร์ GIS ส่วนใหญ่
3. DWG คือรูปแบบไฟล์ไบนารีที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลแบบ (drawing) 2 และ 3 มิติ พร้อมทั้ง metadata เป็นรูปแบบไฟล์ที่ใช้งานโดยโปรแกรมช่วยการเขียนแบบ (CAD) หลายโปรแกรมเช่น AutoCAD, IntelliCAD และ Caddie
4. MapInfo Map File คือรูปแบบไฟล์ที่ถูกพัฒนาและใช้งานโดยโปรแกรม MapInfo

5. DGN คือรูปแบบไฟล์ประเภท CAD ซึ่งพัฒนาและใช้ได้กับโปรแกรม MicroStation และโปรแกรม Interactive Graphics Design System (IGDS) ของ Intergraph
6. Geodatabase คือรูปแบบไฟล์ฐานข้อมูลที่สนับสนุนการบันทึกและจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ พัฒนาและใช้งานได้กับซอฟต์แวร์ ArcGIS และสามารถจัดเก็บข้อมูลได้หลากหลายชนิด ได้แก่ ข้อมูลรูปลักษณะทางภูมิศาสตร์ คลาสของรูปลักษณะ คลาสของความสัมพันธ์ ข้อมูลเชิงโครงข่าย ข้อมูลโทโปโลยี ข้อมูลตาราง ข้อมูลราสเตอร์ ข้อมูลแคตตาล็อก รวมทั้งองค์ประกอบอื่น ๆ ของข้อมูลภูมิสารสนเทศ
7. GML หรือ Geography Markup Language คือรูปแบบเฉพาะรูปแบบหนึ่งของไฟล์ประเภท XML ซึ่งกำหนดนิยามโดยองค์กร Open Geospatial Consortium (OGC) เพื่อใช้จัดเก็บข้อมูลรูปลักษณะทางภูมิศาสตร์ GML ทำหน้าที่เป็นภาษา modeling สำหรับระบบภูมิศาสตร์ รวมทั้งทำหน้าที่เป็นฟอร์แมตกลางสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลทางภูมิศาสตร์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต โดยสามารถบันทึกได้ทั้งข้อมูลรูปลักษณะแบบเวกเตอร์ คอเวอเรจ และข้อมูลเซ็นเซอร์ด้วย

นอกจากตัวไฟล์ข้อมูล GIS ที่บันทึกรูปลักษณะทางภูมิศาสตร์และข้อมูลลักษณะประจำของชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่แล้ว ยังอาจกำหนดให้มีการส่งมอบข้อมูลรายงานทำเนียบหมวดหลักฐานแผนที่ในรูปแบบไฟล์ข้อมูลเอกสารประเภท PDF ด้วย โดยเนื้อหาและรูปแบบของรายงานฯ ควรจะมีลักษณะดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2



แบบบันทึกข้อมูลหมวดหลักฐานทางราบ

หมายเลขหมวด GPS 0200	สถานที่ตั้ง ที่ว่าการอำเภอป่าด	งานรังวัดดาวเทียม GPS ชั้น 1	
ชื่อหมวด NAMPAD	อ.ป่าด	จ. อุตรดิตถ์	แบบของหมวดหลักฐาน หมุดหินอ่อน

โครงการ อีอีซีและอีอีพีลิสต์ ปี 2553 กองสนามสำรวจหมวดหลักฐานด้วยการรังวัดสัญญาณดาวเทียม GPS

ค่าพิกัดบนพื้นหลักฐาน WGS84

ลองจิจูด(Longitude): 100° 41' 04.18353 E.	ละติจูด(Latitude): 17° 43' 42.38605 N.	ความสูงเหนือทรี(h): 117.597 ม.
ค่าตะวันออก(Easting): 678617.163 ม.	ค่าเหนือ(Northing): 1960941.377 ม.	Zone 47Q

การแปลงค่าพิกัดบนพื้นหลักฐาน : WGS84 เป็น Indian1975

$(X, Y, Z)_{\text{Indian1975}} = (X, Y, Z)_{\text{WGS84}} - (\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$

$\Delta X = 204.5$ เมตร ; $\Delta Y = 837.9$ เมตร ; $\Delta Z = 294.8$ เมตร

ค่าพิกัดบนพื้นหลักฐาน Indian1975

ลองจิจูด(Longitude): 100° 41' 16.27973 E.	ละติจูด(Latitude): 17° 43' 37.57381 N.	ความสูงเหนือทรี(h): 123.364 ม.
ค่าตะวันออก(Easting): 678950.241 ม.	ค่าเหนือ(Northing): 1960638.375 ม.	Zone 47Q

ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง(H):	ม. ความสูงยอด(N=h-H):	ม.	ความโน้มถ่วงพิพ:	mgal
งานระดับชั้นที่	แผนที่ชุด L7018		หมายเลขระวาง 5144-III	

4



ทางไปหมวด:

ใช้ ทล.1047 จาก จ.อุตรดิตถ์ถึง อ.ป่าด ประมาณ 75 กม. จะพบที่ว่าการอำเภอป่าด หมวดอยู่บริเวณด้านทิศเหนือเสาธงชาติ

แผนที่ภาพนี้ไม่ตรงตามมาตราส่วน



ลักษณะหมวด: เป็นหมุดคอนกรีต ฟูด้วยหินอ่อน

หมายเหตุ:

สำรวจโดย ร.อ. ()

จัดทำโดย กองอีอีซีและอีอีพีลิสต์ กรมแผนที่ทหาร

ผู้ตรวจสอบโดย พ.ท. ()

โทร. 0 2222 3045 E-mail: ()

รูปที่ 2 ตัวอย่างแบบรายงานข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่ (จาก กรมแผนที่ทหาร)

การตั้งชื่อไฟล์เป็นไปตามที่หน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบกำหนด โดยจะต้องมีเอกสารที่มีการอธิบายอย่างชัดเจนว่าข้อมูลที่ส่งมามีลักษณะเฉพาะอย่างไร โดยอย่างน้อยต้องระบุ ดังนี้

1. ชนิดของข้อมูล
2. มาตรฐานที่ผลิตข้อมูล
3. ผู้ผลิตหรือผู้ส่งมอบ
4. ปีที่ผลิต

เอกสารที่ใช้ในการอธิบายไฟล์ดังกล่าวข้างต้น ควรเป็นแฟ้มข้อมูลดิจิทัลที่อยู่ในรูปแบบแฟ้มข้อมูล PDF file หรือแฟ้มข้อมูล TXT ที่ต้องส่งมอบไปพร้อมกับตัวข้อมูล FGDS

8.2 สื่อบันทึกข้อมูล

สื่อบันทึกข้อมูลเพื่อส่งมอบเป็นไปตามที่หน่วยงานที่รับผิดชอบกำหนด ที่นิยมโดยทั่วไป เช่น CD Rom, DVD Rom, Hard Disk เป็นต้น การเลือกจะใช้สื่อบันทึกข้อมูลชนิดใด มีข้อควรพิจารณาอย่างน้อย ดังนี้

1. ขนาดข้อมูล ถ้าข้อมูลมีขนาดไฟล์ใหญ่มาก อาจจำเป็นต้องใช้การแบ่งไฟล์หรือบีบอัดไฟล์ และต้องใช้สื่อบันทึกข้อมูลหลายหน่วย ดังนั้น จึงควรพิจารณาใช้สื่อบันทึกข้อมูลที่เหมาะสมกับขนาดของไฟล์ ใช้จำนวนสื่อบันทึกข้อมูลให้น้อยที่สุด และพยายามหลีกเลี่ยงการแบ่งไฟล์หรือบีบอัดไฟล์
2. ความคงทน ในกรณีที่หน่วยงานที่รับผิดชอบมีหน้าที่นำข้อมูลไปรวมฐานข้อมูลเอง อย่างน้อยควรมั่นใจว่าสื่อบันทึกข้อมูลที่ได้รับการส่งมอบมา สามารถคงทนอยู่ได้จนกว่าจะนำข้อมูลไปรวมในฐานข้อมูลกลางเป็นที่เรียบร้อยแล้ว
3. การเรียกดู/การค้นคืน หน่วยงานที่รับผิดชอบต้องแน่ใจว่าจะสามารถเรียกดู/ค้นคืนข้อมูล ที่บันทึกในสื่อบันทึกข้อมูลที่ได้รับมอบได้ กล่าวคือ มีอุปกรณ์หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่มั่นใจว่าจะใช้กับสื่อบันทึกข้อมูลได้
4. สื่อบันทึกข้อมูลที่ส่งมอบ จะต้องมีความบ่งชี้คุณลักษณะสำคัญข้อมูลภายใน แสดงติดไว้บนสื่อ โดยข้อความดังกล่าว อย่างน้อยต้องระบุถึง ชื่อข้อมูล หน่วยที่ของสื่อ (เช่น แผ่นที่ 3/11 เป็นต้น) และวันที่ส่งมอบ

9. ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata)

คำอธิบายข้อมูล (metadata) สำหรับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO19115 โดยต้องมีรายการ Metadata ครอบคลุมรายการ core metadata ที่กำหนดในมาตรฐาน ISO19115 ตามรายการที่ 1-23 ในตารางที่ 12 นอกจากนั้นจะต้องมีรายการ metadata ที่อธิบายเนื้อหาของชุดข้อมูล (data content) และคุณภาพของชุดข้อมูล (data quality) ตามตารางที่ 13 และ 14 ด้วย

สำหรับรายการคำอธิบายข้อมูลที่กำหนดให้จัดทำเพิ่มเติม ในระดับแต่ละมหุดหลักฐานแผนที่นั้น กำหนดให้จัดทำเป็นข้อมูลลักษณะประจำของมหุดหลักฐานแผนที่แต่ละมหุดแล้ว

ตารางที่ 12 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
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

ตารางที่ 12 รายการ Metadata ของชุดข้อมูล FGDS

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล/ค่าโดเมน
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 13 รายการ metadata สำหรับอธิบายเนื้อหาข้อมูล (MD_ContentInformation)

	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล
1	MD_FeatureCatalogue Description	ข้อมูลอธิบายสารบัญแฟ้มของรูปลักษณ์ (กรณีข้อมูลแบบเวกเตอร์)	Conditional	รายการที่ 1.1 ถึง 1.5
1.1	complianceCode [0..1]	รหัสที่บอกถึงการได้ตาม ISO19110 ของสารบัญแฟ้ม	Optional	Boolean
1.2	language [0..*]	ภาษาที่ใช้ในสารบัญแฟ้ม	Optional	CharacterString
1.3	includeWithDataset	รหัสที่บอกว่าสารบัญแฟ้มได้ถูกใส่รวมไว้ในชุดข้อมูล	Mandatory	Boolean
1.4	featureTypes [0..*]	รายการรูปลักษณ์ข้อมูลในสารบัญแฟ้มที่ปรากฏในชุดข้อมูล	Optional	GenericName
1.5	featureCatalogueCitation [1..*]	ข้อมูลอ้างอิงของสารบัญแฟ้ม ภายนอก	Mandatory	CI_Citation

ตารางที่ 14 รายการ metadata สำหรับอธิบายคุณภาพข้อมูล (DQ_DataQuality)

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ*	ชนิดข้อมูล
1	Data Quality Scope	ขอบเขตของคุณภาพ	Mandatory	DQ_Scope
2	DQ_Element [0..*]	องค์ประกอบคุณภาพข้อมูล (รายงานได้หลายองค์ประกอบ)	Mandatory	รายการที่ 2.1 – 2.7
2.1	nameOfMeasure [0..*]	ชื่อตัวชี้วัดคุณภาพข้อมูล	Optional	Char (Free text)

ตารางที่ 14 รายการ metadata สำหรับอธิบายคุณภาพข้อมูล (DQ_DataQuality)

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ*	ชนิดข้อมูล
2.2	measuredIdentification [0..1]	ข้อมูลบ่งชี้ตัวชี้วัดฯ	Optional	MD_Identifier
2.3	measureDescription [0..1]	คำอธิบายตัวชี้วัดฯ	Optional	Char (Free text)
2.4	evaluationMethodType [0..1]	ชนิดของวิธีการประเมินคุณภาพข้อมูล	Optional	DQ_Evaluation MethodTypeCode
2.5	evaluationProcedure [0..1]	กระบวนการประเมินคุณภาพฯ	Optional	CI_Citation
2.6	dateTime [0..*]	วันที่ของคุณภาพข้อมูล	Optional	DateTime
2.7	result [1..2]	ผลการประเมินคุณภาพข้อมูล	Mandatory	DQ_Result

คำอธิบายข้อมูล (metadata) สำหรับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่นี้ให้จัดทำขึ้นในรูปแบบ XML ที่เป็นไปตามมาตรฐาน ISO19139

10. การสำรวจนำเข้าข้อมูล (Data capture)

การจัดสร้างมหุดหลักฐานเริ่มจากการสร้างโครงข่ายมหุดหลักฐานที่มีความถูกต้องดีที่สุดก่อน โดยระยะห่างระหว่างมหุดมีขนาดใหญ่ จากนั้นจึงขยายโครงข่ายมหุดหลักฐานให้มีความหนาแน่นมากขึ้นโดยทำงานให้มีความถูกต้องในชั้นงานเดียวกันหรือชั้นงานที่ต่ำกว่า ยกตัวอย่าง มหุดหลักฐานในงานชั้น A ใช้จุดตรึงในโครงข่ายชั้น A หรือชั้น B หรือชั้นต่ำกว่านี้ได้ แต่ไม่สามารถใช้ควบคุมงานชั้น AA ได้ เป็นต้น

10.1 การออกแบบโครงข่ายมหุดหลักฐาน

ในการสร้างมหุดหลักฐานใหม่นั้น โดยปกติแล้ว ต้องเชื่อมโยงมหุดหลักฐานเหล่านี้เป็นโครงข่าย และในงานรังวัดดาวเทียมนิยมสร้างเป็นวงบรรจบ (loop) ที่ต่อเนื่องกัน รวมทั้งต้องเชื่อมโยงกับมหุดหลักฐานเดิมที่รู้ค่าพิกัดตำแหน่งแล้ว มหุดหลักฐานเดิมจะต้องสร้างขึ้นในงานรังวัดที่มีชั้นงานในลำดับเดียวกันหรือสูงกว่างานที่กำลังดำเนินการอยู่ ตารางที่ 15 เป็นข้อเสนอแนะในการออกแบบโครงข่ายมหุดหลักฐานดาวเทียมในชั้นงานต่าง ๆ

การทำงานวงรอบเป็นวิธีการทำงานที่มีการวัดมุมหรือทิศทางและระยะทางต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ มหุดหลักฐานของโครงข่ายจากงานนี้ ประกอบกันเป็นรูปหลายเหลี่ยม และสถานีลาปลาซซึ่งเป็นจุดที่มีการวัดค่าอะซิมุทและลองจิจูดทางดาราศาสตร์ ยังเป็นสิ่งที่จำเป็นในการควบคุมทิศทางของโครงข่ายที่สร้างขึ้นมา การทำงานวงรอบเน้นความถูกต้องของค่าพิกัดทางราบมากกว่าทางด้านความสูง ความสูงจากการทำงานวงรอบคำนวณโดยใช้หลักการของงานระดับตรีโกณมิติ (trigonometric leveling) จึงเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้นและความสูงนี้ถือว่าเป็นความสูงเหนือทรี ถ้าหากต้องการได้ค่าความสูงหรือค่าระดับที่ถูกต้อง ต้องทำระดับแบบค่าต่าง (differential leveling) เข้ามาที่ห้วมหุด การทำงานวงรอบในมาตรฐานชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ มี 3 ชั้นงานคือ ชั้น 1 ชั้น 2 และชั้น 3 ตามลำดับ

การทำระดับแบบค่าต่าง ใช้กล้องระดับเป็นเครื่องมือในการบอกแนวเล็งในแนวราบของกล้อง และใช้ไม้ระดับวัดความสูงจากหัวหมุดหรือจุดที่ต้องการจนถึงแนวเล็งด้วยวิธีนี้ ค่าระดับจากหมุดที่รู้ค่าแล้วจะถูกถ่ายทอดต่อเนื่องไปในการตั้งกล้องแต่ละครั้ง เช่นเดียวกับการทำงานวงรอบ การทำงานระดับแบบค่าต่างในมาตรฐานชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่ มี 3 ชั้นงานคือ ชั้น 1 ชั้น 2 และชั้น 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ข้อเสนอแนะในการสร้างโครงข่ายหมุดหลักฐานในงานรังวัดดาวเทียม

มาตรฐานความถูกต้อง	ชั้นงาน	AA	A	B	1	2	3
	ค่าบรรจบ (ppm)	0.01	0.1	1.0	10	50	100
	ค่าฐาน (มม.)	3	5	8	10	30	50
จำนวนหมุดหลักฐานทางราบเดิมที่ใช้ตรึงโครงข่าย (น้อยที่สุด)							
เมื่อใช้หมุดหลักฐานของชั้นงาน AA A หรือ B ³	4	3	3			2	
เมื่อใช้หมุดหลักฐานของชั้นงาน 1	N.A.	N.A.	N.A.			3	
เมื่อใช้หมุดหลักฐานของชั้นงาน 2 หรือ 3	N.A.	N.A.	N.A.			4	
จำนวนหมุดหลักฐานทางดิ่งเดิมที่ใช้ตรึงโครงข่าย (น้อยที่สุด)	5	5	5			4	
จำนวนสถานีที่รับสัญญาณต่อเนื่อง	4	3	2			optional	
ระยะห่างระหว่างหมุด (กิโลเมตร)							
ระหว่างหมุดหลักฐานเดิมกับจุดศูนย์กลางโครงการ							
ไม่มากกว่า	100d	10d	7d			5d	
จำนวนครั้งหนึ่งไม่น้อยกว่า	$\sqrt{5d}$	$\sqrt{5d}$	$\sqrt{5d}$			d/5	
ระหว่างหมุดหลักฐานเดิมที่อยู่นอกขอบเขตโครงการกับเส้นขอบโครงการ ไม่มากกว่า	3000	300	100			50	
ตำแหน่งหมุดหลักฐานของโครงข่ายเทียบกับจุดศูนย์กลางโครงการ อยู่ในควอดรอนที่ไม่น้อยกว่า	4	4	3			3	
การรังวัดเส้นฐานระหว่างหมุด (ทั้งหมุดหลักฐานเดิมและใหม่) ควรกระทำเมื่อระยะน้อยกว่า หน่วยกิโลเมตร	30	30	10			5	
หมายเหตุ d เป็นระยะทางที่มากที่สุดระหว่างจุดศูนย์กลางโครงการกับหมุดใด ๆ ที่สร้างใหม่ของโครงการ N.A. คือ ไม่ใช่ (Not Applicable) หมุดหลักฐานเดิมในชั้นงานที่ต่ำกว่าไม่สามารถนำมาตรึงโครงข่ายของชั้นงานที่สูงกว่าได้ ตัวอย่างเช่น ต้องการสร้างโครงข่ายชั้น A หมุดหลักฐานเดิมที่นำมาตรึงโครงข่ายที่สร้างขึ้นต้องเป็นหมุดหลักฐานจากชั้นงาน AA หรือ A จำนวน 3 หมุดเท่านั้น คำแนะนำในตารางนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อยตามที่เห็นสมควร ทั้งนี้ต้องได้รับการอนุมัติจากผู้ว่าจ้างในการทำงาน							

³ การเลือกใช้หมุดหลักฐานฯ ที่ใช้ตรึงโครงข่ายต้องเป็นไปตามข้อกำหนดในข้อ 10.1

10.2 เครื่องมือในงานรังวัดดาวเทียม

10.2.1 ชนิดของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสโดยทั่วไปแบ่งเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบนำหนหรือพกพา (navigation or handheld receiver) และเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบรังวัด (surveying or geodetic receiver) ซึ่งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมทั้งสองชนิด มีรายละเอียด ดังนี้

10.2.1.1 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบนำหน

เป็นเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่มีขนาดเล็กเคียงกับโทรศัพท์มือถือ ซึ่งสามารถพกพาได้อย่างสะดวก ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกว่า Handheld โดยเครื่องรับสัญญาณชนิดนี้จะใช้หลักการของการรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสแบบสมบูรณ์โดยอาศัยข้อมูลซูโดเรนจ์มาประมวลผลเพื่อหาค่าพิกัดตำแหน่ง โดยจะให้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งในระดับ 10-20 เมตร และเครื่องรับสัญญาณชนิดนี้มีราคาค่อนข้างถูกและใช้งานง่าย รวมทั้งมีหลากหลายยี่ห้อสำหรับการเลือกซื้อ ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมสำหรับการใช้งานในชีวิตประจำวันและงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องที่สูงมากนัก เช่น งานเก็บตัวอย่างข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจระยะไกล (remote sensing) งานเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับฐานข้อมูล GIS และงานนำชี้ตำแหน่งแปลงที่ดิน เป็นต้น

