แผนที่และการแปลความหมายจากแผนที่
(Maps and Map Interpretation)

ชนม์ธนัช สุวรรณ

วท.บ. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

M.A. in Geography (GIS Program)

California State University, Northridge, USA

สาขาสังคมศึกษา คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

2562

แผนที่และการแปลความหมายจากแผนที่
(Maps and Map Interpretation)

ผู้เขียน : ชนม์ธนัช สุวรรณ
วท.บ. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
M.A. in Geography (GIS Program)
California State University, Northridge, USA

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 200 เล่ม

จัดทำโดย : อาจารย์ชนม์ธนัช สุวรรณ
คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

คำนำ

ตำราเรื่องแผนที่และการแปลความหมายจากแผนที่ฉบับนี้ทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนรายวิชา แผนที่และการแปลความหมายจากแผนที่ (2541401) ซึ่งเป็นรายวิชาในกลุ่มวิชาภูมิศาสตร์ วิชาเอกบังคับสาขาวิชาสังคมศึกษา ระดับปริญญาตรี คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เนื้อหาของเอกสารมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแผนที่ องค์ประกอบของแผนที่ การอ่าน การแปลความหมายด้วยตา การตีความ และการใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ได้ ตลอดจนสามารถใช้ประโยชน์จากแผนที่ภูมิประเทศร่วมกับเครื่องมือและเทคโนโลยีทางภูมิศาสตร์อื่น เช่น เข็มทิศดิจิทัลและอุปกรณ์กำหนดตำแหน่งบนผิวโลก (Global Positioning System: GPS)

เนื้อหาที่ประกอบในตำราเล่มนี้ ผู้เขียนได้เรียบเรียงข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งภาษาไทยและการถอดความจากเอกสารภาษาต่างประเทศ รวมทั้งเอกสารที่อยู่ในรูปของสื่ออิเล็กทรอนิกส์ และความรู้จากประสบการณ์การสอนและการปฏิบัติจริง เนื่องจากเนื้อหาสาระของวิชาค่อนข้างมีความเป็นเทคนิคและวิธีการเชิงปฏิบัติ ผู้เขียนจึงได้พยายามเขียนและเรียบเรียงโดยใช้ภาษาและสื่อรูปภาพที่สามารถเข้าใจได้ง่าย ทั้งนี้ ได้จัดให้มีแบบฝึกหัดท้ายบททุกบทเพื่อให้ผู้เรียนสามารถฝึกฝนหลังจากเรียนจบบทนั้น ๆ ได้ด้วยตนเอง

ชนม์ธนัช สุวรรณ

มิถุนายน 2562

สารบัญ

		หน้า
คำนำ		**ก**
สารบัญ		**ข**
สารบัญภาพ		**ง**
บทที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแผนที่		
1.1	ความหมายและประวัติความเป็นมาของแผนที่	1
1.2	ความสำคัญและประโยชน์	9
1.3	การจำแนกชนิดของแผนที่	10
1.4	การทำแผนที่	14
	คำถามท้ายบทที่ 1	20
	เอกสารอ้างอิง	21
บทที่ 2 โลกและระบบอ้างอิงบนพื้นโลก		
2.1	รูปทรงสัญฐานของโลก	23
2.2	การหมุนและการโคจรของโลก	31
2.3	พิกัดภูมิศาสตร์และพิกัดกริดยูทีเอ็ม	32
2.4	โครงแผนที่	37
2.5	เวลามาตรฐานกรีนิชและเวลาสากลเชิงพิกัด	40
2.6	การคำนวณหาวันและเวลาท้องถิ่น	42
	คำถามท้ายบทที่ 2	46
	เอกสารอ้างอิง	47
บทที่ 3 รายละเอียดประจำขอบระวางแผนที่และกำหนดตำแหน่งบนแผนที่		
3.1	รายละเอียดประจำขอบระวางแผนที่	49
3.2	การให้สีในแผนที่	57
3.3	การกำหนดตำแหน่งบนแผนที่	58
	คำถามท้ายบทที่ 3	63
	เอกสารอ้างอิง	64

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 4 องค์ประกอบแผนที่		
4.1	องค์ประกอบแผนที่	65
4.2	ชื่อแผนที่	65
4.3	ขอบระวางแผนที่	66
4.4	ทิศ	67
4.5	มาตราส่วน	72
4.6	สัญลักษณ์บนแผนที่	76
	คำถามท้ายบทที่ 4	83
	เอกสารอ้างอิง	84
บทที่ 5 ความสูงและทรวดทรง และการวัดขนาดพื้นที่ในแผนที่		
5.1	ความสูงและทรวดทรง	85
5.2	การวัดขนาดพื้นที่ในแผนที่	93
	คำถามท้ายบทที่ 5	99
	เอกสารอ้างอิง	100
บทที่ 6 การอ้างอิงพิกัดและการซ้อนทับข้อมูลบนแผนที่		
6.1	การอ้างอิงพิกัด	101
6.2	การซ้อนทับข้อมูลบนแผนที่	106
	คำถามท้ายบทที่ 6	109
	เอกสารอ้างอิง	110
บทที่ 7 ข้อมูลเชิงพื้นที่		
7.1	ความเป็นมาของข้อมูลเชิงพื้นที่	111
7.2	ประเภทของข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการทำแผนที่	112
7.3	การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่	115
	คำถามท้ายบทที่ 7	119
	เอกสารอ้างอิง	120
บทที่ 8 การอ่านแผนที่จาก Google Earth, Google Maps และ GPS		
8.1	กูเกิล เอิร์ธ	121
8.2	กูเกิล แมพส์	124
8.3	ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก	127
	คำถามท้ายบทที่ 8	139

สารบัญ (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง 140

บรรณานุกรม 141

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	เอราทอสเทนีส	2
1.2	แผนที่โลกของเอราทอสเทนิสเมื่อประมาณ 200 B.C. (2220 ปีมาแล้ว	3
1.3	แผนที่โลกของปโตเลมีที่สร้างด้วยพิกัดฉาก (Coordinate system)	3
1.4	แผนที่ยุคโรมัน	4
1.5	แผนที่ ที-โอ ในยุคกลาง (Middle Age T-O map)	5
1.6	แผนที่โลกจากการฉายภาพโลกลงบนแผ่นวัสดุทรงกระบอก	6
1.7	แผนที่ยุทธศาสตร์รัชสมัยสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 แสดงแนวคลองจากกำแพงเพชรถึงสวรรคโลก	8
1.8	ภาพวาดแผนที่ราชอาณาจักรสยามในสัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช (เขียนโดยบาทหลวงปลาซิด เดอ แซงค์ นักบวชชาวฝรั่งเศส)	8
1.9	แผนที่กรุงศรีอยุธยาวาดโดยชาวฮอลันดาในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช	9
1.10	แผนที่แบบผสม	11
1.11	มาตราส่วนแผนที่จากมาตรส่วนเล็ก (บน) ไปยังมาตราส่วนใหญ่ (ล่าง)	12
1.12	การสลักแผนที่ลงบนชิ้นส่วนงาช้างแมมมอธ	15
1.13	ภาพที่ 1.13 แผนที่บนกระดาษปาปิรุสแสดงตำแหน่งของแหล่งแร่ทองคำและเงิน	15
1.14	การร่างภาพแผนที่ด้วยมือ (A Handwritten Map-Early 1940's)	16
1.15	การทำพิมพ์เขียวจากแผนที่ต้นฉบับของกรุงปารีส	17
1.16	อุปกรณ์ในการทำแผนที่แบบดั้งเดิม	18
1.17	ผังงานแสดงขั้นตอนการทำแผนที่แบบสมัยใหม่ด้วยโปรแกรม QGIS	19
2.1	ภาพตัดขวาของโลกแสดงโครงสร้างของโลก	25
2.2	แผนที่โลกแสดง“พันเจีย” (ก) และทวีปทั้ง 7 ทวีป (ข)	26
2.3	รูปทรงของยีออยด์และการเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปทรงสัณฐาน	27
2.4	เส้นผ่าศูนย์กลางของโลกที่แตกต่างกันจากรูปทรงสัณฐานที่เป็นทรงรี	28
2.5	วิธีการคำนวณหาเส้นรอบวงของโลกด้วยวิธีของอีราทอสทีนีส (Eratosthenes)	29
2.6	เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดความสูงของจุดที่สูงที่สุดบนโลกทั้ง 3 เกณฑ์	30
2.7	ตำแหน่งที่ตั้งของร่องน้ำมาเรียนาเทรนช์ (ก)	30
2.7	การเปรียบเทียบความลึกระดับต่าง ๆ ใต้ระดับน้ำทะเล (ข)	31
2.8	การเกิดฤดูกาลจากการเอียงของแกนโลก	32
2.9	ระบบพิกัดบนระนาบ	33
2.10	ละติจูดและเส้นขนานละติจูด	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.11	ลองจิจูดและเส้นเมริเดียน	34
2.12	เส้นเมริเดียนแรก ณ หอดูดาวหลวงกรีนิช ประเทศอังกฤษ และค่าพิกัดภูมิศาสตร์จาก GPS บนสมาร์ตโฟน	35
2.13	ระบบพิกัดกริดยูทีเอ็ม	36
2.14	ค่าพิกัดกริดสูงสุด-ต่ำสุดทางทิศตะวันออกและทิศเหนือในแต่ละโซน	37
2.15	การฉายแสงจากภายในวัตถุทรงกลมเพื่อให้เกิดเงา	38
2.16	โครงแผนที่ AuthaGraph ที่มีขนาดของพื้นทวีปความถูกต้องมากที่สุดในปัจจุบัน	39
2.17	โครงแผนที่ที่จำแนกด้วยพื้นผิวที่ใช้ในการฉายแสงทั้ง 3 ประเภท และรูปแบบการฉายแสงแบบกรวย	40
2.18	แผนที่แสดงเส้นแบ่งเวลาของโลก	42
2.19	นาฬิกาอะตอม ณ หอดูดาวหลวงกรีนิช	42
3.1	ชื่อชุดของแผนที่และมาตราส่วน	50
3.2	ชื่อระวางแผนที่	50
3.3	หมายเลขระวางแผนที่และทิศทางการอ่านระวาง	51
3.4	การเรียงลำดับหมายเลขระวางแผนที่	51
3.5	หมายเลขระวางแผนที่และทิศทางการอ่านระวาง	52
3.6	หมายเลขการจัดพิมพ์และหน่วยงานที่จัดพิมพ์	52
3.7	มาตราส่วนและมาตราส่วนบรรทัด	53
3.8	สารบัญระวางติดต่อ	53
3.9	สารบัญแสดงแนวแบ่งเขตการปกครอง	54
3.10	แผนผังมุมบ่ายเบน	54
3.11	คำแนะนำเกี่ยวกับระดับสูง	55
3.12	ศัพทานุกรม	55
3.13	บันทึก	56
3.14	คำอธิบายสัญลักษณ์	56
3.15	หมายเลขสิ่งอุปกรณ์	57
3.16	คำแนะนำเกี่ยวกับความลาดชัน	57
3.17	การกำหนดตำแหน่งละติจูด	59
3.18	การกำหนดตำแหน่งลองจิจูด	60
3.19	การกำหนดตำแหน่งพิกัดกริด	62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.1	แสดงองค์ประกอบชื่อของแผนที่	66
4.2	แผนที่ประเทศไทย แสดงขอบระวางแผนที่	67
4.3	แผนผังมุมบ่ายเบน (Declination diagram)	69
4.4	ทิศหลัก (Cardinal directions)	70
4.5	การบอกทิศแบบชาวเรือ	70
4.6	การบอกทิศตามค่ามุมแบริ่ง	71
4.7	การบอกทิศแบบอาซิมุท	71
4.8	การบอกทิศแบบเกรด (Gradient direction)	72
4.9	การบอกทิศแบบมิลส์	72
4.10	การเปรียบเทียบแผนที่ที่มีมาตราส่วนต่างกัน	73
4.11	มาตราส่วนแท่ง หรือ มาตราส่วนบรรทัด	74
4.12	แผนที่แบบเส้นเท่า (Isopleth map)	76
4.13	แผนที่แบบพื้นที่เท่า (Choropleth map)	77
4.14	แผนที่แสดงด้วยสัญลักษณ์แบบจุด	78
4.15	แผนที่แสดงเส้นทางหลวงประเทศไทย	80
4.16	แผนที่สัญลักษณ์แบบรูปปิดแสดงแผนผังของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย	81
5.1	การเคลื่อนที่เข้าหากันของเปลือกโลก	85
5.2	หมุดระดับบนยอดดอยอินทนนท์	86
5.3	เส้นลายขวานสับ	87
5.4	การแสดงด้วยเงา	88
5.5	การแสดงด้วยเส้นชั้นความลึก	88
5.6	การแสดงด้วยแถบสี	89
5.7	ชนิดของเส้นชั้นความสูง	90
5.8	เส้นชั้นความสูงแอ่งต่ำ	91
5.9	การจำลองภาพความสูงจากเส้นชั้นความสูง	92
5.10	การทำภาพตัดขวางจากเส้นชั้นความสูง	92
5.11	ประเภทของภูมิประเทศ	94
5.12	การหาขนาดพื้นที่ด้วยรูปทรงเรขาคณิต	94
5.13	การหาขนาดพื้นที่ด้วยเส้นตัด	95
5.14	การหาขนาดพื้นที่ด้วยช่องจัตุรัสขนาดเล็ก	95

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.15	ผลจากการหาขนาดพื้นที่ด้วยโปรแกรมเฉพาะทางบนโปรแกรม QGIS	98
6.1	การอ้างอิงพิกัดให้กับแผนที่	101
6.2	ค่าส่วนที่เหลือหรือค่าผิดพลาดจากการทำการอ้างอิงบนโปรแกรม QGIS	103
6.3	ภาพถ่ายทางอากาศที่ไม่มีการอ้างอิงพิกัดจากการทำการอ้างอิงบนโปรแกรม QGIS	104
6.4	ภาพถ่ายทางอากาศที่มีการอ้างอิงพิกัดจากการทำการอ้างอิงบนโปรแกรม QGIS	105
6.5	การอ้างอิงพิกัดภาพถ่ายทางอากาศแบบออนไลน์	105
6.6	การซ้อนทับแผนที่บริเวณลอนดอนบริดจ์ ปี 1520	106
6.7	การซ้อนทับข้อมูลบนแผนที่	107
6.8	การซ้อนทับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมบนแผนที่พื้นฐาน	108
7.1	ข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทข้อมูลเชิงเส้น (Raster Data)	113
7.2	การแสดงข้อมูลแบบปรากฏการณ์ เช่น การใช้ที่ดิน ข้อมูลดิน อุณหภูมิ ความสูง	114
7.3	ขนาดของเซลล์ (Resolution)	114
7.4	การแสดงข้อมูลแบบต่อเนื่อง (พื้นผิว) เช่น ปริมาณน้ำฝน ความหนาแน่นของประชากร และความลาดชัน	114
7.5	การแสดงข้อมูลแบบภาพถ่ายพื้นฐานจากกระบวนการบันทึกภาพแบบต่าง ๆ	114
7.6	การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ (เวกเตอร์) บนโปรแกรม QGIS	116
7.7	การสร้างข้อมูล 3 มิติจากข้อมูลแรสเตอร์ (DEM)	118
8.1	พัฒนาการตามมิติช่วงเวลาของ Google Earth	122
8.2	ประเภทของของอุปกรณ์ในการใช้งาน Google Earth	123
8.3	Google Maps ในปี ค.ศ. 2005	125
8.4	การถ่ายภาพโดยดาวเทียม	126
8.5	การถ่ายภาพ 360 360 องศา หรือ กูเกิล สตรีท วิว (Google Street View)	126
8.6	ระยะเวลาโคจรและความสูงของดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกภาคพื้น	129
8.7	องค์ประกอบของระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก	131
8.8	สถานีควบคุมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกภาคพื้น	131
8.9	การระบุตำแหน่งผู้ใช้ด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกแบบ 2 มิติ	132
8.10	วงโคจรระยะปานต่ำของดาวเทียม Iridium	133
8.11	วงโคจรระยะปานกลางของดาวเทียมจีพีเอส	134
8.12	ดาวเทียมในวงโคจรประจำที่ หรือ วงโคจรค้างฟ้า	134

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
8.13	วงโคจรรูปวงรี	135
8.14	วิวัฒนาการของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (จีพีเอส)	136

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
8.1	รายชื่อผู้ถือกรรมสิทธิ์และชื่อระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก	129
8.2	ดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (ดาวเทียมจีพีเอส) ของประเทศสหรัฐอเมริกา	130

บทที่ 1

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแผนที่

1.1 ความหมายและประวัติความเป็นมาของแผนที่

1.1.1 ความหมายของแผนที่ (Map)

ในสังคมโลกยุคปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่าไม่มีใครที่ไม่รู้จักหรือไม่เคยใช้ประโยชน์จากแผนที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อประโยชน์ในการเดินทางหรือในการวางแผนการพัฒนาพื้นที่ อย่างไรก็ตาม คนส่วนใหญ่ที่เคยรู้จักและเคยใช้ประโยชน์จากแผนที่ยังไม่มีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในธรรมชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งความหมายของแผนที่ ความหมายของแผนที่ที่คนส่วนใหญ่รู้และเข้าใจ คือ แผ่นกระดาษที่แสดงอาณาเขตและชื่อเมืองของประเทศต่าง ๆ ความจริงแล้วสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่และองค์ประกอบของความเป็นแผนที่มีธรรมชาติและอรรถาธิบาย (Attributes) ที่มากไปกว่านั้น ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ คือ ความหมายของแผนที่ส่วนหนึ่งที่องค์กร หน่วยงาน และนักภูมิศาสตร์ได้ให้นิยามเอาไว้

แผนที่ คือ *สิ่งที่แสดงลักษณะของพื้นผิวโลกทั้งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่ปรุงแต่งขึ้น โดยแสดงลงในพื้นราบด้วยการย่อให้เล็กลงตามขนาดที่ต้องการและอาศัยเครื่องหมายและสัญลักษณ์ที่กำหนดขึ้น* (ราชบัณฑิตยสถาน, 2549)

แผนที่ คือ *การอธิบายเชิงสัญลักษณ์ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งโดยเฉพาะ ตัวอย่างเช่น วัตถุ ภูมิภาคต่าง ๆ หรือรูปแบบโครงสร้างของพื้นที่ แผนที่ส่วนใหญ่เมื่อทำเสร็จแล้วสิ่งต่าง ๆ ที่แสดงจะคงเดิมอยู่บนกระดาษหรือวัสดุอื่นใดที่มีความทนทานไม่เปลี่ยนแปลง* (Map, 2018)

แผนที่ หรือ *Map ในภาษาอังกฤษ หรือ Mappa ในภาษาละตินซึ่งแปลว่าผ้าคลุม คือ รูปลายเส้นที่เขียนหรือกำหนดขึ้นเพื่อแสดงลักษณะของพื้นผิวพิภพทั้งหมดหรือเพียงบางส่วนลงบนพื้นราบ (พื้นแบน) ตามมาตราส่วน โดยใช้สีและสัญลักษณ์แทนรายละเอียดของภูมิประเทศที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น* (อณุศร พุ่มพวง, ม.ป.ป.)

จากความหมายดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้นโดยสังเขปสามารถสรุปได้ว่าแผนที่ คือ *สิ่งประดิษฐ์ที่จำลองลักษณะในภูมิประเทศจริงให้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิงเส้น (Line feature) ลงบนวัสดุแบนราบโดยอ้างอิงขนาดและระยะทางจากภูมิประเทศจริงตามมาตราส่วน (Scale) ที่ได้มาจากการวัดค่าใน*

ระบบต่าง ๆ เพื่อการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของการทำแผนที่ ในอดีตที่ยังไม่มีเครื่องมือหรือหน่วยที่ใช้ในการวัด การกำหนดระยะทางเพื่อการทำแผนที่ได้อาศัยวิธีการนับจำนวนก้าวที่ย่างเท้าเดินไปหรือการใช้ส่วนของอวัยวะอื่น ๆ เพื่อกำหนดระยะทาง เช่น แขน ศอก ฝ่ามือ เป็นต้น ดังนั้นแผนที่ในอดีตกาลจึงมีความถูกต้องและเชื่อถือได้น้อยกว่าแผนที่ในปัจจุบันซึ่งมีการใช้เครื่องมือที่มีหน่วยวัดที่เป็นมาตรฐานสากล

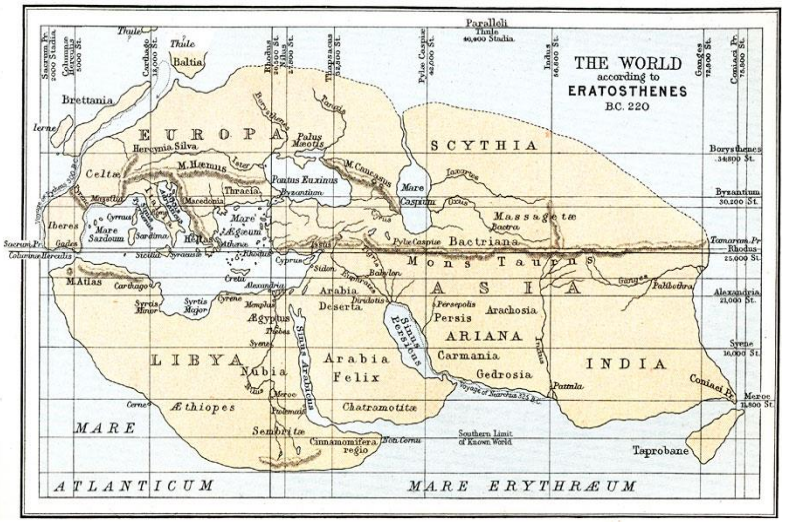
1.1.2 ประวัติความเป็นมาของแผนที่

ไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่ามีการทำแผนที่ครั้งแรกเมื่อใด เท่าที่มีหลักฐานปรากฏและอ้างอิงได้เชื่อว่า แผนที่ที่เก่าแก่ที่สุดจัดทำด้วยดินเหนียวเพื่อแสดงกรรมสิทธิ์ในที่ดินโดยชาวเมโสโปเตเมียเมื่อราว 2,300 ปีก่อนคริสตศักราช ต่อมาปราชญ์ชาวกรีกโบราณซึ่งถือได้ว่าเป็นผู้วางรากฐานการทำแผนที่โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เอราทอสเทนีส (Eratosthenes, 276-194 B.C.) สามารถคำนวณหาเส้นรอบวงของโลกได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์และกำหนดเส้นสมมติที่เรียกว่าเส้นขนานและเส้นเมริเดียน (Meridian) ต่อมาเอราทอสเทนีสผู้นี้ได้รับการยกย่องว่าเป็นบิดาของวิชาภูมิศาสตร์ (Father of Geography) (Eratosthenes of Cyrene, 2018) (ดูภาพที่ 1.1 (ก) ประกอบ)

(ก) **(ข)**

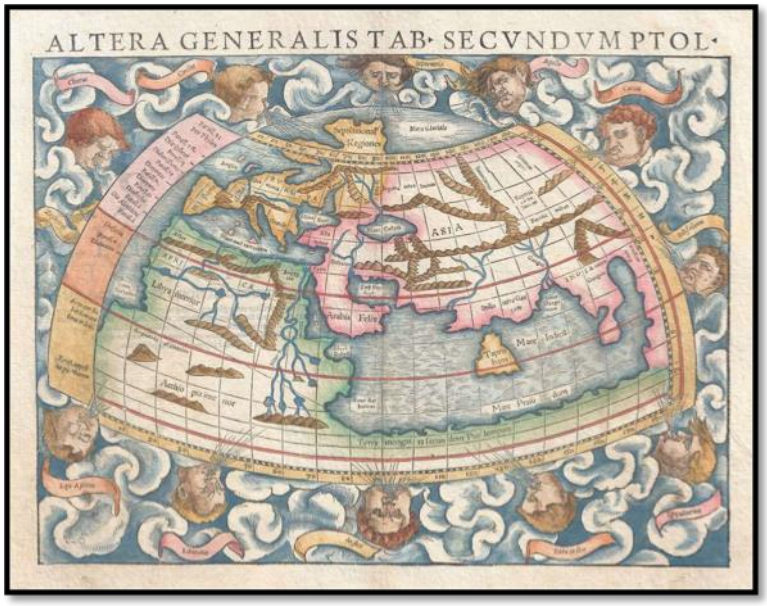
ภาพที่ 1.1 เอราทอสเทนีส (Eratosthenes) (ก) คลอดิอุส ทอเลมี (Claudius Ptolemy) (ข)
(แหล่งที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Eratosthenes and https://en.wikipedia.org/wiki/Ptolemy)

อีกท่านหนึ่งที่มีบทบาทต่อการวางรากฐานการทำแผนที่มาจนถึงปัจจุบัน คือ ปราชญ์ชาวอียิปต์ชื่อ คลอดิอุส ทอเลมี (Claudius Ptolemy, 100-170 A.D.) ปราชญ์ผู้นี้เป็นผู้ที่นำเอาความรู้พื้นฐานที่เอราทอสเทนีสวางเอาไว้มาปรับปรุงและพัฒนาด้วยการค้นหาวิธีการกำหนดค่ามุมของเส้นขนานและเส้นเมริเดียนและระบบพิกัดฉากจนทำให้ได้แผนที่ที่มีความถูกต้องมากขึ้น (ทอเลมี, 2018) (ดูภาพที่ 1.1 (ข) ประกอบ)



ภาพที่ 1.2 แผนที่โลกของเอราทอสเทนิสเมื่อประมาณ 200 B.C. (2220 ปีมาแล้ว)

(**แหล่งที่มา :** https://nocall.org/spring-institute-2017/ucd-annotated-map/)



ภาพที่ 1.3 แผนที่โลกของทอเลมีที่สร้างด้วยพิกัดฉาก (Coordinate system)

(**แหล่งที่มา :** https://www.geographicus.com/P/AntiqueMap/)

ยุคโรมัน (27 ปี ก่อนคริสตกาล – คริสตศักราช 476)

ถึงแม้บันทึกเกี่ยวกับการทำแผนที่ในอาณาจักรโรมันค่อนข้างหายาก แต่นักวิชาการก็สามารถศึกษาและวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบแผนที่โรมันโบราณกับแผนที่กรีกโบราณได้ว่า ชาวโรมันให้ความสนใจกับการใช้ประโยชน์จากแผนที่เพื่อการทหารและการปกครองมากกว่า โดยไม่ให้ความสำคัญกับการใช้หลักคณิตศาสตร์เพื่อให้เกิดความถูกต้องในการทำแผนที่ ในทางตรงกันข้ามปราชญ์ชาวกรีกกับให้ความสำคัญกับการกำหนดค่ามุมละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) และการคำนวณโดยอาศัยหลักดาราศาสตร์เพื่อความถูกต้องและเชื่อถือได้ในการทำแผนที่ อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่า

สังเกตจากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ว่าชาวโรมันมีความสามารถในการสร้างระบบโครงข่ายการคมนาคมทั้งทางบกและทางน้ำ ทำให้สามารถอุปมานได้ว่าต้องมีปราชญ์ชาวโรมันจำนวนหนึ่งที่มีความรู้ทางภูมิศาสตร์ ภูมิสัณฐาน และทักษะการทำแผนที่เป็นอย่างดี อย่างน้อยที่สุดที่สามารถยกเป็นตัวอย่างได้สองท่าน คือ อากริปปา (Agrippa, 64-12 BC) ซึ่งเป็นผู้ที่สร้างแผนที่โลกด้วยการแกะสลักบนแผ่นหินอ่อนเรียกเป็นภาษาโรมันว่า *Orbis Terrarum* แปลเป็นภาษาอังกฤษว่า “Map of the World” อีกท่านหนึ่งคือ สตราโบ (Strabo, 64 BC-24 AD) ซึ่งเป็นนักภูมิศาสตร์ชาวกรีกแต่ได้ไปศึกษาและทำงานอยู่ในกรุงโรม (Rome) สตราโบได้เขียนหนังสือเล่มหนึ่งชื่อ *Geographica* ซึ่งสาระสำคัญของหนังสือส่วนใหญ่กล่าวถึงประวัติศาสตร์ของโลกที่ได้เรียนรู้ ในหนังสือดังกล่าวสตราโบได้เขียนแผนที่ของยุโรปที่ใกล้เคียงความจริงมาก

ภาพที่ 1.4 แผนที่ยุคโรมัน
(**แหล่งที่มา :** https://www.pinterest.com/)

การใช้แผนที่ยุคโรมันให้ความสำคัญเรื่องของการใช้ประโยชน์เป็นหลัก เช่น เพื่อกิจการทหารและเพื่อการบริหารประเทศ ชาวโรมันได้ใช้แผนที่เพื่อการควบคุมเศรษฐกิจและการเงินของอาณาจักร มีหลักฐานที่แสดงให้เห็นว่าในอาณาจักรโรมันมีการทำแผนที่ที่แสดงขอบเขตการบริหาร ลักษณะทางกายภาพ และเส้นทางถนน โดยแผนที่ของทอเลมีคือแผนที่หนึ่งที่มีบทบาทอย่างมากในยุคนี้เพราะถูกใช้เป็นเครื่องมือในการแผ่ขยายอาณาเขตของจักรวรรดิโรมัน ทอเลมีได้ทำแผนที่โดยมีชื่อเรียกว่า “Geographica” เมื่อประมาณคริสตศักราชที่ 150 ในแผนที่ดังกล่าวมีการอ้างอิงถึงละติจูดและลองจิจูดที่ถูกใช้เพื่ออธิบายทำเลที่ตั้งบนโลกบนพื้นฐานการสำรวจทางดาราศาสตร์ ถึงแม้ว่าแผนที่ของทอเลมีได้หายสาบสูญไปแต่ก็ถือได้ว่าแผนที่ของทอเลมีจากยุคโรมันมีอิทธิพลสำคัญต่อการทำแผนที่ในยุคถัดมา (Dempsey, 2011)

ยุคมืด (คริสตศักราช 1330)

หลังจากจักวรรดิโรมันล่มสลาย โลกได้เข้าสู่ยุคกลางหรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่ายุคมืด (Middle Age or Dark Age, 475 – 1500) ความเจริญรุ่งเรืองทางด้านวิชาการและการค้นพบสิ่งใหม่ได้ชะงักไปเป็นเวลาประมาณ 1,000 ปี ไม่ปรากฏว่ามีการทำแผนที่หรือการสร้างแผนที่ที่เด่นชัดเหมือนสมัยกรีกและโรมันเรืองอำนาจ การทำแผนที่ในยุคนี้มีพื้นฐานความเชื่อเกี่ยวกับศาสนาเป็นสำคัญ ลักษณะของแผนที่ที่ทำขึ้นเป็นรูปวงกลมคล้ายอักษร O ตามคติความเชื่อว่าโลกคือผืนแผ่นดินที่มีรูปลักษณ์คล้ายวงล้อล้อมรอบด้วยมหาสมุทร บนผืนแผ่นดินในแผนที่นี้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คล้ายรูปอักษร T ส่วนที่หนึ่งเป็นทวีบเอเชีย ส่วนที่สองเป็นทวีปยุโรป และส่วนที่สามเป็นทวีปแอฟริกา โดยมีกรุงเยรูซาเลม (Jerusalem) อยู่ตรงกลาง แผนที่นี้เรียกขานกันว่าแผนที่ ที-โอ (T-O map) (ยุคมืด, 2561) (ดูภาพที่ 1.5 ประกอบ)

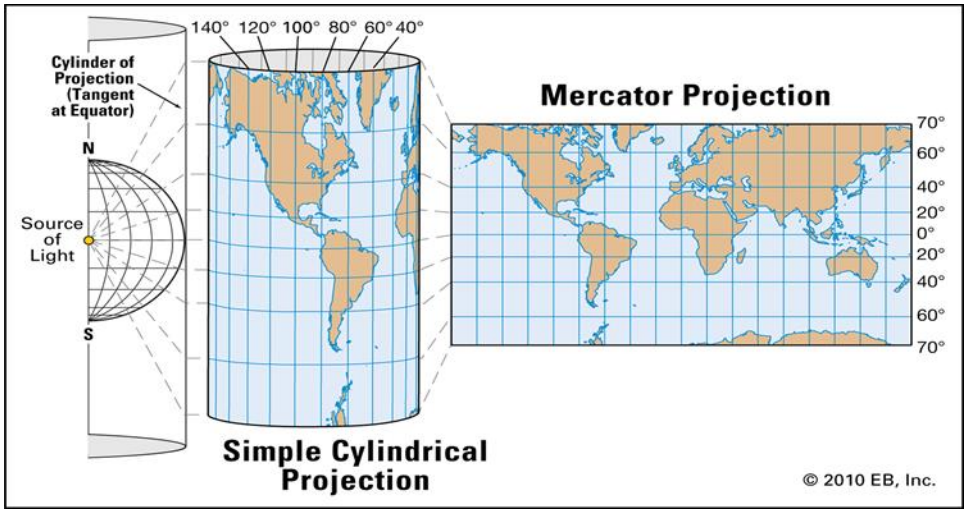
ภาพที่ 1.5 แผนที่ ที-โอ ในยุคกลาง (Middle Age T-O map)

(**แหล่งที่มา** : https://en.wikipedia.org/wiki/T_and_O_map)

ยุคแห่งการสำรวจ (คริสต์ศตวรรษที่ 15-คริสต์ศตวรรษที่ 17)

แผนที่เริ่มได้รับความสนใจอย่างมากอีกครั้งหนึ่งหลังสิ้นสุดยุคมืดและเข้าสู่ยุคแห่งการสำรวจ (1500-1700 AD) ด้วยวัตถุประสงค์ที่สำคัญ คือ การล่าอาณานิคม การแสวงหาทรัพยากร และเครื่องเทศ ทำให้มีนักสำรวจชาวยุโรปจากหลากหลายประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โปรตุเกส สเปน อิตาลี และฮอลันดา เช่น วาสโก ดา กามา (Vasco da Gama) คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส (Christopher Columbus) เฟอร์ดินันด์ แมเจลแลน (Ferdinand Magellan) ออกเดินทางสำรวจทางเรือ ความจำเป็นอย่างหนึ่งในการเดินทางทางเรือนอกเหนือจากแผนที่คือ อุปกรณ์ประกอบการนำทาง ได้แก่ เข็มทิศแม่เหล็ก กล้องส่องทางไกล และเครื่องมือสำหรับการวัดมุมจากดวงดาว การค้นพบแผ่นดิน

ใหม่และการได้เครื่องเทศจากการเดินทางสำรวจกลายเป็นปัจจัยผลักดันให้เกิดพัฒนาการการทำแผนที่อย่างกว้างขวาง ผลพวงจากพัฒนาการดังกล่าวคือ การทำแผนที่โดยการฉายภาพ (Projection) ลูกโลกลงบนพื้นผิวทรงกระบอก โดยเกราร์ดุส เมอร์เคเตอร์ (Gerardus Mercator, 1512-1594 AD) ผลงานดังกล่าวทำให้เมอร์เคเตอร์ซึ่งเป็นนักภูมิศาสตร์ และนักแผนที่ชาวเบลเยี่ยมเป็นที่รู้จักและเป็นที่ยอมรับในฐานะนักภูมิศาสตร์และนักแผนที่ผู้สร้างคุณูปการให้กับวงการแผนที่โลก รูปลักษณ์แผนที่ของเมอร์เคเตอร์ที่ถือว่าเป็นอัตลักษณ์เฉพาะคือ การทำแผนที่ที่มีระบบเส้นตัดระหว่างเส้นขนานกับเส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงและตัดกันเป็นมุมฉาก (Mercator Projection, 2018) อย่างไรก็ตาม แม้แผนที่ที่จัดทำด้วยวิธีการดังกล่าวจะเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายแม้ในปัจจุบัน แต่แผนที่ที่จัดทำตามวิธีการของเมอร์เคเตอร์ก็มีจุดด้อยตรงที่ไม่สามารถรักษาสัดส่วนขนาดของพื้นที่บนแผนที่กับบนพื้นโลกจริงได้ กล่าวคือ สัดส่วนพื้นที่จะมีความถูกต้อง ณ บริเวณศูนย์สูตรและบริเวณละติจูดต่ำ บริเวณละติจูดสูงใกล้ขั้วโลกสัดส่วนขนาดของพื้นที่บนแผนที่กับบนพื้นโลกจริงจะคลาดเคลื่อนมาก (ยุคแห่งการสำรวจ, 2561) (ดูภาพที่ 1.6 ประกอบ)



ภาพที่ 1.6 แผนที่โลกจากการฉายภาพโลกลงบนแผ่นวัสดุทรงกระบอก

(**แหล่งที่มา :** https://en.wikipedia.org/wiki/Mercator_projection)

ยุคสมัยใหม่ (คริสต์ศตวรรษที่ 16 – ปัจจุบัน)

ภายหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรมการค้าและการพาณิชย์ขยายตัวเป็นวงกว้างไปทั่วทุกทวีปบนพื้นโลก ผู้คนโดยเฉพาะอย่างยิ่งชนชั้นกลางเริ่มเดินทางเพื่อการเรียนรู้ เพื่อธุรกิจการค้า และเพื่อการท่องเที่ยวมากขึ้น การขยายตัวดังกล่าวเป็นแรงกระตุ้นให้นักภูมิศาสตร์และนักแผนที่มีโอกาสในการจัดทำแผนที่เพื่อตอบสนองการใช้ประโยชน์ที่หลากหลายขึ้น จากแผนที่ที่จัดทำขึ้นในยุคก่อนหน้านี้ซึ่งมีขนาดใหญ่และมักแฝงไว้ด้วยศิลปะและการตกแต่ง การทำแผนที่ในยุคสมัยใหม่มุ่งเน้นการทำแผนที่

ที่มีขนาดเล็ก สามารถพกพาได้สะดวก และที่สำคัญคือเน้นความถูกต้องขององค์ประกอบที่นำเสนอมากกว่าการตกแต่งเชิงศิลปะและความสวยงาม

ที่จัดว่าเป็นความก้าวหน้าอย่างมากของการทำแผนที่ในยุคสมัยใหม่คือ การนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยโดยเฉพาะอย่างยิ่งคอมพิวเตอร์ (Computer) มาใช้ประโยชน์ นักทำแผนที่และผู้ใช้ประโยชน์จากแผนที่ในยุคสมัยใหม่มีการศึกษาและเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ (Peripheral instruments) เช่น พล็อตเตอร์ (Plotters) เครื่องกราดภาพ (Scanners) และการอัดภาพ (image processing) เป็นต้น การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial analysis) ซอฟต์แวร์การจัดทำฐานข้อมูล (Database software) และระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System: GIS) กลายเป็นเครื่องมือที่รู้จักและมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ประกอบกับมีผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านภูมิสารสนเทศเพิ่มขึ้นอย่างมากในยุคนี้ ในมุมมองทางภูมิศาสตร์อาจกล่าวได้ว่าเกือบทุกสิ่งทุกอย่างที่ปรากฏบนโลกใบนี้สามารถทำการศึกษาได้ในปัจจุบัน ก่อนหน้านี้เทคโนโลยีบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับการทำและการใช้ประโยชน์แผนที่อาจถูกจำกัดอยู่ในวงการทหาร เช่น ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) และการสัมผัสจากระยะไกล (Remote Sensing) ปัจจุบันทุกคนสามารถเข้าถึงข้อมูลเชิงพื้นที่ได้สะดวกและรวดเร็วผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (Internet) ระบบบริการเครือข่ายการทำแผนที่ (Web mapping services) และแอปพลิเคชั่นที่เกี่ยวข้องที่มีการพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา (Dempsey, 2011)

1.1.3 ประวัติการทำแผนที่ในประเทศไทย

ไม่ปรากฏแน่ชัดว่าการทำแผนที่ในประเทศไทยครั้งแรกนั้นเกิดขึ้นเมื่อใด แต่มีการค้นพบหลักฐานว่ามีแผนที่ยุทธศาสตร์ที่คาดว่าน่าจะถูกทำขึ้นในสมัยสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 (พระเจ้าอู่ทอง) ระหว่างปีพุทธศักราช 1893-1912 ในสมัยกรุงศรีอยุธยาคือ แผนที่ยุทธศาสตร์รัชสมัยสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 ซึ่งแสดงแนวคลองจากกำแพงเพชรถึงสวรรคโลก (ศรีสัชนาลัย) (ดูภาพที่ 1.7 ประกอบ) ต่อมาได้พบว่ามีการจัดทำแผนที่ประเทศไทยโดยชาวฝรั่งเศส (ดูภาพที่ 1.8 ประกอบ) และแผนที่กรุงศรีอยุธยาโดยชาวฮอลันดาในรัชสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช (ดูภาพที่ 1.9 ประกอบ)

ภาพที่ 1.7 แผนที่ยุทธศาสตร์รัชสมัยสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 แสดงแนวคลองจากกำแพงเพชรถึงสวรรคโลก

(แหล่งที่มา: http://www.trueplookpanya.com/blog/content/59969/)

ภาพที่ 1.8 ภาพวาดแผนที่ราชอาณาจักรสยามในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช

(เขียนโดยบาทหลวงปลาชิด เดอ แซงค์ นักบวชชาวฝรั่งเศส)

(**แหล่งที่มา** : www.huexonline.com/knowledge/19/151/)

ภาพที่ 1.9 แผนที่กรุงศรีอยุธยาวาดโดยชาวฮอลันดาในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช
(**แหล่งที่มา** : www.huexonline.com/knowledge/19/151/)

การทำแผนที่แบบตะวันตกโดยคนไทยเริ่มมีขึ้นในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 เมื่อ พ.ศ. 2418 โดยพระองค์ได้ทรงตั้งกองทำแผนที่ขึ้นตามคำแนะนำของนายเฮนรี่ อะลาบาสเตอร์ (Henry Alabaster) งานที่ได้ทำคือแผนที่บริเวณถนนเจริญกรุง บริเวณใกล้พระราชวัง และบริเวณปากอ่าวเพื่อการเดินเรือและใช้เป็นแนวทางป้องกันทางทะเลด้านอ่าวไทย (โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2531)

วันที่ 3 กันยายน พ.ศ. 2428 พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวได้มีพระบรมราชโองการให้สถาปนากรมทำแผนที่โดยแยกออกมาจากกรมทหารมหาดเล็กรักษาพระองค์ และทรงแต่งตั้งให้พระวิภาคภูวดลเป็นเจ้ากรม จากนั้นมากรมทำแผนที่ได้มีการเปลี่ยนชื่อหลายครั้ง ครั้งสุดท้ายได้มีการปรับเปลี่ยนเป็นกรมแผนที่ทหารเมื่อ พ.ศ. 2428 และใช้ชื่อนี้มาจนถึงปัจจุบัน (ประวัติการทำแผนที่ประเทศไทย, ม.ป.ป.)

