

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 พื้นหลักฐานทางยิปอดีซี (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 ความครบถ้วนของรูปลักษณะทางภูมิศาสตร์.....	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. / วันที่มีการนำไปประกาศใช้เป็นมาตรฐานฯ :

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)	ระยะทางที่วัดตามแนวสายตั้งจากพื้นผิวที่ย่อจลจนถึงจุดที่สนใจ

### 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

วิธีการสำรจนำเข้าข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมีอยู่หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปคือการคำนวณค่าพิกัดทางราบและทางตั้งโดยวิธีการทางโฟโตแกรมเมตรีจากภาพคู่ทรวดทรง (stereopair) นอกจากนี้ยังวิธีสำรจนำข้อมูลที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ทำให้ความสะดวกรวดเร็วและความละเอียดถูกต้องสูงคือ IFSAR และ LIDAR รวมทั้งวิธีการสำรจนำเข้าข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขจากข้อมูลข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขหรือข้อมูลแผนที่ที่มีอยู่เดิม

ตามปกติแล้วโอกาสที่ลักษณะภูมิประเทศจะมีการเปลี่ยนแปลงจนทำให้ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขมีไม่มากนัก และถ้ามีเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นก็มักครอบคลุมบริเวณที่ไม่กว้างขวางนัก การบำรุงรักษาข้อมูลจึงไม่จำเป็นต้องกระทำในพื้นที่ทั้งหมด อาจพิจารณากระทำเฉพาะในพื้นที่ที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศจนทำให้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขเดิมไม่ถูกต้องทำให้สามารถทำการปรับปรุงแก้ไขข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขได้อย่างรวดเร็วและใช้งบประมาณไม่มากนัก

### 3. ขอบเขตของข้อกำหนด (Specification scopes)

มาตรฐานข้อกำหนดสมบัติเฉพาะของข้อมูล FGDS ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขฉบับนี้ จะอธิบายสมบัติเฉพาะที่สำคัญของชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข โดยเฉพาะรายละเอียดรายการและนิยามที่ชัดเจนของข้อมูลภูมิศาสตร์ และเกณฑ์คุณภาพของข้อมูล ในขณะที่ข้อกำหนดวิธีการในการสำรจนำข้อมูลนั้น 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



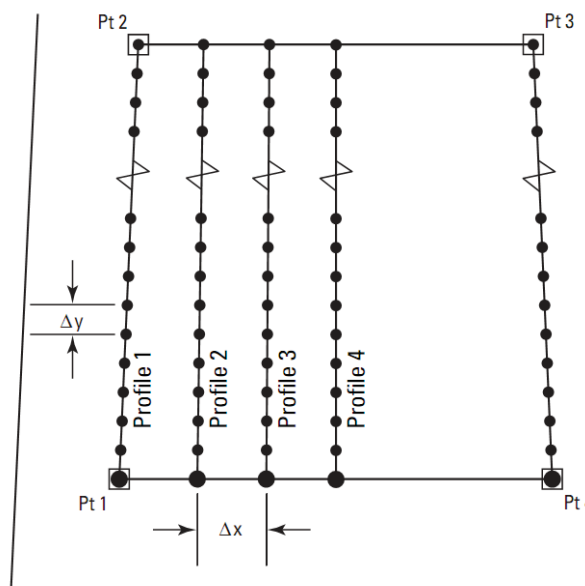
ตารางที่ 3 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับชั้นข้อมูล FGDS ความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

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



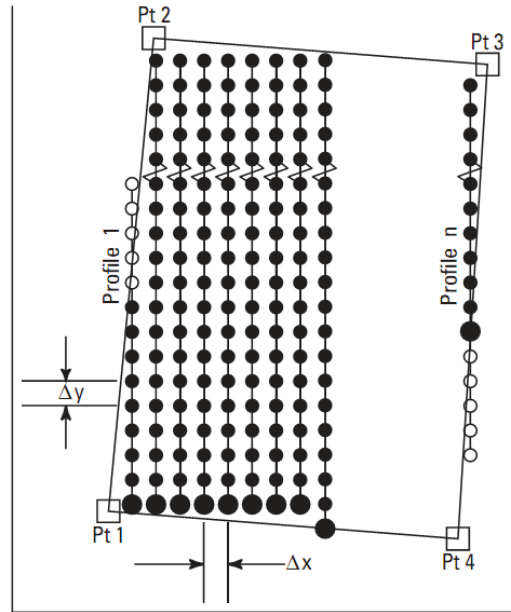
รูปที่ 1 ผังข้อมูลแบบอ้างอิงระบบพิกัดเดียวกัน

