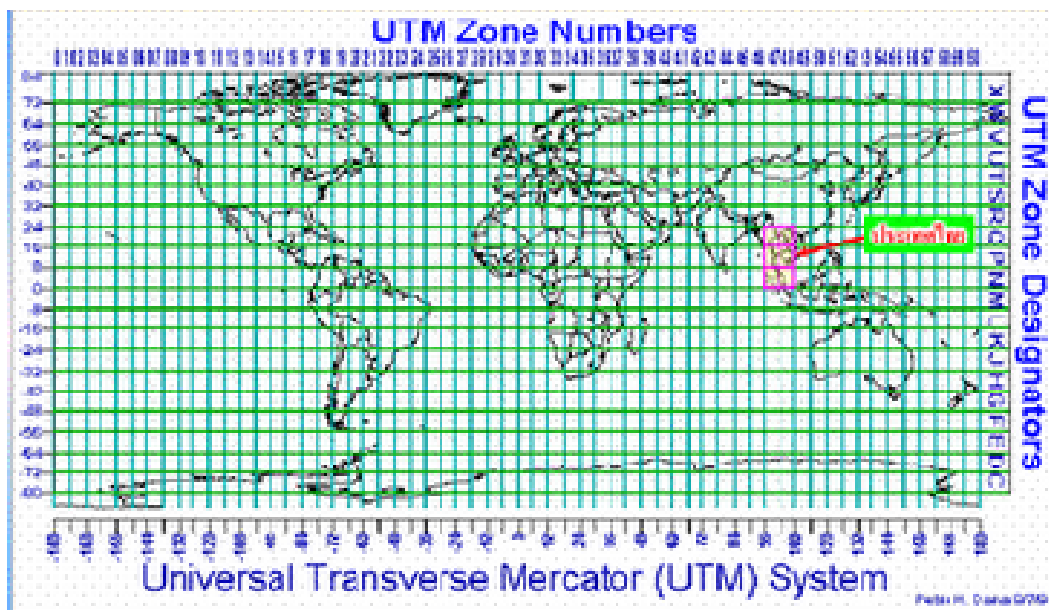


ระบบพิกัด UTM



กลุ่มแผนที่

สำนักจัดการแผนที่และสารบบที่ดิน

คำนำ

เมื่อวันที่ ๑๘ พฤษภาคม ๒๕๕๗ คณะรัฐมนตรี มีมติเห็นชอบให้มีการพิจารณาปรับปรุงระบบเอกสารสิทธิในที่ดินทั้งหมด โดยเอกสารสิทธิในที่ดินของบุคคลให้เป็นโฉนดที่ดินเพียงประเภทเดียว และการออกเอกสารสิทธิในที่ดินของรัฐให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงได้ร่าง “ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยมาตรฐานระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ พ.ศ. ๒๕๕๐” และคณะรัฐมนตรีมีมติเห็นชอบ และได้ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๑๒๔ ตอนพิเศษ ๓ ง เมื่อวันที่ ๑๑ มกราคม ๒๕๕๐ ตามระเบียบดังกล่าวข้อ ๔ ให้มีคณะกรรมการคณะหนึ่ง เรียกว่า คณะกรรมการกำหนดมาตรฐานระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ เรียกโดยย่อว่า “ กมร.” และข้อ ๒๑ “ ระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ ที่ได้จัดทำขึ้นก่อนวันที่ระเบียบนี้ใช้บังคับให้ส่วนราชการดำเนินการปรับระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินดังกล่าวให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในระเบียบนี้ และส่งสำเนาแผนที่รูปแปลงที่ดินและข้อมูลดิจิทัลให้แก่กรมที่ดิน เพื่อจัดทำฐานข้อมูลในระบบภูมิสารสนเทศ ทั้งนี้ ภายในหนึ่งปีนับแต่วันที่ระเบียบนี้มีผลบังคับใช้” ระเบียบดังกล่าวเพื่อจัด สงวน และรักษาที่ดินของรัฐให้มีระบบและมาตรฐานเดียวกัน มิให้เกิดปัญหาข้อโต้แย้งต่าง ๆ เพื่อจัดเก็บสำเนาแผนที่ เพื่อให้แต่ละหน่วยงานที่มีแนวทางการดำเนินงานที่แตกต่างกัน สามารถดำเนินงานสอดคล้องเป็นรูปธรรม ประกอบกับมิได้มีการจัดทำฐานข้อมูลแผนที่ของรัฐในระบบภูมิสารสนเทศ และจากการประชุมคณะกรรมการ กมร. ครั้งที่ ๒ วันที่ ๑๕ ตุลาคม ๒๕๕๐ มติที่ประชุมเห็นชอบ ระบบพิกัดให้ใช้ระบบพิกัด UTM บนพื้นหลักฐานอ้างอิงได้ ๒ พื้นหลักฐาน คือ Indian ๑๙๗๕ และ WGS ๘๔ จากระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยมาตรฐานระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ พ.ศ. ๒๕๕๐ เป็นการกำหนดการรังวัดแปลงที่ดินงานชิ้นหนึ่ง

การจัดทำแผนที่รูปแปลงที่ดินงานชิ้นหนึ่ง ระบบพิกัด UTM Indian ๑๙๗๕ ของสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (ส.ป.ก.) จำเป็นต้องสร้างหมุดหลักฐานแผนที่ค่าพิกัด UTM Indian ๑๙๗๕ ให้ครอบคลุมพื้นที่เขตปฏิรูปที่ดินเป็นภารกิจและหน้าที่ของกลุ่มแผนที่ ที่ต้องดำเนินงานดังกล่าวให้สอดคล้องตามระเบียบของทางราชการ โดยการสำรวจวางโครงหมุดหลักฐานแผนที่ด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (GPS) จึงรวบรวมเรียบเรียงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องให้รู้และเข้าใจการกำหนดค่าระบบพิกัดนี้ให้ชัดเจน และเพื่อประโยชน์เป็นการเพิ่มพูนขยายองค์ความรู้ด้านการสำรวจ การวัดระยะค่าตัวคูณมาตราส่วน (K) สอดคล้องโปรแกรม ALRO Survey และตามระเบียบสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม ว่าด้วย มาตรฐานระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ พ.ศ. ๒๕๕๗

กลุ่มแผนที่

พฤศจิกายน ๒๕๕๘

สารบัญ

1.ความคิดพื้นฐานในการสำรวจ	4
2.กำหนด Ellipsoids	5
3.กำหนด Transformation	10
4.กำหนด Projections	12
5.กำหนด Coordinate Systems	14
6.กำหนดค่าความสูงในการประมวลผล	19
7.การวัดระยะ (Distance Measurement)	21
8.ระยะทาง / อะซิมุท / ค่าระดับ	26
9.กราฟแสดงการหาค่ามาตราส่วนลดทอน (Scale factor/K)	28
10.บัญชีแสดงค่าตัวคูณมาตราส่วน (K)	29
11.กรมที่ดิน สูตรการคำนวณค่าตัวคูณมาตราส่วน หรือ ค่า K	32
12.ระเบียบสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม ว่าด้วยมาตรฐาน ระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ พ.ศ.2557	36
13.โปรแกรม ALRO Survey การคำนวณในระบบ UTM	37
14.เอกสารอ้างอิง	38

ระบบพิกัด UTM

ความคิดพื้นฐานในการสำรวจ รูปร่างและขนาดของโลก

ด้วยจำเป็นต้องมีการคำนวณเกี่ยวกับโลก จึงต้องหารูปทรงคณิตศาสตร์ที่ใกล้เคียงกับรูปทรงจริงของโลก มาใช้ในการคำนวณ จึงกำหนดขั้นตอน คือ

1. สมมติให้ระดับน้ำทะเลทั่วโลกลดแทรกใต้แผ่นดินเชื่อมต่อกัน ได้รูปทรงเรียกว่า จีออยด์ (Geoid) ซึ่งเป็นรูปทรงที่มีผิวโค้งไม่สม่ำเสมอ ยังไม่ใช่รูปทรงคณิตศาสตร์แท้ตามต้องการ

2. สมมติรูปทรงที่มีขนาดใกล้เคียงจีออยด์ ที่เรียกว่า เอลลิปซอยด์ (Ellipsoid) ใช้เป็นพื้นฐานในการคำนวณเกี่ยวกับโลก ซึ่งบางครั้งเรียกรูปทรงชนิดนี้ว่า สเฟียรอยด์ (Spheroid)

ในการคำนวณหาค่า เอลลิปซอยด์ ของโลกแล้ว 6 ครั้ง คือ

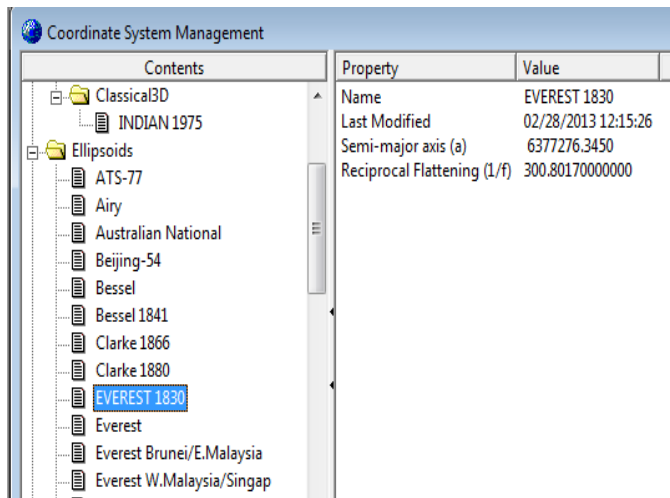
1. Everest Ellipsoid เมื่อ ค.ศ. 1830
2. Bessel Ellipsoid เมื่อ ค.ศ. 1841
3. Clarke Ellipsoid เมื่อ ค.ศ. 1866
4. Clarke Ellipsoid เมื่อ ค.ศ. 1880
5. International Ellipsoid เมื่อ ค.ศ. 1909
6. Astrogeodetic Ellipsoid เมื่อ ค.ศ. 1960

และเพื่อให้การทำแผนที่เป็นระบบเดียวกัน เลื่อนนำเอลลิปซอยด์ไปใช้เป็นพื้นฐานหลักฐาน ตามความเหมาะสม เช่น

- อเมริกาเหนือ ใช้ Clarke Ellipsoid เมื่อ ค.ศ. 1866
- ยุโรป ใช้ International Ellipsoid เมื่อ ค.ศ. 1909
- แอฟริกากลาง ใช้ Clarke Ellipsoid เมื่อ ค.ศ. 1880
- อินเดียและไทย ใช้ Everest Ellipsoid เมื่อ ค.ศ. 1830

จีออยด์ (Geoid) คือ เส้นรอบโลกชนิดหนึ่งเส้นแนวจากระดับน้ำทะเลปานกลางจึงแตกต่างจาก เอลลิปซอยด์เส้นรอบโลกรูปวงรีซึ่งโลกมีทั้งสูงและต่ำไม่ได้เป็นรูปวงรีตลอด แนวของเอลลิปซอยด์บนผิวน้ำจะอยู่สูงกว่าแนวของจีออยด์ เพราะมวลของหินส่วนใหญ่มีน้ำเข้าไปแทนที่ ประกอบกับแรงดึงดูดของโลกมีมาก ทำให้ระดับจีออยด์ต่ำกว่าเอลลิปซอยด์ ส่วนบนทวีประดับจีออยด์สูงกว่าเอลลิปซอยด์ เพราะมวลหินมีมาก แรงดึงดูดสู่ศูนย์กลางก็น้อยตาม ทำให้แนวระดับน้ำทะเลสูงตามด้วย

1.กำหนด Ellipsoids (พื้นหลักฐาน/พื้นผิวโค้งวงรี หมายถึง รูปทรงรีซึ่งเกิดจากการหมุนระนาบวงรีรอบแกนสั้น)



Datum	Reference ellipsoid
Indian 1975	Everest 1830 a = 6377276.345 b = 6356075.413
WGS 84	WGS 84 a = 6378137.0 b = 6356752.3142

Everest Spheroid 1830 (เอเวอร์เรสต์เฟียร์รอยด์ 1830) หมายถึง พื้นผิวโค้งทรงรี Ellipsoids ซึ่งมี ระยะกึ่ง

แกนยาว Semi-Major Axis (a) = 6,377,276.345 เมตร และ

อัตราการยุบตัว ค่า Recipical Flatting(1/f) = 300.8017

ซึ่งใช้เป็นขนาดมาตรฐานอ้างอิงในการคำนวณงานรังวัดชั้นสูง Geodetic Survey

-ระยะกึ่งแกนยาว (a) หมายถึง ระยะครึ่งหนึ่งของระยะแกนยาวของรูปวงรี = รัศมีตามแนวศูนย์สูตร

-ระยะกึ่งแกนสั้น (b) หมายถึง ระยะครึ่งหนึ่งของระยะแกนสั้นของรูปวงรี = รัศมีตามแนวขั้วโลก

- อัตราการยุบตัว (Flattening,f) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างผลต่างของระยะกึ่งแกนยาวและกึ่งแกนสั้นต่อระยะกึ่งแกนยาว หรือ $f = (a-b)/a$

ประเทศไทยใช้พื้นหลักฐาน (Local datum) เป็น Indian 1975 เพราะพื้นหลักฐานดังกล่าว รูปทรงรี ที่มี บางส่วนของพื้นผิวเข้ากันได้กับพื้นผิวโลกบริเวณประเทศไทย โดยกำหนดให้ผิว Ellipsoid สัมผัสกับผิว Geoid ที่ หมดหลักฐานแผนที่เขาสะแกกรัง จังหวัดอุทัยธานี

ประเทศไทยเริ่มใช้พื้นหลักฐาน พ.ศ.2442 เมื่อกรมแผนที่ประเทศอินเดียได้กำหนดสถานีรังวัดที่เขากะเลี่ยน เปอร์ ในประเทศอินเดีย เป็นศูนย์กำเนิดของพื้นหลักฐานอินเดีย (Indian Datum) แล้วทำการขยายโครงข่าย หมดหลักฐานมายังประเทศพม่าและต่อถึงเขตแดนไทยที่ เขาหลวง จ.ราชบุรี และปรับแก้แล้วเสร็จเมื่อปี พ.ศ. 2442 ซึ่งเรียกพื้นหลักฐานอินเดีย (Indian Datum) ภายหลังมีการปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมอีก 3 ครั้ง และ เรียกพื้นหลักฐานใหม่นี้ว่า พื้นหลักฐานอินเดีย 1975 (Indian 1975 Datum)

การปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมทั้ง 3 ครั้ง

พื้นหลักฐาน Indian 1916

ปี พ.ศ.2459 หน่วยบริการแผนที่ กองทัพบก สหรัฐอเมริกา (US Army Map Service) ได้มอบหมายให้หน่วยงาน US. Coast and Geodetic Survey ทำการคำนวณปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมในประเทศอินเดียและพม่าใหม่ โดยใช้ข้อมูลเดิมที่มีอยู่และข้อมูลใหม่จากการวัดดาราศาสตร์และเส้นฐานเพิ่ม เติม ทำให้ค่าพิกัดของจุดศูนย์กำเนิดที่เขากะเลียนเปอร์ มีการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นค่าพิกัดที่เขาลวงจึงเปลี่ยนแปลงตาม เรียกผลลัพธ์ของการคำนวณปรับแก้ครั้งนี้ว่า พื้นหลักฐาน Indian 1916 ค่าพิกัดเขาลวงที่เปลี่ยนแปลงเป็นดังนี้คือ
ละติจูด $13^{\circ} 43' 28''$.690 เหนือ

ลองจิจูด $99^{\circ} 32' 21''$.520 ตะวันออก

พื้นหลักฐาน Indian 1954

ปี พ.ศ.2495 รัฐบาลไทยได้ร่วมกับรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ในโครงการจัดทำแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 จากระบบภาพถ่ายทางอากาศ เพื่อเพิ่มความหนาแน่นของโครงข่ายให้เพียงพอและทำให้ค่าพิกัดยี่ห้อเดซีในประเทศไทยมีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นประเทศไทยจึงทำการรังวัดขยายโครงข่ายสามเหลี่ยม โดยมีหน่วยงานบริการแผนที่กองทัพบกสหรัฐอเมริกาเป็นผู้ดำเนินการคำนวณปรับ แก้ใหม่ทั้งหมด โดยใช้หมุดสามเหลี่ยมบริเวณชายแดนไทย-พม่าจำนวน 10 หมุด เป็นหมุดควบคุมโครงข่าย และถือว่าหมุดควบคุมเหล่านี้ไม่มีความคลาดเคลื่อนค่าพิกัดของหมุดควบคุมโครงข่ายดังกล่าวได้จากผลการปรับแก้ในปี พ.ศ.2459 บนพื้นหลักฐาน Indian 1916 การคำนวณปรับแก้แล้วเสร็จในปี พ.ศ.2497 จึงเรียกผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับแก้ครั้งนี้ว่า พื้นหลักฐาน Indian 1954 มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

จุดศูนย์กำเนิดพื้นหลักฐาน เขากะเลียนเปอร์ ประเทศอินเดีย

ละติจูด $24^{\circ} 07' 11''$.26 เหนือ

ลองจิจูด $77^{\circ} 39' 11''$.57 ตะวันออก

อะซิมุมแรกออกจากใต้ เขากะเลียนเปอร์ – สุรินทร์ $190^{\circ} 27' 05''$.10

รูปทรงรี เอเวอร์เรสต์ 1830

พื้นหลักฐาน Indian 1975

ปี พ.ศ.2518 องค์การแผนที่ กระทรวงกลาโหม สหรัฐอเมริกา (Defense Mapping Agency Hydrographic/Topographic Center : DMAHTC) ได้ทำการปรับแก้และย้ายศูนย์กำเนิดของพื้นหลักฐานจากเขากะเลียนเปอร์ ประเทศอินเดีย มาเป็นที่เขาสะแกกรัง จ.อุทัยธานี การปรับแก้ครั้งนี้ใช้เทคนิคการรังวัดจากดาวเทียมดอปเพลอร์จำนวน 9 สถานี ซึ่งตำแหน่งสัมพัทธ์ที่ได้จากการรังวัดดาวเทียมดอปเพลอร์ มีความถูกต้องสูงกว่าที่ได้จากงานโครงข่ายสามเหลี่ยม เป็นจุดควบคุมโครงข่ายสามเหลี่ยมซึ่งประกอบด้วย จำนวนหมุดสามเหลี่ยมทั้งสิ้น

426 สถานี เรียกผลลัพธ์จากการปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมในครั้งนี้ว่า พื้นหลักฐาน Indian1975 มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้ จุดศูนย์กำเนิดพื้นหลักฐาน เขาสะแกกรัง (หมุดสามเหลี่ยมหมายเลข 91) โดยการสกัด เป็นวงกลมลงบนหิน เป็นหมุดแผนที่ ซึ่งเป็นหมุดแผนที่ ซึ่งเป็น ๑ ใน ๓ ของหลักหมุดของโลก ในทวีปเอเชีย จุดที่ ๑ จากจุดศูนย์กำเนิด หลักหมุดที่ ๙๐ อยู่ที่เขากะเลี่ยนเปอร์ ประเทศอินเดีย จุดที่ ๒ หลักหมุดที่ ๙๑ อยู่ที่เขาสะแกกรัง อำเภอเมืองอุทัยธานี จุดที่ ๓ หลักหมุดที่ ๙๒ อยู่ที่ประเทศเวียดนาม

ละติจูด $15^{\circ} 22' 56''.0487$ เหนือ

ลองจิจูด $100^{\circ} 00' 59''.1906$ ตะวันออก

ความสูง ๑๔๐.๙๘ เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง และความสูงเหนือพื้นที่ย่อย -22.46 เมตร

รูปทรงรี เอเวอร์เรสท์ 1830

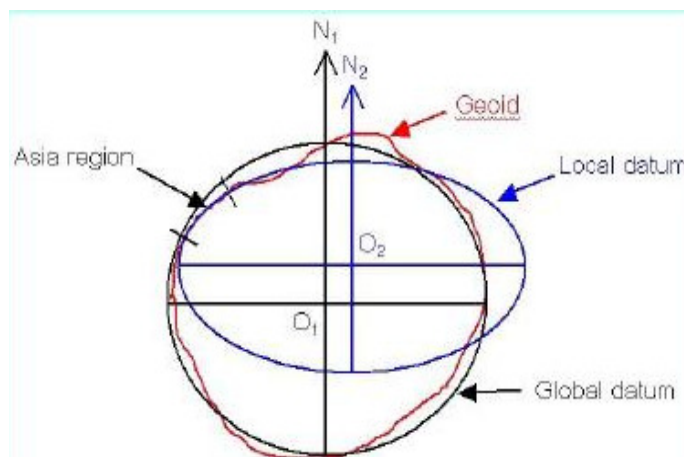


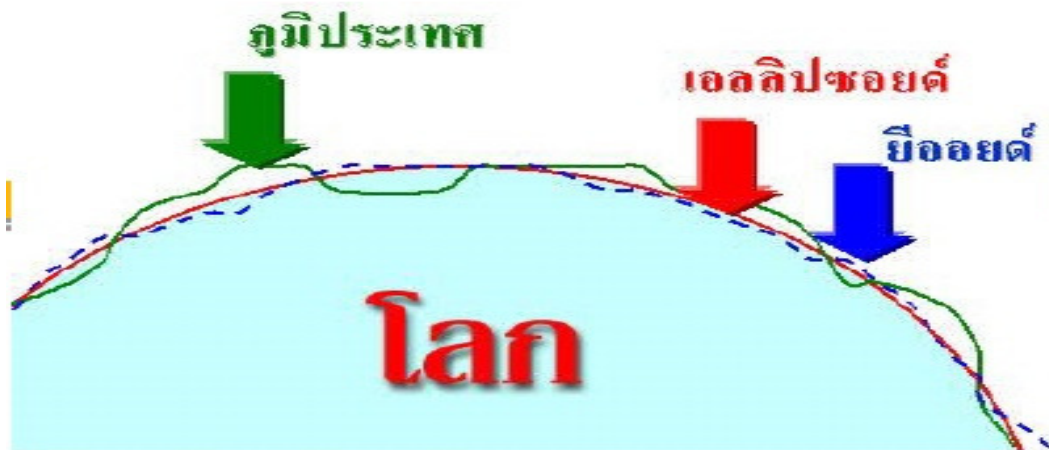
พื้นหลักฐาน WGS 1984 (Global datum) ใช้รูปทรงรีที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ศูนย์กลางมวลของโลก (Earth's center of mass) และใช้จุดดังกล่าวเป็นจุดกำเนิด (Origin) ของระบบพิกัด

ระยะกึ่งแกนยาว Semi-Major Axis (a) = 6378137.0 เมตร.

อัตราการยุบตัว ค่า Recipical Flattening($1/f$) = 298.257223563

Datum หรือ พื้นหลักฐาน เป็นการจำลองรูปทรงและขนาดของโลก ใช้รูปทรงรี จะบอกให้ทราบว่ารูปทรงรีที่ใช้อ้างอิงในการทำแผนที่พื้นผิวโลก มีตำแหน่งอยู่ที่ใดในเชิงสัมพันธ์กับศูนย์กลางของโลก





Earth Surface คือ พื้นผิวโลก (ภูมิประเทศ)

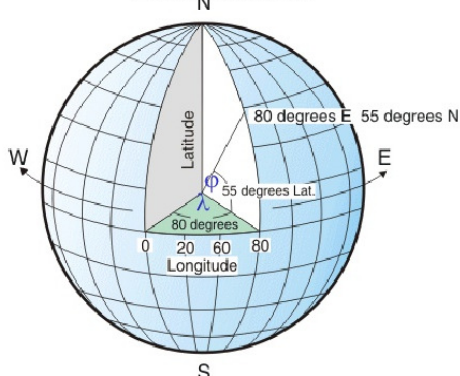
Geoid คือ รูปทรงยิออยด์ (Geoid) : พื้นศักย์สมมูล (Equipotential Surface) ของสนามแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งใช้เป็นรูปทรงสมมติแบบหนึ่งของโลก พื้นผิวนี้ได้จากการสมมติให้ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level : MSL) แทรกสอดไปใน พื้นทวีปโดยตลอดทั่วโลก และทิศทางของแรงโน้มถ่วงโลก จะได้ฉากกับทุกจุดบนผิวยิออยด์

Ellipsoid คือ รูปทรงรี (Ellipsoid : อีลิปซอยด์) พื้นระนาบแผนที่ (Grid)

แบบจำลอง โลก

1.แบบจำลอง โลกเป็นทรงกลม (Spheroid)

แบบจำลอง โลกเป็นทรงกลม (Spheroid)

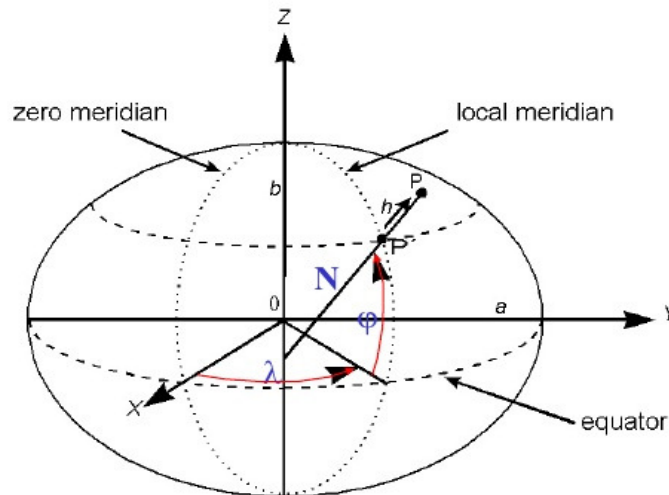


พ.ศ. 2551

ผศ.ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์

2.แบบจำลอง โลกเป็นทรงรี (Ellipsoid)

แบบจำลอง โลกเป็นทรงรี (Ellipsoid) Ellipsoidal Coordinate System , Geodetic Coordinate System

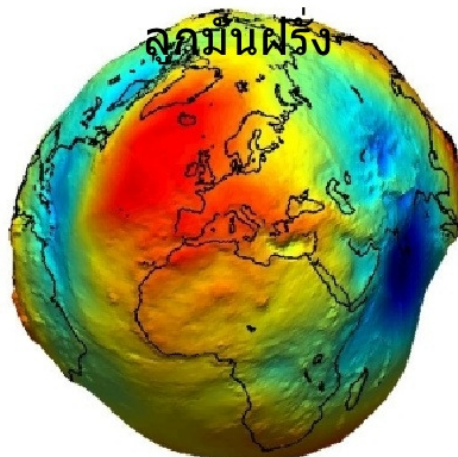


พ.ศ. 2551

7

3.รูปร่างของ โลกของเรา ในความเป็นจริง

รูปร่างของ โลกของเรา
ในความเป็นจริง
ฝรั่งเยอรมันว่ากันว่า เหมือน
ลูกมันฝรั่ง



พ.ศ. 2551

8

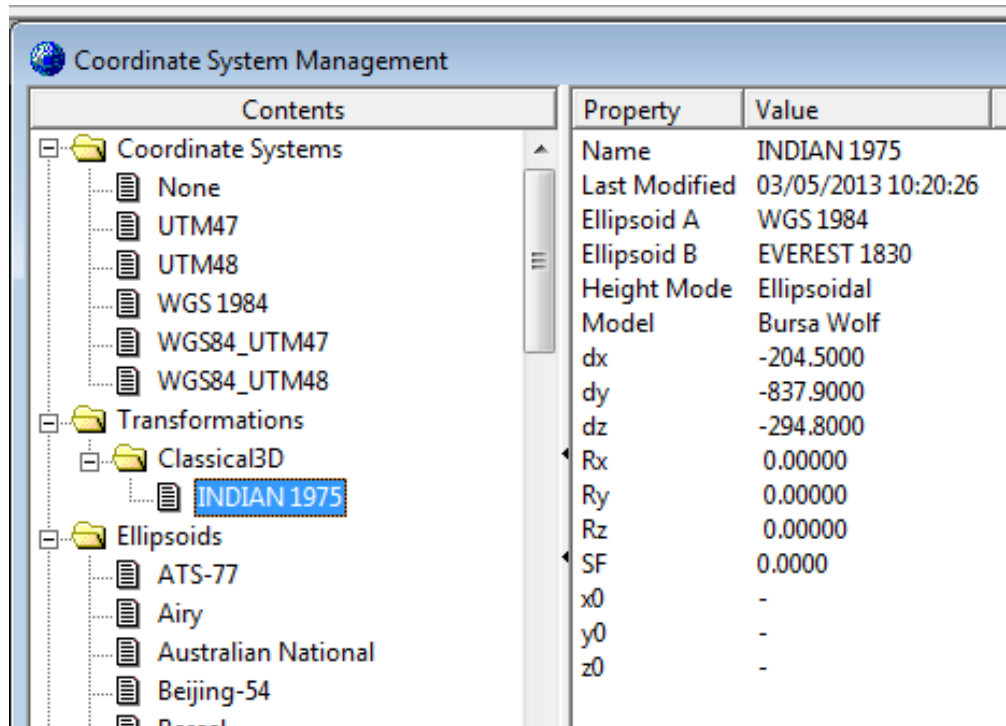
2.กำหนด Transformation การแปลงค่าพิกัด คือการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างพื้นหลักฐาน Indian 1975 กับพื้นหลักฐาน WGS 1984 หน่วยงาน DMAHTC เป็นผู้ดำเนินการโดยใช้ ค่าพิกัดของสถานี ดอปเพลอร์ จำนวน 6 สถานี คือสถานีหมายเลข 10080,10082,10083,10084,32030 และ 32031 ได้ผลลัพธ์ค่าความสัมพันธ์ในการแปลงพื้นหลักฐานจาก WGS 1984 เป็น Indian 1975 ดังนี้ $X=-206$ เมตร , $Y=-837$ เมตร , $Z=-295$ เมตร

