

บทที่ 9

ระบบพิกัดกริด

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และเข้าใจรวมทั้งสามารถตอบคำถามหรืออธิบายสิ่งต่อไปนี้ได้

1. อธิบายความสำคัญของระบบพิกัดกริดได้
2. บอกความหมายของเส้นกริดแบบ U.T.M. Projection ได้
3. อธิบายวิธีการกำหนดตัวอักษรภาษาอังกฤษประจำตารางได้
4. อธิบายวิธีการอ่านค่าพิกัดจากระบบพิกัดกริดแบบ U.T.M. ได้
5. บอกคุณสมบัติของเส้นโครงแผนที่แบบ Transverse Mercator ได้

สาระสำคัญ

1. ความสำคัญของระบบพิกัดกริด

ระบบพิกัดกริด (Grid System) เป็นระบบวิธีการสำหรับกำหนดค่าจุดตำแหน่งหรือค่าพิกัดภูมิศาสตร์ในแผนที่ระบบหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากการกำหนดตำแหน่งลงบนทรงกลมโลกที่ไม่มีเส้นสมมุติใด ๆ นั้น เป็นสิ่งที่ยุ่งยากมาก หลังจากได้มีการกำหนดเส้นสมมุติต่าง ๆ ขึ้นทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งได้แก่ เส้นละติจูด (Latitude) และเส้นลองจิจูด (Longitude) รวมทั้งเส้นสมมุติเฉพาะอื่น ๆ เช่น เส้นศูนย์สูตรและเส้น Prime Meridian เป็นต้น การกำหนดตำแหน่งของตำบลใด ๆ บนผิวพื้นพิภพหรือการกำหนดพิกัดทางภูมิศาสตร์ก็ได้อาศัยค่าพิกัดจากเส้นสมมุติเหล่านั้น วิธีการอ่านค่าพิกัดของตำบลใด ๆ ที่ต้องการโดยใช้ตารางที่เส้นสมมุติมาตัดกันนี้เป็นวิธีการที่เข้าใจง่ายและถูกต้องเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากระบบของเส้นโครงแผนที่นั้นมีอยู่มากมายหลายแบบ เส้นโครงแผนที่แต่ละแบบก็จะให้

คุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป เส้นโครงแผนที่บางชนิดอาจเหมาะสมสำหรับสถานการณ์หนึ่งแต่ อาจจะไม่เหมาะสมสำหรับอีกสถานการณ์ก็เป็นได้ จึงได้มีการพิจารณานำเส้นโครงแผนที่แบบ ต่าง ๆ มาใช้เพื่อกำหนดค่าพิกัดบนทรงกลมโลกที่เหมาะสมกับงาน ระบบพิกัดกริดที่ใช้เพื่อกำหนดตำแหน่งที่ได้ผลแน่นอนและนิยมใช้ทั่วไปคือ เส้นโครงพิกัดยูนิเวอร์ซัล ทรานสเวอร์ส เมอร์เคเตอร์ (Universal Transverse Mercator Grid System) หรือเรียกย่อว่า U.T.M. Projection เส้นกริดชนิดนี้ได้นำมาใช้ในกิจการทหารของสหรัฐอเมริกาและแพร่หลายไปนานาประเทศ ต่อมาก็ได้นำมาใช้ทำแผนที่ในประเทศไทย ซึ่งระบบพิกัดชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสประกอบด้วยแกนตั้งที่อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ และแกนราบที่อยู่ในแนว ตะวันออก-ตะวันตก ค่าพิกัดทั้งทางแกนตั้งและแกนราบจะเริ่มต้นนับออกมาจากจุดศูนย์กลางกำเนิด (Origin) ที่กำหนดขึ้นมา

2. ความสำคัญของเส้นโครงพิกัด ยู.ที.เอ็ม.

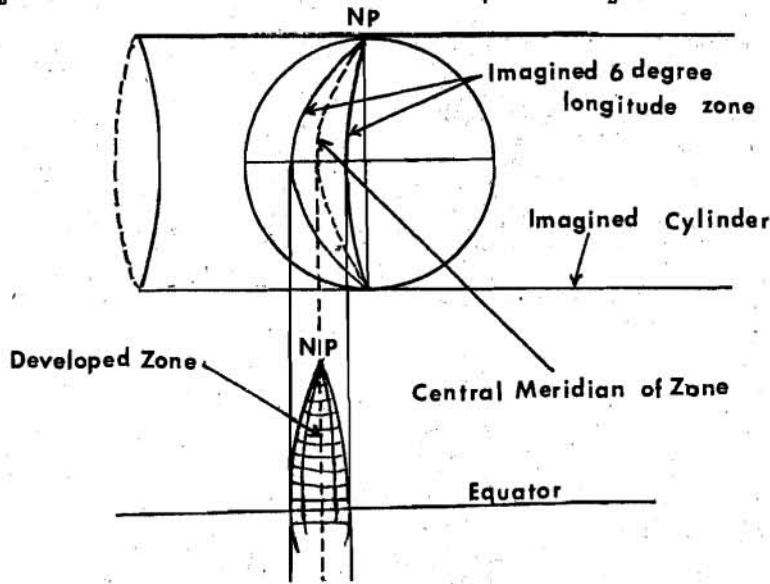
ความสำคัญของเส้นโครงพิกัดแบบ ยู.ที.เอ็ม (U.T.M. Projection) ได้เริ่มต้นภายหลังจากที่สงครามโลกครั้งที่ 2 ได้สิ้นสุดลงองค์การสนธิสัญญาป้องกันร่วมกันแห่ง แอตแลนติกเหนือหรือนาโต (NATO) ได้มีแนวความคิดที่จะกำจัดความแตกต่างในเรื่องของ เส้นโครงแผนที่แบบต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในกิจการทหารของประเทศต่าง ๆ เพราะได้ประสบปัญหา มากมายหลายประการเมื่อนำเอาแผนที่มาใช้ร่วมกันในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ปัญหา ต่าง ๆ เหล่านี้เกิดขึ้นมาจากการใช้ขนาดของลูกโลก (Spheroid) หรือการใช้ระบบพิกัดที่ กำหนดที่หมายในแผนที่แตกต่างกัน จึงมีการพัฒนาค้นคว้าแบบของเส้นโครงแผนที่ที่สามารถนำไป ใช้ร่วมกันทุกประเทศทั่วโลก และสมาคม International Union of Geodesy and Geophysic (IUGG) ยอมรับเส้นโครงแผนที่แบบนี้ในปี พ.ศ.2467 และประเทศต่าง ๆ ส่วนใหญ่ได้นำเส้นโครงแผนที่ระบบนี้ไปใช้กับ International Spheroid และให้ชื่อเส้น โครงแผนที่ที่เกิดขึ้นใหม่นี้ว่า Universal Transverse Mercator Projection ที่ได้จากการดัดแปลงเส้นโครงแผนที่แบบทรงกระบอกของ Mercator โดยหมุนรูปทรงกระบอก ให้หมุนไป 90° จากตำแหน่งปกติเส้นศูนย์สูตร ณ ตำแหน่งที่มีการหมุน (Transverse) แกน

ของรูปทรงกระบอกอยู่บนพื้นเส้นศูนย์สูตรและตั้งฉากกับแนวขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ด้วย สำหรับคำว่า "Universal" หมายถึง เส้นโครงแผนที่แบบนี้ได้ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง เกือบทั่วโลก เนื่องจากเป็นระบบที่จัดทำได้ง่ายและชัดเจนในปี พ.ศ.2489 สหรัฐอเมริกา ได้นำเอาเส้นโครงแผนที่แบบ U.T.M. นี้มาใช้กับแผนที่ในกิจการทหารแทบทั้งหมดและได้ ถ่ายทอดเทคนิคให้กับมิตรประเทศโดยทั่วไป ในปี พ.ศ.2496 ประเทศไทยเริ่มทำโครงการ ทำแผนที่ภายในประเทศร่วมกับสหรัฐอเมริกา จึงได้เริ่มเอาเส้นโครงแผนที่แบบนี้มาใช้ใน ประเทศไทย

3. หลักการของเส้นโครงพิกัด ยู.ที.เอ็ม.

หลักการของเส้นโครงพิกัด ยู.ที.เอ็ม. นั้น ได้อาศัยพื้นฐานจากหลักการเส้น โครงแผนที่แบบทรงกระบอก โดยประยุกต์วิธีการถ่ายทอดรายละเอียดต่าง ๆ บนพื้นผิวพิภพให้ ลงมาอยู่บนผิวของรูปทรงกระบอกในตำแหน่งที่หมุนเปลี่ยนจุดสัมผัสหรือจุดตัดไม่เป็นระยะ ๆ รูปทรงกระบอกที่ใช้ถ่ายทอดรายละเอียดของพื้นผิวพิภพนั้นไม่ได้พิจารณาถ่ายทอดครั้งเดียวให้ ครอบคลุมพื้นผิวของพิภพทั้งหมด แต่จะใช้ถ่ายทอดพื้นผิวของพิภพเป็นบริเวณหรือแถบเล็ก ๆ (Small Belts or Zones) ทั้งนี้เพื่อลดอาการบิดเบี้ยวจากผลของเส้นโครงแผนที่รูปทรง กระบอกเมื่อทำการถ่ายทอดครั้งเดียวตลอดทั่วทั้งพื้นพิภพ แต่ได้นำเอารูปทรงกระบอกมาใช้ ถ่ายทอดรายละเอียดจากพื้นผิวพิภพในขอบเขตจำกัด เช่น บริเวณหรือแถบเล็ก ๆ และจะให้ ผลดีมากที่สุดคือ อัตราการบิดเบี้ยวหรือการผิดพลาดทางตำแหน่งจะลดลงได้มาก ในการ ถ่ายทอดรายละเอียดของพื้นผิวพิภพตามบริเวณหรือแถบเล็ก ๆ ลงบนรูปทรงกระบอก วิธีปฏิบัติ คือ หมุนรูปทรงกระบอกให้ไปถ่ายทอดรายละเอียดตามบริเวณเล็ก ๆ บนผิวพิภพทีละ 6 องศา ทางลองจิจูด ดังนั้น ถ้าจะให้ครบรอบโลกจะต้องหมุนรูปทรงกระบอกเป็นจำนวน 60 ครั้ง หมายถึงให้โลกถูกแบ่งออกเป็นโซนเล็ก ๆ มีขนาดเท่า ๆ กัน ซึ่งจะมีความกว้างทางลองจิจูด เท่ากับ 6 องศา เป็นจำนวน 60 โซน โดยกำหนดให้ โซนที่ 1 อยู่ระหว่างลองจิจูดที่ 180°W - 174° W โซนที่ 30 จะอยู่ระหว่างลองจิจูดที่ 6°W - 0° โซนที่ 31 จะอยู่ระหว่าง