(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 จัดทำขึ้นภายใต้โครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพยากรสิ่งแวดล้อมของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ การจัดเก็บข้อมูลสอดคล้องกับระวางแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีโสีเชิงเลขมาตราส่วน 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 จัดทำขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของโครงการเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตแผนที่เชิงเส้น 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 ลิบตา ฟลิปดา ค่าความสูงอ้างอิง MSL มีหน่วยเป็นเมตร ขนาดระวาง 1องศา×1องศา ระยะห่างระหว่างจุด 1 ฟลิปดา มีขอบเขตครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยทั้งประเทศสอดคล้องกับแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 พื้นที่ในเซลล์ (โดยเฉพาะในเซลล์บริเวณชายแดนและมหาสมุทร) ที่ไม่มีข้อมูลแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 ก็จะไม่มีความสูงภูมิประเทศ (void)

5) ชั้นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:250,000 ปัจจุบันชุดข้อมูลนี้ในประเทศไทยยังไม่มีหน่วยงานใดรับผิดชอบ ค่าพิกัดทางราบอ้างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ (ละติจูด ลองจิจูด) บนพื้นหลักฐาน WGS84 มีหน่วยเป็นองศา ลิบตา ฟลิปดา ค่าความสูงอ้างอิง MSL มีหน่วยเป็นเมตร ขนาดระวาง 1องศา×1องศา ระยะห่างระหว่างจุด 3 ฟลิปดา 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

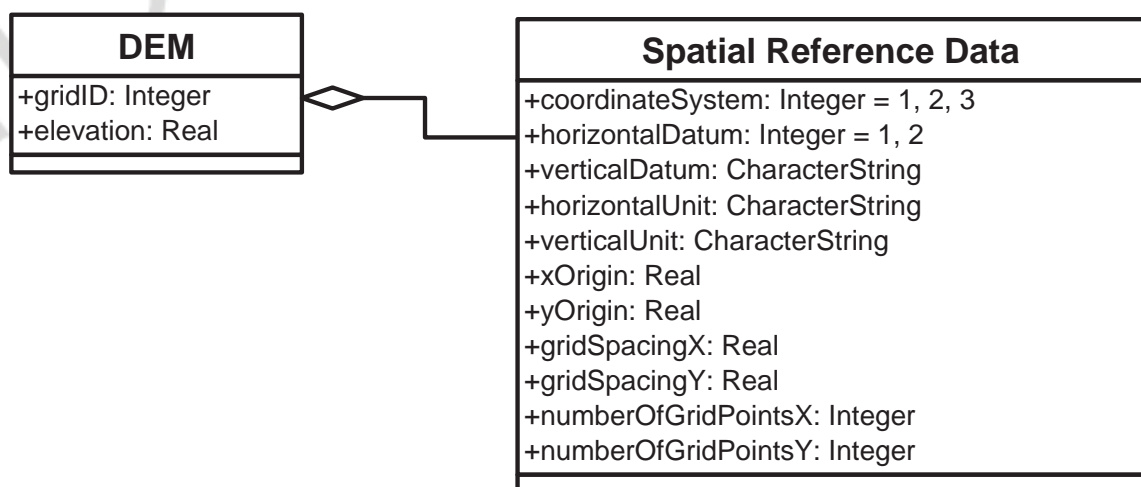
ตารางที่ 4 รายการเนื้อหาข้อมูลในชุดข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

ชื่อ	ชนิด	คำอธิบาย	ความสำคัญ	หมายเหตุ
gridID	Integer	หมายเลขประจำจุดกริดหรือกริดเซลล์ 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 นี้มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5 ต่อไปนี้