ในปี พ.ศ. 2491 รัฐบาลของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้ความช่วยเหลือรัฐบาลไทยโดยส่งหน่วยงานทำแผนที่มาทำการสำรวจและถ่ายภาพทางอากาศเพื่อทำแผนที่ภูมิประเทศขนาดมาตราส่วน 1 : 50,000 ทั่วประเทศ (สุพรรณิการ์ เกตุศิริ, 2557) ปัจจุบันแผนที่มาตราส่วนดังกล่าวยังคงเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในกิจการทหารและกิจการพลเรือนอย่างกว้างขวาง

1.2 ความสำคัญและประโยชน์

แผนที่ คือ เครื่องมือสำคัญที่ใช้เพื่อระบุตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่บนภูมิประเทศจริงว่าอยู่ในทิศทางใด และใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างพื้นที่จริงบน

พื้นโลกกับพื้นที่ที่แสดงบนแผนที่นั้น ๆ ตัวอย่างเช่น แผนที่ประชากร แผนที่ภูมิอากาศ และแผนที่เพื่อการเดินทาง เป็นต้น ในอดีตการใช้แผนที่จำกัดอยู่ในบุคคลหรือกลุ่มงานบางกลุ่มไม่แพร่หลายมากนัก ส่วนมากจะใช้ในกิจการทหาร กิจการพลเรือน (เช่น การวางแผนด้านการเกษตร อุตสาหกรรม การผังเมือง การค้นหาทรัพยากรธรรมชาติ การป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย) และใช้ประกอบการเรียนการสอนและการศึกษาวิจัยในสถานศึกษา บุคคลทั่วไปยังใช้ประโยชน์จากแผนที่ได้ค่อนข้างจำกัด เนื่องจากความยากลำบากในการเข้าถึงที่และอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ในสถานการณ์ในปัจจุบันไม่สามารถปฏิเสธได้เลยว่าแผนที่เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน ในยุคสมัยที่คอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต โทรศัพท์เคลื่อนที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมาร์ตโฟน (Smartphone) ที่มีความเร็วเพิ่มขึ้นและฉลาดขึ้น ผนวกกับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้แผนที่สามารถสื่อสิ่งที่ปรากฏจริงบนพื้นโลกได้ถูกต้องแม่นยำและมีความเป็นปัจจุบัน (Up to date) มากกว่าข้อมูลแผนที่ในยุคก่อน อีกทั้งบุคคลทั่วไปสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์จากแผนที่ได้ง่ายขึ้นในหลากหลายรูปแบบ อย่างไรก็ตาม ความสำคัญและประโยชน์ของแผนที่ทั้งสมัยก่อนและสมัยปัจจุบันยังคงเหมือนกันคือ ล้วนแล้วแต่ถูกใช้เพื่อเป็นเครื่องมือในการระบุตำแหน่ง การอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ และการนำทางแทนการบอกด้วยการพูด

ในยุคปัจจุบันที่ทุกสิ่งล้วนอยู่ในรูปแบบดิจิทัล แผนที่ดิจิทัลคือหนึ่งในทุกสิ่งเหล่านั้นที่ถูกจัดทำขึ้นโดยหน่วยงานของรัฐและบริษัทเอกชนซึ่งล้วนแล้วแต่มีความสำคัญและประโยชน์ไม่เพียงเพื่อการระบุตำแหน่ง อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ และการนำทางพียงเท่านั้น แต่ยังถูกนำไปใช้เป็นแผนที่พื้นฐานสำหรับกิจการอื่นได้อีกด้วย เช่น การนำ Application Programming Interface (API) ของผู้ให้บริการไปพัฒนาแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ตโฟนเพื่อการนำเสนอข้อมูลซ้อนทับบนแผนที่เป็นพื้นฐานอีกต่อหนึ่ง ตัวอย่างแอปพลิเคชั่นที่สามารถติดตั้งบนสมาร์ตโฟนเพื่อระบุตำแหน่งบนแผนที่ เช่น UBER GRAB และ AccuWeather เป็นต้น ถ้าไม่มีแผนที่ดิจิทัล แอพลิเคชันที่กล่าวมาข้างต้นก็ไม่สามารถเกิดขึ้นได้

1.3 การจำแนกชนิดของแผนที่

แผนที่ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกันหลากหลายประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้จัดทำแผนที่ว่าต้องการใช้ประโยชน์ในด้านใด อย่างไรก็ตาม แผนที่สามารถจำแนกออกเป็นหมวดหมู่ตามเกณฑ์ของการใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้

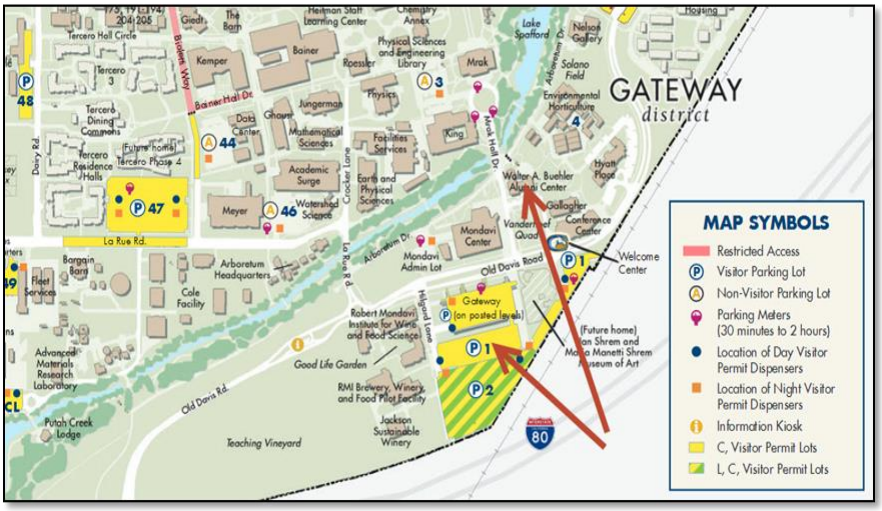
1.3.1 การจำแนกตามลักษณะที่ปรากฏบนแผนที่

การจำแนกประเภทของแผนที่ด้วยวิธีการนี้อาศัยการพิจารณาจากสิ่งที่ปรากฏอยู่บนแผนที่

เป็นพื้นฐาน ทั้งนี้ หมายรวมถึงแผนที่แบบดั้งเดิมที่เป็นแผ่นกระดาษหรือแผนที่แบบใหม่ที่เป็นแผนที่ดิจิทัลหรือแผนที่อิเล็กทรอนิกส์ ประเภทของแผนที่จำแนกตามสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่แบ่งได้เป็น 3 ประเภทย่อย ได้แก่

1) **แผนที่ลายเส้น** (Line map) หมายถึงแผนที่ที่ทำขึ้นโดยอาศัยการเชื่อมต่อกันของเส้นตรง เส้นโค้ง และจุดต่าง ๆ จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุดประกอบกันเป็นรูปร่าง รูปทรงเสมือนและรูปทรงเรขาคณิต เป็นการล้อแบบการวางตัวของสิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏบนภูมิประเทศจริง เช่น แนวถนน แนวทางรถไฟ และสนามกีฬา เป็นต้น

2) **แผนที่ภาพถ่าย** (Photo map/Aerial map) หมายถึง แผนที่ที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ถ่ายภาพเพื่อทำการบันทึกภาพในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานที่ใดสถานที่หนึ่งลงสู่สื่อบันทึกภาพโดยอาศัยการถ่ายจากมุมสูง เช่น ยอดตึกสูง บอลลูน เครื่องบิน ยานอวกาศ หรือดาวเทียม ภาพถ่ายที่ได้ต้องนำมาปรับแก้ความถูกต้องของภาพ (Image correction) ก่อนที่จะนำมาผลิตแผนที่ รวมทั้งการให้พิกัดตำแหน่งของภาพแผนที่ภาพถ่ายนั้น ๆ โดยการใส่โครงแผนที่ด้วยการอ้างอิงพิกัดรูปแบบต่าง ๆ



ภาพที่ 1.10 แผนที่แบบผสม

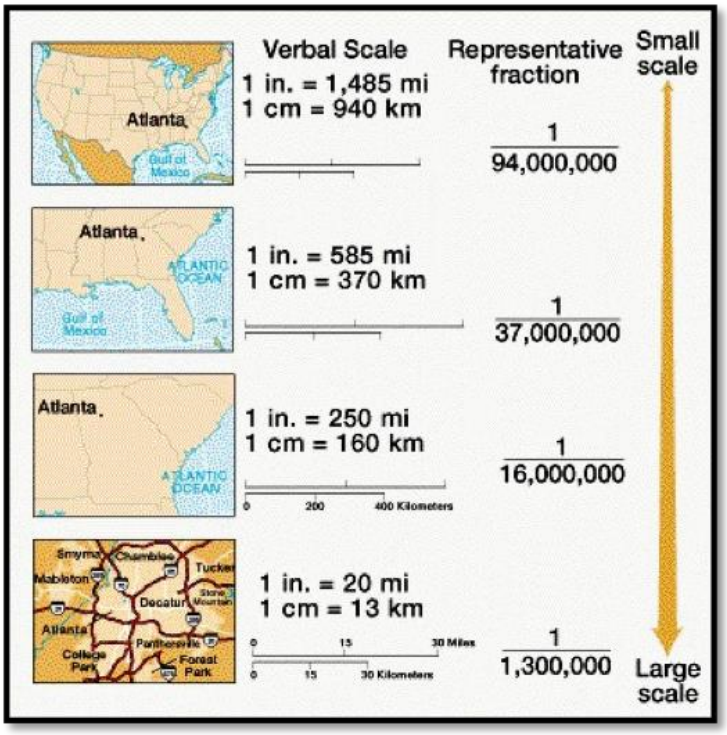
(**แหล่งที่มา :** https://nocall.org/spring-institute-2017/ucd-annotated-map/)

3) **แผนที่แบบผสม** (Annotated map) หมายถึงแผนที่ที่มีการนำแผนที่ลายเส้นหรือแผนที่ภาพถ่ายมาทำการอธิบายแบบสรุปใจความสำคัญจากลักษณะที่ปรากฏบนแผนที่เพื่อประโยชน์ในด้านการแปลความหมายและการให้ความหมาย ดังนั้น แผนที่ลายเส้นจะมีพิมพ์แยกสีตามประเภทของวัตถุในภูมิประเทศเพื่อให้สามารถจำแนกสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่ได้ชัดเจน เช่น น้ำจะปรากฏเป็นสีฟ้า ป่าไม้เป็นสีเขียว เป็นต้น แผนที่แบบผสมในปัจจุบันที่เป็นข้อมูลดิจิทัลสามารถซ้อนทับและให้

ข้อมูลได้หลากหลายกว่าแผนที่แบบผสมแบบดั้งเดิม เช่น ข้อมูลสถานที่ ข้อมูลแผนที่อากาศ ข้อมูลแผนที่แสดงการจัดสรรที่ดิน และอื่น ๆ นอกจากนี้แผนที่แบบผสมแบบใหม่ยังสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ตัวอย่างเช่น แผนที่แบบผสมที่ปรากฏอยู่ใน Google Maps ที่สามารถเลือกลักษณะที่ปรากฏบนแผนที่แล้วแสดงออกมาเป็นพิกัด หรือชื่อสถานที่ได้ในทันที เป็นต้น (ดูภาพี่ 1.10 ประกอบ)

1.3.2 การจำแนกตามขนาดของมาตราส่วน

การจำแนกแผนที่ตามขนาดของมาตราส่วนสามารถแบ่งแผนที่ออกเป็น 2 ประเภท (ธวัช บุรีรักษ์ และบัญชา คูเจริญไพบูลย์, 2551) ได้แก่ (ดูภาพที่ 1.11 ประกอบ)



ภาพที่ 1.11 มาตราส่วนแผนที่จากมาตราส่วนเล็ก (บน) ไปยังมาตราส่วนใหญ่ (ล่าง)
(**แหล่งที่มา :** https://mygeoskills.wordpress.com/maps/structure/scale-of-a-map/)

1) มาตราส่วนที่แบ่งตามเกณฑ์ภูมิศาสตร์

1.1 แผนที่มาตราส่วนเล็ก หมายถึงแผนที่ที่มีมาตราส่วนเล็กกว่า 1: 1,000,000

1.2 แผนที่มาตราส่วนกลาง หมายถึง แผนที่ที่มีมาตราส่วนระหว่าง 1: 250,000 ถึง 1: 1,000,000

1.3 แผนที่มาตราส่วนใหญ่ หมายถึง แผนที่ที่มีมาตราส่วนใหญ่กว่า 1: 250,000

2) มาตราส่วนที่แบ่งตามเกณฑ์กิจการทหาร

2.1 แผนที่มาตราส่วนเล็ก หมายถึง แผนที่ที่มีมาตราส่วนเล็กกว่า 1: 600,000

2.2 แผนที่มาตราส่วนกลาง หมายถึง แผนที่ที่มีมาตราส่วนระหว่าง 1: 75,000 ถึง 1: 600,000

2.3 แผนที่มาตราส่วนใหญ่ หมายถึง แผนที่ที่มีมาตราส่วนใหญ่กว่า 1: 75,000

1.3.3 การจำแนกแผนที่ตามลักษณะการใช้งานและชนิดของรายละเอียดที่แสดงไว้ในแผนที่

การจำแนกประเภทของแผนที่ตามเกณฑ์การใช้งานและเกณฑ์ชนิดรายละเอียดที่แสดงในแผนที่สามารถแบ่งแผนที่ได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) แผนที่ทั่วไป (General map) หมายถึง แผนที่พื้นฐานที่แสดงข้อมูลต่าง ๆ เช่น แหล่งน้ำ ถนน ทางรถไฟ สวนสาธารณะ ภูมิประเทศ เมือง ละติจูด และลองจิจูด แผนที่ประเภทนี้โดยทั่วไปจะสร้างหรือทำขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการอ่านและการนำไปใช้ประโยชน์และยังแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทย่อย ดังนี้

1.1 แผนที่แสดงทางราบ (Planimetric map) ซึ่งเป็นแผนที่แสดงรายละเอียดที่ปรากฏบนผิวโลกเฉพาะสัณฐานตามแนวราบเท่านั้น โดยจะไม่ปรากฏลักษณะทางภูมิประเทศหรือความสูงต่ำของพื้นที่ (Why Planimetric Maps Are Useful, 2015)

1.2 แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) ซึ่งเป็นแผนที่ที่แสดงรายละเอียดทั้งตามแนวราบและตามแนวดิ่ง หรืออาจแสดงให้มีลักษณะเป็น 3 มิติ

2) แผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic Map) หมายถึง แผนที่ที่สร้างขึ้นบนแผนที่พื้นฐานเพื่อใช้ในกิจการเฉพาะอย่าง เช่น แผนที่ภาษีจังหวัดลำปาง และแผนที่แสดงพื้นที่จุดความร้อนของไฟป่า (Wildfire hotspots) เป็นต้น

1.3.4 การจำแนกตามมาตรฐานของสมาคมการทำแผนที่ระหว่างประเทศ (International Cartographic Association: ICA)

สมาคมการทำแผนที่ระหว่างประเทศซึ่งเป็นองค์กรที่ตั้งขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1959 มีเป้าประสงค์สำคัญคือเป็นที่รวบรวมประเด็น (Issues) และเทคนิคต่าง ๆ ทางด้านแผนที่และภูมิสารสนเทศศาสตร์

ได้แบ่งแผนที่ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ (F.J. Ormeling, 1985)

1) แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) เป็นแผนที่ที่ให้รายละเอียดของภูมิประเทศตามมาตราส่วน โดยการแสดงความสูงต่ำของภูมิประเทศด้วยสี (Color) เงา (Shades) หรือชั้นความสูง (Contour line) เป็นต้น

2) ชาร์ตและแผนที่เส้นทาง (Charts and road map) เป็นแผนที่ที่ใช้ประกอบการเดินทาง มีมาตราส่วนกลางถึงเล็ก สามารถใช้ได้ทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศ เช่น ชาร์ตเดินเรือ แผนที่เดินรถขนส่งสาธารณะ และแผนที่เดินอากาศ เป็นต้น

3) แผนที่เฉพาะเรื่องและแผนที่พิเศษ (Thematic and special map) เป็นแผนที่ที่ใช้ประกอบการทำกิจกรรมเฉพาะเรื่องหรือเฉพาะกรณี เช่น แผนที่เพื่อประกอบการทำวิจัยเชิงวิทยาศาสตร์ การวางแผนและการใช้ในงานด้านวิศวกรรม แผนที่ข้อมูลภูมิสารสนเทศ (GIS) แผนที่ที่ดิน แผนที่ประชากร และแผนที่แสดงอุณหภูมิของอากาศ เป็นต้น

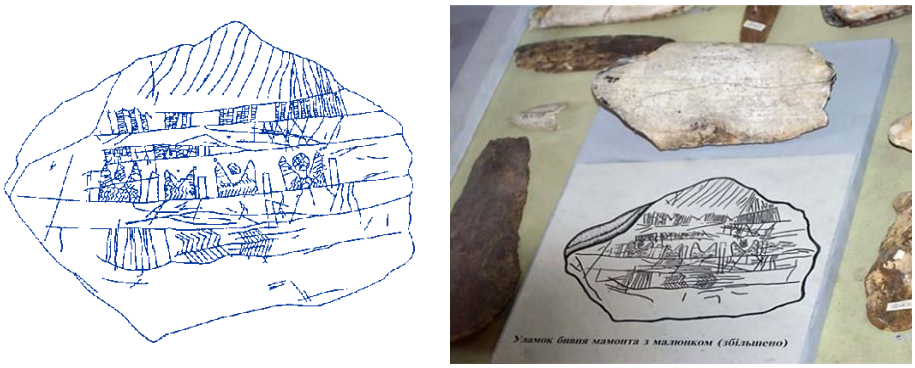
1.4 การทำแผนที่

1.4.1 ธรรมชาติของการทำแผนที่

การทำแผนที่ หมายถึง การศึกษาและการปฏิบัติเกี่ยวกับการสร้างแผนที่ โดยเป็นการผสมผสานความรู้และทักษะระหว่างวิทยาศาสตร์ สุนทรียศาสตร์ และวิธีวิทยา การทำแผนที่จำเป็นต้องอาศัยพื้นฐานของความจริงในการสร้างแบบจำลองด้วยการสื่อความหมายของข้อมูลเชิงพื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ (การทำแผนที่, 2018)

แผนที่ คือ สิ่งประดิษฐ์อย่างหนึ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น หากพิจารณาย้อนกลับไปในอดีตโดยการอ้างอิงจากหลักฐานที่ปรากฏ ยืนยันได้ว่ามนุษย์ริเริ่มสร้างแผนที่ขึ้นมาเพื่อการแสดงสิ่งที่ปรากฏหรือมีอยู่ในภูมิประเทศจริงบนพื้นโลก รวมถึงการสร้างแผนที่เพื่อใช้บ่งบอกตำแหน่ง ขอบเขต อาณาเขต หรือเขตแดนถิ่นฐานของตนเอง สิ่งที่สามารถยืนยันให้เห็นการใช้แผนที่ในอดีตกาลได้ดีที่สุด คือ แผนที่ในรูปแบบของแผนผัง (Plan) หรือลายแทง (Treasure trove) ที่ปรากฏให้เห็นบนหนังสัตว์ บนแผ่นดินเหนียว และงาของแมมมอธ (Mammoth tusk) ซึ่งเชื่อว่าเป็นแผนที่ที่มีอายุเก่าแก่ที่สุดในโลก ประมาณว่ามีอายุอยู่ระหว่าง 11,000-12,000 ปีก่อนคริสตกาล (ดูภาพที่ 1.12 ประกอบ) ทั้งนี้ ยังมีการค้นพบด้วยเช่นกันว่า มนุษย์ในอดีตได้เขียนแผนที่ไว้บนผนังถ้ำ สำหรับการทำแผนที่ที่มีพัฒนาการเพิ่มมากขึ้นคือการจัดทำแผนที่ลงบนแผ่นกระดาษ แผนที่บนแผ่นกระดาษที่พบว่ามีอายุเก่าแก่ที่สุด คือ แผนที่ปาปิรุสตูริน (Papyrus Turin Map) ถูกพบที่ประเทศอียิปต์โดยทำลงแผ่นกระดาษที่

เรียกว่า“ปาปิรุส” (Papyrus) มีอายุราว 3,200 ปี (ดูภาพที่ 1.13 ประกอบ) (อียิปต์โบราณก่อนยุคราชวงศ์, 2018)



ภาพที่ 1.12 การสลักแผนที่ลงบนชิ้นส่วนงาช้างแมมมอธ

(แหล่งที่มา : http://www.ancient-wisdom.com/cartography.htm และ https://www.donsmaps.com/images28/mezhirichmap.jpg**)**

ภาพที่ 1.13 แผนที่บนกระดาษปาปิรุสแสดงตำแหน่งของแหล่งแร่ทองคำและเงิน

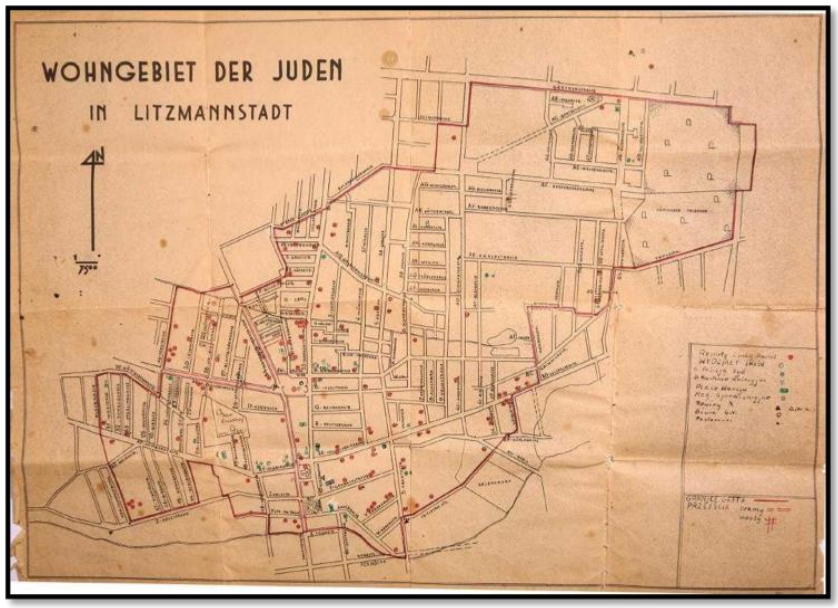
(แหล่งที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Turin_Papyrus_Map#/media/File:TurinPapyrus1.jpg**)**

1.4.2 วิธีการทำแผนที่แบบดั้งเดิม

การทำแผนที่แบบดั้งเดิมเป็นการสร้างแผนที่ด้วยมือ (Hand drawn map-making) บนฐานของความรู้สึกนึกคิด (Conception) และจากสิ่งที่ได้พบเจอในพื้นที่อยู่อาศัย (Perception) แล้วบันทึกลงสื่อซึ่งอาจเป็นแผ่นหิน ผนังถ้ำ และ/หรือแผ่นกระดาษ จากนั้นจึงพัฒนามาเป็นการร่างภาพ (Sketching) จากการรังวัดหรือการวัดด้วยวิธีต่าง ๆ หรือจากการลอกลาย (Tracing) จากต้นแบบลงบนกระดาษโปร่งแสงหรือกระดาษไข ต้นแบบของการทำแผนที่ร่วมสมัยส่วนใหญ่ คือ ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial imagery) และรูปลักษณ์ต่าง ๆ บนพื้นที่จริงที่ต้องการนำไปใช้งาน (ดูภาพที่ 1.14 และ ภาพที่ 1.15 ประกอบ) (Stephens, 2002)

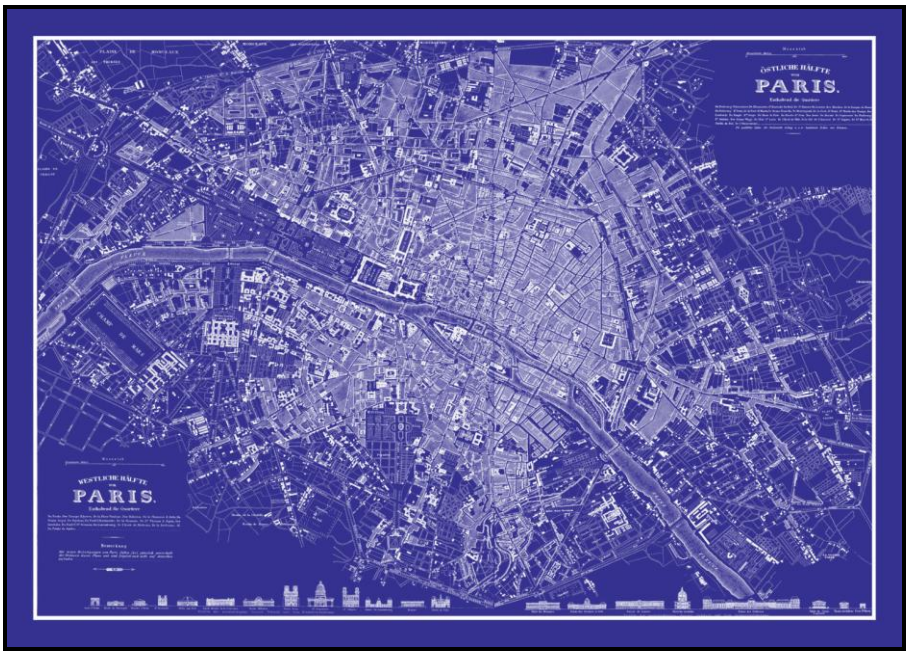
เมื่อได้แผนที่ต้นฉบับแล้ว สิ่งจำเป็นและสำคัญมากอีกอย่างหนึ่งในการทำแผนที่ คือ การกำหนดองค์ประกอบหลักในการทำแผนที่ 4 ประการ ได้แก่ ชื่อแผนที่ (Map title) สัญลักษณ์แผนที่หรือคำอธิบายสัญลักษณ์ (Symbols or Legend) ทิศทาง (Direction) และมาตราส่วนแผนที่ (Map scale) องค์ประกอบเหล่านี้มีความจำเป็นมากสำหรับการทำแผนที่ ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้ใช้งานแผนที่สามารถเข้าใจสิ่งที่ปรากฏอยู่บนแผนที่ชุดนั้น ๆ ได้ มาตราส่วนแผนที่จัดได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการทำแผนที่ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่ช่วยให้ผู้ใช้ประโยชน์จากแผนที่สามารถคำนวณหาระยะทางหรือขนาดของวัตถุบนภูมิประเทศจริงได้นั่นเอง

เมื่อได้แผนที่ต้นฉบับที่มีองค์ประกอบครบถ้วนแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการทำสำเนาแผนที่ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี ที่นิยมมากที่สุดคือการทำสำเนาแผนที่ด้วยการถ่ายภาพด้วยกล้องและฟิล์ม และการทำพิมพ์เขียว อย่างไรก็ตาม การทำสำเนาด้วยวิธีการทำพิมพ์เขียวเป็นวิธีการที่มีขั้นตอนยุ่งยากมากกว่าการทำสำเนาด้วยการใช้กล้องถ่ายภาพจึงไม่เป็นที่นิยมมากนัก การทำสำเนาแผนที่ด้วยภาพถ่ายเกิดขึ้นในปี ค.ศ.1842 โดย Sir John Herschel บนพื้นฐานของการใช้สารประกอบแอมโมเนียม เฟอริคซิเตรต และ โพแทสเซียมเฟอริไซยาไนด์ ที่มีคุณสมบัติไวต่อแสงฉาบไว้บนกระดาษ เมื่อกระดาษที่เคลือบสารประกอบดังกล่าวโดนแสงมากระทบจะเกิดปฏิกิริยาต่อแสง (Photoreaction) ส่งผลให้ส่วนของกระดาษที่โดนแสงปรากฏเป็นสีน้ำเงิน ส่วนที่ไม่โดนแสงจะปรากฏเป็นสีขาว (Blueprint, 2018) การทำสำเนาแผนที่ด้วยภาพถ่ายเป็นวิธีที่นิยมทำกันอย่างแพร่หลายเพราะสามารถทำได้ค่อนข้างสะดวกรวดเร็วและในราคาที่ย่อมเยา



ภาพที่ 1.14 การร่างภาพแผนที่ด้วยมือ (A Handwritten Map-Early 1940's)

(**แหล่งที่มา:** https://www.liveauctioneers.com/)



ภาพที่ 1.15 การทำพิมพ์เขียวจากแผนที่ต้นฉบับของกรุงปารีส

(**แหล่งที่มา:** https://www.etsy.com/au/listing/97757256/paris-street-map-blueprint-vintage)

1.4.3 อุปกรณ์ในการทำแผนที่แบบดั้งเดิม

เนื่องจากการทำแผนที่แบบดั้งเดิมเป็นการทำด้วยมือ จึงจำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์เครื่องมือหลายชิ้น รายการอุปกรณ์ดังกล่าวที่สำคัญประกอบด้วย (ดูภาพที่ 1.16 ประกอบ)

1) ชุดแบบตัวอักษรภาษาไทยและอังกฤษ (Lettering set) สำหรับเป็นแม่แบบในการเขียนกับปากกาเลอรอย (ภาพที่ 1.16 (ก))
2) หัวปากกาแบบเติมหมึก (Leroy pen) ที่มีขนาดของหัวปากกาหลายขนาด ใช้สำหรับเขียนลายเส้นที่มีขนาดแตกต่างกัน (อาจใช้ปากกาเขียนแบบทดแทนได้) (ภาพที่ 1.16 (ข))
3) หมึก (Ink) หมึกสำหรับเติมในหัวปากกาเลอรอยซึ่งมีหลากหลายสี (ภาพที่ 1.16 (ค))
4) กระดาษลอกลาย (Tracing paper) แบ่งได้ตามน้ำหนักของกระดาษเป็นกรัมหรือแกรม (Gram) (น้ำหนักของกระดาษหา ได้โดยนำกระดาษขนาด 1 ตารางเมตรไปชั่งน้ำหนัก) (ภาพที่ 1.16 (ง))
5) ไม้บรรทัด/ไม้ฉาก (Ruler) ใช้สำหรับวัดระยะและตีกรอบ (ภาพที่ 1.16 (จ))
6) ใบมีดโกน (Razor blade) ใช้สำหรับลบหมึกส่วนเกินด้วยวิธีการขูด (ภาพที่ 1.16 (ฉ))
7) ยางลบ (Eraser) ใช้สำหรับปรับผิวกระดาษลอกลายหลังจากขูดหมึกส่วนเกินออกแล้ว (ภาพที่ 1.16 (ช))

8) ถุงทราย (Sand bag) ใช้ทับหรือถ่วงน้ำหนักเพื่อไม่ให้กระดาษลอกลายเคลื่อนที่ (ภาพที่ 1.16 (ซ))

(ก) (ข)

(ค) (ง)

(จ) (ฉ)

(ช) (ซ)

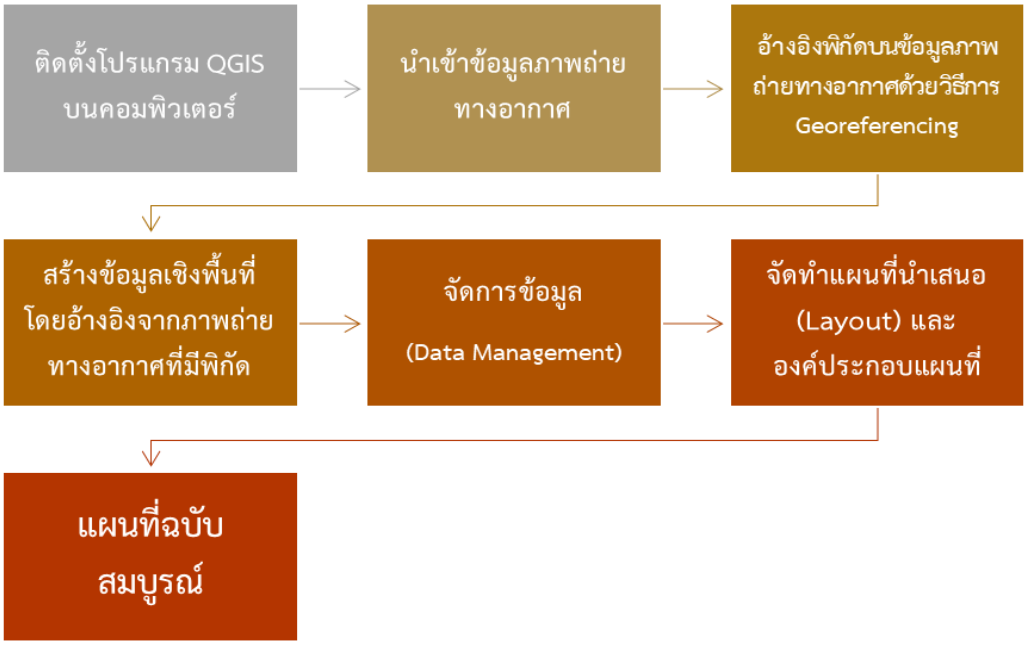
ภาพที่ 1.16 อุปกรณ์ในการทำแผนที่แบบดั้งเดิม

(**แหล่งที่มา:** www.google.com)

1.4.4 การทำแผนที่แบบสมัยใหม่

การทำแผนที่สมัยใหม่ในปัจจุบันสามารถทำได้หลากหลายลักษณะและสะดวกมากขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์เครื่องมือโดยเฉพะอย่างยิ่งคอมพิวเตอร์ที่มีราคาแพงและคุณสมบัติเครื่องสูง ทั้งนี้ รวมไปถึงซอฟต์แวร์หรือโปรแกรมสำเร็จรูปก็อาจไม่มีความจำเป็น ภาพที่เกี่ยวข้องที่อาจใช้เป็นต้นแบบในการทำแผนที่สามารถเข้าถึงและเปิดให้ใช้งานโดยไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ ไม่เหมือนกับระยะแรก ๆ ของการทำแผนที่แบบสมัยใหม่ที่อุปกรณ์คอมพิวเตอร์มีราคาแพง และการเข้าถึงภาพต้นแบบยังไม่เปิดโอกาสให้มากนัก

การจัดทำแผนที่สมัยใหม่จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เป็นหลัก เนื้อหาที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นวิธีการจัดทำแผนที่โดยสังเขปบนโปรแกรม Quantum GIS หรือ QGIS ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เปิดให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงได้โดยไม่ต้องเสียค่าบริการ ข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นในโปรแกรม QGIS ถูกเรียกว่าข้อมูลเชิงพื้นที่[1] ซึ่งถูกกำหนดขึ้นตามสิ่งที่ปรากฏบนภูมิประเทศจริงเช่นเดียวกับการลอกลายบนกระดาษไข แต่เนื่องจากข้อมูลสำหรับโปรแกรมนี้เป็นข้อมูลดิจิทัล จึงทำการจัดการข้อมูล เช่น แก้ไข เปลี่ยนแปลง ทำสำเนารวมไปถึงการส่งต่อข้อมูล สามารถทำได้รวดเร็วกว่าการทำแผนที่แบบดั้งเดิมมาก



ภาพที่ 1.17 ผังงานแสดงขั้นตอนการทำแผนที่แบบสมัยใหม่บนโปรแกรม QGIS

(**แหล่งที่มา:** จัดทำโดยผู้เขียน)

[1] ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลต่าง ๆ บนพื้นที่มี 3 รูปแบบ คือ จุด (Point) เส้น (Line) และพื้นที่ (Polygon)

คำถามท้ายบทที่ 1

1) ให้อธิบายโดยสังเขปในประเด็นความแตกต่างระหว่าง “แผนที่” กับ “ลายแทง”
2) การทำแผนที่มีองค์ประกอบที่สำคัญหลายอย่าง องค์ประกอบดังกล่าวมีอะไรบ้าง และท่านคิดว่าองค์ประกอบใดสำคัญที่สุด เพราะอะไร
3) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) สำหรับการทำแผนที่แบบสมัยใหม่มีกี่ประเภท
4) อธิบายเปรียบเทียบวิธีการทำแผนที่แบบดั้งเดิมกับแผนที่สมัยใหม่ มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันอย่างไร
5) แผนที่แสดงพื้นที่น้ำท่วม (Flooded area) ควรถูกจัดอยู่ในแผนที่ประเภทใดตามมาตรฐานของสมาคมการทำแผนที่นานาชาติ (International Cartographic Association: ICA)
6) Mappa ในภาษาลาติน หมายถึงอะไร

เอกสารอ้างอิง

“การทำแผนที่”. (2018). วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. [ออนไลน์]. เข้าถึง 16 ธันวาคม 2019. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/การทำแผนที่

“โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน”. (2531). *สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่ 12*. กรุงเทพฯ : บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.

“ทอเลมี”. (2018). วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. [ออนไลน์]. เข้าถึง 6 กันยายน 2561. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ทอเลมี

ธวัช บุรีรักษ์, และบัญชา คูเจริญไพบูลย์. (ม.ป.ป.). *การแปลความหมายในแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ,* (พิมพ์ครั้งที่ 3) กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อักษรวัฒนา.

“ประวัติการทำแผนที่ประเทศไทย”. (ม.ป.ป.). *สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ.* [ออนไลน์]. เข้าถึง 16 กรกฎาคม 2560. จาก http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/ book.php?book= 12&chap= 10&page= t12-10-infodetail02.html

“ยุคมืด”. (2561). วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. [ออนไลน์]. เข้าถึง 28 ธันวาคม 2561. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ยุคมืด

“ยุคแห่งการสำรวจ”. (2561). วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. [ออนไลน์]. เข้าถึง 5 สิงหาคม 2561. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ยุคแห่งการสำรวจ.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2549). *พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.* (พิมพ์ครั้งที่ 4) กรุงเทพฯ: ราชบัญฑิตยสถาน.

สุพรรณิการ์ เกตุศิริ. (ม.ป.ป.) “การสำรวจข้อมูลระยะไกลหรือการรับรู้ระยะไกล (Remote sensing)”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 5 สิงหาคม 2561. จาก http://remotesensing2557.blogspot.com/2014/ 11/remote-sensing.html

อณุศร พุ่มพวง. (ม.ป.ป.). “เส้นโครงแผนที่...สิ่งสำคัญต่อการอ่านและแปลความหมายในแผนที่”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 3 กันยายน 2560. จาก http://www.geo2gis.com/index.php/ geography/ 2016-01-29-05-50-20/254-map-projection-2?showall=1

“อียิปต์โบราณก่อนยุคราชวงศ์”. (2018). *วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี*. [ออนไลน์]. เข้าถึง 8 มกราคม 2019. จาก https:// th.wikipedia.org/wiki/อียิปต์โบราณยุคราชวงศ์.