10.2.1.2 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบรังวัด

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบรังวัดแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบความถี่เดียว (single frequency receiver)

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบความถี่เดียว เป็นเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่รับสัญญาณดาวเทียม GPS โดยการวัดคลื่นส่งที่ความถี่ L_1 ได้เพียงความถี่เดียวเท่านั้น ซึ่งเครื่องรับชนิดนี้มีราคาถูกกว่าเครื่องรับแบบสองความถี่ เมื่อนำข้อมูลดาวเทียมความถี่เดียวมาประมวลผลแบบเฟสของคลื่นส่ง จะให้ค่าความถูกต้องที่น้อยกว่าการประมวลผลในแบบเดียวกันโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมแบบสองความถี่ (L_1 และ L_2)

2. เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบสองความถี่และหลายระบบดาวเทียมนำหน (dual-frequency receiver and multi-GNSS receiver)

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบสองความถี่ เป็นเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่รับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส ที่ความถี่ L_1 และ L_2 ในปัจจุบัน เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ได้ถูกพัฒนาให้สามารถรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสความถี่ L_5 รวมทั้งสามารถรับสัญญาณดาวเทียมในระบบอื่น เช่น ระบบ GLONASS หรือ ระบบ GALILEO ได้อีกด้วย ดังนั้นถ้าจะให้ถูกต้องจึงควรเรียกว่าเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีเอ็นเอสเอส (GNSS)

10.2.2 เสาอากาศหรือจานรับสัญญาณดาวเทียม

เสาอากาศของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับลักษณะการออกแบบของบริษัทผู้ผลิต โดยทั่วไปแล้วเสาอากาศจะแบ่งออกเป็นเสาอากาศภายในที่อยู่รวมกับเครื่องรับสัญญาณ

ดาวเทียม และเสาอากาศแบบภายนอกที่ต้องใช้สายสัญญาณเชื่อมต่อกับเครื่องรับสัญญาณ โดยปกติเสาอากาศแบบภายนอกมักจะใช้ในงานรังวัดที่ต้องการความละเอียดถูกต้องสูง เนื่องจากเสาอากาศแบบภายนอกจะป้องกันคลื่นสัญญาณสะท้อนกลับ หรือเรียกว่า คลื่นสะท้อน (multi-path) ได้ดีกว่าเสาอากาศภายใน นอกจากนี้สำหรับสถานีฐานการจีพีเอสซึ่งต้องการความละเอียดถูกต้องสูงในระดับมิลลิเมตร เช่น งานเฝ้าติดตามการเคลื่อนตัวหรือการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลกหรือสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่ และการให้บริการสำหรับการรังวัดแบบจลน์ในพื้นที่โดยอาศัยระบบเครือข่ายสถานีฐานเป็นต้น มักจะใช้เสาอากาศภายนอกที่มีอุปกรณ์เสริม choke ring ติดตั้งเพิ่มเติมเพื่อการขจัดคลื่นสะท้อนให้หมดไป อีกทั้งในปัจจุบันยังมีการวัดสอบการแปรเปลี่ยนของจุดศูนย์กลางเฟสของเสาอากาศ (calibration of antenna phase center offset and variation) เพื่อทราบค่าคลาดเคลื่อนการแปรเปลี่ยนของจุดศูนย์กลางเฟสของเสาอากาศที่แน่นอน โดยมีการวัดสอบ 2 วิธี คือ การวัดสอบเสาอากาศแต่ละอันที่จะนำมาติดตั้ง (individual calibration) และการวัดสอบที่ระบุเพียงชนิดของเสาอากาศ (type calibration) โดยการวัดสอบวิธีแรกจะแม่นยำกว่าแต่จะมีค่าใช้จ่ายที่แพงกว่าวิธีที่สอง

10.3 เทคนิคในการรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสแบบสัมพัทธ์ (Differential or relative GPS positioning)

การหาค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์เป็นการใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมอย่างน้อย 2 เครื่อง โดยเครื่องหนึ่งจะวางอยู่ที่จุดที่ทราบค่าพิกัดแล้ว เช่น มหุดหลักฐานกรมแผนที่ทหาร หรือมหุดหลักฐานกรมที่ดิน เป็นต้น ส่วนเครื่องรับอีกเครื่องจะถูกนำไปวางตรงจุดที่ต้องการทราบค่าพิกัด ผลที่ได้จากการทำงานในลักษณะนี้คือ ตำแหน่งเปรียบเทียบของจุดหนึ่งกับอีกจุดหนึ่ง หรือเป็นเส้นฐานที่มีทิศทางระหว่างจุดที่นำเครื่องรับทั้งสองไปตั้งรับสัญญาณ วิธีการนี้สามารถใช้ได้กับข้อมูลชุดโคเรนจ์และข้อมูลเฟสของคลื่นส่งมาประมวลผลเพื่อหาค่าพิกัดการหาค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์โดยใช้ชุดโคเรนจ์เรียกว่า Differential GPS หรือ DGPS ให้ค่าความถูกต้อง 1-5 เมตร แต่ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะวิธีการวัดที่ใช้ข้อมูลเฟสของคลื่นส่งเท่านั้น เนื่องจากจะให้ค่าความถูกต้องสูง (ระดับเป็น เซนติเมตรหรือ มิลลิเมตร) และซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลดังกล่าว ใช้งานง่ายและมักได้รับมาพร้อมกับชุดเครื่องรับสัญญาณแบบรังวัด ซึ่งการใช้ข้อมูลเฟสของคลื่นส่งมาคำนวณหาค่าพิกัดนั้นจะได้กับเครื่องรับสัญญาณแบบรังวัดเท่านั้น โดยมีหลักการทำงานคือ สามารถคำนวณย้อนกลับไปหาขนาดของค่าคลาดเคลื่อนในข้อมูลชุดโคเรนจ์จากดาวเทียมแต่ละดวงได้เนื่องจากการทราบค่าพิกัดสถานีฐาน (ค่าคลาดเคลื่อนดังกล่าวจะเป็นผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนหลายชนิด เช่น ค่าคลาดเคลื่อนจากวงโคจรและนาฬิกาของดาวเทียม และค่าคลาดเคลื่อนจากการเดินทางของคลื่นผ่านชั้นบรรยากาศ เป็นต้น) วิธีการรังวัดในสนามของเทคนิคการหาค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์โดยใช้ข้อมูลเฟสของคลื่นส่งที่ใช้กันในปัจจุบันสามารถแบ่งได้ดังนี้

10.3.1 การรังวัดแบบสถิต (Static survey)

วิธีการนี้ต้องใช้เครื่องรับสัญญาณอย่างน้อย 2 เครื่อง โดยเครื่องที่หนึ่งจะถูกวางไว้บนมหุดที่รู้หรือสมมุติว่ารู้ค่าพิกัดแล้วเรียกว่า สถานีฐาน (base station) ส่วนเครื่องรับเครื่องที่สองจะถูกนำไปวางรับสัญญาณตามจุดที่ต้องการหาค่าพิกัดหรือสถานีจร (roving station) วิธีนี้เครื่องรับสัญญาณทั้งสองสถานีจะต้องรับข้อมูลจากดาวเทียมกลุ่มเดียวกันและช่วงเวลาเดียวกันอย่างน้อย 4 ดวง และต้องตั้งอยู่กับที่เป็นระยะเวลาหนึ่ง โดยทั่วไปไม่น้อยกว่า 1-2 ชั่วโมง วิธีการนี้จะให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด

การใช้ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์มาประมวลผลจะให้ค่าความถูกต้องตั้งแต่ 5 มิลลิเมตร ถึง 2.5 เซนติเมตร (สำหรับเส้นฐานที่มีความยาวไม่เกิน 20 กิโลเมตร)

10.3.2 การรังวัดแบบจลน์ (Kinematic survey)

การรังวัดแบบจลน์หมายถึงวิธีการหาตำแหน่งในขณะที่เครื่องรับสัญญาณเคลื่อนที่ การรังวัดแบบจลน์พัฒนาจากการรังวัดแบบสถิต เป็นวิธีการที่ทำให้หาตำแหน่งของจุดจำนวนมากได้อย่างรวดเร็วโดยมีความถูกต้องถึงเซนติเมตร ในการรังวัดแบบจลน์ เครื่องรับเครื่องหนึ่งจะถูกวางไว้ที่สถานีฐานตลอดเวลา ส่วนอีกเครื่องหนึ่งซึ่งเรียกว่า เครื่องรับจร (rover) จะนำไปวางตามจุดที่ต้องการหาตำแหน่งเพียงชั่วระยะเวลาสั้น ๆ (1-2 นาที) เท่านั้น แล้วก็เคลื่อนย้ายไปยังจุดถัดไป วิธีการนี้เรียกว่า "stop and go kinematic" หรืออีกวิธีหนึ่งเป็นการติดตั้งเสาอากาศไว้บนยานพาหนะแล้วเคลื่อนที่ไปเรื่อย ๆ ซึ่งเรียกว่า "continuous kinematic" วิธีการทั้งสองมีหลักการคำนวณตำแหน่งที่เหมือนกัน มีข้อแตกต่างตรงที่ "continuous kinematic" จะบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ และสามารถนำมาคำนวณหาตำแหน่งได้ทุก ๆ จุด ที่มีการบันทึกข้อมูลไว้ สำหรับ "stop and go kinematic" แม้ว่าจะมีการบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกันแต่นำเอาเฉพาะข้อมูลในขณะหยุดอยู่กับที่เท่านั้นมาคำนวณตำแหน่งและนำค่ามาเฉลี่ยกัน

การรังวัดแบบจลน์แม้จะหาค่าพิกัดได้อย่างรวดเร็ว แต่ก็มีข้อจำกัดในการทำงานที่ทำให้ยุ่งยากและลำบากต่อการทำงานได้แก่ วิธีการเริ่มงาน (initializing a survey) และต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ไม่น้อยกว่า 4 ดวงตลอดเวลาแม้แต่ในขณะที่กำลังเคลื่อนย้ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

10.3.3 การรังวัดแบบสถิตอย่างรวดเร็ว (Rapid static survey)

วิธีการทำงานของวิธีนี้เหมือนกับวิธีการรังวัดแบบสถิตทุกประการ เพียงแต่ระยะเวลาในการรับสัญญาณจะสั้นลงเหลือประมาณ 10-20 นาที วิธีการนี้จะให้ค่าความถูกต้องระหว่าง 1-3 เซนติเมตร (สำหรับเส้นฐานที่ยาวไม่เกิน 15 กิโลเมตร)

10.3.4 การรังวัดแบบจลน์ในทันที (Real-time kinematic survey)

วิธีการนี้มักถูกเรียกโดยย่อว่า RTK ซึ่งหลักการทำงานของวิธีการรังวัดหาค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์ด้วยวิธีการทำงานแบบจลน์ในทันทีนั้นคล้ายคลึงกับวิธีการแบบจลน์ คือ ต้องใช้เครื่องรับสัญญาณอย่างน้อย 2 เครื่อง โดยเครื่องที่หนึ่งถูกวางไว้บนหมุดที่ทราบค่าพิกัดหรือสถานีฐาน ส่วนเครื่องรับเครื่องที่สองถูกนำไปวางรับสัญญาณตามจุดที่ต้องการทราบค่าพิกัด แต่กรณีของวิธีการหาค่าพิกัดแบบจลน์ในทันทีนั้นเครื่องรับสัญญาณมีการติดตั้งอุปกรณ์สื่อสารระหว่างเครื่องรับทั้งสอง ซึ่งอาจเป็นเครื่องรับและส่งคลื่นวิทยุหรือโทรศัพท์มือถือ การหาค่าพิกัดของตำแหน่งจุดต่างๆ ด้วยวิธีนี้ เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่สถานีฐานและสถานีผู้ใช้งานต้องรับข้อมูลจากดาวเทียมกลุ่มเดียวกันและช่วงเวลาเดียวกันอย่างน้อย 5 ดวง และเครื่องรับสัญญาณที่ใช้จะต้องเป็นเครื่องรับสัญญาณแบบสองความถี่เท่านั้น วิธีการนี้สามารถให้ค่าความถูกต้องในระดับ 1-5 เซนติเมตร (สำหรับเส้นฐานที่ยาวไม่เกิน 15 กิโลเมตร)

การรังวัดแบบจลน์ในทันทีที่ใช้ระบบเครือข่ายสถานีฐานจีพีเอส (network-based RTK) มีหลักในการทำงานคล้ายคลึงกับวิธีการรังวัดแบบจลน์ในทันที แต่แตกต่างกันที่ผู้ใช้งานจำเป็นต้องขอรหัสผู้ใช้ (user name) จากผู้ให้บริการระบบเครือข่ายสถานีฐานจีพีเอส (ซึ่งในประเทศไทยให้บริการโดยกรม

ที่ดิน) โดยที่ผู้ใช้งานใช้เครื่องรับสัญญาณเพียงเครื่องเดียวไปวางตามจุดที่ต้องการทราบค่าพิกัดภายในพื้นที่ระบบเครือข่ายสถานีฐานฯ วิธีการนี้สามารถให้ค่าความถูกต้องในระดับ 1-5 เซนติเมตรเช่นกัน

รายละเอียดเทคนิคการรังวัดหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสแบบต่าง ๆ สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 16 ต่อไปนี้

ตารางที่ 16 สรุปรายละเอียดเทคนิคการรังวัดหาค่าพิกัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส

วิธีการที่ใช้	อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำงาน	วิธีการทำงานในสนาม	ค่าความถูกต้องที่ได้รับ
Static	เครื่องรับแบบรังวัดชนิดความถี่เดียวหรือหลายความถี่	ตั้งเครื่องรับทั้งสองอยู่กับที่ 1-2 ชั่วโมง และในระหว่างทำงานต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง	5 มม. - 2.5 ซม.
Rapid Static	เครื่องรับแบบรังวัดชนิดความถี่เดียวหรือหลายความถี่	ตั้งเครื่องรับทั้งสองอยู่กับที่ 10-20 นาที และในระหว่างทำงานต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง	1-3 ซม.
Kinematic	เครื่องรับแบบรังวัดชนิดความถี่เดียวหรือหลายความถี่	สามารถเคลื่อนย้ายเครื่องไปตามจุดที่ต้องการหาค่าพิกัดได้ แต่ต้อง initialize ประมาณ 5-10 นาที และในระหว่างทำงานต้องสามารถรับดาวเทียมอย่างต่อเนื่อง	1-5 ซม.
RTK	เครื่องรับแบบรังวัดชนิดหลายความถี่เท่านั้นและอุปกรณ์สื่อสาร ใช้ได้ทั้งเครื่องรับส่งวิทยุหรือโทรศัพท์มือถือ	สามารถเคลื่อนย้ายเครื่องไปตามจุดที่ต้องการหาค่าพิกัดได้ แต่ต้องรอจุดละประมาณ 1-2 นาที โดยในระหว่างทำงานต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 5 ดวง และต้องรับค่าปรับแก้จากสถานีฐานได้	1-5 ซม.

การจัดสร้างมหุดหลักฐานแผนที่ในมาตรฐานข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่ฉบับนี้ กำหนดให้ใช้การรังวัดแบบสถิติเป็นวิธีหาค่าพิกัดของมหุดหลักฐานเท่านั้น เพราะเป็นวิธีการที่ให้ความถูกต้องสูงที่สุด ข้อเสนอแนะในการทำงานสนามของงานรังวัดดาวเทียม GPS แสดงไว้ในตารางที่ 17 โดยรายละเอียดของวิธีการทำงานและชิ้นงานโดยสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก FGCC (1989)

ตารางที่ 17 ข้อเสนอแนะในการทำงานภาคสนามของงานรังวัดด้วยดาวเทียม GPS

มาตรฐานการทำงาน	ชิ้นงาน	AA	A	B	1	2	3
	ค่าบรรจบ (ppm)	0.01	0.1	1.0	10	50	100
	ค่าฐาน (มม.)	3	5	8	10	30	50
ต้องใช้เครื่องรับแบบสองความถี่ สำหรับการดำเนินงานตอนกลางวัน ⁽ⁿ⁾		ใช่	ใช่	ใช่	optional		
จำนวนเครื่องรับที่ใช้ทำงานร่วมกัน ไม่น้อยกว่า		5	5	4	3		

ตารางที่ 17 ข้อเสนอแนะในการทำงานภาคสนามของงานรังวัดด้วยดาวเทียม GPS

มาตรฐานการทำงาน	ชั้นงาน	AA	A	B	1	2	3
	ค่าบรรจบ (ppm)	0.01	0.1	1.0	10	50	100
	ค่าฐาน (มม.)	3	5	8	10	30	50
การรับสัญญาณดาวเทียม							
เวลาการรับสัญญาณในแต่ละคาบการทำงาน ไม่น้อยกว่า (นาทีก)							
การทำงานโดยทั่วไป ^(ข)							
รับสัญญาณต่อเนื่อง พร้อมกัน 100% ทุกเครื่อง ^(ค)							
อัตราเร็วการบันทึกข้อมูล (วินาที)							
จำนวนควอดแรนต์ที่มีดาวเทียมรับสัญญาณได้ ไม่น้อยกว่า							
มุมสูงสุดเหนือเส้นขอบฟ้า ที่มีสิ่งกีดขวาง (องศา)							
จำนวนครั้งที่ตั้งเครื่องรับซ้ำหมดเดิม ^(จ)							
เมื่อตั้ง 3 ครั้งหรือมากกว่า (% ที่ทุกหมดรับได้ไม่น้อยกว่า)							
เมื่อตั้ง 2 ครั้งหรือมากกว่า (% ที่หมดรับได้ไม่น้อยกว่า)							
- หมดหลักฐานใหม่							
- หมดหลักฐานทางดิ่ง							
- หมดหลักฐานทางราบ							
สถานีที่เป็นโครงข่าย IGS							
- ต้องมี							
- ถ้าใช่ จำนวนสถานีน้อยที่สุด							
วงบรรจบสำหรับการวิเคราะห์ผล							
- เส้นฐานจากการรังวัดต่างคาบ ไม่น้อยกว่า							
- จำนวนเส้นฐานในแต่ละวงบรรจบ ไม่มากกว่า							
- ความยาววงบรรจบ ไม่มากกว่า (กิโลเมตร)							
การตั้งวงเสาอากาศ							
- จำนวนครั้งของการวัดความสูงเสาอากาศ							
การวัดภูมิอากาศ							
- จำนวนครั้งต่อคาบการทำงาน ไม่น้อยกว่า							
- ความถี่ระหว่างการวัด ไม่มากกว่า (นาทีก)							
หมายเหตุ							
(ก) เมื่อระยะห่างระหว่างหมุดในขณะรับสัญญาณดาวเทียมมากกว่า 50 กิโลเมตร ควรใช้เครื่องรับแบบสองความถี่ในการทำงานชั้น 2 หรือสูงกว่า							
(ข) เวลาในการรับสัญญาณ เป็นค่าที่ประกันว่าผลการรังวัดจะให้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งที่ต้องการ							
(ค) ค่าวิกฤติต่ำสุดสำหรับการรับสัญญาณในหนึ่งคาบการทำงานที่รับสัญญาณพร้อมกันและต่อเนื่อง การรับสัญญาณต่อเนื่องหมายถึงไม่มีการขาดหายของสัญญาณหรือที่เรียกว่าคลื่นหลุด (cycle slip) ของดาวเทียมทุกดวง การขาดหายของสัญญาณเพียงชั่วขณะเนื่องจากสิ่งกีดขวางที่เกิดกับดาวเทียมบาง							

