หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ระบบพิกัดแผนที่

พิกัดตำแหน่งของหมุดหลักฐานหรือจุดควบคุม เป็นข้อมูลที่จำเป็นต่อการแผนที่และการอ้างอิงในโครงงานวิศวกรรมต่าง ๆ ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ซึ่งแสดงด้วยละติจูดและลองจิจูด ไม่สะดวกในการใช้งานสำหรับแผนที่มาตราส่วนใหญ่ ระบบพิกัดที่เหมาะสมก็คือ ระบบพิกัดฉากระนาบ (Plane Rectangular Coordinates System) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. ศูนย์กำเนิด (Origin) แสดงตำแหน่งศูนย์พิกัดของระบบค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของศูนย์กำเนิดเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องทราบค่าที่แน่นอน

2. ระบบการฉาย (Projection) เป็นการถ่ายทอดรายละเอียดจากพื้นผิวโลกไปสู่ระนาบแผนที่ ต้องใช้สมการฉายแผนที่ (Mapping Equation) ที่แสดงความสัมพันธ์จำเพาะของการฉายและต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการรักษารูปร่างตามตำแหน่งภูมิศาสตร์ของพื้นที่

3. คุณสมบัติของการฉาย ระบบการฉายใด ๆ อาจมีคุณสมบัติรักษารูปร่างหรือมุม (Conformal) รักษาระยะ (Equidistant) หรือรักษาพื้นที่ (Equivalency) ได้ดีที่สุดเพียงอย่างเดียว จึงต้องเลือกระบบการฉายที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ

4. พื้นหลักฐานอ้างอิง (Reference Spheroid) พื้นผิวอ้างอิงที่ใช้ในการแผนที่ถือว่าเป็นทรวดทรงของวงรีหมุนรอบแกนสั้น ซึ่งแกนสั้นของวงรีทับกับแกนหมุนของโลก

2.1 ระบบพิกัดแผนที่ที่เกี่ยวข้องกับงานกรมที่ดิน

ระบบพิกัดแผนที่ที่เกี่ยวข้องกับงานกรมที่ดินมีดังนี้

2.1.1 ระบบพิกัดโซลด์เนอร์ (ส่วนรังวัดกรมที่ดิน, 2510)

ระบบพิกัดโซลด์เนอร์เป็นระบบพิกัดที่ได้จาก โพรเจคชันไม่คงรูป (Non-Conformal) มีรายละเอียดดังนี้

1. ชนิดของโพรเจคชัน : โซลด์เนอร์ โพรเจคชัน (Soldner Projection) ในการคำนวณพิกัดตำแหน่งในแต่ละเขตพื้นที่ใช้สูตรระบบการฉายแผนที่แบบทรงกลม (Spherical Projection)

2. ทรงรีอ้างอิง : Everest Spheriod (1830) ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ดังนี้

ระบบกึ่งแกนยาวของทรงรี = a = 6377276.34518 เมตร

ส่วนกลับอัตราการยุบทรงรี = 1/f = 300.8017

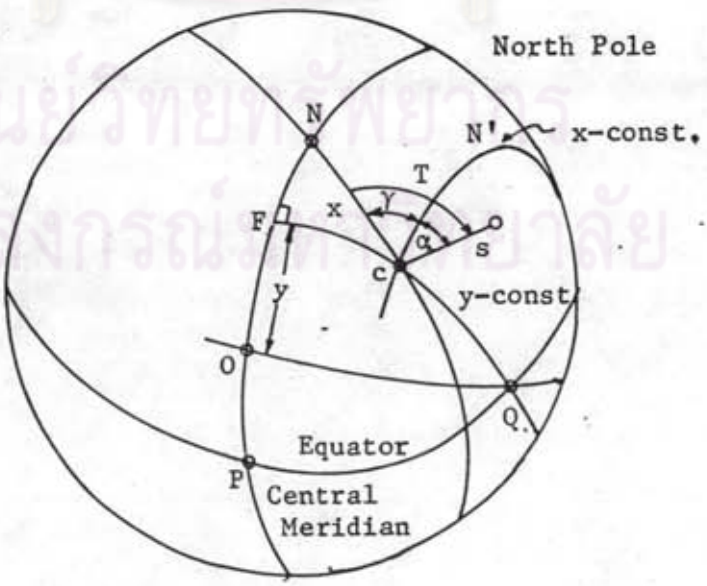
3. ค่าแหน่งของจุดกำเนิดในแต่ละศูนย์ : ใช้ยอดเขา ยอดเจดีย์ และจุดตัดระหว่างเส้นรุ้งกับเส้นแวง (ดังตารางภาคผนวก ก.)

4. หน่วยความยาว : เส้น (40 เมตร)

5. หมายเลขกำกับแต่ละศูนย์ : กำหนดดังปรากฏในภาคผนวก ก.