ลองจิจูดที่ 0 - 6 E และโซนที่ 60 คือ โซนสุดท้ายจะอยู่ระหว่างลองจิจูด 174 E - 180 E



รูปที่ 9.1 แสดงหลักการของ U.T.M. Projection

จะเห็นได้ว่า พื้นที่ของประเทศไทยนั้นอยู่ประมาณระหว่างลองจิจูด 96 E - 105 E ดังนั้น ประเทศไทยจึงตกอยู่ในโซนที่ 47 (96 E - 102 E) และโซนที่ 48 (102 E - 108 E)

ส่วนทางละติจูดนั้น สมาคม IUGG ได้ยอมรับผลการคำนวณของ UTM Projection ว่าควรจะนำไปใช้ถ่ายทอครายละเอียดของพิภพระหว่าง 84 N และ 80 S สาเหตุที่ขยายการคำนวณทางละติจูดไปถึง 84 N นั้น ก็เพราะเหตุผลทางการเมือง เนื่องจากเมือง Spitsbergen ของประเทศเดนมาร์กตั้งอยู่เหนือละติจูด 80 N และ ถึงแม้ว่าจะขยายผลการคำนวณไปถึง 84 N แล้วก็ตามค่าของ Scale Factor ก็ยังคงมีค่าอยู่ระหว่าง .99960 กับ 1.00100 ส่วนทางซีกโลกใต้บริเวณใต้ละติจูด 80 S นั้น ส่วนมากมีแต่น้ำทะเลที่เป็นน้ำแข็งเกือบตลอดปี จึงไม่จำเป็นจะต้องขยายไปถึง 84 S

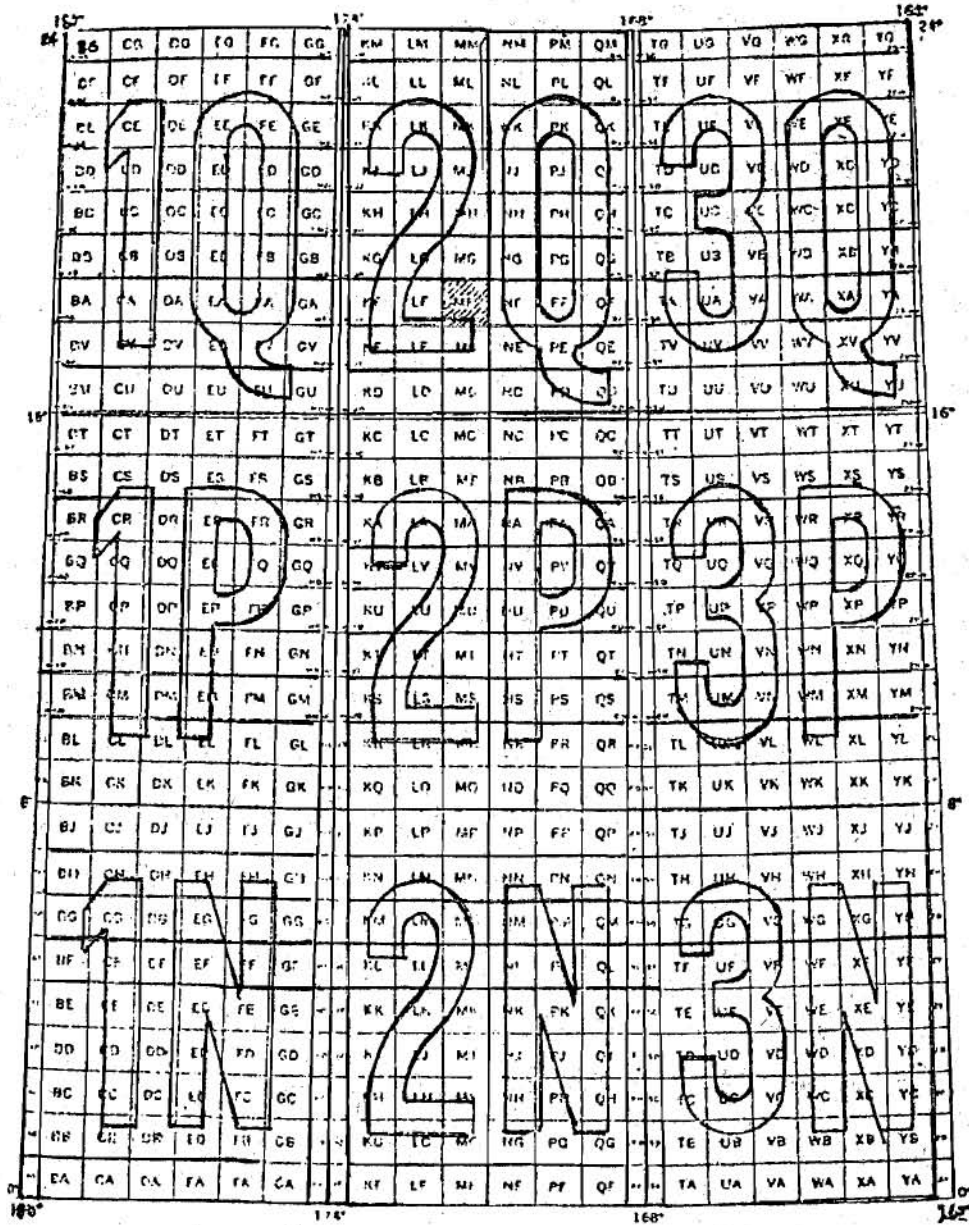
3.1 การกำหนดชื่อในตารางกริด

การกำหนดชื่อในตารางกริดใช้วิธีการกำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ
 ทั้งนี้ในทางเส้นละติจูดได้กำหนดโดยแบ่งเส้นละติจูดออกเป็น ส่วน ๆ ส่วนละ ๘ ละติจูด
 ทางซีกโลกใต้จะมี 10 ส่วน ส่วนละ ๘ ละติจูดพอดี ส่วนทางซีกโลกเหนือจะแบ่งออกได้
 10 ส่วนเช่นกัน โดยมีส่วนสุดท้ายหรือส่วนบนสุดมีค่ามากกว่าส่วนอื่น ๆ เล็กน้อยคือ 12
 ละติจูด พื้นที่ละติจูดจะถูกแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ คือ ขนาด ๘ ละติจูด 19 ส่วน และ 12
 ละติจูดอีก 1 ส่วน ส่วนการกำหนดชื่อนั้น กำหนดโดยใช้ตัวอักษรแทนเริ่มอักษรตัวแรกทาง
 ซีกโลกใต้ขึ้นไปทางซีกโลกเหนือ โดยกำหนดตัวอักษรภาษาอังกฤษจากตัว C ถึง X เว้น
 ตัวอักษร I กับ O เพราะมีรูปร่างเหมือนตัวเลขหนึ่งและเลขศูนย์ ตัวอักษรจึงครบ 20 ตัว
 พอดี และทุก ๆ โชนก็คงใช้การแบ่งและกำหนดตัวอักษรแบบนี้ทั้ง 60 โชน สำหรับในส่วน
 ของพื้นที่ของประเทศไทยซึ่งตกอยู่ประมาณละติจูด $5^{\circ}N - 21^{\circ}N$ นั้น จะตกอยู่ในอักษร
 N , P และ Q ดังนั้น พื้นที่ของประเทศไทยเมื่อคิดทั้งทางลองจิจูดและละติจูดแล้วจะตกใน
 โชนและอักษรดังนี้ คือ 47 N , 47 P , และ 47 Q กับ 48 N , 48 P และ 48 Q

คำว่า 47 N , 47 P , 47 Q , 48 N , 48 P และ 48 Q นี้เรียกว่า
 ค่าการกำหนดโชนของกริด (Grid Zone Designation) ซึ่งการอ่านค่าพิกัดทุกครั้ง
 ถ้าจะให้ถูกต้องสมบูรณ์แบบจริง ๆ จะต้องอ่านค่าการกำหนดโชนของกริดด้วย เพราะถ้าหาก
 ไม่บอกค่านี้ด้วยแล้วจะทำให้ไม่ทราบว่าพิกัดนั้นจะอยู่บริเวณใดเนื่องจากทุก ๆ โชนต่าง ๆ
 ก็มีค่าพิกัดนี้เหมือนกัน

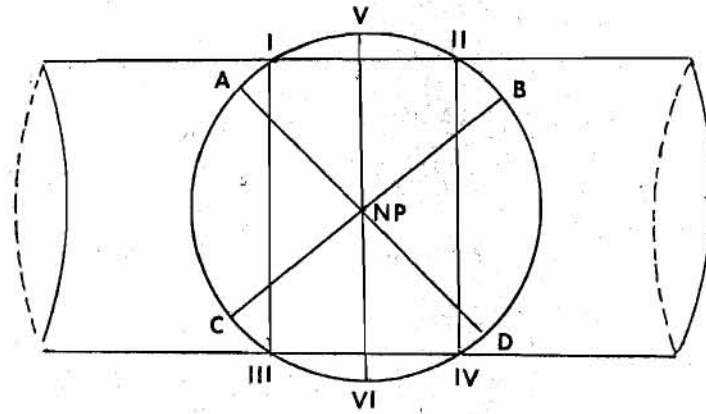
3.2 การถ่ายทอดรายละเอียดของ U.T.M. Projection