ตารางที่ 17 ข้อเสนอแนะในการทำงานภาคสนามของงานรังวัดด้วยดาวเทียม GPS

มาตรฐานการทำงาน	ชั้นงาน	AA	A	B	1	2	3
	ค่าบรรจบ (ppm)	0.01	0.1	1.0	10	50	100
	ค่าฐาน (มม.)	3	5	8	10	30	50
ดวง อาจยอมรับได้ถ้ามีข้อมูลร่วมกับจุดอื่นไม่น้อยกว่า 75% (ง) ดาวเทียมควรโคจรผ่านควอดแรนต์ตรงข้ามในแนวทะแยง (จ) การตั้งเครื่องรับเข้าตั้งแต่สองครั้งขึ้นไป ช่วยให้ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนส่วนบุคคลและที่เกิดจากเครื่องมือได้ (personal and instrumental errors) การตั้งเครื่องรับเข้าในคาบการทำงานที่ต่อเนื่องกัน ผู้รังวัดจะต้องจัดวางสามขา (tripod) และเสาอากาศใหม่ (ฉ) การวัดกระทำตอนเริ่มรับสัญญาณ กลางคาบการทำงาน และตอนท้ายของการรับสัญญาณ (ช) วัดความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิอากาศ เมื่อเริ่มรับสัญญาณ กลางคาบการทำงาน และตอนท้ายของการรับสัญญาณ หรือขึ้นกับระยะเวลาในการรับสัญญาณ (ซ) รายงานเฉพาะ เมื่อสภาพอากาศไม่ปกติ เช่น มีพายุพัดผ่าน ค่าที่ต้องวัดคือ ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิอากาศ							

10.4 เครื่องมือในงานรังวัดภาคพื้นดิน

วิธีการรังวัดภาคพื้นดินที่ใช้จัดทำหมวดหลักฐานแผนที่ (ทางราบ) ในปัจจุบันมีเพียงวิธีเดียว คือ งานวงรอบ (traversing) เป็นงานรังวัดควบคุม (control survey) ที่ประกอบด้วยเส้นที่มีการวัดทั้งระยะทางและทิศทางต่อเนื่องกันไป เครื่องมือที่ใช้ในการวัดทิศทางหรือวัดมุม คือกล้องวัดมุม (theodolite) ปัจจุบันจะเป็นกล้องวัดมุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic theodolite) ส่วนการวัดระยะจะใช้เครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ (electronic distance measuring instrument) เครื่องมือที่รวมกล้องวัดมุมแบบอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องวัดระยะอิเล็กทรอนิกส์ไว้ในเครื่องเดียวกันรู้จักกันในชื่อของ กล้องแบบสถานีรวม (total station)

10.5 เทคนิคในการทำงานวงรอบ

ความถูกต้องทางตำแหน่งของหมวดหลักฐานแผนที่ ที่ได้จากการทำงานวงรอบจัดอยู่ในงานชั้น 1, 2 และ 3 เท่านั้น ข้อเสนอแนะในการทำงานภาคสนามตามวิธีการทำงานวงรอบให้ไว้ในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ข้อเสนอแนะในการทำงานสนามของงานวงรอบ

มาตรฐานการทำงาน	งานชั้น 1	งานชั้น 2	งานชั้น 3
ระยะห่างระหว่างหมุด (กิโลเมตร)	10-15	2-4	0.1 หรือมากกว่า
การวัดทิศทางหรือมุมราบ - ความละเอียดของกล้องวัดมุม (ฟิลิปดา) - จำนวนชุด (วัดทั้งหน้าซ้ายและหน้าขวา) - ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ไม่เกิน (ฟิลิปดา) - คัดทิ้งเมื่อต่างจากค่าเฉลี่ย มากกว่า (ฟิลิปดา)	0.2 16 0.4 4	0.2 1 6-8 8-12 0.5 0.8 4 5	1 2-4 2.0 5
การวัดระยะ - ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	1:600,000	1:120,000	1:30,000
การวัดมุมดิ่งแบบสอกลับ (reciprocal) - จำนวนชุดและการกระจายค่าระหว่างค่าวัด - จำนวนหมุดระหว่างหมุดระดับที่รู้ค่า	3 ชุด 10" 4-6	2 ชุด 10" 6-10	2 ชุด 20" 10-20
การวัดอะซิมุททางดาราศาสตร์ - จำนวนเส้นวงรอบระหว่างเส้นตรวจสอบอะซิมุท - จำนวนชุดต่อคืน - จำนวนคืน - ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (ฟิลิปดา) - ค่าบรรจบของอะซิมุทตรวจสอบ ไม่เกิน	5-6 16 2 0.45 1" ต่อหมุด หรือ 2" $\sqrt{N}$	10-20 12-16 1-2 0.45-1.5 2" ต่อหมุด หรือ 8" $\sqrt{N}$	20-40 4-8 1 3-8 8" ต่อหมุด หรือ 30" $\sqrt{N}$
การบรรจบของตำแหน่งหลังการปรับแก้อะซิมุท	0.04m $\sqrt{K}$ หรือ 1:100,000 หรือ 10 ppm	0.2m $\sqrt{K}$ หรือ 1:20,000 หรือ 50 ppm	0.8m $\sqrt{K}$ หรือ 1:5,000 หรือ 200 ppm
หมายเหตุ (ก) N เป็นจำนวนเส้นวงรอบ และ K เป็นความยาวเส้นวงรอบทั้งหมดหน่วยเป็นกิโลเมตร (ข) การตรวจสอบการบรรจบที่มีอยู่ 2 สูตรนั้น ให้ค่าที่น้อยกว่าเป็นค่าตรวจสอบ			

10.6 เครื่องมือและเทคนิคในการทำงานระดับ

งานระดับแบบค่าต่าง (differential leveling) เป็นวิธีการวัดค่าต่างระดับระหว่างจุดที่วางไม้ระดับใกล้เคียงกันสองจุด ใช้สำหรับการสร้างหมุดระดับ การสร้างหมุดระดับในโครงการใหม่จะต้องโยกย้ายโครงข่ายใหม่กับหมุดระดับเดิมทั้งตอนเริ่มงานและเสร็จงานแล้ว ในการทำงานชั้น 1 ต้องเชื่อมโยงกับหมุดระดับเดิมข้างละ 3 หมุดรวมเป็น 6 หมุด ในงานชั้นสองและต่ำกว่าจะเชื่อมโยงกับหมุดระดับเดิมข้างละ 2 หมุดรวมเป็น 4 หมุด ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าค่าต่างระดับที่วัดได้สอดคล้องกับค่าหมุดระดับของโครงข่ายที่ปรับแก้ไว้เดิม ข้อเสนอแนะในการทำงานสนามตามวิธีการทำงานระดับแบบค่าต่าง ให้ไว้ในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ข้อเสนอแนะในการทำงานสนามของงานระดับแบบค่าต่าง (differential leveling)

มาตรฐานการทำงาน	งานชั้น 1	งานชั้น 2	งานชั้น 3
ระยะห่างระหว่างหมุดระดับ ไม่มากกว่า (กิโลเมตร)	100-300	50	25
กล้องระดับ			
มีไมโครมิเตอร์และสายใยสามสาย	ใช่	ใช่	มีสามสายใย
ไม้ระดับแบบอินวาร์	ใช่	ใช่	ไม้หรือโลหะ
ความละเอียดในการวัด (มิลลิเมตร)	0.1	0.5-1.0	1.0
วิธีการวัด			
ความยาวตอนระดับ (section) (กิโลเมตร)	1-2	1-3	ไม่เกิน 3
ระยะเล็งสูงสุด (เมตร)	60	70	90
ค่าต่างระยะเล็งไม้หลังและไม้หน้า สูงสุด (เมตร)			
สำหรับการตั้งกล้องแต่ละครั้ง	5	10	10
สำหรับตอนการระดับ	10	10	10
ความคลาดเคลื่อนการบรรจุสูงสุด			
ตอนระดับ (ไป-กลับ)	$\pm 4\text{mm} \sqrt{K}$	$\pm 8\text{mm} \sqrt{K}$	$\pm 12\text{mm} \sqrt{K}$
เส้นระดับระหว่างหมุด	$\pm 5\text{mm} \sqrt{K}$	$\pm 8\text{mm} \sqrt{K}$	$\pm 12\text{mm} \sqrt{K}$
หมายเหตุ			
(ก) การตรวจสอบการบรรจุของการทำงานระดับที่เป็นเส้นระหว่างจุด เช่นการแบ่งเป็นตอนระดับนั้น จะต้องมีการเดินระดับขาไปและขากลับมาเปรียบเทียบกับกัน			
(ข) ค่า K เป็นความยาวของตอนระดับ หรือ เส้นระดับ (ขาเดียว) หน่วยเป็นกิโลเมตร			

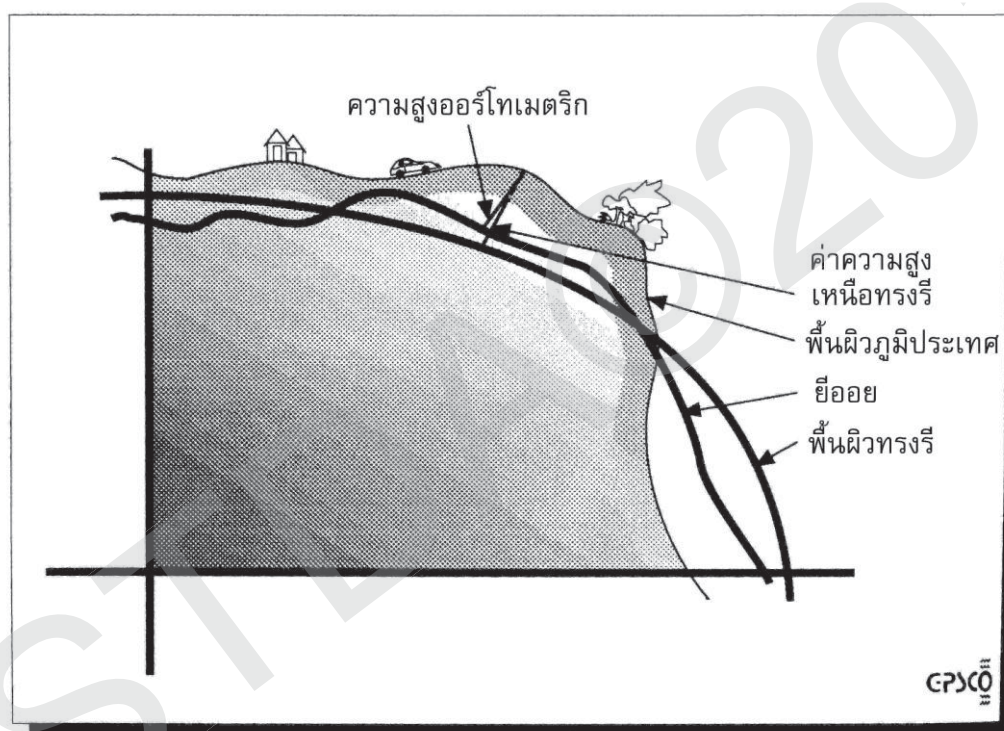
10.7 การหาค่าระดับด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส (GPS Leveling)

งานรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสได้ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบันโดยเฉพาะงานที่ต้องการค่าความถูกต้องทางตำแหน่งที่สูง เนื่องจากงานรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสมีข้อได้เปรียบงานรังวัดภาคพื้นดินอยู่หลายประการ เช่น สามารถทำงานได้ในทุกสภาพอากาศและตลอด 24 ชั่วโมง สะดวกรวดเร็ว ไม่มีข้อจำกัดในเรื่องการมองเห็นกันระหว่างสถานี เป็นต้น นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้ก็ยังเป็นค่าพิกัดในสามมิติ ค่าพิกัดทางตั้งที่ได้จึงถือเป็นผลพลอยได้จากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอส ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีผลงานวิจัยหลายเรื่องที่เกี่ยวข้องใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสในการหาค่าระดับ ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยเหล่านี้ได้ชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะนำเอาเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสมาใช้ในการหาค่าระดับเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางที่มีความถูกต้องระดับเซนติเมตรได้

10.7.1 หลักการหาค่าระดับจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอส

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ด้วยวิธีการแบบสถิติในงานรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสนั้นให้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งที่สูงมาก วิธีการดังกล่าวจึงเป็นที่นิยมแพร่หลายในงานที่ต้องการค่าความถูกต้องทางตำแหน่งที่สูง โดยทั่วไปค่าความถูกต้องของตำแหน่งทางราบที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสจะดีกว่าทางตั้งประมาณ 2-3 เท่า (Rizos, 1997) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้งานรังวัดดาวเทียมถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในงานสำรวจรังวัดเพื่อสร้างควบคุมทาง

ราบ การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ด้วยวิธีการแบบสถิติด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอส โดยทั่วไปสามารถให้ค่าความถูกต้องของตำแหน่งทางราบอยู่ที่ระดับ 1 part per million (ppm) และทางดิ่งอยู่ที่ระดับประมาณ 1-2 ppm (Ayhan, 1993) ถึงแม้จะดูเหมือนว่าการรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสจะสามารถให้ค่าความถูกต้องของพิกัดทางดิ่งสูง แต่ค่าพิกัดทางดิ่งที่ได้ก็ยังไม่ใช่ค่าพิกัดทางดิ่งที่ใช้กันในงานทางวิศวกรรมทั่ว ๆ ไป ทั้งนี้เนื่องจากค่าพิกัดทางดิ่งที่ได้จากจีพีเอสนั้นยังเป็นค่าพิกัดทางดิ่งที่อ้างอิงอยู่กับพื้นผิวทรงรีอ้างอิงหรือที่เรียกโดยย่อว่าความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height) ในขณะที่ค่าความสูงที่ใช้กันในงานทางวิศวกรรมนั้นอ้างอิงอยู่กับระดับน้ำทะเลปานกลางหรือพื้นผิวยออยด์ซึ่งเรียกโดยย่อว่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (height above mean sea level) หรือความสูงออร์โทเมตริก (orthometric height) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูงทั้งสองแบบแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเหนือทรงรีและความสูงออร์โทเมตริก
(เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2546)

จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าการที่จะแปลงค่าความสูงเหนือทรงรีมาเป็นค่าความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางหรือความสูงออร์โทเมตริกนั้นจำเป็นต้องทราบค่าต่างระหว่างพื้นผิวทรงรีและพื้นผิวยออยด์ (Geoid-ellipsoid separation) ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกโดยย่อว่า 'N' ความสัมพันธ์ระหว่าง N กับค่าความสูงเหนือทรงรีและความสูงออร์โทเมตริกสามารถแสดงได้ดังสมการ

$$h = H + N$$

โดยที่ h คือ ค่าความสูงเหนือพื้นผิวทรงรี, H คือ ค่าความสูงออร์โทเมตริก และ N คือ ค่าต่างระหว่างพื้นผิวทรงรีและพื้นผิวยออยด์

จากสมการข้างต้นจะพบว่าค่าความถูกต้องของค่าความสูงออร์โทเมตริกนั้นขึ้นอยู่กับค่าความถูกต้องของค่าความสูงเหนือทรรีที่ได้จากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสและค่าความถูกต้องของการหาค่า N จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้นว่ามีความเป็นไปได้ที่จะหาค่าความสูงเหนือทรรีที่ถูกต้องในระดับ 1-2 ppm จากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอส ดังนั้นค่าความถูกต้องของค่า N จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการหาจากระดับจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอส

10.7.2 แนวทางการหาจากระดับจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสในประเทศไทย

เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการนำเอาข้อมูลความถ่วงมาใช้ในการสร้างแบบจำลองย็อยด์ของท้องถิ่น (Local geoid model) ดังนั้นการหาจากระดับจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสในประเทศไทยจึงต้องอาศัยการใช้แบบจำลองย็อยด์ของพิภพ (Global geoid model) มาช่วย ปัจจุบันมีแบบจำลองย็อยด์ของพิภพที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ EGM1996 และ EGM2008 อย่างไรก็ตามแบบจำลองดังกล่าวให้ค่าความถูกต้องแบบสัมบูรณ์อยู่ในระดับเมตรและเดซิเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่ายังไม่เหมาะสมกับงานที่ต้องการความถูกต้องในระดับเซนติเมตร ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าความถูกต้องที่ดีขึ้นจำเป็นต้องประยุกต์ใช้แบบจำลองย็อยด์ของพิภพมาหาค่า N เชิงสัมพัทธ์ ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการหาจากระดับจากงานรังวัดดาวเทียมจีพีเอสโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองย็อยด์ของพิภพมาหาค่า N เชิงสัมพัทธ์ ได้เป็น 2 ลักษณะคือ วิธีการคำนวณแบบโครงข่าย และวิธีการคำนวณแบบเส้นฐาน แต่ลักษณะมีรายละเอียดดังนี้

วิธีการคำนวณแบบโครงข่าย

หลักการของวิธีการนี้จะทำการคำนวณเส้นฐานจีพีเอสแล้วนำมาประกอบกันเป็นโครงข่าย โดยที่จะต้องมีความถี่ในโครงข่ายจำนวนหนึ่งที่ทราบค่าความสูงออร์โทเมตริก ขั้นตอนการคำนวณสามารถสรุปได้ดังนี้

- คำนวณค่า N ของหมุดในโครงข่ายที่ทราบค่าความสูงออร์โทเมตริก ด้วยแบบจำลองย็อยด์ของพิภพ
- คำนวณค่าความสูงเหนือทรรีของหมุดในโครงข่ายที่ทราบค่าความสูงออร์โทเมตริก โดยนำค่า N ที่คำนวณได้มาบวกกับค่าความสูงออร์โทเมตริก
- ทำการปรับแก้โครงข่ายโดยกำหนดให้หมุดในโครงข่ายที่ทราบค่าความสูงออร์โทเมตริก (แต่ให้ใช้ค่าความสูงเหนือทรรีที่คำนวณได้เป็นค่าโยงยึด) เป็นจุดโยงยึดทางตั้ง (Fixed point only in height component) ซึ่งผลจากการปรับแก้โครงข่ายจะทำให้ค่าพิกัดทางตั้งของหมุดทุกหมุดในโครงข่ายมีค่าความสูงเหนือทรรี
- คำนวณค่า N ของหมุดทุกหมุดในโครงข่ายด้วยแบบจำลองย็อยด์ของพิภพแล้วนำค่า N ที่ได้มาหาค่าความสูงเหนือทรรีของทุกหมุดเป็นค่าความสูงออร์โทเมตริก

วิธีการคำนวณแบบเส้นฐาน

หลักการของวิธีการนี้จะทำการคำนวณเส้นฐานจีพีเอสทีละเส้น โดยที่จะต้องทราบค่าความสูงออร์โทเมตริกที่จุดปลายของเส้นฐาน 1 จุด ซึ่งวิธีการนี้เหมือนกับการทำระดับด้วยกล้องระดับ ขั้นตอนการคำนวณนั้นคล้ายคลึงกับวิธีการคำนวณแบบโครงข่ายมาก โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

- คำนวณค่า N ของจุดปลายของเส้นฐานที่ทราบค่าความสูงออร์โทเมตริก ด้วยแบบจำลองย็อยด์ของพิภพ

- คำนวณค่าความสูงเหนือทรีของจุดปลายของเส้นฐานที่ทราบค่าความสูงออร์โทเมตริก โดยนำค่า N ที่คำนวณได้มาบวกกับค่าความสูงออร์โทเมตริก
- ทำการคำนวณค่าความสูงเหนือทรีของจุดปลายเส้นฐานอีกจุดหนึ่งโดยนำค่าต่างพิกัดทางดิ่งที่คำนวณได้ (Δh) (ผลจากการประมวลผลเส้นฐานจะได้ค่าต่างพิกัดทั้งสามมิติ คือ $\Delta\phi$, $\Delta\lambda$ และ Δh) มาบวกกับค่าความสูงเหนือทรีของจุดที่ทราบค่า
- คำนวณค่า N ของจุดปลายเส้นฐานทั้งสองด้วยแบบจำลอง EGM96 แล้วนำค่า N ที่ได้มาหาค่าความสูงเหนือทรีของจุดปลายเส้นฐานทั้งสองเป็นค่าความสูงออร์โทเมตริก

11. การบำรุงรักษาข้อมูล (Data maintenance)

ข้อพิจารณา และแนวทางในการบำรุงรักษาชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่สามารถสรุปได้ดังนี้

- เพิ่มเติมข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่ที่ได้มีการสำรวจจัดทำขึ้นใหม่
- ลบข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่ที่ถูกรื้อถอนทำลายไป
- ปรับปรุงแก้ไขข้อมูลหมวดหลักฐานแผนที่ที่มีการย้ายตำแหน่ง หรือเปลี่ยนแปลงสภาพของหมุดที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงข้อมูลลักษณะประจำของหมุดนั้น
- ปรับปรุงค่าพิกัดเมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของระบบพิกัดอ้างอิง หรือในกรณีที่มีการปรับปรุงระบบหมวดหลักฐานแผนที่ระดับประเทศ

12. การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล (Portrayal)

หมวดหลักฐานแผนที่เป็นข้อมูลจุด การนำเสนอบนแผนที่ใช้สัญลักษณ์ ดังนี้

- | | |
|----------------------|---|
| - หมุดหลักฐานทางราบ | □ |
| - หมุดหลักฐานทางดิ่ง | ○ |
| - หมุดหลักฐานสามมิติ | △ |

13. รายการเอกสารอ้างอิง

Ayhan, M.E., 1993. Geoid determination in Turkey (TG-91), Bulletin Geodesique, 67, 10-22.