6. ขอบเขตแต่ละศูนย์ : กำหนดดังตารางภาคผนวกและแผนที่ประกอบ โดยแต่ละจังหวัดใช้ค่าศูนย์กำเนิดเดียว

พิกัดไซลด์เนอร์เป็นการแสดงค่าพิกัดของค่าแหน่งบนผิวโลก โดยสมมุติว่าสัณฐานโลกเป็นทรงกลม มีรัศมีความโค้งเท่ากับ Gaussian Mean Radiaus Rm = $\sqrt{MN}$ เมื่อกำหนดศูนย์กำเนิดของระบบพิกัดขึ้น ค่าแหน่งของจุดใด ๆ บนผิวทรงกลมจะแสดงได้ด้วยความยาวโค้งเชิงเส้นบนส่วนของวงกลมใหญ่ (Great circles) ที่ตั้งฉากซึ่งกันและกัน โดยนับเนื่องจากศูนย์กำเนิด ดังแสดงในรูป 2.1 และคำอธิบายต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 ระบบพิกัดฉากทรงกลม (Orthogonal Spherical (Soldner) Coordinate (Mueller, 1979, P119))

ในรูปที่ 2.1

O เป็นจุดศูนย์กำเนิดที่ทราบค่าละติจูด ลองจิจูด แกนของระบบพิกัดก็คือ วงกลมใหญ่ 2 วง ที่ผ่านจุด O และตั้งฉากซึ่งกันและกัน ลองจิจูดที่ผ่านศูนย์กำเนิดเรียกว่า แนวเมริเดียนกลาง (Central Meridian)

C เป็นจุดที่ต้องการทราบค่าพิกัดทรงกลมจะกำหนดได้คือ

ค่าพิกัดในแนวเมริเดียนกลาง (แกน Y) คือค่า Ordinate Y เป็นความยาวโค้งเชิงเส้นบนวงกลมใหญ่ NOP ที่นับจากจุด O ไปถึง Foot Point F คือโค้ง OF

ค่าพิกัดในแนวนอน (แกน x) คือ Abscissa x เป็นความยาวโค้งเชิงเส้นบนวงกลมใหญ่ FCQ ที่นับจากแนวเมริเดียนกลางคือโค้ง FC

วงกลมใหญ่ที่ตั้งฉากกับแนวเมริเดียนกลางที่ O และ F จะตัดกันที่จุด Q บนเส้นศูนย์สูตรความยาวโค้ง PQ เท่ากับ 90°

CN' เป็นโค้งวงกลมเล็กที่ขนานกับเมริเดียนกลาง

γ คือ Convergence of Meridian ณ จุด C

α คือ Spherical Azimuth โดยนับเนื่องจากแนว CN' ตามเข็มนาฬิกา

T คือ Geodetic Azimuth

การถ่ายทอดค่าพิกัดจากพื้นผิวทรงกลมลงบนระนาบแผนที่จำเป็นต้องใช้สมการการฉายแผนที่เฉพาะของโพรเจกชันนี้ ซึ่งมีลักษณะดังนี้

$$x = X \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2\text{-}1)$$

$$y = Y \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2\text{-}2)$$

เมื่อ x, y เป็นค่าพิกัดบนระนาบการฉายแผนที่

X, Y เป็นค่าพิกัดบนพื้นผิวอ้างอิง

โซลด์เนอร์โพรเจคชัน ใช้ทรงกระบอก (Cylinder) เป็นระนาบการฉายแผนที่ สัมผัสทรงกลมตามแนวเมริเดียนกลาง มาตราส่วนตามแนวเมริเดียนกลางจะถูกต้อง ส่วนจุดที่ห่างจากเมริเดียนกลางออกไปมาตราส่วนจะขยายใหญ่ขึ้น ณ จุดใด ๆ ความเพี้ยน (Distortion) จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ตัว คือ ระยะห่างของจุดนั้น จากแนวเมริเดียนกลาง กับทิศทาง (Direction) จากจุดนั้นไปยังอีกจุดหนึ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อกำหนดให้

s เป็นระยะบนระนาบการฉายแผนที่

S เป็นระยะบนพื้นผิวทรงกลม

α เป็น Spherical Azimuth

β เป็น Grid Azimuth บนพื้นระนาบแผนที่

R เป็น Mean Radius of Curvature หรือ Gaussian Mean Radius

การทอนค่าจากพื้นผิวทรงกลมอ้างอิง ไปสู่ระนาบการฉายแผนที่ หาได้จาก (สำหรับระยะสั้น) ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{s}{S} = 1 + \frac{(X_2^2 + X_2X_1 + X_1^2)}{6R^2} \cdot \cos^2\alpha_1 \qquad \text{..... (2-3)}$$

$$\frac{s}{S} \approx 1 + \frac{X_m^2}{2R^2} \cdot \cos^2\alpha_1 \qquad \text{..... (2-4)}$$