กรมแผนที่ทหารใช้ค่าความสัมพันธ์ แปลงค่าพิกัดของสถานีที่ เขาสะแกกรัง (หมุดสามเหลี่ยมหมายเลข 91) ซึ่งเป็นจุดศูนย์กำเนิดของพื้นหลักฐาน Indian 1975 มาเป็นพื้นหลักฐาน WGS 1984 ได้ผลลัพธ์ค่าพิกัด ดังนี้

ละติจูด 15 องศา 23 ลิปดา 01.54761 ฟลิปดา เหนือ

ลองจิจูด 100 องศา 00 ลิปดา 47.50649 ฟลิปดา ตะวันออก

ความสูงเหนือรูปทรงรี 111.6470 เมตร



Transformation ค่าพารามิเตอร์การแปลงระหว่าง WGS84 to INDIAN 1975

มีแบบจำลองค่าพารามิเตอร์ 2 แบบ คือ

1.Bursa Wolf (7 parameter)

2.Molodensky Badekas (3 parameter OR 7+3 parameter)

กรมแผนที่ทหารใช้แบบจำลอง Molodensky Badekas ในการหาค่าตัวแปร จึงควรใช้แบบจำลองตามกรมแผนที่ และใช้ค่าพารามิเตอร์เพียง 3 ค่า คือ dx , dy , dz

ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 7 + 3 ค่า คือ

- การเลื่อนแกน (Shift) dx dY dZ
- การหมุนแกน (Rotation) rX rY rZ
- การปรับสัดส่วน (Scale)
- และค่า X0 , Y0 , Z0

แต่ กรมที่ดิน และบริษัท ESRI กำหนดใช้แบบจำลอง Bursa Wolf (7 parameter)

การแปลงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ ระบบ WGS84เป็นค่าพิกัดกริด UTM Indian1975

-Projection

Type:UTM

Zone:47

Central Meridian: ..99

Hemisphere :Northern

-Ellipsoid

a=.....6377276.345 เมตร.

Reciprocal Flattering (1/f)= 300.8017

-Transformation

Trans.Type:classical 3D (Ellipsoid)

Model :Bursa Wolf (โปรแกรมLEICA Geo Office ของ ESRI)

dx:.....-204.5

dy:.....-837.9

dz:.....-294.8

- ตามประกาศกรมแผนที่ทหาร เรื่องค่าตัวแปรที่เหมาะสมในการแปลงพื้นหลักฐาน เมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2551)
- ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี ว่าด้วยมาตรฐานระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ พ.ศ. 2550
 - o $\Delta X = - 204.5$ ม. (ก่อน พ.ศ.2550 $\Delta X = - 206.0$ ม.)
 - o $\Delta Y = - 837.9$ ม. (ก่อน พ.ศ.2550 $\Delta Y = - 837.0$ ม.)
 - o $\Delta Z = - 294.8$ ม. (ก่อน พ.ศ.2550 $\Delta Z = - 295.0$ ม.)
 - o มีค่า RMS (Root mean square) แต่ละมิติ = 0.09 ม .

- ปัจจุบันใช้ตาม กมร.กำหนด แต่โดยหลักการ การใช้ค่าพารามิเตอร์ต้องเป็นค่าเดียวกันกับ
หมุดอ้างอิงที่ใช้โยงค่าพิกัด

และการแปลงระหว่าง Indian Datum 1975 to World Geodetic System 1984

- $\Delta X = 204.5$ ม .
- $\Delta Y = 837.9$ ม .
- $\Delta Z = 294.8$ ม .

3.กำหนด Projections โปรเจกชันของแผนที่ (เส้นโครงแผนที่) คือระบบการเขียนแนวเส้นที่แทนเส้นเมริเดียนและเส้นขนาน(Meridians and Parallel) ของพิภพทั้งหมด หรือส่วนใดส่วนหนึ่งลงบนพื้นแบนราบตามมาตราส่วน

ชนิดของการฉายแผนที่ (Transverse Mercator projection)

แบบ UTM (Universal Transverse Mercator) คือการฉายแผนที่แบบคณิตศาสตร์ ไม่มีลำแสงหรือจุดฉายเข้ามาเกี่ยวข้อง พื้นผิวรองรับการฉายเป็นทรงกระบอก ซึ่งวางตัวเท่ากับ Datum เป็นการฉายที่มีคุณสมบัติแบบคงรูป(Conformal Projection) คือ

- 1.มาตราส่วนที่ตำแหน่งใด ๆ มีค่าเท่ากับทุกทิศทาง
- 2.มุมใด ๆ บนระนาบแผนที่ที่มีค่าเท่ากับมุมเดียวกันบน Datum
- 3.บนพื้นที่ขนาดเล็กจะให้รูปร่างของพื้นที่นั้นบนแผนที่เหมือนกับบน Datum แต่บนพื้นที่ขนาดใหญ่ๆ รูปร่างของพื้นที่จะไม่ถูกต้อง
- 4.ตำแหน่งของจุดกำเนิด (Origin) ในแต่ละโซน อยู่ที่จุดตัดกันระหว่างเส้นเมริเดียนกลาง กับเส้นศูนย์สูตร (Equator)
- 5.หน่วยการวัดระยะเป็น เมตร
- 6.ค่าพิกัด UTM ที่ได้จากการฉายแผนที่โดยตรงจะออกมาเป็นลบ เมื่อตำแหน่งอยู่ทางด้านซ้ายของเส้นเมริเดียนกลางหรืออยู่ทางซีกใต้ เพื่อความสะดวกให้ค่าพิกัดฉากเป็น บวก จึงกำหนดให้ +500,000 เมตร สำหรับค่าพิกัดเท็จแนว ออก-ตก(False easting) ของแต่ละโซน
+0 เมตร สำหรับค่าพิกัดเท็จแนว เหนือ-ใต้ (False Northing) ของซีกโลกเหนือ
+10,000,000 เมตร สำหรับค่าพิกัดเท็จแนว เหนือ-ใต้ (False Northing) ของซีกโลกใต้ ของแต่ละโซน
- 7.ค่า Scale factor ที่จุดกำเนิดของโซนมีค่าเท่ากับ 0.9996 (เส้นเมริเดียนกลาง) ที่ขอบโซนมีค่า 1.000981
- 8.สำหรับประเทศไทย อยู่โซน 47 – โซน 48

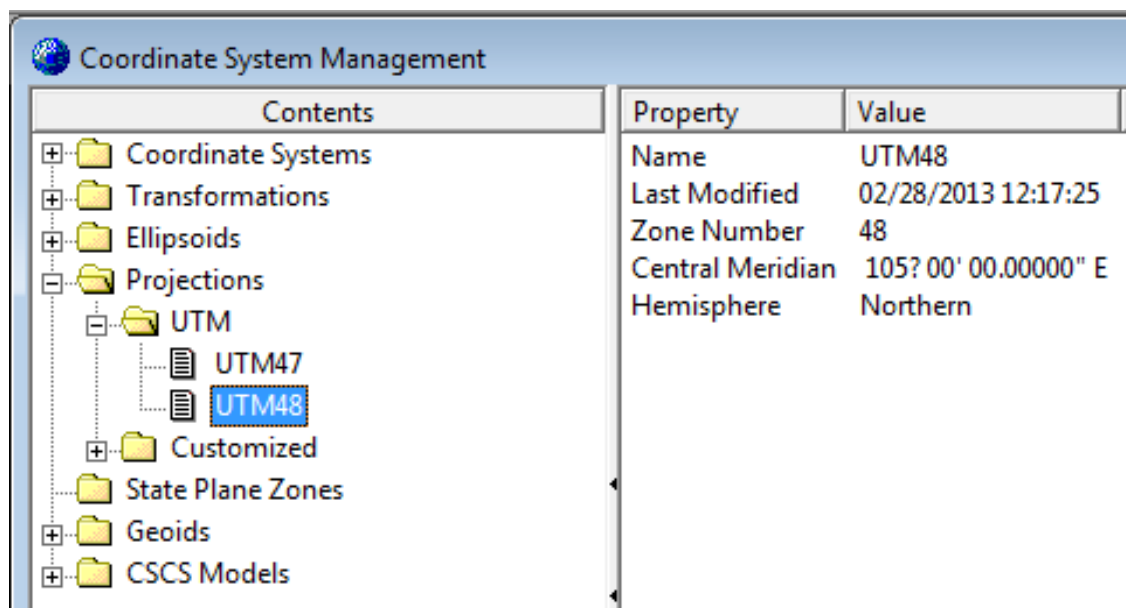
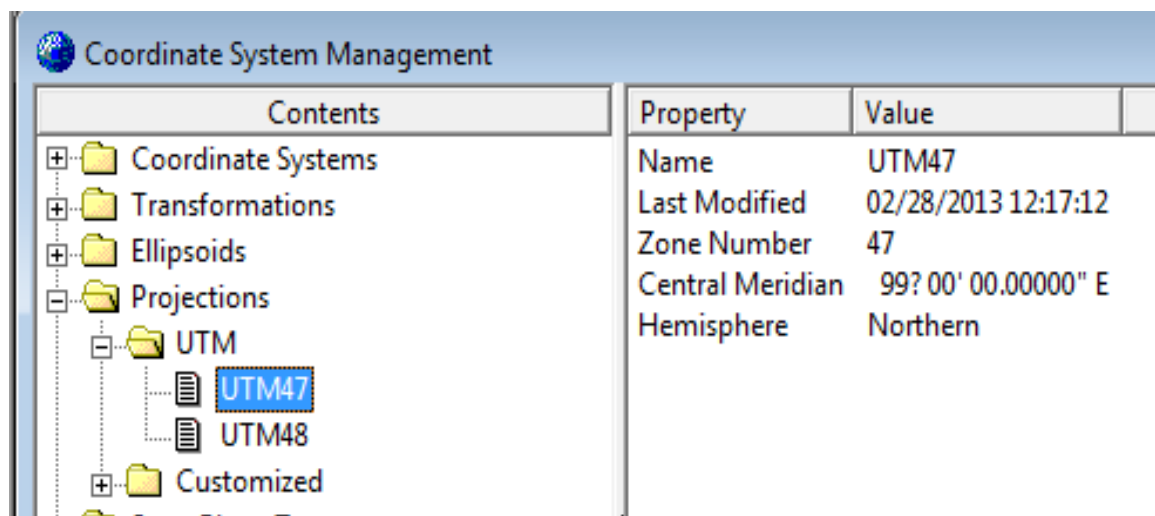
9. UTM Zone 47 (Longitude 96-102 องศา ตะวันออก) เส้นเมริริเดียนกลาง (CM=Central Meridian) คือเส้นเมริริเดียน ที่ทรงกระบอกสัมผัส Datum ซึ่งบริเวณนี้จะมีมาตราส่วนถูกต้อง ที่ 99 องศา ตะวันออก ให้ค่าความผิดพลาดไปทางทิศตะวันออก (False easting) เท่ากับ 500,000 เมตร

Hemisphere : Northern (ซีกโลกหรือครึ่งโลกด้านเหนือ นับจากเส้นศูนย์สูตร Equator)

UTM Zone 48 (Longitude 102-108 องศา ตะวันออก) เส้นเมริริเดียนกลาง (CM) ที่ 105 องศา ตะวันออก ให้ค่าความผิดพลาดไปทางทิศตะวันออก (False easting) เท่ากับ 500,000 เมตร

10. ระยะเหลื่อมกัน (Overlap) ของแต่ละโซนทางตะวันออก/ตก จะมีค่าประมาณ 40 กิโลเมตร

Hemisphere : Northern (ซีกโลกหรือครึ่งโลกด้านเหนือ นับจากเส้นศูนย์สูตร Equator)



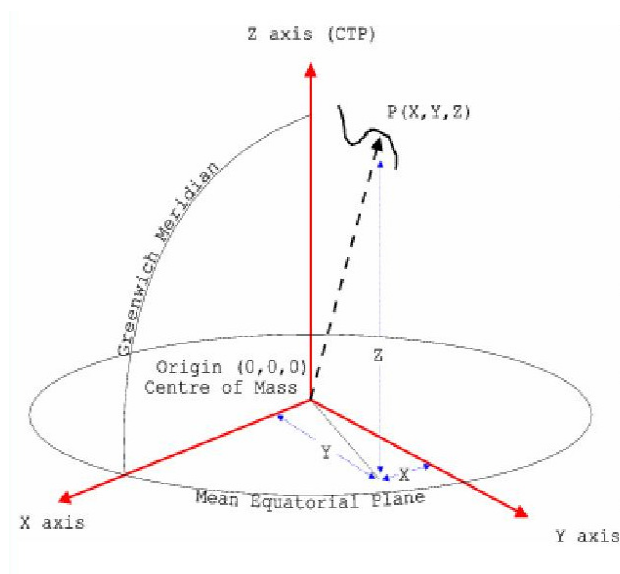
4.กำหนด Coordinate Systems ระบบพิกัด

ระบบพิกัดที่ใช้ในงาน GPS มี 3 ระบบพิกัด (Used in Thailand) คือ

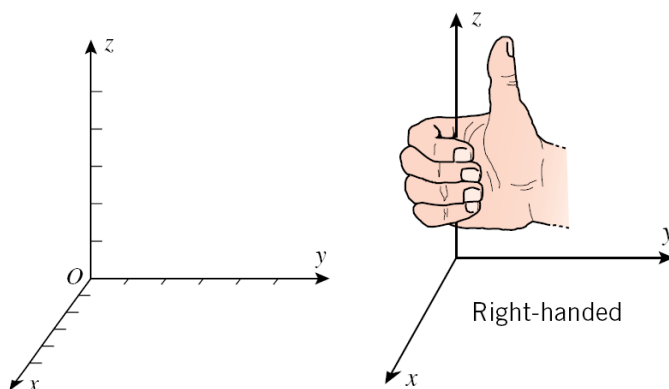
- ค่าพิกัดฉากคาร์ทีเซียน (Cartesian coordinate ; X,Y,Z)
- ค่าพิกัดยี่ห้อเดติก (Geodetic coordinate ; ϕ, λ, h) Latitude , Longitude , height
- ค่าพิกัดฉาก ยูทีเอ็ม (UTM coordinate ; E,N,h)