Federal Geodetic Control Committee (FGCC), 1989. Geometric Geodetic Accuracy Standards and Specifications for Using GPS Relative Positioning Techniques.

Inter-Governmental Committee on Surveying and Mapping (ICSM), 2007. **Standards and Practices for Control Surveys (SP1) Version 1.7** ICSM Publication No. 1

Rizos, C., 1997. **Principles and Practice of GPS Surveying**, Monograph 17, School of Geomatic Engineering, The University of New South Wales, 555pp.

ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ, 2537. **ยี่ห้อซี** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ, 2555. **ความสำคัญของการใช้ชุดพารามิเตอร์การแปลงพื้นฐานที่สอดคล้องกับชุดของค่าพิกัดอ้างอิง** บทความอยู่ในระหว่างการเสนอตีพิมพ์ วารสารวารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย

เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2546. **การสำรวจรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสเบื้องต้น (แปลและเรียบเรียง)**, พิมพ์ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ, 156 หน้า.

พุทธิพล ดำรงชัย และ ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ, 2554. “โครงการสร้างแบบจำลองยี่ห้อซีท้องถิ่นสำหรับประเทศไทย” รายงานความก้าวหน้าโครงการ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร

ภาคผนวก ก

ระบบพิกัดอ้างอิง (Reference coordinate system)

ระบบพิกัดอ้างอิงขึ้นอยู่กับพื้นผิวอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณงานรังวัด ซึ่งเรียกว่า พื้นหลักฐานทางยื่อเดซี นอกจากนี้รูปแบบของค่าพิกัดยังแตกต่างกันได้อีกสามรูปแบบ การเลือกใช้ระบบพิกัดอ้างอิงจึงขึ้นกับพื้นหลักฐานและรูปแบบของค่าพิกัด ดังต่อไปนี้

ก.1 พื้นหลักฐานทางยื่อเดซี

พื้นหลักฐานทางยื่อเดซี หรือ เรียกอีกชื่อหนึ่ง พื้นหลักฐานแผนที่ เกิดขึ้นจากการคำนวณหรือการกำหนดตำแหน่งที่ได้จากการทำงานรังวัดจำเป็นต้องมีพื้นผิวอ้างอิงสำหรับการคำนวณ และเพื่อให้ตำแหน่งที่คำนวณได้มีความถูกต้อง พื้นผิวอ้างอิงที่ใช้ ต้องเป็นสัณฐานของโลก สัณฐานที่แท้จริงของโลกเรียกว่า ยื่อเดซี (geoid) พื้นผิวของยื่อเดซีตะปุ่มตะป่ำจึงยากที่จะนำมาใช้อ้างอิง ในทางปฏิบัติจึงใช้รูปทรงรี (ellipsoid) ที่มีรูปทรงทางเรขาคณิตอย่างง่ายแต่มีพื้นผิวใกล้เคียงกับยื่อเดซีมาใช้แทน ในอดีตการรังวัดภาคพื้นดินแบบดั้งเดิมทำงานกันอยู่เฉพาะภายในประเทศหรือภูมิภาคหนึ่ง ๆ เท่านั้น ไม่ได้ยึดโยงต่อเนื่องกันจนครอบคลุมทั่วทั้งพื้นผิวโลก ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้รูปทรงรีที่มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันอย่างมากภายในภูมิภาคและประเทศต่าง ๆ ทั่วทั้งโลก รูปทรงรีเหล่านี้เป็นพื้นผิวอ้างอิงของการคำนวณที่เรียกว่าพื้นหลักฐานท้องถิ่น (local datum) และใช้งานได้ดีเฉพาะถิ่นที่นำข้อมูลการรังวัดมาสร้างรูปทรงรีนั้น ๆ เท่านั้น ต่อมาเมื่อเริ่มยุคอวกาศในทศวรรษ 1960 ดาวเทียมที่ส่งขึ้นไปโคจรรอบโลกได้ถูกนำมาใช้ในการกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก ค่าพิกัดตำแหน่งคำนวณมาจากวงโคจรของดาวเทียมทำให้มีค่าอยู่ในระบบพิกัดเดียวกันทั่วทั้งโลก รูปทรงรีที่ใช้ในการคำนวณวงโคจรของดาวเทียมจึงถูกเรียกว่าเป็นพื้นหลักฐานดาวเทียมซึ่งเป็นพื้นหลักฐานสากล (global datum) เพราะพื้นผิวของรูปทรงรีชนิดนี้จะซ้อนทับได้ใกล้เคียงกับพื้นผิวของยื่อเดซีได้ทั่วทั้งพื้นผิวโลก

พื้นหลักฐานทางยื่อเดซี (Geodetic Datum) หรือพื้นหลักฐานแผนที่ ที่ใช้อ้างอิงสำหรับประเทศไทย มี 2 พื้นหลักฐาน คือ WGS 84 และ พื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 (Indian 1975)

WGS 84 เป็นพื้นหลักฐานสากลที่จัดทำขึ้นโดย Defense Mapping Agency (DMA) หรือปัจจุบันคือ National Imagery and Mapping Agency (NIMA) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้เป็นพื้นหลักฐานของดาวเทียมระบบ GPS ใช้รูปทรงรีที่มีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

Ellipsoid : "WGS 84"
Semi-major axis (a) = 6378137.0 m.
Flattening (f) = 1/298.257223563
EPSG : 4326

พื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 (Indian 1975) เป็นพื้นหลักฐานท้องถิ่นของประเทศไทย ที่จัดทำโดยการทำงานรังวัดภาคพื้นดินด้วยวิธีสามเหลี่ยมและงานวงรอบ

SPHEROID : "Everest 1830 (1937 Adjustment)"
Semi-major axis (a) = 6377276.345 m.
Flattening (f) = 1/300.8017
EPSG : 4240

เมื่อมีความจำเป็นต้องแปลงค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐาน จะใช้รูปจำลองการแปลงที่ชื่อว่า Bursa-Wolf ประกอบด้วยพารามิเตอร์การแปลง 7 ตัว เป็นค่าเลื่อนหรือระยะทางระหว่างจุดศูนย์กลางของรูปทรงรีในแนวแกน x, y และ z รวม 3 ตัว ค่ามุมหมุนรอบแกน x, y และ z ที่ทำให้แกนพิกัดไม่ขนานกันรวมอีก 3 ตัว และมีค่าต่างมาตราส่วนระหว่างพื้นหลักฐานอีก 1 ตัว สำหรับพารามิเตอร์การแปลงจากพื้นหลักฐาน WGS 84 ไปเป็นพื้นหลักฐาน Indian 1975 มีเฉพาะค่าเลื่อน 3 ตัวคือ

$$\begin{aligned}\Delta x &= -204.5 \text{ เมตร} \\ \Delta y &= -837.9 \text{ เมตร} \\ \Delta z &= -294.8 \text{ เมตร}\end{aligned}\quad (ก.1)$$

ในกรณีที่ต้องการแปลงจากพื้นหลักฐาน Indian 1975 ไปเป็นพื้นหลักฐาน WGS 84 ให้เปลี่ยนเครื่องหมายของพารามิเตอร์การแปลงเป็นเครื่องหมายตรงกันข้าม

ก.2 ระบบพิกัดฉากและระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซี

การบอกตำแหน่งสัมบูรณ์ (absolute positioning) เป็นการบอกค่าพิกัดตำแหน่งในระบบพิกัดที่มีจุดกำเนิดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของโลก ได้แก่ ระบบพิกัดฉากยึดติดโลก (earth-fixed coordinate system) และระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซีหรือระบบพิกัดรูปทรงรี

ระบบพิกัดฉากยึดติดโลก (earth fixed coordinate system) เป็นกรอบของแกนพิกัดฉาก ที่ผูกติดอยู่กับพื้นผิวโลก แกนพิกัดของระบบยึดติดโลกจึงหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับอัตราการหมุนรอบตัวเองของโลก ระบบพิกัดฉากยึดติดโลก (x,y,z) ที่ใช้เป็นกรอบอ้างอิงร่วมกันเป็นสากลมีนิยามดังนี้ คือ จุดกำเนิดของระบบอยู่ที่จุดมวลสารของโลก แกน z อยู่ในแนวแกนหมุนเฉลี่ยโลก โดยผ่านจุด CIO (Conventional International Origin) ระนาบศูนย์สูตร xy ตั้งฉากกับแกน z โดยมีแกน x อยู่ในแนวเมริเดียนกรีนิช ส่วนแกน y ตั้งฉากกับแกน x และแกน z ทำให้เกิดเป็นระบบพิกัดมือขวา

ระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซีเลือกรูปทรงรีที่ใช้แทนสัณฐานของโลกเพื่อเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการคำนวณ มุมที่เส้นตั้งฉากกับพื้นผิวรูปทรงรีที่จุดใด ๆ P กระทำกับระนาบศูนย์สูตรคือค่าละติจูด ϕ ของจุด P มุมระหว่างระนาบเมริเดียนที่ผ่าน P กับระนาบเมริเดียนกรีนิช คือค่าลองจิจูด λ ของจุด P ส่วนระยะตามแนวเส้นตั้งฉากจากจุด P จนถึงพื้นผิวรูปทรงรี คือ ความสูงเหนือรูปทรงรี h ค่าพิกัดรูปทรงรี (ϕ, λ, h) ใช้บอกตำแหน่งสัมบูรณ์ของ จุด P ด้วยเช่นเดียวกัน ระบบพิกัดฉากยึดติดโลก และระบบพิกัดรูปทรงรีแสดงไว้ในรูป ก.1

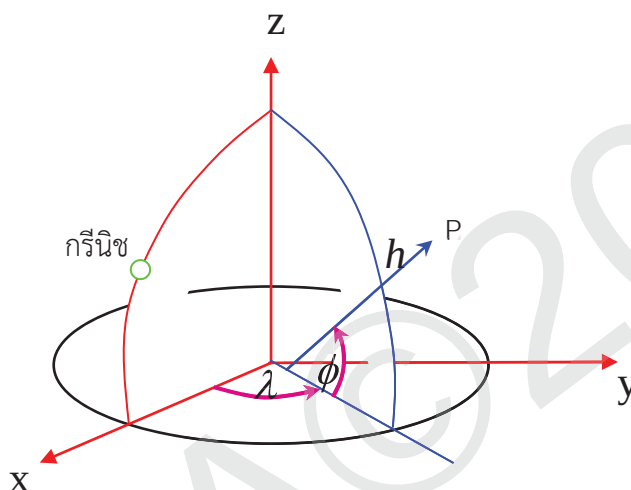
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพิกัดฉาก (x, y, z) และค่าพิกัดทางยี่ห้อเดซี (ϕ, λ, h) คือ

$$\begin{aligned}x &= (N_\phi + h) \cos \phi \cos \lambda \\ y &= (N_\phi + h) \cos \phi \sin \lambda \\ z &= (N_\phi (1 - e^2) + h) \sin \phi\end{aligned}\quad (ก.2)$$

ในสมการข้างบนนี้ N_ϕ คือรัศมีความโค้งของรูปทรงรีในแนวตั้งหลัก ซึ่งคำนวณได้จาก

$$N_\phi = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 \phi}} \quad (\text{ก.3})$$

โดยมี a เป็นค่าครึ่งแกนยาว และ e เป็นค่าเยื้องศูนย์ ของรูปทรงรีอ้างอิง จากความสัมพันธ์ข้างต้นนี้ ถ้ารู้ค่าพิกัดในรูปใดรูปหนึ่งก็จะหาค่าพิกัดของจุดเดียวกันในอีกรูปหนึ่งได้ ดูรายละเอียดใน ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ (พศ. 2537)



รูป ก.1 ระบบพิกัดฉากยึดติดโลก (X, Y, Z) และระบบพิกัดรูปทรงรี (ϕ , λ , h)

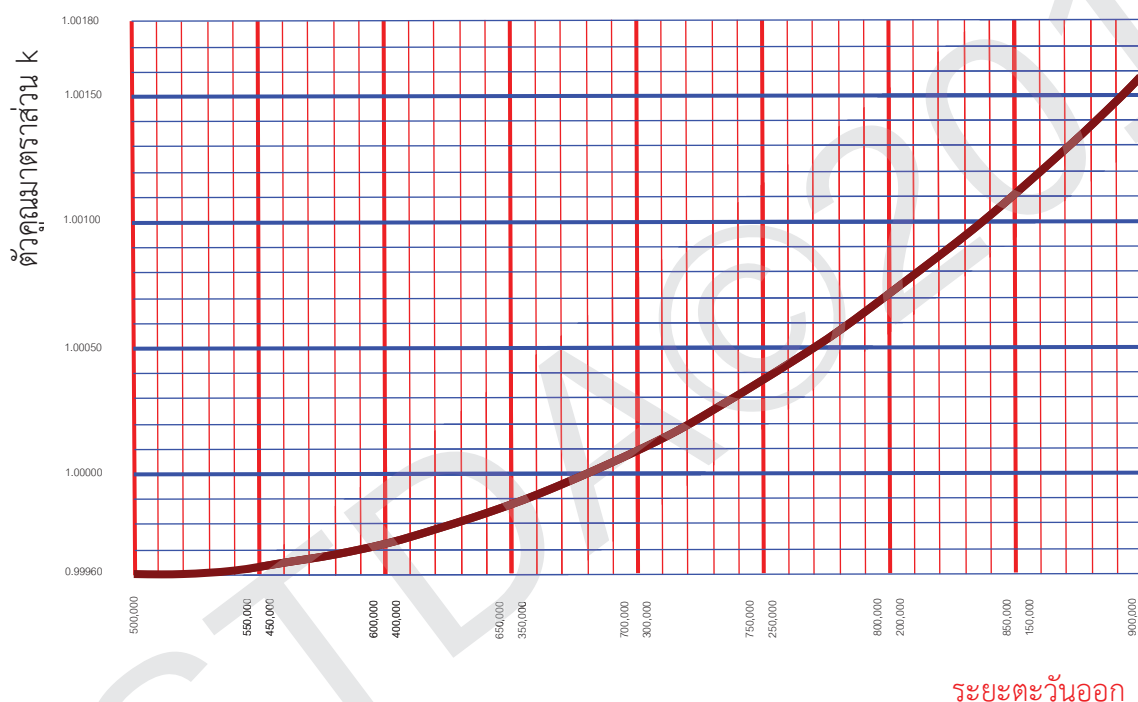
ก.3 ระบบพิกัด UTM

UTM เป็นตัวย่อของ Universal Transverse Mercator เป็นวิธีการฉายแผนที่แบบหนึ่งที่ใช้รูปทรงกระบอกวางในแนวขวางเป็นพื้นผิวรองรับการฉาย ถ้าใช้สัณฐานของโลกเป็นรูปทรงกลมและเลือกใช้รูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของโลก ในการฉายแบบเมอร์เคเตอร์แนวขวาง (Transverse Mercator) นี้ รูปทรงกระบอกจะสัมผัสกับลูกโลกตามแนวของเส้นเมริเดียน เรียกแนวที่สัมผัสนี้ว่า แนวเมริเดียนกลาง มาตราส่วนของแผนที่ตามแนวเมริเดียนกลางจะถูกต้อง บริเวณที่อยู่ห่างจากแนวเมริเดียนกลางจะขยายใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ จึงเห็นได้ว่าการฉายแบบนี้เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นแถบลองจิจูดแคบๆ ดังเช่น ประเทศไทย

เพื่อให้การฉายแบบเมอร์เคเตอร์แนวขวางมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นสากลหรือใช้ได้กับทุก ๆ ส่วนของโลก โดยมีการบิดเบี้ยวเกิดขึ้นในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงได้กำหนดให้การฉาย UTM ใช้กับพื้นที่ที่ขนาดกว้างของแถบลองจิจูดเท่ากับ 6° เท่านั้น จากนั้น จึงทำการหมุนทรงกระบอกไป 6° เพื่อสร้างแถบของแผนที่อันใหม่ แต่ละแถบมีหมายเลขกำกับ เริ่มจากแถบที่ 1 ที่อยู่ระหว่างแนวเมริเดียน 180° กับแนวเมริเดียน 174° ตะวันตก โดยมีแนวเมริเดียน 177° ตะวันตกเป็นแนวเมริเดียนกลาง แล้วนับเรียงทีละ 6° มาทางตะวันออกจนถึงแถบที่ 60 ซึ่งอยู่ระหว่าง แนวเมริเดียน 174° ตะวันออกและแนวเมริเดียน 180° ประเทศไทยนั้นมี

ความกว้างในแนวตะวันออกตะวันตกราว 7.5° จึงมีพื้นที่คาบเกี่ยวอยู่ในแถบที่ 47 และ 48 ซึ่งมีแนวเมริเดียนกลางอยู่ที่ 99° และ 105° ตะวันออก

ขนาดของทรงกระบอกที่ใช้ในการฉายแบบ UTM เล็กกว่าขนาดของลูกโลกอยู่เล็กน้อยพื้นผิวทรงกระบอกจึงตัดกับลูกโลกเป็น 2 แนว แนวทั้งสองนี้จะมีมาตราส่วนแผนที่ที่ถูกต้อง แนวเมริเดียนกลางจะอยู่ตรงกึ่งกลางระหว่างแนวเมริเดียนทั้งสอง และมีมาตราส่วนของแผนที่ที่เล็กกว่าแนวมาตราส่วนที่ถูกต้องอยู่เท่ากับ 1:2,500 นั่นคือ ระยะทางที่วัดได้บนแผนที่จะสั้นกว่าระยะบนลูกโลก เมื่อห่างออกจากแนวเมริเดียนกลางไปทั้งสองข้าง มาตราส่วนแผนที่จะใหญ่ขึ้น จนกระทั่งเลยแนวตัดที่มีมาตราส่วนถูกต้องออกไป ระยะทางที่วัดได้บนแผนที่จะยาวกว่าระยะบนลูกโลก อัตราส่วนของระยะทางบนแผนที่กับระยะทางที่ถูกต้องเรียกว่า *ตัวคูณมาตราส่วน (scale factor)* รูป ก.2 แสดงค่าตัวคูณมาตราส่วนในเทอมของระยะทางจากแนวเมริเดียนกลาง ระยะทางจากแนวเมริเดียนแสดงไว้ด้วยระยะตะวันออก (*easting*) ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป



รูป ก.2 ตัวคูณมาตราส่วนของแผนที่ UTM

พิกัดตำแหน่งของมหุดหลักฐานที่อยู่ในระบบพิกัดรูปทรงรี เมื่อต้องการนำมาใช้อ้างอิงบนแผนที่และใช้ประโยชน์ในการรังวัดบนพื้นระนาบ จะทอนค่าพิกัดรูปทรงรีเป็นพิกัดฉาก UTM ค่าพิกัดฉากของระบบ UTM มีจุดกำเนิดอยู่ที่จุดตัดของแนวเมริเดียนกลางและเส้นศูนย์สูตร จุดกำเนิดนี้มีค่าพิกัดสมมติเป็น (0 ม. N, 500,000 ม. E) สำหรับซีกโลกเหนือ และเป็น (10,000,000 ม. N, 500,000 ม. E) สำหรับซีกโลกใต้ การที่จุดกำเนิดมีค่าพิกัดสมมุติดังกล่าวจะทำให้ทุก ๆ จุดบนแผนที่ UTM ที่สร้างขึ้นไม่มีค่าเป็นลบ สำหรับการใช้อยู่บนแผนที่ที่มีระบบการฉายแผนที่ จะต้องมีการแปลงค่าปริมาณที่วัดได้จากแผนที่เป็นปริมาณจริงบนพื้นผิวโลก เราจึงจำเป็นต้องรู้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

ก. ระยะทางที่วัดได้เป็นระยะที่วัดไปตามพื้นผิวภูมิประเทศที่มีความลาดเอียง จะต้องทอนให้เป็นระยะราบที่ความสูงเฉลี่ยของเส้นรังวัด แล้วทอนต่อไปเป็นระยะทางบนผิวรูปทรงรี แล้วใช้ตัวคูณมาตราส่วนทอนต่อไปเป็นระยะทางบนแผนที่