Demsey C.. (2011). “Mapping Through the Ages: The History of Cartography”. [online], Retrieved on September 3, 2018, from https://www.gislounge.com/mapping-through-the-ages/

F.J. Ormeling. (1985). *25 YEARS INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC ASSOCIATION 1959-1984.* [online]. Retrieved on Febuary 10, 2020, from https://icaci.org/files/documents/books/25YearsOfICA.pdf

Stephens, D. (2002). "Making Sense of Maps (from the Making Sense of Evidence series on History Matters". [online]. Retrieved on March 25, 2018, from http://historymatters. gmu.edu

Wikipedia contributors. (2019). "Blueprint". In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. Retrieved on April 22, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title= Blueprint&oldid =883861489

Wikipedia contributors. (2020). "Eratosthenes of Cyrene". In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. Retrieved on November 25, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/ Eratosthenes

Wikipedia contributors. (2018). "Map". In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online], Retrieved on April 21, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Map&oldid= 891712466

Wikipedia contributors. (2020). "Mercator projection". In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved on February 10, 2020, https://en.wikipedia.org/ wiki/Mercator_projection

Wikipedia contributors. (2018). "Strabo". In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. Retrieved on November 25, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Strabo

Wikipedia contributors. (2018). "T and O map". In *Wikipedia, In The Free Encyclopedia*. [online]. Retrieved on June 23, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/ T_and_O_map

Wikipedia contributors. "Why Planimetric Maps Are Useful". In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. Retrieved on March 6, 2018, https://aeromapping.wordpress.com/2015/04/29/why-planimetric-maps-are-useful/

บทที่ 2

โลกและระบบอ้างอิงบนพื้นโลก

การศึกษาเกี่ยวกับรูปทรงสัณฐานของโลก การหมุนของโลก และการอ้างอิงตำแหน่งและเวลาบนผิวโลกเป็นพื้นฐานสำคัญของวิชาภูมิศาสตร์มาแต่เดิม ดังนั้น การอ่านและการแปลความแผนที่ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่สุดในการศึกษาวิชาภูมิศาสตร์จึงจำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้จากสาระดังกล่าวมาใช้ประกอบ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจและสามารถให้เหตุผลได้ว่าทำไมสิ่งต่าง ๆ จึงถูกนำมาแสดงในการทำแผนที่ การศึกษาเกี่ยวกับโลกในที่นี้จะกล่าวถึงรูปทรงสัณฐานของโลก การหมุนและการโคจรของโลก พิกัดภูมิศาสตร์และพิกัดกริดยูทีเอ็ม โครงแผนที่ เวลามาตรฐานกรีนิชและเวลาสากลเชิงพิกัดและการคำนวณหาวันและเวลาท้องถิ่น

2.1 รูปทรงสัณฐานของโลก

โลก (Earth) คือ ดาวเคราะห์ดวงที่สามนับจากดวงอาทิตย์ถัดจากดาวพุธและดาวศุกร์ นักวิทยาศาสตร์ประมาณว่าโลกกำเนิดขึ้นเมื่อราว 4.5 พันล้านปีมาแล้ว รูปทรงสัณฐานของโลกไม่มีลักษณะเป็นทรงกลมอย่างสมบูรณ์ แต่มีลักษณะเป็นทรงกลมรี (Oblate spheroid) หรือเรียกว่าทรงกลมแป้นคล้ายผลมะนาว รูปทรงดังกล่าวเกิดจากการหมุนรอบตัวเองและแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) ของโลก บริเวณขั้วโลกทั้งสองด้านมีลักษณะแบนในขณะที่บริเวณเส้นศูนย์สูตร (Equator) มีลักษณะป่องออก (Earth, 2018)

ความเข้าใจเรื่องโลกมีพัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องจากอดีตสู่ปัจจุบันและมีการเปลี่ยนแปลงแนวคิดทฤษฎีอยู่ตลอดเวลาตามการค้นพบแนวคิดและทฤษฎีใหม่ ๆ รวมตลอดจนเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอยู่อย่างต่อเนื่อง รูปทรงสัณฐานของโลกเป็นประเด็นหนึ่งที่ยังคงมีการกล่าวถึงและอภิปรายถกเถียงกันมาจนถึงทุกวันนี้ หนึ่งในประเด็นที่เป็นที่ถกเถียงกัน คือ ความเชื่อเรื่องโลกแบน (โลกแบน, 2556) คตินิยมตะวันออกเชื่อและคิดว่าโลกตั้งอยู่บนหลังปลาอานนท์ เมื่อปลาอานนท์พลิกตัวจะก่อให้เกิดแผ่นดินไหว ในขณะที่คตินิยมตะวันตกก็เชื่อว่าโลกแบนเช่นกัน ใครก็ตามที่มีความคิดแตกต่างจากความเชื่อดังกล่าวจะถูกกล่าวหาว่าเป็นคนนอกรีตหรือเป็นพวกต่อต้านศาสนาซึ่งอาจถูกลงโทษอย่างรุนแรง อย่างไรก็ตาม ความเชื่อดังกล่าวเริ่มเปลี่ยนแปลงไปในยุคที่สเปนและโปรตุเกสแข่งขันกันด้านการสำรวจและการค้าทางทะเล ทั้งสองชาติพยายามหา

เส้นทางเดินเรือเพื่อมุ่งสู่อินเดีย ถึงกระนั้นก็ตาม ชาวยุโรปก็ยังคงวิตกว่าหากเดินเรือออกไปไกลเกินไปอาจจะตกโลกได้ ความเชื่อเรื่องโลกแบนได้หมดสิ้นไปเมื่อมีการเดินทางรอบโลกเป็นผลสำเร็จเป็นครั้งแรกโดยฮวน เซบาสเตียน เอลคาโน (Juan Sebastian Elcano) นักเดินเรือชาวสเปนซึ่งเป็นหนึ่งในผู้ร่วมเดินทางไปกับเฟอร์ดินันด์ แมเจลแลน (Ferdinand Magellan) เอลคาโนคือผู้ที่กลายเป็นผู้นำการเดินทางโดยเรือรอบโลกภายหลังจากการเสียชีวิตของแมเจลแลนที่ประเทศฟิลิปปินส์เมื่อ 6 กันยายน ค.ศ.1522

โลกมีพื้นที่ผิวราว 510,072,000 ตารางกิโลเมตร ทั้งนี้พื้นผิวโลกโดยประมาณร้อยละ 71 เป็นพื้นน้ำ หรือคิดเป็นพื้นที่ได้ประมาณ 361,132,000 ตารางกิโลเมตร ที่เหลืออีกร้อยละ 29 หรือราว 148,940,000 ตารางกิโลเมตรเป็นพื้นดิน พื้นผิวโลกในส่วนที่เป็นพื้นดินที่เป็นที่ตั้งถิ่นฐานอยู่อาศัยของมนุษย์มีพื้นที่ประมาณ 13,720,000 ตารางกิโลเมตรหรือราวร้อยละ 9.2

โครงสร้างของโลกแบ่งออกได้เป็นชั้นใหญ่ ๆ 3 ชั้นหลัก (สสวท., 2548) ประกอบด้วย (ดูภาพที่ 2.1 ประกอบ)

1) เปลือกโลก (Crust) คือ ชั้นที่อยู่นอกสุดมีความหนาแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณ ส่วนของเปลือกโลกที่มีการขยายออก (Stretching) เปลือกโลกจะบาง ตรงกันข้ามกับบริเวณที่มีการก่อตัวเป็นภูเขา เปลือกโลกจะหนา อย่างไรก็ตาม เปลือกโลกชั้นนี้มีความหนาประมาณ 0–50 กิโลเมตร เปลือกโลกแบ่งเป็น 2 บริเวณ ดังนี้

1.1 เปลือกโลกภาคพื้นทวีป (Continental Crust) หมายถึง ส่วนที่เป็นแผ่นดินทั้งหมดที่ประกอบด้วยแหล่งน้ำจืดผิวดิน (Surface water) และแหล่งน้ำใต้ดิน (Underground water)

1.2 เปลือกโลกใต้มหาสมุทร (Oceanic Crust) หมายถึง ส่วนของเปลือกโลกที่ปกคลุมด้วยพื้นน้ำทะเลและมหาสมุทร

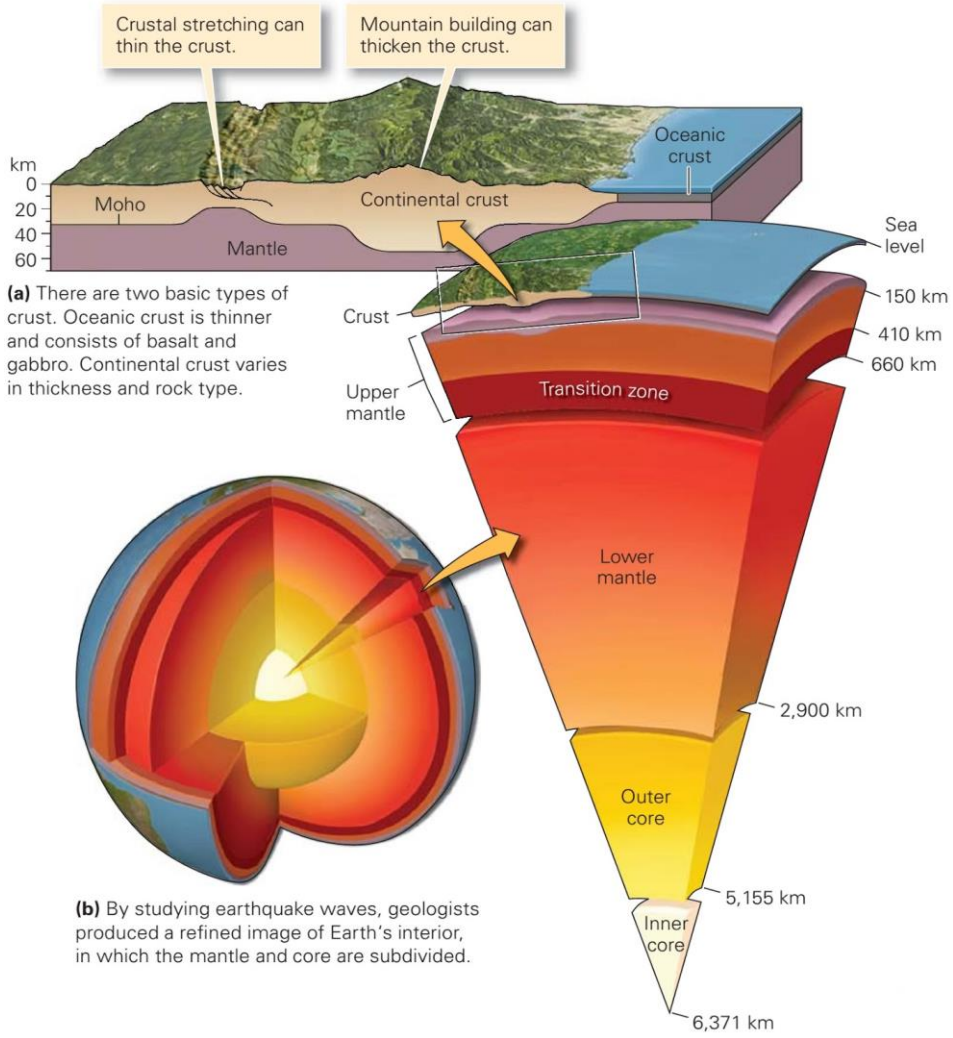
2) เนื้อโลก (Mantle) หมายถึง ชั้นของหินหนืดซึ่งมีความหนาประมาณ 2,900 กิโลเมตรประกอบด้วยธาตุเหล็ก ซิลิคอน และอะลูมิเนียม แบ่งออกเป็น 3 ชั้นย่อย ดังนี้

2.1 ชั้นเนื้อโลกส่วนบน (Upper Mantle) เป็นหินที่เย็นตัวแล้ว พบว่าบางส่วนมีรอยแตกเนื่องจากความเปราะ เมื่อรวมกับชั้นเปลือกโลกเรียกว่า “ธรณีภาค” (Lithosphere) มีความหนาประมาณ 100 กิโลเมตรนับจากผิวโลกลงไป

2.2 ชั้นฐานธรณีภาค (Asthenosphere) มีความลึก 100 ถึง 2,350 กิโลเมตร เป็นชั้นหินร้อนที่เรียกว่าแมกมา (Magma) ซึ่งเป็นหินหนืดหรือหินหลอมละลายร้อน

2.3 ชั้นเนื้อโลกชั้นล่างสุด (Lower Mantle) อยู่ที่ความลึก 2,350 ถึง 2,900 กิโลเมตร เป็นชั้นที่เป็นสถานะของแข็งร้อนแต่แน่นและหนืดกว่าตอนบน มีอุณหภูมิสูงประมาณ 2,250 ถึง 4,500 องศาเซลเซียส

3) แกนโลก (Core) มีความหนาประมาณ 3,300 กิโลเมตร และมีอุณหภูมิประมาณ 4,300-6,400 องศาเซลเซียส ส่วนประกอบหลักของชั้นนี้คือธาตุเหล็ก



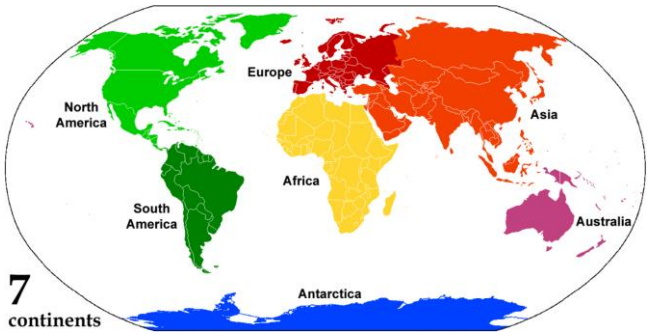
ภาพที่ 2.1 ภาพตัดขวางของโลกแสดงโครงสร้างของโลก

(แหล่งที่มา: http://geologylearn.blogspot.com/2016/01/what-are-earth-layers-made-of.html)

ก่อนหน้าที่โลกที่เราอาศัยอยู่ในปัจจุบันซึ่งแบ่งออกเป็นทวีปใหญ่ได้ 7 ทวีป มีการสันนิษฐานกันในเชิงวิชาการด้านธรณีวิทยาว่าโลกเคยเป็นแผ่นดินผืนเดียวกันที่เรียกว่า“พันเจีย” (Pangea) มาก่อน (ทีมวิชาการธรณีไทย, 2007) คำว่า “พันเจีย”เป็นสมมติฐานที่อัลเฟรด เวเกเนอร์ (Alfred Wegener) นักธรณีฟิสิกส์ชาวเยอรมนี ผู้ซึ่งก่อกำเนิดทฤษฎีการแยกตัวของพื้นทวีป (Theory of Continental Drift) ได้ตั้งไว้เมื่อปี ค.ศ. 1912 เวเกเนอร์มีความคิดและเชื่อว่าเดิมโลกนี้เป็นผืนแผ่นดิน

กว้างใหญ่เพียงผืนเดียวโดยมีมหาสมุทรล้อมรอบ ต่อมาได้แยกตัวออกเป็นแผ่นทวีปต่าง ๆ ดังที่ปรากฏในปัจจุบัน การเคลื่อนที่ของแผ่นทวีปทั้งหลายเหล่านี้สามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีธรณีแปรสัณฐานของแผ่นเปลือกโลก (The Theory of Plate Tectonics) ที่กล่าวว่าเปลือกโลกถูกแบ่งออกเป็นแผ่นย่อย ๆ แผ่นเปลือกโลกเหล่านี้ประกอบด้วยเปลือกโลกและส่วนหนึ่งของชั้นเนื้อโลก (Mantle) ที่อยู่ข้างใต้ โดยแผ่นเปลือกโลกมีการเคลื่อนตัวอยู่เหนือบริเวณชั้นเนื้อโลกที่อ่อนไหวในอัตราไม่กี่เซนติเมตรต่อปี กระแสความร้อนไหลวน (Convection currents) ในชั้นเนื้อโลกที่เกิดจากการระบายความร้อนจากภายในโลกเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้การเกิดการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก (ดูภาพที่ 2.2 (ก) ประกอบ)

(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.2 แผนที่โลกแสดง“พันเจีย” (ก) และทวีปทั้ง 7 ทวีป (ข)

(**แหล่งที่มา:** https://en.wikipedia.org/wiki/Continent#/media/)

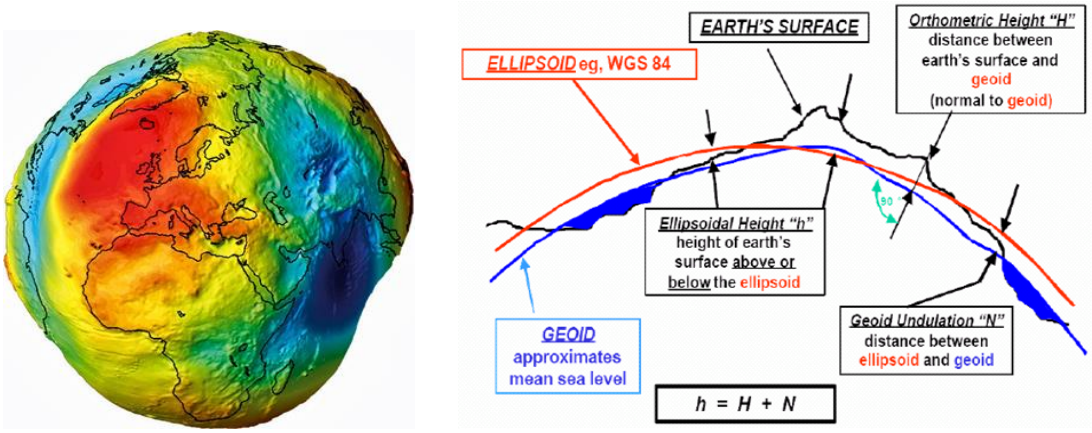
การแยกตัวของแผ่นดินตามทฤษฎีของเวเกเนอร์ทำให้เกิดเป็นทวีปใหญ่ 7 ทวีป เรียงลำดับตามขนาดใหญ่ไปถึงขนาดเล็ก คือ เอเชีย (Asia) แอฟริกา (Africa) อเมริกาเหนือ (North America) อเมริกาใต้ (South America) แอนตาร์กติกา (Antarctica) ยุโรป (Europe) และออสเตรเลีย (Australia) (ดูภาพที่ 2.2 (ข) ประกอบ)

รูปทรงสัญฐานของโลก (Geodesy) คือ หลักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาและให้ความสำคัญในเรื่องของการวัดอย่างถูกต้องแม่นยำ การสังเกตขนาดและรูปร่างของโลก การทำความเข้าใจในเรื่องของรูปทรงเรขาคณิต แรงโน้มถ่วง และสิ่งที่ปรากฏจริงบนผิวโลกในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต การศึกษาสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับรูปทรงสัญฐานของโลกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ 1) ภูมิสัณฐานเชิงเรขาคณิต (Geometric Geodesy) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับตำแหน่งบนโลกบนพื้นฐานของระบบการอ้างอิงพิกัด (Geodetic Datum and Coordinate Systems) และ 2) ภูมิสัณฐานเชิงกายภาพ (Physical Geodesy) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงของโลกและยีออยด์

ทั้งนี้ ในงานแผนที่รูปทรงสัณฐานของโลกจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ทรงกลม (Spheroid) ทรงรี (Ellipsoid) และ ยีออยด์ (Geoid) (ดูภาพที่ 2.3 ประกอบ)

1) **ทรงกลม หรือ สเฟียรอยด์** คือ รูปทรงสัณฐานสมมติที่โลกมีลักษณะเป็นทรงกลมที่สมบูรณ์ นิยมนำมาใช้กับแผนที่มาตราส่วนขนาดเล็กหรือแผนที่ที่ไม่ต้องการรายละเอียดที่แม่นยำมากนัก เช่น ลูกโลกจำลอง แผนที่โลก และแผนที่ทวีป เป็นต้น

2) **ทรงรี หรือ อิลิปซอยด์** คือ รูปทรงสัณฐานที่มีความคล้ายคลึงกับโลกจริงมากที่สุด กล่าวคือ มีลักษณะโป่งออกบริเวณเส้นศูนย์สูตร ภูมิสัณฐานประเภทนี้นิยมใช้ในการรังวัด การนำร่องการนำทาง และการสร้างแผนที่ที่ต้องการความละเอียดสูง



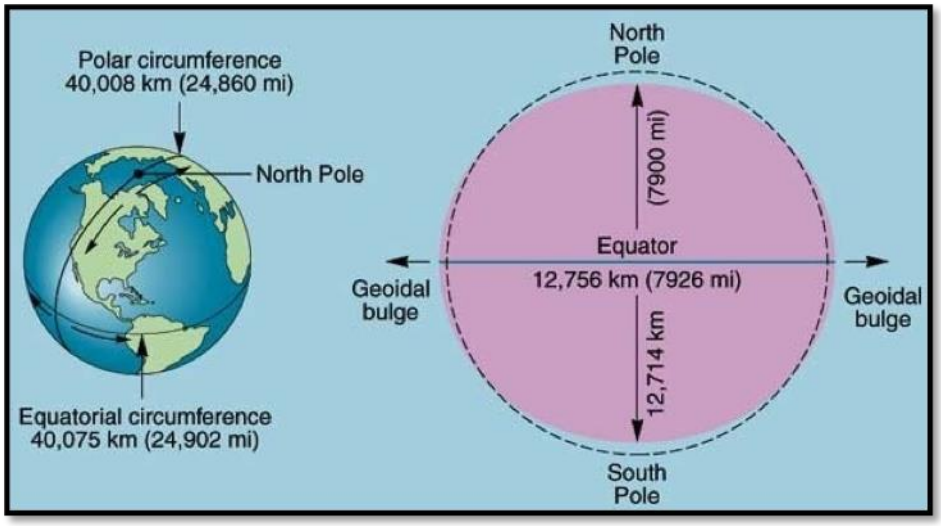
ภาพที่ 2.3 รูปทรงของยีออยด์และการเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปทรงสัณฐาน

(**แหล่งที่มา**: http://deepearthscience.blogspot.com/2013/10/measuring-geoid/what-is-geoid.html และ https://nptel.ac.in/courses/105104100/lectureB_8/B_8_8coordinate.htm)

3) **ยีออยด์** คือ รูปทรงสัณฐานสมมติที่มีระดับของพื้นผิวโลกเท่ากับระดับทะเลปานกลาง มีลักษณะคล้ายวัตถุยืดหยุ่นที่บรรจุของเหลวไว้ภายใน มีค่าความสูงพื้นผิวภายนอกเท่ากับศูนย์แรงโน้มถ่วงจากภายในโลกและแรงหนีศูนย์กลางมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของยีออยด์ บริเวณที่

ยีออยด์ยกตัวสูงขึ้นแสดงว่ามีแรงมากระทำกับยีออยด์สูง ในทางตรงกันข้าม ถ้ายีออยด์ยุบตัวลงแสดงว่ามีแรงมากระทำกับยีออยด์ต่ำ ยีออยด์ไม่นิยมใช้ในงานแผนที่เพราะไม่สามารถแสดงสัณฐานที่แท้จริงของโลก แต่มักจะถูกใช้ในงานรังวัดขั้นสูงหรืองานหาค่าความสูงที่ต้องการความแม่นยำมาก เช่น การหาตำแหน่งแผ่นดินไหว และการเคลื่อนที่ของหินหนืดใต้พื้นผิวโลก เป็นต้น

เส้นผ่าศูนย์กลางของโลก (Earth's diameter) หมายถึง เส้นตรงที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางของโลกจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งที่อยู่ตรงกันข้าม ด้วยเหตุนี้ เส้นผ่าศูนย์กลางของโลกจึงมีได้หลายเส้น อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาเกี่ยวกับภูมิสัณฐานของโลกนิยมใช้เส้นผ่าศูนย์กลางของโลกตามแนวเส้นศูนย์สูตรซึ่งมีความยาวมากที่สุด 12,756 กิโลเมตร (7,926 ไมล์) รองลงมาคือเส้นผ่าศูนย์กลางของโลกที่ลากตามแนวจากขั้วโลกเหนือ-ใต้ซึ่งมีความยาว 12,714 กิโลเมตร (7,900 ไมล์) (William, 2008) (ดูภาพที่ 2.4 ประกอบ)

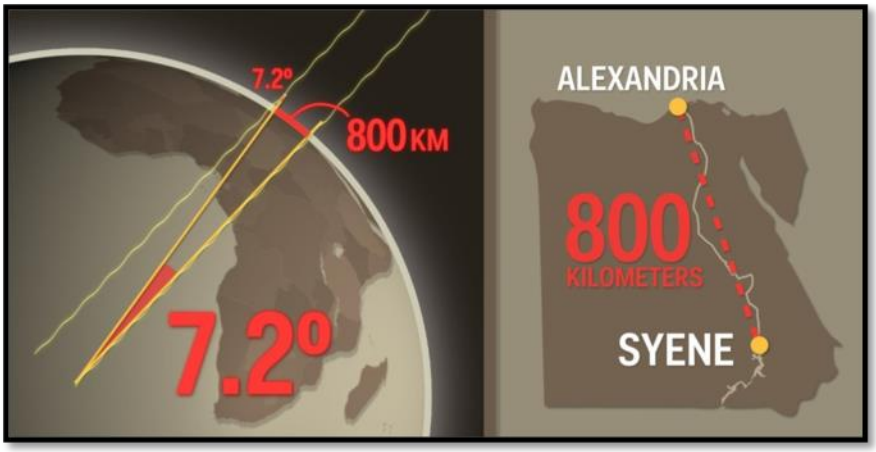


ภาพที่ 2.4 เส้นผ่าศูนย์กลางของโลกที่แตกต่างกันจากรูปทรงสัณฐานที่เป็นทรงรี

(**แหล่งที่มา:** https://www.quora.com/What-is-the-radius-of-the-earth)

เส้นรอบวงของโลก (Earth's circumference) หมายถึง เส้นที่บ่งบอกระยะทางรอบโลกซึ่งสามารถมีได้หลายเส้นเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาวิชาภูมิศาสตร์นิยมที่จะอ้างถึงเส้นรอบวงของโลกสองเส้น คือ เส้นรอบวงของโลกที่ลากตามเส้นศูนย์สูตรซึ่งมีระยะทางประมาณ 40,075 กิโลเมตร (24,901 ไมล์) และเส้นรอบวงของโลกที่ลากผ่านขั้วโลกตามแนวเหนือ-ใต้ซึ่งมีระยะทางประมาณ 40,008 กิโลเมตร (24,860 ไมล์) เส้นรอบวงทั้งสองเส้นที่มีระยะทางหรือความยาวไม่เท่ากัน เนื่องจากลักษณะรูปทรงรีหรือทรงแป้นของโลก (Sharp, 2017) ในยุคก่อน ก่อนเริ่มคริสต-ศักราชประมาณ 240 ปี มีชาวกรีกที่ชื่อว่าเอราทอสเทนีส (Eratothenes) เป็นผู้ที่ทำการคำนวณหาระยะทางหรือความยาวเส้นรอบวงของโลกโดยการใช้แสงและเงาของดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลก

ในช่วงฤดูร้อน (Summer Solstice) เอราทอสเทนีสอาศัยอยู่ในเมืองอเลกซานเดรีย (Alexandria) ประเทศอียิปต์ใกล้กับแม่น้ำไนล์ได้สังเกตว่าในช่วงฤดูดังกล่าวในแต่ละปีแสงอาทิตย์จะอยู่เหนือศีรษะพอดีในวันที่ 21 มิถุนายน เป็นผลให้ไม่เกิดเงาของวัตถุบนพื้น ในวันและเวลาเดียวกันที่เมืองไซยีน (Syene) ซึ่งตั้งอยู่ทางตอนใต้ของเมืองอเลกซานเดรียราว 800 กิโลเมตร วัดมุมที่โลกทำกับแสงอาทิตย์โดยสังเกตจากแสงและเงาที่ส่องลงไปในบ่อน้ำได้ 7.2 องศา ด้วยค่าองศานี้เอราทอสเทนีสได้ทำการแทนค่าในสมการที่ว่า 7.2 องศา มีค่าเท่ากับ 1 ใน 50 ส่วนของเส้นรอบวงวงกลม (360 องศา) และมุม 7.2 องศานี้เทียบได้กับระยะห่างระหว่างเมืองอเลกซานเดรียและเมืองไซยีนคือ 800 กิโลเมตร ดังนั้นเส้นรอบวงของโลกจึงเท่ากับ 50 คูณด้วย 800 กิโลเมตรหรือประมาณ 40,000 กิโลเมตร (ภาพที่ 2.5 และสามารถดูวีดีโอได้จาก QR code)



สแกนเพื่อดูวีดีโอที่เกี่ยวข้องบน Youtube

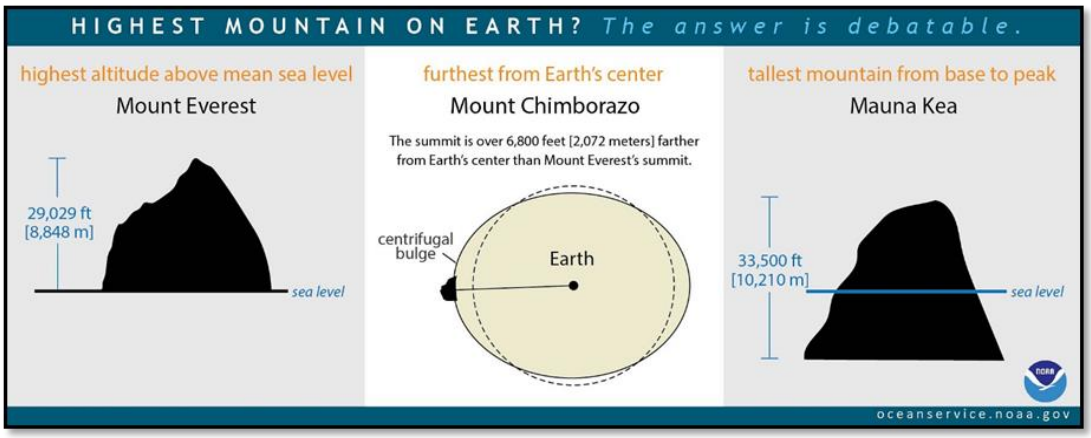
ภาพที่ 2.5 วิธีการคำนวณหาเส้นรอบวงของโลกด้วยวิธีของเอราทอสทีนีส (Eratosthenes)

(**แหล่งที่มา:** https://www.physics-astronomy.org/2019/02/this-is-how-man-2200-years-ago.html)

กรณีของการกำหนดจุดที่สูงที่สุดและจุดที่ต่ำที่สุดบนโลก (Highest and deepest points on Earth) มีเกณฑ์ในการกำหนดที่แตกต่างกันหลายเกณฑ์ ดังนี้ (1) เกณฑ์การวัดความสูงโดยอ้างอิงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level)[2] ตามเกณฑ์นี้ยอดเขาเอเวอร์เรสต์ (Everest Mountain) ในประเทศทิเบตและเนปาลคือสถานที่หรือยอดเขาที่สูงที่สุดบนผิวโลก (Highest place/point on Earth) โดยวัดความสูงได้เท่ากับ 29,029 ฟุต หรือประมาณ 8,800 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (2) เกณฑ์การวัดความสูงจากศูนย์กลางของโลก (Earth's center) เกณฑ์นี้ถูกนำมาใช้เนื่องจากโลกไม่ได้มีลักษณะเป็นทรงกลมอย่างสมบูรณ์ แต่มีลักษณะป่องออกบริเวณศูนย์สูตร ตามเกณฑ์นี้จุดที่สูงที่สุดจากจุดศูนย์กลางของโลกคือ ยอดเขาชิมโบราโซ (Chimborazo

[2] ค่าการวัด ระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุด (High Tide : HT) และลงต่ำสุด (Low Tide : LT) ของแต่ละวันในช่วงระยะเวลาที่กำหนด แล้วนำค่ามาเฉลี่ยเป็นระดับน้ำทะเลปานกลาง

Mountain) ในประเทศเอกวาดอร์ ถ้าทำการวัดความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางยอดเขาชิมโบราโซจะต่ำกว่ายอดเขาเอเวอร์เรสต์ราว 2,580 เมตร แต่ถ้าวัดจากจุดศูนย์กลางโลก ยอดเขาชิมโบราโซสูงกว่ายอดเขาเอเวอร์เรสต์ราว 1,800 เมตร และ (3) เกณฑ์การวัดความสูงจากพื้นทะเล (Sea bed) ตามเกณฑ์นี้ยอดเขามัวนาคี (Mauna Kea Mountain) ในมลรัฐฮาวายของสหรัฐอเมริกาจะเป็นยอดเขาที่สูงที่สุดที่ 33,500 ฟุต หรือ 10,210 เมตร (NOAA, 2018) (ดูภาพที่ 2.6 ประกอบ)



ภาพที่ 2.6 เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดความสูงของจุดที่สูงที่สุดบนโลกทั้ง 3 เกณฑ์

(**แหล่งที่มา:** https://oceanservice.noaa.gov/facts/highestpoint.html)

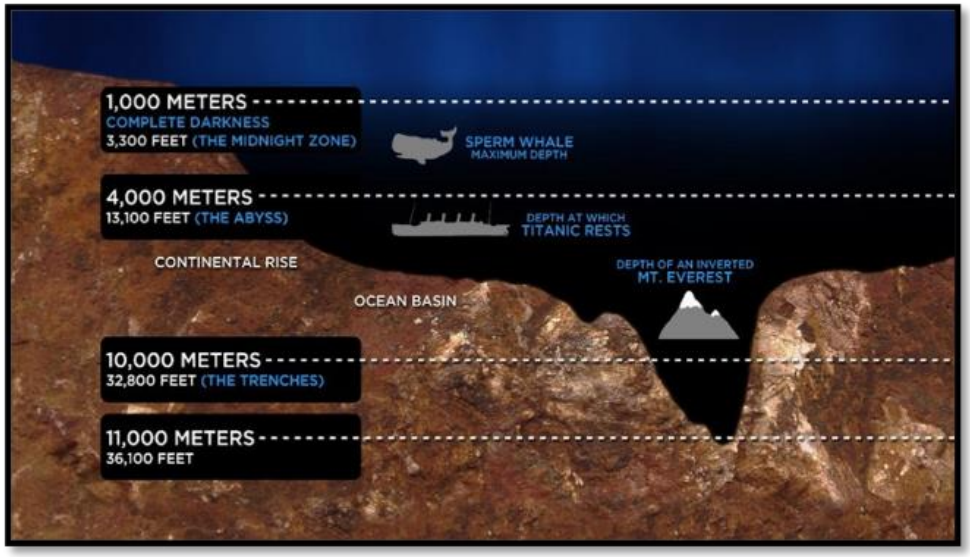
จุดต่ำที่สุดของโลก (Deepest point on Earth) อยู่ลึกลงไปใต้ทะเลมีชื่อเรียกว่ามาเรียนา-เทรนช์ (Mariana Trench) ตั้งอยู่บริเวณเกาะกวมหรือชื่อที่เป็นทางการคือดินแดนกวมแห่งสหรัฐอเมริกา การสำรวจและวัดความลึกครั้งแรกกระทำโดยกลุ่มของนักสำรวจชาวอังกฤษในนาม HMS Challenger เมื่อคริสตศักราช 1875 บันทึกความลึกไว้ที่ 8,184 เมตร ต่อมาในปีคริสตศักราช 1951 เรือดำน้ำแห่งราชนาวีอังกฤษได้กลับไปยังพื้นที่เดิมเพื่อทำการวัดความลึกเพิ่มเติมด้วยวิธีการสะท้อนของเสียง (Echo sounding) พบว่าตำแหน่งที่ลึกที่สุดอยู่ที่ระดับ 10,900 เมตร ในปีเดียวกันนี้ร่องน้ำดังกล่าวถูกให้ชื่อว่า “Challenger Deep” ถัดมาในปีคริสตศักราช 2009-2010

(ก)

ภาพที่ 2.7 ตำแหน่งที่ตั้งของร่องน้ำมาเรียนาเทรนช์

(**แหล่งที่มา:** https://www.umarwsr.com/)

ได้มีการนำระบบโซนาร์ (Sonar) ที่ติดตั้งบนยานสำรวจใต้น้ำจากมหาวิทยาลัยฮาวายลงไปทำการวัดความลึก ผลลัพธ์คือ จุดที่ลึกที่สุดอยู่ที่ระดับ 10,994 เมตรใต้ระดับน้ำทะเลปานกลาง (ดูภาพที่ 2.7 (ก) และ (ข) ประกอบ)



(ข)

ภาพที่ 2.7 การเปรียบเทียบความลึกระดับต่าง ๆ ใต้ระดับน้ำทะเล

(**แหล่งที่มา:** https://www.umarwsr.com/)

2.2 การหมุนและการโคจรของโลก

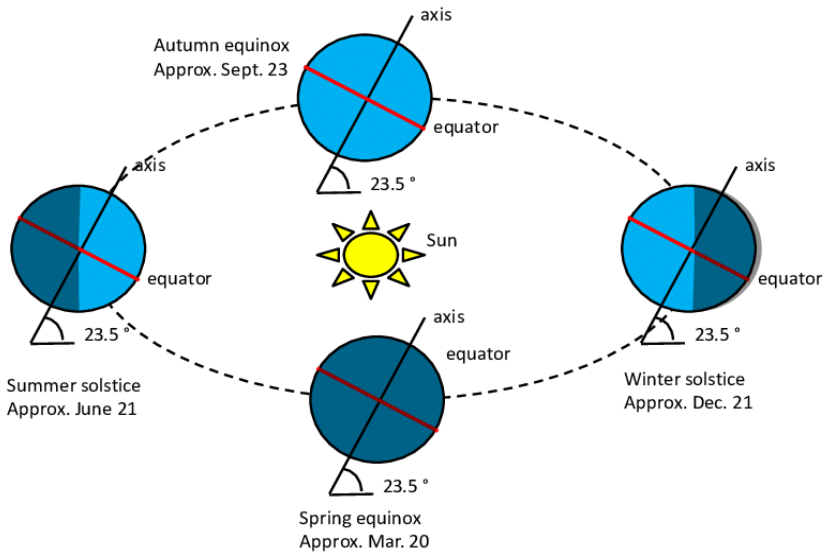
การเคลื่อนที่ของโลก (Earth's rotation) คือ การหมุนรอบตัวเองบนแกนสมมติที่ผ่านตามแนวขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้โดยใช้เวลาในการหมุนรอบตัวเองในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาด้วยความเร็ว 1,674.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ด้วยอัตราความเร็วดังกล่าวทำให้โลกหมุนรอบตัวเองจากจุดเริ่มต้น (สมมติที่เส้นเมริเดียนแรกหรือ Prime Meridian) จนมาบรรจบที่จุดเริ่มต้นใช้เวลา 23 ชั่วโมง 56 นาที 4 วินาที)

การโคจรรอบดวงอาทิตย์ (Earth's orbit) คือ การที่โลกเคลื่อนที่ในฐานะที่เป็นบริวารของดวงอาทิตย์ซึ่งมีระยะทางในการโคจรประมาณ 940 ล้านกิโลเมตร โลกมีอัตราการเคลื่อนที่รอบดวงอาทิตย์ด้วยความเร็วที่ 109,044 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการโคจรต่อหนึ่งรอบการโคจรมีคือ 365.24 วัน เศษของวันถูกนำมานับเพิ่มในเดือนกุมภาพันธ์เป็น 29 วันในทุก ๆ 4 ปี (อธิกสุรทิน หรือ Leap Year) (ปีอธิกสุรทิน, 2018)

โลกมีแกนขั้วโลกเหนือ-ใต้สมมติ แกนดังกล่าวจะไม่ตั้งตรงแต่จะทำมุมเอียง 23.45 องศากับดวงอาทิตย์ ด้วยสภาพการณ์ดังกล่าวเป็นสาเหตุให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ ตลอดระยะเวลา 365 วันของ

การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์เนื่องจากการได้แสงและความร้อนจากดวงอาทิตย์ของบริเวณต่าง ๆ ของโลกที่ไม่เท่ากัน ปรากฏการณ์ของการเกิดฤดูกาลที่แตกต่างกันในแต่ละบริเวณของโลกสามารถอธิบายได้โดยสังเขป ดังนี้

1) ช่วงที่ดวงอาทิตย์อยู่ห่างจากเส้นศูนย์สูตรมากที่สุด (Solstice) แกนโลกที่เอียงจะทำให้ซีกโลกด้านใดด้านหนึ่งเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์ในขณะที่อีกซีกโลกหนึ่งเอียงห่างจากดวงอาทิตย์ ถ้าในซีกโลกเหนือเป็นฤดูร้อน (Summer Solstice) หรือ “ครีษมายัน หรือ อุตตรายัน” ซีกโลกใต้จะเป็นฤดูหนาว ช่วงฤดูร้อนในซีกโลกเหนือ วันที่มีแสงของวันยาวนานที่สุดของปีคือ วันที่ 21 มิถุนายน ในขณะที่ซีกโลกใต้เป็นฤดูหนาวและมีแสงของวันสั้น ฤดูหนาวในซีกโลกเหนือ (Winter Solstice) หรือ“เหมายัน” วันที่มีแสงของวันสั้นที่สุดของปีคือ วันที่ 21 หรือ 22 ธันวาคม ในขณะที่ซีกโลกใต้เป็นฤดูร้อนและมีแสงของวันยาวนานที่สุด (ดูภาพที่ 2.8 ประกอบ)



ภาพที่ 2.8 การเกิดฤดูกาลจากการเอียงของแกนโลก

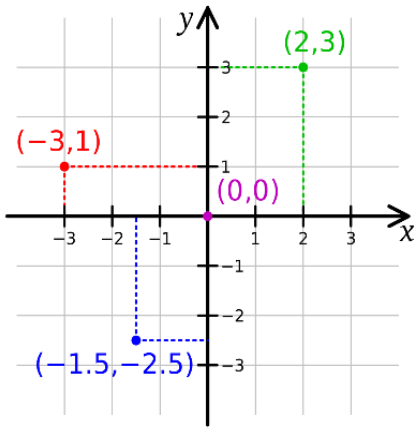
(**แหล่งที่มา:** https://www.researchgate.net/)

2) ช่วงที่เวลากลางวันและกลางคืนเท่ากัน (Equinox) หรือ “วันวิษุวัต” จะแบ่งออกเป็นสองช่วงเวลา คือ (1) ช่วงฤดูใบไม้ผลิ (Spring Equinox) ซึ่งเริ่มต้นในวันที่ 20 มีนาคมจะเป็นช่วงที่ซีกโลกเหนือเป็นฤดูใบไม้ผลิ แต่เป็นฤดูใบไม้ร่วงในซีกโลกใต้ และ (2) ช่วงฤดูใบไม้ร่วงของซีกโลกเหนือ (Autumn Equinox) ซึ่งเริ่มต้นในวันที่ 23 กันยายน ในขณะที่ซีกโลกใต้จะเป็นฤดูใบไม้ผลิ