ระบบพิกัดฉาก 3 มิติ ECEF (Cartesian coordinate) X,Y,Z ตามกฎมือขวาคือแกน Y ต้องตั้งฉากกับแกน X และแกน Z (ประเทศไทยค่าทางแกน X จะติดลบเสมอ และค่าความสูงจะมีผลต่อพิกัดทางแกน Y ในการวัดค่าความสูงของงานรับสัญญาณดาวเทียมจึงมีความสำคัญมาก)

ECEF = Earth Fixed Cartesian Coordinate System

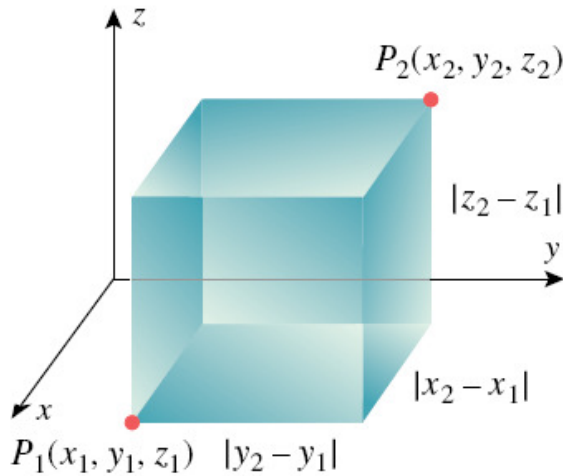


- Origin ทับกับจุดศูนย์กลางมวลสารของโลก
- แกน Z ทับกับแกนหมุนเฉลี่ยของโลก
- โดยทั่วไปกำหนดให้แกน X ทับกับ Greenwich Meridian
- ไม่จำเป็นต้องมี Datum Surface
- ระบบพิกัดจากแบบนี้เรียกว่า Earth-Centered Earth-Fixed (ECEF)
- ตำแหน่งของจุดใด ๆ ระบุด้วย X,Y,Z



ค่าพิกัดแบบคาร์ทีเซียน(Cartesian) เป็นค่าพิกัดบนภูมิประเทศจริง

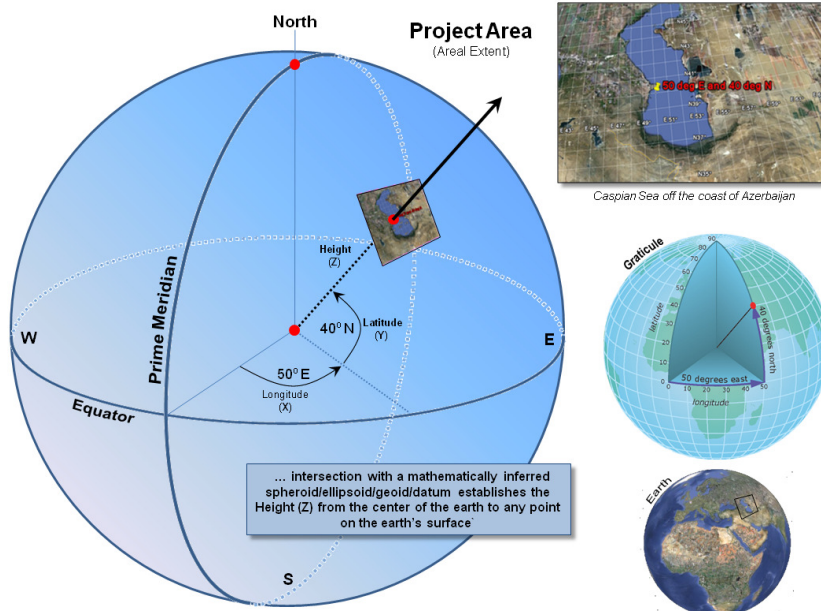
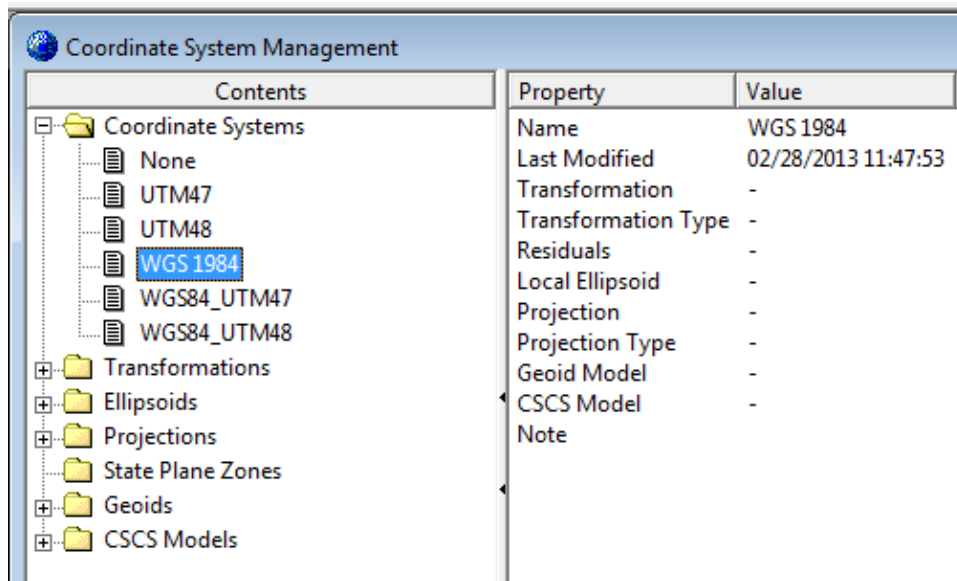
การหาระยะจากพิกัดคาร์ทีเซียน ด้วยสูตร $\text{Dist} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$



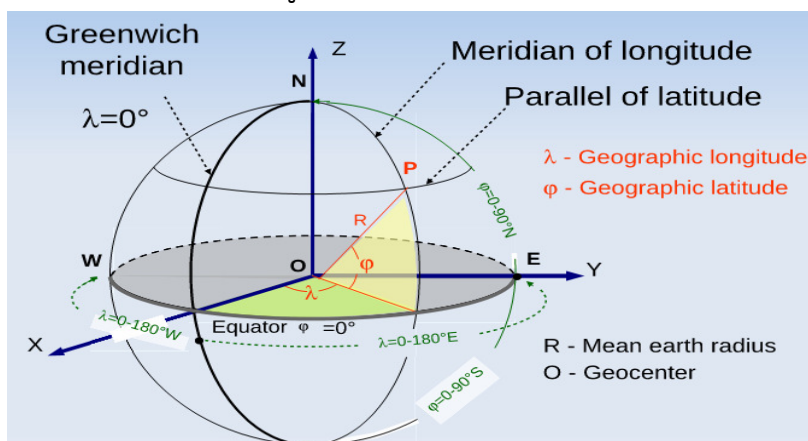
ระยะทางระหว่างจุด 2 จุด ค่าพิคการ์ดที่เขียน

ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) เป็นระบบพิกัดที่กำหนดตำแหน่งต่างๆ บนพื้นโลก ด้วยวิธีอ้างอิงบอกตำแหน่งที่มีหน่วยเป็น องศา ลิปดา พิลิปดา

- ละติจูด Latitude หรือเส้นรุ้ง คือ ระยะทางเชิงมุมที่วัดไปทางเหนือและใต้ของเส้นศูนย์สูตร นับจาก 0 องศา ไปเหนือ 90 องศาและทางใต้ 90 องศา
- ลองจิจูด Longitude หรือเส้นแวง คือ ระยะทางเชิงมุมที่วัดจากเมริเดียนปฐม ซึ่งถือที่ 0 องศา ตำบลกรีนิชเป็นหลัก วัดไปทางตะวันออก 180 องศาตะวันออก และทางตะวันตก 180 องศาตะวันตก
- เป็นระบบพิกัดที่ต่อเนื่องทั่วทั้งโลก ไม่มีขอบหรือรอยต่อ ยกเว้นบริเวณ $\pm 180^\circ$ ทางลองจิจูด และ Singularities บริเวณขั้วโลกทั้งสอง
- เป็นระบบพิกัดที่ให้ Sense ในเรื่องลักษณะภูมิอากาศ เวลา และตำแหน่งสัมพัทธ์ ชีกโลกเหนือ/ใต้ ที่แบ่งด้วยเส้นศูนย์สูตร ตะวันออก/ตก ที่แบ่งด้วยเส้นเมริเดียน ภูมิอากาศเขตร้อน/อบอุ่น/หนาว/ขั้วโลก ที่แบ่งด้วยค่าละติจูด



เป็นระบบพิกัดที่ใช้ระยะเชิงมุมจากศูนย์กลางของโลกในแนวระนาบและแนวตั้ง เรียกว่า ละติจูด (latitude) และ ลองจิจูด (longitude) มีหน่วยเป็น องศา ลิปดา ฟลิปดา



ระบบพิกัดกริดแบบ UTM (Universal Transverse Mercator Coordinate System) เป็นระบบ พิกัดฉาก ที่กำหนดตำแหน่งต่างๆบนพื้นโลก ด้วยวิธีอ้างอิงบอกตำแหน่ง

1.มีหน่วยเป็นเมตร

2.ขอบเขตครอบคลุมพื้นที่บนโลก ระหว่างละติจูด 84 องศาเหนือ และละติจูด 84 องศาใต้

3.แบ่งพื้นโลกออกเป็น 60 โซน ตามองศา ลองติจูด แต่ละโซนระยะห่างโซนละ 6 องศาลองติจูด เท่ากับ 660,000 เมตร (660 กิโลเมตร)

4.ประเทศไทยมีเส้นเมริเดียนกลางที่ 99 องศาตะวันออก ของโซน 47 และ เส้นเมริเดียนกลางที่ 105 องศาตะวันออก ของโซน 48 ออกจากเมริเดียน กลางข้างละ +/- 3 องศา(330 กม)

- o ระยะทาง 1 องศา บนพื้นโลก คิดเป็นระยะทางประมาณ 109.728 กิโลเมตร
- o ระยะทาง 1 ฟิลิปดา บนพื้นโลก คิดเป็นระยะทางประมาณ 30.48 เมตร

5. การระบุพิกัดในแต่ละโซนจะกำหนดให้จุดกำเนิด (point of origin) อยู่ที่จุดตัดระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับเส้นเมริเดียน กึ่งกลางของโซน

พิกัดของจุดศูนย์กำเนิดของแต่ละโซนทางซีกโลกเหนือ

False northing = 0 เมตร

False easting = 500, 000 เมตร

พิกัดของจุดศูนย์กำเนิดของแต่ละโซนทางซีกโลกใต้

False northing = 10,000,000 เมตร

False easting = 500, 000 เมตร

6.สเกลแฟกเตอร์ที่ เมอร์ริเดียนกลาง (K_0) เป็น 0.9996 ($K_0 = 1 - 1/2,500$) ($K_0 = 2,499/2,500$)

สเกลแฟกเตอร์เฉลี่ยทั่วโซน 0.99961.....1.000977 ทั้งนี้เพื่อรักษาความต่าง หรือ ความผิดพลาดไม่เกิน 1:2,500 ดังนั้น วัดระยะทางบนแผนที่ได้ 1 กิโลเมตร ระยะทางอาจผิดพลาดไม่เกินระยะจริง 0.4 เมตร

คำอธิบาย $1/2,500 = 0.0004$ เมตร หรือ 0.4 ม.ม. ดังนั้น $K_0 = 1 - 0.0004$ เมตร = 0.9996

ความผิดพลาดไม่เกิน 1/2,500 คือ ระยะ 2.5 เมตร ผิดพลาดไม่เกิน 1 ม.ม. หรือ

1,000,000 ม.ม. ผิดพลาดไม่เกิน 400 ม.ม. หรือ 1 กิโลเมตร ผิดพลาดไม่เกิน 40 ซม.

7.ค่าพิกัดที่ห่างจากเมริเดียน และเส้นศูนย์สูตรเท่ากัน จะมีค่าพิกัดเหมือนกัน

เนื่องจากทุกโซนมีจุดกำเนิดที่พิกัดเดียวกัน การระบุพิกัด ในระบบนี้จะต้องระบุโซนด้วยเสมอ

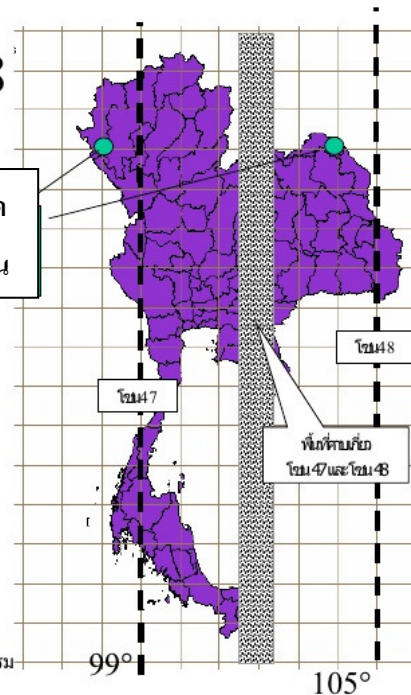
โซนยูทีเอ็ม 47 และ 48

ปัญหาพบบ่อย

- ค่าพิกัดที่ห่างจากเมริเดียน และเส้นศูนย์สูตรเท่ากัน จะมีค่าพิกัดเหมือนกัน
- โซนคาบเกี่ยว บริเวณ จังหวัดเลย จังหวัดนครราชสีมา ...
- มักมีความสับสน ไม่แน่ใจโซน

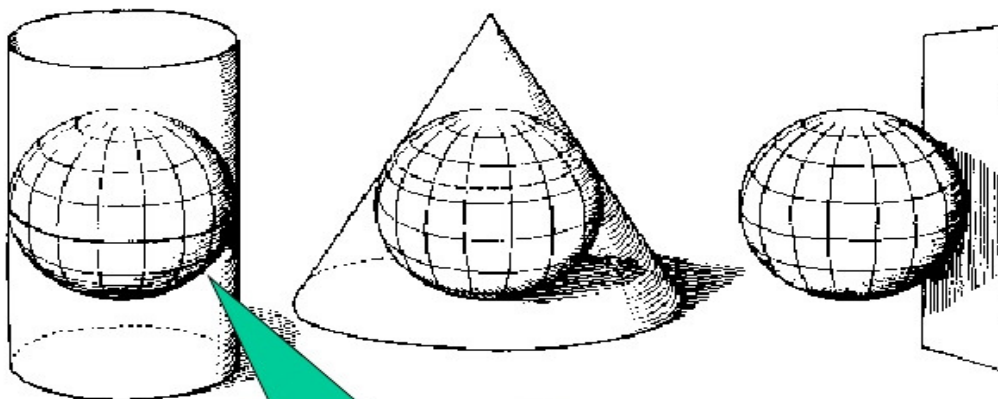
พ.ศ. 2551 ผศ.ดร. โสภณ สันติธรรม

ค่าพิกัด
เดียวกัน



การฉายแผนที่ (Map Projection) การฉายบนทรงกระบอก แบบหนึ่งเรียกว่า Mercator

การฉายแผนที่ (Map Projection)