ข. อะซิมุทที่รังวัดได้จากการรังวัดเป็นอะซิมุททางยื่อเดซีซึ่งเป็นทิศทางอ้างอิงกับรูปทรงรีสำหรับอะซิมุทจากแผนที่เป็นค่าที่วัดจากแนวเมริเดียนที่ขนานกับแนวเมริเดียนกลางของโซนนั้น ๆ หรือเรียกว่า อะซิมุทกริดซึ่งต่างจากอะซิมุททางยื่อเดซีด้วยขนาดมุมของการลู่เข้าของแนวเมริเดียนที่จุดนั้น

$$\text{อะซิมุทกริด} = \text{อะซิมุททางยื่อเดซี} - C \quad (\text{ก.4})$$

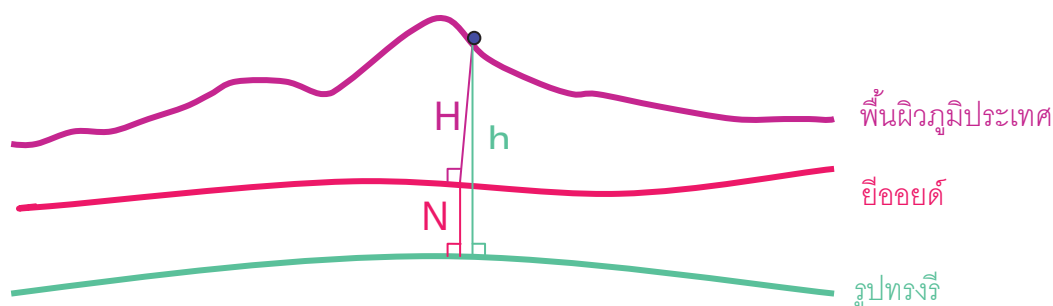
ค่ามุมของการลู่เข้า C มีเครื่องหมายเป็นบวก สำหรับจุดที่อยู่ทางตะวันออกของแนวเมริเดียนกลาง และมีเครื่องหมายเป็นลบเมื่ออยู่ทางตะวันตก

ก.4 ความสูง

ความสูงหรือค่าระดับที่ใช้อยู่โดยทั่วไปในงานรังวัดคือ ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level, MSL) ถือได้ว่าเป็นตัวแทนของความสูงเหนือยื่อเดซี H หรือความสูงออร์โธเมตริก (orthometric height) โดยเหตุที่ค่าพิกัดตำแหน่งทางราบใช้รูปทรงรีเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการคำนวณ ดังนั้น ถ้าจะบอกพิกัดตำแหน่งสามมิติของจุดจุดหนึ่ง ค่าพิกัดตำแหน่งทางราบและความสูงของจุดนั้นก็จะต้องอ้างอิงอยู่กับพื้นผิวอันเดียวกัน ในกรณีของการใช้ค่าละติจูดและลองจิจูดทางยื่อเดซี (ϕ, λ) ซึ่งอ้างอิงอยู่กับรูปทรงรี ความสูงที่ใช้ต้องเป็นความสูงเหนือรูปทรงรี (ellipsoidal height) h โดยนิยามที่ถูกต้องความสูงเหนือรูปทรงรีเป็นระยะที่วัดตามแนวเส้นตั้งฉากกับรูปทรงรี ส่วนความสูงเหนือยื่อเดซีเป็นระยะที่วัดตามแนวสายดิ่งหรือเส้นตั้งฉากกับพื้นผิวของยื่อเดซี ดูรูป ก.3 แม้ว่าแนวที่วัดความสูงจะเป็นคนละแนวกันที่แตกต่างกันด้วยค่าเบี่ยงเบนของสายดิ่ง แต่ค่าต่างของแนวทั้งสองนี้มีขนาดเล็กมาก (น้อยกว่า 12 มิลลิเมตร) ซึ่งไม่มีผลต่อค่าความสูงไม่ว่าจะใช้แนวไหนเป็นหลัก ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า

$$h = H + N \quad (\text{ก.5})$$

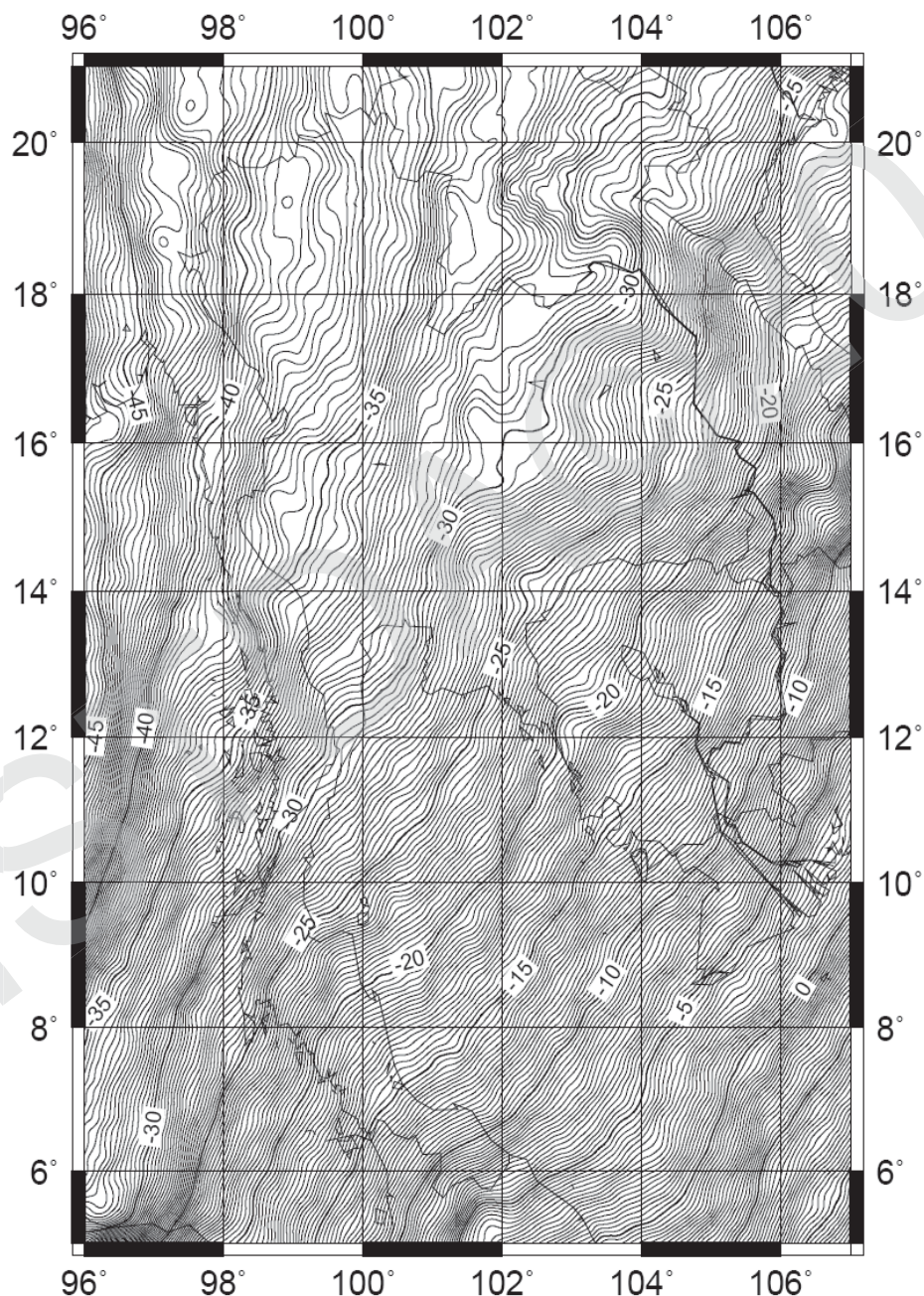
ค่า N ในสมการข้างบนเรียกว่า ความสูงยื่อเดซี (geoidal height) ขอให้สังเกตความแตกต่างของคำว่า "ความสูงยื่อเดซี" N และ "ความสูงเหนือยื่อเดซี" H ความจริงแล้วความสูงเหนือยื่อเดซี H มีชื่อที่เรียกได้อีกอย่างหนึ่งคือ ความสูงออร์โธเมตริก (orthometric height) ส่วนความสูงยื่อเดซี N นั้น ในภาษาอังกฤษก็มีชื่อเรียกอย่างอื่นได้แก่ geoid undulation และ geoid anomaly เป็นต้น ความสูงยื่อเดซีนี้มีค่าเป็นได้ทั้งบวกและลบ ถ้ามีค่าเป็นบวกหมายความว่า พื้นผิวยื่อเดซีอยู่สูงกว่าพื้นผิวรูปทรงรี ถ้ามีค่าเป็นลบหมายความว่าพื้นผิวยื่อเดซีอยู่ต่ำกว่า



รูปที่ ก.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงเหนือย้อยด์และความสูงเหนือรูปทรงรี

รูปที่ ก.4 แสดงค่าความสูงย้อยด์ที่ครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย ค่าความสูงย้อยด์นี้คำนวณมาจากอนุกรมฮาร์มอนิกของสนามความถ่วงโลกโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของรูปจำลองย้อยด์ EGM2008 จนถึง ดีกรี 2160 รูปทรงรีที่ใช้อ้างอิงในการคำนวณเป็นรูปทรงรีของพื้นหลักฐานพิภพที่มีค่าพารามิเตอร์ :

$$a = 6,378,137 \text{ เมตร และค่า } e^2 = 0.006\,694\,380\,02290$$



รูปที่ ก.4 ความสูงของย้อยด์คำนวณจาก EGM2008 โดยใช้ spherical harmonic coefficients ถึง degree และ order 2160 โดยมีช่วงของเส้นชั้นความสูง 0.5 ม. (จาก พุทธิพล ดำรงชัย และ ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ, 2554)

มาตรฐาน
ข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS)
ชั้นข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ

สารบัญ

	หน้า
1. บทนำ.....	11-1
2. ภาพรวม (Overview) ของมาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ.....	11-1
2.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับข้อกำหนดชั้นข้อมูล FGDS นี้.....	11-1
2.2 คำนิยามศัพท์.....	11-2
2.4 บทคัดย่อของเอกสารข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ.....	11-2
3. ขอบเขตของข้อกำหนด (Specification scopes).....	11-3
4. ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product identification).....	11-3
5. เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล (Data content and structure).....	11-4
5.1 ความหมายในภาพรวม.....	11-4
5.2 เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ.....	11-4
5.3 Feature Catalogue ของรายการข้อมูลในชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ.....	11-7
6. ระบบพิกัดอ้างอิง (Coordinate Reference System).....	11-10
6.1 พื้นหลักฐานทางยิปโซเดซี (Geodetic datum).....	11-10
6.2 รูปแบบระบบพิกัด.....	11-11
6.3 ความสูง.....	11-12
7. ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล (Data quality).....	11-12
7.1 ข้อกำหนดความถูกต้องเชิงตำแหน่ง.....	11-12
7.2 ข้อกำหนดความครบถ้วนของข้อมูล.....	11-13
7.2.1 ข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ผลิตจากการกราดแผนที่กระดาษ.....	11-13
7.2.2 ข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ได้จากกระบวนการประกอบบรรณภาพแผนที่เชิงเลข.....	11-13
7.3 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลลักษณะประจำ (Attribute Data).....	11-13
7.4 ข้อกำหนดความสอดคล้องทางตรรกะของข้อมูล.....	11-14
7.5 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลเชิงเวลา.....	11-14
8. การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product delivery).....	11-14
8.1 รูปแบบของข้อมูล (File Formats).....	11-14
8.2 หน่วยของการส่งมอบ (units of delivery).....	11-14
9. ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata).....	11-14
10. การสำรจนำเข้าข้อมูล (Data capture).....	11-17
10.1 การนำเข้าข้อมูลที่ได้จากแผนที่กระดาษ (Scanned map).....	11-17
10.2 การนำเข้าข้อมูลจากกระบวนการผลิตแผนที่ (Cartographic process).....	11-18
11. การบำรุงรักษาข้อมูล (Data Maintenance).....	11-19
12. การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล (Portrayal).....	11-19
13. ข้อกำหนดเพิ่มเติมอื่น ๆ (Additional specifications).....	11-19
ภาคผนวก ก ข้อกำหนด TIFF / GeoTIFF.....	11-20

1. บทนำ

มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศฉบับนี้ เป็นหนึ่งในชุดมาตรฐานข้อกำหนดชุดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย ซึ่งได้ถูกจัดทำขึ้นภายใต้โครงการศึกษาเพื่อจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานด้านโครงสร้าง เนื้อหา ลักษณะเฉพาะ คุณภาพ ของชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยมีศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นที่ปรึกษาดำเนินงาน

ข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศนี้ ได้ถูกกำหนดให้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในชุดข้อมูล FGDS ของประเทศไทย ในชื่อเดิมว่าชั้นข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งในครั้งนั้นต้องการให้หมายถึงข้อมูลภาพของแผนที่ภูมิประเทศที่กรมแผนที่ทหารได้จัดพิมพ์เผยแพร่ และเป็นข้อมูลแผนที่ฐานที่สำคัญของประเทศไทย ดังนั้นเพื่อให้ชื่อของชั้นข้อมูลสื่อความหมายที่ถูกต้องได้อย่างชัดเจน คณะที่ปรึกษาจึงขอเปลี่ยนชื่อเรียกของชั้นข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศดังกล่าวเป็น “ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ” ตลอดทั้งร่างมาตรฐานฉบับนี้

โครงสร้างเนื้อหาของมาตรฐานฉบับนี้ ประกอบด้วยข้อกำหนดลักษณะเฉพาะ (Characteristics) ด้านต่างๆ ของข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ โดยมีหัวข้อของเนื้อหาข้อกำหนดเป็นไปตามกรอบหลักการของเอกสารข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศที่กำหนดไว้ในมาตรฐานระหว่างประเทศ ISO19131 Geographic information – Data product specifications โดยได้มีการศึกษามาตรฐานภาพแผนที่ภูมิประเทศในต่างประเทศ และวิธีการผลิตที่ได้ดำเนินการในประเทศไทยมาเป็นกรอบแนวในการพัฒนามาตรฐาน ภายหลังจากการศึกษพบว่า การดำเนินการผลิตชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผนที่เชิงจุดภาพ (Raster Map) มาตรฐาน 1: 50,000 และ 1: 250,000 ของกรมแผนที่ทหาร มีความใกล้เคียงกับมาตรฐานการผลิตข้อมูลแผนที่จุดภาพของ U.S. Geological Survey (USGS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดไว้ในมาตรฐาน Standards for Digital Raster Graphics (DRG) ดังนั้นจึงถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานของข้อกำหนดในมาตรฐานฉบับนี้ แต่มีการปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลและการปฏิบัติงานของหน่วยงานในประเทศไทย รวมทั้งได้นำมาตรฐาน DGIWG – 108 (GeoTIFF Profile for Georeferenced Imagery) ของคณะทำงาน Defence Geospatial Information Working Group (DGIWG) มาพิจารณาประกอบด้วย

2. ภาพรวม (Overview) ของมาตรฐานข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

2.1 ข้อสนเทศเกี่ยวกับข้อกำหนดชั้นข้อมูล FGDS นี้

ชื่อข้อกำหนด : ข้อกำหนดของมาตรฐานข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

วันที่จัดทำและเผยแพร่ข้อกำหนดนี้ : วันที่รายงานฉบับสมบูรณ์และร่างมาตรฐานได้รับการตรวจรับจาก สทอภ.
/ วันที่มีการนำไปประกาศใช้เป็นมาตรฐานฯ

ผู้รับผิดชอบในการจัดทำข้อกำหนดฉบับนี้ : คณะที่ปรึกษาฯ คณะทำงานกลุ่มย่อยประสานงานการจัดทำมาตรฐานฯ กลุ่มพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานภูมิสารสนเทศแห่งชาติ สทอภ.

หัวข้อของชั้นข้อมูลภูมิศาสตร์ในมาตรฐานนี้ : ImageryBaseMapsEarthCover

2.2 คำนิยามศัพท์

ได้มีการกำหนดนิยามศัพท์ และความหมายของคำย่อที่สำคัญ สำหรับมาตรฐาน FGDS ชั้นข้อมูล(ภาพ) แผนที่ภูมิประเทศ ไว้ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 คำนิยามศัพท์ข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

คำศัพท์	นิยามศัพท์
ภาพแผนที่ภูมิประเทศ	ข้อมูลภาพ (Image) ของแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วนหลักของประเทศไทย ที่มีแหล่งข้อมูลนำเข้าที่ได้มาตรฐานและครบถ้วนในรายละเอียดของแผนที่ภูมิประเทศ
Tag	หมายเลขที่ไม่ซ้ำกัน (unique numbers) ที่ใช้ในการกำหนดข้อมูลเฉพาะในไฟล์ TIFF เช่น ความกว้าง ความยาวของภาพ bits per sample, photo interpretation และ resolution เป็นต้น

ตารางที่ 2 ความหมายของอักษรย่อในข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

อักษรย่อ	อักษรเต็ม
DGIWG	Defence Geospatial Information Working Group
dpi	dot per inch
GCS	Geographic Coordinate System
GeoTIFF	Geographic Tagged Image File Format
IFD	Image File Directory
ISO	International Organization for Standardization
JPEG	Joint Photographic Expert Group
LZW	Lempel-Ziv-Welch compression algorithm
TIFF	Tagged Image File Format
UTC	Coordinated Universal Time
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS84	World Geodetic System 1984

2.4 บทคัดย่อของเอกสารข้อกำหนดชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

เอกสารข้อกำหนดนี้เป็นมาตรฐานสำหรับการผลิตข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ เพื่อใช้เป็นข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานของประเทศไทย โดยข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศในที่นี้ จะหมายถึง ภาพราสเตอร์ของแผนที่ภูมิประเทศที่มีความละเอียดถูกต้องและรูปแบบการนำเสนอสัญลักษณ์แผนที่ที่ได้ตามมาตรฐานแผนที่ภูมิประเทศในแต่ละมาตราส่วนหลัก และจะต้องเป็นข้อมูลภาพที่ผ่านการอ้างอิงกับระบบพิกัดโลกเรียบร้อยแล้ว โดยอาจได้จากการนำเข้าโดยการกราดภาพแผนที่ภูมิประเทศที่จัดพิมพ์ไว้แล้ว หรือจากการจัดสร้างขึ้นจากข้อมูลภูมิสารสนเทศดิจิทัลในฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มาตรฐานนี้จะประกอบด้วยนิยามและข้อกำหนดรายการเนื้อหาของข้อมูล ข้อกำหนดคุณภาพของข้อมูล รูปแบบการส่งมอบ การจัดทำ metadata รวมไปถึงแนวทางวิธีการจัดสร้างข้อมูล การประมวลผล และการควบคุมคุณภาพในการจัดสร้างข้อมูล FGDS ภาพแผนที่ภูมิ

ประเทศ โดยวัตถุประสงค์ และการใช้ประโยชน์จากข้อมูลชุดนี้มีไว้เพื่อใช้แสดงเป็นฉากหลังเพื่อเป็นข้อมูลแผนที่ฐานประกอบการแสดงข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่น รวมถึงการนำเข้า แกะไขข้อมูล และตรวจสอบคุณภาพข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่น ๆ โดยหลักการที่สำคัญคือการที่ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศจะพยายามรักษาคุณภาพเชิงตำแหน่ง และคุณภาพทางด้านความชัดเจนของภาพในแผ่นต้นฉบับไว้ ซึ่งต้นฉบับได้แก่ แผนที่กระดาษ แผ่นซ้อน (overlays) หรือวัสดุทำแผนที่ใด ๆ และข้อมูลภาพจะต้องครอบคลุมเนื้อที่ทั้งหมดของแผนที่แต่ละระวาง และคุณภาพในการกราดภาพเพื่อนำเข้าข้อมูลได้กำหนดไว้ที่ 100 Micron (254 dpi) สำหรับแผนที่มาตราส่วนกลาง และมาตราส่วนเล็ก และกำหนดค่าคุณภาพในการกราดภาพไว้ที่ 50 Micron (508 dpi) สำหรับแผนที่มาตราส่วนใหญ่ โดยใช้สี 256 สี (8 bit) ข้อมูลภาพต้องอยู่ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (geographic coordinate) หรือระบบพิกัด UTM บนพื้นหลักฐานตามข้อมูลในแผนที่ต้นฉบับ การจัดเก็บและส่งมอบข้อมูลภาพแผนที่ฯ กำหนดให้ใช้รูปแบบไฟล์ GeoTIFF โดยมีข้อมูลคำอธิบายข้อมูล (metadata) มากับผลิตภัณฑ์ข้อมูลภาพแผนที่ฯ ด้วยการบำรุงรักษาข้อมูลภาพแผนที่ฯ ตามมาตรฐานนี้เสนอให้มีการปรับปรุงเมื่อมีการแก้ไขแผนที่กระดาษในครั้งที่มีการพิมพ์ใหม่ ซึ่งโดยปกติวงจรการปรับปรุงข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศจะดำเนินการปรับปรุงทุก ๆ 5 ปี