2.3 พิกัดภูมิศาสตร์และพิกัดกริดยูทีเอ็ม

พิกัด (Coordinate) หมายถึง ค่าตัวเลขที่ใช้อธิบายตำแหน่งของจุดบนระนาบซึ่งมีเพียงค่าเดียว ส่วนระบบพิกัด (Coordinate System) คือ วิธีการอย่างเป็นระบบในการกำหนดค่าคู่อันดับ

แทนตำแหน่งของแต่ละจุดบนระนาบ คู่อันดับหนึ่งชุดหมายถึงตำแหน่งเพียงตำแหน่งเดียวเท่านั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้น ขอยกตัวอย่างเชิงเปรียบเทียบดังนี้ สมมติว่ามีส้มอยู่ผลหนึ่งซึ่งมีหนอนเจาะผิวส้มลูกนั้น ทำอย่างไรจึงจะสามารถระบุตำแหน่งของหนอนตัวนั้นได้ ถ้าอธิบายเป็นภาษาพูดก็คือการบอกตำแหน่งของผลส้มที่มีหนอนเจาะสามารถทำได้โดยการหมุนผลส้มไปทางซ้ายหรือทางขวาและพลิกขึ้นหรือลงจนเจอตำแหน่งที่หนอนเจาะ การหาตำแหน่งของสิ่งใดสิ่งหนึ่งบนพื้นโลกจริงก็คล้ายกัน เพียงแต่ว่าเราไม่สามารถนำโลกมาหมุนซ้ายหรือหมุนขวา และพลิกขึ้นหรือพลิกลงได้เพราะโลกมีขนาดใหญ่เกินกว่าจะกระทำเช่นนั้นได้ การหาตำแหน่งบนพื้นโลกจำเป็นต้องกระทำโดยให้เกิดความเข้าใจที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันและเป็นที่ยอมรับตามหลักสากล นั่นคือ ต้องใช้ “ระบบพิกัด” เพื่อทำหน้าที่ดังกล่าว (ดูภาพที่ 2.9 ประกอบ) (ระบบพิกัด, 2017)



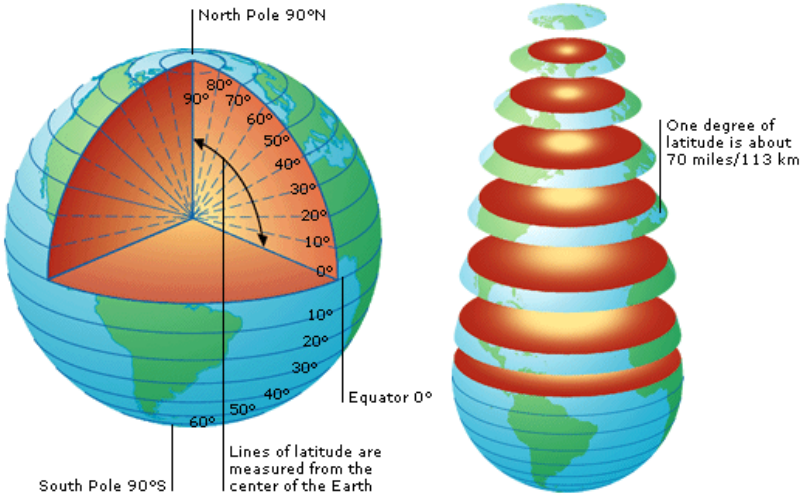
ภาพที่ 2.9 ระบบพิกัดบนระนาบ

(**แหล่งที่มา:** www.google.com/coordinates)

2.3.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographical Coordinate System)

วิธีการในการอธิบายตำแหน่งทางภูมิศาสตร์บนพื้นผิวโลกซึ่งมีลักษณะพื้นฐานของทรงกลม (Spherical Coordinate System) อาศัยมุมที่เป็นองศาจากจุดศูนย์กลางของโลกเชื่อมไปยังจุดหนึ่ง ๆ ในแนวเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตก ที่เรียกว่าละติจูดและลองจิจูด

ละติจูด (Latitude) คือ ค่าองศาที่ทำมุมกับจุดกึ่งกลางของเส้นศูนย์สูตร (Equator) หรือจุดกึ่งกลางของโลกในแนวเหนือและใต้ ค่ามุมองศาละติจูดวัดขึ้นไปทางเหนือได้ค่าสูงสุดที่ 90 องศาเหนือและวัดลงไปทางใต้ได้ค่าสูงสุดที่ 90 องศาใต้ ถ้าลากเส้นเชื่อมค่าละติจูดทุกมุมองศาจะเกิดเป็นเส้นขนานกับเส้นศูนย์สูตร (Parallels) โดยการระบุด้วยอักษร “N” แทนทิศเหนือ และ “S” แทนทิศใต้ต่อท้ายค่าพิกัดเพื่อระบุตำแหน่งว่าอยู่ในซีกโลกใด (พิกัดภูมิศาสตร์, 2018) (ดูภาพที่ 2.10 ประกอบ)

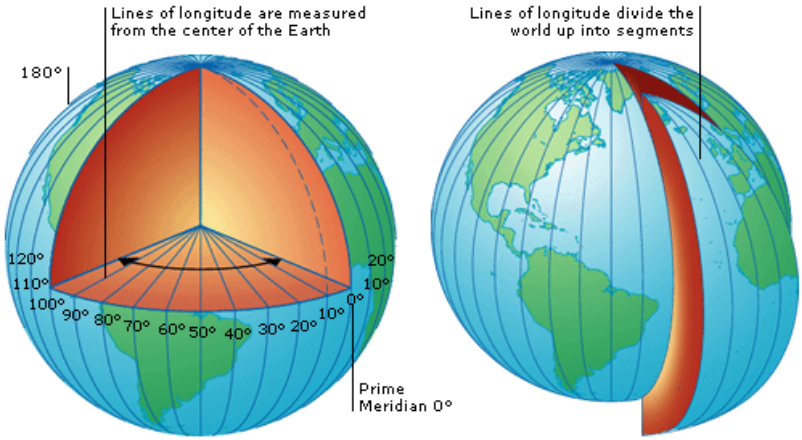


ภาพที่ 2.10 ละติจูดและเส้นขนานละติจูด

(แหล่งที่มา: https://www.thinglink.com/scene/798027585127710721)

ลองจิจูด (Longitude) คือ ค่าองศาที่ทำมุมกับเส้นเมริเดียนแรก (Prime Meridian) ที่มีค่าองศาลองจิจูดเท่ากับ 0 องศา หรือจากจุดกึ่งกลางโลก โดยมีค่าสูงสุดทางทิศตะวันออกและตะวันตกด้านละ 180 องศารวมเป็น 360 องศา ถ้าลากเส้นให้เชื่อมค่ามุมองศาเหล่านี้จะเกิดเป็นเส้น ๆ ละ 1 องศา เรียกว่าเส้นเมริเดียน (Meridian) โดยจะกำกับด้วยอักษร “E” แทนทิศตะวันออก และ “W” แทนทิศตะวันตก สำหรับเส้นเมริเดียนแรกถูกใช้สำหรับกำหนดเวลามาตรฐานสากลทั่วโลก โดยพาดผ่านหอดูดาวหลวงกรีนิช (Royal Observatory Greenwich) เมืองกรีนิช กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ (ดูภาพที่ 2.11 และ 2.12 ประกอบ)

ละติจูดและลองจิจูดมีหน่วยวัดเป็น องศา (°) ลิปดา (‘) พิลิปดา (“) โดย 1 องศามีค่าเท่ากับ 60 ลิปดา และ 1 ลิปดา มีค่าเท่ากับ 60 พิลิปดา



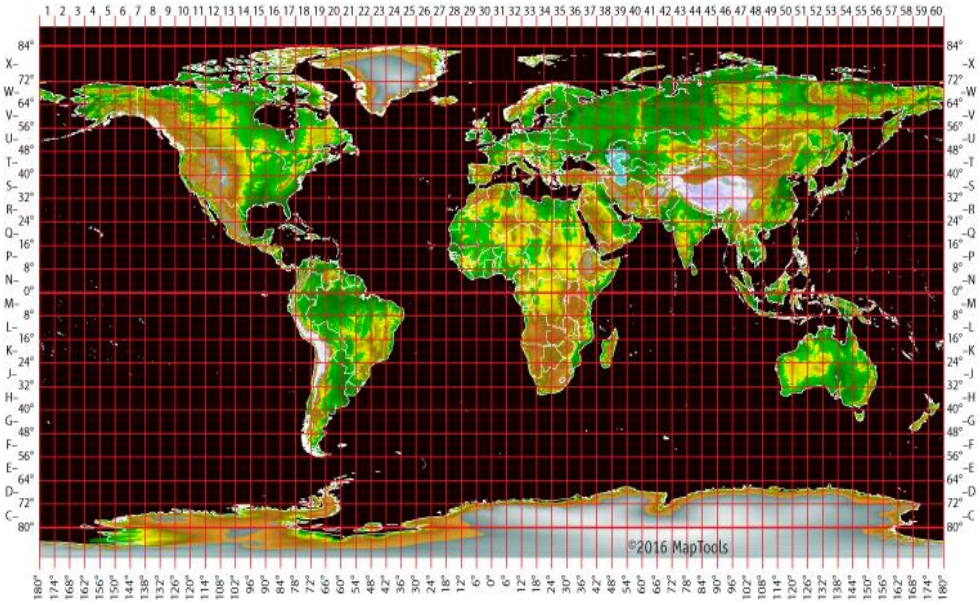
ภาพที่ 2.11 ลองจิจูดและเส้นเมริเดียน

(**แหล่งที่มา:** https://www.thinglink.com/scene/798033941901606913)

ภาพที่ 2.12 เส้นเมริเดียนแรก ณ หอดูดาวหลวงกรีนิช ประเทศอังกฤษ
และค่าพิกัดภูมิศาสตร์จาก GPS บนสมาร์ตโฟน
(**ที่มา:** ชนม์ธนัช สุวรรณ ถ่ายเมื่อ ธันวาคม 2560)

2.3.2 ระบบพิกัดกริดยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator Coordinate System)

การกำหนดตำแหน่งบนผิวโลกในระบบพิกัดแบบคาร์ทีเซี่ยน (Cartesian Coordinate System) จะแบ่งโลกทั้งหมดออกเป็น 60 กริดโซนหรือ 60 ช่องกริด โดยใช้โครงแผนที่แบบทรงกระบอกตัดลูกโลกตรงพื้นที่ระหว่างละติจูดที่ 84 องศาเหนือถึง 80 องศาใต้ แต่ละกริดโซนกว้าง 8 องศาละติจูดยกเว้นช่องบนสุดมีความกว้าง 12 องศาละติจูด ค่าพิกัดของแต่ละกริดโซนจะมีตัวเลข (ตามแนวตั้ง) นำหน้าแล้วตามด้วยตัวอักษร (ตามแนวนอน) เช่น 4Q และ 36R เป็นต้น (ดูภาพที่ 2.13 ประกอบ) ดังนั้น การอ่านกริดโซนแต่ละกริดโซนจะมีเลขและอักษรกำกับหรือที่เรียกว่า “เลขอักษรประจำกริดโซน” ทั้งนี้ ตัวเลขจะเริ่มจาก 1 ถึง 60 โดยตัวอักษรที่กำกับกริดโซนจะเริ่มตั้งแต่อักษร C จนถึงอักษร X โดยอักษร A กับ B จะเว้นไว้ในซีกโลกใต้ และ Y กับ Z จะเว้นไว้ในซีกโลกเหนือ เนื่องจากเป็นบริเวณขั้วโลกเหนือและใต้ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่มีน้ำแข็งปกคลุมอีกทั้งแผนที่มีความบิดเบี้ยวสูง (High distortion) จากการที่ใช้เส้นโครงแผนที่แบบทรงกระบอก สำหรับตัวอักษร I และ O ไม่ถูกนำมาใช้เนื่องจากมีลักษณะคล้ายเลขหนึ่งและเลขศูนย์ซึ่งอาจทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนได้



ภาพที่ 2.13 ระบบพิกัดกริดยูทีเอ็ม

(**แหล่งที่มา:** https://www.maptools.com/tutorials/grid_zone_details)

หน่วยระยะทางที่ใช้ในระบบพิกัด UTM ใช้เป็นหน่วยเดียวกันทั้งหมด คือมีหน่วยเป็นเมตร เพื่อให้เกิดความสะดวกในการคำนวณ ระยะที่วัดจะเริ่มต้นจากจุดกำเนิด (Origin) ซึ่งเป็นจุดที่เกิดจากการตัดกันของเส้นเมริเดียนย่านกลาง (Central Meridian) กับเส้นศูนย์สูตร ในระบบพิกัด UTM กำหนดให้มีค่าพิกัด 2 ค่า คือ ค่าพิกัดทางเหนือ (Northing) และค่าพิกัดทางตะวันออก (Easting) ค่าพิกัดทางเหนือ หมายถึง ระยะทางที่วัดไปทางทิศเหนือจากจุดกำเนิด ในซีกโลกเหนือค่าพิกัดทางเหนือจะเพิ่มขึ้น (ค่าเป็นบวก) ตามละติจูดที่เพิ่มขึ้น ส่วนในซีกโลกใต้พิกัดทางเหนือจะมีค่าลดลง (ค่าเป็นลบ) เมื่อละติจูดเพิ่มมากขึ้น กรณีของพิกัดทางตะวันออก หมายถึงระยะทางตามแนวนอนจากจุดกำเนิดซึ่งอาจวัดไปทางตะวันออก (ด้านขวาของจุดกำเนิด) หรือไปทางตะวันตก (ด้านซ้ายของจุดกำเนิด) ก็ได้ ทั้งนี้ ค่าพิกัดทางตะวันออกจะเพิ่มขึ้น (ค่าเป็นบวก) เมื่อห่างจากเมริเดียนย่านกลางไปทางทิศตะวันออกมากขึ้น และจะลดลง (ค่าเป็นลบ) เมื่อห่างออกไปจากเมริเดียนย่านกลางทางทิศตะวันตก

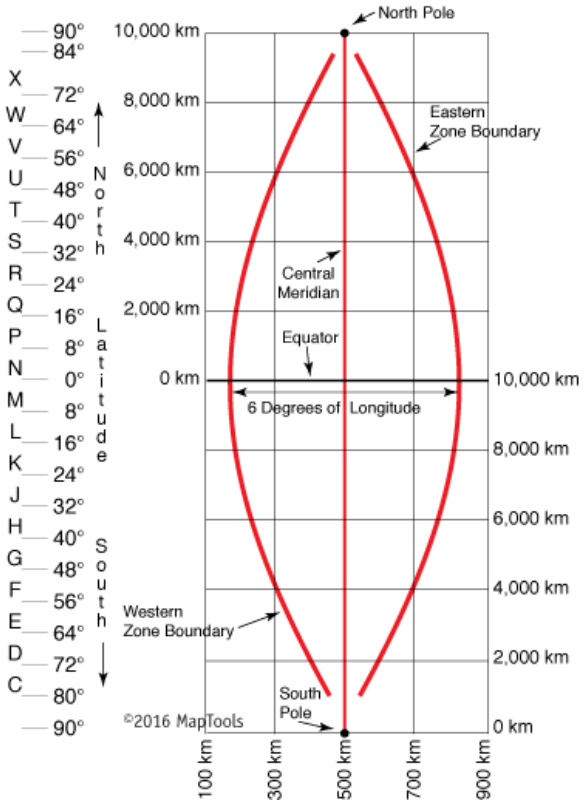
ค่าพิกัดทางเหนือและค่าพิกัดทางตะวันออกเป็นค่าสมมติหรือค่าที่เกิดจากการคาดประมาณว่าน่าจะเป็นหรือน่าจะใกล้ความเป็นจริงมากที่สุด ทั้งนี้ ด้วยเหตุผลที่ว่าในการทำโครงแผนที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งโครงแผนที่แบบทรงกระบอก (Cylindrical Projection) จะมีความบิดเบี้ยวของขนาดและรูปทรงของพื้นที่ที่ปรากฏบนแผนที่ที่แตกต่างไปจากพื้นโลกจริง โดยเฉพาะบริเวณในโครงแผนที่ที่อยู่ห่างจากจุดสัมผัสมาก ๆ ที่สำคัญไม่น้อยไปกว่ากันคือ ในการอ่านค่าพิกัด UTM จากจุดกำเนิดในแต่ละกริดโซนมีการกำหนดค่าสูงสุดและต่ำสุดเพื่อหลีกเลี่ยงค่าที่เป็นลบไว้ดังนี้ (ดูภาพที่ 2.14 ประกอบ)

ก. ในซีกโลกเหนือ พิกัดจากจุดกำเนิดของแต่ละกริดโซน เป็นดังนี้

- พิกัดทางเหนือสมมติ (False northing) = 0 เมตร
- พิกัดทางตะวันออกสมมติ (False easting) = 500,000 เมตร

ข. ในซีกโลกใต้ พิกัดจากจุดกำเนิดของแต่ละกริดโซน เป็นดังนี้

- พิกัดทางเหนือสมมติ (False northing) = 10,000,000 เมตร
- พิกัดทางตะวันออกสมมติ (False easting) = 500,000 เมตร



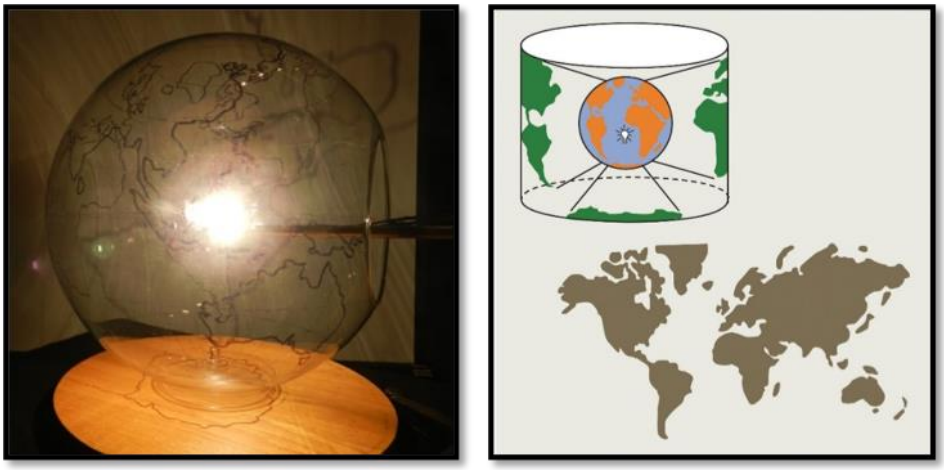
ภาพที่ 2.14 ค่าพิกัดกริดสูงสุด-ต่ำสุดทางเหนือและทางตะวันออกในแต่ละโซน

(**แหล่งที่มา:** https://www.maptools.com/tutorials/grid_zone_details)

2.4 โครงแผนที่

การทำโครงแผนที่ (Map projection) เริ่มแรกเกิดจากการทำแผนที่โดยวาดรายละเอียดจากวัตถุทรงกลมลงบนแผ่นกระดาษที่แบนราบแล้วเกิดความคลาดเคลื่อนและมีความบิดเบี้ยว แนวคิดสำคัญในการสร้างโครงแผนที่คือความต้องการที่จะแก้ไขความคลาดเคลื่อนดังกล่าว วิธีการทำโครงแผนที่ตามแนวคิดดังกล่าว คือ การสมมติว่ามีหลอดไฟอยู่ใจกลางทรงกลมซึ่งจะฉายหรือ project แสงออกไปทุกทิศทาง ส่วนที่ทึบแสงที่ปรากฏบนทรงกลม เช่น ทวีป ทางน้ำ ถนน จะไปปรากฏเป็นเงาบนฉากที่ทำหน้าที่รับแสงและเงาจากหลอดไฟ (ดูภาพที่ 2.15 ประกอบ)

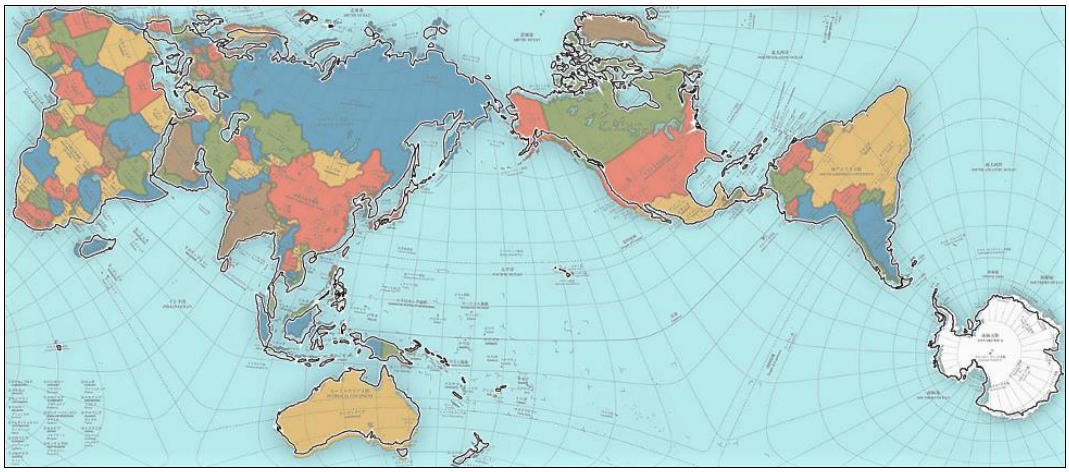
โลกมีลักษณะเป็นทรงกลมคล้ายผลส้ม แต่การทำแผนที่ต้องทำลงบนแผ่นราบเพื่อความสะดวกในการพกพา การย่อส่วนและใช้สัญลักษณ์แสดงสิ่งที่ปรากฏบนพื้นโลกซึ่งต้องการความถูกต้องใกล้เคียงกับสิ่งที่ปรากฏบนพื้นโลกที่สุด นักภูมิศาสตร์ผู้ผลิตแผนที่จึงพยายามจัดทำแผนที่ให้มีรูปร่างของสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่ให้มีความใกล้เคียงกับสิ่งที่ปรากฏบนพื้นโลกจริงมากที่สุดโดยพยายามให้มีทิศทางที่ถูกต้อง ระยะทางที่ถูกต้อง รูปร่างที่ถูกต้อง และพื้นที่ที่ถูกต้องที่สุด (อณุสร พุ่มพวง, ม.ป.ป.) อย่างไรก็ตาม การฉายแสงจากวัตถุทรงกลมลงบนฉากพื้นราบจะเกิดความไม่แนบสนิทขึ้นในบริเวณที่อยู่ห่างออกไปจากทรงกลม ทำให้ข้อมูลในบริเวณที่อยู่ห่างไปจากทรงกลมเหล่านั้นไม่ครบถ้วนและ



ภาพที่ 2.15 การฉายแสงจากภายในวัตถุทรงกลมเพื่อให้เกิดเงา

(**แหล่งที่มา**: http://www.jaworski.ca/utmzones.htm)

คลาดเคลื่อนที่เรียกว่า “ความบิดเบี้ยว” (Distortion) และความไม่ถูกต้อง (Inaccuracy) เมื่อปีคริสตศักราช 2016 ได้มีการนำเสนอโครงแผนที่ที่เรียกได้ว่ามีความถูกต้องมากที่สุดในปัจจุบันโดยเป็นผลงานของ Hajime Narukawa ซึ่งเป็นนักสถาปัตยกรรมชาวญี่ปุ่น โครงแผนที่ของเขาเริ่มพัฒนามาตั้งแต่คริสตศักราช 1999 จากการแบ่งพื้นที่ทรงกลมให้เป็นรูปสามเหลี่ยมจำนวน 96 ส่วน รูปสามเหลี่ยมแต่ละส่วนถูกกำหนดให้มีโครงแผนที่แบบเทตระเฮดรอน (Tetrahedron) จนได้เป็นโครงแผนที่ที่ชื่อว่า “AuthaGraph” (Geoawesomeness Team, 2018) (ดูภาพที่ 2.16 ประกอบ)



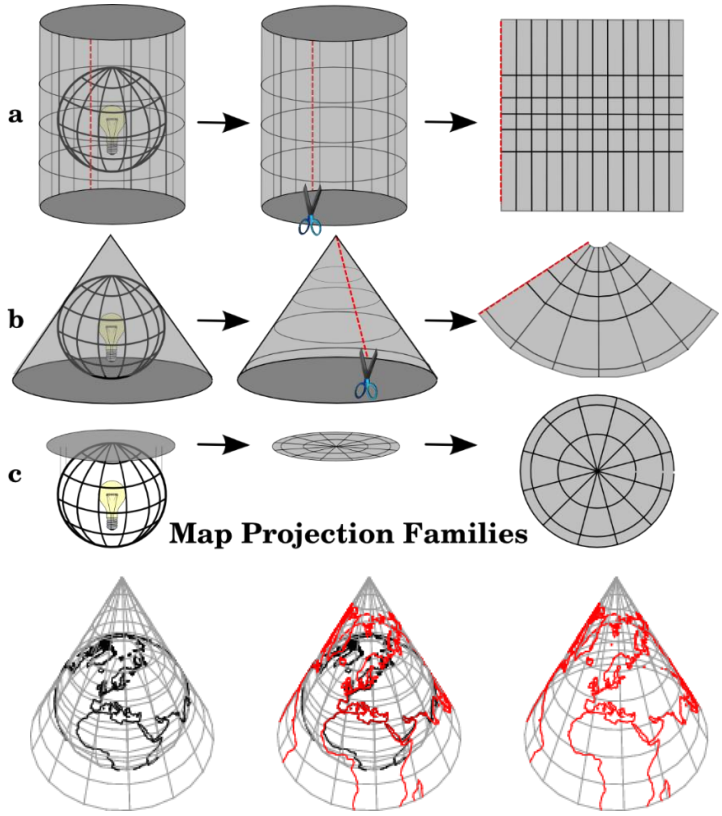
ภาพที่ 2.16 โครงแผนที่ AuthaGraph ที่มีขนาดของพื้นทวีปความถูกต้องมากที่สุดในปัจจุบัน

(**แหล่งที่มา:** https://geoawesomeness.com/best-map-projection/)

ประเภทของโครงแผนที่สามารถจำแนกได้หลายแบบ เช่น จำแนกด้วยคุณสมบัติ จำแนกจากพื้นผิวการฉาย จำแนกด้วยตำแหน่งของแหล่งที่ฉายแสง และจำแนกตามแนวคิดและวิธีการของผู้คิดค้น เป็นต้น (สุโข เสมมหาศักดิ์, 2559) สำหรับการจำแนกด้วยพื้นผิวที่ใช้ในการฉายแสงสามารถจำแนกได้ 3 ประเภทย่อย ดังนี้

1) **แบบทรงกระบอก (Cylindrical Projection)** เป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ใช้รูปทรงกระบอกสัมผัสกับลูกโลก ณ ตำแหน่งใด ๆ เมื่อคลี่เป็นแผ่นแบนราบแล้วจะได้เส้นโครงแผนที่ที่มีเส้นขนานและเส้นเมริเดียนตัดกันเป็นมุมฉาก มีทิศทางถูกต้อง รูปร่างถูกต้อง พื้นที่ที่อยู่ใกล้กับจุดสัมผัสจะมีความถูกต้องมากที่สุด ห่างออกไปจากจุดสัมผัสความถูกต้องเชิงพื้นที่จะลดลง โครงแผนที่แบบนี้นิยมใช้เพื่อการเปรียบเทียบพิกัด เพื่อการสอน และการนำเสนอมากกว่าใช้ประโยชน์ในการวางแผนโครงการที่ต้องการความถูกต้องเชิงพื้นที่สูง เพราะบริเวณที่ยิ่งใกล้ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้มากเท่าไรความบิดเบี้ยวจะเพิ่มมากขึ้น (ดูภาพที่ 2.17a ประกอบ)

2) **แบบกรวย (Conic Projection)** ใช้พื้นผิวทรงกรวยสัมผัสกับลูกโลกในการฉายแสง เมื่อคลี่ทรงกรวยออกเส้นเมริเดียนจะมีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมคล้ายซี่พัด โครงแผนที่แบบนี้เหมาะสำหรับการใช้กับพื้นที่ขนาดใหญ่ระดับภูมิภาค ทวีป หรือซีกโลกเพื่อแสดงข้อมูลโดยรวม เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และประชากร อย่างไรก็ตาม โครงแผนที่แบบนี้ไม่เหมาะสำหรับการแสดงพื้นผิวโลกทั้งหมด เพราะความบิดเบี้ยวที่เกิดบริเวณปลายของกรวยจะมีสูง (ดูภาพที่ 2.17b ประกอบ)



ภาพที่ 2.17 โครงแผนที่ที่จำแนกด้วยพื้นผิวที่ใช้ในการฉายแสงทั้ง 3 ประเภท และรูปแบบการฉายแสงแบบกรวย (**แหล่งที่มา:** https://docs.qgis.org/2.8/en/docs/gentle_gis_introduction/)

3) แบบระนาบสัมผัส (Azimuthal or Zenithal Projection) โครงแผนที่แบบระนาบสัมผัสจะกำหนดให้เส้นเมริเดียนและจุดกึ่งกลางบนแผ่นระนาบแตะลงบนผิวสัมผัสของโลก ณ จุดใดจุดหนึ่ง โดยแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ จุดสัมผัสอยู่ที่ขั้วโลก จุดสัมผัสอยู่ที่ระนาบศูนย์สูตร และจุดสัมผัสเฉียง โครงแผนที่แบบนี้มีประโยชน์มากในการหาทิศทางจากจุดใด ๆ บนโลกโดยอ้างอิงจากจุดกึ่งกลางบนแผ่นระนาบ (ดูภาพที่ 2.17c ประกอบ)

2.5 เวลามาตรฐานกรีนิชและเวลาสากลเชิงพิกัด (Greenwich Mean Time and Coordinated Universal Time)

ภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกต่างมีเวลาที่แตกต่างกันไปจากเหตุผลที่โลกมีลักษณะเป็นทรงกลมและมีการโคจรรอบดวงอาทิตย์ สภาพการณ์และปรากฏการณ์ดังกล่าวทำให้แต่ละพื้นที่บนพื้นผิวโลกที่ไม่ได้อยู่ใกล้กับขั้วโลกจะเห็นดวงอาทิตย์ขึ้นทางทิศตะวันออกในตอนเช้าและลับขอบฟ้าทางทิศตะวันตกในเวลาเย็น บริเวณพื้นโลกที่ได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์จะเป็นเวลากลางวัน ส่วนที่ไม่ได้รับแสงสว่างจากดวงอาทิตย์จะเป็นเวลากลางคืน การจะบ่งบอกว่า ณ จุดต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกเป็นเวลาอะไร และเมื่อเทียบเคียงกับจุดหรือบริเวณอื่นมีเวลาแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร สามารถล่วงรู้ได้

จากเส้นแบ่งเวลาและเวลาสากลที่กำหนดไว้แล้ว หรือใช้วิธีการคำนวณจากจุดที่กำหนดโดยเทียบตำแหน่งลองจิจูดจริง ณ จุดนั้นทียบกับเส้นเมริเดียนแรก (Prime Meridian)

2.5.1 เวลามาตรฐานกรีนิช (Greenwich Mean Time : GMT)

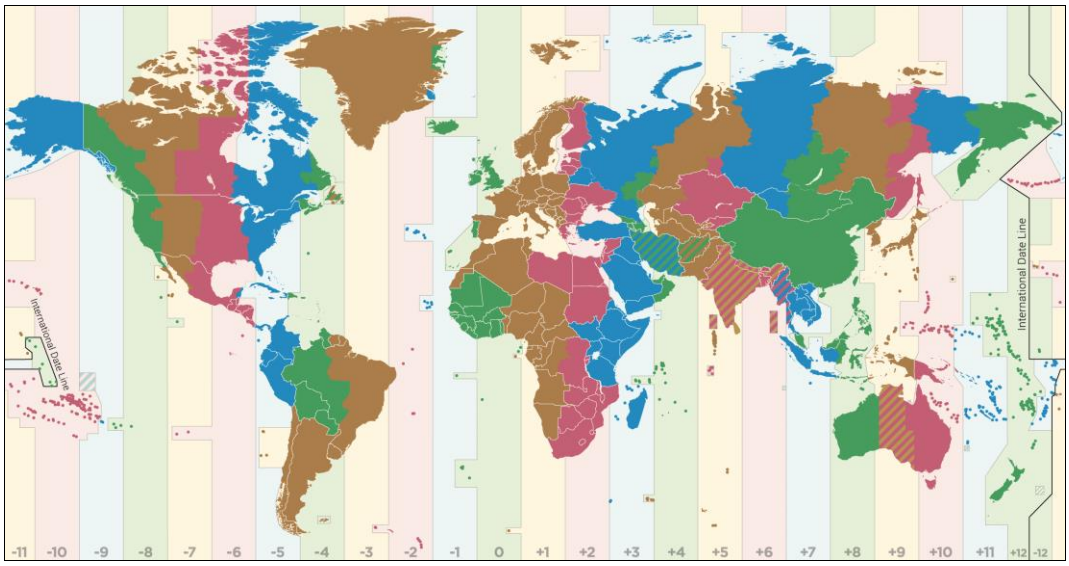
เวลามาตรฐานกรีนิช คือ เวลาที่อ้างอิงจากเส้นเมริเดียนแรกที่กำหนดสมมติให้พาดผ่านหอดูดาวหลวงกรีนิช กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ เส้นเมริเดียนแรกนี้มีค่าลองจิจูด 0 องศาและมีเวลามาตรฐานเริ่มที่ 0 ชั่วโมง ความเป็นมาของการกำหนดเวลามาตรฐานดังกล่าวสามารถกล่าวโดยสังเขปได้ว่า เมื่อเดือนพฤศจิกายน ค.ศ. 1840 องค์กรที่ดูแลเรื่องการเดินรถไฟของอังกฤษเป็นองค์กรแรกที่เริ่มกำหนดให้ใช้เวลามาตรฐานกรีนิช (GMT) เป็นเขตเวลามาตรฐานของประเทศ เพื่อความสะดวกในการเดินทางและการค้าขาย โดยให้อ้างอิงเวลาสากลจากนาฬิกาที่สถานีรถไฟแต่ละแห่งแทนเวลาท้องถิ่นนั้น ๆ ซึ่งแนวคิดนี้ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางและถูกนำไปปรับใช้อย่างแพร่หลายในหลายประเทศทั่วโลก

ในวันที่ 1 ตุลาคม ค.ศ. 1884 ได้มีการจัดประชุมทางวิชาการว่าด้วยเมริเดียนสากล (International Meridian Conference) ณ กรุงวอชิงตัน ดี.ซี. ประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อหาข้อสรุปในการใช้เส้นเมริเดียนสำหรับกำหนดเวลาให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก ผลจากการประชุมในครั้งนั้นได้ข้อสรุปเป็นมติว่าให้กำหนดเส้นเมริเดียนที่พาดผ่านหอดูดาวหลวงเมืองกรีนิช กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษเป็นเส้นเมริเดียนแรกของโลก นอกจากนี้ ยังได้ตกลงให้ใช้เวลามาตรฐานกรีนิชเป็นพื้นฐานของเวลามาตรฐานสากล (Universal Time) และเวลาสากลเชิงพิกัด (UTC) ที่ประเทศต่าง ๆ ใช้อ้างอิงหรือคำนวณความแตกต่างของเวลามาตรฐานสากลกับเวลามาตรฐานท้องถิ่นของประเทศตน

2.5.2 เวลาสากลเชิงพิกัด (Coordinated Universal Time : UTC)

หน่วยเวลาที่ใช้ในการอ้างอิงการหมุนของโลกโดยใช้เครื่องหมายบวก (+) และเครื่องหมายลบ (-) เทียบจากหน่วยเวลาสากลซึ่งเป็นระบบอ้างอิงจากเวลามาตรฐานกรีนิช (GMT) จุดอ้างอิงของเวลาสากลเชิงพิกัดคือที่ลองจิจูด 0 องศา เวลาสากลเชิงพิกัดและเวลามาตรฐานกรีนิชไม่มีความแตกต่างกันสามารถใช้แทนกันได้ (Coordinated Universal Time, 2018)

เวลาสากลเชิงพิกัดถูกนำมาใช้ทดแทนเวลาท้องถิ่น (Local Time) ซึ่งได้จากการคำนวณเวลาโดยท้องถิ่นด้วยเครื่องมือในแต่ละท้องถิ่น เช่น นาฬิกาแดด (Sundial) อย่างไรก็ตาม การคำนวณเวลาท้องถิ่นด้วยนาฬิกาแดดมักมีความคลาดเคลื่อนเพราะแสงอาทิตย์ที่ส่องทำมุมมองศากับพื้นโลกในแต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน เวลาที่คำนวณได้จากนาฬิกาแดดของสองตำแหน่งจึงแตกต่างกันตัวอย่างเช่นนาย A ยืนอยู่ที่หลักกิโลยักษ์ (จ.ลำปาง) ส่วนนาย B ยืนห่างไปด้านตะวันออกของนาย A บริเวณห้าง-



ภาพที่ 2.18 แผนที่แสดงเส้นแบ่งเวลาของโลก

(**แหล่งที่มา:** https://dayspedia.com/time-zone-map/)

สรรพสินค้า Big C (ลำปาง) ถ้าใช้การคำนวณเวลาท้องถิ่นจะได้เวลาที่แตกต่างกัน หรืออีกตัวอย่างหนึ่ง คือ จากตะวันออกสุดที่อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี (ลองจิจูดที่ 105 องศา 37 ลิปดาตะวันออก) และตะวันตกสุดที่เภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน (ลองจิจูดที่ 97 องศา 21 ลิปดาตะวันออก) จะเห็นได้ว่าค่าองศาลองจิจูดมีความแตกต่างกัน 8 องศา ถ้าอ้างอิงด้วยการคำนวณเวลาท้องถิ่นแล้วจังหวัดอุบลราชธานีจะต้องเคารพธงชาติเร็วกว่าจังหวัดแม่ฮ่องสอนถึง 32 นาที (1 องศาลองจิจูด = 4 นาที) ปัจจุบัน UTC คือ เวลาสากลที่ใช้นาฬิกาอะตอม (International Atomic Time) ในการตั้งเวลามาตรฐานสากล เนื่องจากมีความแม่นยำสูง (ประมาณว่ามีความคลาดเคลื่อนเพียง 1 วินาทีในช่วงเวลา 100 ล้านปี) (Atomic clock, 2018)

2.5.3 เวลาท้องถิ่น (Local Time)

เวลาท้องถิ่น คือ รูปแบบของเวลาที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงของแสงจากดวงอาทิตย์ ณ ตำแหน่งของเส้นลองจิจูดหนึ่ง ๆ การคำนวณเวลาท้องถิ่นถูกใช้เป็นพื้นฐานในการบอกเวลาในช่วงศตวรรษที่ 19 ก่อนที่เส้นแบ่งเวลาสากลจะถูกนำมาใช้แทนที่ในช่วงปลายศตวรรษ อย่างไรก็ตามยังคงมีการใช้เวลาท้องถิ่นอยู่บ้างเพื่อประโยชน์ทางดาราศาสตร์และการนำร่อง (Local Mean Time, 2018)

2.6 การคำนวณหาวันและเวลาท้องถิ่น

โลกมีการหมุนรอบตัวเองอยู่ตลอดเวลาในขณะเดียวกันก็โคจรรอบดวงอาทิตย์ด้วย ปรากฏการณ์ที่สำคัญของการเคลื่อนที่ของโลกดังกล่าว คือการหมุนรอบตัวเองของโลกทำให้เกิดกลาง

ภาพที่ 2.19 นาฬิกาอะตอมยี่ห้อ Hewlett-Packard (HP) ณ หอดูดาวหลวงกรีนิช

(แหล่งที่มา: http://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_1425778)

วันและกลางคืน และการโคจรรอบดวงอาทิตย์ของโลกทำให้เกิดฤดูกาลต่าง ๆ การหมุนรอบตัวเองของโลกหนึ่งรอบในทิศทางจากตะวันตกไปทางทิศตะวันออกตามที่ได้กล่าวแล้วในตอนต้นว่าใช้เวลาประมาณ 24 ชั่งโมง คือ สาเหตุที่ทำให้ตำแหน่งต่าง ๆ บนพื้นโลกซึ่งมีที่ตั้งตามลองจิจูดที่ต่างกันจะมีเวลาไม่เท่ากัน การคำนวณเวลาท้องถิ่นของแต่ละสถานที่ว่าเป็นเวลาอะไรและแตกต่างจากเวลาของท้องถิ่นอื่นเท่าไร สามารถทำได้ง่ายเพียงขอให้รู้ตำแหน่งลองจิจูดของท้องถิ่นนั้น พื้นฐานการคำนวณอาศัยความสัมพันธ์ขององศาลองจิจูดกับเวลาที่โลกหมุนรอบตัวเองหนึ่งรอบใช้เวลา 24 ชั่วโมง ดังนี้

- โลกหมุนรอบตัวเอง 360 องศาลองจิจูด ใช้เวลา 1 วัน หรือ 24 ชั่วโมง
- นั่นหมายความว่าถ้าโลกเคลื่อนที่ 15 องศาลองจิจูด จะใช้เวลา 1 ชั่วโมง หรือ 60 นาที (คำนวณได้จาก 360 องศา หารด้วย 24 ชั่วโมง)
- โลกเคลื่อนที่ 1 องศาลองจิจูดใช้เวลา 4 นาที (60 นาที หารด้วย 15 องศา)
- ดังนั้น 1 นาที โลกหมุนรอบตัวเองได้ 15 ลิปดา