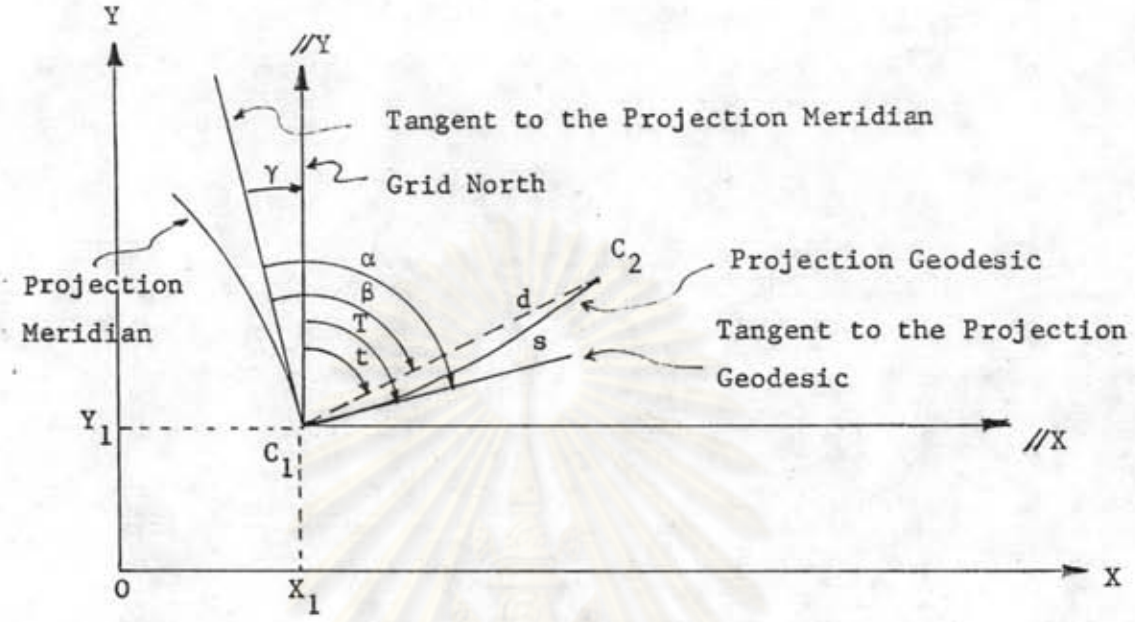
ซึ่งเรียกว่า สเกลแฟคเตอร์ (Scale factor)

สำหรับการคำนวณค่าตรวจแก้มุม มีสูตรต่าง ๆ ดังนี้

$$(\beta_1 - \alpha_1) = -\frac{(X_2^2 + X_2X_1 + X_1^2)}{6R^2 \sin 1''} \cdot \sin\alpha_1 \cos\alpha_1 - \frac{(Y_2 - Y_1)(2X_1 + X_2)}{6R^2 \sin 1''} \qquad \text{..... (2-5)}$$

$$(\beta_1 - \alpha_1) \approx -\frac{X_m^2}{2R^2 \sin 1''} \cdot \sin\alpha_1 \cos\alpha_1 - \frac{(Y_2 - Y_1) X_m}{2R^2 \sin 1''} \qquad \text{..... (2-6)}$$

ซึ่ง $(\beta_1 - \alpha_1)$ คือ Arc to Chord Correction หรือ (t - T) Correction ดังรูป 2.2



รูปที่ 2.2 เส้นยีออเดสิค บนระนาบของการฉายแผนที่

เมื่อ X_1, Y_1 และ X_2, Y_2 เป็นค่าพิกัดฉากทรงกลมของจุด C_1 และจุด C_2 ตามลำดับ

$-X_m$ เป็นค่าเฉลี่ยของ X_1 และ X_2

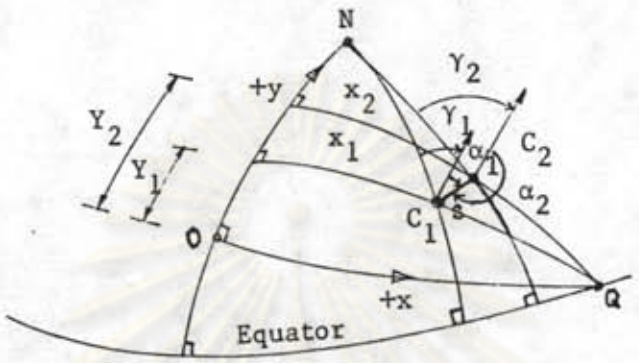
α_1, β_1 เป็น Spherical Azimuth และ Plane Azimuth ที่จุด C_1