ตารางที่ 5 รายการข้อมูลอ้างอิงเชิงพื้นที่ (spatial reference data) ในชุดข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

ชื่อ	ชนิด	คำอธิบาย	ความสำคัญ	Domain / หมายเหตุ
coordinateSystem	Integer	รหัสของระบบพิกัดอ้างอิงของข้อมูลกริด	บังคับ	1 = ระบบพิกัดทางย็อดเดซี 2 = ระบบพิกัด UTM 47 3 = ระบบพิกัด UTM 48
horizontalDatum	Integer	รหัสพื้นฐานอ้างอิงทางราบ	บังคับ	1 = WGS84 2 = Indian1975
verticalDatum	Character String	พื้นฐานอ้างอิงทางตั้ง	บังคับ	
horizontalUnit	Character String	หน่วยค่าพิกัดทางราบ	บังคับ	
verticalUnit	Character String	หน่วยค่าพิกัดทางตั้ง (ค่าระดับ)	บังคับ	
xOrigin	Real	ค่าพิกัดทาง X ของจุดมุมล่างซ้าย	บังคับ	ค่า Easting ในกรณีค่าพิกัด UTM หรือค่า Longitude ในกรณีระบบพิกัดทางย็อดเดซี
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:	

**Feature Attribute**

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) โดยระบบพิกัดอ้างอิงแต่ละระบบจะประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ

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

การเลือกใช้ระบบพิกัดอ้างอิงจึงขึ้นกับพื้นหลักฐานฯ และรูปแบบของค่าพิกัด และระบบพิกัดอ้างอิงสำหรับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (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 ที่จัดทำโดยการทำงานรังวัดภาคพื้นดินด้วยวิธีถ่ายสามเหลี่ยมและงานวงรอบ 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

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

โดยที่ค่าพิกัดฉาก ( $x, y, z$ ) เป็นค่าพิกัดในระบบพิกัดฉากยึดติดโลก อธิบายไว้ในหัวข้อต่อไป

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

## 6.2 รูปแบบระบบพิกัด

รูปแบบระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงในการบอกตำแหน่งพิกัดของข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐานของประเทศไทย ให้เลือกใช้ได้ 3 รูปแบบ คือ พิกัดฉากยึดติดโลก (Earth-fixed coordinates) พิกัดทางยี่อเดซีหรือระบบพิกัดรูปทรงรี (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) **ระบบพิกัดทางยี่อเดซี** บอกค่าพิกัดเป็น  $(\phi, \lambda, h)$  ระบบนี้ใช้รูปทรงรีที่เป็นตัวแทนสัญญาณของโลกและเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการคำนวณ ดังนั้นรูปทรงรีนี้คือส่วนหนึ่งของพื้นหลักฐานทางยี่อเดซีในข้อ 6.1 ข้างบนนั่นเอง มุมที่เส้นตั้งฉากกับพื้นผิวรูปทรงรีที่จุดใด ๆ  $P$  กระทำกับระนาบศูนย์สูตรคือค่าละติจูด  $\phi$  ของจุด  $P$  มุมระหว่างระนาบเมริเดียนที่ผ่าน  $P$  กับระนาบเมริเดียนกรีนิช คือค่าลองจิจูด  $\lambda$  ของจุด  $P$  ส่วนระยะตามแนวเส้นตั้งฉากจากจุด  $P$  จนถึงพื้นผิวรูปทรงรี คือ ความสูงเหนือรูปทรงรี  $h$
- 3) **ระบบพิกัดแผนที่ UTM** – UTM เป็นตัวย่อของ Universal Transverse Mercator เป็นวิธีการฉายแผนที่ (map projection) บอกค่าพิกัดแผนที่เป็น (N, E) ค่า N คือระยะเหนือ (northing) และ ค่า

E คือระยะตะวันออก (easting) ค่าทั้งสองคือพิกัดตำแหน่งทางราบคำนวณมาจากค่า  $(\phi, \lambda)$  ของค่าพิกัดทางยี่อเดซี