3. ขอบเขตของข้อกำหนด (Specification scopes)

มาตรฐานข้อกำหนดลักษณะเฉพาะของข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศฉบับนี้ จะอธิบายลักษณะเฉพาะที่สำคัญของชั้นข้อมูล FGDS ของประเทศ โดยเฉพาะรายละเอียดรายการและนิยามที่ชัดเจนของข้อมูลภูมิศาสตร์ และเกณฑ์คุณภาพของข้อมูล ในขณะที่ข้อกำหนดวิธีการในการสำรวจจัดทำข้อมูลนั้น จะมีระบุหรืออธิบายไว้ในลักษณะของแนวทางหรือข้อเสนอแนะสำหรับวิธีการหลัก ๆ เท่านั้น

เนื้อหาของมาตรฐานนี้จะอธิบายข้อกำหนดสำหรับข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศเชิงจุดภาพ (raster map) ที่ผลิตโดยการกราดข้อมูล (scan) และที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการทำแผนที่เชิงเลข (cartographic process) โดยจะประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับข้อมูล เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล ระบบอ้างอิง ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล การสำรวจนำเข้าข้อมูล การบำรุงรักษาข้อมูล และการนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล

4. ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product identification)

ส่วนนี้เป็นข้อสนเทศพื้นฐานที่ระบุจำแนกข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศซึ่งประกอบด้วยรายการลักษณะเฉพาะพื้นฐานของชั้นข้อมูลดังตารางที่ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

ชื่อ (Title)	ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ
บทคัดย่อ (Abstract)	ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศเป็นข้อมูลประเภทราสเตอร์ที่ได้จากการกราดข้อมูลหรือกระบวนการทำแผนที่ โดยข้อมูลต้องผ่านการอ้างอิงพิกัดโลกแล้ว รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลใช้ตามมาตรฐาน TIFF 6.0 หรือ GeoTIFF ซึ่งจะมีเนื้อหารายการข้อมูลที่ประกอบด้วยเนื้อข้อมูลภาพ และข้อมูลประกอบที่มีใช้ข้อมูลภาพ (non-image data) ซึ่งเป็นคำอธิบายข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการใช้งานตัวเนื้อข้อมูลภาพ โดยจะใช้ Tag (TIFF

ตารางที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับชุดข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

ชื่อ (Title)	ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ
	tag) ในเนื้อไฟล์ GeoTIFF ในการจัดเก็บตำแหน่งการอ้างอิงพิกัดของข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ
ชื่ออื่น (alternate title)	ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศเชิงจุดภาพ
วัตถุประสงค์ (purpose)	ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นภาพสำหรับแสดงเป็นฉากหลังใช้อ้างอิงในการนำเข้า แก้ไขข้อมูล และตรวจสอบคุณภาพข้อมูลภูมิสารสนเทศอื่น ๆ มาตรฐานฉบับนี้จะประกอบด้วยวิธีการเก็บข้อมูล การประมวลผล และการควบคุมคุณภาพ
ชนิดของการนำเสนอเชิงปริภูมิ (Spatial Representation Type)	Raster
ความละเอียดเชิงปริภูมิ (Spatial Resolution)	มาตราส่วน 1:4,000-1:10,000 ความละเอียด 100 Micron (505 dpi) มาตราส่วน 1: 25,000 - 1: 250,000 ความละเอียด 50 Micron (254 dpi)

5. เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูล (Data content and structure)

5.1 ความหมายในภาพรวม

ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ หมายถึง ข้อมูลภาพ (image) ของแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วนหลักของประเทศไทยซึ่งอาจได้จากการกราด (scan) จากต้นฉบับแผนที่ภูมิประเทศกระดาษที่ได้มีการจัดพิมพ์ไว้ หรืออาจได้จากการจัดสร้างขึ้นด้วยซอฟต์แวร์จัดทำแผนที่ต่าง ๆ โดยข้อมูลภาพจะประกอบด้วยเซตของจุดภาพ (pixel) ที่บันทึกค่าความสว่างของแม่สีที่เป็นส่วนประกอบของสีของแต่ละจุดภาพ โดยมาพร้อมกับข้อมูลอธิบายข้อมูล (metadata) ที่ใช้ในการอธิบายค่าของข้อมูล

5.2 เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

ข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศมีลักษณะเป็นข้อมูลภาพ (image data) ซึ่งจัดเก็บเป็นแบบ Quadrilateral Grid Coverage (ตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน ISO 19123) หรืออาจเรียกให้ง่ายขึ้นว่าเป็นข้อมูลราสเตอร์หรือข้อมูลกริด ดังนั้นเนื้อหาข้อมูล (data content) ในชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศจะประกอบด้วยชุดของค่าจุดภาพ (pixels) ที่บันทึกค่าความสว่างของแม่สีที่เป็นส่วนประกอบของสีของแต่ละจุดภาพ โดยมาพร้อมข้อมูลประกอบสำหรับใช้อ้างอิงเชิงตำแหน่ง (spatial reference data) และข้อมูล metadata อื่น ๆ ที่จำเป็นในการใช้งานตัวข้อมูลภาพดังกล่าว รวมทั้งใช้อธิบายลักษณะเฉพาะ (characteristics) ด้านต่าง ๆ ของชุดข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ เพื่ออำนวยความสะดวกด้านอื่น ๆ ด้วย

รายละเอียดของข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ อันได้แก่รายการรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ สัญลักษณ์แผนที่ที่ใช้แสดง ชื่อประกอบแผนที่ รวมทั้งรูปแบบการจัดวางองค์ประกอบแผนที่ (map layout) ที่ปรากฏในข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศให้ใช้รูปแบบของแผนที่ภูมิประเทศลำดับชุด (series) หลัก ๆ ของประเทศไทยดังตารางที่ 4 นี้เป็นกรอบ

ตารางที่ 4 แผนที่ภูมิประเทศต้นแบบสำหรับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

มาตราส่วน	แผนที่ภูมิประเทศต้นแบบ
1:4,000	แผนที่กรุงเทพมหานคร มาตราส่วน 1:10,000 ลำดับชุด 9013 S-1
1:10,000	แผนที่กรุงเทพมหานคร มาตราส่วน 1:10,000 ลำดับชุด 9013 S-1
1:25,000	แผนที่ตัวเมืองกรุงเทพมหานคร มาตราส่วน 1:20,000 ลำดับชุด L 9013 S
1:50,000	แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L 7018
1:250,000	แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:250,000 ลำดับชุด 1501

ทั้งนี้ หากในอนาคตมีการกำหนดรูปแบบมาตรฐานสำหรับแผนที่ภูมิประเทศของประเทศในมาตราส่วนใด ขึ้นใหม่ ก็ให้นำรูปแบบมาตรฐานใหม่นั้นมาใช้เป็นแผนที่ภูมิประเทศต้นแบบของข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ ในมาตราส่วนนั้นต่อไป

เนื้อหาและโครงสร้างของข้อมูลในมาตรฐานฉบับนี้จะจำกัดอยู่เพียงลักษณะเฉพาะของข้อมูลภาพที่เข้ารหัสในรูปแบบ TIFF/GeoTIFF โดยในการจัดเก็บของ tag ของข้อมูลภาพจะอ้างอิงกับข้อกำหนด DGIWG-108: GeoTIFF Profile for Georeferenced Imagery (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ Baseline TIFF Fields และ GeoTIFF tags and parameter keys ทั้งนี้ในส่วนของการอธิบายลักษณะเฉพาะอื่น ๆ ของชุดข้อมูล จะจัดทำคำอธิบายข้อมูล (metadata) เป็นไฟล์แยกต่างหากตามมาตรฐาน ISO19115

เนื้อหาข้อมูล (data content) ในชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ เป็นข้อมูลแบบราสเตอร์กริดซึ่งมีค่าข้อมูลคือค่าความสว่างของคลื่นแสงสีแดง เขียวและน้ำเงิน ซึ่งเป็นแม่สีที่ประกอบกันเป็นสีสรรต่าง ๆ ซึ่งอาจถือว่าเป็นข้อมูลลักษณะประจำ (attribute) หลักของชั้นข้อมูลนี้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 5 ต่อไปนี้

ตารางที่ 5 รายการเนื้อหาข้อมูลลักษณะประจำของจุดภาพในชุดข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

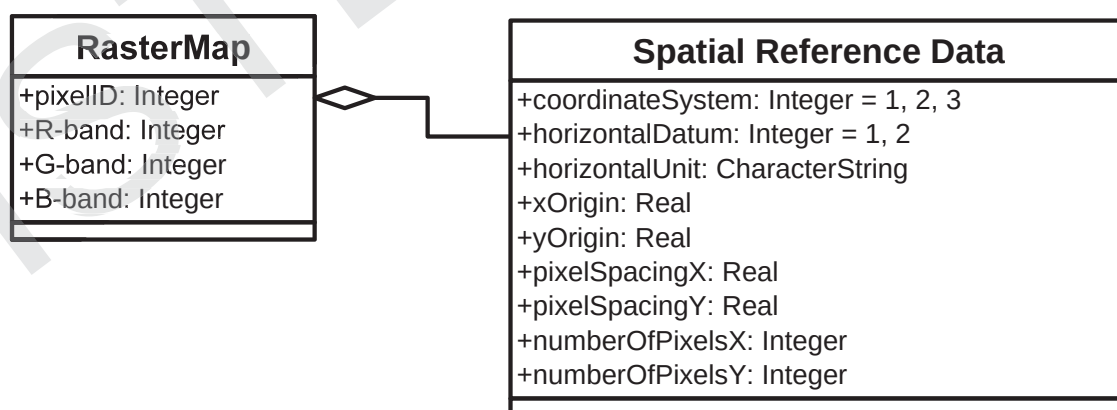
ชื่อ	ชนิด	คำอธิบาย	ความสำคัญ	หมายเหตุ
pixelID	Integer	หมายเลขประจำจุดภาพ เป็นหมายเลขเฉพาะที่ไม่ซ้ำกันในแต่ละไฟล์ข้อมูล	บังคับ	
R-band	Integer	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีแดง	บังคับ	
G-band	Integer	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีเขียว	บังคับ	
B-band	Integer	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีน้ำเงิน	บังคับ	

นอกจากเนื้อหาข้อมูลหลักข้างต้นแล้ว ยังจำเป็นต้องมีเนื้อหาข้อมูลประกอบซึ่งจำเป็นสำหรับใช้อ้างอิงในการใช้งานและแสดงเนื้อหาข้อมูลหลักดังกล่าว โดยเป็นข้อมูลที่อธิบายระบบอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatial reference system) ของไฟล์ข้อมูลจุดภาพ ในที่นี้จะเรียกว่าข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatial reference data) ข้อมูลนี้จะมีเพียง 1 ระเบียบข้อมูล (data record) สำหรับแต่ละไฟล์ข้อมูลภาพ เนื้อหาของข้อมูล spatial reference data นี้มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6 ต่อไปนี้

ตารางที่ 6 รายการข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (Spatial reference data) ในชุดข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

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

ที่ 1 รายละเอียดโครงสร้างเนื้อหาของข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ สามารถนำเสนอในลักษณะ UML ได้ดังรูป



รูปที่ 1 เนื้อหาข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ แสดงด้วย UML ในแบบ Class diagram

5.3 Feature Catalogue ของรายการข้อมูลในชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ

รายละเอียดเนื้อหาของข้อมูลภูมิศาสตร์ในชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ สามารถถูกอธิบายในลักษณะของ feature catalogue ตามมาตรฐาน ISO19110 ได้ดังนี้

Name:	ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ
Scope:	แผนที่ฐาน
Field of application:	การอ้างอิงตำแหน่งเพื่อการสำรวจและการทำแผนที่
Version Number:	1.0 (โครงการจัดทำข้อกำหนดของมาตรฐานโครงสร้าง เนื้อหา ลักษณะเฉพาะ คุณภาพของชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน
Version Date:	5-ส.ค.-55
Definition source:	มาตรฐาน FGDS
Definition Type:	
Producer:	
Functional Language:	XML

Feature Type

Name:	RasterMap
Definition:	ข้อมูลจุดภาพของไฟล์ราสเตอร์ที่ใช้บันทึกภาพแผนที่ภูมิประเทศ
Code:	FGDS06001
Aliases:	
Feature Operation Names:	
Feature Attribute Names:	pixelID, R-band, G-band, B-band
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:	Real
Value Measurement Unit:	เมตร
Value Domain Type:	0 ("not enumerated")
Value Domain:	ค่า -9999 ใช้สำหรับจุดภาพที่ไม่ใช่เนื้อข้อมูลแผนที่

Feature Attribute

Name:	G-band
Definition:	ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีเขียว
Code:	

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

Feature Attribute

Name: B-band
 Definition: ค่าความสว่างของคลื่นแสงสีน้ำเงิน
 Code:

Value Data Type: Real
 Value Measurement Unit: เมตร
 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 = WGS84; 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)

ข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศตามมาตรฐานฉบับนี้ จะต้องมีค่าพิกัดอ้างอิงกับพิกัดโลก (Geo-reference) ซึ่งหมายความว่าในไฟล์ข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศทุกไฟล์จะต้องมีข้อมูลที่จำเป็นต่อการแปลงจากพิกัดภาพเป็นพิกัดภาคพื้นดินจัดเก็บไว้ด้วย ข้อมูลดังกล่าวนี้จัดเก็บในรูปของ GeoTIFF tags และอยู่ในข้อมูล metadata โดยข้อมูลแผนที่ภาพภูมิประเทศจะใช้ ProjectedCSTypeGeoKey ตามมาตรฐาน GeoTIFF ในการกำหนดระบบพิกัด โดยบัญชีค่า GeoKey จะถูกระบุไว้ใน section 6.3.3.1 ของมาตรฐาน GeoTIFF สำหรับระบบพิกัดฉาก (projected coordinate systems) ในมาตรฐานนี้จะอนุญาตให้ใช้ระบบพิกัดที่มีบัญชีรายชื่ออยู่ใน section 6.3.3.1 ของมาตรฐาน GeoTIFF เท่านั้น

ข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศเชิงจุดภาพจะถูกอ้างอิงตำแหน่งโดยกำหนดค่าละติจูด ลองจิจูดบริเวณจุดตัดของเส้น graticule ซึ่งรวมไปถึงบริเวณมุมของเส้น neatline ด้วย จำนวนจุด tick อย่างน้อยที่สุดที่ต้องใช้ทำ Georeference ของแผนที่แต่ละมาตราส่วนควรใช้ 4-6 tick ขึ้นอยู่กับขนาดของแผนที่ และจุดอ้างอิงที่หาได้

ระบบอ้างอิงเชิงพื้นที่ (Spatial Reference System) ของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศไทย นั้น ให้ใช้เป็น ระบบพิกัดอ้างอิง (Coordinate Reference System) โดยระบบพิกัดอ้างอิงแต่ละระบบจะประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ

- พื้นหลักฐานทางยิออเดซี (Geodetic datum) ซึ่งเป็นพื้นผิวอ้างอิงที่ใช้ในการคำนวณงานรังวัด
- รูปแบบระบบพิกัด ซึ่งเป็นรายละเอียดของระบบการฉายแผนที่ (Map projection) ที่ใช้ ระบบแกนอ้างอิงค่าพิกัด และรายละเอียดนิยามค่าพิกัด

การเลือกใช้ระบบพิกัดอ้างอิงจึงขึ้นกับพื้นหลักฐานฯ และรูปแบบของค่าพิกัด และระบบพิกัดอ้างอิงสำหรับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศไทยทุกชั้นข้อมูล รวมถึงชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศนี้ สามารถเลือกกำหนดขึ้นจากพื้นหลักฐานทางยิออเดซี และรูปแบบระบบพิกัด ดังต่อไปนี้

6.1 พื้นหลักฐานทางยิออเดซี (Geodetic datum)

พื้นหลักฐานทางยิออเดซี (geodetic datum) หรือพื้นหลักฐานแผนที่ ที่ใช้อ้างอิงสำหรับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ประเทศไทย กำหนดให้เลือกใช้ได้ 2 พื้นหลักฐาน คือ WGS 84 และ พื้นหลักฐานอินเดีย 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 ที่จัดทำโดย การทำงานรังวัดภาคพื้นดินด้วยวิธีสามเหลี่ยมและงานวงรอบ เป็นพื้นหลักฐานรูปทรงรีซึ่งมี ค่าพารามิเตอร์ดังนี้

SPHEROID : "Everest 1830 (1937 Adjustment)"

Semi-major axis (a) = 6377276.345 m.

Flattening (f) = 1/300.8017

EPSG : 4240

และการแปลงค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐาน WGS 84 กับพื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 ให้ใช้สมการต่อไปนี้

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

โดยที่ค่าพิกัดฉาก (x, y, z) เป็นค่าพิกัดในระบบพิกัดฉากยึดติดโลก อธิบายไว้ในหัวข้อต่อไป

อนึ่ง สมการแปลงค่าพิกัดระหว่างพื้นหลักฐาน WGS 84 กับพื้นหลักฐานอินเดีย พ.ศ. 2518 ข้างต้น กำหนดให้สำหรับการแปลงค่าพิกัดที่ยังมิได้ผ่านการแปลงพื้นหลักฐานด้วยวิธีการหรือสมการอื่นมาแล้ว เท่านั้น หากค่าพิกัดได้ผ่านการแปลงพื้นหลักฐานมาด้วยวิธีการหรือสมการแบบอื่นมา ก็จะต้องทำการแปลง กลับไปที่พื้นหลักฐานตั้งต้นด้วยวิธีการหรือสมการแบบเดิมก่อน

6.2 รูปแบบระบบพิกัด

รูปแบบระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งพิกัดของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศไทย ให้เลือกใช้ได้ 3 รูปแบบ คือ พิกัดฉากยึดติดโลก (Earth-fixed coordinates) พิกัดทางยี่ห้อเดซีหรือระบบพิกัด รูปทรงรี (Geodetic or Ellipsoidal coordinates) และพิกัดแผนที่ UTM (UTM map coordinates)

- 1) **ระบบพิกัดฉากยึดติดโลก** เป็นกรอบของแกนพิกัดฉาก ที่ผูกติดอยู่กับพื้นผิวโลก แกนพิกัดของระบบ ยึดติดโลกจึงหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับอัตราการหมุนรอบตัวเองของโลก ระบบพิกัดฉากยึดติด โลกบอกค่าพิกัดเป็น (x, y, z) มีนิยามดังนี้ คือ จุดกำเนิดของระบบอยู่ที่จุดมวลสารของโลก แกน Z อยู่ในแนวแกนหมุนเฉลี่ยโลก โดยผ่านจุด CIO (Conventional International Origin) ระนาบ ศูนย์สูตร xy ตั้งฉากกับแกน Z โดยมีแกน X อยู่ในแนวเมริเดียนกรีนิช ส่วนแกน y ตั้งฉากกับ แกน X และแกน Z ทำให้เกิดเป็นระบบพิกัดมือขวา
- 2) **ระบบพิกัดทางยี่ห้อเดซี** บอกค่าพิกัดเป็น (ϕ , λ , h) ระบบนี้ใช้รูปทรงรีที่เป็นตัวแทนสัณฐานของ โลกและเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการคำนวณ ดังนั้นรูปทรงรีนี้คือส่วนหนึ่งของพื้นหลักฐานทางยี่ห้อเดซีใน ข้อ 6.1 ข้างบนนั่นเอง มุมที่เส้นตั้งฉากกับพื้นผิวรูปทรงรีที่จุดใด ๆ P กระทำกับระนาบศูนย์สูตรคือค่า ละติจูด ϕ ของจุด P มุมระหว่างระนาบเมริเดียนที่ผ่าน P กับระนาบเมริเดียนกรีนิช คือค่า ลองจิจูด λ ของจุด P ส่วนระยะตามแนวเส้นตั้งฉากจากจุด P จนถึงพื้นผิวรูปทรงรี คือ ความสูง เหนือรูปทรงรี h