ตัวอย่างการคำนวณหาเวลาท้องถิ่นของประเทศไทย ประเทศไทยตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 5 องศา 37 ลิปดาเหนือที่จังหวัดยะลา ถึง 20 องศา 28 ลิปดาเหนือที่จังหวัดเชียงราย และที่ลองจิจูดที่ 97 องศา 21 ลิปดาตะวันออกที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ถึง 105 องศา 37 ลิปดาตะวันออกที่ อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี ดังนั้น ประเทศไทยจึงมีความแตกต่างของเส้นลองจิจูดเท่ากับ 8 องศาลองจิจูด ทุก 1 องศาลองจิจูดมีเวลาที่แตกต่างกันเท่ากับ 4 นาที ดังนั้น เวลาในประเทศไทยจากตะวันออกสุดไปยังตะวันตกสุดจะมีเวลาแตกต่างกันเท่ากับ 32 นาที (8 ลองจิจูด คูณด้วย 4 นาที) ถ้าประเทศไทยยังใช้เวลาท้องถิ่นในการคำนวณเวลา แต่ละพื้นที่ในแต่ละจังหวัดของ

ประเทศอาจมีเวลาไม่ตรงกันเป็นมาตรฐานเดียว เช่นเดียวกับประเทศที่มีขนาดพื้นที่กว้างใหญ่ เช่น ประเทศจีน ประเทศสหรัฐอเมริกา ด้วยเหตุดังกล่าว การใช้เวลามาตรฐานสากลจึงสามารถลดความคลาดเคลื่อนของเวลาแต่ละพื้นที่ซึ่งตั้งอยู่บนลองจิจูดที่ต่างกันได้

ในการคำนวณหาเวลาท้องถิ่นจากค่าลองจิจูด จำเป็นต้องทราบเวลาท้องถิ่นและค่าลองจิจูดของตำแหน่งนั้นก่อนจึงจะสามารถคำนวณหาเวลาท้องถิ่นของอีกตำแหน่งหนึ่งที่ต่างออกไปได้ ทั้งนี้ต้องมีการเปรียบเทียบเวลามาตรฐานกรีนิชตามสูตรในการคำนวณเวลา ดังนี้

- 0 + E กรีนิช + ตะวันออก
- 0 – W กรีนิช – ตะวันตก
- E – E ตะวันออก – ตะวันออก
- W – W ตะวันตก – ตะวันตก
- E + W ตะวันออก + ตะวันตก

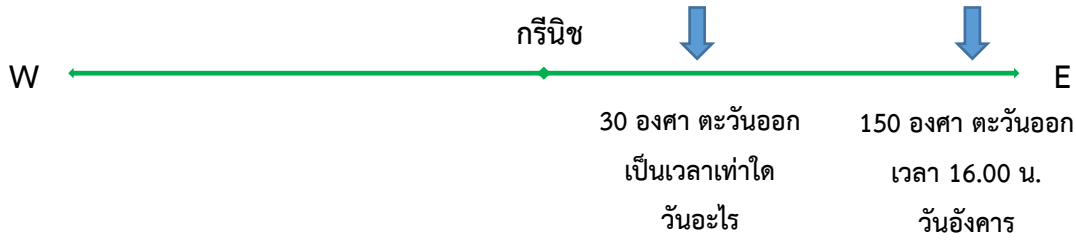
ตัวอย่างที่ 1 ที่เมืองกรีนิชเป็นเวลา 12.00 น. ตำบล A มีเวลาท้องถิ่นเท่ากับ 07.00 น. ตำบล B มีเวลาท้องถิ่นเท่ากับ 15.30 น. ทั้งสองเมืองอยู่ที่ลองจิจูดเท่าใด

วิธีคำนวณ กรีนิชอยู่ที่ 0 องศาลองจิจูดและมีเวลาท้องถิ่นเท่ากับเที่ยงวัน

เวลาท้องถิ่นของ A กับเวลาท้องถิ่นกรีนิชต่างกัน	= 12.00 น. – 07.00 น. = 5 ชั่วโมง
A จะอยู่ที่ลองจิจูด (1 ชม. = 15 องศา)	= 5 ชั่วโมง X 15 องศา = 75 องศาตะวันตก
เวลาท้องถิ่นของ B กับเวลาท้องถิ่นกรีนิชต่างกัน	= 15.30 น. – 12.00 น.
	= 3 ชั่วโมง 30 นาที
คิดชั่วโมงเต็ม 3 ชั่วโมง	= 3 ชั่วโมง X 15 องศา
	= 45 องศาตะวันออก ---- (1)
เหลืออีก 30 นาที (1 องศา = 4 นาที)	= 30 นาที ÷ 4 นาที
	= 7.50 องศา ---- (2)
รวมกับ (1) + (2)	= 45 + 7.50 = 52.50 องศา
เปลี่ยนเศษ 0.50 องศา เป็นลิปดา	= 30 ลิปดา

ตอบ ตำบล A จะอยู่ที่ลองจิจูด 75 องศา ตะวันตกตำบล B จะอยู่ที่ลองจิจูด 52 องศา 30 ลิปดา ตะวันออก

ตัวอย่างที่ 2 A โทรศัพท์ทางไกลจากประเทศออสเตรเลียซึ่งตั้งอยู่ที่ลองจิจูด 150 องศาตะวันออก ถึง B ที่ประเทศฟินแลนด์ซึ่งตั้งอยู่ที่ลองจิจูด 30 องศาตะวันออก อยากทราบว่าน B รับสายโทรศัพท์ของ A เป็นเวลาเท่าไร ถ้า A โทรศัพท์จากประเทศออสเตรเลียในเวลาท้องถิ่น 16.00 นาฬิกา ของวันอังคาร



วิธีคำนวณ จากสูตรการคำนวณ สองประเทศอยู่ฝั่งตะวันออกของกรีนิช ดังนั้นสูตรจึงเป็น E – E ซึ่งมีผลต่างขององศาลองจิจูดเท่ากับ 120 องศา

จาก 15 องศา = 1 ชั่วโมง

120 องศา = เวลาช้ากว่า 120 ÷ 15 = 8 ชั่วโมง

ดังนั้น เวลาท้องถิ่นที่ประเทศฟินแลนด์จะเท่ากับเวลาท้องถิ่นประเทศออสเตรเลีย 16.00 น. ลบออกด้วย 8 ชั่วโมง (ประเทศออสเตรเลียมีเวลาเร็วกว่าฟินแลนด์เพราะตั้งอยู่ที่ลองจิจูดตะวันออกมากกว่า)

ตอบ ประเทศฟินแลนด์จะเป็นเวลา 08.00 น. ของวันอังคาร

ประเด็นหนึ่งที่ผู้สนใจในเรื่องของการอ่านและการทำแผนที่ควรรู้ คือ ความสำคัญของเส้นลองจิจูดในมิติที่เกี่ยวข้องกับวันและเวลา เป็นที่ทราบจากการอธิบายมาแล้วพอสมควรว่าเส้นเมริเดียนแรกที่ 0 องศาลองจิจูดถูกกำหนดให้เป็นเส้นสำหรับการเทียบเวลามาตรฐานสากล อาจมีคำถามเกิดขึ้นในใจของหลาย ๆ คนว่า แล้วการแบ่งวัน เช่น วันอาทิตย์กับวันจันทร์แบ่งเขตวันกันตรงไหน ถ้าไม่มีเส้นแบ่งเขตวันทุกประเทศทั่วโลกจะมีวันที่เป็นวันเดียวกันทั้งหมด เช่น ทุกประเทศทั่วโลกเป็นวันจันทร์เหมือนกันหมด ในทางภูมิศาสตร์การกำหนดการเปลี่ยนแปลงของวันใช้เส้นลองจิจูดที่ 180 องศาตะวันออกและ 180 องศาตะวันตกซึ่งทับซ้อนเป็นเส้นเดียวกันเป็นเส้นแบ่งเขตวันสากล (International Date Line) ที่น่าสังเกตมากไปกว่านี้คือ เส้นแบ่งเขตวันสากลนี้เมื่อเชื่อมต่อเข้ากับเส้นเมริเดียนแรกที่ 0 องศา จะทำให้เกิดเป็นเส้นวงกลมใหญ่ (Great Circle) เส้นหนึ่งของโลก

คำถามท้ายบทที่ 2

1) เพราะเหตุใด โลกจึงมีลักษณะเหมือนมะนาวแป้น (Oblate Spheroidal)
2) ปีอธิกสุรทิน หรือ Leap Year หมายถึงอะไร และมีผลต่อจำนวนวันในแต่ละปีอย่างไร
3) อธิบายคุณสมบัติของละติจูดและลองจิจูดว่ามีความเหมือน และ/หรือความแตกต่างกันอย่างไร
4) โครงแผนที่ใดที่ได้ชื่อในเรื่องของความถูกต้องของขนาดทวีปมากที่สุด ด้วยเหตุอะไร อธิบาย
5) ถ้าใช้เวลาท้องถิ่นเป็นเวลาหลัก จังหวัดน่าน (ลองจิจูด 100 องศา) เคารพธงชาติตอนเวลา 8:00 น. จังหวัดสกลนคร (ลองจิจูด 105 องศา) จะเคารพธงชาติตอนเวลาเท่าไร

เอกสารอ้างอิง

ทีมวิชาการธรณีไทย. (2007). “ผืนแผ่นดินใหญ่พันเจีย (Supercontinent)”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 18 กรกฎาคม 2560. จาก http://www.geothai.net/pangaea-supercontinent/

“ปีอธิกสุรทิน”. (2018). *วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี*. เข้าถึง 14 มกราคม 2018. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ปีอธิกสุรทิน.

“พิกัดภูมิศาสตร์”. (2018). *วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี*. เข้าถึง 29 ธันวาคม 2018. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/พิกัดภูมิศาสตร์

“ระบบพิกัด”. (2017). *วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี*. เข้าถึง 14 มิถุนายน 2017. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบพิกัด

“โลกแบน”. (2556). [ออนไลน์]. เข้าถึง 10 กุมภาพันธ์ 2561. จาก http://www.komchadluek.net/news/politic/166098

สสวท. (2548). *โลกดาราศาสตร์และอวกาศ.* พิมพ์ครั้งที่ 4 . กรุงเทพฯ : องค์การค้าคุรุสภาฯ.

สุโข เสมมหาศักดิ์. (2559). *การอ่านและการแปลความหมายจากแผนที่.* เอกสารประกอบการสอน, เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

อณุศร พุ่มพวง. (ม.ป.ป.). “แผนที่ แผ่นกระดาษมหัศจรรย์...เครื่องมือช่วยพัฒนาประเทศ ตอนที่ 1 : ทำไม อะไร ยังไง”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 3 สิงหาคม 2561. จาก http://geo2gis.com/index.php/geography/2016-01-29-05-50-18/223-map-what-up.

Geoawesomeness Team. (2018). “Which is the best map projection?”. [online]. Retrieved on January 12, 2018, from https://geoawesomeness.com/best-map-projection/

NOAA. (2018). “What is the highest point on Earth as measured from Earth's center?”. [online]. Retrieved on January 12, 2018, from https://oceanservice.noaa.gov/facts/highestpoint.html

Sharp, T. (2017). “How Big Is Earth?”. [online]. Retrieved on March 20, 2018, from https://www.space.com/17638-how-big-is-earth.html

Wikipedia contributors. (2018) “Atomic Clock”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved on February 3, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Map_symbol&oldid=935799092

Wikipedia contributors. (2018). “Coordinated Universal Time”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved on May 6, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Coordinated_Universal_Time

Wikipedia contributors. (2018). “Earth”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved on May 1, 2019, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Earth&oldid=894754593

Wikipedia contributors. (2018). “Local Mean Time”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved on February 3, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Local_mean_time

Williams, M. (2008). “What is the Diameter of Earth?”. [online]. Retrieved on March 28, 2018, from https://www.universetoday.com/15055/diameter-of-earth/

บทที่ 3

รายละเอียดประจำขอบระวางแผนที่และการกำหนดตำแหน่งบนแผนที่

3.1 รายละเอียดประจำขอบระวางแผนที่

แผนที่ในปัจจุบันทั้งแบบพิมพ์จากเครื่องพิมพ์และแบบที่เป็นข้อมูลดิจิทัลถูกผลิตขึ้นมาเพื่อการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ เพื่อให้แผนที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด การผลิตแผนที่จึงจำเป็นต้องมีรายละเอียดของตัวแผนที่ที่เรียกว่าขอบระวางแผนที่ที่แตกต่างกัน ผู้ใช้แผนที่เองก็จำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในรายละเอียดที่ปรากฏบนขอบระวางแผนที่ด้วยเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เพราะรายละเอียดเหล่านี้จัดว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่จะทำให้ผู้ใช้ทราบถึงข้อมูลจำเพาะของแผนที่ชุดนั้น ๆ ถ้าผู้ใช้เข้าใจถึงรายละเอียดบนขอบระวางแผนที่ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดจะทำให้ง่ายต่อการเข้าใจรายละเอียดบนแผนที่ชนิดอื่นได้ด้วย

แผนที่ที่สามารถยกมาเป็นตัวอย่างสำหรับแสดงรายละเอียดขอบระวางแผนที่ได้ดีที่สุดคือแผนที่ภูมิประเทศลำดับชุด L7017 และ L7018[3] ซึ่งเป็นแผนที่ที่ใช้ในกิจการทหารที่จัดทำขึ้นโดยกรมแผนที่ทหาร ขนาดมาตราส่วน 1: 50,000 แผนที่ระวางดังกล่าวได้รับความนิยมมากในการใช้เป็นแผนที่ฐาน (Base map) และการอ้างอิงตำแหน่งพิกัดในการทำแผนที่การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) รายละเอียดประจำขอบระวางแผนที่ที่สามารถพบได้ในแผนที่ที่มีความเป็นสากลประกอบด้วยสาระต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) ชื่อชุดของแผนที่และมาตราส่วน (Series Name and Scale) โดยปกติทั่วไปชื่อชุดของแผนที่และมาตราส่วนจะปรากฏอยู่ที่มุมซ้ายด้านบนของแผนที่ คือ “ประเทศไทย มาตราส่วน 1: 50,000” สำหรับมาตราส่วนของแผนที่จะปรากฏอยู่ตรงกลางด้านล่างของแผนที่อีกแห่งหนึ่งด้วย (ดูภาพที่ 3.1 ประกอบ)

[3] แผนที่ทหารที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดประจำขอบระวางแผนที่ในตำราเล่มนี้เป็นแผนที่ทหาร จังหวัดสงขลา ชุด L7018S ปรับปรุงล่าสุดเมื่อ พ.ศ.2543 ดังนั้นรายละเอียดประจำขอบระวางอาจมีความแตกต่างจากแผนที่ทหารชุดหรือระวางอื่นในส่วนของรายละเอียดการจัดวาง และข้อมูลจำเพาะบางรายการ

ภาพที่ 3.1 ชื่อชุดของแผนที่และมาตราส่วน

(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 II)

2) ชื่อระวางแผนที่ (Sheet Name) ชื่อของระวางแผนที่ เป็นชื่อที่ตั้งขึ้นตามลักษณะเด่นทางภูมิศาสตร์หรือวัฒนธรรมของพื้นที่ที่แผนที่ระวางนั้นปกคลุมอยู่ เช่น แผนที่จังหวัดสงขลา ชื่อแผนที่โดยปกติทั่วไปในการทำแผนที่นิยมที่จะแสดงไว้ส่วนบนของแผนที่ซึ่งอาจเป็นภายในขอบระวางหรือนอกขอบระวางแผนที่ก็ได้ (ดูภาพที่ 3.2 ประกอบ)

ภาพที่ 3.2 ชื่อระวางแผนที่

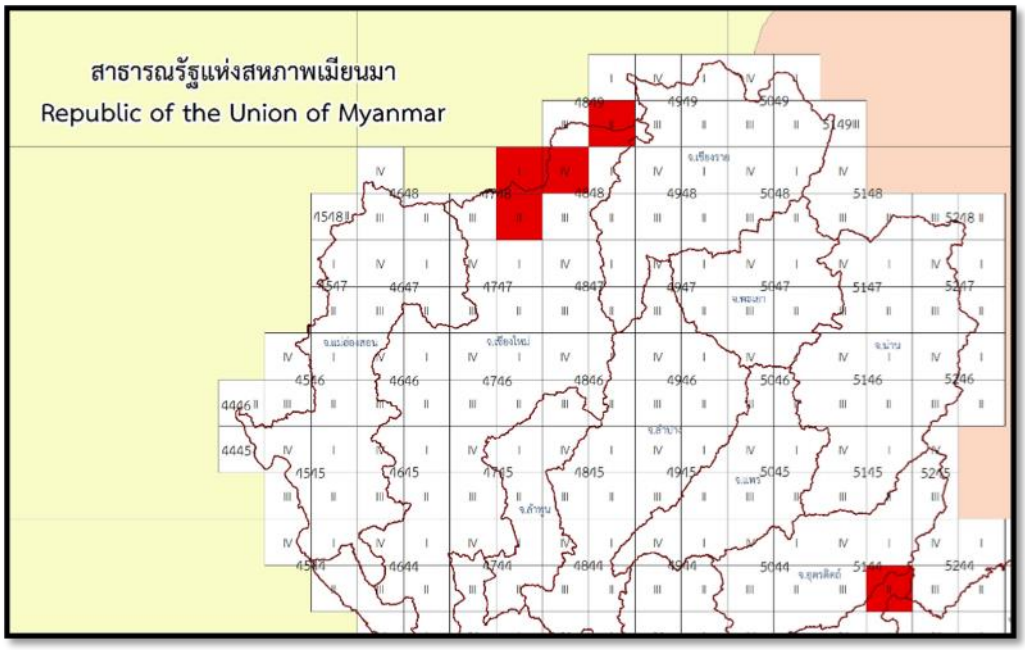
(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 II)

3) หมายเลขแผ่นระวาง (Sheet Number) หมายเลขแผ่นระวางจะแสดงไว้ตรงขอบขวาด้านบนและขอบซ้ายด้านล่างของแผนที่ ใช้เป็นเลขหมายในการเรียกแผนที่แต่ละระวาง เป็นเลขหมายที่อ้างอิงเพื่อความสะดวกในการจัดระเบียบ การเก็บรักษา และเพื่อการค้นหา สำหรับการค้นหาแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000 จะมีหมายเลขแผ่นระวางเป็นเลข 4 ตัว ตามด้วยเลขโรมันตั้งแต่ I, II, III, IV โดยมีลักษณะการเรียงตัวเป็นรูปตัว U โดยเริ่มจากปลายอีกด้าน (ดูภาพที่ 3.3 ประกอบ)

การเรียงลำดับหมายเลขระวางในแผนที่ทหารชุด L 7017 และ L7018 ที่ประกอบด้วยเลขชุด 4 ตัว เลขสองตัวหน้าหมายถึงการเปลี่ยนแปลงในแนวตะวันออก - ตะวันตกหรือตามแนวเส้นศูนย์สูตร กล่าวคือ เลขน้อยจะเริ่มจากทิศตะวันตกไปยังเลขมากที่ทิศตะวันออก ในขณะที่เลขสองตัวหลังจะมีการเปลี่ยนแปลงในแนวเหนือ - ใต้ เลขน้อยจะเริ่มจากทิศใต้ไปหาเลขมากที่ทิศเหนือ สำหรับระวางที่ครอบคลุมประเทศไทยนั้นเลขสองตัวหน้าที่อยู่ทางทิศตะวันตกสุด คือ “44” และทางทิศตะวันออกสุด คือ “61” และเลขสองตัวหลังที่ทิศเหนือสุด คือ “49” และทิศใต้สุด คือ “20” (ดูภาพที่ 3.4 ประกอบ)

ภาพที่ 3.3 หมายเลขระวางแผนที่และทิศทางการอ่านระวาง

(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)



ภาพที่ 3.4 การเรียงลำดับหมายเลขระวางแผนที่

(**แหล่งที่มา**: www.rtsd.go.th)

4) เลขหมายประจำชุด (Series Number) เลขหมายประจำชุดจะบ่งบอกถึงภูมิภาคที่แผนที่ฉบับนั้นครอบคลุมอยู่รวมถึงมาตราส่วนของแผนที่ เลขหมายประจำชุดจะปรากฏอยู่ 2 แห่ง คือ มุมขวาด้านบนและมุมซ้ายด้านล่างของแผนที่ โดยมีความหมายของเลขคร่าว ๆ ดังนี้ (ชนิดแผนที่และการสร้างสัญลักษณ์, 2015)

- ตัวที่ 1 แทน Region Area หรือ Sub-Regional Area แสดงด้วยตัวอักษรอารบิค ตั้งแต่ A-Z บ่งบอกการแบ่งเขตหรือโซนของโลก ประเทศไทย ลาว กัมพูชา เวียดนาม มาเลเซีย จีน ไต้หวัน เกาหลี และญี่ปุ่น ตกอยู่ในเขต L บนแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000

- ตัวที่ 2 หมายเลข 7 หมายถึง มาตราส่วนที่อยู่ระหว่าง 1: 70,000 ถึง 1: 35,000
- ตัวที่ 3 เลขแสดงภูมิภาคย่อย ได้แก่ ไทย ลาว กัมพูชา เวียดนาม มาเลเซีย และจีน
- ตัวที่ 4 เป็นเลขตัวเดียวหรือสองตัว แทนลำดับการจัดทำชุดแผนที่ในมาตราส่วนนั้น ๆ เช่น L7017 เป็นชุดแผนที่ที่ผลิตก่อน L7018

ภาพที่ 3.5 หมายเลขลำดับชุดของแผนที่

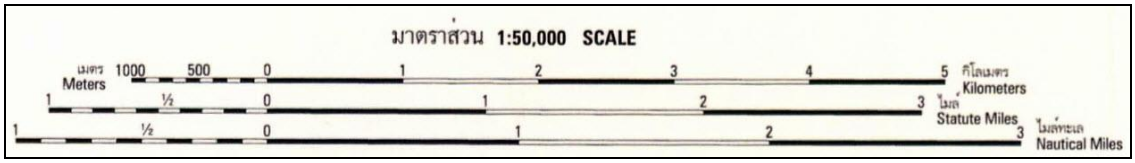
(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)

5) การจัดพิมพ์ (Edition Number) ขอบระวางแผนที่ส่วนนี้บอกให้ทราบถึงจำนวนครั้งของการพิมพ์พร้อมทั้งหน่วยงานที่จัดพิมพ์ โดยจะปรากฏอยู่ทางขอบบนด้านขวาและขอบล่างด้านซ้าย ขอบระวางดังแสดงในภาพที่ 3.6 บ่งบอกให้ทราบว่าแผนที่ชุดนี้จัดพิมพ์ครั้งที่ 1 โดยกรมแผนที่ทหาร (Royal Thai Survey Department: RTSD)

ภาพที่ 3.6 หมายเลขการจัดพิมพ์และหน่วยงานที่จัดพิมพ์

(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)

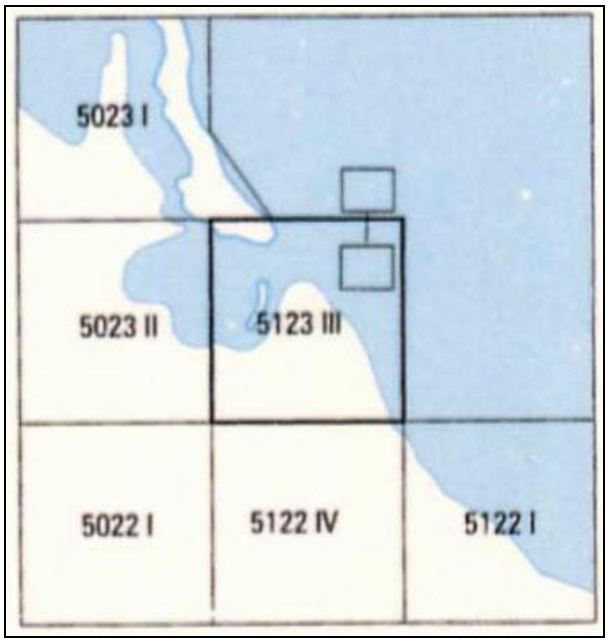
6) มาตราส่วน (Map Scale) มาตราส่วน คือ องค์ประกอบของแผนที่ที่บ่งบอกระยะทางสัมพันธ์ระหว่างระยะทางบนแผนที่กับระยะทางบนพื้นโลกจริง เช่น แผนที่ที่มีมาตราส่วน 1 : 100,000 จะบ่งบอกความสัมพันธ์เชิงระยะทางได้ว่า 1 หน่วยระยะทางบนแผนที่จะเท่ากับ 100,000 หน่วยระยะทางบนพื้นโลกจริง ถ้าใช้หน่วยวัดระยะทางในระบบเมตริก มาตราส่วนดังกล่าวสามารถอ่านได้ว่า 1 เซนติเมตรบนแผนที่จะเท่ากับระยะทาง 1 กิโลเมตรบนพื้นโลกจริง มาตราส่วนแผนที่ไม่ว่าจะเป็นแบบใดก็ตาม โดยปกติจะแสดงไว้ด้านล่างซึ่งอาจเป็นตรงกลางหรือมุมใดมุมหนึ่งในขอบระวางแผนที่ (ดูภาพที่ 3.7 ประกอบ) แสดงตัวอย่างของมาตราส่วนแบบสัดส่วน และมาตราส่วนบรรทัด



ภาพที่ 3.7 มาตราส่วนแบบสัดส่วนและมาตราส่วนบรรทัด

(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)

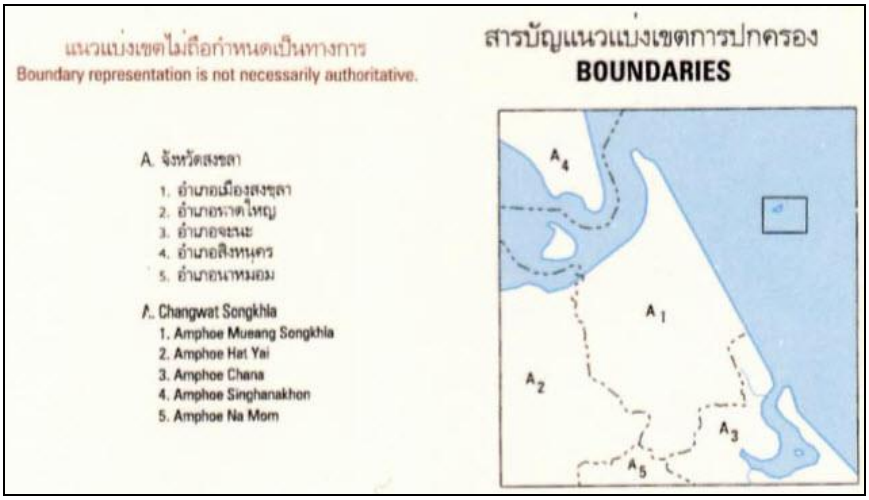
7) สารบัญระวางติดต่อ (Adjoining Sheets) สารบัญระวางติดต่อจะแสดงเป็นผังรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสบริเวณมุมล่างด้านขวาของแผนที่ สารบัญระวางติดต่อนี้จะบอกให้ทราบว่ามีแผนที่ระวางใดบ้างที่อยู่โดยรอบของระวางแผนที่ที่กำหนดเป็นระวางศึกษา โดยปกติจะแสดงระวางติดต่อกันอีก 8 ระวางล้อมรอบเพื่อให้สะดวกในการค้นหาระวางใกล้เคียง บริเวณที่ไม่ได้แสดงว่าเป็นพื้นดินบนแผนที่ เช่น พื้นที่ที่เป็นทะเล จะไม่ปรากฏระวาง (ดูภาพที่ 3.8 ประกอบ)



ภาพที่ 3.8 สารบัญระวางติดต่อ

(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)

8) สารบัญแสดงแนวแบ่งเขตการปกครอง (Boundaries) ข้อมูลขอบระวางแผนที่ส่วนนี้จะแสดงไว้ตรงขอบล่างด้านขวาที่ใกล้กับสารบัญระวางติดต่อ มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดเล็กแทนแผนที่ระวางนั้น ภายในจะมีเส้นแบ่งเขตการปกครองให้เห็นพอสังเขปว่าแผนที่ระวางนั้นครอบคลุมพื้นที่เขตการปกครองใดบ้าง

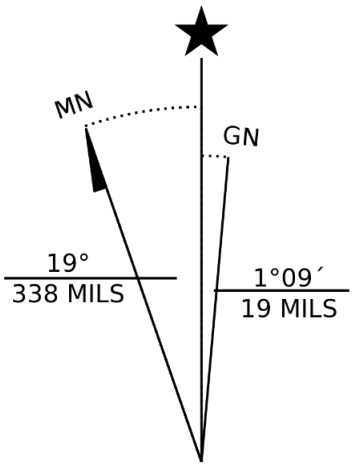


ภาพที่ 3.9 สารบัญแสดงแนวแบ่งเขตการปกครอง

(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)

9) แผนผังเดคลิเนชั่น หรือ แผนผังมุมบ่ายเบน (Declination Diagram) แผนผังเดคลิเนชั่นเป็นข้อมูลขอบระวางแผนที่ที่บ่งบอกให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของมุมที่เกิดขึ้น ดังนี้

- ทิศเหนือจริง (True North) ใช้สัญลักษณ์ รูปดาว
- ทิศเหนือกริด (Grid North) ใช้สัญลักษณ์ GN
- ทิศเหนือแม่เหล็ก (Magnetic North หรือ MN) ใช้สัญลักษณ์ลูกศรครึ่งซีก

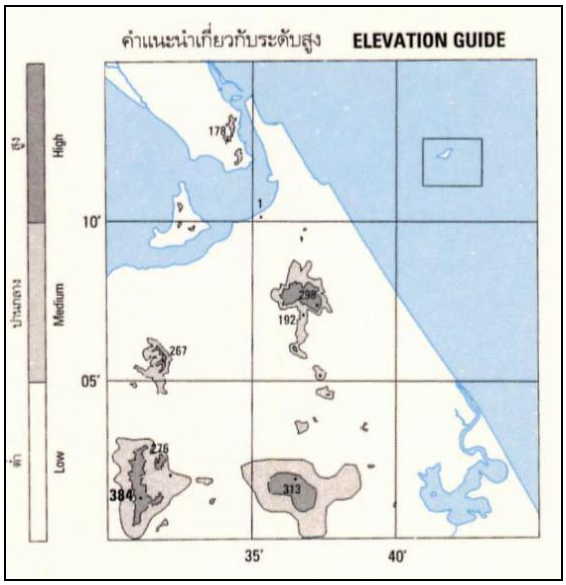


ภาพที่ 3.10 แผนผังมุมบ่ายเบน

(**แหล่งที่มา**: https://en.wikipedia.org/wiki/File: Magnetic_grid_ declination_ diagram.svg)

10) คำแนะนำเกี่ยวกับระดับสูง (Elevation Guide) ระวางขอบแผนที่นี้บ่งบอกให้เราทราบถึงช่วงชั้นความสูงของพื้นผิวโลกในแผนที่โดยประมาณโดยอธิบายด้วยโทนสีเทาที่แตกต่างกัน กล่าวคือ บริเวณที่ไม่ปรากฏสีเทาเลยหมายถึงบริเวณที่มีความสูงของพื้นที่ต่ำ บริเวณที่มีสีเทาอ่อนหมายถึงบริเวณที่มีความสูงอยู่ในระดับปานกลาง และบริเวณใดที่มีสีเทาเข้มแสดงว่าบริเวณนั้นมีความ

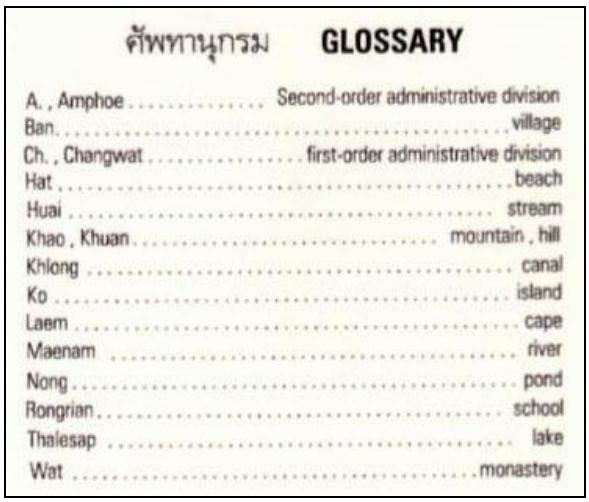
สูงค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่มีสีเทาที่อ่อนกว่า ทั้งนี้ การบ่งบอกระดับความสูงของพื้นที่จะแสดงด้วยตัวเลขค่าความสูงกำกับจุดยอดที่สูงที่สุดของบริเวณนั้น ๆ (ดูภาพที่ 3.11 ประกอบ)



ภาพที่ 3.11 คำแนะนำเกียวกับระดับสูง

(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)

11) ศัพทานุกรม (Glossary) ศัพทานุกรมคือระวางขอบแผนที่ที่ปรากฏอยู่บริเวณด้านล่างตรงกลางของแผนที่ วัตถุประสงค์ของขอบระวางแผนที่นี้ คือ เพื่อให้ผู้ใช้แผนที่สามารถอ่านและทราบวิธีการเขียนทับศัพท์คำที่ออกเสียงในภาษาไทยด้วยคำอ่านที่เป็นภาษาอังกฤษ และเพื่อให้ทราบความหมายที่ตรงกับความหมายในภาษาอังกฤษของคำ ๆ นั้น ตัวอย่าง เช่น “เกาะ” ที่เป็นคำศัพท์ภาษาไทย และ “Ko” ที่เป็นการทับศัพท์คำอ่านภาษาอังกฤษ มีความหมายในภาษาอังกฤษคือ “Island” เป็นต้น



ภาพที่ 3.12 ศัพทานุกรม

(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)

12) บันทึก (Notes) เป็นขอบระวางแผนที่ซึ่งแสดงอยู่บริเวณด้านล่างตรงกลางของแผนที่ใกล้กับศัพทานุกรม บันทึกนี้มีวัตถุประสงค์คล้ายคลึงกับหมายเหตุเพื่อที่จะใช้อ้างอิงสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่ เช่น ความกว้างของช่องทางจราจร การแปลงหน่วย และข้อควรระวัง เป็นต้น

บันทึก **NOTES**

ช่องทางจราจร 1 ช่องทางบนแผนที่นี้ ถือว่ามีขนาดกว้างอย่างน้อย 2.5 เมตร (8 ฟุต)

A LANE ON THIS MAP IS CONSIDERED TO BE AT LEAST 2.5 METERS (8 FEET) WIDE.

มีหมู่บ้านที่มีชื่อซ้ำกันหลายหมู่บ้านในแผนที่

THERE ARE NUMEROUS IDENTICALLY NAMED VILLAGES PORTRAYED ON THIS MAP.

การแปลงหน่วยจากเมตรเป็นฟุต ใช้มาตราส่วน 1 เมตร = 3.28 ฟุต

TO CONVERT METERS TO FEET USE THIS FACTOR: 1 METER = 3.28 FEET.

ถนนทั้งหมดในพื้นที่เมืองจะใช้สัญลักษณ์ถนนในเมือง

IN DEVELOPED AREAS ONLY THROUGH ROADS ARE CLASSIFIED.

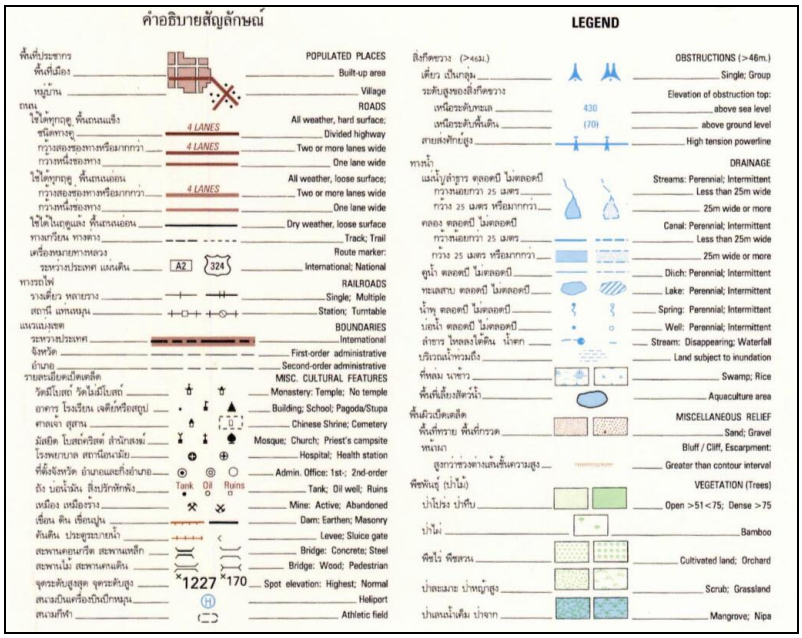
ข้อควรระวัง แผนที่นี้ไม่แสดงสายโทรศัพท์และสายไฟฟ้าทั้งหมด

CAUTION: NOT ALL TELEPHONE AND ELECTRIC SERVICE LINES ARE SHOWN.