ในรูปที่ 2.3 เมื่อทราบค่าพิกัดฉากทรงกลมของจุด C_1 ระยะ S และ Azimuth α_1 พิกัดของจุด C_2 สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้ (Clark, 1963, P.434)

$$Y_2 = Y_1 + S\cos\alpha_1 + \frac{X_1^2 S\cos\alpha_1}{2R^2} + \frac{X_1 S^2 \sin\alpha_1 \cos\alpha_1}{R^2} + \frac{S^3 \sin^2\alpha_1 \cos\alpha_1}{3R^2} \quad \text{..... (2-7)}$$

$$X_2 = X_1 + S\sin\alpha_1 - \frac{S^3 \sin\alpha_1 \cos^2\alpha_1}{2R^2} - \frac{X_1 S^2 \cos^2\alpha_1}{2R^2} \quad \text{..... (2-8)}$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 \pm 180^{\circ} - \frac{S \cos\alpha_1 (X_1 + X_2)}{2R^2 \sin 1''} \quad \ldots\ldots\ldots (2\text{-}9)$$



สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.3 การคำนวณพิกัดทรงกลม

ส่วนการคำนวณบน Projection Surface จะได้จาก

$$Y_2 = Y_1 + s. \cos \beta_1 \quad \ldots\ldots\ldots (2.10)$$

$$X_2 = X_1 + s. \sin \beta_1 \quad \ldots\ldots\ldots (2\text{-}11)$$

2.1.2 <u>ระบบพิกัดยูทีเอ็ม</u>

ระบบพิกัด UTM เป็นระบบพิกัดระนาบที่ได้จากโพรเจคชัน แบบคงรูป (Conformal Projection) มีรายละเอียดดังนี้

1. ชนิดของโพรเจคชัน : ทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์โพรเจคชัน
2. ทรงรีอ้างอิง : ประเทศไทยใช้ Everest Spheriod ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

   ระยะกึ่งแกนยาวของทรงรี = a = 6377276.34518 เมตร

   ส่วนกลับอัตราการยุบทรงรี = 1/f = 300.8017

3. ตำแหน่งของจุดกำเนิดในแต่ละแถบ : อยู่ที่จุดตัดระหว่างเส้นเมริเดียนกลางกับเส้นศูนย์สูตร
4. หน่วยความยาว : เมตร

5. ค่าพิกัดเทียบในแนวเหนือ-ใต้ (False Northing) ของจุดกำเนิด : 0 เมตร (10,000,000 เมตร สำหรับซีกโลกใต้)

6. ค่าพิกัดเทียบในแนวตะวันออก-ตะวันตก (False Easting) ของจุดกำเนิด : 500,000 เมตร

7. ค่าสเกลแฟกเตอร์ (Scale Factor) ที่เส้น Meridian กลาง : 0.9996

8. เลขหมายกำกับแถบ (Zone) : แถบที่ 1 อยู่ระหว่าง $180^{\circ}W$ และ $174^{\circ}W$ แถบถัดไปทางทิศตะวันออกเป็นแถบที่ 2 นับเรื่องไปทางทิศตะวันออกเช่นนี้จนถึงแถบที่ 60 ซึ่งอยู่ระหว่าง $174^{\circ}E$ และ $180^{\circ}E$ (ประเทศไทยอยู่ในเขตของแถบ 47 และ 48)

9. ขอบเขตตามแนวเหนือ-ใต้ : ทิศเหนือจรดละติจูด $84^{\circ}N$

ทิศใต้จรดละติจูด $80^{\circ}S$

10. ขอบเขตตามแนวตะวันออก-ตะวันตก : เส้นเมริเดียน ที่ค่าลองจิจูดสามารถหารได้ลงตัวด้วยเลข 6

ระบบพิกัดทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ ใช้ทรงกระบอกขวางเป็นพื้นโพรเจคชัน ซึ่งอาจเป็นลักษณะสัมผัส (Tangent) หรือตัด (Secant) กับ Datum suface ก็ได้ UTM ใช้ลักษณะตัดกับรูปทรงรีอ้างอิง 2 ข้าง ของแนวเมริเดียนกลางทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ โพรเจคชันมีคุณสมบัติรักษารูปร่างหรือคงรูป (Conformal) มุมระหว่างเส้นต่าง ๆ บนระนาบของการฉายแผนที่จะมีค่าถูกต้องเหมือนของจริง และค่าสเกลแฟกเตอร์ ที่จุดใด ๆ บนโพรเจคชัน ไม่ขึ้นอยู่กับทิศทางจึงมีค่าเดียว การคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนโพรเจคชันแบบคงรูปจะง่ายกว่าโพรเจคชันแบบไม่คงรูป

การแปลงค่าพิกัดภูมิศาสตร์เป็นพิกัดยูทีเอ็ม และการแปลงกลับจากพิกัดยูทีเอ็มเป็นพิกัดภูมิศาสตร์ มีรายละเอียดในบทที่ 4