- 3) **ระบบพิกัดแผนที่ UTM** – UTM เป็นตัวย่อของ Universal Transverse Mercator เป็นวิธีการฉายแผนที่ (map projection) บอกค่าพิกัดแผนที่เป็น (N, E) ค่า N คือระยะเหนือ (northing) และ ค่า E คือระยะตะวันออก (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) เป็นความสูงที่ใช้อยู่โดยทั่วไปในงานรังวัด 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) ค่าความสูงยี่อเดซีนี้นับได้จากรูปจำลองยี่อเดซี เช่น EGM2008

รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับระบบพิกัดอ้างอิงข้างต้น มีอธิบายเพิ่มเติมไว้ในเอกสารมาตรฐานข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลมหุดหลักฐานแผนที่

7. ข้อกำหนดด้านคุณภาพข้อมูล (Data quality)

7.1 ข้อกำหนดความถูกต้องเชิงตำแหน่ง

โดยทั่วไปข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศควรที่จะรักษาความถูกต้องทางราบของแผนที่ต้นฉบับไว้ สำหรับแผนที่ภูมิประเทศมาตรฐานความถูกต้องที่กล่าวมาข้างต้น จะใช้เพียงบริเวณส่วนที่อยู่ใน neatline ของต้นฉบับเท่านั้น (ยกเว้นแผนที่ส่วนแทรก)

ความละเอียดถูกต้องของข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ จะถูกตรวจสอบโดยการเปรียบเทียบกับจุดตัดของเส้นกริด หรือ grid ticks ซึ่งถูกใช้เป็นจุดควบคุมในการปรับแก้ตำแหน่ง โดยความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยจะต้องไม่เกิน 4 pixels และความคลาดเคลื่อนมากที่สุดจะต้องไม่เกิน 8 pixels (ตามมาตรฐาน DRG ของ USGS)

สังเกตว่าการเปรียบเทียบนี้เป็นการเปรียบเทียบกับตำแหน่งของมุมที่เป็นจริงตามทฤษฎี ไม่ใช่ตำแหน่งของแผนที่ต้นฉบับ เส้นกริดของแผนที่ที่พิมพ์มาแล้วมักมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย จากการพิมพ์ของกระบวนการ

ผลิต ซึ่งข้อผิดพลาดลักษณะนี้ควรที่จะถูกแก้ไขในข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศเชิงจุดภาพ หากพบว่าข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ผลิตไม่เข้ากับเกณฑ์มาตรฐานความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งที่กำหนดนี้ควรมีการแก้ไขหากมีเวลาและเครื่องมือเพียงพอ

การอ้างอิงพิกัดโลกของข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ จะต้องถูกตรวจสอบโดยใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ นอกเหนือจากโปรแกรมที่ใช้ในการผลิตข้อมูลภาพ ซึ่งบางครั้งอาจมีการตรวจพบการอ้างอิงพิกัดโลกผิดตำแหน่ง สำหรับข้อผิดพลาดในกรณีนี้มีความสำคัญสูงสุดที่จะต้องได้รับการแก้ไขเป็นอันดับแรก

7.2 ข้อกำหนดความครบถ้วนของข้อมูล

ความสมบูรณ์ของข้อมูลภาพอาจตรวจสอบด้วยสายตาในแต่ละระวาง โดยให้ตรวจสอบว่าข้อมูลขาดหายไปหรือไม่ ช่องว่างและสีที่ปรากฏ รวมถึงสิ่งผิดปกติอื่นๆ โดยทั่วไปจะไม่กำหนดมาตรฐานทางปริมาณในการตรวจสอบคุณภาพของภาพที่ชัดเจน หากแต่ในที่นี้จะเป็นเพียงข้อเสนอแนะกว้างๆ ให้นำไปปฏิบัติเท่านั้น โดยความครบถ้วนของข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศแบ่งตามลักษณะวิธีการผลิตได้ดังนี้

7.2.1 ข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ผลิตจากการกราดแผนที่กระดาษ

คำแนะนำเกี่ยวกับข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ผลิตโดยใช้การใช้อุปกรณ์กราดข้อมูลแผนที่กระดาษหรือวัสดุการพิมพ์ใดๆ มีดังนี้

- (1) การรักษาสีของแผนที่มีความสำคัญระดับปานกลาง โดยมีความต้องการให้เส้นต่างๆ มีสีที่คล้ายกับแผนที่ต้นฉบับ อย่างไรก็ตามไม่จำเป็นนักที่ต้องรักษาสภาพของเส้นให้ต่อเนื่องหรือไม่ให้ขาดตอน
- (2) ความถูกต้องของสีฉากหลังมีความจำเป็นในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้ทางระบบ GIS ที่ต้องการทำให้ฉากหลังโปร่งใสได้
- (3) ความถูกต้องของพื้นที่ที่มีสี เช่น พื้นที่ป่าไม้ เมือง แหล่งน้ำ มีความจำเป็นในระดับต่ำ

7.2.2 ข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศที่ได้จากกระบวนการประกอบระวางแผนที่เชิงเลข

เมื่อมีการผลิตหรือแก้ไขแผนที่ขึ้นมาใหม่ด้วยการทำแผนที่แบบอัตโนมัติ หรือการทำแผนที่เชิงเลข ผลผลิตที่ได้จากการประกอบระวางแผนที่จะมีความคมชัดมากกว่าการกราดข้อมูลแผนที่กระดาษ ดังนั้นข้อมูลภาพที่ได้ควรที่จะมีลักษณะดังนี้

- (1) ไม่มีลายเส้นที่ขาดหายหรือมีสีที่ผิดเพี้ยนอย่างสิ้นเชิง
- (2) ต้องไม่มีการใช้สกรีนจากการพิมพ์ พื้นที่ที่เป็นสีที่ควรที่จะเป็นสีตามรูปแบบ (uniform color)

7.3 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลลักษณะประจำ (Attribute Data)

ความถูกต้องข้อมูลลักษณะประจำของข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศได้แก่ ค่าจุดภาพของแผนที่จำเป็นจะต้องนำเสนอค่าที่ถูกต้อง โดยเกี่ยวเนื่องกับคุณภาพของข้อมูลภาพ ดังนั้นจึงควรมีคุณภาพของข้อมูลดังต่อไปนี้:

- (1) รักษาข้อมูลเชิงพื้นที่ที่นำเสนออยู่บนแผนที่ลายเส้นเป็นสิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึง เช่น เส้นที่ต่อเนื่องในแผนที่จะต้องไม่ขาดตอนในการนำเสนอบนข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ การขาดหายไปหรือขาดตอนของลายเส้นในข้อมูลภาพไม่สามารถเป็นที่ยอมรับได้ในการผลิตข้อมูลที่มีคุณภาพ

- (2) รักษาข้อมูลตัวอักษรที่ปรากฏบนแผนที่ ตัวอย่างเช่น ตัวอักษรที่ปรากฏบนภาพแผนที่ภูมิประเทศต้องสามารถอ่านได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ข้อมูลตัวอักษรในขอบระวางของแผนที่ ยังมีความสำคัญเช่นกันแต่น้อยกว่า

ตัวอักษรที่อยู่ในเนื้อแผนที่ ซึ่งอาจยากที่จะรักษาคุณภาพของข้อมูลในส่วนนี้ไว้จากกระบวนการกำหนดค่าพิกัดให้กับข้อมูลภาพ อย่างไรก็ตามข้อมูลบริเวณขอบระวางควรที่จะสามารถอ่านได้ด้วย

7.4 ข้อกำหนดความสอดคล้องทางตรรกะของข้อมูล

ไม่มี

7.5 ข้อกำหนดความถูกต้องของข้อมูลเชิงเวลา

ไม่มี

8. การส่งมอบผลิตภัณฑ์ข้อมูล (Data product delivery)

8.1 รูปแบบของข้อมูล (File Formats)

ในการส่งมอบข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศจะประกอบด้วย 2 ไฟล์ คือ ไฟล์ข้อมูลทางกายภาพ (image file) และไฟล์ข้อมูลที่ใช้อธิบายข้อมูล (metadata file) โดยรูปแบบในการจัดเก็บจะใช้มาตรฐาน Tagged Image File Format (TIFF) 6.0 อย่างไรก็ตามผู้ผลิตข้อมูลอาจจัดทำ world file (.tfw) เพิ่มขึ้นมาสำหรับในการส่งมอบข้อมูลได้แต่ไม่ได้เป็นการบังคับ (optional)

จากข้อกำหนดที่ระบุให้แผนที่ภูมิประเทศตามมาตรฐานฉบับนี้ใช้รูปแบบ TIFF version 6.0 ในการจัดเก็บข้อมูล ทำให้มีข้อกำหนดในรายละเอียดตามมาตรฐาน ดังนี้:

- (1) แผนที่ภูมิประเทศจะต้องจัดเก็บในแบบ 8-bit palette-color image
- (2) ขนาดของ Xresolution (282.d, 11a.h) และ Yresolution (283.d, 11b.h) ที่อยู่ใน TIFF tags จะต้องเท่ากันในแต่ละจุดภาพ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าจุดภาพมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส และจะต้องมีค่าความละเอียดของผลลัพธ์ที่ถูกต้อง
- (3) แม้ว่ามาตรฐานของ TIFF จะรองรับแบบข้อมูลถึง 5 แบบ แต่สำหรับข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศจะต้องใช้แบบของข้อมูลในลักษณะ PackBits compression (run length encoding)
- (4) สีของแผนที่เป็นไปตามข้อกำหนดที่ระบุไว้

8.2 หน่วยของการส่งมอบ (units of delivery)

ข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศตามมาตรฐานนี้กำหนดให้ส่งมอบตามหมายเลขระวางมาตรฐานของแผนที่ ตัวอย่างเช่น ขนาด 15' X 15' สำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 และขนาด 1 องศา X 1.5 องศา สำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:250,000 โดยขนาดของไฟล์ที่ส่งมอบจะมีขนาดประมาณ 50-100 Mb.

9. ข้อกำหนดด้านคำอธิบายข้อมูล (Metadata)

ข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศจะต้องมีการจัดทำคำอธิบายข้อมูล (Metadata) โดยใน Metadata เหล่านี้จะต้องมีรายการคำอธิบายข้อมูลหลัก (Core metadata elements) ตามที่ได้ระบุไว้ในมาตรฐาน ISO19115 เป็นอย่างน้อย Metadata สำหรับชุดข้อมูล FGDS ให้จัดทำในรูปแบบฟอร์มเมตและวิธีการเข้ารหัสข้อมูล ตามมาตรฐาน ISO19139

คำอธิบายข้อมูล (metadata) สำหรับข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ISO19115 โดยต้องมีรายการ Metadata ครบตามรายการ core metadata ที่กำหนดในมาตรฐาน ISO19115 และ ISO19115-2 ตามรายการที่ 1-23 ในตารางที่ 7 นอกจากนั้นจะต้องมีรายการ metadata ที่อธิบายเนื้อหาของชุดข้อมูล (data content) และคุณภาพของชุดข้อมูล (data quality) ตามตารางที่ 8 และ 9 ด้วย

ตารางที่ 7 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
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 (ทางตั้ง 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)

ตารางที่ 7 รายการ Metadata ของชุดข้อมูล FGDS

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล/ค่าโดเมน
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 8 รายการ metadata สำหรับอธิบายเนื้อหาข้อมูล (MD_ContentInformation)

ที่	รายการ Metadata	ความหมาย	การบังคับ	ชนิดข้อมูล
1	MD_FeatureCatalogue Description	ข้อมูลอธิบายสารบัญเพิ่มเติมของรูปลักษณะ (กรณีข้อมูลแบบเวกเตอร์)	Conditional	รายการที่ 1.1 ถึง 1.5
1.1	complianceCode [0..1]	รหัสที่บอกถึงการได้ตาม ISO19110 ของสารบัญเพิ่มเติม	Optional	Boolean
1.2	language [0..*]	ภาษาที่ใช้ในสารบัญเพิ่มเติม	Optional	CharacterString
1.3	includeWithDataset	รหัสที่บอกว่าสารบัญเพิ่มเติมได้ถูกใส่รวมไว้ในชุดข้อมูล	Mandatory	Boolean
1.4	featureTypes [0..*]	รายการรูปลักษณะข้อมูลในสารบัญเพิ่มเติม ที่ปรากฏในชุดข้อมูล	Optional	GenericName
1.5	featureCatalogueCitation [1..*]	ข้อมูลอ้างอิงของสารบัญเพิ่มเติม ภายนอก	Mandatory	CI_Citation

ตารางที่ 9 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 องค์ประกอบ)	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

อนึ่ง Metadata สำหรับชุดข้อมูล FGDS ให้จัดทำในรูปแบบฟอร์มและวิธีการเข้ารหัสข้อมูล ตามมาตรฐาน ISO19139

10. การสำรอนำเข้าข้อมูล (Data capture)

10.1 การนำเข้าข้อมูลที่ได้จากแผนที่กระดาษ (Scanned map)

ขั้นตอนการผลิต เครื่องมือและอุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการรวบรวม และผลิตแผนที่ภูมิประเทศ แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้ อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้ว ขั้นตอนการผลิตจะมีขั้นตอนการผลิตที่คล้ายคลึงกันในแผนที่แต่ละประเภท ดังต่อไปนี้

- 1) การผลิตแผนที่ภูมิประเทศเริ่มจากการวาดข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศที่เป็นกระดาษ โดยใช้เครื่องกราฟิกที่มีความละเอียดสูง (high resolution scanner) ที่ความละเอียด 250 ถึง 1,000 dpi ดังรายละเอียดข้อกำหนดในขั้นตอนการวาดแผนที่ดังนี้
 - คุณภาพในการกราฟิกเพื่อนำเข้าข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพสูง และมีขนาดไฟล์ที่เหมาะสม ในมาตรฐานฉบับนี้แนะนำให้ใช้ความละเอียดในการกราฟิกข้อมูลดังตารางที่ 10 ด้านล่าง
 - ต้นฉบับแผนที่ที่ใช้ในการกราฟิกหากเป็นไปได้ควรใช้แผนที่กระดาษที่ใหม่ไม่มีรอยยับ
 - การกราฟิกข้อมูลควรดำเนินการกราฟิกเป็นผืนเดียวกันในครั้งเดียว อย่างไรก็ตามหากแผนที่ที่มีขนาดใหญ่กว่าเครื่องกราฟิกข้อมูลสามารถให้ใช้การกราฟิกเป็นส่วนๆแล้วนำมาต่อภาพภายหลังได้ ทั้งนี้เครื่องกราฟิกควรได้รับการบำรุงรักษาอยู่เสมอเพื่อให้สามารถผลิตผลงานที่มีคุณภาพได้

ตารางที่ 10 ข้อกำหนดความละเอียดของการกราดแผนที่ภูมิประเทศ

มาตราส่วน	ความละเอียดในการกราดข้อมูล		ขนาดจุดภาพบนภาคพื้นดิน (เมตร) (Ground resolution)
	Micron	dpi	
1:4,000	50	505	0.2
1:10,000	50	505	0.5
1:25,000	100	254	2.48
1:50,000	100	254	4.97
1:250,000	100	254	24.85

- 2) การผลิตแผนที่ภูมิประเทศตามมาตรฐานนี้ หากเป็นไปได้ควรมีการเอา screen ออก (descreening) และทำ color quantization เพื่อที่จะลดจำนวนสีซึ่งได้จากการกราดข้อมูล
- 3) ไฟล์ที่ได้นี้จะผ่านการแปลง (transformed) และกำหนดค่าพิกัด (georeferenced) โดยใช้ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ หรือ UTM โดยใช้จุดอ้างอิง 4 จุด (15 minute grid ticks) เป็นอย่างน้อย
- 4) ความละเอียดของผลลัพธ์ (output) สำหรับแผนที่ภูมิประเทศตามมาตรฐานนี้ให้ใช้ตามขนาดจุดภาพบนภาคพื้นดิน ที่ระบุไว้ในตารางที่ 10
- 5) ไฟล์ภาพจะถูกแปลงรูปแบบเป็น TIFF (version 6.0) และลดขนาดโดยการบีบอัดข้อมูลแบบ run length encoded PackBit compression (type 32773)
- 6) ตารางสี (color palette) ของแผนที่ภูมิประเทศที่ถูกบีบอัดจะถูกทำให้เป็นมาตรฐานด้วยการแทนที่ค่าสี RGB เดิม โดยการรวมค่าสี RGB ที่เป็นมาตรฐาน จำนวน 256 สี (8 bit)
- 7) สร้างไฟล์ metadata สำหรับแผนที่ภูมิประเทศ
- 8) ก่อนที่จะส่งต่อไปแผนที่ภูมิประเทศจะต้องผ่านขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพดังต่อไปนี้:
 - 8.1) ค่าของดัชนีสีในแต่ละแผนที่ภูมิประเทศจะต้องถูกตรวจสอบเพื่อยืนยันว่า การรวมสี RGB นั้น สอดคล้องกับตารางสีมาตรฐาน
 - 8.2) ไฟล์แผนที่ภูมิประเทศทั้งหมด จะถูกตรวจสอบด้วยสายตาเพื่อประกันว่า ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์นั้นลงกับที่แผนที่ปกติแสดงไว้
 - 8.3) แผนที่ภูมิประเทศจะถูกสุ่มเลือกขึ้นมาตรวจสอบเพื่อประกันว่าข้อมูลในไฟล์ metadata นั้น สอดคล้องกับข้อมูลท้ายระวาง (map collar) เพื่อให้ข้อมูลที่ถูกต้องกับไฟล์ภาพ
 - 8.4) แผนที่ภูมิประเทศจะถูกสุ่มเลือกขึ้นมาตรวจสอบในด้านความถูกต้องทางด้านตำแหน่งโดยเปรียบเทียบกับค่า latitude และ longitude ซึ่งจะสอดคล้องกับจุดตัดของ tick ในภาพแผนที่ภูมิประเทศ

10.2 การนำเข้าข้อมูลจากกระบวนการผลิตแผนที่ (Cartographic process)

- 1) ตรวจสอบความสมบูรณ์ครบถ้วนของรูปลักษณะ (feature) และรายละเอียดต่าง ๆ ของแผนที่ภูมิประเทศที่จะส่งออกให้เรียบร้อย
- 2) ส่งออก (export) เป็นไฟล์ภาพที่มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 250 dpi โดยรูปแบบที่ส่งออกควรรักษาลักษณะเฉพาะของไฟล์ต้นฉบับเอาไว้อย่างครบถ้วนทั้งในแง่ของสี ความชัดเจน และความสมบูรณ์ของลายเส้นที่ปรากฏบนแผนที่
- 3) ไฟล์ที่ได้จากการส่งออกจะผ่านการแปลง (transformed) และกำหนดค่าพิกัด (georeferenced) โดยใช้ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ หรือ UTM โดยใช้จุดอ้างอิง 4 จุด (15 minute grid ticks) เป็นอย่างน้อย

- 4) ความละเอียดของผลลัพธ์ (output) ความละเอียดของผลลัพธ์ (output) สำหรับแผนที่ภูมิประเทศตามมาตรฐานนี้ให้ใช้ตามขนาดจุดภาพบนภาคพื้นดิน ใน ตารางที่ 10
- 5) ไฟล์ภาพจะถูกแปลงรูปแบบเป็น TIFF (version 6.0) และมีการอ้างอิงพิกัดโลกโดยใช้มาตรฐาน GeoTIFF พร้อมทั้งลดขนาดโดยการบีบอัดข้อมูลแบบ run length encoded PackBit compression (type 32773)
- 6) ตารางสี (color palette) ของแผนที่ภูมิประเทศที่ถูกบีบอัดจะถูกทำให้เป็นมาตรฐานด้วยการแทนที่ค่าสี RGB เดิม โดยการรวมค่าสี RGB ที่เป็นมาตรฐาน จำนวน 256 สี (8 bit)
- 7) สร้างไฟล์ metadata สำหรับแผนที่ภูมิประเทศ
- 8) ทำการตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตดังต่อไปนี้
 - 8.1) ไฟล์แผนที่ภูมิประเทศทั้งหมด จะถูกตรวจสอบด้วยสายตาเพื่อประกันว่า ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์นั้นลงกับที่แผนที่ปกติแสดงไว้
 - 8.2) แผนที่ภูมิประเทศจะถูกสุ่มเลือกขึ้นมาตรวจสอบเพื่อประกันว่าข้อมูลในไฟล์ metadata นั้น สอดคล้องกับข้อมูลท้ายระวาง (map collar) เพื่อให้ข้อมูลที่ถูกต้องกับไฟล์ภาพ
 - 8.3) แผนที่ภูมิประเทศจะถูกสุ่มเลือกขึ้นมาตรวจสอบในด้านความถูกต้องทางด้านตำแหน่ง โดยค่า latitude และ longitude จะต้องสอดคล้องกับจุดตัดของ tick ในภาพแผนที่ภูมิประเทศ