ภาพที่ 3.13 บันทึก

(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)

13) คำอธิบายสัญลักษณ์ (Legend) คำอธิบายสัญลักษณ์เป็นขอบระวางแผนที่ซึ่งแสดงอยู่บริเวณด้านล่างซ้ายของแผนที่ ใช้อธิบายสิ่งที่ปรากฏอยู่บนแผนที่ด้วยสัญลักษณ์ที่สามารถสื่อความหมายให้เข้าใจได้ตามหลักสากล เช่น ทางน้ำ จะแสดงด้วยเส้นที่มีรูปร่างแทนด้วยสีฟ้า พื้นที่ป่าไม้แสดงด้วยขอบเขตพื้นที่แทนด้วยสีเขียว เป็นต้น (ดูภาพที่ 3.14 ประกอบ)



คำอธิบายสัญลักษณ์ **LEGEND**

ภาพที่ 3.14 คำอธิบายสัญลักษณ์

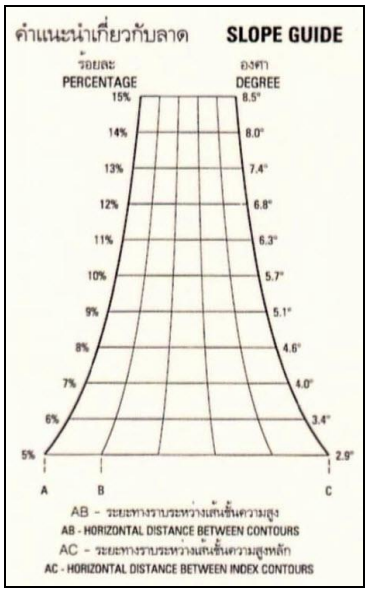
(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)

14) หมายเลขสิ่งอุปกรณ์ (Stock NO.) หมายเลขสิ่งอุปกรณ์เป็นระวางขอบแผนที่แสดงอยู่บริเวณขอบแผนที่ด้านล่างขวา ประโยชน์ของขอบระวางนี้ คือ แสดงหมายเลขอุปกรณ์เพื่อใช้ในการบ่งบอกให้ทราบชนิดของแผนที่ในระบบการส่งกำลังและเพื่อการเบิกแผนที่ นอกจากนี้ขอบระวางดังกล่าวยังถือเป็นรหัสประจำแผนที่ด้วย แผนที่รุ่นใหม่จะมีระวางขอบแผนที่ปรากฏในรูปของบาร์โค้ด (Barcode)

ภาพที่ 3.15 หมายเลขสิ่งอุปกรณ์

(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)

15) คำแนะนำเกี่ยวกับความลาดชัน (Slope Guide) ระวางขอบแผนที่นี้แสดงอยู่บริเวณมุมด้านล่างขวาใกล้กับคำแนะนำเกี่ยวกับระดับสูง (Elevation Guide) มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายรายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับความลาดเทของพื้นที่ที่ได้จากการอ้างอิงจากเส้นชั้นความสูง (Contour Line) (ดูภาพที่ 3.16 ประกอบ)



ภาพที่ 3.16 คำแนะนำเกี่ยวกับความลาดชัน

(**แหล่งที่มา**: แผนที่ทหารระวาง 5123 III)

3.2 การให้สีในแผนที่

การให้สีในการทำแผนที่ในปัจจุบันถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญองค์ประกอบหนึ่ง นอกเหนือจากองค์ประกอบแผนที่ทั้ง 4 อย่าง คือ ชื่อแผนที่ มาตราส่วน ทิศ และคำอธิบายสัญลักษณ์ การให้สีถือเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้การอ่านและการแปลความหมายแผนที่ง่ายขึ้นเมื่อเปรียบเทียบ

กับแผนที่สีขาวดำ โดยทั่วไปในแผนที่ทหารสีที่ใช้ในการทำแผนที่จะประกอบไปด้วยสีหลัก 6 สี ได้แก่

- **สีดำ** ใช้แทนสิ่งที่มนุษย์เป็นผู้สร้าง เช่น อาคาร เส้นกริดบนแผนที่
- **สีแดง** ใช้แทนเส้นถนนและรายละเอียดอื่น ๆ เช่น ชื่อสถานที่
- **สีน้ำเงิน** ใช้แทนบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำและทางน้ำ เช่น ทะเล คลอง แม่น้ำ
- **สีน้ำตาล** ใช้แทนเส้นชั้นความสูงและเลขระบุชั้นความสูง
- **สีเขียว** ใช้แทนพื้นที่ที่เป็นพืชพันธุ์ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม
- **สีเหลือง** ใช้แสดงสัญลักษณ์ที่เกี่ยวกับที่ราบสูง

นอกจากสีที่ใช้ในแผนที่แล้วยังมีการใช้แถบสี (Layer tinting) ซึ่งหมายถึงการจำแนกความแตกต่างของลักษณะภูมิประเทศทั้งที่เป็นพื้นดินและพื้นน้ำ แถบสีที่นิยมใช้ในแผนที่ภูมิประเทศ มีดังนี้ (การใช้แถบสี, 2551)

พื้นดินมีแถบสีที่นิยมใช้แสดงลักษณะภูมิประเทศ ดังนี้

- **สีเขียว** แสดงพื้นที่ราบต่ำ
- **สีเหลือง** แสดงเนินเขาหรือที่สูง
- **สีเหลืองแก่** แสดงภูเขาสูง
- **สีน้ำตาล** แสดงภูเขาสูงมาก
- **สีขาว** แสดงภูเขาที่มีหิมะปกคลุม

พื้นน้ำมีแถบสีที่นิยมใช้แสดงความลึกของแหล่งน้ำในแผนที่ ดังนี้

- **สีฟ้าอ่อน** แสดงไหล่ทวีป หรือเขตทะเลตื้น
- **สีฟ้าแก่** แสดงทะเลลึก
- **สีน้ำเงิน** แสดงทะเลหรือมหาสมุทรลึก
- **สีน้ำเงินแก่** แสดงน่านน้ำที่มีความลึกมาก

3.3 การกำหนดตำแหน่งบนแผนที่

การกำหนดตำแหน่ง คือ การหาตำแหน่งที่ตั้งหนึ่ง ๆ บนผิวโลกโดยอาศัยค่าพิกัดแรกเริ่มที่ปรากฏบนแผนที่ชุดนั้น ๆ เพื่อให้สามารถกำหนดตำแหน่งอื่นบนแผนที่ได้ การกำหนดตำแหน่งใด ๆ บนแผนที่จะใช้วิธีการหาค่าจุดที่ตัดกันบนแกน X และแกน Y ทั้งนี้ การกำหนดตำแหน่งบนแผนที่สามารถทำได้สองรูปแบบ ดังนี้

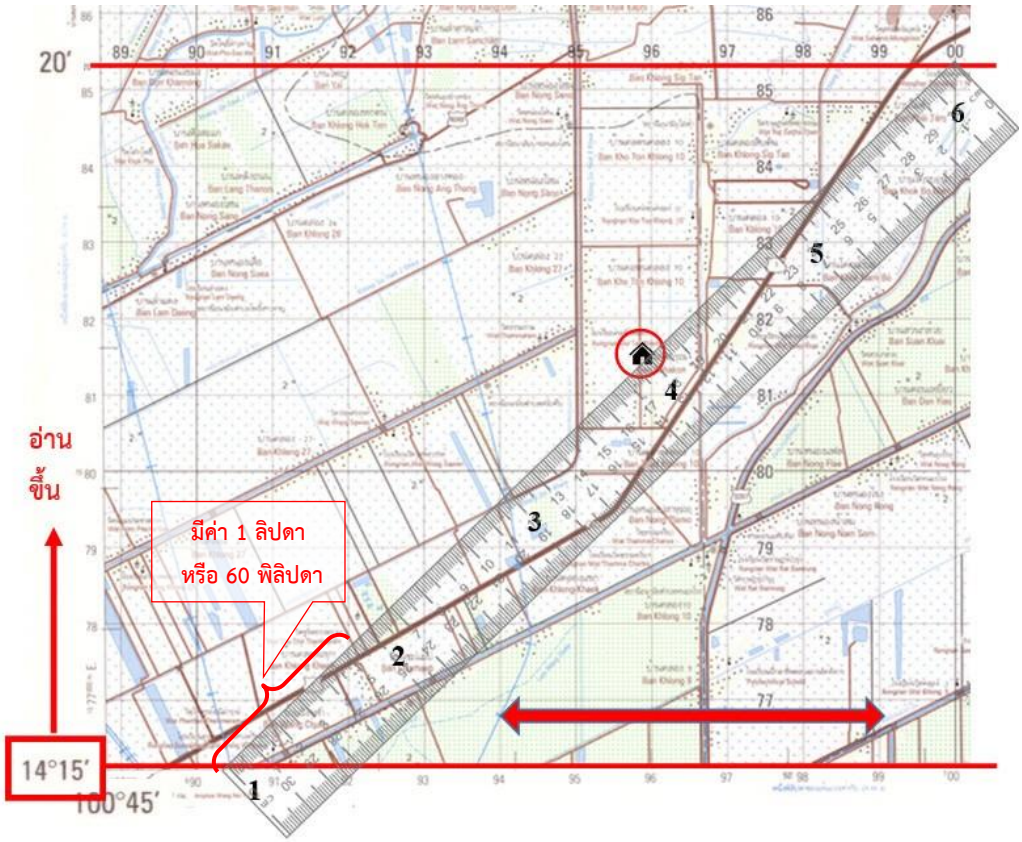
3.3.1 การกำหนดตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate)

การอ่านค่าพิกัดภูมิศาสตร์จะอ้างอิงจากจากค่าละติจูด (Latitude) และค่าลองจิจูด (Longitude) โดยใช้หน่วยวัดเป็น องศา (°) ลิปดา (‘) พิลิปดา (“) โดยมีวิธีการดังนี้

1) ขีดเสนกรอบทุก ๆ 5 ลิปดาบนแผนที่ (ทั้งละติจูดและลองจิจูด) ให้ครอมตำแหน่งที่ตองการอาน (ดูภาพที่ 3.17 และ ภาพที่ 3.18 ประกอบ)

2) ใช้ไม้บรรทัดขนาดความยาว 30 เซนติเมตร วัดและแบ่งเป็น 5 ส่วน ๆ ละ 6 เซนติเมตร หรือส่วนละ 1 ลิปดาและระหว่างส่วนจะมีค่าเท่ากับ 60 พิลิปดา โดยให้

- ตำแหน่ง 0 เซนติเมตร ใส่เลข “1”
- ตำแหน่ง 6 เซนติเมตร ใส่เลข “2”
- ตำแหน่ง 12 เซนติเมตร ใส่เลข “3”
- ตำแหน่ง 18 เซนติเมตร ใส่เลข “4”
- ตำแหน่ง 24 เซนติเมตร ใส่เลข “5”
- ตำแหน่ง 30 เซนติเมตร ใส่เลข “6”



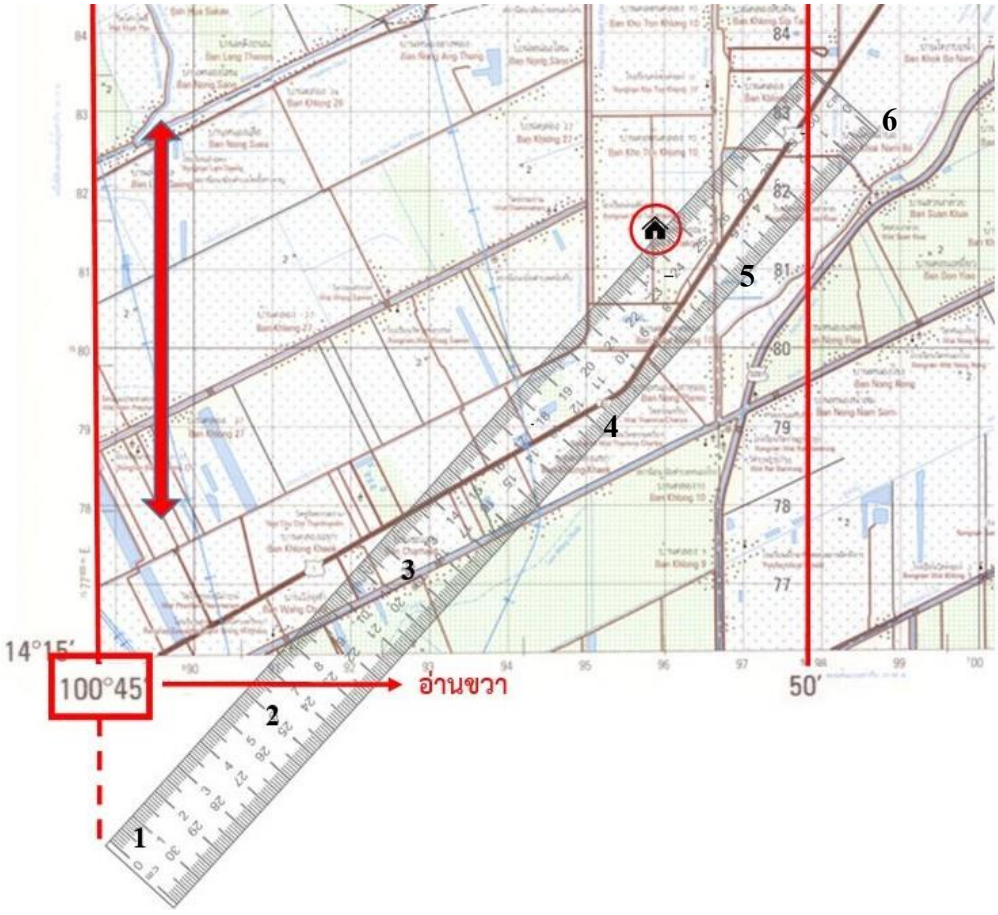
ภาพที่ 3.17 การกำหนดตำแหน่งละติจูด

(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)

3) ทาบตำแหน่งหมายเลข “1” ให้ทับบนเส้นลิปดาที่มีค่าน้อย (จากข้อที่ 1) และหมายเลข “6” ให้ทับเส้นลิปดาที่มีค่ามากบนแผนที่ ที่พาดผ่านตำแหน่งที่ต้องการหาพิกัด โดย

- ค่าพิกัดละติจูดให้เลื่อน ซ้าย-ขวา โดยหมายเลข “1” และ “6” อยู่บนเส้นลิปดา
- ค่าพิกัดลองจิจูดให้เลื่อน ขึ้น-ลง โดยหมายเลข “1” และ “6” อยู่บนเส้นลิปดา

4) การอ่านค่าพิกัดภูมิศาสตร์ให้เริ่มต้นจากขอบแผนที่แล้วบวกค่าลิปดาที่อ่านได้เพิ่มเข้าไปกับค่าพิกัดขอบแผนที่ จากภาพที่ 3.17 พิกัดเริ่มต้นคือ 14°15‘ เมื่ออ่านขึ้นบนตามหมายเลข 1-6 จนถึง ค่าลิปดาจะบวกเพิ่มทีละ 1 ลิปดาจากพิกัดเริ่มต้นหรือมีค่าเท่ากับ 14°17‘ แล้วจึงอ่านค่าพิลิปดา โดย 1 เซนติเมตรหรือ 10 มิลลิเมตรบนไม้บรรทัดจะมีค่าเท่ากับ 10 พิลิปดา อ่านค่ามิลลิเมตรจนถึงจุดกึ่งกลางของ จะได้ค่าพิลิปดา ดังนั้นค่าละติจูดที่อ่านได้คือ 14°17’58” เหนือที่ได้ 58 พิลิปดา เนื่องจาก ยังตกไม่ถึงเลข 4 บนไม้บรรทัดจึงอ่านค่าจากเลข 3 ถึงเลข 4 ได้เท่ากับ 58 มิลลิเมตร ส่วนค่าลองจิจูดจากภาพที่ 3.18 ก็มีวิธีการหาเช่นเดียวกัน แตกต่างกันที่การแนวทาบไม้บรรทัดและทิศทางในการอ่านค่าพิกัด ค่าลองจิจูดที่อ่านได้ คือ 100°49’05” ตะวันออก



ภาพที่ 3.18 การกำหนดตำแหน่งลองจิจูด

(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)

3.3.2 การกำหนดตำแหน่งพิกัดกริด (Grid Coordinate)

การอ่านค่าพิกัดกริดจะเป็นไปตามระบบพิกัดกริดที่แบ่งโลกออกเป็นโซนซึ่งประกอบด้วยกริดแนวนอน (แกน X หรือแกนตะวันออก-ตะวันตก) และกริดแนวตั้ง (แกน Y หรือแกนเหนือ-ใต้) การหาค่าพิกัดจะเป็นการหาค่า ณ จุดใด ๆ ที่เป็นจุดเริ่มต้นของแกน X และ Y จากแผนที่ชุด L7018 การกำหนดตำแหน่งพิกัดกริดจะใช้ตารางที่ปรากฏอยู่บนแผนที่เพื่อการอ้างอิงและหาค่าพิกัด สิ่งที่ปรากฏอยู่บนแผนที่คือพิกัดเริ่มต้นของแผนที่ทหาร มุมล่างซ้ายของแผนที่ระวางนี้ คือ แกน Y เท่ากับ 1577000 m. N และ แกน X เท่ากับ 689000 m. E และระวางชุดนี้มีหน่วยที่ใช้เป็น “เมตร” และอยู่ทางทิศ “เหนือ” และทางทิศ “ตะวันออก” ตามลำดับ (ดูภาพที่ 3.19 ประกอบ) ในแผนที่ขนาด 1 มิลลิเมตร จะมีระยะทางในพื้นที่จริงเท่ากับ 50 เมตร เพราะช่องกริดหนึ่งช่องในแผนที่ทหารจะมีขนาด 2 เซนติเมตรหรือ 20 มิลลิเมตร เทียบเท่ากับขนาดของพื้นที่จริง 1,000 เมตร หรือ 1 กิโลเมตร โดยมาจากการคำนวณระยะทางในพื้นที่จริงหารด้วยระยะทางบนแผนที่ (1000÷20 = 50) ของตำแหน่งที่ต้องการ จากตัวอย่างคือ แกน X เริ่มนับจาก 689000m. E ไปจนถึง 697000m. E จากนั้นจึงเริ่มพิจารณาบนแกน Y โดยเริ่มนับจาก 1577000m. N จนถึง 1584000m. N เสร็จแล้วทำการหาค่ารายละเอียดของเลขประจำกริดโดยการใช้ไม้บรรทัดในการวัดจากขอบช่องกริด (เส้นประสีฟ้า) ที่ตำแหน่งที่ต้องการตกอยู่ (เส้นประสีแดง) จนถึงตำแหน่งที่ต้องการ แล้วอ่านค่าบนไม้บรรทัดเป็นหน่วยมิลลิเมตร ทำเช่นนี้เหมือนกันทั้งบนแกน X และบนแกน Y

ตัวอย่าง ค่าพิกัดเริ่มต้นจากมุมของแผนที่ **Y = 1577000 N, X = 689000 E** (ภาพที่ 3.19)

สีแดง คือ ตัวเลขประจำกริด

สีส้ม คือ รายละเอียดของเลขประจำกริด

สีเขียว คือ ทิศ

จาก การอ่านตัวเลขประจำกริดแกน Y ได้ 1584000 N

การอ่านตัวเลขประจำกริดแกน X ได้ 0697000 E

วัดระยะจากขอบช่องกริดแกน Y (เส้นประสีฟ้า) ไปยัง 🏠 ได้ 14 มิลลิเมตร

วัดระยะจากขอบช่องกริดแกน X (เส้นประสีฟ้า) ไปยัง 🏠 ได้ 10 มิลลิเมตร

เมื่อ ระยะทางในแผนที่ 1 มิลลิเมตร มีขนาดของในพื้นที่จริงเท่ากับ 50 เมตร

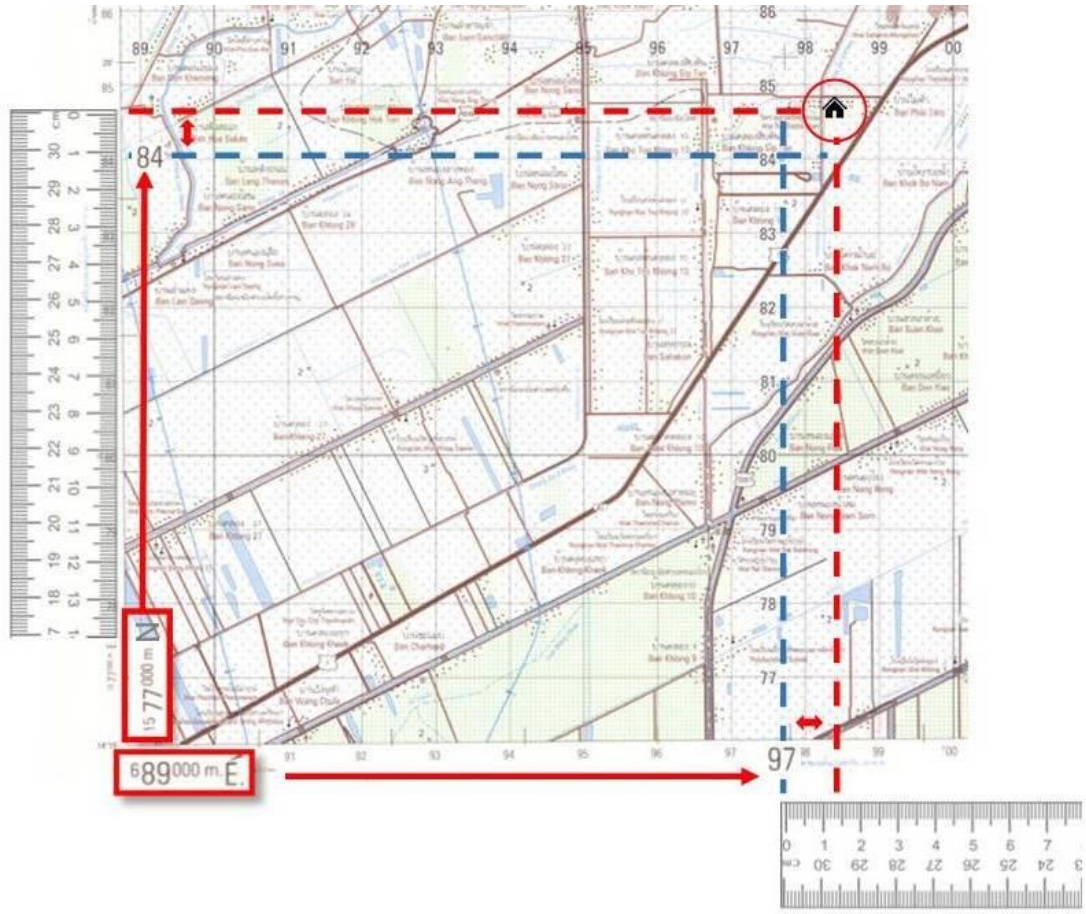
เทียบ รายละเอียดของเลขประจำกริดแกน Y **=** 14 มิลลิเมตร X 50 เมตร = 700

รายละเอียดของเลขประจำกริดแกน X **=** 10 มิลลิเมตร X 50 เมตร = 500

ดังนั้น/คำตอบ ค่า Y = 1584700 m. N

ค่า X = 0697500 m. E

นั่นหมายความว่าระยะทางในการกำหนดพิกัดตำแหน่งพิกัดกริดมีวิธีการหา คือ ให้อ่านค่าพิกัดเริ่มต้นจากมุมซ้ายล่างของแผนที่แล้วนับต่อเนื่องไปทางขวาบนแกน X ก่อนจนถึงช่องกริดก่อนหน้า



ภาพที่ 3.19 การกำหนดตำแหน่งพิกัดกริด

(**แหล่งที่มา:** จัดทำโดยผู้เขียน)

คำถามท้ายบทที่ 3

1) การหาระวางติดต่อแบบสี่ระวางย่อย ลักษณะการเรียงลำดับต้องเริ่มจากระวางตำแหน่งใดก่อน เพราะอะไร
2) หมายเลขประจำระวาง แผนที่ทหาร L7018 ในทิศตะวันตกตัวเลขประจำระวางสองตัวแรกจะมีค่ามากว่าหรือน้อยกว่าฝั่งทิศตะวันออก
3) อักษร L และตัวเลข 7018 บนแผนที่ทหาร L7018 มีความหมายว่าอย่างไร
4) โดยภาพรวมท่านคิดว่ารายละเอียดประจำขอบระวางแผนที่มีความสำคัญอย่างไรบ้าง
5) การกำหนดตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์และการกำหนดตำแหน่งพิกัดกริดมีความแตกต่างกันอย่างไร อธิบาย

เอกสารอ้างอิง

“การใช้แถบสี”. (2551). *ภูมิศาสตร์ ม.2*. (11). [ออนไลน์]. เข้าถึง 2 เมษายน 2561. จาก http://academic.obec.go.th/textbook/web/images/book/1454663225_example.pdf

“ชนิดแผนที่และการสร้างสัญลักษณ์”. (2015). [ออนไลน์]. เมื่อ 20 มกราคม 2561 จาก https://www.gistda.or.th/main/th/node/905

บทที่ 4

องค์ประกอบแผนที่

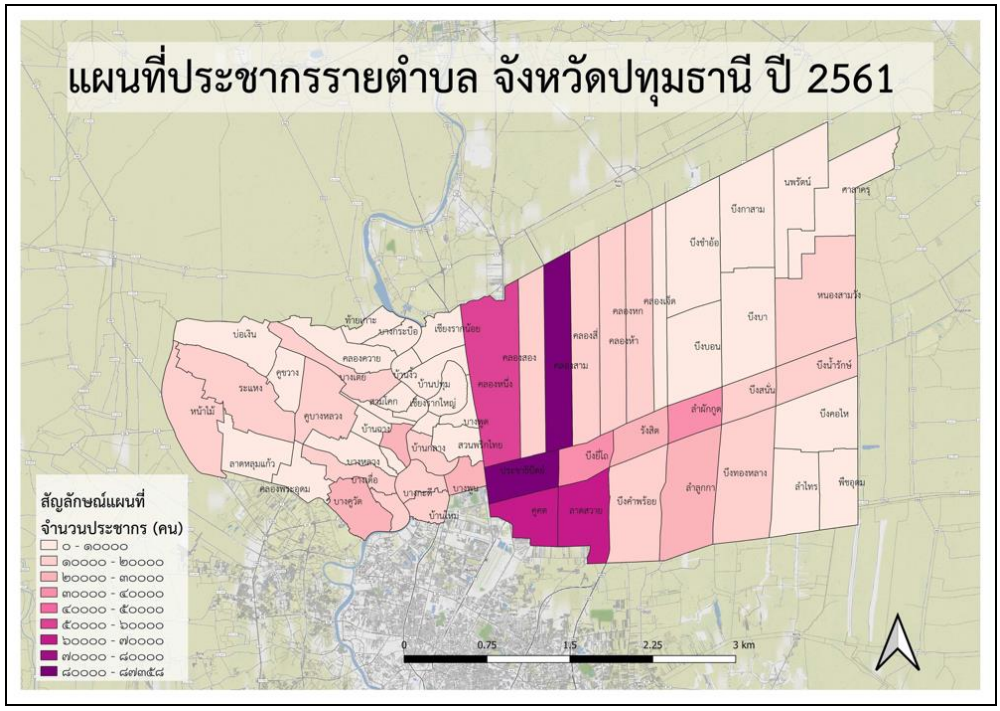
4.1 องค์ประกอบแผนที่ (Map Components)

การบอกความเป็นแผนที่มิได้พิจารณาเพียงว่ามีเส้นโครงแผนที่ที่ปรากฏบนวัสดุแผ่นราบเท่านั้น ความเป็นแผนที่ที่สมบูรณ์จำเป็นต้องพิจารณาจากองค์ประกอบของแผนที่ซึ่งอย่างน้อยต้องประกอบไปด้วยสิ่งสำคัญ 3 อย่างตามความหมายของแผนที่ที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 1 คือ มาตราส่วน ทิศ และสัญลักษณ์ หากไม่มีส่วนประกอบดังกล่าว เส้นโครงรวมไปถึงสัญลักษณ์อื่นใดที่ปรากฏบนวัสดุแบนราบอาจเป็นได้แค่ “ลายแทง” คล้ายกับประสบการณ์ของหลาย ๆ คนที่จะเดินทางไปบ้านเพื่อนแต่ไม่รู้ตำแหน่งแห่งที่ที่แน่นอนว่าอยู่ ณ ที่ใด ก็จะขอให้เพื่อนเขียนแผนที่เส้นทางให้ ในแผนที่ที่เขียน (ซึ่งโดยความเป็นจริงคือ ลายแทง) จะปรากฏเป็นเส้นทางคร่าว ๆ พร้อมกับจุดสังเกต (Landmark) ที่เด่นชัด เช่น วัด โรงเรียน หรือเจดีย์ ในหลาย ๆ กรณีพบว่าแผนที่ดังกล่าวบอกระยะทางจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่งเท่ากันกับความยาวของถนนจากปากซอยหนึ่งไปยังอีกปากซอยหนึ่ง ทั้งที่ระยะทางจริงอาจต่างกัน 2 - 3 กิโลเมตร การทำแผนที่ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงเพื่อประโยชน์ทางการทหาร การกำหนด/สร้างสาธารณูปโภคและสาธารณูปการตามนโยบายการพัฒนาของรัฐ จะทำโดยขาดองค์ประกอบที่สำคัญของแผนที่โดยเขียนง่าย ๆ แบบแผนที่ลายแทงไม่ได้จำเป็นต้องรักษารูปทรงของพื้นผิวโลกจริงด้วยการย่อส่วนและรักษาทิศให้ตรงกับความเป็นจริงโดยแสดงด้วยสัญลักษณ์ที่สื่อความหมายได้อย่างดีตามหลักสากล เพื่อเป็นพื้นฐานในการทำแผนที่และพื้นฐานความเข้าใจสำหรับผู้ที่จะทำแผนที่และผู้ที่จะใช้ประโยชน์จากแผนที่ ในบทนี้จึงขอกล่าวถึงองค์ประกอบของแผนที่ที่สำคัญพร้อมคำอธิบายพอสังเขป 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ชื่อแผนที่ ขอบระวางแผนที่ ทิศ มาตราส่วน และสัญลักษณ์

4.2 ชื่อแผนที่ (Map’s Name)

องค์ประกอบแผนที่องค์ประกอบแรก คือ ชื่อแผนที่ โดยปกติทั่วไป การทำแผนที่จะระบุชื่อแผนที่ไว้ส่วนบนสุดของแผนที่ซึ่งอาจอยู่ในขอบระวางหรือนอกขอบระวางก็ได้ (ดูภาพที่ 4.1 ประกอบ) การระบุชื่อแผนที่ไว้ส่วนบนสุดของแผนที่ก็เพื่อความสะดวกในการค้นหาและการใช้

ประโยชน์ เป้าประสงค์จริงของการระบุชื่อแผนที่ คือ ต้องการให้ผู้ที่ต้องการใช้แผนที่ทราบในเบื้องต้นว่าแผนที่นั้นเป็นแผนที่ที่นำเสนอสาระในเรื่องใด เช่น เขตการปกครอง สถานที่ท่องเที่ยว ลักษณะภูมิประเทศ และ/หรือ ลักษณะภูมิอากาศ เป็นต้น ครอบคลุมบริเวณใดหรือเกี่ยวข้องกับพื้นที่ใดเป็นการเฉพาะ เช่น แผนที่ประชากรรายตำบล จังหวัดปทุมธานี ปี 2561 เป็นต้น



ภาพที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบชื่อของแผนที่

(**แหล่งที่มา :** ผลงานนักศึกษารายวิชาแผนที่และการแปลความหมายจากแผนที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง)

4.3 ขอบระวางแผนที่

โดยปกติทั่วไปในการทำแผนที่ นิยมที่จะทำขอบระวางแผนที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหรือสี่เหลี่ยมจตุรัสแล้วแต่กรณีขึ้นอยู่กับรูปทรงและขนาดของพื้นที่ที่จะนำเสนอ ขอบระวางแผนที่นอกจากจะเป็นที่นิยมตามหลักสากลในการทำแผนที่แล้ว ยังช่วยให้การนำเสนอแผนที่ที่จัดทำมีความโดดเด่นและสวยงาม ขอบระวางแผนที่มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ (ดูภาพที่ 4.2 ประกอบ)

1) พื้นที่ภายในขอบระวาง คือ ส่วนที่เป็นแผนที่แสดงรายละเอียดที่ปรากฏในภูมิประเทศจริงหรือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น สิ่งที่แสดงในแผนที่จะมากหรือน้อย และจะมีรายละเอียดมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับขนาดที่กำหนดตามประเภทของแผนที่

2) เส้นขอบระวางแผนที่ คือ เส้นที่กั้นขอบเขตบริเวณแผนที่กับพื้นที่นอกขอบระวางแผนที่ ทั้งนี้ เส้นขอบระวางแผนที่ต้องอยู่ห่างจากแผนที่ทั้งสี่ด้านไม่กว้างเกินไปจนครอบคลุมพื้นที่อื่นที่อยู่นอกความสนใจศึกษา หรือแคบเกินไปจนติดหรือตัดบางส่วนของพื้นที่ในแผนที่ที่สนใจศึกษา เส้น

ขอบระวางแผนที่แต่ละด้านจะมีตัวเลขบ่งบอกค่าพิกัดกริด และ/หรือค่าพิกัดภูมิศาสตร์ (ละติจูด และลองจิจูด)

ภาพแสดงรูปแบบขอบระวางแผนที่

ภาพที่ 4.2 แผนที่ประเทศไทย แสดงขอบระวางแผนที่

(**แหล่งที่มา** : https://sites.google.com/site/jannutsaba/phu-cad-tha)

3) เส้นขอบระวางแผนที่เสริม คือ เส้นขอบระวางที่ทำเสริมจากเส้นขอบระวางที่ทำไว้ก่อนแล้วเพื่อความสวยงาม (อาจมีหรือไม่มีก็ได้)

4) พื้นที่ขอบระวาง หมายถึง พื้นที่ที่อยู่ระหว่างขอบระวางแผนที่กับขอบระวางแผนที่เสริม ซึ่งเป็นส่วนที่ค่าพิกัดบนเส้นขอบระวางแผนที่ปรากฏอยู่ในส่วนนี้

4.4 ทิศ (Orientation/Dirtection)

ทิศเป็นสิ่งที่ผูกพันกับชีวิตของมนุษย์มาตั้งแต่โบราณตราบเท่าที่มนุษย์ยังต้องมีการเดินทางไม่ว่าจะเพื่อประโยชน์อะไรก็ตาม เมื่อเริ่มออกเดินทางมนุษย์จะต้องผูกพันกับทิศว่าจะเดินตรงไป เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา หรือจะไปทางทิศเหนือหรือทางทิศใต้ ตะวันออกหรือตะวันตก การกำหนดทิศทางของมนุษย์ในสมัยก่อน ก่อนที่เทคโนโลยีสมัยใหม่จะเข้ามามีบทบาทมากเช่นปัจจุบัน ได้อาศัยการสังเกตจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ทิศทางการขึ้น - ตกของดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน ทิศทางลม หรือแม้แต่การสังเกตจากตำแหน่งของดวงดาวในเวลากลางคืน ต่อเมื่ออารยธรรมได้เจริญขึ้นได้มีการประดิษฐ์เข็มทิศและกล้องส่องทางไกลและกล้องวัดระยะทำให้การกำหนดทิศทางมีความถูกต้องมากขึ้น ปัจจุบันมนุษย์สามารถรับรู้ทิศทางได้โดยเครื่องมือบอกทิศแบบดิจิทัลที่รู้จักและเรียกกันว่า

“ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก” (Global Positioning System: GPS) ที่ช่วยอำนวยความสะดวกอย่างมากในการบอกตำแหน่ง การเดินทาง การสำรวจ และการนำร่องลักษณะต่าง ๆ

อย่างไรก็ตาม แม้เทคโนโลยีในปัจจุบันจะช่วยให้มนุษย์สามารถกำหนดตำแหน่งของสิ่งต่าง ๆ และกำหนดทิศทางได้อย่างถูกต้องแม่นยำ แต่ถ้าเราไม่รู้และไม่เข้าใจในธรรมชาติของทิศอย่างดีแล้ว เราจะไม่ต่างอะไรจากคนตาบอดที่ไม่สามารถบอกได้ว่าสิ่งที่ต้องการรู้หรือสถานที่ที่ต้องการเดินทางไปอยู่ ณ ที่ใด โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักภูมิศาสตร์ซึ่งมีแผนที่เป็นเครื่องมือที่สำคัญที่สุด ถ้าไม่รู้และไม่เข้าใจว่าทิศ คือ อะไร และมีการกำหนดทิศอย่างไรตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ก็เปรียบเสมือนนักรบที่ขาดอาวุธ ที่จะกล่าวอธิบายพอสังเขปต่อไปนี้เป็นสาระที่เกี่ยวข้องกับทิศ ประกอบด้วย ความหมายของทิศ ชนิดของทิศในแผนที่ และการบอกทิศ

4.4.1 ความหมายของทิศ

ทิศ หมายถึง แนวตรงที่ใช้ในการชี้หรือเล็งไปที่สิ่งใดสิ่งหนึ่งจากแนวหรือตำแหน่งอ้างอิงเริ่มต้น โดยทั่วไปความสัมพันธ์ระหว่างแนวชี้เล็งกับแนวหรือตำแหน่งอ้างอิงจะเกิดเป็นมุมที่มีค่าหน่วยวัดเป็น องศา ลิปดา และพิลิปดา ทั้งนี้ การบ่งบอกทิศสามารถกระทำได้ในสองรูปแบบ คือ ทิศสัมพัทธ์ (Relative direction) ซึ่งเป็นการบ่งบอกความสัมพันธ์เชิงทิศทางของบางสิ่งบางอย่างแล้วแต่จะอ้างถึง เช่น ในวงดนตรีไทยระนาดทุ้มจะอยู่ทางด้านซ้ายของระนาดเอก และทิศสัมบูรณ์ (Absolute direction) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์เชิงทิศทางของบางสิ่งบางอย่างที่ทราบขอบเขตการอ้างถึงอยู่ก่อนแล้ว เช่น จังหวัดจันทบุรีอยู่ทางทิศตะวันออกของกรุงเทพมหานคร เป็นต้น

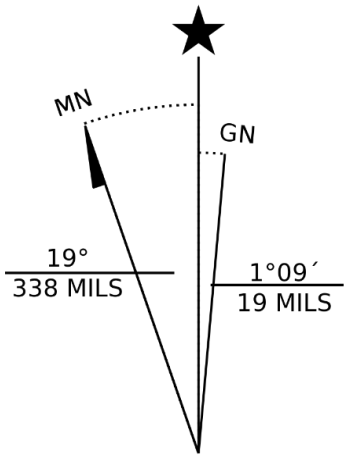
4.4.2 ชนิดของทิศในแผนที่

โดยหลักสากลที่เป็นที่นิยมกันมากในการทำแผนที่ คือ การกำหนดให้ทิศเหนือชี้ไปทางด้านบนของแผนที่เพื่อความสะดวกในการอ่านและการอ้างอิงตำแหน่ง บางประเภทของแผนที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผนที่ทหาร การแสดงทิศเหนือจะมีลักษณะเป็นสัญลักษณ์เชิงเส้น 3 เส้นซึ่งไม่ทับซ้อนกันทำให้เกิดเป็นมุมเรียกว่า แผนผังมุมบ่ายเบน (Declination diagram) (ดูภาพที่ 4.3 ประกอบ) แต่ละเส้นในแผนผังดังกล่าวจะแสดงทิศเหนือจากที่มาที่แตกต่างกัน ดังนี้

1) **ทิศเหนือจริง** (True north) หรือทิศเหนือภูมิศาสตร์ (Geographic North) หมายถึงแนวเส้นตรงที่ชี้ไปยังขั้วโลกเหนือ ณ ตำแหน่งของสถานที่หนึ่งบนแผนที่หรือในภูมิประเทศจริง แนวทิศเหนือจริงจะหมายถึงแนวทิศทางของเส้นลองจิจูดที่เป็นแนวสอบเข้าหาขั้วโลกเหนือ สัญลักษณ์ของทิศเหนือจริงแสดงด้วยรูปดาวห้าแฉก

2) ทิศเหนือแม่เหล็ก (Magnetic north) หมายถึง แนวที่เข็มทิศชี้ไปหาขั้วเหนือของแม่เหล็กในขณะที่ปลายเข็มทิศอยู่ในสภาพที่นิ่งแล้ว ในบางพื้นที่ทิศเหนือแม่เหล็กอาจชี้ไปในแนวเดียวกันกับทิศเหนือจริงก็ได้ อย่างไรก็ตามปรากฏการณ์จริงทิศเหนือจริงกับทิศเหนือแม่เหล็กจะไม่ทับซ้อนกัน การอ่านทิศเหนือจากเข็มทิศจึงไม่ใช่ทิศเหนือในกรณีนี้ เข็มทิศบางประเภทสามารถแสดงทิศเหนือจริงและทิศเหนือแม่เหล็กได้พร้อมกัน สัญลักษณ์ที่ใช้บ่งบอกทิศแม่เหล็กคือ MN

3) ทิศเหนือกริด (Grid north) หมายถึง แนวทิศที่ชี้ไปทางเหนือตามแนวดิ่งของเส้นในแนวตั้งของตารางกริด โดยปกติแนวทิศเหนือกริดจะไม่ทับซ้อนกับแนวทิศเหนือจริงเนื่องจากทิศเหนือจริงจะเป็นแนวทิศตามเส้นลองจิจูดซึ่งจะสอบหรือตีบเข้าหาขั้วโลก ทั้งสองเส้นแสดงแนวทิศจึงมักบ่ายเบนออกจากกัน การแสดงทิศเหนือกริดบนแผนที่นิยมใช้อักษร GN



ภาพที่ 4.3 แผนผังมุมบ่ายเบน (Declination diagram)

(**แหล่งที่มา**: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Magnetic_grid_declination_ diagram.svg)

4.4.3 การบอกทิศ

เนื่องจากแนวทิศเหนือที่ใช้แสดงบนแผนที่ คือ ทิศเหนือจริง ทิศเหนือแม่เหล็ก และทิศเหนือกริดซึ่งโดยปกติจะไม่ทับซ้อนกันด้วยเหตุผลดังที่กล่าวแล้วโดยสังเขป การบ่งบอกตำแหน่งที่ถูกต้องของสิ่งหนึ่งสิ่งใดบนแผนที่และบนพื้นโลกจริงจึงอาจคลาดเคลื่อนได้ถ้าไม่มีการกำหนดทิศอ้างอิงหลักให้ชัดเจน อย่างไรก็ตาม การบ่งบอกทิศสามารถบ่งบอกได้หลายแบบขึ้นอยู่กับความละเอียดของทิศทางที่ผู้ใช้งานต้องการ การบอกทิศสามารถทำได้ดังต่อไปนี้

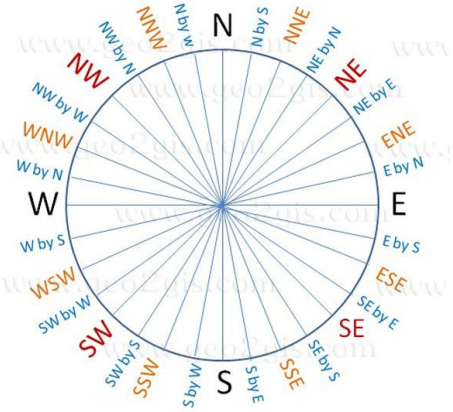
1) การบอกทิศตามชื่อทิศหลัก (Cardinal Direction) การบอกทิศแบบนี้เป็นที่นิยมกันโดยทั่วไปโดยยึดทิศ 4 ทิศหลัก ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก เป็นทิศอ้างอิงหลัก ยิ่งไปกว่านี้ การบอกทิศแบบนี้ยังสามารถบอกทิศย่อยออกไปเป็น 8 ทิศ (Intercardinal directions) เช่น ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) และย่อยลงไปอีกเป็น 16 ทิศ (Secondary inter-

cardinal directions) ตามความละเอียดที่ผู้อ่านแผนที่ต้องการ เช่น ทิศตะวันออกเฉียงเหนือค่อนไปทางเหนือ (NNE) (Dempsey, 2013)

ภาพที่ 4.4 ทิศหลัก (Cardinal directions)

(**แหล่งที่มา:** https://www.worldatlas.com/aatlas/infopage/comprose.htm)

2) การบอกทิศแบบชาวเรือ (Sailor's direction) การบอกทิศของชาวเรือมีความคล้ายคลึงกับการบอกทิศตามทิศหลัก ส่วนที่แตกต่างกันคือ ทิศของชาวเรือจะมีความละเอียดมากกว่ากล่าวคือ แทนที่จะแบ่งออกเป็น 16 ทิศย่อยแบบทิศหลัก การบอกทิศแบบชาวเรือจะแบ่งทิศย่อยออกเป็น 32 ทิศ (ดูภาพที่ 4.5 ประกอบ) ทั้งนี้เพราะนักเดินเรือซึ่งเดินทางอยู่ในทะเลหรือมหาสมุทรจำเป็นต้องรู้ทิศทางที่มีความละเอียดแม่นยำมากกว่าการเดินทางทางบก

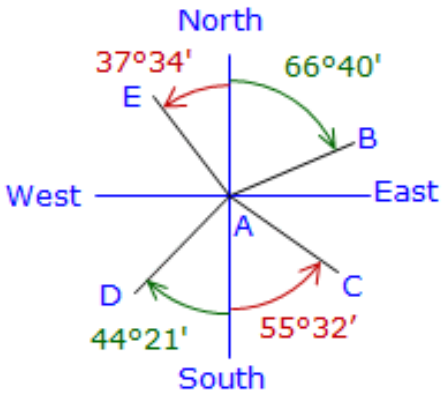


ภาพที่ 4.5 การบอกทิศแบบชาวเรือ

(**แหล่งที่มา** : https://geo2gis.com/index.php/geography/2016-01-29-05-50-20/320-3north)