การถ่ายทอดรายละเอียดของ U.T.M. Projection หรือระบบพิกัด-
 กริดนี้ เนื่องจากตามหลักการแล้วระบบพิกัดกริดจะใช้วิธีการถ่ายทอดรายละเอียดจากพิภพลง
 บนรูปทรงกระบอกเป็นแถบเล็ก ๆ ทีละโชน รูปทรงกระบอกที่ถ่ายทอดรายละเอียดพิภพนั้น
 ไม่ได้สัมผัสผิวของพิภพ แต่ใช้รูปทรงกระบอกนั้นตัด (Secant) เข้าไปในระหว่างโชนของ



รูปที่ 9.2 แสดงชื่ออักษรประจำรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสที่มีด้านยาว 100,000 เมตร
 ในบริเวณ Latitude 80° N ถึงบริเวณ Latitude 80° S

ลองจิจูดซึ่งกว้าง 6 การที่ใช้รูปทรงกระบอกตัดผิวของพิภพเข้าไปในโชนของลองจิจูด 6 นี้ ก็เพื่อที่จะลดความบิดเบี้ยวนั่นเอง เนื่องจากการคันคืดหลักการของเส้นโครงแผนที่ใหม่ ๆ ขึ้นมาเพื่อจะให้ได้แผนที่ที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุด



รูปที่ 9.3 แสดงรูปตัดขวางของรูปทรงกระบอกซึ่งตัดทรงกลมโลก ซึ่งกว้าง 6 ทางลองจิจูด

จากรูปที่ 9.3 แสดงรูปตัดขวางของรูปทรงกระบอกที่ตัดผิวของพิภพซึ่งกว้าง 6 ทางลองจิจูด ตามรูปนั้น AB และ CD ก็คือโค้งของผิวพิภพ ซึ่งกว้าง 6 ลองจิจูดหรือโชนนั่นเอง เมื่อรูปทรงกระบอกตัดผ่านผิวของพิภพเข้าไปนั้น รอยตัดก็คือจุด I , II , III, และ IV ส่วนจุด V และ VI นั้นก็คือเส้นเมริเดียนย่านกลาง จะเห็นว่าผิวของพิภพเมื่อถูกถ่ายทอดลงบนผิวของทรงกระบอกหรือบนแผนที่นั้นจะปรากฏผลดังนี้

ก. บริเวณรอยตัดคือที่จุด I , II, III และ IV นั้น ระยะบนผิวพิภพ จะเท่ากับระยะบนรูปทรงกระบอกหรือบนแผนที่ตามมาตราส่วนที่เรียกว่า Scale Exact

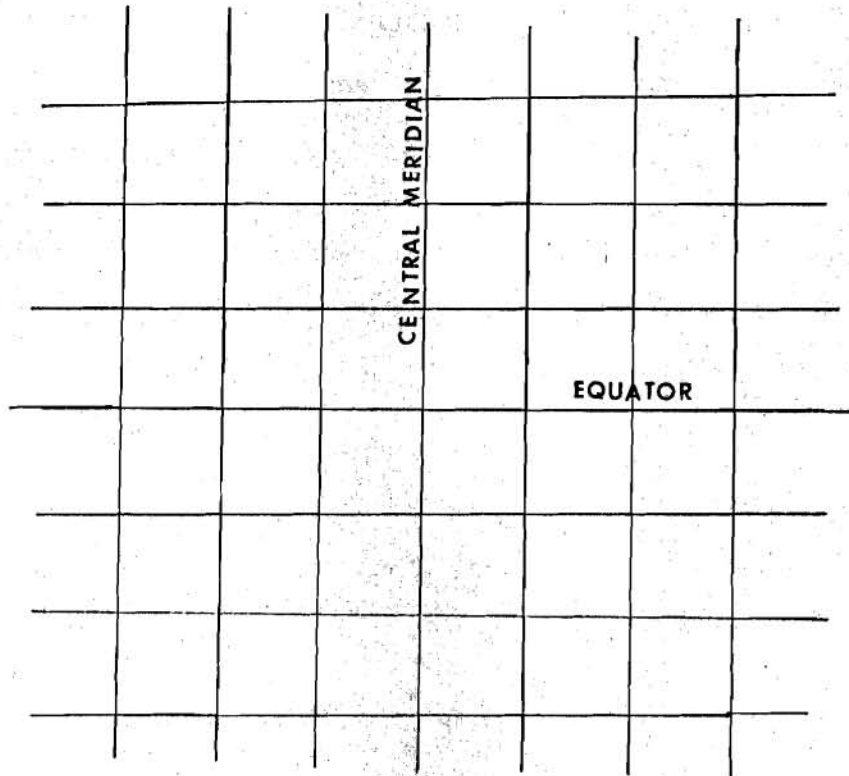
ข. ระยะ AI , II B , C III และ IV D นั้น ระยะบนผิวพิภพเมื่อถ่ายทอดลงบนแผนที่แล้วจะใหญ่กว่าระยะจริงบนพิภพ โดยความผิดพลาดจะมีมากที่สุดที่ริม ๆ ของโชน คือที่ A,B,C และ D

ค. ระยะ I ถึง II และ III ถึง IV นั้น เมื่อถ่ายทอดลงบนแผนที่แล้ว

จะเล็กกว่าระยะที่ถูกตัดบนพิภพ โดยความผิดพลาดจะมีมากที่สุดที่จุด V และ VI คือเส้นเมริเดียนย่านกลาง (Central Meridian) ซึ่งถือว่าเป็นเส้นกึ่งกลางของแต่ละโซน พื้นที่บริเวณใกล้เส้นนี้将有ความผิดพลาดน้อยที่สุด การทดสอบระยะในแผนที่และระยะในภูมิประเทศภายหลังจากการถ่ายทอดรายละเอียดแต่ละโซนแล้ว ปรากฏว่า ค่าของความบิดเบี้ยวของ UTM Projection นั้นจะอยู่ระหว่าง - 40 ซม./1000 เมตร กับ + 100 ซม./1000 เมตร ซึ่งรายละเอียดของความบิดเบี้ยวนี้จะปรากฏอยู่ใน Scale Factor Graph

การใช้ทรงกรบอกตัดเข้าไปในผิวของพิภพที่อยู่ในโซนลองจิจูดซึ่งกว้างโซนละ 6° นั้น จะทำการตัดโดยใช้กฎเกณฑ์ที่เหมือนกัน เส้นกึ่งกลางของโซนแต่ละโซน คือลองจิจูด 3° จากขอบโซนนั้น เรียกว่า เส้นเมริเดียนย่านกลาง ซึ่งในการพิจารณาถ่ายทอดรายละเอียดจะใช้เส้นเมริเดียนย่านกลางของแต่ละโซนนี้เป็นหลัก เวลานำรูปทรงกรบอกตัดเข้าไปโดยให้รูปทรงกรบอกตัดที่ผิวพิภพ ตรงจุดที่ห่างจากเส้นเมริเดียนย่านกลางข้างละ 180,000 เมตร หรือ 180 กม. จึงได้เกิดมีรอยตัดหรือจุดที่ทรงกรบอกตัดผิวพิภพ 2 ครั้ง คือขาเข้าและขาออก (ที่จุด I, II, III, IV) เมื่อคลี่รูปทรงกรบอกออกเป็นพื้นราบจะมีรูปร่างที่มีความผิดพลาดน้อยกว่าการนำรูปทรงกรบอกสัมผัสผิวพิภพ

จะเห็นว่าทุก ๆ โซนที่มีขนาด 6 องศาลองจิจูดนั้นจะมีเส้นตรงอยู่ 2 เส้นตัดกันเป็นมุมฉาก คือ เส้นเมริเดียนย่านกลางของโซนกับเส้นศูนย์สูตร ซึ่งจุดตัดของเส้นตรงทั้งสองจะถูกสมมุติให้เป็นจุดศูนย์กำเนิดของพิกัด UTM ของแต่ละโซนโดยเส้นกริดทางตั้ง (Easting) จะเป็นเส้นตรงที่ลากขนานกับเส้นเมริเดียนย่านกลาง ส่วนเส้นกริดทางราบ (Northing) จะเป็นเส้นตรงขนานกับเส้นศูนย์สูตร



รูปที่ 9.4 แสดงจุดศูนย์กลางกำเนิดของพิกัด UTM ของแต่ละโซน

เพื่อหลีกเลี่ยงค่าของพิกัดที่จะเป็นเครื่องหมายลบ เมื่อค่าบดต่าง ๆ ที่ต้องการทราบค่าพิกัดอยู่ทางตะวันตกของเส้นเมริเดียนกลางกับอยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรซึ่งจะมีค่าเครื่องหมายลบ ดังนั้น ณ จุดศูนย์กลางกำเนิดพิกัดของแต่ละโซนจึงได้กำหนดค่า False Coordinate ดังนี้