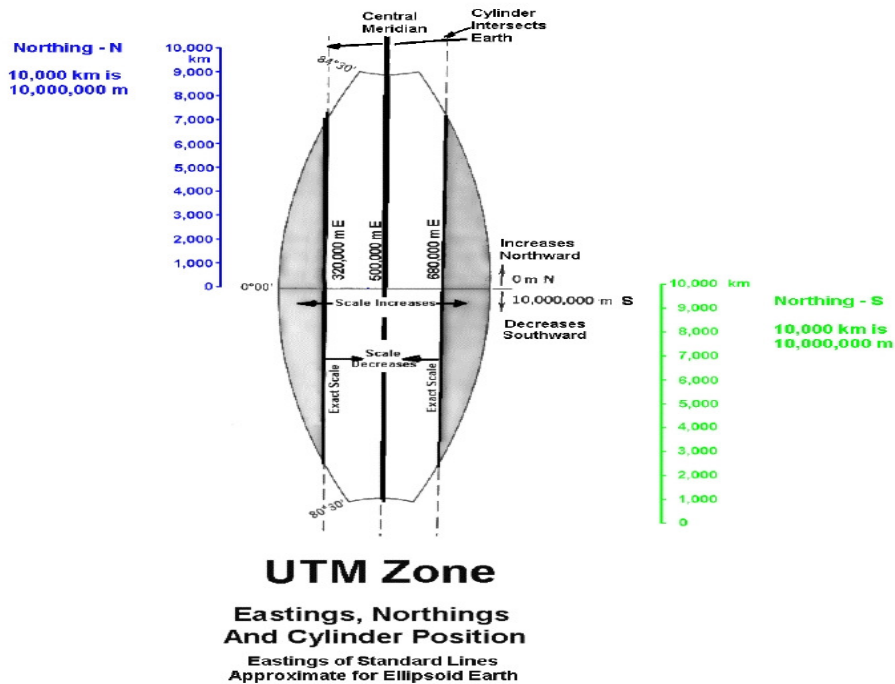
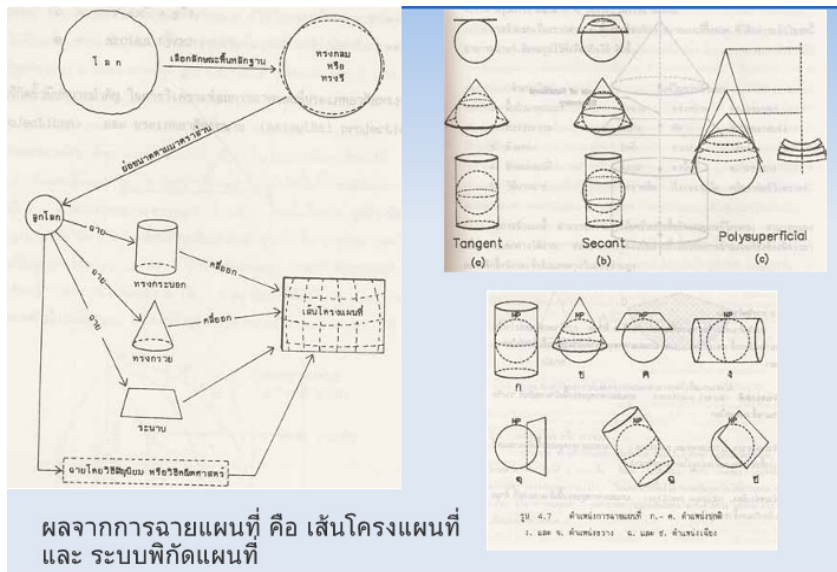


การฉายบนทรงกระ
บอก
แบบหนึ่งเรียกว่า
Mercator

พ.ศ. 2551

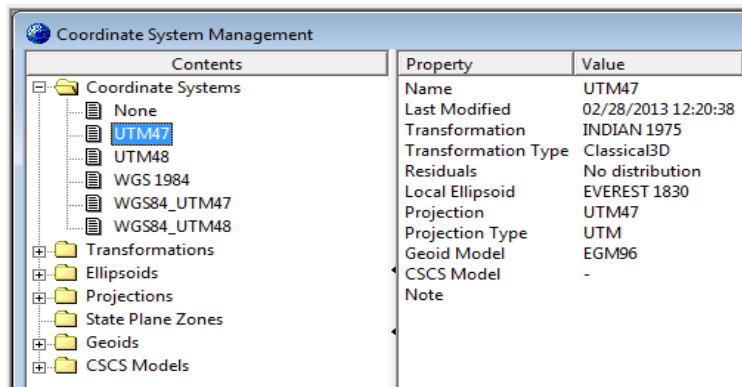
มณฑล

9

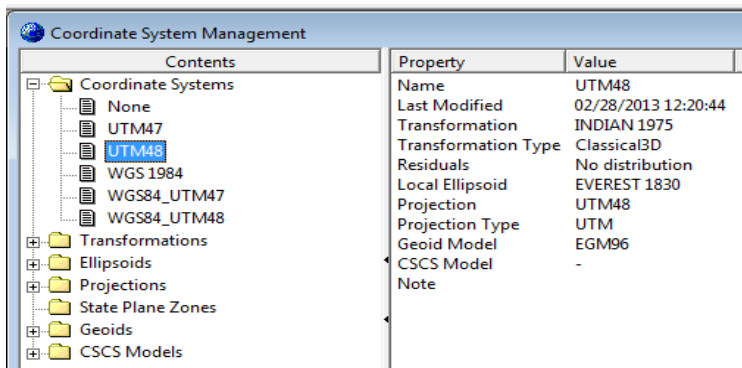


หมายเหตุ ในการคำนวณประมวลผลค่าพิกัดจากเครื่องหาค่าพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียม

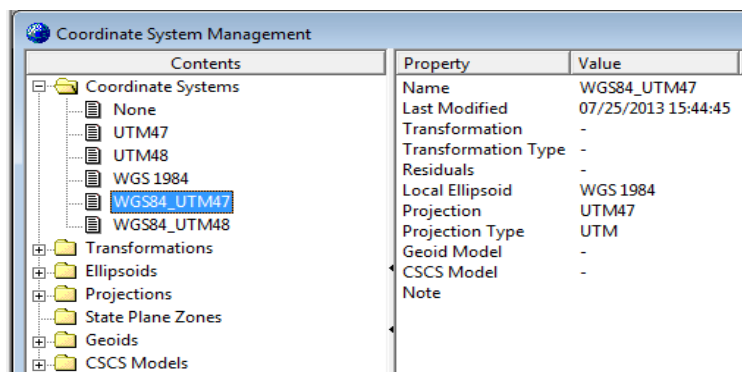
ความสูงหรือค่าระดับที่ใช้อยู่โดยทั่วไปในงานรังวัดคือ ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ถือได้ว่าเป็นความสูงเหนือย็อย มีชื่อเรียกว่า ความสูงออร์โทเมตริก (Orthometric height) ซึ่งเป็นระยะที่วัดตามแนวสายตัง หรือเส้นตั้งฉากกับพื้นผิวย็อย โดยเหตุที่ค่าพิกัดตำแหน่งทางราบ ใช้รูปทรงรีเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการคำนวณ ดังนั้นถ้าจะบอกพิกัดตำแหน่งสามมิติของจุดใดจุดหนึ่ง ค่าพิกัดของตำแหน่งทางราบ และความสูงของจุดนั้น ก็จะต้องอ้างอิงอยู่กับพื้นผิวเดียวกัน ในกรณีของการใช้ค่าละติจูดและลองจิจูดทางย็อยเดซี ซึ่งอ้างอิงอยู่กับรูปทรงรี ความสูงที่ใช้ต้องเป็นความสูงเหนือรูปทรงรี (Ellipsoidal height) ซึ่งเป็นระยะที่วัดตามแนวเส้นตั้งฉากกับรูปทรงรี



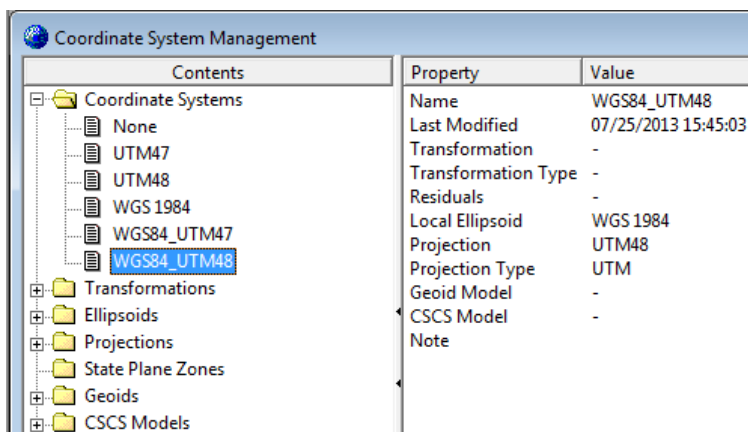
រូប UTM Zone 47 Datum Indian 1975 (L 7017)



រូប UTM Zone 48 Datum Indian 1975 (L 7017)



រូប UTM Zone 47 Datum WGS 1984 (L 7018)



រូប UTM Zone 47 Datum WGS 1984 (L 7018)

การวัดระยะ

ระยะทางที่เป็นเกณฑ์มาตรฐาน ดังนี้

1. ระยะทางบนพื้นดินจริงในสนาม (Ground distance) เช่น ระยะด้วยกล้อง Total Station เป็นระยะบนภูมิประเทศ (Ground distance) ระยะบนส่วนโค้งของโลก
2. ระยะทางบนพื้นยิอออยด์ (Geoid) ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (รทก./ MSL (Mean sea Level))
พื้นยิอออยด์ (Geoid) หมายถึง พื้นผิวซึ่งมีค่าแรงดึงดูดของโลกเท่าๆกัน และเท่ากับแรงดึงดูดที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง
3. ระยะบนแผนที่ (Grid distance) เช่น ระยะจากพิกัด UTM เป็นระยะราบบนแผนที่ (Map)

การทอนระยะ

$M =$ ระยะบนแผนที่ (Map Distance / M.D.)

$M = C * K$ หรือ $M = S.L. * S.F.$

$S.L. * S.F.$ = ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนระยะลงสู่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (ยิอออยด์) คูณด้วยค่าพิกัดฉากเฉลี่ยที่จุดกึ่งกลางของด้านนั้น หรือ ค่าผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนระยะลงสู่ระดับน้ำทะเลปานกลางกับค่า Scale Factor **มาเป็นระยะทางบนระนาบแผนที่** หรือในทางกลับกัน

S.F. (Scale Factor) เป็นค่าความเพี้ยนเชิงเส้น

$K =$ Point Scale Factor = ค่าตัวคูณมาตราส่วน หมายถึง ค่าตัวคูณมาตราส่วนที่จุดใดๆ

สูตร Point Scale Factor กรมที่ดิน

$$K = K_0 \{ 1 + [(E-500,000)^2 / 2R_m^2] + [(E-500,000)^4 / 24 R_m^4] \}$$

= ค่าตัวคูณมาตราส่วนที่จุดใดๆ หรือ Point Scale Factor

K_0 หมายถึง ค่าสเกลแฟกเตอร์ ที่เส้นเมริเดียนย่านกลาง (Central Meridian)

เท่ากับ 0.9996

S.L. (Sealevel Factor) หมายถึง ตัวคูณสำหรับทอนระยะที่วัดได้บนพื้นดิน เป็นระยะที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง หรือ พื้นยิอออยด์ (Coefficient for Reduction Mean Sea Level / S.L. หรือ E.F. หรือ C = ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนระยะที่วัดได้บนพื้นดินเป็นระยะที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง)

เช่น...การหาระยะทางบนแผนที่.....เมื่อกำหนดให้ระยะทางบนพื้นดินเท่ากับ 400 เมตร.
 คำนวณดังนี้

1. ระยะทางบนพื้นดิน= 400 เมตร
2. ระยะทางที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง.....= ระยะทางบนพื้นดิน * E.F.....= 400* E.F. เมตร.
3. ระยะทางบนแผนที่= ระยะทางบนพื้นดิน * E.F. * S.F...= 400 * E.F. * S.F. เมตร.

ค่าปรับแก้ทางด้านระดับ (Elevation Factor : E.F.)

ค่าปรับแก้ทางด้านความสูงเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง(รทก.)

คำนวณจากสูตร....ดังนี้

Elevation Factor= Sea-Level distance / Ground distance...=..R/(R+H)

R..... คาร์ตัมเนลียของโลก

(√MN : M.. คือ รัศมีความโค้งในระนาบ เมอร์ริเดียน : N ..คือรัศมีความโค้งในระนาบตั้งสำคัญ)

H.....ค่าระดับเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง(รทก.) หรือ เป็นค่าระดับเฉลี่ยของทุกตำแหน่งที่อยู่ภายในวงรอบเดียวกัน (กม.)

ตัวอย่าง วัดระยะที่ระดับ 300 เมตร.เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ได้ความยาว 700 เมตร

ค่า Elevation Factor (E.F.)จะมีค่าเท่าใด

E.F.= R/(R+H)= 6372 / (6372+0.300)

ดังนั้น..ความยาว 700 เมตร ...ที่ระดับสูง 300 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง จะมีความยาวจากสูตร

ระยะทางที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง= ระยะทางที่วัดได้จากภูมิประเทศ * E.F.

.....=700* E.F. เมตร.

ค่าปรับแก้ทางด้านสเกลแฟคเตอร์ (Scale Factor :S.F.)

คำนวณจากสูตร....ดังนี้

Mp.....=Mo *(1+(X² / 2(R)²)

Mp.....= ค่าสเกลแฟคเตอร์ ตำแหน่งที่สำรวจ

Mo.....= ค่าสเกลแฟคเตอร์ ตำแหน่งที่แนวเมอร์ริเดียนย่านกลาง(Central

Meridian:C.M.)...=0.9996

X.....=ระยะไปทางตะวันออกหรือไปทางตะวันตกจากเส้นเมอร์ริเดียนย่านกลาง(C.M.)