### 6.3 ความสูง

ระบบอ้างอิงค่าความสูงของข้อมูลภูมิสารสนเทศมี 3 ระบบ คือ ค่าระดับ (elevation) ความสูงออร์โทเมตริก (Orthometric height) และความสูงเหนือทรงรี (Ellipsoidal height) ซึ่งสามารถเลือกใช้ให้กับชุดข้อมูลภูมิสารสนเทศพื้นฐาน (FGDS) ของประเทศไทย ตามความเหมาะสม แต่ต้องอธิบายระบบอ้างอิงค่าความสูงที่ใช้ไว้ในคำอธิบายข้อมูล (metadata) ของชุดข้อมูลนั้นให้ชัดเจน

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

ในการคำนวณค่าพิกัดที่ใช้รูปทรงรีเป็นพื้นผิวอ้างอิงได้ค่าพิกัดตำแหน่งทางราบเป็นละติจูดและลองจิจูดทางยี่อเดซี  $(\phi, \lambda)$  และมีความสูงของจุดนั้นเป็นความสูงเหนือรูปทรงรี  $h$  ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงออร์โทเมตริกและความสูงเหนือทรงรี คือ

$$h = H + N$$

ค่า  $N$  ในสมการข้างบนเรียกว่า ความสูงยี่อเดซี (Geoidal height) ค่าความสูงยี่อเดซีนี้คำนวณได้จากรูปจำลองยี่อเดซี 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 ทั้งนี้จะต้องมีการแสดงเหตุผลที่มาของความไม่ครบถ้วนนั้นว่าเป็นเหตุสุดวิสัยด้วย

ตารางที่ 6 เกณฑ์ความครบถ้วนของรูปลักษณ์ทางภูมิศาสตร์ ในชุดข้อมูล FGDS ความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

ที่	รายการรูปลักษณ์ข้อมูล	จำนวนข้อมูลที่ขาดไป (m <sup>2</sup> )	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: 1องศา×1องศา

### 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: 1องศา X 1องศา

## 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	ข้อมูลอธิบายสารบัญเพิ่มของรูปลักษณะ (กรณีข้อมูลแบบเวกเตอร์)	Conditional	รายการที่ 1.1 ถึง 1.5
1.1	complianceCode [0..1]	รหัสที่บอกถึงการได้ตาม ISO19110 ของสารบัญเพิ่มฯ	Optional	Boolean
1.2	language [0..*]	ภาษาที่ใช้ในสารบัญเพิ่มฯ	Optional	CharacterString
1.3	includeWithDataset	รหัสที่บอกว่าสารบัญเพิ่มฯ ได้ถูกใส่รวมไว้ในชุดข้อมูล	Mandatory	Boolean
1.4	featureTypes [0..*]	รายการรูปลักษณะข้อมูลในสารบัญเพิ่มฯ ที่ปรากฏในชุดข้อมูล	Optional	GenericName
1.5	featureCatalogueCitation [1..*]	ข้อมูลอ้างอิงของสารบัญเพิ่มฯ 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 องค์ประกอบฯ)	Mandatory	รายการที่ 2.1 – 2.7
2.1	nameOfMeasure [0..*]	ชื่อตัวชี้วัดคุณภาพข้อมูล	Optional	Char (Free text)
2.2	measuredIdentification [0..1]	ข้อมูลบ่งชี้ตัวชี้วัดฯ	Optional	MD_Identifier
2.3	measureDescription [0..1]	คำอธิบายตัวชี้วัดฯ	Optional	Char (Free text)
2.4	evaluationMethodType [0..1]	ชนิดของวิธีการประเมิน คุณภาพข้อมูล	Optional	DQ_Evaluation MethodTypeCode
2.5	evaluationProcedure [0..1]	กระบวนการประเมิน คุณภาพฯ	Optional	CI_Citation
2.6	dateTime [0..*]	วันที่ของคุณภาพข้อมูล	Optional	DateTime
2.7	result [1..2]	ผลการประเมินคุณภาพ ข้อมูล	Mandatory	DQ_Result

อนึ่ง Metadata สำหรับชุดข้อมูล FGDS ให้จัดทำในรูปแบบฟอร์แมตและวิธีการเข้ารหัสข้อมูล ตามมาตรฐาน ISO19139