ซีกโลกเหนือ

ค่า Easting	=	500,000	เมตร
ค่า Northing	=	0	เมตร

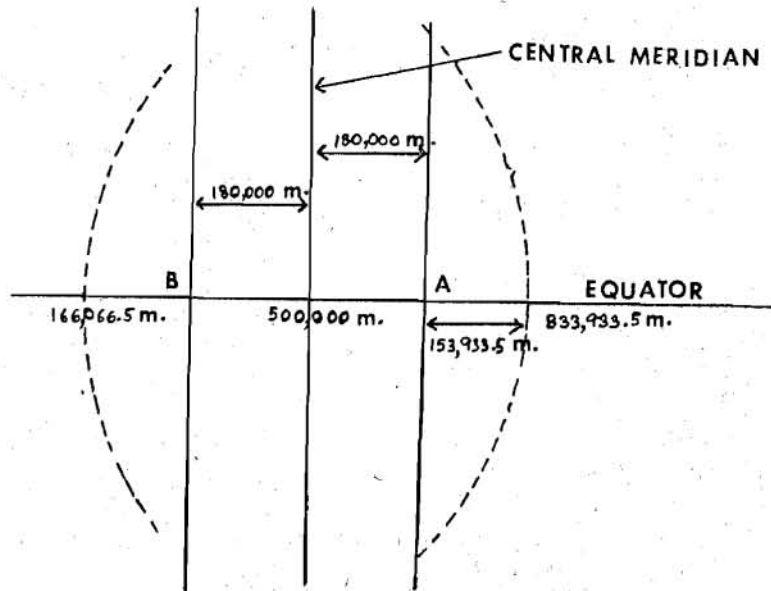
ซีกโลกใต้

ค่า Easting = 500,000 เมตร

ค่า Northing = 10,000,000 เมตร

ค่าพิกัดศูนย์กำเนิด UTM Grid แต่ละโซนแสดงไว้ในตารางแสดงค่ากริดโซน

ตามที่ได้อธิบายมาแล้วว่า รอยตัดของรูปทรงกระบอกอยู่ห่างจากเส้นเมริเดียน
 ย่างกลางข้างละ 180,000 เมตร หรือ 180 กม. ที่เส้นศูนย์สูตรระยะจากเส้นเมริเดียน
 ย่างกลางวัดตามเส้นศูนย์สูตรถึงขอบโซน ข้างละ 3 ทางลงจุดจะมีความยาวเท่ากับ
 333,933.5 เมตร หรือประมาณ 334 กม. ทั้งนี้คำนวณตาม Everest spheroid ส่วน
 ทรงกลมโลกอื่น ๆ อาจมีค่าแตกต่างกันออกไปบ้าง ดังนั้น เมื่อค่าพิกัดของจุดศูนย์กำเนิดของ
 พิกัด UTM มีค่า 500,000 เมตรแล้ว ค่าพิกัดของจุดที่อยู่ของโซน ณ เส้นศูนย์สูตรนั้นจะมี
 ค่าตามรูปที่ 9.5



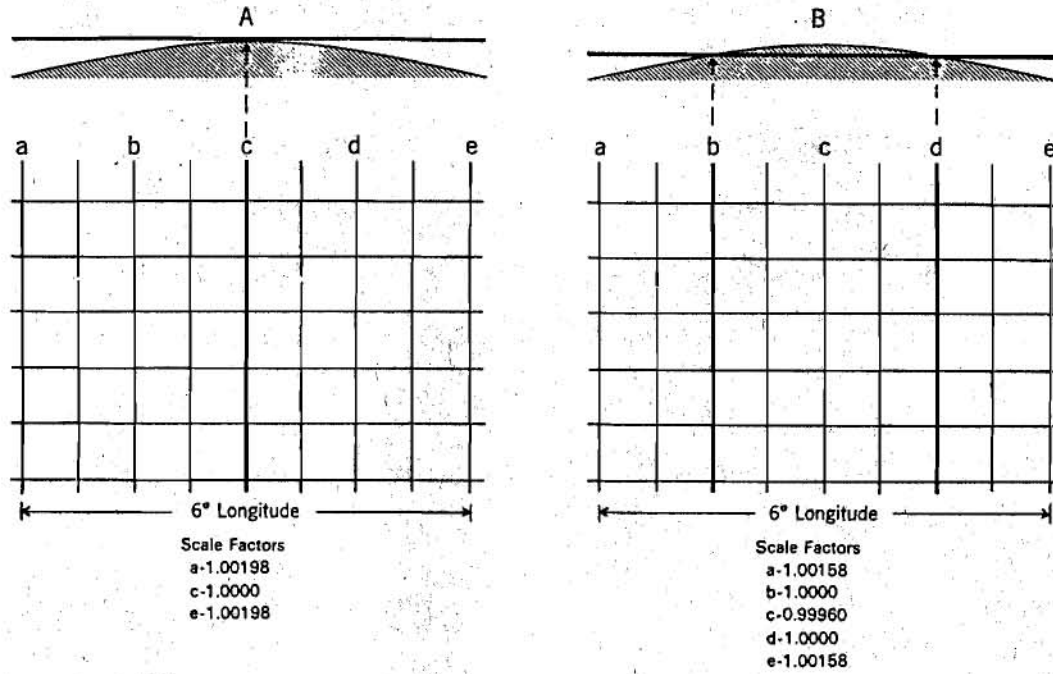
รูปที่ 9.5 แสดงค่าพิกัดของจุดศูนย์กำเนิดของพิกัด UTM

จากรูป 9.5 ที่จุด A ซึ่งเป็นรอยตัดจะมีค่า 680,000 เมตร เพราะอยู่ทางตะวันออกของเส้นเมริเดียนย่านกลาง และ B จะมีค่า 320,000 เมตร เพราะอยู่ทางตะวันตกของเส้นเมริเดียนย่านกลาง ส่วนที่ขอบโซนซึ่งอยู่ทางตะวันตกของเส้นเมริเดียนย่านกลางจะมีค่าพิกัด 166,966.5 ม. และ 833,933.5 ม. สำหรับของโซนที่อยู่ทางตะวันออกของเส้นเมริเดียนย่านกลาง ค่าทั้งหมดนี้คิดที่เส้นศูนย์สูตรเท่านั้น หากเป็นละติจูดที่อยู่สูงขึ้นไป ค่าพิกัดของขอบโซนทางตะวันตก ตะวันออก ของเส้น - เมริเดียนย่านกลางนั้นจะมีค่าแตกต่างกันกับที่เส้นศูนย์สูตร ความบิดเบี้ยวของ U.T.M. projection มีค่าระหว่าง -40 ซม./1000 เมตร และ + 100 ซม./1000 เมตรนั้น มาจากค่าของ Scale Factor นั้นเอง

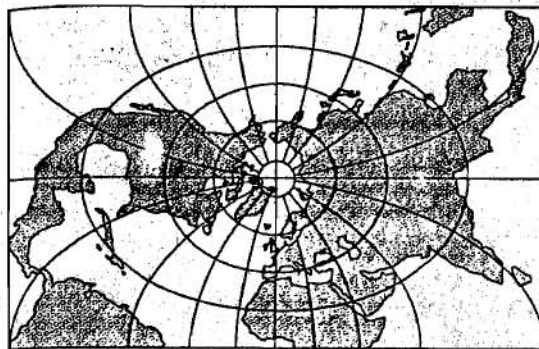
$$\text{Scale Factor} = \frac{\text{ความยาวบนแผนที่}}{\text{ความยาวจริงบนพิภพ}}$$

จากการเปรียบเทียบระยะบนแผนที่กับระยะในภูมิประเทศที่ตรงกัน เพื่อหาความคลาดเคลื่อนของการทำแผนที่ด้วย UTM Projection นั้น ปรากฏว่าได้ผลความคลาดเคลื่อนออกมาตามกราฟที่เรียกว่า Scale Factor Graph ซึ่งจากการพิจารณาจากกราฟจะพบว่า ที่ CM หรือเมริเดียนย่านกลางซึ่งเป็นจุดศูนย์กำเนิดของพิกัด UTM แต่ละโซนมีค่าพิกัด 500,000 ม. นั้น จะมีค่า Scale Factor เท่ากับ .99960 และที่รอยตัดซึ่งอยู่ห่างจาก CM ข้างละ 180,000 ม. คือ ที่ระยะ 680,000 ม. กับ 320,000 ม. นั้น ค่า Scale Factor จะเท่ากับ 1.0 (Scale Exact) ส่วนที่ขอบหรือที่ริมสุดของโซนประมาณ 333,933 ม. จาก CM (หรือ 334,000 ม.) ซึ่งตรงกับระยะ 834,000 ม. หรือ 166,000 ม. นั้น จะมีค่า Scale Factor เท่ากับ 1.00100 นั่นก็คือ ค่าที่อ่านได้จากตารางพิกัดของจุดศูนย์กำเนิดของพิกัด UTM

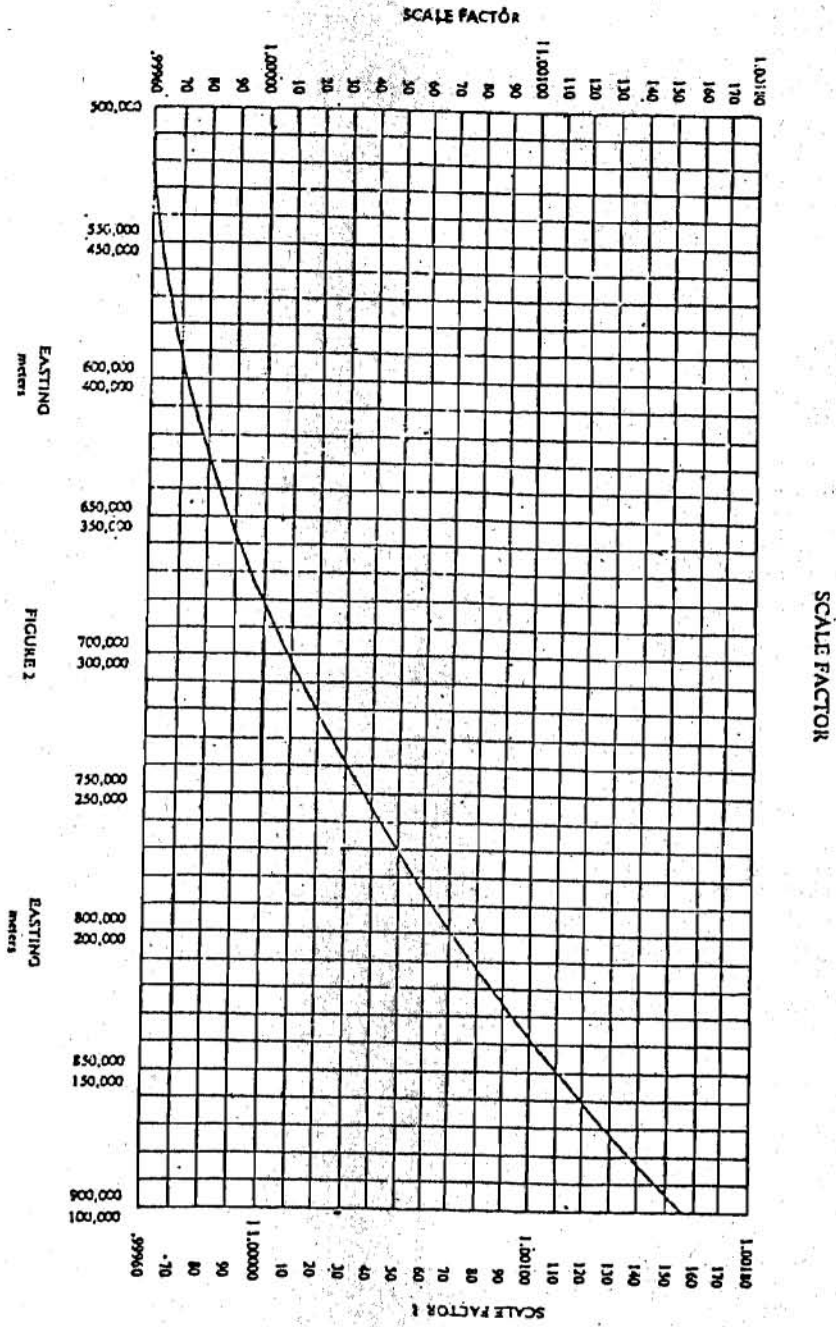
ดังนี้



รูปที่ 9.6 แสดงค่า Scale Factors ในระบบ Transverse Mercator Projection ซึ่งทุกกริดโซนจะครอบคลุม 6 องศาทางลองจิจูด