R.....=คาร์ตัมเนลียของทรงกลม.....=6372 กม.

Grid Factor..... = Elevation Factor.. *.. Scale Factor

Grid distance...= Ground distance...*.. Grid Factor

ตัวอย่าง วัดระยะทางจากเมอร์ริเดียนย่านกลาง ไปทางขวา 20,000 เมตร. อยากทราบว่าค่าสเกลแฟคเตอร์ เท่าใด

Mp.....=Mo *(1+(X² / 2(R)²)

Mp.....= ค่าสเกลแฟคเตอร์ ตำแหน่งที่สำรวจ

Mo.....= ค่าสเกลแฟคเตอร์ ตำแหน่งที่แนวเมอร์ริเดียนย่านกลาง(Central Meridian:C.M.)=0.9996

X.....=ระยะไปทางตะวันออกหรือไปทางตะวันตกจากเส้นเมริเดียนย่านกลาง(C.M.)=20,000 เมตร.
หรือ 20 กม.

R.....=ค่ารัศมีเฉลี่ยของทรงกลม.....=6372 กม.

Mp สเกลแฟคเตอร์ ตำแหน่งที่สำรวจ=0.9996 (1+(20)² / 2(6372)²)

หรือ

การแปลงระยะทางในภูมิประเทศเป็นระยะบนผิวย็อยด์ (บนระดับน้ำทะเลปานกลาง MSL)

กำหนดให้ S เป็นระยะที่วัดได้บนผิวโลก และ Dg เป็นระยะบนผิวย็อยด์

$$\text{สูตร } Dg = S * C$$

เมื่อ C เป็นค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนระยะที่วัดได้บนพื้นดินเป็นระยะที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง

$$\text{สูตร } C = R/(R+H)$$

R เป็นรัศมีเฉลี่ยของโลกมีค่าเท่ากับ 6,358,211.105 เมตร (ที่ ละติจูด 13 องศาเหนือ)

H เป็นความสูงเฉลี่ยของเส้นโครงงานหมุดหลักฐานเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางมีหน่วยเป็นเมตร (อ่านจากเส้น Contour หรือจุดระดับบนแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร)

ตัวอย่าง หาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนระยะลงสู่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ที่ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 758 เมตร

$$C = R/(R+H)$$

$$C = 6358211.105/(6358211.105+758)$$

$$C = 0.999881$$

แต่จากการฉายแผนที่ตามระบบพิกัด UTM จะได้ระยะทางบนระนาบแผนที่ ซึ่งไม่เท่ากับระยะของมันเป็นพื้นหลักฐานอ้างอิง ดังนั้นต้องหาค่าความเพี้ยนเชิงเส้น (Scale Factor , K) เพื่อแปลงระยะบนพื้นหลักฐานอ้างอิงให้เป็นระยะบนระนาบการฉายแผนที่ (ทอนระยะที่ระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นระยะบนแผนที่)

ค่า Scale Factor ที่เส้น Central meridian หรือระยะทางบนแผนที่จะเท่ากับระยะทางบนพื้นผิวโค้งทรงรี ดังนั้นบนแผนที่ตำแหน่งที่อยู่ห่าง Central meridian ความถูกต้องของระยะทางจะลดลง

เมื่อได้ค่า Scale Factor ก็สามารถหาระยะบนระนาบการฉายแผนที่ได้

$$\text{สูตร } d = K * Dg$$

(เมื่อ d เป็นระยะบนระนาบแผนที่ และ K เป็นค่า Scale Factor)

จากข้างต้น $Dg = S * C$ เพราะฉะนั้น $d = S * C * K$ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าระยะทางบนระนาบการฉายแผนที่ จะมีค่าเท่ากับระยะทางในภูมิประเทศคูณกับค่าผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนระยะลงสู่ระดับน้ำทะเลปานกลางกับค่า Scale Factor

ตัวอย่าง แปลงค่าระยะบนพื้นโลกเป็นระยะทางบนระนาบแผนที่ วัดระยะภาคพื้นดินได้ 615.743 เมตร อยู่เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง 435 เมตร มีค่า Scale Factor เป็น 0.9998

ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนระยะลงสู่ระดับน้ำทะเลปานกลาง $C = R/(R+H)$

R เป็นรัศมีเฉลี่ยของโลก = 6,358,211.105 เมตร

H เป็นความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง = 435 เมตร

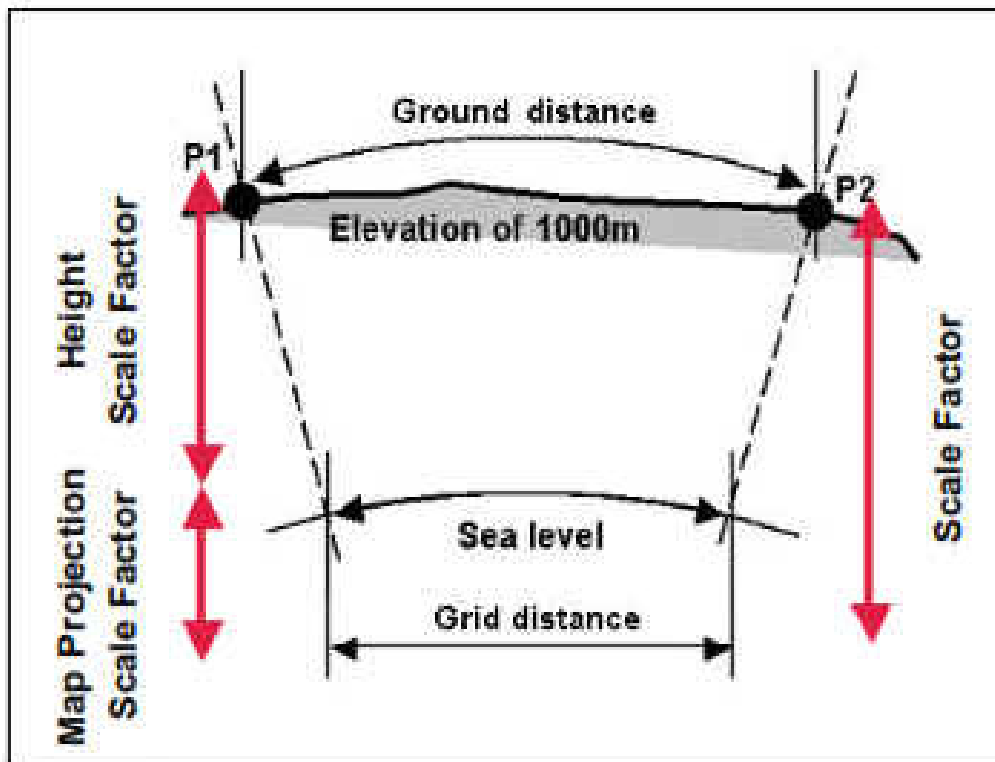
ดังนั้น $C = 6358211.105/(6358211.105+435) = 0.999931589$ หรือ 0.99993

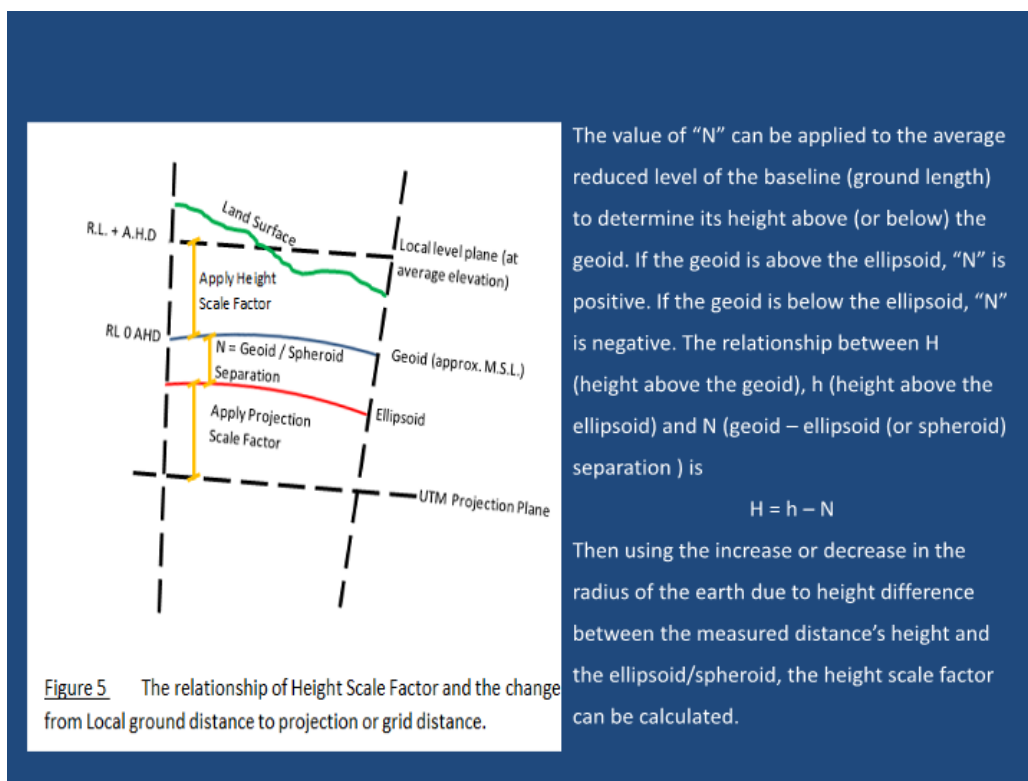
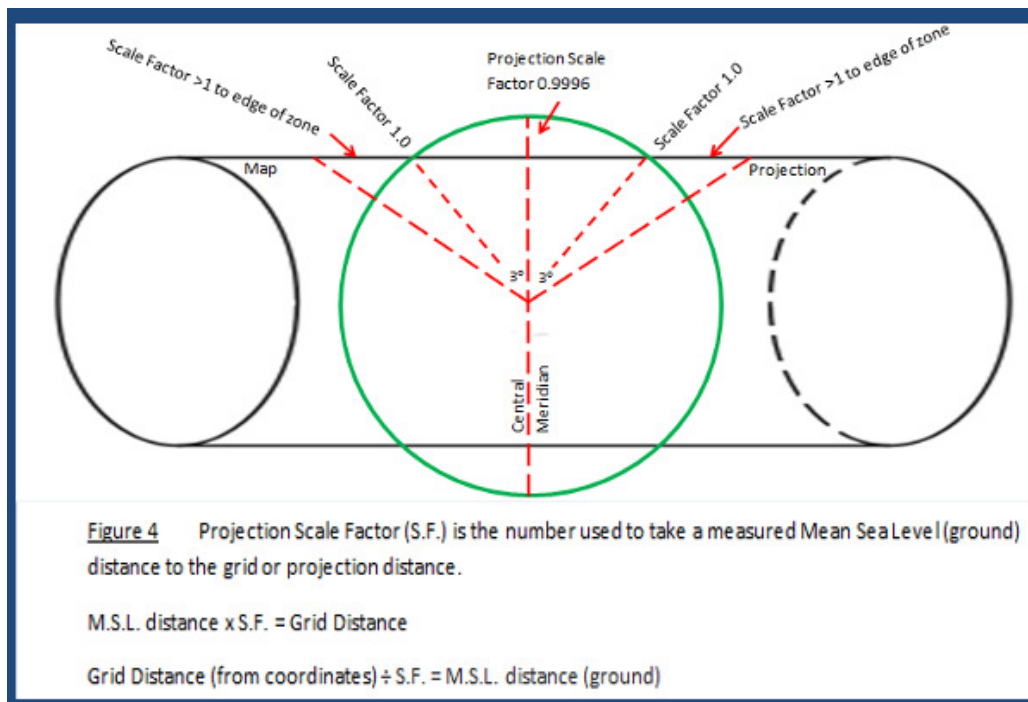
$$d = S * C * K$$

$$d = 615.743 * 0.99993 * 0.9998$$

$$d = 615.578 \text{ เมตร}$$

ดังนั้น ระยะบนระนาบแผนที่(UTM) = 615.578 เมตร (ซึ่งจะต่างกับการวัดระยะภาคพื้นดินอยู่ 0.165 เมตร)





สรุป ตัวคูณมาตราส่วน เช่น โปรแกรมคำนวณค่าพิกัดจากดาวเทียม LEICA Geo Office แสดงค่า Elevation S.F. หรือ S.L. (Sealevel Factor) หรือ E.F. หรือ C หรือ MSL
 Projection S.F. หรือ S.F. (Scale Factor) หรือ K หรือ Point Scale Factor
 Combined S.F. หรือ $M = C * K$ หรือ $M = S.L. * S.F.$

การใช้ Scale Factor

- สำหรับงานสำรวจที่มีความละเอียดต่ำเช่น 1 : 1,000 ไม่จำเป็นต้องใช้ Scale Factor
- สำหรับความละเอียด อยู่ระหว่าง 1 : 1,000 ถึง 1 : 5,000 Scale Factor เปิดได้จากกราฟโดยใช้ค่าเฉลี่ยที่กึ่งกลางด้านนั้นๆ เช่น ϕ_m หรือพิคัดที่จุดกึ่งกลางด้านนั้น
- สำหรับความละเอียด มากกว่า 1 : 5,000 Scale Factor ต้องคำนวณจากสูตร และใช้ดังนี้
 - ถ้าวางรอบยาวไม่เกิน 24 กม. หรือ ด้านของสามเหลี่ยมไม่เกิน 8 กม.