## 10. การสำรavnนำเข้าข้อมูล (Data capture)

วิธีการสำรavnนำเข้าข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่สามารถนำมาใช้เพื่อให้ได้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศที่มีลักษณะตามที่กำหนดในข้อกำหนดนี้มีอยู่หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปมี 3 วิธี คือ

### 10.1 Stereo photogrammetry

เป็นวิธีการทางโฟโตแกรมเมตรีที่เก็บข้อมูลความสูงภูมิประเทศจากแบบจำลองภาพทรวดทรงซึ่งอาจเป็นภาพคู่ทรวดทรงจากภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายจากดาวเทียม ในอดีตจะต้องใช้คนในการวัดค่าพิกัดของจุดบนภาพถ่ายทรวดทรงทำให้ใช้เวลาค่อนข้างมาก แต่ในปัจจุบันได้มีการใช้เทคโนโลยีการจับคู่จุดบนภาพถ่าย (image point matching) แบบอัตโนมัติมาช่วยในการวัดค่าพิกัดของจุดบนภาพถ่ายทรวดทรงจึงสามารถลดเวลาการทำงานลงได้มาก การสำรavnนำเข้าข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขโดยวิธีการทางโฟโตแกรมเมตรีจากภาพคู่ทรวดทรงอาจแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนหลักดังนี้

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

นำมาพิจารณาคือระดับความละเอียดถูกต้องของข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่ต้องการซึ่งสามารถแสดงได้ตั้งสมการต่อไปนี้

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

โดยที่  $\sigma_h$  คือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความสูงภูมิประเทศ

$H$  คือค่าความสูงบินเหนือภูมิประเทศ

$f$  คือค่าความยาวโฟกัสของเลนส์ของกล้องถ่ายภาพ

$B$  คือค่าระยะห่างระหว่างภาพถ่ายหรือระยะฐานบิน

$\sigma$  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

ในกรณีที่ไม่มีทราบค่าพารามิเตอร์ของภาพถ่ายที่จัดทำมาจะต้องมีการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของภาพถ่ายโดยวิธีถ่ายสามเหลี่ยมอากาศ (aerotriangulation) ในการปฏิบัติงานถ่ายสามเหลี่ยมอากาศนั้นจำเป็นต้องมีการวัดค่าพิกัดของจุดบนภาพถ่ายจำนวนมาก จุดเหล่านี้เมื่อพิจารณาบนพื้นดินสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ จุดที่ไม่ทราบค่าพิกัดบนพื้นดิน เรียกว่า จุดผ่าน/จุดเชื่อมโยง (pass/tie point) และจุดที่ทราบค่าพิกัดบนพื้นดิน เรียกว่า จุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point, GCP) ซึ่งเป็นจุดที่ต้องไปสำรวจหาค่าพิกัดภาคสนาม ในปัจจุบันมีระบบถ่ายภาพทั้งทางอากาศหรือจากดาวเทียมที่สามารถให้ค่าพารามิเตอร์ของภาพถ่ายได้ แต่ระบบดังกล่าวส่วนใหญ่ให้ค่าพารามิเตอร์ที่มีความละเอียดถูกต้องต่ำกว่าที่ต้องการทำให้ยังมีความจำเป็นต้องปฏิบัติงานถ่ายสามเหลี่ยมอากาศเพื่อคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ที่มีความละเอียดถูกต้องตามความต้องการอยู่