รูปที่ 9.7 แสดง Transverse Mercator Projection บริเวณขั้วโลก



รูปที่ 9.8 แสดง Scale Factors Graph

ค่าของ Scale Factor ที่ CM มีค่าเท่ากับ .99960

ค่าของ Scale Factor ที่รอยตัดมีค่าเท่ากับ 1.0

ค่าของ Scale Factor ที่ขอบริมสุดของโซนมีค่าเท่ากับ 1.000100

หมายความว่าที่ระยบนพิภพตรง CM ซึ่งมีระยะ 1000 ม. นั้น เวลานั้นไปเขียนลงบนแผนที่ตาม UTM Projection แล้วจะต้องเป็นระยะเท่ากับ .99960 × 1000 ม. หรือเท่ากับ 999.60 เมตร นั่นคือ ระยะจะสั้นลงหรือผิดไป 40 ซม. ส่วนที่รอยตัดที่ห่างจาก CM 180,000 ม. ระยะ 1000 ม. ก็คงเป็นระยะ 1000 เมตร เหมือนเดิมแสดงว่า Scale Exact ส่วนที่เป็นริมของโซนนั้นระยะ 1000 ม. จะต้องเป็นระยะเท่ากับ 1.00000 - 1000 = 10001.00 เมตร คือ ยาวไปจากระยะจริง ๆ หรือผิดไปเท่ากับ 100 ซม. จะเห็นว่า ค่าของบิดเบี้ยวของ UTM Projection นั้นจะมีค่าระหว่าง - 40 ซม./1000 ม. กับ + 100 ซม./1000 เมตร เท่านั้นเอง ซึ่งมีค่าน้อยมากที่สุด เมื่อคิดว่าระยะ 1000 เมตรนั้นผิดพลาดอย่างมากก็ไม่เกิน 1 เมตร หรือ 100 ซม. เท่านั้นเอง

สำหรับการวัดระยะสั้น ๆ บนแผนที่ที่ใช้ระบบ UTM Grid นั้น เราใช้ค่าเฉลี่ยของค่า Scale Factor จากจุดแรกกับ Scale Factor ของจุดสุดท้าย หากค่า Scale Factor เฉลี่ยออกมาแล้วไปคำนวณหาระยะที่ถูกต้องจริง

สำหรับ ระยะยาว หาระยะโดยใช้สูตร

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{6} \left(\frac{1}{K_1} + \frac{4}{K_3} + \frac{1}{K_2} \right)$$

ซึ่ง K_1 Scale Factor ของจุดแรกออก

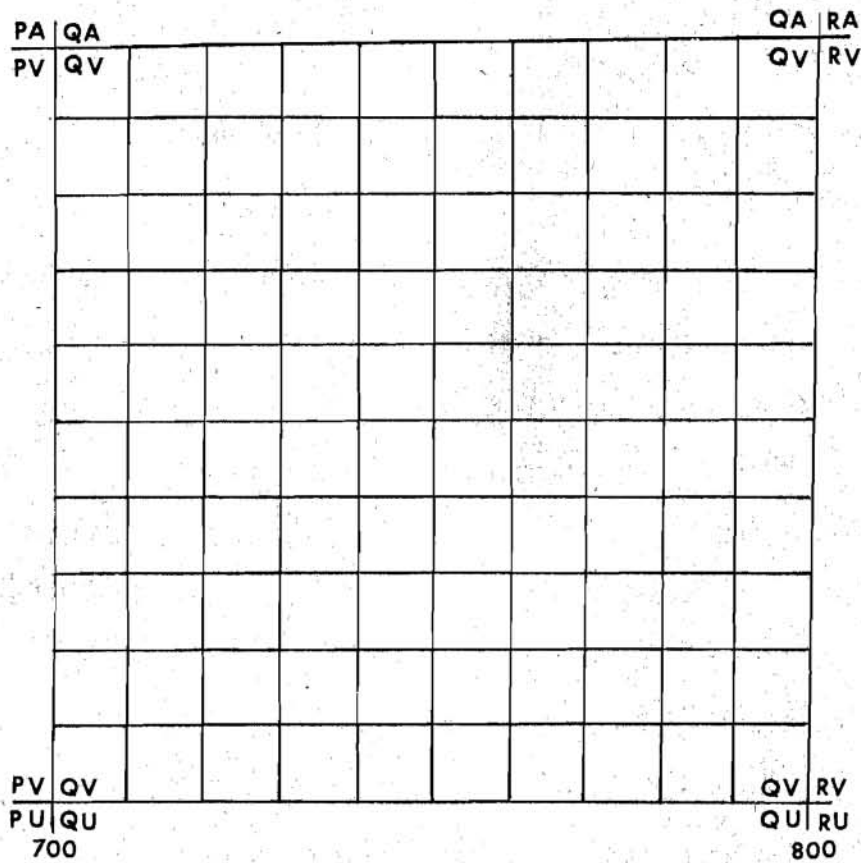
K_2 Scale Factor ของจุดกึ่งกลาง

K_3 Scale Factor ของจุดสุดท้าย

ตามหลักของ UTM ค่าของการกำหนดโซนของกริด เช่น 47 P , 48 P และ ฯลฯ นั้นจะคลุมพื้นที่บนผิวของพิภพขนาด 6×8 ยกเว้นพื้นที่ที่อยู่ใกล้ขั้วโลกในเขตละติจูดสูง ๆ ที่อยู่ทางขั้วโลกเหนือระหว่างละติจูด $72^{\circ} N$ ถึง $84^{\circ} N$ นั้น จะคลุมพื้นที่บนผิวพิภพเท่ากับ 6×12 ในการกำหนดโซนของกริดแต่ละรูปนั้น ถ้าเราใช้ CM เป็นหลักลากเส้นขนานกับ CM โดยให้เส้นขนานแต่ละเส้นมีระยะห่างจาก CM และเส้นขนานต่อต่อไปเส้นละ 100,000 ม. ใน 1 โซนเราจะได้ช่องขนาด 100,000 เมตร² 6 ช่องกับเศษของแฉกเมตรอีก 2 ช่อง รวมเป็น 8 ช่อง ถ้าหาก 3 โซน เราจะได้ช่องถึง 24 ช่อง กำหนดตัวอักษรจาก A ถึง Z ยกเว้น I กับ O ลงใน 24 ช่องนี้จะครบตัวอักษร A - Z (ยกเว้น I กับ O) พอดี

ส่วนทางราบนั้นโดยการใช้เส้นศูนย์สูตรเป็นหลักก็สามารถลากเส้นขนานห่างจากเส้นศูนย์สูตรและเส้นขนานทางราบ เส้นต่อไปให้ห่างกันช่วงละ 100,000 เมตร เริ่มจากเส้นศูนย์สูตรถึงละติจูด $84^{\circ} N$ โดยไม่ต้องคำนึงถึงเส้นละติจูดทุก ๆ 8° ดังนั้นเส้นขนานบางคู่อาจจะทับอยู่ในระหว่างแถบละติจูด 2 แถบก็ได้ กำหนดอักษรลงในช่องต่าง ๆ เหล่านี้โดยโซนที่เป็นเลขที่กำหนดตัวอักษรเริ่มจาก A - V ยกเว้น I กับ O โดยเริ่ม A ที่ช่องแรกเหนือเส้นศูนย์สูตรแล้วก็เรียงเรียงต่อไปทางขั้วเหนือจนกระทั่งถึง V แล้วก็เริ่มอักษร A ใหม่ต่อไปถึง V อีก ทำดังนี้ไปเรื่อย ๆ จนหมด จะเห็นว่าตัวอักษร A - V นี้ จะคลุมพื้นที่ทางละติจูดยาว 2,000,000 เมตร คือ ซ้ำกันทุก ๆ 2 ล้านเมตร ส่วนโซนเลขคู่นั้นกำหนดตัวอักษรตัวแรกด้วย F เรียงไปถึง V ต่อไปก็เริ่ม A - V ทำดังนี้ไปเรื่อย ๆ จนหมด (ที่ 8 จะเริ่มต้นด้วยตัว M สำหรับโซนเลขคี่ และตัว S สำหรับโซนเลขคู่) ซึ่งจะได้ตัวอักษรกำกับเส้นครบทุกเส้น เส้นขนานทั้ง 2 ระบบ คือ เส้นขนานในทางตั้งและทางราบนี้จะตัดกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านยาวด้านละ 100,000 เมตร ซึ่งเรียกว่าตาราง 100,000 เมตร หรือ 100,000 Meter Square การเรียกรูปตาราง 100,000 เมตรนี้ ก็คงใช้หลักเรียกตัวอักษรที่บรรจุอยู่ทั้งทางตั้งและทางราบ โดยยึดหลักการอ่านทางขวาแล้วขึ้นบนซึ่งนิยมใช้กันอยู่ทั่วไป ในรูปตาราง 100,000 ม. หรือ 100 กม. นั้น แบ่งออกเป็นรูปตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านยาว 10,000 ม.