1) ใช้ Scale Factor จากจุดปลายทั้งสอง คือ

$$K = (K_1 + K_2) / 2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

2) ใช้ Scale Factor ที่จุดกึ่งกลางด้านนั้น โดยใช้ ϕ_m หรือพิคัดเฉลี่ยที่จุดกึ่งกลางด้านนั้น

- ถ้าวางรอบยาวเกิน 24 กม. หรือ ด้านของสามเหลี่ยม ยาวกว่า 8 กม. การหาค่า Scale Factor ที่ละเอียดจะใช้ค่าเฉลี่ยของ q^{-2} แทนค่า q^2 , q^4 ในสูตร

$$q^{-2} = (q_1^2 + q_1 q_2 + q_2^2) / 3 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$K = K_0 [1 + (XVIII) q^{-2} + 0.0003 q^{-4}] \quad \dots\dots\dots(3)$$

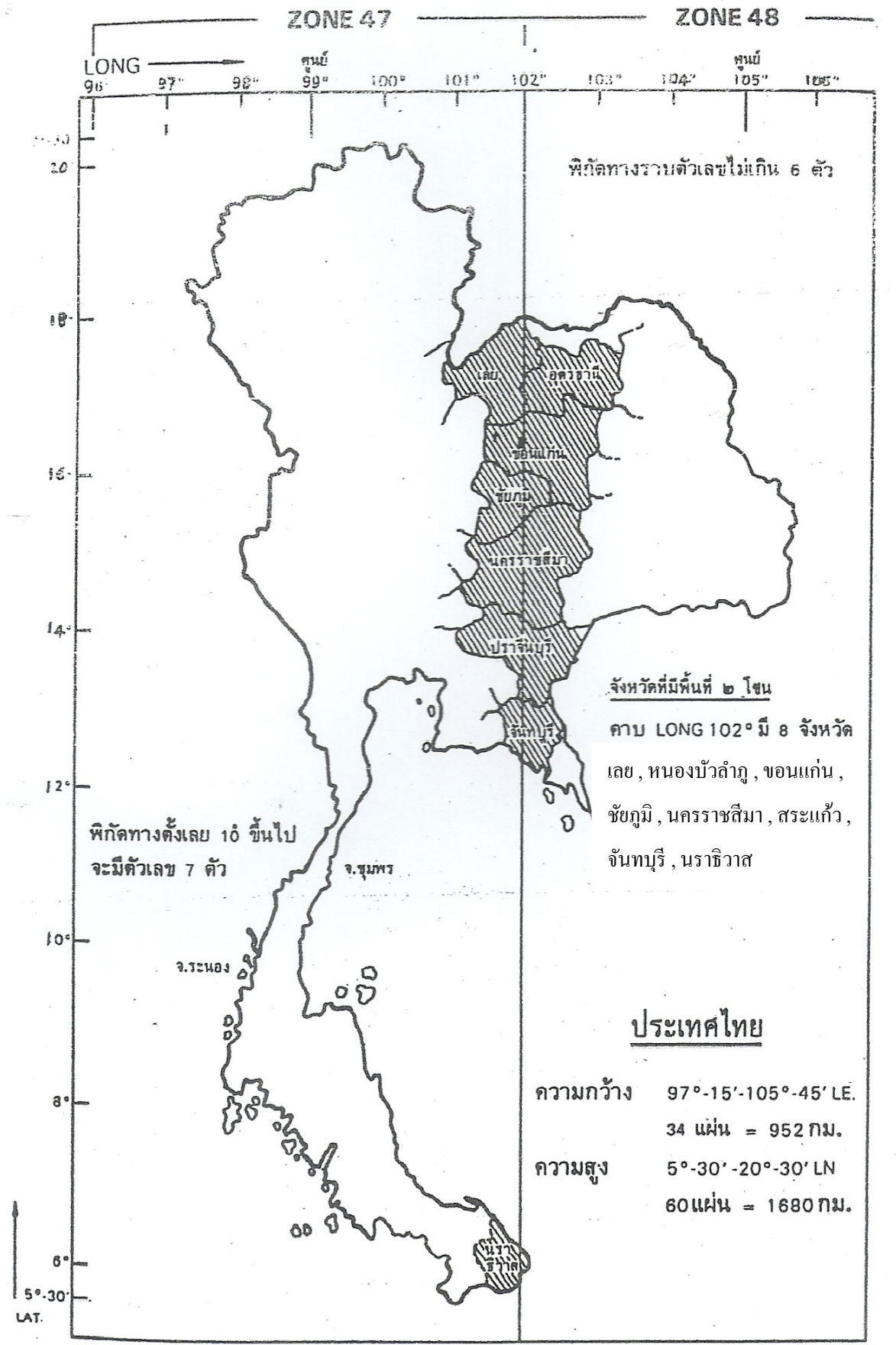
ระยะทาง / อะซิมุท / ค่าระดับ

- ระยะทางที่วัดได้เป็นระยะที่วัดไปตามพื้นผิวภูมิประเทศที่มีความลาดเอียง จะต้องทอนให้เป็นระยะราบที่ความสูงเฉลี่ยของเส้นรังวัด แล้วทอนต่อไปเป็นระยะทางบนผิวรูปทรงรี หรือ อีลิปซอยด์ (Sealevel Coefficient) แล้วใช้ตัวคูณมาตราส่วนทอนต่อไปเป็นระยะทางบนแผนที่ (Scale Factor)
- อะซิมุทที่รังวัดได้จากงานรังวัดเป็นอะซิมุททางยี่ห้อเดซี ซึ่งเป็นทิศทางอ้างอิงกับรูปทรงรี สำหรับอะซิมุทจากแผนที่เป็นค่าที่วัดจากแนวเมริเดียนที่ขนานกับแนวเมริเดียนกลางของโซนนั้น ๆ หรือเรียกว่า อะซิมุทกริด ซึ่งต่างจาก อะซิมุททางยี่ห้อเดซีด้วยขนาดมุมของการลู่เข้าของแนวเมริเดียนที่จุดนั้น

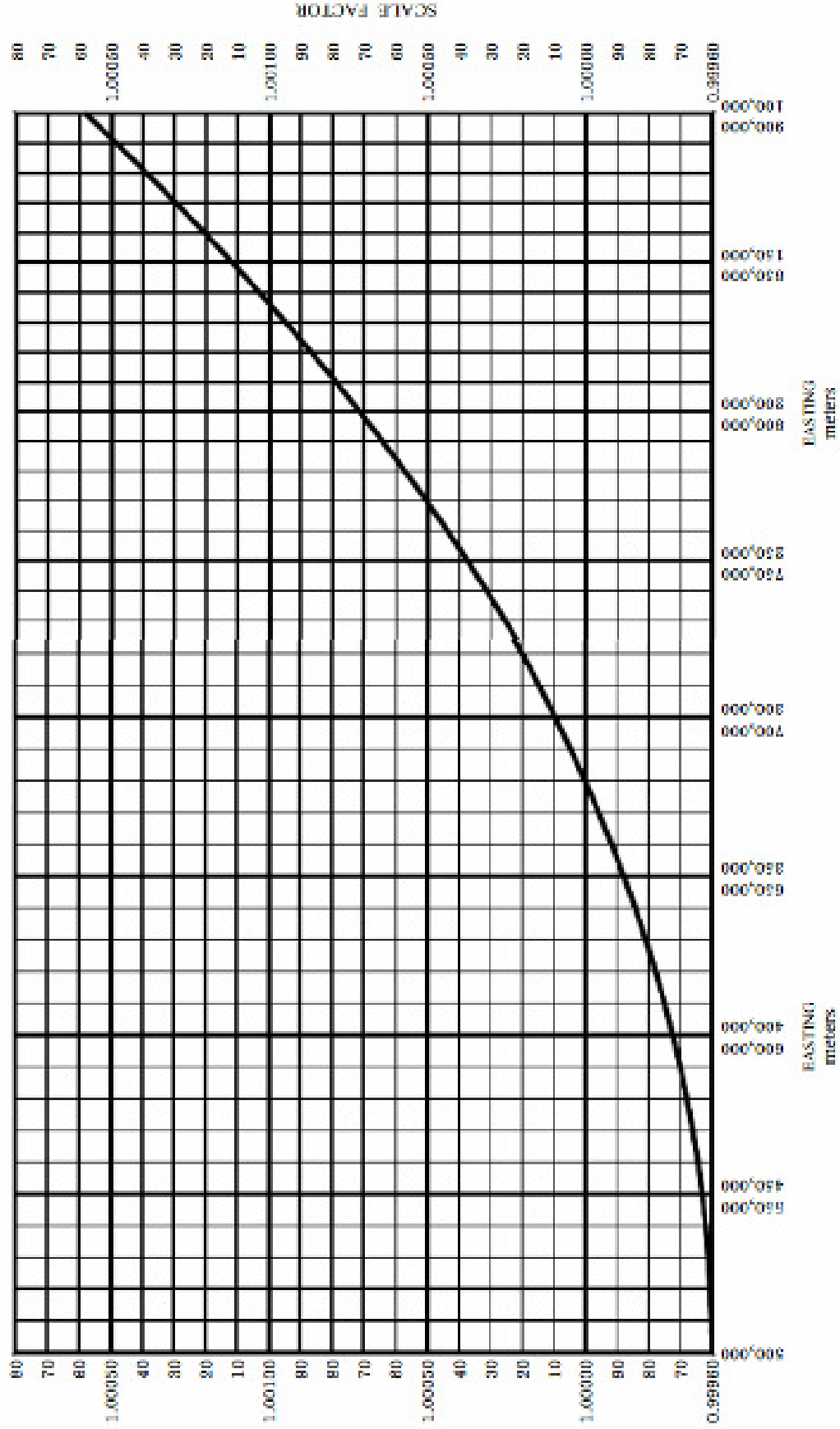
$$\text{อะซิมุทกริด} = \text{อะซิมุททางยี่ห้อเดซี} - C$$

ค่ามุมของการลู่เข้า C มีเครื่องหมายเป็นบวกสำหรับจุดที่อยู่ทางตะวันออกของแนว เมริเดียนกลาง และมีเครื่องหมายเป็นลบเมื่ออยู่ทางตะวันตก

- ความสูงหรือค่าระดับที่ใช้อยู่โดยทั่วไปในงานรังวัดคือ ความสูงเหนือระดับทะเลปานกลาง (Mean Sea Level ; MSL) ถือได้ว่าเป็นตัวแทนของความสูงเหนือยี่ห้อ H หรือความสูงออร์โธเมตริก (Orthometric Height) โดยเหตุที่ค่าพิคัดตำแหน่งทางราบใช้รูปทรงรีเป็นพื้นผิวอ้างอิงในการคำนวณ ดังนั้น ถ้าจะบอกพิคัดตำแหน่งสามมิติของจุดจุดหนึ่ง ค่าพิคัดตำแหน่งทางราบและความสูงของจุดนั้นก็ต้องอ้างอิงอยู่กับพื้นผิวอันเดียวกัน เช่น (N , E , Elevation) ในกรณีอ้างอิงอยู่กับรูปทรงรี การใช้ค่าละติจูดและลองจิจูดทางยี่ห้อเดซี (ϕ, λ, h) เมื่อ h คือความสูงเหนือรูปทรงรี (Ellipsoidal Height)



UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR GRID
SCALE FACTOR



ตาราง Scale Factor ขั้วกราวฟโดยใช้พิกัด E

224

บัญชีแสดงค่าตัวคูณมาตราส่วน (K)

แบบทำระยะเบี่ยงเบนที่คำนวณด้วยเครื่องวัดและกำหนดพื้นที่เพื่อเก็บรายละเอียดแปลงที่ดิน

โดยวิธีการวัดพื้นที่หนึ่งในระบบพิกัดฉาก กู ที เอ็ม พ.ศ. ๒๕๔๒

Easting (m.)	K	Easting (m.)	Easting (m.)	K	Easting (m.)	Easting (m.)	K	Easting (m.)
500,000	0.99960	500,000	425,000	0.99967	575,000	349,000	0.99968	651,000
499,000	0.99960	501,000	423,000	0.99967	577,000	347,000	0.99969	653,000
497,000	0.99960	503,000	421,000	0.99968	579,000	345,000	0.99990	655,000
495,000	0.99960	505,000	419,000	0.99968	581,000	343,000	0.99990	657,000
493,000	0.99960	507,000	417,000	0.99969	583,000	341,000	0.99991	659,000
491,000	0.99960	509,000	415,000	0.99969	585,000	339,000	0.99992	661,000
489,000	0.99960	511,000	413,000	0.99969	587,000	337,000	0.99993	663,000
487,000	0.99960	513,000	411,000	0.99970	589,000	335,000	0.99994	665,000
485,000	0.99960	515,000	409,000	0.99970	591,000	333,000	0.99995	667,000
483,000	0.99960	517,000	407,000	0.99971	593,000	331,000	0.99995	669,000
481,000	0.99960	519,000	405,000	0.99971	595,000	329,000	0.99996	671,000
479,000	0.99961	521,000	403,000	0.99972	597,000	327,000	0.99997	673,000
477,000	0.99961	523,000	401,000	0.99972	599,000	325,000	0.99998	675,000
475,000	0.99961	525,000	399,000	0.99973	601,000	323,000	0.99999	677,000
473,000	0.99961	527,000	397,000	0.99973	603,000	321,000	1.00000	679,000
471,000	0.99961	529,000	395,000	0.99974	605,000	319,000	1.00001	681,000
469,000	0.99961	531,000	393,000	0.99974	607,000	317,000	1.00001	683,000
467,000	0.99961	533,000	391,000	0.99975	609,000	315,000	1.00002	685,000
465,000	0.99962	535,000	389,000	0.99975	611,000	313,000	1.00003	687,000
463,000	0.99962	537,000	387,000	0.99976	613,000	311,000	1.00004	689,000
461,000	0.99962	539,000	385,000	0.99976	615,000	309,000	1.00005	691,000
459,000	0.99962	541,000	383,000	0.99977	617,000	307,000	1.00006	693,000
457,000	0.99962	543,000	381,000	0.99978	619,000	305,000	1.00007	695,000
455,000	0.99963	545,000	379,000	0.99978	621,000	303,000	1.00008	697,000
453,000	0.99963	547,000	377,000	0.99979	623,000	301,000	1.00009	699,000
451,000	0.99963	549,000	375,000	0.99979	625,000	299,000	1.00010	701,000
449,000	0.99963	551,000	373,000	0.99980	627,000	297,000	1.00011	703,000
447,000	0.99963	553,000	371,000	0.99981	629,000	295,000	1.00012	705,000
445,000	0.99964	555,000	369,000	0.99981	631,000	293,000	1.00013	707,000
443,000	0.99964	557,000	367,000	0.99982	633,000	291,000	1.00014	709,000
441,000	0.99964	559,000	365,000	0.99983	635,000	289,000	1.00015	711,000
439,000	0.99965	561,000	363,000	0.99983	637,000	287,000	1.00016	713,000
437,000	0.99965	563,000	361,000	0.99984	639,000	285,000	1.00017	715,000
435,000	0.99965	565,000	359,000	0.99985	641,000	283,000	1.00018	717,000
433,000	0.99966	567,000	357,000	0.99985	643,000	281,000	1.00019	719,000
431,000	0.99966	569,000	355,000	0.99986	645,000	279,000	1.00020	721,000
429,000	0.99966	571,000	353,000	0.99987	647,000	277,000	1.00022	723,000
427,000	0.99967	573,000	351,000	0.99987	649,000	275,000	1.00023	725,000

บัญชีแสดงค่าตัวคูณมาตรฐาน (K)

แบบทำระเบียบกรมที่ดินว่าด้วยการรังวัดและทำแผนที่เพื่อสำรวจที่ดินและสิ่งปลูกสร้างที่ดิน