เก็บข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ในทางโฟโตแกรมเมตรีเมื่อทราบค่าพารามิเตอร์ของภาพถ่ายแล้วเราสามารถรังวัดค่าพิกัดของจุดบนภาพถ่ายอย่างน้อย 2 ภาพเพื่อคำนวณหาค่าพิกัด 3 มิติบนพื้นดินได้ ในปัจจุบันนิยมใช้สถานีงานโฟโตแกรมเมตรี (digital photogrammetric workstation) ในการเก็บข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขซึ่งมีขีดความสามารถในการรังวัดค่าพิกัดบนภาพถ่ายแบบอัตโนมัติโดยใช้การจับคู่จุดบนภาพถ่าย แต่การปฏิบัติงานดังกล่าวยังมีข้อจำกัดอยู่มากทำให้ไม่สามารถปฏิบัติงานดังกล่าวได้อย่างสมบูรณ์แบบจำเป็นต้องใช้คนตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลที่ได้มาจากการรังวัดอัตโนมัติ ในกรณีที่ได้จากการรังวัดมีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ 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 คาระดับ แต่ค่าความสูงที่ได้จากระบบ LIDAR มักเป็นค่าความสูงที่คำนวณมาจากการรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสซึ่งเป็นค่าความสูงเหนือทรงรี จำเป็นที่จะต้องได้รับการแปลงค่าไปสู่คาระดับต่อไป กระบวนการแปลงค่าความสูงดังกล่าวอาจทำให้ระดับความถูกต้องของข้อมูลเปลี่ยนไปเรื่องนี้จึงเป็นประเด็นที่ควรมีการพิจารณาอย่างรอบคอบดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

### 10.3 Interferometric Synthetic Aperture Radar (IFSAR)

IFSAR มีหลักการคล้ายกับ LIDAR แต่ใช้คลื่นไมโครเวฟแทนคลื่นแสง IFSAR จะส่งคลื่นไมโครเวฟไปยังวัตถุ คลื่นที่สะท้อนกลับมาจากวัตถุจะถูกบันทึกไว้ผ่านจานสายอากาศ 2 จาน ข้อมูลที่บันทึกไว้จะนำมาประมวลผลเพื่อวัดความต่างเฟสแล้วคำนวณออกมาเป็นระยะทางไปยังวัตถุ นั้น จากนั้นจึงนำค่าตำแหน่งและการวางทิศทางที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสและ INS มาคำนวณร่วมกับคาระยะดังกล่าวได้เป็นค่าพิกัด 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)

ในอดีตการผลิตข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขเป็นงานที่ยุงยากต้องใช้งบประมาณและระยะเวลาในการปฏิบัติงานมาก ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขส่วนใหญ่มักได้รับการผลิตขึ้นโดยเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตแผนที่ภูมิประเทศหรือภาพออร์โท เมื่อมีการปรับปรุงแก้ไขแผนที่ภูมิประเทศหรือภาพออร์โธในพื้นที่ใดก็มักจะมีการปรับปรุงข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขในพื้นที่นั้นควบคู่กันไป วงรอบการปรับปรุงแก้ไขแผนที่ภูมิประเทศมักมีระยะเวลาที่ยาวนานเนื่องจากการปรับปรุงแก้ไขแผนที่ภูมิประเทศใช้เวลานานรวมทั้งยังใช้งบประมาณสูง แผนที่ภูมิประเทศบางชุดไม่มีวงรอบการปรับปรุงแก้ไขทำให้ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขก็ไม่ได้รับการปรับปรุงแก้ไข ปัจจุบันมีเทคโนโลยี IFSAR และ LIDAR ช่วยให้การผลิตข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขสามารถกระทำได้สะดวก



รวดเร็ว มีความถูกต้องสูงรวมทั้งใช้งบประมาณน้อยลง ทำให้สามารถผลิตและการบำรุงรักษาข้อมูลได้โดยไม่จำเป็นต้องขึ้นอยู่กับวงรอบของการปรับปรุงแก้ไขแผนที่ภูมิประเทศหรือภาพออร์โธ

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงการที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะภูมิประเทศจนทำให้ต้องมีการการแก้ไขปรับปรุงข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขก็จะเห็นได้ว่ามีโอกาสน้อยมาก 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