หรือ 10 กม. ได้อีก โดยการแบ่งด้านยาว 100,000 เมตร ออกเป็น 10 ส่วนเท่า ๆ กัน ทั้งทางด้านตั้งและด้านราบ จะได้ส่วนแบ่งที่มีความยาว 10,000 เมตร หรือ 10 กม. ทั้ง 2 ด้าน เสร็จแล้วลากเส้นขนานทั้ง 2 ด้านก็จะเกิดรูปตารางเหลี่ยม 10,000 เมตร ขึ้นมาทันที กำหนดค่าของรูปตารางเหลี่ยม 10,000 ม.นี้จากด้านซ้ายมือสุด คือ เส้นทางตั้งให้มีค่าเป็นตัวเลข 1,2,3,4,5,6,7,8,9 และ 0 และทางราบก็คงใช้หลักอย่างเดียวกัน



รูปที่ 9.9 แสดงตัวอักษรประจำตาราง 100,000 เมตร

จากรูปที่ 9.9 ตัวอักษรภาษาอังกฤษ คือ ค่าตัวอักษรประจำตาราง 100,000 เมตร หรือ 100 กม. ส่วนตัวเลข 700 หรือ 800 นั้นคือค่าพิกัด UTM กริติดอกให้ทราบว่าเป็นพิกัดนี้อยู่ทางตะวันออกของเส้นเมริเดียนย่านกลางเท่ากับ 200,000 ม. หรือ 300,000 ม.

พิกัดเริ่มต้นที่เส้นเมริเดียนย่านกลางมีค่า 500,000 เมตร ส่วนตัวเลข 1900 และ 2000 นั้น หมายความว่าพิกัดนี้อยู่ทางทิศเหนือเส้นศูนย์สูตรมีค่าเท่ากับ 1,900,000 เมตร และ 2,000,000 เมตร ทั้งนี้จะดูได้จากตัวอักษรประจำตาราง 100,00 เมตร ในทางคิงที่เริ่มต้นที่เส้นศูนย์สูตรด้วยอักษร A - V จะมีค่าซ้ำกันทุก ๆ 2,000,000 เมตร ตามรูปนี้เมื่อตัวอักษร PV มีค่า 1990 PA จึงมีค่า 20000 ซึ่งหมายถึง 2,000,000 เมตรเหนือเส้นศูนย์สูตร

ค่าของอักษรประจำตาราง 100,000 เมตร และตัวเลขแสดงค่าตาราง 10,000 เมตรนี้ จะเห็นได้ชัดเจนในแผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1/250,000 ชุด 1501 ซึ่งจะพิมพ์ค่าของตัวอักษรประจำตาราง 100,000 เมตร (กว้างและยาวด้านละ 40 ซม. ในแผนที่) และตัวเลขประจำตาราง 10,000 เมตร (กว้างยาวด้านละ 4 ซม.) ด้วยสีน้ำเงินเห็นได้ชัดเจน จากตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านยาว 100,000 เมตร หรือ 100 กม. นี้ แบ่งให้ละเอียดเป็นด้านละ 100 ส่วน แต่ละส่วนจะมีความยาวส่วนละ 1,000 เมตร หรือ 1 กม. สามารถสร้างรูปตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส 1000 เมตร หรือ 1 กม. ได้ การกำหนดค่าตัวเลขประจำรูปตารางสี่เหลี่ยม 1000 เมตร ทุกประการ โดยกำหนดค่าจาก 00 - 99 นั่นก็คือตาราง 100,000 เมตร ได้ถูกแบ่งออกเป็นตารางย่อยที่เรียกว่าตารางกิโลเมตร มีเลขกำกับจาก 00 - 99 ทั้งทางตั้งและทางราบ การสร้างตารางกริดจะสร้างให้มีขนาดเล็กใหญ่เพียงใคนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของมาตราส่วนของแผนที่เป็นสำคัญ ตัวอย่างเช่น ในแผนที่ขนาดมาตราส่วน 1 : 50,000 สามารถแสดงตารางกริดทุก ๆ 1,000 เมตร ให้ความยาวของตารางกริดแต่ละด้านจะมีขนาดด้านละ 2 เซนติเมตร แผนที่ขนาดมาตราส่วน 1 : 100,000 สามารถแสดงตารางกริดทุก ๆ 1,000 เมตร ให้ความยาวของตารางกริดด้านละ 1 เซนติเมตร

	QA							QA	
PA	01	02					98	99	RA
PV	QV							QV	RV
99									
98									
02									
01									
PV	QV							QV	RV
PU	QU							QU	RU

รูปที่ 9.10 แสดงการแบ่งตารางย่อยหรือตารางกิโลเมตร

ค่าตารางเฉลี่ย 1000 เมตร หรือ 1 กม. นี้ จะเห็นได้ชัดเจนในแผนที่ประเทศไทยมาตราส่วน 1/50,000 ชุด L 7017 เพราะจำเป็นต้องพิมพ์เอาไว้ด้วยสีดำ เพื่อช่วยในการอ่านพิกัด UTM ได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น

การแบ่งค่าตารางสี่เหลี่ยมต่าง ๆ ในระบบ UTM Grid ที่ปรากฏอยู่ในแผนที่นั้น จะมีแค่ตารางเหลี่ยม 1000 เมตร หรือ 1 กม. เท่านั้นเอง ส่วนการแบ่งย่อยให้อ่านละเอียด ถึง 100 เมตร 10 เมตร หรือ 1 เมตรนั้น ผู้ใช้แผนที่จะต้องสร้างตารางส่วนย่อยขึ้นเอง

4. การอ่านค่าพิกัดกริด

การอ่านค่าพิกัดกริดที่สมบูรณ์แบบจะต้องบอกค่าทั้งตัวเลขและตัวอักษรประกอบกัน ซึ่งตัวเลขและตัวอักษรนั้น ๆ จะหมายถึงสิ่งต่อไปนี้

4.1 บอกค่า Grid Zone Designation เช่น 47 P

4.2 บอกค่าตาราง 100,000 เมตรด้วย เช่น QV

4.3 บอกค่าพิกัดที่อยู่ห่างจากจุดศูนย์กำเนิดซึ่งความละเอียดถูกต้องของพิกัดนั้นขึ้นอยู่กับผู้อ่านพิกัดว่าจะให้ความถูกต้องขนาดไหน

ค่าของพิกัดที่อ่านได้และเขียนลงไปนั้นจะเขียนติดต่อกันไป ไม่มีเว้นวรรคหรือเครื่องหมายขีด (-) แสดงว่าติดกัน ค่าของพิกัดที่อ่านได้นั้นก็คงถือหลักอ่านทางขวาแล้วขึ้นบน (Read Right up) โดยจะเขียนอยู่ต่อจากค่าของตาราง 100,000 เมตร ค่าของพิกัดจะต้องเป็นจำนวนตัวเลขที่นับได้เป็นคู่เสมอ อาจจะเป็นจำนวนเลข 4 ตัว 6 ตัว หรือ 10 ตัวก็ได้ ตัวเลขของกลุ่มครั้งแรกจะเป็นค่าทาง Easting (Read Right) และตัวเลขกลุ่มครึ่งหลังจะเป็นค่าทาง Northing (Read up) ตามตัวอย่าง

47 PQV 3742145312

47 P	บอกค่า Grid Zone Designation	
47 PQV	บอกค่าละเอียดถึงตารางจัตุรัส	100,000 เมตร
47 PQV 3745	บอกค่าละเอียดถึงตารางจัตุรัส	1,000 เมตร
47 PQV 374453	บอกค่าละเอียดถึงตารางจัตุรัส	100 เมตร
47 PQV 3742 4531	บอกค่าละเอียดถึงตารางจัตุรัส	10 เมตร
47 PQV 37421 45312	บอกค่าละเอียดถึงตารางจัตุรัส	1 เมตร

ข้อควรระวังอย่างยิ่งในการอ่านค่าพิกัดก็คือ การอ่านค่าพิกัดของจุดที่อยู่ริมซ้ายสุดหรือขวาสุดของขอบโซนเพราะจุดที่อยู่ริมขวาสุดและซ้ายสุดของโซนนั้น จะมีค่าพิกัดอยู่ 2 ค่าจะใช้ค่าพิกัดของโซนซ้ายมือคือ 47 หรือโซนขวามือคือ 48 ก็ได้

สำหรับประเทศไทยนั้นผู้ใช้แผนที่ที่ควรระวังแผนที่ที่มีขอบระวางอยู่ติดหรือคลุมเส้นลองจิจูด 102° ตะวันออก เพราะเส้นลองจิจูดเส้นนี้เป็นเส้นรอยต่อระหว่างโซน 47 (ลองจิจูด $96^{\circ} E - 102^{\circ} E$) และโซน 48 (ลองจิจูด $102^{\circ} E - 108^{\circ} E$) ในแผนที่อาจจะพิมพ์ค่าเส้นกริดตาราง 1 กม. แยกออกเป็นค่าพิกัด UTM 2 โซน คือ โซน 47 หรือ 48 พิมพ์เลขสี่ค่า ส่วนค่าพิกัดของโซนที่เหลื่อมกัน (Overlapping Zone) นั้นอาจจะพิมพ์ด้วยสีน้ำเงินหรือไม่พิมพ์เอาไว้ก็ได้ ดังนั้น การอ่านค่าพิกัดจึงจำเป็นต้องระมัดระวังว่าจุดนั้นอยู่ในโซนอะไร เนื่องจากจุดนี้มีค่าของศูนย์กำเนิดแตกต่างกัน ถ้าคิดค่าพิกัดจากโซน 47 แล้ว จะมีค่ามากเพราะอยู่ทางตะวันออกของเส้นเมริเดียนย่านกลาง ถ้าคิดค่าพิกัดจากโซน 48 ค่าพิกัดจะน้อย เพราะอยู่ทางตะวันตกของเส้นเมริเดียนย่านกลาง ดังนั้นเป็นต้น

ค่าของพิกัดของโซนที่เหลื่อมกันนี้ได้คิดคำนวณว่ามีค่าเท่ากับ 30 ลิปดา ซึ่งที่เส้นศูนย์สูตรพบว่าขนาดของมุม 30 ลิปดาเนี่ยคิดเป็นระยะเท่ากับ 55,720 เมตรหรือประมาณ 55.7 กม. ข้อสำคัญที่เป็นคุณสมบัติของเส้นโครงแผนที่ชนิดนี้ก็คือมีคุณสมบัติเป็นเส้นโครงแผนที่ชนิดรักษามุม (Conformal or Equal Angle Projection) ซึ่งเหมาะที่จะใช้กับแผนที่ที่ใช้ในกิจการทางทหาร (Military Map) และการเดินเรือหรือเครื่องบิน (Navigational Chart)

5. คุณสมบัติของเส้นโครงพิกัด ยู.ที.เอ็ม.