3) การบอกทิศแบบแบริ่ง (Bearing direction) การบอกทิศแบบแบริ่งเป็นการวัดมุมในแนวนอนมีหน่วยเป็น องศา ลิปดา และพิลิปดา ทั้งนี้ การวัดมุมเพื่อบอกทิศแบบนี้จะวัดจากแนวทิศเหนือและทิศใต้ไปทางตะวันออกและตะวันตก ทิศแบบแบริ่งที่แสดงด้วยค่ามุมแบริ่งจะมีค่าไม่เกิน 90 องศา ในภาพที่ 4.6 สามารถบอกค่าทิศแบบแบริ่งได้ว่าแนว AB มีมุมแบริ่งเหนือ 60 องศา 40

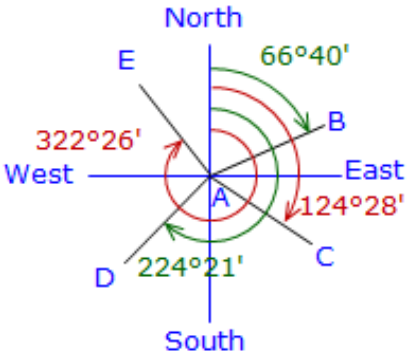
ลิปดาตะวันออก (Bearing N 60°44’ E) และ แนว AD มีมุมแบริ่งใต้ 44 องศา 21 ลิปดาตะวันตก (Bearing S44°21’ W) เป็นต้น



ภาพที่ 4.6 การบอกทิศตามค่ามุมแบริ่ง

(แหล่งที่มา : https://www. http://jerrymahun.com/**)**

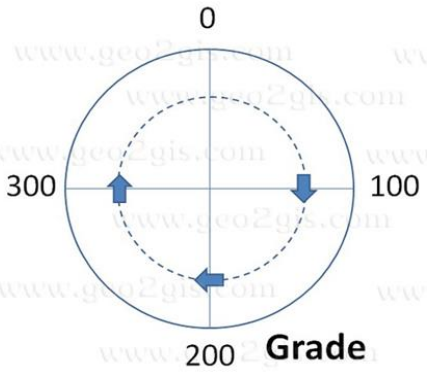
4) การบอกทิศแบบอาซิมุท (Azimuth direction) การบอกทิศแบบอาซิมุทเป็นการบ่งบอกทิศด้วยการวัดมุมจากทิศเหนือหลักตามการเคลื่อนที่ของเข็มนาฬิกา มีหน่วยวัดเป็นองศา ลิปดา และพิลิปดา เหมือนการบอกทิศแบบแบริ่ง ต่างกันตรงที่ทิศแบบอาซิมุทจะมีค่าตั้งแต่ 0 จนถึง 360 องศา (ดูภาพที่ 4.7 ประกอบ)



ภาพที่ 4.7 การบอกทิศแบบอาซิมุท

(แหล่งที่มา : https://www. http://jerrymahun.com/**)**

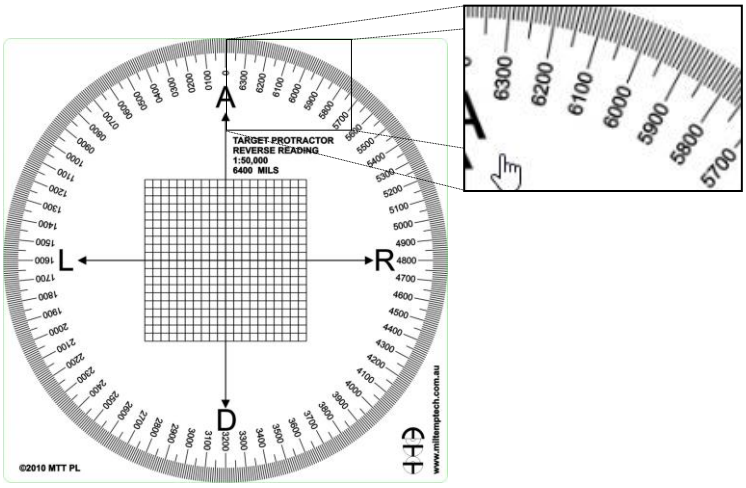
5) การบอกทิศเป็นเกรด (Gradient direction) การบอกทิศแบบนี้มีลักษณะคล้ายกับการบอกทิศแบบอาซิมุท ความแตกต่างอยู่ตรงที่การบอกทิศแบบเกรดไม่ได้ยึดการแบ่งวงกลมออกเป็น 360 ส่วน (องศา) แต่แบ่งวงกลมออกเป็น 400 ส่วนเท่า ๆ กันโดยเรียกแต่ละส่วนว่า เกรด (Grade) ในแต่ละเกรดจะแบ่งย่อยออกเป็น 100 ส่วน แต่ละส่วนย่อยนี้เรียกว่า เซนติเกรด (Centigrades) และแต่ละส่วนย่อยของเซนติเกรดยังแบ่งย่อยออกเป็น 100 มิลลิเกรด (Milligrades) (ดูภาพที่ 4.8 ประกอบ)



ภาพที่ 4.8 การบอกทิศแบบเกรด (Gradient direction)

(**แหล่งที่มา :** www.google.com/gradient_direction)

6) การบอกทิศแบบมิลส์ (Mils direction) การบอกทิศแบบมิลส์มีความคล้ายคลึงกับการบอกทิศแบบอาซิมุทและแบบเกรด ความพิเศษที่แตกต่างออกไปของการบอกทิศแบบนี้คือ จะแบ่งวงกลมออกเป็น 6400 ส่วนแทนที่จะแบ่งวงกลมออกเป็น 360 ส่วน หรือ 360 องศาตามแบบอาซิมุท หรือแบ่งออกเป็น 400 ส่วนตามแบบเกรด การบอกทิศแบบนี้มีความจำเป็นมากสำหรับงานที่ต้องการความถูกต้อง หรือ ความละเอียดแม่นยำสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกิจการทหาร (ดูภาพที่ 4.9 ประกอบ)



ภาพที่ 4.9 การบอกทิศแบบมิลส์

(**แหล่งที่มา :** https://www.miltemptech.com.au/products/6400-mils-Reverse-Reading-Target-Protractor.html)

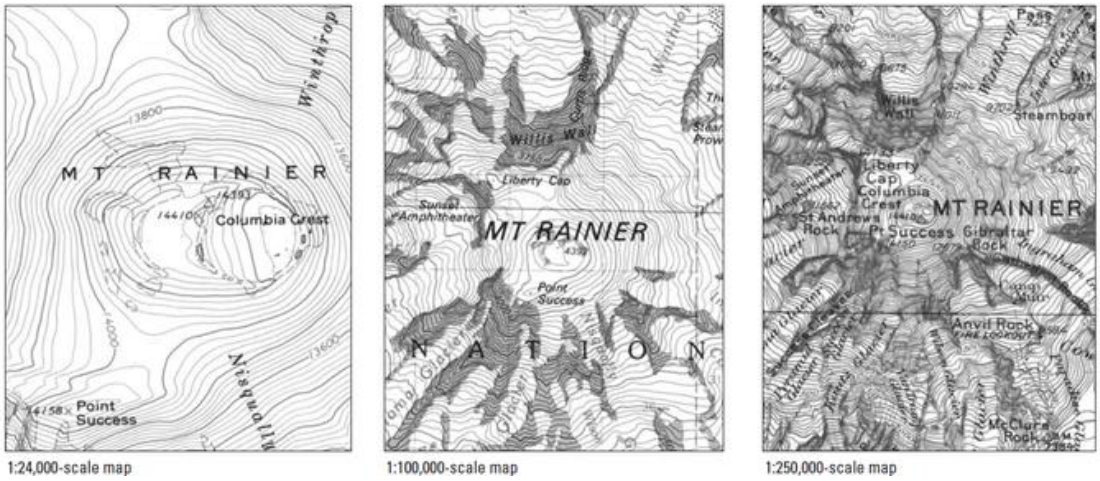
4.5 มาตราส่วน (Scales)

โดยธรรมชาติ ไม่มีทางเป็นไปได้เลยที่จะวาดรูปลักษณ์ (Features) ใด ๆ ที่มีขนาดเท่าของจริงที่ปรากฏบนพื้นโลกลงบนแผนที่ ดังนั้น เพื่อเป็นการแสดงความเป็นตัวแทนโลกของความเป็นจริง แผนที่ที่ทำขึ้นด้วยมาตราส่วนที่แตกต่างกันจะทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการนำเสนอ มาตราส่วนแผนที่ถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการทำและการอ่านแผนที่ ถ้าปราศจากมาตราส่วนแผนที่ การอ่านและการแปลความหมายจากแผนที่เพื่อให้มีความถูกต้องแม่นยำจะเป็นไปได้ยาก

เพราะไม่สามารถทราบระยะทางที่แท้จริงบนพื้นโลกจากการอ่านแผนที่ชุดนั้นได้เลย สิ่งที่ปรากฏในแผนที่ล้วนเป็นการย่อส่วนของสิ่งที่ปรากฏอยู่บนภูมิประเทศจริงลงมาไว้บนแผ่นกระดาษหรือวัสดุอื่นใดที่มีลักษณะเป็นแผ่นราบ ดังนั้น เพื่อเป็นการคงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างระยะทางในแผนที่ (Map Distance: MD) เทียบกับระยะทางในภูมิประเทศจริง (Ground Distance: GD) ให้มีความถูกต้องจึงต้องมีการเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างสองระยะทางดังกล่าวด้วยสูตรดังนี้

$$\text{มาตราส่วน} = \frac{\text{ระยะทางในแผนที่ (GD)}}{\text{ระยะในภูมิประเทศจริง (MD)}}$$

แผนที่ที่มีมาตราส่วนต่างกันย่อมมีผลต่อการแสดงรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ บนพื้นโลกรวมตลอดจนการครอบคลุมพื้นที่จริงบนพื้นโลกลงบนแผนที่ที่ต่างกัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับผู้ใช้แผนที่ว่าต้องการความละเอียดของสิ่งต่าง ๆ บนแผนที่มากกว่าขนาดหรือความครอบคลุมพื้นที่บนพื้นโลก หรือในทางกลับกัน ผู้ใช้แผนที่ต้องการแผนที่ที่ครอบคลุมพื้นที่บนพื้นโลกอย่างกว้างขวางโดยไม่ให้ความสำคัญกับรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ มากนัก ถ้าเป็นกรณีแรก ผู้ใช้แผนที่ต้องเลือกใช้แผนที่ที่มีมาตราส่วนขนาดใหญ่ เช่น แผนที่มาตราส่วน 1 : 500 หรือ 1 : 1,000 ในทางตรงกันข้าม ถ้าเป็นไปตามกรณีหลังผู้ใช้แผนที่ต้องเลือกใช้แผนที่ที่มีมาตราส่วนขนาดเล็ก เช่น แผนที่มาตราส่วน 1 : 100,000 หรือ 1 : 500,000 เป็นต้น เพื่อสะดวกในการจำและการทำความเข้าใจ ผู้ประสงค์จะใช้แผนที่อาจจำไว้ในใจก็ได้ว่า แผนที่มาตราส่วนเล็กครอบคลุมพื้นที่ใหญ่แต่รายละเอียดไม่ชัดเจน กรณีของแผนที่มาตราส่วนใหญ่ครอบคลุมพื้นที่เล็กแต่ให้รายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ ชัดเจน (ดูภาพที่ 4.10 ประกอบ)



ภาพที่ 4.10 การเปรียบเทียบแผนที่ที่มีมาตราส่วนต่างกัน

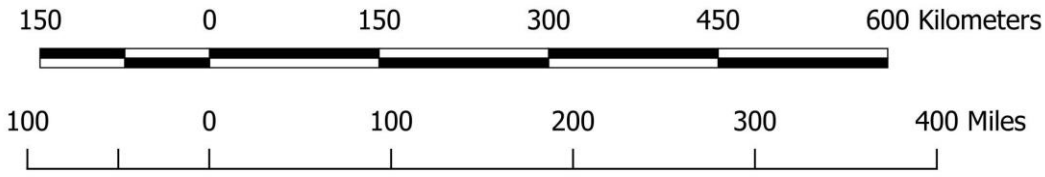
(**แหล่งที่มา**: twitter.com/usgs/status/509061158553133057)

ในเชิงภูมิศาสตร์และศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับแผนที่ (Cartography) ได้แบ่งมาตราส่วนแผนที่ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1) มาตราส่วนคำพูด (Verbal Scale) มาตราส่วนประเภทนี้สามารถบอกได้เป็นคำพูดธรรมดาเช่น มาตรส่วน 1 เซนติเมตรเท่ากับ 1 กิโลเมตร หมายความว่าระยะทางบนแผนที่ 1 เซนติเมตรเท่ากับระยะทางจริงในภูมิประเทศ 1 กิโลเมตร มาตราส่วนประเภทนี้สามารถแสดงบนแผนที่ด้วยภาษาเขียน คือ “1 เซนติเมตร = 1 กิโลเมตร” อย่างไรก็ตาม มีประเด็นที่น่าสังเกตคือ มาตราส่วนแผนที่แบบนี้ไม่สะดวกในการปรับใช้เพื่อการคำนวณและไม่สะดวกสำหรับประเทศต่าง ๆ ที่มีหน่วยวัดระยะทางที่แตกต่างกัน

2) มาตราส่วนเศษส่วน หรือมาตราส่วนสัดส่วน (Fractional Scale or Ratio Scale) มาตราส่วนประเภทนี้จะแสดงความสัมพันธ์เชิงระยะทางบนแผนที่กับระยะทางบนพื้นโลกจริงด้วยตัวเลขเศษส่วนหรือสัดส่วนเชิงคณิตศาสตร์ การแสดงมาตราส่วนเศษส่วนบนแผนที่สามารถแสดงเป็นภาษาเขียน คือ 1 : 50,000 หรือ 1/50,000 ก็ได้ มาตราส่วนดังกล่าวสามารถตีความได้ว่า หนึ่งหน่วยระยะทางบนแผนที่จะเท่ากับ 50,000 หน่วยระยะทางบนพื้นโลกจริง ดังนั้น ถ้ามีหน่วยวัดในระบบเมตริก 1 เซนติเมตรบนแผนที่จะเท่ากับ ½ กิโลเมตรบนพื้นโลก มาตราส่วนประเภทนี้นิยมใช้กันมากในการทำแผนที่เพราะนำเสนอบนแผนที่ได้สะดวก ที่สำคัญคือ สามารถนำไปใช้ในการคำนวณระยะทางได้ง่ายไม่ว่าหน่วยวัดจะอยู่ในระบบใดก็ตาม

3) มาตราส่วนแท่งหรือมาตราส่วนบรรทัด (Bar Scale or Linear Scale) มาตราส่วนประเภทนี้นอกจากจะเรียกว่าเป็นมาตราส่วนแท่ง หรือมาตราส่วนบรรทัดแล้ว บางครั้งก็เรียกว่ามาตราส่วนกราฟิก (Graphic Scale) มาตราส่วนประเภทนี้จะแสดงเป็นเส้นตรงหรือแท่งตามแนวนอนในแผนที่ซึ่งโดยปกติจะปรากฏอยู่ด้านล่างตรงกลางหรือมุมใดมุมหนึ่ง เส้นตรงหรือแท่งที่-



ภาพที่ 4.11 มาตราส่วนแท่ง หรือ มาตราส่วนบรรทัด

(**แหล่งที่มา** : จัดทำโดยผู้เขียน)

แสดงจะถูกแบ่งเป็นส่วน ๆ ส่วนละเท่า ๆ กัน แต่ละส่วนจะมีตัวเลขกำกับเพื่อใช้เทียบระยะทางสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่วัดได้บนแผนที่กับระยะทางจริงบนพื้นโลก ที่น่าสังเกตมากไปกว่านี้ คือ

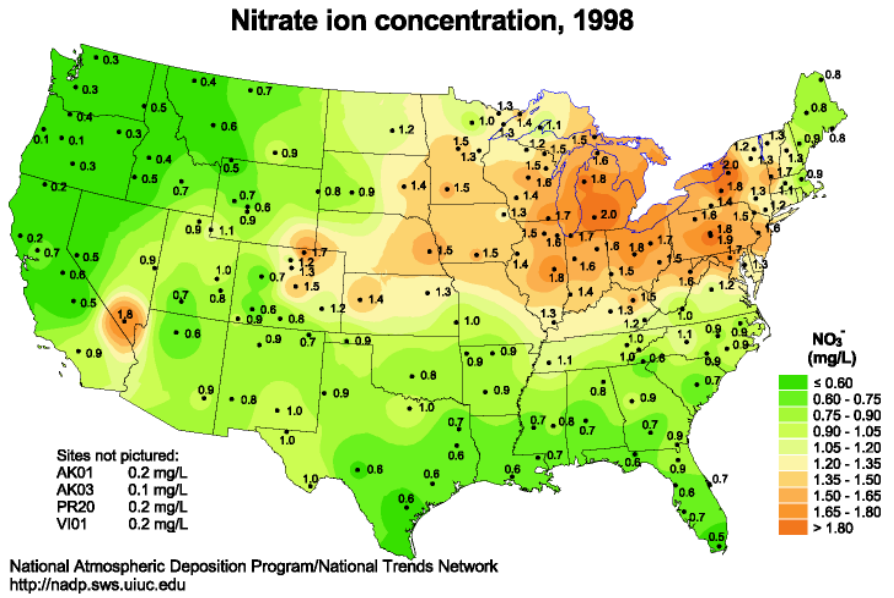
โดยปกติทั่วไปการแสดงมาตราส่วนแบบแท่งหรือแบบมาตราส่วนบรรทัดนิยมที่จะแสดงมากกว่าหนึ่งแท่งเพื่อให้สามารถใช้ได้กับหลายหน่วยวัด (ดูภาพที่ 4.11 ประกอบ)

ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับมาตราส่วนแผนที่ มีสิ่งที่ควรแก่การพิจารณาเพิ่มเติมเพื่อเป็นความรู้อยู่ 2 ประเด็น ประเด็นแรก คือ ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับความเจริญก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีในการทำแผนที่ในปัจจุบันที่เน้นและให้ความสำคัญกับแผนที่แบบดิจิทัล (Digital maps) มากขึ้น นี้หมายความว่าการทำแผนที่สมัยใหม่สามารถปรับขนาดของแผนที่โดยการย่อให้เล็กลงหรือขยายให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับหน้ากระดาษหรือวัสดุแบนราบอย่างอื่น ที่พิเศษไปกว่านี้ของแผนที่แบบดิจิทัล คือ สามารถเลือกเก็บไว้ในรูปแบบ (Format) อื่น เช่น jpg, png หรือ pdf อย่างไรก็ตาม ปัญหาอย่างหนึ่งที่พบเสมอในการย่อหรือขยายแผนที่ คือ ความถูกต้องแม่นยำเชิงระยะทางและพื้นที่สัมพัทธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่กับที่ปรากฏบนพื้นโลกจริงจะลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการย่อหรือขยายแผนที่ที่แสดงด้วยมาตราส่วนคำพูดและมาตราส่วนเศษส่วน ความสัมพันธ์เชิงระยะทางระหว่างแผนที่กับระยะทางจริงจะไม่มีความถูกต้อง แต่สำหรับมาตราส่วนแท่งไม่มีข้อเสียเปรียบในเรื่องนี้เพราะไม่ว่าจะเป็นการย่อหรือขยายแผนที่ มาตราส่วนแท่งที่แสดงจะหดหรือยืดเป็นสัดส่วนกับการย่อหรือขยายดังกล่าวโดยไม่ทำให้ความสัมพันธ์เชิงระยะทางบนแผนที่กับบนพื้นโลกจริงเปลี่ยนแปลงไป

สิ่งที่ควรพิจารณาอีกประเด็นหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับมาตราส่วน คือ ในการอ่านแผนที่แบบดิจิทัล ผู้อ่านสามารถย่อหรือขยายแผนที่ (Zooming in/out) บนหน้าจอแสดงผลได้ทุกขนาดมาตราส่วนตามที่ต้องการ อย่างไรก็ตาม มีสิ่งหนึ่งที่ต้องรู้และเข้าใจในการกระทำดังกล่าว คือ แผนที่ที่ทำขึ้นมาที่มาตราส่วนหนึ่งมาตราส่วนใดก็ตามย่อมมีความถูกต้องแม่นยำ ณ มาตราส่วนนั้นเป็นการเฉพาะ การย่อหรือขยายแผนที่ดิจิทัลจากมาตราส่วนหนึ่งไปเป็นมาตราส่วนอื่นจะไม่มีผลทำให้ความถูกต้องแม่นยำ ณ มาตราส่วนเดิมเปลี่ยนไป ด้วยเหตุนี้ การย่อแผนที่ดิจิทัลจากมาตราส่วน 1 : 50,000 เป็น 1 : 100,000 หรือขยายเป็นมาตราส่วน 1 : 25,000 ความถูกต้องแม่นยำของแผนที่จะไม่เปลี่ยนแปลงจะยังคงมีความแม่นยำคงเดิมอยู่ที่มาตราส่วน 1 : 50,000 กล่าวให้เห็นเป็นตัวอย่างอีกนัยหนึ่งได้ว่าการย่อหรือขยายแผนที่จากมาตราส่วนอื่นใดให้เท่ากับแผนที่มาตราส่วน 1 : 1,000 ย่อมมีความถูกต้องแม่นยำไม่ดีเท่ากับแผนที่ที่ทำโดยมีมาตราส่วนจริงเท่ากับ 1 : 1,000 (Map Scale – Map Distance Measurement, n.d.)

4.6 สัญลักษณ์บนแผนที่ (Map Symbols)

สัญลักษณ์บนแผนที่ หมายถึง สื่อกราฟิก (Graphic device) ซึ่งใช้เป็นตัวแทนในการแสดงสิ่งและ/หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ปรากฏบนพื้นโลกจริงลงบนแผนที่ สัญลักษณ์บนแผนที่อาจแสดงด้วยจุด เส้น ส่วนของพื้นที่ (Regions) พื้นที่ต่อเนื่อง หรือแม้แต่ข้อความตัวอักษร สัญลักษณ์ดังกล่าวสามารถปรับแต่งรูปร่าง ขนาด สี แบบ (Patterns) หรือด้วยกราฟิกอื่นเพื่อให้เห็นและเข้าใจได้ง่ายขึ้น (Map Symbol, 2018)



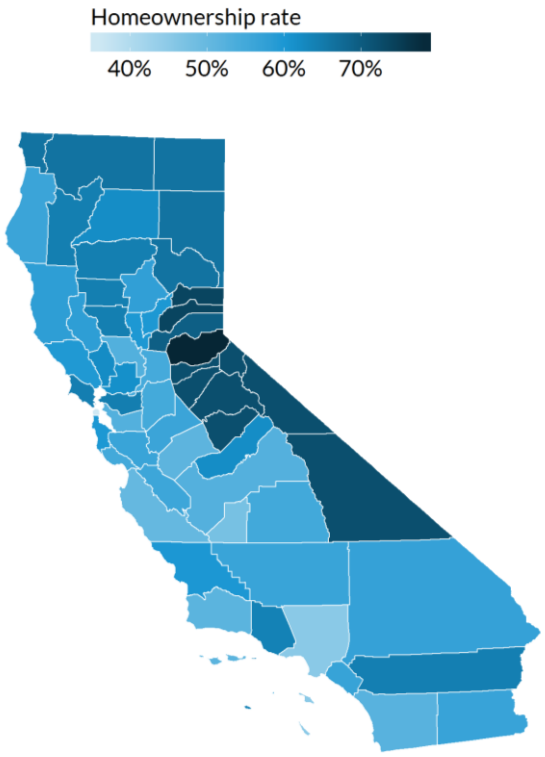
ภาพที่ 4.12 แผนที่แบบเส้นเท่า (Isopleth map)

(**แหล่งที่มา** : http://rfaunda12.blogspot.com/2013/04/isopleth-map.html)

โดยธรรมชาติสิ่งและ/หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนพื้นโลกปรากฏอยู่ในหลากหลายรูปแบบและหลายลักษณะ การแบ่งรูปแบบและลักษณะของสิ่งและ/หรือปรากฏการณ์ดังกล่าวก็สามารถทำได้หลายวิธีจึงเป็นการยากในการนำสิ่งและ/หรือปรากฏการณ์ดังกล่าวตามรูปแบบหรือลักษณะทั้งหมดไปแสดงบนแผนที่ เพื่อเป็นการขจัดข้อเสียเปรียบดังกล่าว ในการใช้สัญลักษณ์บนแผนที่ในที่นี้จะแบ่งสิ่งที่ปรากฏบนพื้นโลกเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกเป็นปรากฏการณ์ทางภูมิศาสตร์ที่ปรากฏเป็นรูปลักษณ์หรืออ็อบเจ็ค (Objects) ที่มีขอบเขตและรูปร่างที่เด่นชัด เช่น อาคาร ถนน แม่น้ำ ทะเลสาบ และเมือง เป็นต้น รูปลักษณ์เหล่านี้เมื่อนำไปแสดงบนแผนที่สามารถใช้สัญลักษณ์ที่เป็นจุด เส้น หรือพื้นที่ได้ อีกประเภทหนึ่งของปรากฏการณ์ทางภูมิศาสตร์ที่ไม่ได้เป็นรูปลักษณ์หรืออ็อบเจ็คที่เด่นชัด แต่มีลักษณะเป็นมวลรวม (Masses) ซึ่งขอบเขตและรูปร่างไม่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับอัตลักษณ์หรือลักษณะเฉพาะของปรากฏการณ์นั้น เช่น อุณหภูมิ พืชพรรณ และประเภทของหิน เป็นต้น ปรากฏการณ์ในลักษณะมวลรวมนี้ต้องใช้สัญลักษณ์ที่แตกต่างออกไปจากปรากฏการณ์ประเภทแรก

กล่าวคือ ต้องใช้สัญลักษณ์ในรูปแบบของพื้นที่ต่อเนื่อง เช่น พื้นที่ที่มีค่าปรากฏการณ์เท่ากัน (Isopleth map or Choropleth Map) เช่น แผนที่ที่แสดงความหนาแน่นของประชากรเท่ากัน ความชื้นเท่ากัน หรือ อุณหภูมิเท่ากัน เป็นต้น (ดูภาพที่ 4.12 และภาพที่ 4.13 ประกอบ)

ในการทำแผนที่ผู้ทำแผนที่จำเป็นต้องมีความตระหนักในประเด็นที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ ทำอย่างไรจึงจะทำให้ผู้ใช้แผนที่สามารถอ่านและเข้าใจแผนที่ได้โดยง่าย สิ่งหนึ่งที่ผู้ทำแผนที่ไม่สามารถมองข้ามได้ คือ การสื่อความหมายด้วยการแสดงสัญลักษณ์ของสิ่งหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ บนพื้นโลกลงบนแผนที่ ในทางทฤษฎี สัญลักษณ์ที่สามารถนำมาแสดงบนแผนที่มีอยู่หลายประเภท สัญลักษณ์ที่อาจแสดงด้วย



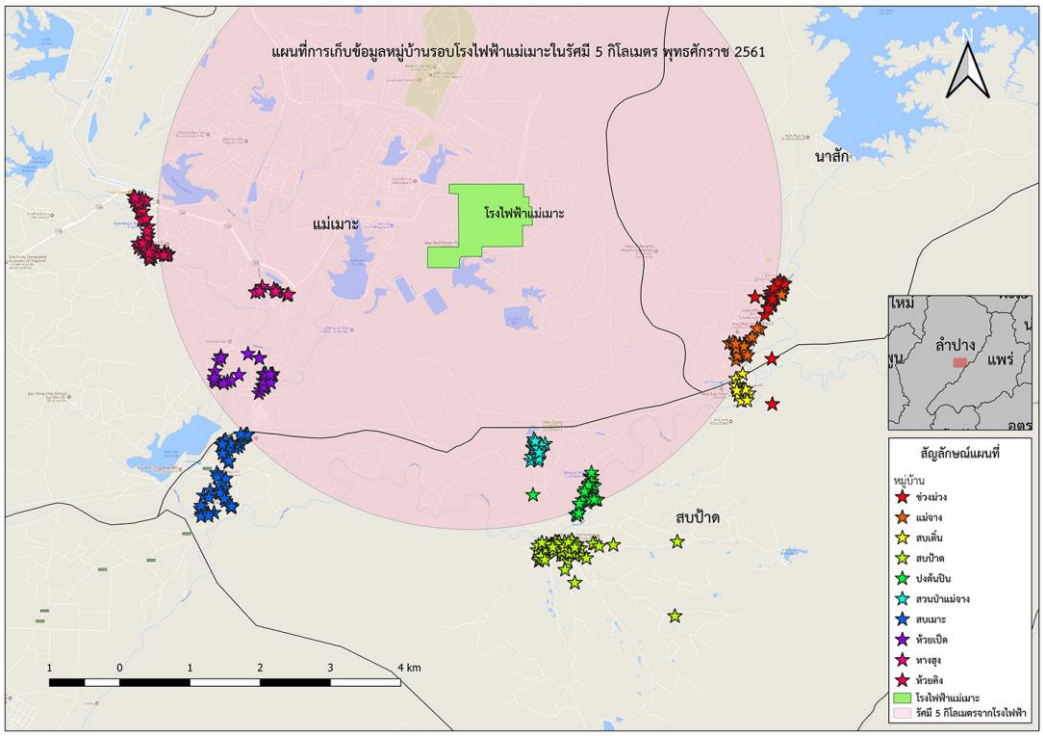
ภาพที่ 4.13 แผนที่แบบพื้นที่เท่า (Choropleth map)

(**แหล่งที่มา** : https://medium.com/@urban_institute)

(1) รูปหรือเป็นภาพ (Pictorial symbols) เช่น รูปต้นไม้สีเขียวใช้แทนพื้นที่ป่าไม้ (2) สัญลักษณ์เชิงหน้าที่ (Functional symbols) เช่น รูปคนสวมหมวกปริญญาใช้แทนมหาวิทยาลัย (3) สัญลักษณ์เชิงการรับรู้ (Conceptual symbols) เช่น รูปธนบัตรหรือ สกุลเงินดอลล่าร์ ($) ใช้แทนตู้ ATM หรือธนาคาร (4) สัญลักษณ์ที่ยอมรับกันในสากล (Conventional symbols) เช่น เครื่องหมายบวกสีเขียวใช้แทนโรงพยาบาล และ (5) สัญลักษณ์เฉพาะกิจ (Abstract/geometric symbols) เช่น รูปอาคารสูงใช้แทนอาคารชุดหรือคอนโดมิเนียม (Map Symbol, 2018)

สัญลักษณ์ที่นิยมใช้ในการทำแผนที่มี 3 ประเภท คือ สัญลักษณ์ที่เป็นจุดหรือรูปขนาดเล็ก สัญลักษณ์ที่เป็นเส้น และสัญลักษณ์ที่เป็นรูปปิด แต่ละประเภทของสัญลักษณ์ดังกล่าวสามารถอธิบายพอสังเขปได้ดังนี้

1) สัญลักษณ์แผนที่ที่เป็นจุดหรือรูปขนาดเล็ก (Point or Pictorial Symbols) สัญลักษณ์ประเภทจุดหรือรูปขนาดเล็กสามารถใช้แสดงบนแผนที่ได้หลายลักษณะอาจเป็นไปได้ทั้งจุด วงกลม ทรงกลม รูปสามเหลี่ยม รูปสี่เหลี่ยม หรือรูปแบบอื่น ๆ โดยปกติสัญลักษณ์ประเภทนี้ใช้แสดงตำแหน่งหรือที่ตั้งของอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง เช่น ตำแหน่งของวัด โรงเรียน บ้าน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล และศาลากลางจังหวัด เป็นต้น (เลเกีย เขียวดี, 2560) (ดูรูปที่ 4.14 ประกอบ)

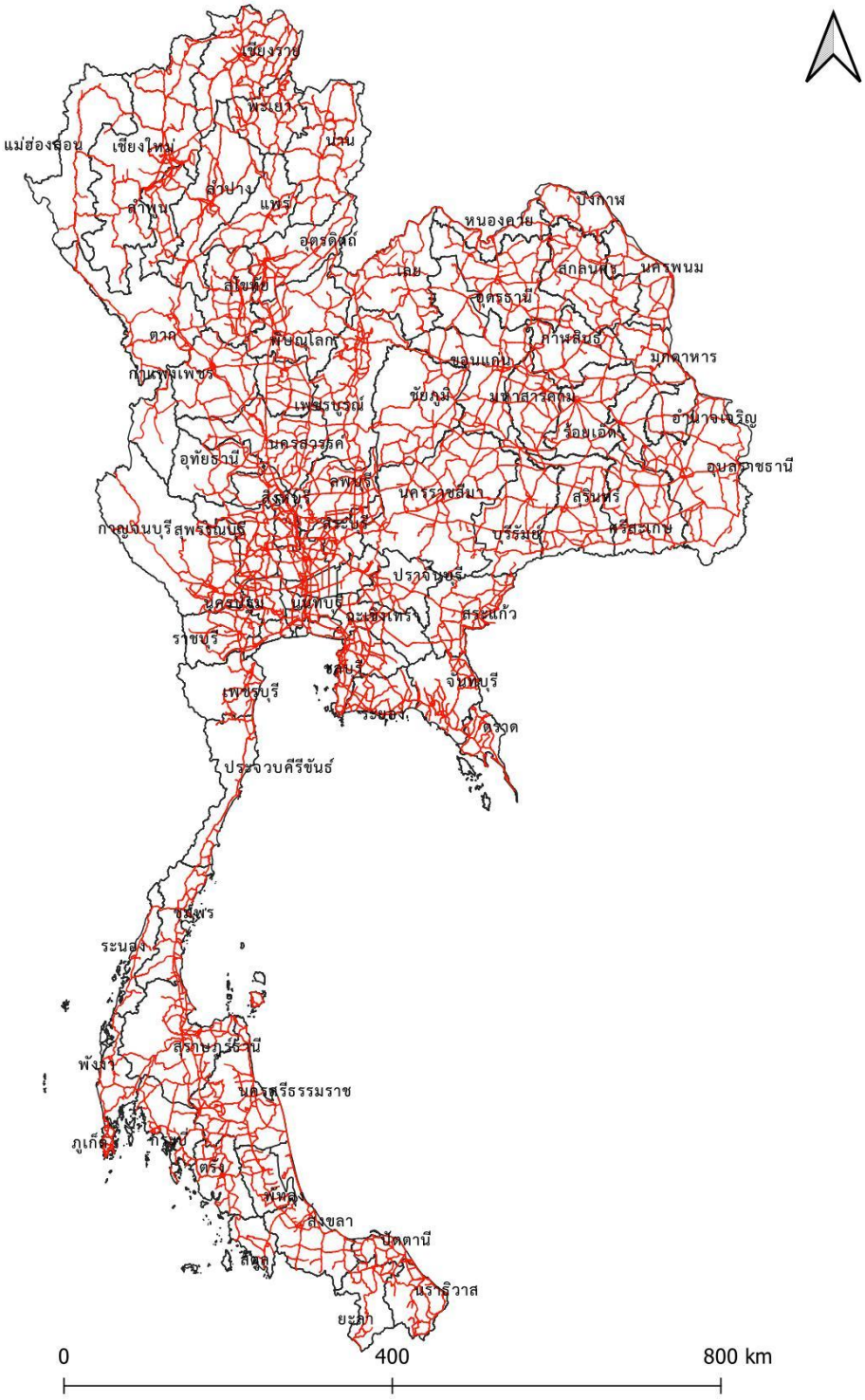


ภาพที่ 4.14 แผนที่แสดงด้วยสัญลักษณ์แบบจุด

(**แหล่งที่มา:** จัดทำโดยผู้เขียน)

2) สัญลักษณ์แผนที่ที่เป็นเส้น (Line Symbol) สัญลักษณ์ประเภทนี้ใช้แสดงบนแผนที่แทนรูปลักษณ์ซึ่งปรากฏบนพื้นโลกจริงที่มีความยาวเข้ามาเกี่ยวข้อง รูปลักษณ์ดังกล่าวอาจเป็นรูปลักษณ์ตามธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หรือเป็นรูปลักษณ์ที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ถนน เส้นทางรถไฟ สัญลักษณ์ที่เป็นเส้นนี้นอกจากจะบอกระยะทางหรือความยาวของสิ่งที่แสดงแล้ว ยังสามารถบ่งบอกขนาดและ/หรือค่าความมากน้อยของรูปลักษณ์เหล่านั้นด้วยขนาดของเส้น ความเข้มของสีของเส้น หรือรูปร่างของเส้น (ดูภาพที่ 4.15 ประกอบ)

3) สัญลักษณ์แผนที่เป็นรูปปิด (Area Symbol/ Polygon) สัญลักษณ์ที่เกิดจากเส้นที่ลากตามรูปร่างที่ปรากฏบนพื้นที่จริงโดยมีจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเป็นจุดเดียวกันโดยในรูปนั้นสามารถให้ค่าเพื่อแสดงข้อมูลได้ด้วยลวดลายหรือด้วยความเข้มของสี เช่น แผนที่แสดงขนาดประชากรโดยเฉลี่ยต่อตารางกิโลเมตรเป็นรายจังหวัด แผนผังแสดงตำแหน่งของสิ่งปลูกสร้าง และแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย (ดูภาพที่ 4.16 ประกอบ)



ภาพที่ 4.15 แผนที่แสดงเส้นทางหลวงประเทศไทย

(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)

ภาพที่ 4.16 แผนที่สัญลักษณ์แบบรูปปิดแสดงแผนผังของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

(**แหล่งที่มา** : ผลงานนักศึกษารายวิชาแผนที่และการแปลความหมายจากแผนที่ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง)

เพื่อให้ผู้ใช้แผนที่สามารถได้ประโยชน์ไม่ทางใดก็ทางหนึ่งจากการใช้ สิ่งที่ผู้ทำแผนที่ต้องคำนึงในส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับสัญลักษณ์แผนที่นอกเหนือจากความสะดวกในการเข้าถึงแล้ว คือความง่ายในการอ่านและความง่ายในการทำความเข้าใจจากการอ่านแผนที่ ด้วยเหตุนี้ประเด็นที่ควรได้รับการพิจารณาและคำนึงถึงเพื่อเป้าหมายดังกล่าวที่ผู้ทำแผนที่ไม่ควรมองข้ามคือคุณสมบัติของสิ่งหรือปรากฏการณ์ที่ปรากฏบนพื้นโลกที่ต้องนำเสนอด้วยสัญลักษณ์ซึ่งประกอบด้วย ตำแหน่ง (Position) ขนาด (Size) รูปร่าง (Shape) การวางทิศทาง (Orientation) ค่าของสี (Color value) และโครงสร้าง/รูปลักษณ์ของแต่ละสัญลักษณ์ที่ใช้

คำถามท้ายบทที่ 4

1) องค์ประกอบของแผนที่มีความสำคัญอย่างไรในการทำและการอ่านแผนที่
2) ทิศ มีความสำคัญอย่างไรสำหรับการทำแผนที่ ทำไมทิศเหนือจริง ทิศเหนือกริด และทิศเหนือ
3) แม่เหล็กมักไม่ชี้ไปในทิศทางเดียวกัน
4) ท่านคิดว่า สี มีความสำคัญมากน้อยเพียงไรในการทำและการอ่านแผนที่
5) มาตราส่วนแผนที่ประเภทใดที่มีการย่อหรือขยายแผนที่เกิดขึ้น จะไม่ทำให้ความสัมพันธ์เชิง
6) พื้นที่บนแผนที่กับบนพื้นโลกเปลี่ยนแปลงไป เพราะเหตุใด

เอกสารอ้างอิง

เลเกีย เขียวดี. (2560). *แผนที่และเครื่องมือทางภูมิศาสตร์สำหรับครู* (131-140). คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

Dempsey C. (2013). “Cardinal Directions and Ordinal Directions”. [online]. Retrieved on December 15, 2018, from https://www.geographyrealm.com/cardinal-directions-ordinal-directions/

“Map Scale – Map Distance Measurement”. (n.d.). [online]. Retrieved on December 15, 2018, fromhttp://geokov.com/education/map-scale.aspx

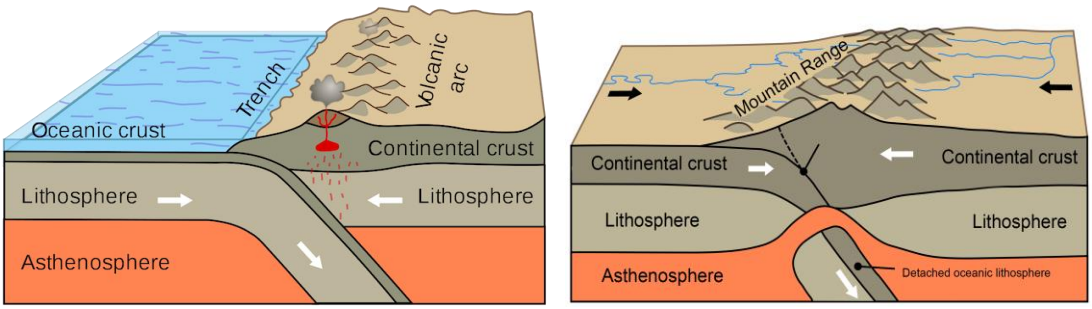
Wikipedia contributors. (2018). “Map Symbol”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on December 18, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Map_symbol&oldid=935799092