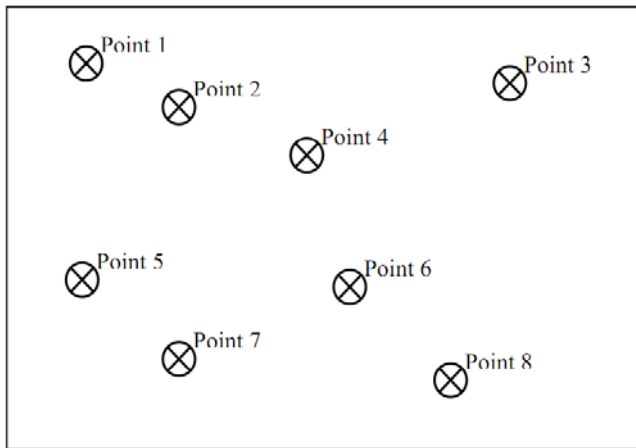
2) ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบกริด เป็นการบันทึกค่าระดับของจุดโดยมีระยะห่างระหว่างจุดคงที่ในสองทิศทางคือ เหนือ-ใต้และตะวันออก-ตะวันตก ดังรูปที่ 4 (ข) ในการบันทึกข้อมูลแบบนี้ถ้ากำหนดค่าพิกัดทางราบ ณ จุดใดจุดหนึ่ง (ตามปกติมักเป็นจุดที่อยู่มุมล่างซ้ายของพื้นที่) ก็จะสามารถหาค่าพิกัดของจุดใดๆ ในข้อมูลได้โดยคำนวณจากค่าพิกัดของจุดอ้างอิง ลำดับของจุดเมื่อเทียบกับจุดอ้างอิง และระยะห่างระหว่างจุด ทำให้ไม่จำเป็นต้องบันทึกค่าพิกัดทางราบสำหรับทุกจุด ข้อมูลแบบกริดนี้สามารถพิจารณาได้ว่าเป็นข้อมูลแบบจุดภาพ (raster data) โดยมีค่าระดับที่เทียบได้กับ digital number ของภาพถ่าย จึงมีเรื่องที่ต้องพิจารณาเกี่ยวกับความละเอียดของการบันทึกข้อมูลคล้ายกับภาพถ่าย ถ้าการบันทึกข้อมูลมีความละเอียดต่ำหรือมีระยะห่างระหว่างจุดมาก ข้อมูลก็อาจแสดงลักษณะของพื้นที่ได้ไม่เหมือนกับพื้นผิวภูมิประเทศจริง โดยเฉพาะในกรณีที่พื้นผิวภูมิประเทศมีความขรุขระหรือมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกระตันทัน (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) ที่กำหนดจากค่าระดับของจุดที่ทราบค่าแล้วจำนวนหนึ่งที ล้อมรอบจุดๆ นั้น คุณสมบัติที่สำคัญของข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบกริดคือเป็นข้อมูลที่มีความสะดวกในการนำไปดำเนินการวิธีจึงทำให้ข้อมูลแบบนี้มีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย

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

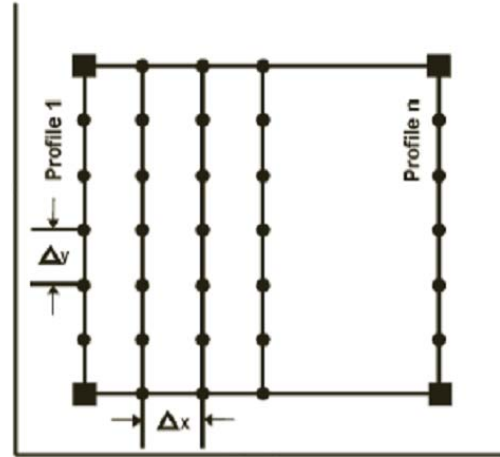
4) ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบ TIN เป็นข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขที่ถูกบันทึกไว้แบบจุดพิกัดที่มืองค์ประกอบเป็นจุด (node) และด้าน (edge) รวมกันเป็นรูปสามเหลี่ยมเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่าย ดังรูปที่ 4 (ง) การบันทึกข้อมูล TIN มักกระทำในลักษณะของโครงสร้างเชิงทอพอโลยี (topological structure) ที่เก็บความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ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