คุณสมบัติของเส้นโครงพิกัด ยู.ที.เอ็ม. ได้ใช้หลักการขั้นพื้นฐานของการใช้รูปทรงกระบอกมาตัดพิพ โดยการถ่ายทอดรายละเอียดของพิพลงบนผิวรูปทรงกระบอกนั้นกระทำเป็นแถบเล็ก ๆ หรือเป็นโซนมีขนาดแถบละ 6 องศาลองจิจูด การกระทำการถ่ายทอดเป็นแถบนี้จะทำด้วยวิธีที่เหมือนกันหมด การแปลงค่าพิกัดจากโซนหนึ่งไปยังโซนอื่นกระทำได้โดยอาศัยสูตรสำเร็จ ค่าความบิดเบี้ยวมีค่าน้อยมากคือ อยู่ระหว่าง -40 ซม./1000 ม. ถึง $+100$ ซม./1000 ม. โดยทั่วไปคุณสมบัติของเส้นโครงพิกัด ยู.ที.เอ็ม. มีดังนี้

- 5.1 เส้นโครงแผนที่ (Projection) ใช้แบบ Transverse Mercator โดยมีความกว้างของแต่ละโซนเท่ากับ 6 ทางลองจิจูด
- 5.2 จุดศูนย์กำเนิด (Origin) ของค่าทางลองจิจูดให้ใช้ค่าของ Central Meridian ของแต่ละโซน
- 5.3 จุดศูนย์กำเนิด (Origin) ของค่าทางละติจูดให้ใช้ค่าที่ละติจูด 0° หรือเส้นศูนย์สูตร
- 5.4 หน่วยที่ใช้ มีค่าเป็นเมตร
- 5.5 ค่า Northing ที่สมมติขึ้นมา เท่ากับ 0 เมตร หรือ 10,000,000 เมตร เมื่ออยู่ในซีกโลกภาคใต้ นับจากเส้นศูนย์สูตร
- 5.6 ค่า Easting ที่สมมติขึ้นมาของแต่ละโซน เท่ากับ 500,000 เมตร
- 5.7 ค่าของ Scale Factor ณ เส้นเมริเดียนย่านกลางของแต่ละโซนเท่ากับ 0.9996
- 5.8 หมายเลขประจำโซน จะเริ่มตั้งแต่หมายเลข 1 ณ บริเวณที่อยู่ระหว่างเส้นลองจิจูดที่ 180° ตะวันตกถึงเส้นลองจิจูดที่ 174° ตะวันตก หมายเลขจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ จนถึงหมายเลข 60 ณ บริเวณที่อยู่ระหว่างเส้นลองจิจูดที่ 174° ตะวันออก ถึงเส้นลองจิจูดที่ 180° ตะวันออก
- 5.9 ขอบเขตจำกัดของค่าทางละติจูด กำหนดไว้ว่า
- 5.9.1 ทางซีกโลกภาคเหนือ = 80° 00" N ขยายเป็น 84° 00" N
- 5.9.2 ทางซีกโลกภาคใต้ = 80° 00" S
- 5.10 ขอบเขตจำกัดของแต่ละโซน และบริเวณโซนที่เหลื่อมกัน (Overlapping Zone) กำหนดไว้ดังนี้

5.10.1 ขอบเขตของโซนแต่ละโซนจะถูกกำหนดโดยเส้นเมริเดียนที่มีค่าลองจิจูดทุก ๆ 6° ทั้งทางตะวันตกและทางตะวันออกของเมือง Greenwich ในประเทศอังกฤษ

5.10.2 ขอบเขตของบริเวณโซนที่เหลื่อมกัน จะใช้กับแผนที่มาตราส่วนใหญ่เท่านั้น และมีขนาดเท่ากับ 30 ลิปดา หรือประมาณ 25 ไมล์ ไปทางซ้ายและทางขวาของเส้นแบ่งขอบเขตโซนทุก ๆ โซน ประโยชน์เพื่อใช้เกี่ยวกับงานสำรวจและทางค่านกิจการทหาร แต่ตามปกติแล้วค่าพิกัดในบริเวณโซนที่เหลื่อมกันนั้นจะไม่ได้นำมาใช้เป็นแต่เพียงกำหนดไว้เป็นกฎเกณฑ์เท่านั้น

5.11 ชื่อกำหนดของเส้นโครงแผนที่แบบ Transverse Mercator นี้ กำหนดให้ใช้ทรงกลมโลก (Spheroid) ของ Everest ซึ่งกำหนดค่าเฉพาะไว้ดังนี้

$$\text{ค่า Flattening, } F. = \frac{1}{300.8017}$$

$$\text{ค่า Equatorial Semi-axis, } A = 6,377,276.34518 \text{ เมตร}$$

6. การแสดงเส้นกริดบนแผนที่

การแสดงเส้นกริดบนแผนที่ (Gridding of Maps) จะต้องสร้างตารางกริดขึ้นมาก่อนแล้วจึงกำหนดค่าพิกัดที่หลัง โดยการแปลงค่าพิกัดกริดให้เป็นพิกัดภูมิศาสตร์ ตารางกริดจะสร้างให้มีขนาดเท่าใดขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของแผนที่เป็นสำคัญ ในแผนที่มาตราส่วนขนาดใหญ่ เช่น ขนาดมาตราส่วน 1 : 50,000 จะต้องแสดงตารางกริดทุก ๆ 1,000 เมตร ความยาวของตารางกริดแต่ละด้านจะยาวด้านละ 2 ซม. แผนที่มาตราส่วนขนาดกลาง จะต้องแสดงตารางกริดทุก ๆ 1,000 เมตร หรือ 10,000 เมตร ขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของแผนที่ฉบับนั้น ๆ เช่น แผนที่ขนาดมาตราส่วน 1 : 100,000 จะแสดงตารางกริดทุก ๆ

1,000 เมตร ความยาวของตารางกริดแต่ละด้านจะยาวด้านละ 1 ซม. ในแผนที่ ถ้าเป็นแผนที่ขนาดมาตราส่วน 1 : 250,000 จะต้องแสดงตารางกริดทุก ๆ 10,000 เมตร ความยาวของตารางกริดแต่ละด้านจะยาวด้านละ 4 ซม. ในแผนที่ เป็นต้น การตีเส้นตารางกริดในแผนที่สามารถกระทำได้ 2 วิธีคือ

6.1 การตีเส้นตารางกริดด้วยมือ

การตีเส้นตารางกริดด้วยมือจะใช้อุปกรณ์การเขียนแบบธรรมดาที่ช่างเขียนแบบใช้ประกอบด้วยไม้บรรทัดที่มีขีดแบ่งละเอียดถึงมิลลิเมตรเพื่อใช้วัดระยะจนถึงเศษของมิลลิเมตรเพื่อความถูกต้อง พร้อมกับวงเวียนคุณภาพดีประกอบในการวัดระยะ นอกจากนี้จะต้องมีอุปกรณ์สำหรับการตีเส้นหลังจากใช้วงเวียนวัดระยะจากไม้บรรทัดแล้ว

6.2 การตีเส้นตารางกริดด้วยเครื่อง Co - ordinatograph

การตีเส้นตารางกริดด้วยเครื่อง Co - ordinatograph สามารถทำการได้โดยตรงจากเครื่อง เป็นวิธีที่เหมาะสมและสะดวกรวดเร็วที่สุดต้องการตารางกริดเพื่อใช้กับแผนที่ขนาดมาตราส่วนเท่าใดก็สามารถตั้งได้โดยตรงจากเครื่อง แผ่นกริดที่ได้เรียกว่า Master Grid สามารถนำมาทำเป็นแม่แบบเพื่อใช้ได้กับแผนที่มาตราส่วนเดียวกันทุกราววงเมื่อได้แผ่นตารางกริดสำหรับแผนที่มาตราส่วนใด ๆ แล้ว นำแผ่นตารางกริดนี้มาคัดลอกลงบนแผ่นวัสดุที่ใช้ทำเป็นต้นร่างแผนที่เพื่อหาค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของมุมระวางแผนที่ทั้ง 4 มุม จากนั้นก็จะกำหนดขอบเขตระวางบนแผ่นตารางกริดได้โดยใช้ค่า Easting และ Northing จากตารางสำเร็จ โดยพิจารณาจากเส้นสมมุติที่ตั้งเป็นหลักฐานคือ เส้นเมริเดียนย่านกลางเพื่อให้รู้ว่าแผนที่ระวางนั้นอยู่ทางตะวันออกหรือตะวันตกของเส้นเมริเดียนย่านกลาง เมื่อทำการกำหนดขอบเขตของระวางแผนที่ทั้ง 4 มุมแล้วจะต้องทำการตรวจสอบความยาวของด้านทั้ง 4 ด้านของแผนที่อีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้จะต้องมีดินสอดสีแข็งและไม้บรรทัดเหล็กขนาดยาว เพื่อใช้ในการตีเส้นสำหรับไม้บรรทัดเหล็กกล้าที่มีสเกลเย้นนั้นจะไม่นำมาใช้ตีเส้นแต่จะมีไว้สำหรับวัดระยะด้วย Beam Compass