โดยวิธีการรังวัดชั้นหนึ่งในระบบพิกัดฉาก U.T.M. ปี พ.ศ. ๒๕๔๒

Easting (m.)	K	Easting (m.)	Easting (m.)	K	Easting (m.)	Easting (m.)	K	Easting (m.)
273,000	1.00024	727,000	197,000	1.00074	803,000	121,000	1.00138	879,000
271,000	1.00025	729,000	195,000	1.00075	805,000	119,000	1.00140	881,000
269,000	1.00026	731,000	193,000	1.00077	807,000	117,000	1.00142	883,000
267,000	1.00027	733,000	191,000	1.00078	809,000	115,000	1.00143	885,000
265,000	1.00028	735,000	189,000	1.00080	811,000	113,000	1.00145	887,000
263,000	1.00029	737,000	187,000	1.00081	813,000	111,000	1.00147	889,000
261,000	1.00031	739,000	185,000	1.00083	815,000	109,000	1.00149	891,000
259,000	1.00032	741,000	183,000	1.00084	817,000	107,000	1.00151	893,000
257,000	1.00033	743,000	181,000	1.00086	819,000	105,000	1.00153	895,000
255,000	1.00034	745,000	179,000	1.00088	821,000	103,000	1.00155	897,000
253,000	1.00035	747,000	177,000	1.00089	823,000	101,000	1.00157	899,000
251,000	1.00037	749,000	175,000	1.00091	825,000	99,000	1.00159	901,000
249,000	1.00038	751,000	173,000	1.00092	827,000	97,000	1.00161	903,000
247,000	1.00039	753,000	171,000	1.00094	829,000	95,000	1.00163	905,000
245,000	1.00040	755,000	169,000	1.00096	831,000	93,000	1.00165	907,000
243,000	1.00042	757,000	167,000	1.00097	833,000	91,000	1.00167	909,000
241,000	1.00043	759,000	165,000	1.00099	835,000	89,000	1.00169	911,000
239,000	1.00044	761,000	163,000	1.00101	837,000	87,000	1.00171	913,000
237,000	1.00046	763,000	161,000	1.00102	839,000	85,000	1.00173	915,000
235,000	1.00047	765,000	159,000	1.00104	841,000	83,000	1.00175	917,000
233,000	1.00048	767,000	157,000	1.00106	843,000	81,000	1.00177	919,000
231,000	1.00050	769,000	155,000	1.00107	845,000	79,000	1.00179	921,000
229,000	1.00051	771,000	153,000	1.00109	847,000	77,000	1.00181	923,000
227,000	1.00052	773,000	151,000	1.00111	849,000	75,000	1.00184	925,000
225,000	1.00054	775,000	149,000	1.00112	851,000	73,000	1.00186	927,000
223,000	1.00055	777,000	147,000	1.00114	853,000	71,000	1.00188	929,000
221,000	1.00056	779,000	145,000	1.00116	855,000	69,000	1.00190	931,000
219,000	1.00058	781,000	143,000	1.00118	857,000	67,000	1.00192	933,000
217,000	1.00059	783,000	141,000	1.00119	859,000	65,000	1.00194	935,000
215,000	1.00061	785,000	139,000	1.00121	861,000	63,000	1.00196	937,000
213,000	1.00062	787,000	137,000	1.00123	863,000	61,000	1.00199	939,000
211,000	1.00063	789,000	135,000	1.00125	865,000	59,000	1.00201	941,000
209,000	1.00065	791,000	133,000	1.00127	867,000	57,000	1.00203	943,000
207,000	1.00066	793,000	131,000	1.00129	869,000	55,000	1.00205	945,000
205,000	1.00068	795,000	129,000	1.00130	871,000	53,000	1.00207	947,000
203,000	1.00069	797,000	127,000	1.00132	873,000	51,000	1.00210	949,000
201,000	1.00071	799,000	125,000	1.00134	875,000	49,000	1.00212	951,000
199,000	1.00072	801,000	123,000	1.00136	877,000	47,000	1.00214	953,000

กรมที่ดิน สูตรการคำนวณค่าตัวคูณมาตราส่วน หรือ ค่า K

สูตรการคำนวณค่าตัวคูณมาตราส่วน (Scale Factor) หรือ ค่า K

สูตรการคำนวณค่าตัวคูณมาตราส่วน (Scale Factor) หรือ ค่า K ในการคำนวณโดยระบบพิกัดฉาก ยู ที เอ็ม ซึ่งใช้ เอเวอร์เรสต์เฟียร์รอยด์ ๑๘๓๐ (Everest Spheroid) เป็นขนาดอ้างอิงในการคำนวณงานรังวัดชั้นสูง (Geodetic Survey) โดยมีสูตรคำนวณและค่าคงที่ต่างๆ เป็นดังนี้

ϕ = Geodetic latitude

λ = Geodetic longitude

ω = Rectifying latitude

$$= (N + S_0) / (r K_0)$$

N = พิกัดเหนือ

E = พิกัดตะวันออก

λ_0 = เมอริเดียนย่านกลาง (Central Meridian) ใช้ ๙๙°E และ ๑๐๕°E โซนที่ ๔๗ และ

๔๘ ตามลำดับ

E_0 = พิกัดตะวันออกที่กำหนดขึ้นเอง เป็นค่าคงที่ที่เมอริเดียนย่านกลาง หรือค่าพิกัด

เชื่อมในแนว

ตะวันออก-ตะวันตก (False Easting) มีค่าเป็น ๕๐๐,๐๐๐ เมตร

N_0 = พิกัดเหนือที่กำหนดขึ้นเอง เป็นค่าคงที่ที่เมอริเดียนย่านกลาง หรือค่าพิกัดเทียบ

ในแนว

เหนือ-ใต้ (False Northing) ทางซีกโลกเหนือ นับ ๐ เมตร ที่ เส้นศูนย์สูตร ซีก

โลกใต้เท่ากับ ๑,๐๐๐,๐๐๐ เมตร

S_0 = ระยะตามเมอริเดียน จากเส้นศูนย์สูตร ไปยัง ϕ_0 คูณด้วยตัวคูณมาตราส่วน (K_0)

ของเมอริเดียน

ย่านกลาง (Central Meridian)

ϕ_0 = latitude ของจุดศูนย์กำเนิด

K_0 = ค่าตัวคูณมาตราส่วนที่เมริเดียนย่านกลาง (Central Meridian) มีค่าเท่ากับ ๐.๕๕๕๖

K = ค่าตัวคูณมาตราส่วนที่จุดใดๆ หรือ Point scale Factor

E' = ผลต่างของพิกัดตะวันออกกับเมริเดียนย่านกลาง

$$= E - E_0 \text{ หรือ } E_0 - E$$

a = ระยะกึ่งแกนยาวของ Ellipsoid (Semi-Major Axis) มีค่าเท่ากับ

๖,๓๗๗,๒๗๖.๓๔๕ เมตร

b = ระยะกึ่งแกนสั้นของ Ellipsoid (Semi-Minor Axis)

$$= a(1-f)$$

f = อัตราการยุบตัวของ Ellipsoid (Flattening) มีค่าเท่ากับ ๑ / ๓๐๐.๘๐๑๗

r = รัศมีเฉลี่ยของโลก เป็นรัศมีของโลกที่แลตติจูด ๑๓ องศา มีค่าเท่ากับ ๖,๓๕๘,

๒๑๑.๑๐๕ เมตร

e^2 = The First Eccentricity

$$= (a^2 - b^2) / a^2$$

e'^2 = The Second Eccentricity

$$= (a^2 - b^2) / b^2$$

$$n = (a - b) / (a + b)$$

$$\eta^2 = e'^2 \cos^2 \phi$$

$$V_1 = 3n/2 - 27n^3/32 = 0.002457484466$$

$$V_3 = 21n^2/16 - 55n^4/32 = 0.000003638458$$

$$V_5 = 151n^3/96 = 0.000000007260$$

$$V_7 = 1097n^4/512 = 0.0000000000164655$$

$$V_0 = 2(V_1 - 2V_3 + 3V_5 - 4V_7) = 0.004580458368$$

$$V_2 = 8(V_3 - 4V_5 + 10V_7) = 0.000028866564$$

$$V_4 = 32(V_5 - 6V_7) = 0.000000225174$$

ภาคผนวก

**ระเบียบสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม
ว่าด้วยมาตรฐานระวางแผนที่และแผนที่รูปแปลงที่ดินในที่ดินของรัฐ
พ.ศ. 2557**

.....

หน้า 2

“ค่าตัวคูณมาตราส่วน (Scale Factor ,K)” หมายถึง ตัวคูณสำหรับทอนระยะที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นระยะบนแผนที่

หน้า 3

“ค่าความสูงเฉลี่ย (H)” หมายถึง ความสูงเฉลี่ยของเส้นโครงงานฯ ซึ่งอ่านได้จากเส้นชั้นความสูงในแผนที่ ภูมิประเทศ 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร

หน้า 16

- 4) ค่ามุมราบและระยะ ให้ระบุเลข หน้าของสมุดสนามที่คัดลอกมา
- 5) ค่าตัวคูณมาตราส่วน ,K (Scale Factor) ใช้ค่าเฉลี่ยของหมุดออกและเข้าบรรจุ
- 6) ค่าความสูงเฉลี่ย (H) ใช้ค่าเฉลี่ยของหมุดออกและเข้าบรรจุ
- 7) การคำนวณค่าภาคของทิศของหมุดคู่ออกและเข้าบรรจุ ใช้ค่าคำนวณหาค่าภาคของทิศ (Direct) ทุกครั้ง

หน้า 24

ข้อ 96. การสำรวจรังวัดและจัดทำแผนที่แปลงที่ดิน ต้องดำเนินการตามหลักวิชาการแผนที่ที่มีความละเอียดถูกต้องตามมาตรฐานแผนที่ โดยเฉพาะเกี่ยวกับการรังวัดที่ดินซึ่งเป็นการทำแผนที่เฉพาะรายแปลง ต้องคำนึงถึงความถูกต้อง แม่นยำ สามารถเชื่อมโยงรูปแปลงที่ดินและฐานข้อมูลจัดที่ดิน ได้อย่างต่อเนื่อง ไม่ซ้อนทับกัน และใช้เป็นหลักฐานอ้างอิง สืบค้น ตรวจสอบ พิสูจน์ เกี่ยวกับพิกัดตำแหน่งที่ตั้งที่ดิน รูปแปลงแปลงที่ดิน และเนื้อที่แปลงที่ดินในการสนับสนุนงานปฏิรูปที่ดินของสำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม โดยวิธีการสำรวจรังวัดต้องเป็นระบบพิกัดฉาก UTM และสามารถนำไปเชื่อมโยงข้อมูลที่ดินกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้

หน้า 28

- 5) การเลือกค่าปรับแก้
 - 5.1) ค่าปรับแก้ทางมุม ใช้วิธี เลือกเท่ากันทุกมุม
 - 5.2) ค่าปรับแก้ระยะฉาก (ตั้ง – ราบ) เลือกตามน้ำหนักของระยะ
- 6) ค่าตัวคูณมาตราส่วน ,K (Scale Factor) ใช้ค่าเลือกของหมุดออกและเข้าบรรจุ

คู่มือ

การใช้โปรแกรม ALRO Survey

หน้า 22

พิกัดโครงข่าย	25	401	1	ค่าพิกัดเริ่มของโลก(R)	6358211.1050	11
เชิงโครงข่าย	ปาดำมั่ง (A)	2	ค่าระดับเฉลี่ยของพื้นที่(H)	0.00	12	
พิกัดพิกัด	พิกัดพิกัดโครงข่าย	3	ค่าตัวคูณมาตราส่วน(K)	1.00	13	
เชิงวัด	ปาดำมั่ง	4	ค่าแก้ไข (M)	1	14	
จำนวน	กิโลเมตร	5	ผู้ใช้งาน	พิกัดพิกัดโครงข่าย	15	
จำนวน	กิโลเมตร	6	ผู้ใช้งาน	พิกัดพิกัดโครงข่าย	16	
รวมการคำนวณ	☐ สูง/ต่ำ ☒ UTM	7	หน่วย	พิกัดพิกัดโครงข่าย	17	
โดย	☒ 47 ☐ 48					

หน้า 23

- เลือกข้อมูล วันที่สิ้นสุดโครงการ [8/7/2014] (หมายเลข 10)
- ค่าพิกัดเริ่มของโลก (R) [6358211.105] (หมายเลข 11) *** Default
- ค่าระดับเฉลี่ยของพื้นที่ (H) [0] (หมายเลข 12) *** Default
- ค่าตัวคูณมาตราส่วน (K) [1.00] (หมายเลข 13) *** Default
- ค่าแก้ไขระยะ (M) [1] (หมายเลข 14) *** Default

เอกสารอ้างอิง

- 1.หนังสือรวมระเบียบ คำสั่ง หนังสือเวียน การออกเอกสารสิทธิ เล่ม 5 พ.ศ.2531 – 2543
โดยสมาคมช่างสำรวจ
- 2.เอกสารประกอบการบรรยายโครงการฝึกอบรมการสำรวจรังวัดดาวเทียม GPS ระหว่างวันที่ 20 – 23 พฤษภาคม 2556 ศ.ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 3.เอกสารระบบบริหารจัดการฐานข้อมูลปฎิภูมิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 4.มีชัย ไชยสระแก้ว 2522 งานรังวัดบนพื้นระนาบ แผนที่อาณาเขต กรุงเทพฯ
- 5.ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ และคณะ 2525 งานรังวัดแผนที่ภูมิประเทศ กรุงเทพฯ
- 6.ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย 2534 การสำรวจชั้นสูง วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
- 7.สวัสดิชัย เกรียงไกรเพชร 2529 การใช้ระบบพิกัด ยู ที เอ็ม ในงานรังวัด จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 8.สมศักดิ์ สันประเสริฐ 2540 เรียนรู้ระบบพิกัด ยู ที เอ็ม งานวิชาการวางโครงการแผนที่ กรมที่ดิน
- 9.เอกสารคู่มือการปฏิบัติงานสำรวจทาง สำนักสำรวจและออกแบบ กรม ทางหลวง
- 10.อิทธิ ตรีสิริสัตยวงศ์ เอกสารประกอบการสอนวิชา 2108-341 ระบบพิกัด UTM และ UPS
11. เอกสารประกอบการสอน Chris-Hutch เรื่อง Height-Scale-Factor-Presentation
- 12.และข้อมูลคำอธิบายคำต่างๆ จากเว็บไซต์
- 13.หนังสือ Surveying ของ เจิมศักดิ์ หั่วเพชร กรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