11. การบำรุงรักษาข้อมูล (Data Maintenance)

การบำรุงรักษาข้อมูลควรมีการปรับปรุงเมื่อมีการแก้ไขแผนที่กระดาษในครั้งที่การพิมพ์ใหม่ หรือมีการแก้ไขข้อมูลแผนที่ใหม่

12. การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูล (Portrayal)

การนำเสนอถ่ายทอดข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศจะใช้การนำเสนอด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพ โดยข้อมูลที่ถูกนำเสนอจะนำเอาค่าข้อมูลจุดภาพมานำเสนอบนสื่อคอมพิวเตอร์ตามตำแหน่งที่อ้างอิงกับพิกัดโลก ลักษณะภาพของการนำเสนอจะคล้ายกับแผนที่ต้นฉบับ

13. ข้อกำหนดเพิ่มเติมอื่น ๆ (Additional specifications)

กรณีแผนที่ภูมิประเทศมีแผนที่ส่วนแทรกและส่วนที่เกิน (overedge or map insets) การอ้างอิงพิกัดโลกบริเวณแผนที่ส่วนแทรก โดยทั่วไปจะกำหนดไว้เป็นทางเลือกเนื่องจากมีความยุ่งยากทางเทคนิค สำหรับมาตรฐานฉบับนี้จะไม่มีการอ้างอิงพิกัดโลกบริเวณแผนที่ส่วนแทรก

ภาคผนวก ก

ข้อกำหนด TIFF / GeoTIFF

ตาราง ก-1 ต่อไปนี้เป็นเนื้อหาและข้อกำหนดสำหรับ TIFF และ GeoTIFF tags ที่ใช้สำหรับข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งอาจมี TIFF and GeoTIFF tags ซึ่งไม่ได้ถูกใช้ในที่นี่ โดยมีคำอธิบายสำหรับตารางดังนี้ :

- columns Field, Description, Tag, Type อ้างอิงกับข้อกำหนดของ TIFF
- Card column specifies cardinality of the item
- ROCI แสดงการปรากฏของ items:
 - R : required (จำเป็นต้องมี)
 - O : optional (ทางเลือก)
 - C : conditional (เงื่อนไข)
 - I : inadequate for profile
- Restricted values for the profile: indicates (when applicable) required values for tag or geokey for this profile.
- TM: transparency mask

ตาราง ก-1 ข้อกำหนดฟิลด์ข้อมูลสำหรับฟอร์แมต TIFF 6.0 (Baseline TIFF Fields specifications of this profile)
(from Section 8: Baseline Field Reference Guide of TIFF 6.0 specification)

Field	Description	Tag	Type	Card	ROCI	Restricted values for the profile (D: Default value)
Artist	ผู้ผลิตข้อมูล	315	ASCII	1	O	หากใช้จะเป็นชื่อองค์กรที่รับผิดชอบ
BitsPerSample	จำนวนบิตต่อองค์ประกอบ	258	Short	1	R	สำหรับข้อมูลภาพแผนที่ภูมิประเทศ จะมีค่า 8 bits ต่อ sample value
ColorMap	การเชื่อมโยงสีกับตารางสี	320	Short	3*	C	* (2** BitsPerSample)
Compression	วิธีการบีบอัดข้อมูล	259	Short	1	R	1 ไม่มีการบีบอัด
Copyright	การระบุถึงลิขสิทธิ์	33432	ASCII	1..*	O	ระบุถึงบุคคล หรือองค์กรที่มีสิทธิ์
DateTime	วันเวลาที่ผลิต	306	ASCII	20	O	
ExtraSamples	คำอธิบายองค์ประกอบพิเศษ	338	Short	1	C	มีค่าเป็น 1 เมื่อประกอบด้วย 4-band
FillOrder	ลำดับเชิงตรรกะภายใน byte	266	Short	1	O	1 (Default) (2 จะไม่ใช้)

ตาราง ก-1 ข้อกำหนดฟิลด์ข้อมูลสำหรับฟอร์แมต TIFF 6.0 (Baseline TIFF Fields specifications of this profile)
(from Section 8: Baseline Field Reference Guide of TIFF 6.0 specification)

Field	Description	Tag	Type	Card	ROCI	Restricted values for the profile (D: Default value)
HostComputer	คอมพิวเตอร์ และ/หรือระบบปฏิบัติการที่ใช้ในการผลิต	316	ASCII	1..*	O	หากใช้จะเป็นการระบุถึงระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลหรือสร้างข้อมูล
ImageDescription	ข้อความที่อธิบายเนื้อหาของภาพ	270	ASCII	1..*	O	
ImageLength	จำนวนแถวของจุดภาพในภาพ	257	Short or Long	1	R	
ImageWidth	จำนวนสดมภ์ของจุดภาพในภาพ	256	Short or Long	1	R	
Make	ผู้ผลิตเครื่องกราด	271	ASCII	1	O	
Model	รุ่นของเครื่องกราด	272	ASCII	1	O	
MinSampleValue ¹	ค่าองค์ประกอบที่น้อยที่สุด	280	SHORT	1	O	
MaxSampleValue ¹	ค่าองค์ประกอบที่มากที่สุด	281	SHORT	1	O	
NewSubfileType	ข้อบ่งชี้ทั่วไปของข้อมูลที่อยู่ในไฟล์ย่อย	254	Long	1	C	ทุกบิตเท่ากับ 0 ยกเว้นบิต 2 เท่ากับ 1
Orientation	การวางตัวของภาพเทียบกับแถวและสดมภ์	274	Short	1	O	1 (Default value) การวางตัวของภาพกับระบบพิกัดอ้างอิงภายนอกจะระบุไว้ใน GeoTIFF tags
PhotometricInterpretation	การใช้สีของข้อมูลภาพ	262	Short	1	R	1 ข้อมูลระดับสีเทา 2 ข้อมูล RGB 3 ข้อมูล Color-coded 4 ข้อมูล transparency mask
Thresholding	สำหรับ TIFF files แบบขาว-ดำ เทคนิคที่ใช้แปลงจากระดับสีเทาเป็นจุดภาพขาว-ดำ	263	SHORT	1	O	1 (Default) แสดงถึงว่าไม่มีการใช้ halftone ในข้อมูลภาพ

¹ This field is not to be used to affect the visual appearance of an image, nor to affect the interpretation of any other field; ใช้เฉพาะวัตถุประสงค์ทางสถิติ

ตาราง ก-1 ข้อกำหนดฟิลด์ข้อมูลสำหรับฟอร์แมต TIFF 6.0 (Baseline TIFF Fields specifications of this profile)
(from Section 8: Baseline Field Reference Guide of TIFF 6.0 specification)

Field	Description	Tag	Type	Card	ROCI	Restricted values for the profile (D: Default value)
PlanarConfiguration	แสดงว่าองค์ประกอบของแต่ละจุดภาพจัดเก็บอย่างไร	284	Short	1	C ในกรณีที่มีมากกว่าหนึ่งแบนด์	1 (ในกรณีที่มีมากกว่าหนึ่งแบนด์)
ResolutionUnit	หน่วยในการวัดของ XResolution และ YResolution.	296	Short	1	R	2 สำหรับ dpi (dot per inch)
SamplesPerPixel	จำนวนองค์ประกอบต่อจุดภาพ	277	Short	1	R	1 สำหรับข้อมูล monochrome 3 สำหรับข้อมูล RGB 4 สำหรับข้อมูล 4-bands
ExtraSamples	อธิบายองค์ประกอบพิเศษ	338	SHORT	1	C สำหรับข้อมูล 4-bands	1 สำหรับข้อมูล 4-bands
SampleFormat	การระบุถึงการตีความของข้อมูลในจุดภาพโดยมีค่า: 1 = unsigned integer data (Default) 2 = two's complement signed integer data 3 = IEEE floating point data [IEEE]	339*	SHORT	1	C สำหรับชั้นข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลภาพ	ค่าเท่ากับ 1 สำหรับข้อมูลภาพ
SminSampleValue	ค่าตัวอย่างที่น้อยที่สุด ใช้เมื่อข้อมูลตัวอย่างเป็นอย่างอื่นนอกจาก integer	340*	ประเภทที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลตัวอย่าง	Sample sPerPix el	O	
SmaxSampleValue	ค่าตัวอย่างที่มากที่สุด ใช้เมื่อข้อมูลตัวอย่างเป็นอย่างอื่นนอกจาก integer	341*	ประเภทที่เหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลตัวอย่าง	Sample sPerPix el	O	

ตาราง ก-1 ข้อกำหนดฟิลด์ข้อมูลสำหรับฟอร์แมต TIFF 6.0 (Baseline TIFF Fields specifications of this profile)
(from Section 8: Baseline Field Reference Guide of TIFF 6.0 specification)

Field	Description	Tag	Type	Card	ROCI	Restricted values for the profile (D: Default value)
Software	ชื่อและรุ่นของซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการผลิตข้อมูลภาพ	305	ASCII	1..*	O	
StripOffsets	byte offset ของแต่ละ strip	273	Short or Long	Number of bands	C จะไม่ใช้เมื่อ Tiling ถูกใช้งาน	
RowsPerStrip	จำนวนของแถวต่อ strip ²	278	Short or Long	1	C จะไม่ใช้เมื่อ Tiling ถูกใช้งาน	
StripByteCounts	For each strip, จำนวน bytes ใน strip หลังจากบีบอัดแล้ว	279	Short or Long	Number of bands	C จะไม่ใช้เมื่อ Tiling ถูกใช้งาน	
XResolution	จำนวนจุดภาพต่อ ResolutionUnit ในทิศทางทางกว้าง	282	Rational	1	R	ความละเอียดสำหรับนำเสนอหรือพิมพ์ เช่น 254/1
YResolution	จำนวนจุดภาพต่อ ResolutionUnit ในทิศทางทางยาว	283	Rational	1	R	ความละเอียดสำหรับนำเสนอหรือพิมพ์ เช่น 254/1
TileWidth	ความกว้างของ tile ในจุดภาพ เป็นจำนวนของสดมภ์ในแต่ละ tile	322*	Short or Long	1	C ใช้สำหรับ internal TIFF tiling	
TileLength	ความยาว (สูง) ของ tile ในจุดภาพ เป็นจำนวนของสดมภ์ในแต่ละ tile	323*	Short or Long	1	C ใช้สำหรับ internal TIFF tiling	

² TIFF specification recommends selecting the value for RowsPerStrip such that each strip is about 8K bytes; it makes buffering simpler for readers.

ตาราง ก-1 ข้อกำหนดฟิลด์ข้อมูลสำหรับฟอร์แมต TIFF 6.0 (Baseline TIFF Fields specifications of this profile)
(from Section 8: Baseline Field Reference Guide of TIFF 6.0 specification)

Field	Description	Tag	Type	Card	ROCI	Restricted values for the profile (D: Default value)
TileOffsets	byte offset ของ tile ที่จัดเก็บบนดิสก์	324*	Long	TilesPerImage ³	C ใช้สำหรับ internal TIFF tiling	
TileByteCounts	จำนวนของ (compressed) bytes ใน tile	325*	Short or Long	TilesPerImage	C ใช้สำหรับ internal TIFF tiling	
GDAL_NODATA	ค่า ASCII value ที่ใช้สำหรับระบุถึงจุดภาพที่ไม่มีค่าหรือใช้เป็น background	42113*	ASCII	1	R สำหรับข้อมูล 3D ที่มี void areas	ถ้ามีการใช้จะแสดงถึงมี void areas ในชุดข้อมูล
GEO_METADATA	Tag ที่อาจใช้สำหรับผนวก XML-encoded instance documents เพื่อเตรียมใช้งานใน 19139-based schema	50909*	ASCII	Count: 4-byte (max. size = 4GB)	O สำหรับผนวก XML metadata	

tags ที่ไม่ได้ถูกใช้ใน profile:

- CellWidth (tag 264)
- CellLength (tag 265)
- DocumentName (tag 269) and other extension tags defined in section 12 : Document Storage and Retrieval
- FreeOffsets (tag 288)
- FreeByteCounts (tag 289)
- GrayResponseUnit (tag 290)
- GrayResponseCurve (tag 291)
- TransferFunction (tag 301) and Colorimetry Field extensions defined in section 20 : RGB Image Colorimetry.

³ TilesPerImage = (ImageWidth + TileWidth - 1) / TileWidth * (ImageLength + TileLength - 1) / TileLength

ตาราง ก-2 รายการ Tag และพารามิเตอร์สำหรับ GeoTIFF (GeoTIFF tags and parameter keys specifications of this profile)

Field	Description	Tag	Type	Card	ROCI	Restricted values for the profile
GeoDoubleParamsTag	ใช้สำหรับจัดเก็บ Double valued GeoKeys ที่ถูกอ้างอิงโดย GeoKeyDirectoryTag	34736	Double		I	ไม่จำเป็นต้องใช้ฟิลด์นี้หากไม่ต้องการใช้ double parameter
GeoAsciiParamsTag	ใช้สำหรับจัดเก็บค่า ASCII valued GeoKeys ที่ถูกอ้างอิงโดย GeoKeyDirectoryTag	34737	ASCII		R	จำเป็นต้องมีสำหรับ ASCII valued GeoKeys
ModelTiePointTag	raster -> model tiepoint pairs in the order ModelTiepointTag = (...I,J,K, X,Y,Z...) where (I,J,K) is the point at location (I,J) in raster space with pixel-value K, and (X,Y,Z) is a vector in model space ⁴	33922	Double	6	R	Populate this tag with the tie point pair that correlates to the grid reference (grid origin (coordinates 0,0)) In case of grid origin, tag value is: 0 0 0 Ox Oy Oz where Ox, Oy et Oz are coordinates of the grid origin (in the reference system identified by GeoKeyDirectoryTag) Oz only used for elevation data.
ModelPixelScaleTag	ใช้สำหรับกำหนดขนาดของระยะทางของจุดภาพราสเตอร์ใน model space units ประกอบด้วย 3 ค่า คือ ModelPixelScaleTag = (ScaleX, ScaleY, ScaleZ)	33550	Double	3	R	ค่าที่ปรากฏคือ : px py pz where px (resp. py/pz) is pixel spacing along X axis (resp. Y resp. Z axis) (in the reference system identified by GeoKeyDirectoryTag and in its associated unit) Pz= 0 for 2D images or 1 for elevation data
GeoTIFF Configuration GeoKeys						

⁴ Note that X is always equal to Easting or Longitude, and Y is always equal to Northing or Latitude.

ตาราง ก-2 รายการ Tag และพารามิเตอร์สำหรับ GeoTIFF (GeoTIFF tags and parameter keys specifications of this profile)

Field	Description	Tag	Type	Card	ROCI	Restricted values for the profile
GTModelTypeGeoKey	ใช้ระบุถึงประเภทของแบบจำลองระบบพิกัดที่ใช้งานและที่ซึ่ง raster space จะถูก transform	1024	Short	1	R	รหัสที่ให้เลือกใช้: 1 – ModelTypeProjected (เช่น UTM / UPS, ...) 2 – ModelTypeGeographic (เช่น ARC)
GTRasterTypeGeoKey	ใช้สร้าง raster space coordinate system: RasterPixelPoint RasterPixelArea	1025	Short	1	R	รหัสที่ให้เลือกใช้: 1 – RasterPixelArea (ใช้สำหรับ imagery products) 2 – RasterPixelPoint (ใช้สำหรับ discrete coverage data)
GTCitationGeoKey	ให้ค่า ASCII ที่ใช้อ้างอิงเพื่อเผยแพร่ configuration โดยรวมของไฟล์ GeoTIFF	1026	ASCII	1..*	0	ข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ในรายละเอียด
<i>Geographic CS Parameter Keys</i>						
GeographicTypeGeoKey	ใช้สำหรับระบุรหัสสำหรับระบบพิกัดภูมิศาสตร์ที่ใช้เชื่อมโยงพิกัดละติจูด ลองจิจูดกับทรงรีที่กำหนดบนโลก	2048	Short	1	C	4326 (สำหรับ GCS_WGS84 หมายถึง 'WGS84') หรือ 4030 (GCSE_WGS84) ใช้สำหรับนำเสนอเฉพาะข้อมูล ARC หรือข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์อื่นๆ ในกรณีนี้ GTModelTypeGeoKey = 2 และ ProjectedCSTypeGeoKey ไม่ปรากฏ
GeogCitationGeoKey	ใช้อ้างอิง สำหรับGeographic CS parameters	2049	ASCII		C ใช้เมื่อ GeographicTypeGeoKey ปรากฏ	

ตาราง ก-2 รายการ Tag และพารามิเตอร์สำหรับ GeoTIFF (GeoTIFF tags and parameter keys specifications of this profile)

Field	Description	Tag	Type	Card	ROCI	Restricted values for the profile
GeogAngularUnitsGeokey	ใช้ระบุถึง geocentric CS Linear units	2054	Short	1	O ใช้เมื่อ GeographicTypeGeoKey is ปรากฏ	9102 (หมายถึง decimal degrees) (Default) (อาจจะมีเมื่อ GeographicTypeGeoKey is ปรากฏ)
<i>Projected CS Parameter Keys</i>						
ProjectedCSTypeGeoKey	รหัสที่ใช้กำหนดถึง projected coordinate system	3072	Short	1	C	ค่า = 326zz – UTM Northern Hemisphere 327zz – UTM Southern Hemisphere (เมื่อ zz เท่ากับหมายเลขโซน) ในกรณีนี้ค่า GTModelTypeGeoKey = 1 และ GeographicTypeGeoKey ไม่ ปรากฏ
PCSCitationGeoKey	ค่า ASCII ที่อ้างอิงเพื่อเผยแพร่รายละเอียดบนระบบ Projected Coordinate System.	3073	ASCII	1..*	C เมื่อ ProjectedCSTypeGeoKey ปรากฏ	ตัวอย่าง: « UTM zzN / WGS84 »
ProjLinearUnitsGeoKey	ใช้กำหนด linear units ที่ถูกใช้โดยการฉายแผนที่ ⁵	3076	Short	1	O เมื่อ ProjectedCSTypeGeoKey ปรากฏ	9001 (หมายถึง Linear_Meter) (Default)

ฟิลด์ที่ไม่ถูกใช้ใน profile นี้ได้แก่:

⁵ The use of this optional tag for UTM projection adds no information as meters is adequately defined in EPSG codes (for UTM). However, it might prove useful for other PCS.

- ModelTransformationTag (tag 34264)
- GeogGeodeticDatumGeoKey (tag 2050)
- GeogPrimeMeridianGeoKey (tag 2051) (Greenwich meridian always used)
- GeogLinearUnitsGeoKey (tag 2052) (meters (default) always used)
- GeogLinearUnitSizeGeoKey (tag 2053)
- GeogAngularUnitSizeGeoKey (tag 2055)
- GeogEllipsoidGeoKey (tag 2056)
- GeogSemiMajorAxisGeoKey (tag 2057)
- GeogSemiMinorAxisGeoKey (tag 2058)
- GeogInvFlatteningGeoKey (tag 2059)
- GeogAzimuthUnitsGeoKey (tag 2060)
- GeogPrimeMeridianLongGeoKey (tag 2061)
- ProjectionGeoKey (tag 3074)
- ProjCoordTransGeoKey (tag 3075)
- ProjLinearUnitSizeGeoKey (tag 3077)
- ProjStdParallel1GeoKey (tag 3078)
- ProjStdParallel2GeoKey (tag 3079)
- ProjNatOriginLongGeoKey (tag 3080)
- ProjNatOriginLatGeoKey (tag 3081)
- ProjFalseEastingGeoKey (tag 3082)
- ProjFalseNorthingGeoKey (tag 3083)
- ProjFalseOriginLongGeoKey (tag 3084)
- ProjFalseOriginLatGeoKey (tag 3085)
- ProjFalseOriginEastingGeoKey (tag 3086)
- ProjFalseOriginNorthingGeoKey (tag 3087)
- ProjCenterLongGeoKey (tag 3088)
- ProjCenterLatGeoKey (tag 3089)
- ProjCenterEastingGeoKey (tag 3090)
- ProjCenterNorthingGeoKey (tag 3091)
- ProjScaleAtNatOriginGeoKey (tag 3092)
- ProjScaleAtCenterGeoKey (tag 3093)
- ProjAzimuthAngleGeoKey (tag 3094)
- ProjStraightVertPoleLongGeoKey (tag 3095)