จุดในข้อมูล TIN ไม่จำเป็นต้องคงที่จึงสามารถเลือกการกระจายของจุดให้สอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศได้ทำให้ข้อมูล TIN เป็นข้อมูลที่แสดงลักษณะภูมิประเทศได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง โดยทั่วไปแล้ว TIN มักได้มาจากการนำข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบจุดมาจัดให้อยู่ในลักษณะของโครงสร้างเชิงทอพอโลยี โครงสร้างข้อมูลในลักษณะนี้มีความซับซ้อนแต่มีข้อดีคือสามารถนำไปดำเนินการวิธีได้หลากหลายโดยเฉพาะ การนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในด้านต่างๆ

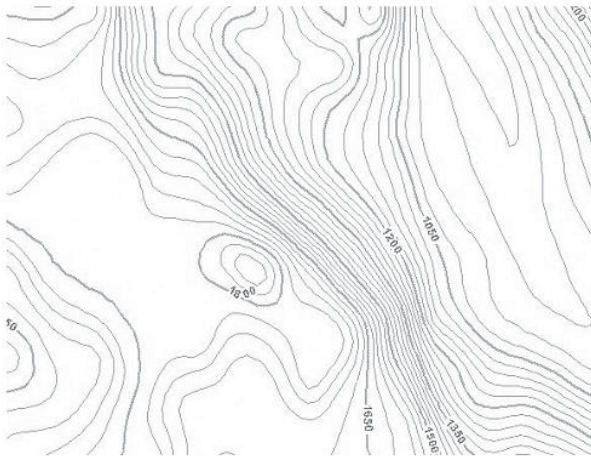
5) ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขแบบโพรไฟล์ เป็นการบันทึกค่าระดับของจุดโดยมีลักษณะเป็นเส้นที่เชื่อมจุดต่างๆ ที่ทราบค่าพิกัดสามมิติ ดังรูปที่ 4 (จ) ค่าระดับของจุดเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องเท่ากันดังในกรณีของเส้นชั้นความสูง และระยะห่างระหว่างจุดไม่จำเป็นต้องคงที่ โพรไฟล์อาจเป็นเส้นตรงหรือไม่ก็ได้ มักบันทึกในแฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์นิยมบันทึกเป็นข้อมูลแบบจุดพิกัดโดยบันทึกข้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



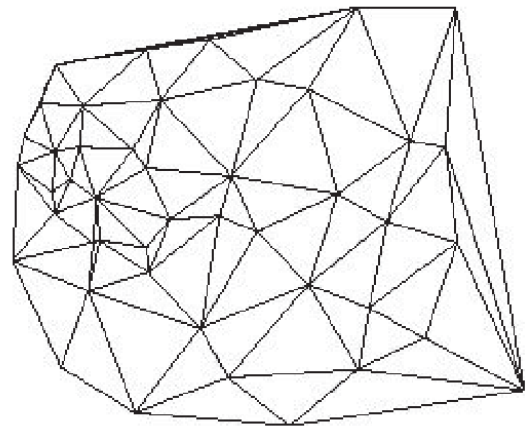
(ก) ข้อมูลแบบจุด



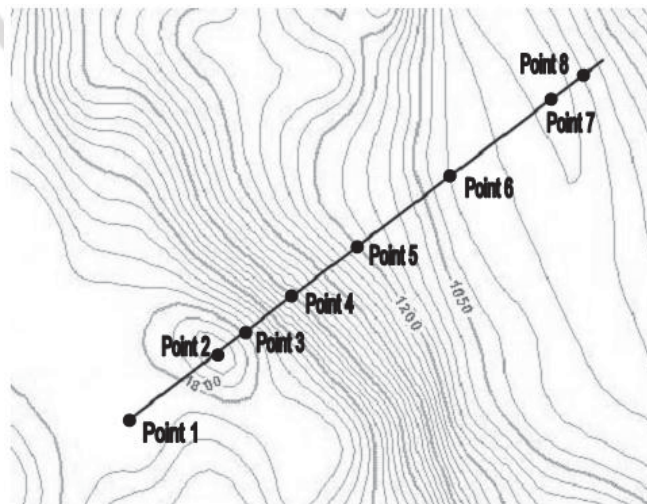
(ข) ข้อมูลแบบกริด



(ค) เส้นชั้นความสูง



(ง) TIN



(จ) โปรไฟล์

**รูปที่ 4** ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลข

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