การตีเส้น ตารางกริดด้วยเครื่อง Co-ordinatograph วิธีนี้เป็นวิธีที่ดีเพราะให้ความถูกต้อง และมีความสะดวกรวดเร็วมากที่สุด จะทำการตีตารางกริดเพื่อใช้กับแผนที่มาตราส่วนเท่าใด สามารถทำการตั้งได้โดยตรงจากเครื่องเลย แผ่นกริดที่ได้นี้สามารถนำมาทำแม่แบบเพื่อใช้กับแผนที่มาตราส่วนเดียวกันได้ทุกระวางจึงเรียกแผ่นตารางกริดที่เป็นแม่แบบนี้ว่าแผ่น Master Grid

เมื่อได้ Master Grid สำหรับแผนที่มาตราส่วนใด ๆ แล้ว ให้นำแผ่น Master Grid มาตัดลอกลงบนแผ่นวัสดุที่จะใช้ทำเป็นแผ่นต้นร่าง เมื่อทราบค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของมุมระวางแผนที่ทั้ง 4 มุมแล้วก็สามารถนำมากำหนดขอบเขตระวางบนแผ่น Master Grid ได้

7. สรุป

การหาตำแหน่งของตำบลใด ๆ บนแผนที่เมื่อต้องการทราบว่า ตำแหน่งที่ต้องการบนพื้นผิวโลกอยู่ ณ ที่ใดบนแผนที่ หากเป็นสังคมที่เล็กก็อาจจะสอบถามจากบุคคลอื่นที่ผ่านไปมาได้ บางครั้งอาจจะดูจากป้ายบอกชื่อถนน ชื่อหมู่บ้าน ชื่อสถานที่อื่น ๆ ที่มีป้ายบอกไว้ก็ได้ แต่หากเป็นพื้นที่กว้างใหญ่ไพศาลและไม่มีผู้ใดสามารถบอกข่าวสารเกี่ยวกับตำแหน่งบนแผนที่ได้ ผู้ใช้แผนที่ก็สามารถจะหาตำแหน่งที่ต้องการบนแผนที่ได้แม้ว่าในภูมิประเทศจะไม่มีแนวถนนหรือสิ่งก่อสร้างอื่น ๆ ที่มีชื่อบอกไว้ ผู้ใช้แผนที่ก็สามารถจะหาตำแหน่งได้จากแนวเส้นที่แสดงไว้ในแผนที่ซึ่งเรียกว่า "เส้นกริด" มีลักษณะเป็นตารางสี่เหลี่ยมคล้ายกับโครงข่ายของถนน เมื่อต้องการจะกำหนดตำแหน่งบนพื้นพิภพก็ใช้ตารางเส้นกริดนี้เป็นหลัก

รัฐบาลไทยโดยความช่วยเหลือของรัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้เริ่มทำแผนที่ภายในประเทศไทย โดยได้นำเส้นโครงแผนที่แบบยูนิเวอร์ซัล ทรานส์เวอร์สเมอเคเตอร์ (Universal Transverse Mercator Projection) หรือเรียกว่าระบบพิกัดกริดแบบ ยู ที เอ็ม (U.T.M. Grid System) มาใช้ทำแผนที่เพื่อกิจการทหารและพลเรือน

ระบบพิกัดกริดแบบ ยู ที เอ็ม สามารถครอบคลุมบริเวณระหว่างละติจูด 80 องศาเหนือ ถึงละติจูด 80 องศาใต้ ภายในบริเวณดังกล่าวนี้จะแบ่งออกเป็น 60 โซน แต่ละโซนจะ มีความกว้างตามแนวลองจิจูด 6 องศา และมีเขตเหลื่อมกันในด้านข้างกับโซนที่อยู่ใกล้เคียง ด้านละ $\frac{1}{2}$ องศา หรือ 25 ไมล์ แต่ละโซนจะมีเส้นเมริเดียนย่านกลางทุกโซน ตัวอย่างเช่น โซนที่ 1 คือ ลองจิจูด 180 องศา - 174 องศา ก็จะมีเส้นลองจิจูดที่ 177 องศาเป็นเส้น เมริเดียนย่านกลาง ซึ่งจะเห็นเช่นนี้ไปครบทุกโซนตั้งแต่โซนที่ 1 ถึงโซนที่ 60 ขนาดของ โซนแต่ละโซนก็จะมีขนาดเท่ากันและขนาดของแผนที่ที่ครอบคลุมบริเวณโซนหนึ่ง ๆ ก็จะมีขนาด เท่ากันกับแผนที่ที่ครอบคลุมบริเวณโซนอื่น ๆ ด้วย ลักษณะของเส้นกริดแต่ละโซนก็จะขนานกับเส้น เมริเดียนย่านกลางและเส้นศูนย์สูตร จุดที่เส้นเมริเดียนย่านกลางและเส้นศูนย์สูตรตัดกัน ก็คือ จุดกำเนิดของแต่ละโซน ซึ่งจะกำหนดไว้บริเวณตอนเหนือของเส้นศูนย์สูตร โดยสมมุติ ค่ากริดของจุดกำเนิดอยู่บนเส้นศูนย์สูตรมีค่าเท่ากับ 0 เมตร และอยู่ห่างจากจุดศูนย์สมมุติมา ทางตะวันออก 500,000 เมตร และบริเวณที่อยู่ตอนใต้ของเส้นศูนย์สูตรมีค่ากริดของศูนย์ กำเนิดอยู่เหนือศูนย์สมมุติเป็นระยะ 10,000,000 เมตร และอยู่ห่างจากจุดศูนย์สมมุติมา ทางตะวันออกเท่ากับ 500,000 เมตร สำหรับแผนที่มาตราส่วนใหญ่ช่วงระยะของกริดแผนที่ จะมีขนาด 1,000 เมตร แต่ถ้าเป็นแผนที่มาตราส่วนเล็กช่วงระยะของกริดจะมีขนาด 10,000 เมตร

โซนที่ใช้เส้นกริด ยู ที เอ็ม นั้น ได้แบ่งย่อยออกไปอีกในแนวละติจูดเป็นช่วง ๆ ช่วงละ 8 องศา โดยเริ่มจากละติจูด 80 องศาใต้ขึ้นมา กำหนดตัวอักษรกำกับไว้ตั้งแต่ C ถึง X ยกเว้นตัวอักษร I และ O การกำหนดส่วนแบ่งย่อยของโซนนี้มีชื่อว่า **"การกำหนด โซนของกริด"** ซึ่งในเวลาอ่านแผนที่ก็ให้อ่านไปทางขวาแล้วขึ้นบน นั่นคืออ่านตัวเลขที่ประจำ อยู่กับแนวตั้งแล้วอ่านตัวอักษรที่ประจำอยู่ในแนวนอน ถ้าเป็นบริเวณขั้วโลกใต้ก็จะถูกแบ่งด้วย เส้นเมริเดียน 0-180 องศา โดยซีกโลกตะวันตกใช้ชื่อว่าภาค A ซีกโลกตะวันออกใช้ชื่อว่า ภาค B สำหรับซีกโลกเหนือถ้าเป็นภาคตะวันตกใช้ชื่อว่าภาค Y และซีกโลกภาคตะวันออกใช้ ชื่อว่า ภาค Z

8. คำถามและกิจกรรมประกอบท้ายบท

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักศึกษาจงอธิบายความสำคัญของเส้นโครงแผนที่แบบ U.T.M. มาให้เข้าใจ
2. การอ่านค่าพิกัดกริกจากแผนที่ที่มีวิธีการอ่านอย่างไร จงอธิบายให้ชัดเจนพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

ตอนที่ 2 จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดมาเพียงคำตอบเดียว

1. เส้นโครงแผนที่แบบ MERCATOR ใช้พื้นผิวใดสัมผัสทรงกลมโลก

(1) ทรงกระบอก	(2) ทรงกรวย
(3) พื้นระนาบ	(4) ทรงกรวยซ้อน
2. แผนที่แสดงความหนาแน่นของประชากร ควรใช้เส้นโครงแผนที่แบบใด

(1) แบบรักษารูปร่าง	(2) รักษาเนื้อที่
(3) รักษาทิศทาง	(4) รักษามุม
3. แผนที่เพื่อการเดินเรือและเดินอากาศ ควรใช้เส้นโครงแผนที่แบบใด

(1) Conventional projection	(2) Equal - area projection
(3) Azimuthal projection	(4) Conformal projection
4. คุณสมบัติของเส้นโครงแผนที่แบบทรงกระบอก คือ ข้อใด
 - (1) เส้นขนานกับเส้นเมริเดียนเป็นเส้นโค้ง
 - (2) เส้นขนานยาวเท่ากัน ระยะห่างเท่ากัน
 - (3) เส้นขนานยาวไม่เท่ากัน ระยะห่างเท่ากัน
 - (4) เส้นขนานยาวเท่ากัน ระยะห่างไม่เท่ากัน

5. คุณสมบัติของเส้นโครงแผนที่แบบทรงกรวย คือ ข้อใด
- (1) เส้นขนานเป็นเส้นโค้ง
 - (2) เส้นขนานเป็นเส้นตรง
 - (3) เส้นขนานตั้งฉากกับเส้นเมริเดียน
 - (4) เส้นเมริเดียนเป็นเส้นโค้งยาวเท่ากัน
6. เส้นโครงแผนที่แบบ GNOMONIC มีจุดฉายแสงอยู่ที่ใด
- (1) จุดตรงข้ามกับจุดสัมผัส
 - (2) จุดกึ่งกลางโลก
 - (3) จุดใด ๆ นอกโลก
 - (4) จุดสัมผัส
7. U.T.M. Projection มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีเส้นโครงแผนที่แบบใด
- (1) แบบทรงกระบอก
 - (2) แบบพื้นระนาบ
 - (3) แบบทรงกรวย
 - (4) แบบกรวยตัด
-

เฉลย

ตอนที่ 1

1. กุหวัชข้อที่ 2 ประกอบในการตอบคำถาม
2. กุหวัชข้อที่ 4 ประกอบในการตอบคำถาม

ตอนที่ 2

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| 1. (1) | 2. (2) | 3. (3) | 4. (4) |
| 5. (1) | 6. (2) | 7. (1) | |

.....