บทที่ 5

ความสูง ทรวดทรง และการวัดขนาดพื้นที่ในแผนที่

5.1 ความสูงและทรวดทรง (Elevation and Shape)

ความสูงและทรวดทรงเป็นองค์ประกอบแผนที่ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าใจสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่ได้ง่ายเนื่องจากผิวโลกไม่ได้ราบเรียบเสมอกันหมด แต่ละบริเวณมีความสูง - ต่ำแตกต่างกันไป ในทางการทหารความสูงและทรวดทรงของแผนที่มีความสำคัญมากในเรื่องของการวางแผนการรบและยุทธวิธี ความสูง - ต่ำของตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geographic location) เกิดจากกระบวนการทางธรณีวิทยาที่มีการเคลื่อนที่เข้าหากันของเปลือกโลก (Plate tectonics convergence) ทั้งบริเวณที่เป็นการเคลื่อนที่ของแผ่นดินชนกับแผ่นน้ำและแผ่นดินชนกับแผ่นดิน (ดูภาพที่ 5.1 ประกอบ) ปรากฏการณ์ดังกล่าวทำให้เกิดการยกตัวของเปลือกโลก (Tectonic uplift) และการมุดตัวของเปลือกโลก (Tectonic subduction) เกิดเป็นภูมิประเทศที่มีระดับความสูง - ต่ำที่แตกต่างกันไป ทั้งนี้ ความสูง - ต่ำของเปลือกโลกให้มีการอ้างอิงจากยีออยด์ (Geoid) หรือรูปทรงสัณฐานสมมติที่มีระดับของพื้นผิวทั้งโลกเท่ากับระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level: MSL) ภูมิประเทศที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางธรณีวิทยาสามารถจำแนกออกได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) ยอดเขา (Mountain/ Hill and Peak) 2) สันเขา (Ridge) 3) หุบเขา (Valley) 4) คอเขาหรือสันเขารูปอานม้าหรือกิ่ว (Saddle) และ 5) ที่ต่ำ (Depression)



ภาพที่ 5.1 การเคลื่อนที่เข้าหากันของเปลือกโลก

(**แหล่งที่มา**: https://commons.wikimedia.org/)

สำหรับประเทศไทยพื้นที่ที่มีความสูงเทียบได้กับระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ที่ตำบลเกาะหลัก อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สถานที่แห่งนี้ถูกใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในแผนที่ทหารชุด L7017

และ L7018 ดังนั้น เมื่อมีการอ้างอิงความสูงของวัตถุใด ๆ บนพื้นโลกนอกเหนือจากลักษณะทางกายภาพบนผิวโลกจะทำการวัดระยะทางในแนวดิ่ง เช่น ความสูงของสิ่งปลูกสร้างโดยบอกเป็นความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง อย่างไรก็ตาม ระดับน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงด้วยสาเหตุจากสถานการณ์โลกร้อนซึ่งมีส่วนส่งผลทำให้ระดับทะเลเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น การหาค่าระดับน้ำทะเลปานกลางจึงต้องเก็บข้อมูลเป็นเวลาอย่างน้อย 20 ปี แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

5.1.1 การแสดงความสูงและทรวดทรงของภูมิประเทศบนแผนที่

การแสดงความสูงของภูมิประเทศบนแผนที่สามารถทำได้หลากหลายวิธีการ ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหรือการระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียมนั้นสามารถแสดงข้อมูลความสูงได้ทันที หรือการสร้างข้อมูลโมเดลความสูงดิจิทัล (Digital Elevation Model: DEM) ก็สามารถทำได้ด้วยคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการแสดงระดับความสูงในกระบวนการทำแผนที่แบบดั้งเดิม มีวิธีการที่สามารถกระทำได้ดังนี้ (อภิศักดิ์ โสมอินทร์, 2520)

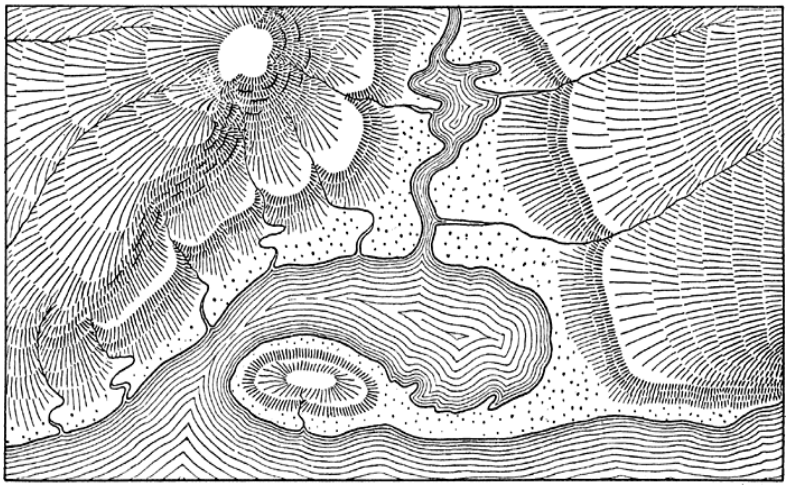
1) แสดงด้วยหมุดระดับ (Bench Mark: B.M.) การแสดงด้วยวิธีการนี้จะมีเครื่องหมายและตัวเลขกำกับไว้ ตัวเลขกำกับคือความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ตัวเลขแสดงความสูงเรียกว่าระดับความสูงเที่ยง เป็นตัวเลขที่ได้มาจากการสำรวจ ส่วนมากแสดงไว้สองอย่างคือ เป็นรูปสามเหลี่ยม (Δ) แสดงว่ามีข้อมูลจากการสำรวจงานสามเหลี่ยม (Triangulation) และแสดงด้วยสัญลักษณ์รูปตัวเอ็กซ์ (X) แสดงว่าเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระดับ (Levelling) (ดูภาพที่ 5.2 ประกอบ)

ภาพที่ 5.2 หมุดระดับบนยอดดอยอินทนนท์

(**แหล่งที่มา**: ชนม์ธนัช สุวรรณ)

2) แสดงด้วยเส้นลายขวานสับ (Hachure) เส้นลายขวานสับหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า“เส้นลาดเขา” มีลักษณะเป็นเส้นขีดสั้น ๆ ขนานกัน ปลายข้างหนึ่งถ่างออกเล็กน้อยในทิศทางที่

ลาดลง เส้นลายขวานสับจะมีลักษณะเป็นเส้นหนาและเรียงอยู่ค่อนข้างชิดกัน สำหรับบริเวณที่เป็นที่ลาดชันและจะเรียงกันอยู่ห่าง ๆ ในบริเวณที่เป็นที่ราบสม่ำเสมอ ปลายของเส้นลายขวานสับจะเบนตีบเข้าหากันและชี้ไปทางยอดและสันของเส้นลายขวานสับโดยจะไม่บอกระดับความสูงหรือความลาดที่แน่นอน จึงนิยมใช้ในแผนที่มาตราส่วนขนาดเล็กที่ไม่ต้องการความละเอียดถูกต้องของระดับความสูงหรือความลาดมากนัก (ดูภาพที่ 5.3 ประกอบ)



ภาพที่ 5.3 เส้นลายขวานสับ

(**แหล่งที่มา**: http://mike.teczno.com/notes/hachures.html)

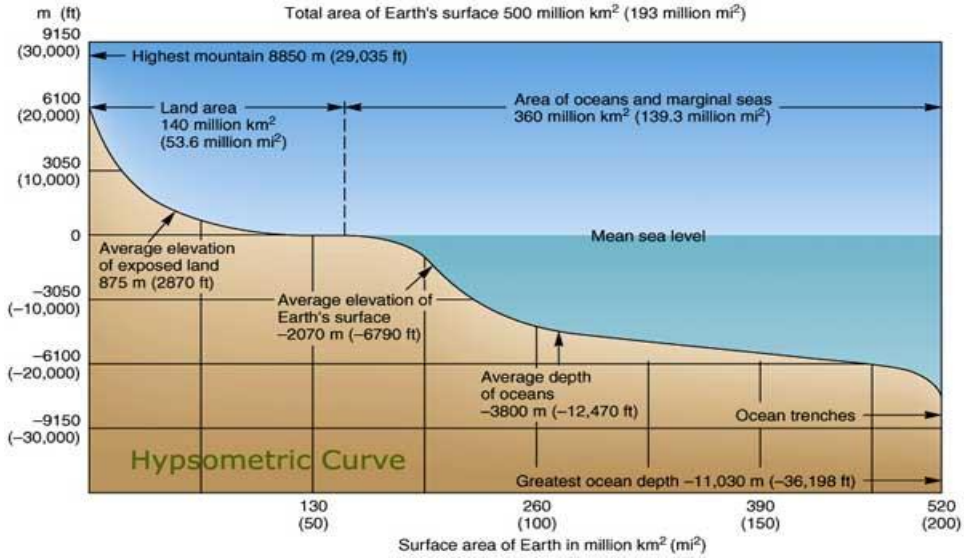
3) แสดงด้วยเงา (Relief Shading) ในแผนที่บางชนิดการแสดงความสูง - ต่ำของพื้นที่ใช้วิธีการเขียนเงาของที่สูงให้ผู้ใช้แผนที่มีความรู้สึกว่าบริเวณนั้นมีความนูนสูงขึ้นมา ตามปกติในการทำแผนที่การแสดงด้วยเงาจะกำหนดให้เป็นเงาที่เกิดจากแสงที่ส่องกราดลงมาจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ดังนั้นลาดเขาทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ที่เป็นที่ชันเงาจะเข้ม ถ้าเป็นที่ลาดเงาจะจาง เงานี้อาจจะใช้ประกอบกับเส้นลาดเขา หรือเส้นชั้นความสูงเพื่อให้เห็นลักษณะสูงต่ำของผิวโลกเด่นชัดขึ้นก็ได้ (ดูภาพที่ 5.4 ประกอบ)

4) แสดงด้วยเส้นลักษณะ (Form Lines) เส้นลักษณะเป็นเส้นแสดงความสูงที่เขียนขึ้นพอเป็นเค้าให้ทราบลักษณะความสูง - ต่ำของผิวโลกเท่ากัน มีลักษณะคล้ายเส้นชั้นความสูงแต่ไม่มีตัวเลขบอกค่าความสูงกำกับไว้จึงไม่สามารถบอกความสูงที่แท้จริงได้ เพราะไม่ได้เขียนขึ้นโดยอ้างอิงจากระดับพื้นฐานใดเลย

ภาพที่ 5.4 การแสดงด้วยเงา

(**แหล่งที่มา**: http://www.reliefshading.com/)

5) แสดงด้วยเส้นชั้นความลึก (Depth Curves) เส้นชั้นความลึกใช้แสดงลักษณะของภูมิประเทศใต้พื้นน้ำ เช่น ความลึกของทะเลมหาสมุทร ทะเลสาบ วัตถุประสงค์หลักของเส้นชั้นความลึกคือใช้ประโยชน์ในการเดินเรือหรือการสำรวจทางสมุทรศาสตร์ เส้นชั้นความลึกไม่ใช่ Depression Contour เพราะตัวเลขที่กำกับเส้นชั้นความลึกมีขนาดใหญ่ขึ้น เส้นชั้นความลึกยึดถือเอาระดับน้ำทะเลลงต่ำสุดเป็นพื้นฐาน หน่วยของตัวเลขที่กำกับมีหน่วยเป็นฟุต แต่ถ้าลึกมาก ๆ ก็ใช้หน่วยเป็นฟาธอม (Fathom) (ดูภาพที่ 5.5 ประกอบ)



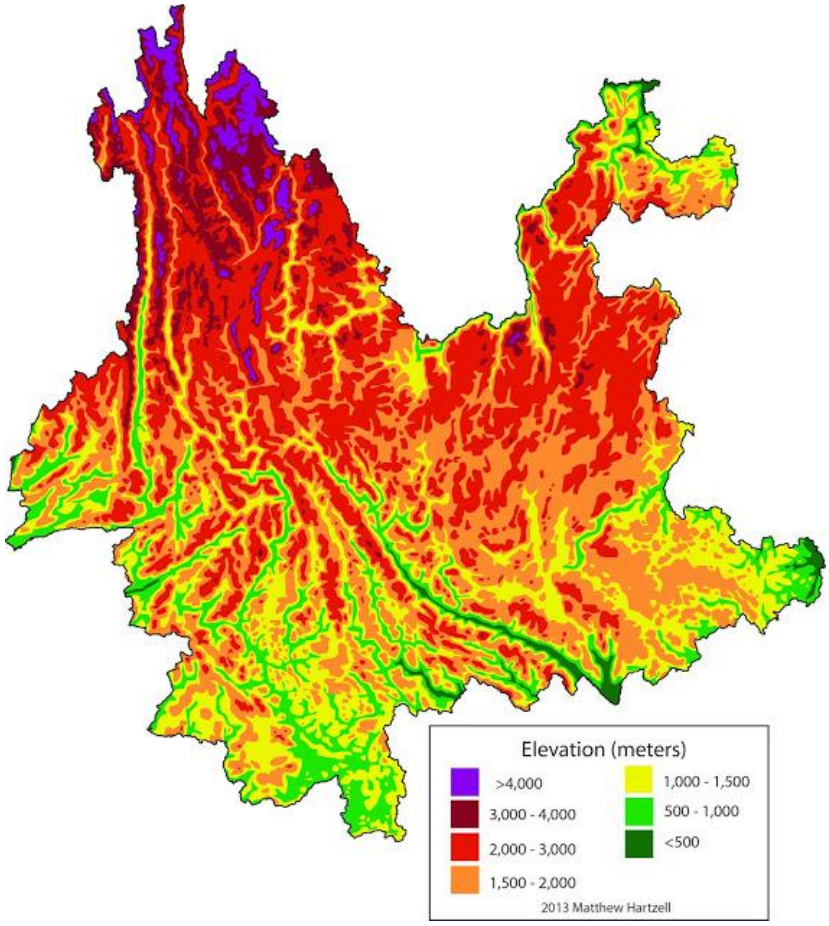
ภาพที่ 5.5 การแสดงด้วยเส้นชั้นความลึก

(**แหล่งที่มา**: https://laulima.hawaii.edu/access/content/)

6) แสดงด้วยแถบสี (Layer Tints) การแสดงความสูง-ต่ำด้วยแถบสีในแผนที่ที่พิมพ์สอดสีมักจะใช้แถบสีตามพิสัยของระดับความสูงน้อยไปหาความสูงมาก โดยเริ่มจากสีอ่อนหรือสีที่มี

ความเข้มน้อยไปหาสีแก่หรือสีที่มีความเข้มมาก ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การใช้แถบสีจะช่วยให้ทราบเพียงพิสัยของระดับสูงในพื้นที่แต่ละแห่งเท่านั้น ส่วนระดับความสูงและความลาดชันที่แน่นอนไม่อาจทราบได้ นอกเสียจากจะใช้แถบสีประกอบกับเส้นชั้นความสูง (ดูภาพที่ 5.6 ประกอบ)

7) แสดงด้วยเส้นชั้นความสูง (Contour Lines) เส้นชั้นความสูง คือ เส้นที่ลากผ่านบริเวณที่มีความสูงเท่ากัน เส้นนี้บางกรณีก็เรียกว่า “เส้นลายขอบเนิน” หรือ “เส้นลายขอบเขา” จุดทุกจุดที่เส้นชั้นความสูงลากผ่านจะมีความสูงเท่ากันหมด เส้นชั้นความสูงนี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในการทำแผนที่ เพราะสามารถบอกความสูงได้แน่นอนโดยทุกเส้นจะมีค่าความสูงกำกับ เส้นชั้นความสูงแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภท (Phakpoom, 2015) ได้แก่



ภาพที่ 5.6 การแสดงด้วยแถบสี

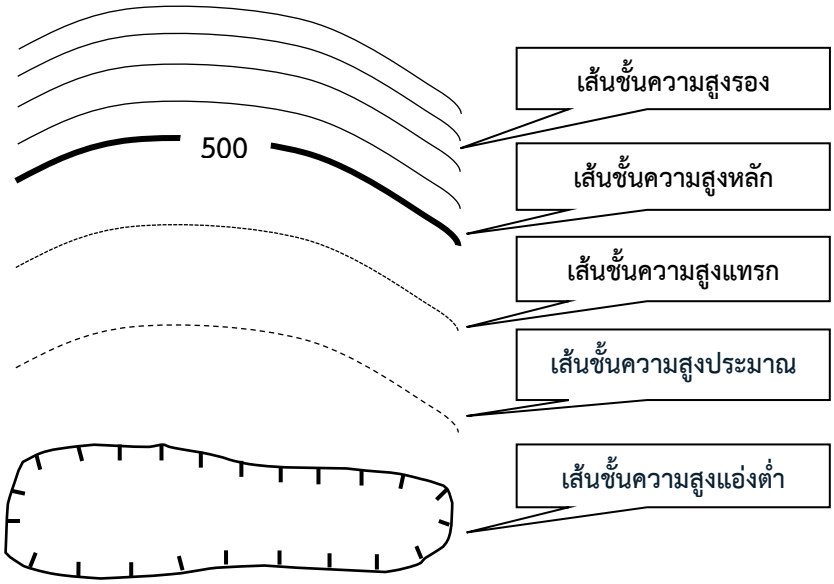
(**แหล่งที่มา**: http://matthartzell.blogspot.com/2013/05/)

7.1 เส้นชั้นความสูงหลัก (Index Contour) แสดงด้วยเส้นหนักหรือ เส้นหนาเป็นเส้นชั้นความสูงที่สำคัญ ตัวเลขกำกับมักบอกความสูงเป็นตัวเลขเต็มจำนวนร้อย เช่น 100 200 300 400 500

7.2 เส้นชั้นความสูงรอง (Intermediate Contour) คือ เส้นที่อยู่ระหว่าง Index Contour แสดงด้วยเส้นบาง ๆ ที่บางกว่าเส้นหลักเป็นเส้นที่บอกความสูงละเอียดลงไปจากเส้นชั้นความสูงหลัก

7.3 เส้นชั้นความสูงแทรก (Supplemental Contour) ใช้แสดงในลักษณะภูมิประเทศที่ได้ระดับหรือแบนราบ ทำให้เส้นชั้นความสูงห่างกันมากจึงต้องใช้เส้นชั้นความสูงแทรกเข้ามาช่วย เส้นชั้นความสูงแทรกนี้จะแสดงด้วยเส้นไข่ปลา

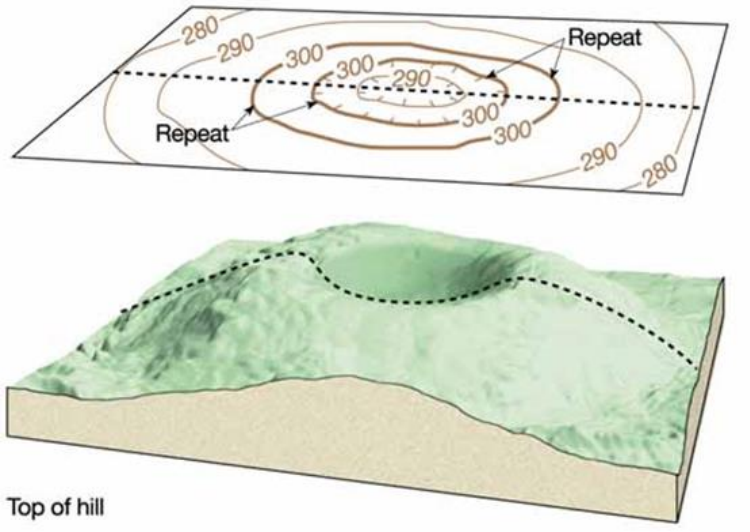
7.4 เส้นชั้นความสูงประมาณ (Approximate Contour) เขียนแปลเป็นแผนที่ภูมิประเทศนั้นถูกเมฆบัง ดังนั้นในบริเวณดังกล่าวจึงใช้เส้นประเพื่อประมาณความสูงต่อจากเส้นชั้นความสูงหลักหรือเส้นชั้นความสูงรอง



ภาพที่ 5.7 ชนิดของเส้นชั้นความสูง

(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)

7.5 เส้นชั้นความสูงแอ่งต่ำ (Depression Contour) เส้นชั้นความสูงชนิดนี้เป็นเส้นชั้นความสูงของพื้นที่ซึ่งต่ำกว่าบริเวณรอบ ๆ ของเส้นชั้นความสูงอื่น เส้นชั้นความสูงชนิดนี้มีลักษณะพิเศษตรงที่มีขีดสั้น ๆ ในแนวที่ตั้งได้ฉากกับเส้นชั้นความสูง ปลายของขีดหันไปทางด้านลาดลง (ดูภาพที่ 5.8 ประกอบ)



ภาพที่ 5.8 เส้นชั้นความสูงแอ่งต่ำ

(**แหล่งที่มา**: http://faculty.chemeketa.edu/afrank1/topo_maps/hill_or_hole.htm)

5.1.2 การหาความสูงและการเขียนภาพตัดขวางจากเส้นชั้นความสูง

บนแผนที่ทหารชุด L7018 ที่ใช้เป็นฐานการอ่านและการแปลความกันอยู่ในปัจจุบันจะปรากฏเส้นชั้นความสูงในบริเวณที่มีความสูง - ต่ำของภูมิประเทศอยู่ ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าเส้นชั้นความสูง (Contour Lines) ทุกประเภทต้องอาศัยจุดอ้างอิงหลักที่เรียกว่าหมุดระดับน้ำทะเลปานกลางที่เป็นหลักฐานอ้างอิงในทางดิ่ง การหาความสูงจากเส้นชั้นความสูงจำเป็นต้องอาศัยเกณฑ์ที่ดัดแปลงดังนี้ (สุโข เสมมหาศักดิ์, 2559)

1) การพิจารณาเส้นชั้นความสูงเส้นใดเส้นหนึ่ง ให้พิจารณาเส้นชั้นความสูงที่อยู่ถัดไปทั้งบนและล่างเพื่อให้ทราบว่าลักษณะของภูมิประเทศมีความลาดชันในลักษณะลาดขึ้นหรือลาดลง

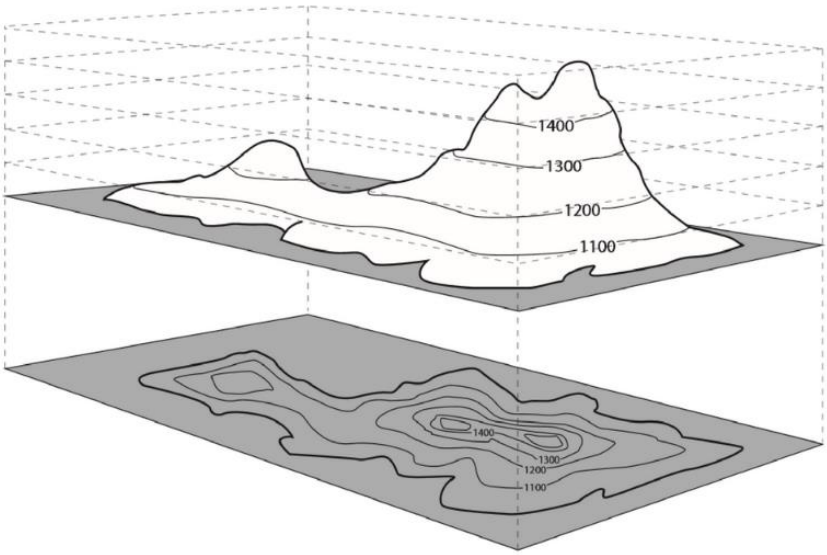
2) ถ้าเส้นชั้นความสูงสองเส้นอยู่บริเวณใกล้เคียงกันแต่ไม่ได้ล้อมรอบบริเวณเดียวกันและเส้นชั้นเส้นหนึ่งเป็นชนิดแอ่งต่ำ เส้นชั้นความสูงทั้งสองเส้นนี้จะมีความสูงต่างกัน (ดูภาพที่ 5.9 ประกอบ)

3) เส้นชั้นความสูงที่ล้อมรอบเส้นชั้นความสูงชนิดแอ่งต่ำจะมีความสูงเท่ากัน

4) การพิจารณาความสูงของจุดที่อยู่ระหว่างเส้นชั้นความสูงสองเส้นให้นำค่าเส้นชั้นความสูงบนบวกกับเส้นชั้นความสูงล่างแล้วหารครึ่ง

5) การกำหนดความสูงของยอดเขาให้เอาค่าความสูงครึ่งหนึ่งของเส้นชั้นความสูงบวกกับค่าความสูงของเส้นชั้นความสูงเส้นในสุด

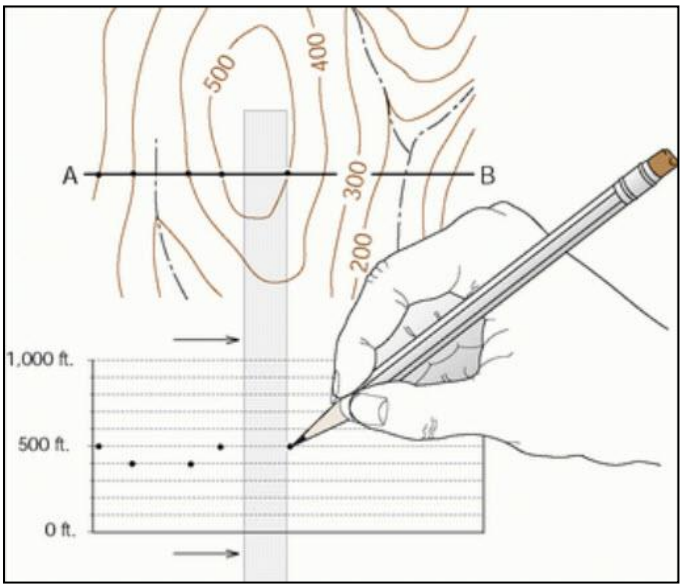
6) การกำหนดความสูงของบริเวณก้นแอ่งให้เอาค่าความสูงครึ่งหนึ่งของเส้นชั้นความสูงลบออกจากค่าความสูงแอ่งต่ำเส้นในสุด



ภาพที่ 5.9 การจำลองภาพความสูงจากเส้นชั้นความสูง

(**แหล่งที่มา**: http://www.google.com/contourlines)

การสร้างภาพตัดขวาง (Topographic profile or cross-sections) จากเส้นชั้นความสูงมีวิธีการสร้างโดยเริ่มจากการหาพื้นที่ที่ต้องการทำภาพตัดขวางก่อน แล้วจึงกำหนดปลายทั้งสองของ “เส้นตรง” ที่จะตัดผ่านพื้นที่โดยให้กำหนดอักษรกำกับร่วมด้วย จากนั้นให้สร้างเส้นบรรทัดที่มีความยาวเท่ากับหรือยาวกว่าเส้นตรงที่ตัดผ่านพื้นที่ (A, B) ระยะห่างของเส้นบรรทัดสามารถกำหนดได้โดยอิสระแต่ต้องมีความเหมาะสม ไม่แคบหรือกว้างจนเกินไปพร้อมกำหนดค่าความสูงกำกับ (ดูภาพที่ 5.10 ประกอบ)



สแกนเพื่อดูวีดีโอที่เกี่ยวข้องบน Youtube

ภาพที่ 5.10 การทำภาพตัดขวางจากเส้นชั้นความสูง

(**แหล่งที่มา**: https://etc.usf.edu/clipart/46200/46296/46296_profile.hฤtm)

ในขั้นตอนของการกำหนดตำแหน่งลงบนเส้นบรรทัดหรือการพลอตจุด สามารถทำได้โดยใช้ไม้บรรทัดทาบหรือลากเส้นจากการประมาณด้วยสายตาจากจุดที่เส้นตรงตัด (A, B) กับเส้นชั้นความสูงลงมายังเส้นบรรทัดที่มีความสูงตรงกันแล้วทำการกำหนดจุด หลังจากได้ตำแหน่งของจุดครบทั้งหมดแล้วจึงทำการลากเส้นเชื่อมระหว่างจุดกำหนดจาก A ถึง B ส่วนล่างของเส้นบรรทัดสามารถระบุว่าความสูงที่

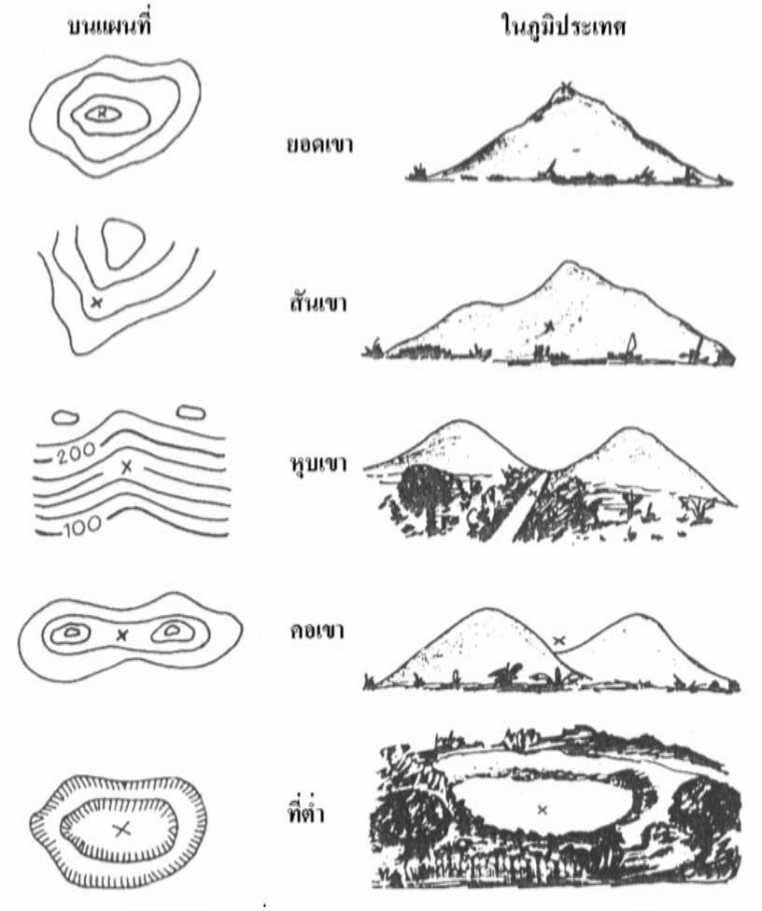
ปรากฏนั้นเป็นลักษณะ ภูมิประเทศแบบใดประกอบด้วยก็ได้ (ดูภาพที่ 5.11 ประกอบ) แสดงภาพตัดขวางบนแผนที่ของภูมิประเทศลักษณะต่าง ๆ

5.2 การวัดขนาดพื้นที่ในแผนที่ (Area Calculation)

การวัดขนาดพื้นที่ คือ การหาขนาดของพื้นที่หนึ่ง ๆ ที่กำหนดศึกษา การหาขนาดของพื้นที่สามารถกระทำได้หลายวิธีที่แตกต่างกัน เพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายขึ้น การหาขนาดพื้นที่ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จึงเสนอการวัดขนาดพื้นที่เชิงเปรียบเทียบระหว่างการวัดขนาดพื้นที่ในแผนที่แบบโบราณและการวัดขนาดพื้นที่ในแผนที่แบบสมัยใหม่

5.2.1 การวัดขนาดพื้นที่ในแผนที่แบบโบราณ

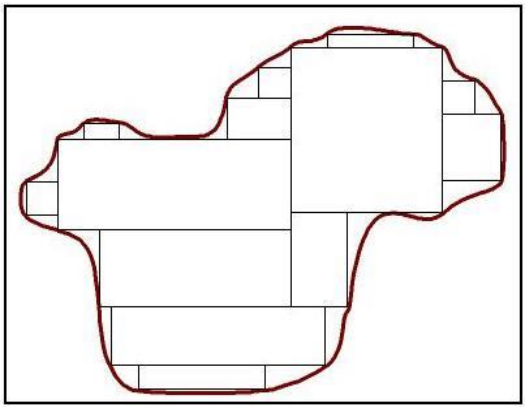
การวัดขนาดของพื้นที่จากแผนที่แบบโบราณ ผู้ใช้แผนที่จำเป็นต้องทราบองค์ประกอบที่สำคัญองค์ประกอบหนึ่งของแผนที่ คือ มาตราส่วนสัดส่วน ถ้าไม่ทราบมาตราส่วนของพื้นที่เป็นเบื้องต้นก่อนจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะคำนวณขนาดของพื้นที่ได้อย่างถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น ถ้าผู้ใช้ทราบว่าแผนที่ชุดหนึ่งมีมาตราส่วนสัดส่วนเท่ากับ 1: 50,000 นั้นหมายความว่าขนาดบนแผนที่ที่วัดได้ 1 หน่วยสามารถเทียบได้กับขนาดในพื้นที่จริงเท่ากับ 50,000 หน่วย การหาขนาดพื้นที่แบบโบราณสามารถทำได้ 3 วิธี ดังนี้ (อณุศร พุ่มพวง, ม.ป.ป.)



ภาพที่ 5.11 ประเภทของภูมิประเทศ

(**แหล่งที่มา**: http://www.crma.ac.th/)

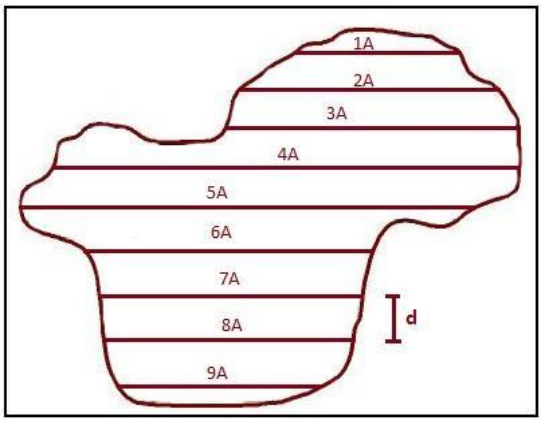
1) การใช้รูปทรงเรขาคณิต วิธีการนี้จะใช้รูปทรงเรขาคณิตสี่เหลี่ยมทั้งแบบจัตุรัสและ/หรือแบบผืนผ้ามาเรียงจนเต็มพื้นที่ที่ต้องการหาขนาดแล้วจึงทำการคำนวณหาพื้นที่ของสี่เหลี่ยมที่อยู่ภายในพื้นที่จนครบด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ คือ กว้าง x ยาว เมื่อได้ขนาดพื้นที่ของสี่เหลี่ยมแต่ละรูปแล้วให้นำมาบวกรวมกันก็ได้ขนาดของพื้นที่ที่กำหนดศึกษา (ดูภาพที่ 5.12 ประกอบ)



ภาพที่ 5.12 การหาขนาดพื้นที่ด้วยรูปทรงเรขาคณิต

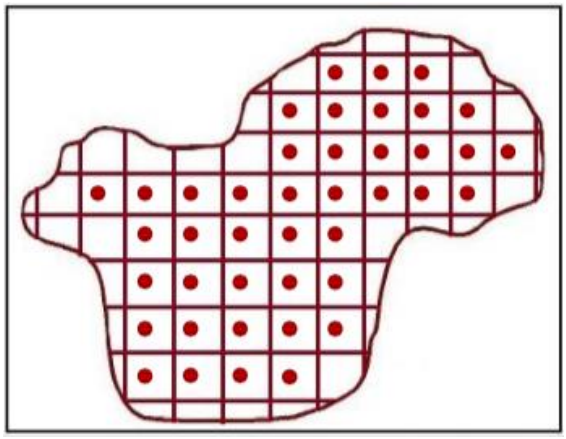
(**ดัดแปลงมาจาก**: http://www.geo2gis.com/)

2) การลากเส้นตัดพื้นที่ ในพื้นที่ที่ต้องการหาขนาดให้ทำการลากเส้นตัดพื้นที่จากซ้ายไปขวาในแนวขนานให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ โดยให้เส้นตัดแต่ละเส้นมีช่องว่างระหว่างเส้นเท่า ๆ กัน (ค่า d ในภาพที่ 5.13) แล้วทำการวัดความยาวของเส้นตัดแต่ละเส้นและคำนวณระยะทางในภูมิประเทศจริง ทำการวัดระยะห่างระหว่างเส้น (ค่า d) ทำการคำนวณหาขนาดพื้นที่โดยการนำความยาวของเส้นตัดแต่ละเส้นมาบวกกันแล้วคูณด้วยค่า d (ดูภาพที่ 5.13 ประกอบ)



ภาพที่ 5.13 การหาขนาดพื้นที่ด้วยเส้นตัด
(**ดัดแปลงมาจาก:** http://www.geo2gis.com/)

3) การใช้ช่องจัตุรัสขนาดเล็ก การหาขนาดพื้นที่ด้วยวิธีนี้คล้ายกับการใช้รูปทรงเรขาคณิต แต่เปลี่ยนมาใช้ช่องตารางขนาดเท่ากันทั้งพื้นที่ ด้วยวิธีการนี้ พื้นที่จะครอบคลุมไปด้วยช่องตารางขนาดเล็กซึ่งสามารถนับจำนวนช่องที่พื้นที่นั้นตกอยู่ได้ กรณีของช่องที่ไม่เต็มสมบูรณ์อาจใช้วิธีการประเมินด้วยสายตาว่าแต่ละช่องมีขนาดประมาณเท่าใด แล้วจึงนำค่าที่ได้จากการนับและการประมาณค่ามาบวกรวมกันจะได้เป็นขนาดของพื้นที่ที่กำหนดศึกษา (ดูภาพที่ 5.14 ประกอบ)



ภาพที่ 5.14 การหาขนาดพื้นที่ด้วยช่องจัตุรัสขนาดเล็ก
(**ดัดแปลงมาจาก**: http://www.geo2gis.com/)

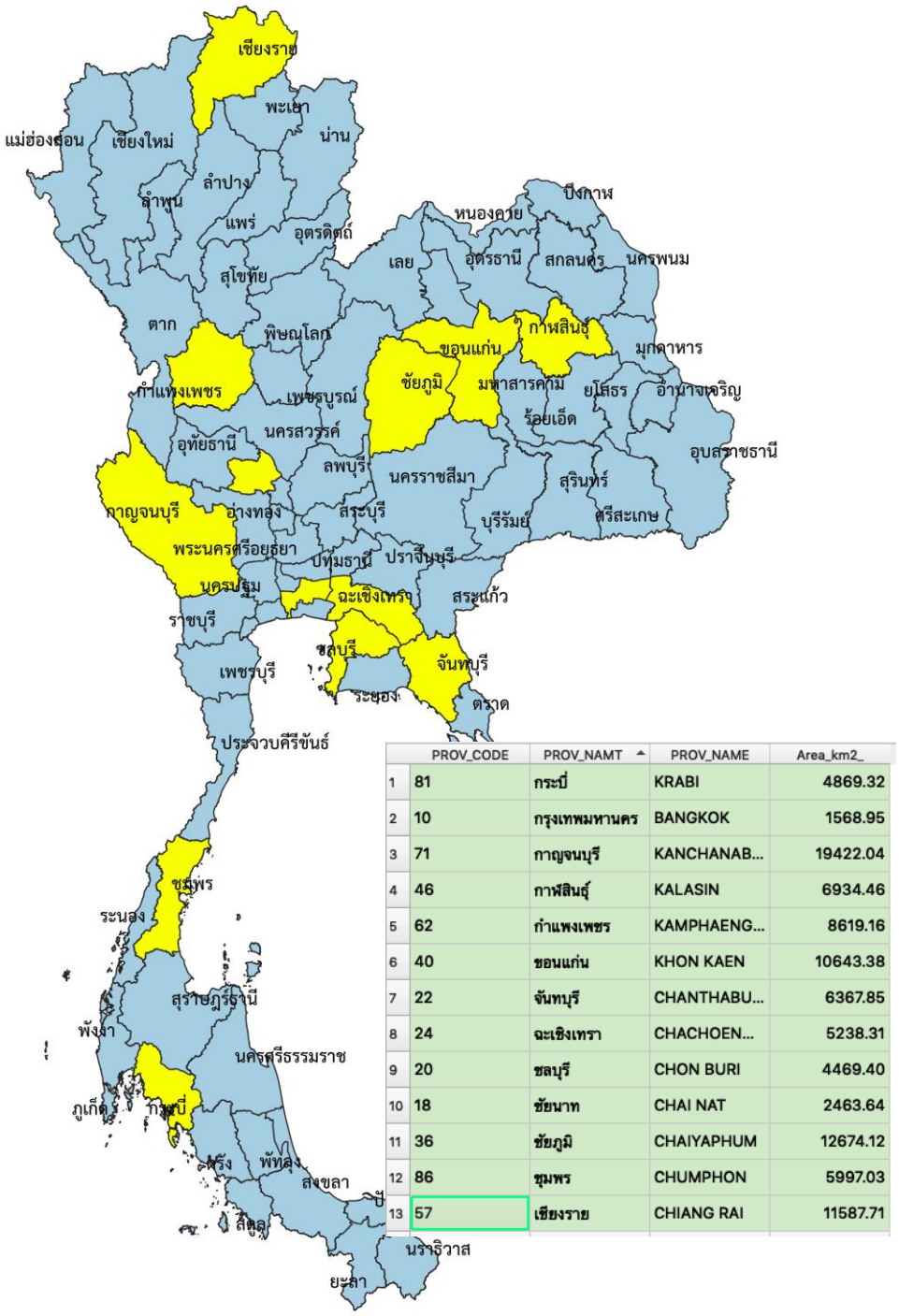
5.2.2 การวัดขนาดพื้นที่ในแผนที่แบบสมัยใหม่

การวัดขนาดพื้นที่แบบสมัยใหม่ หมายถึงการวัดขนาดพื้นที่บนแผนที่ดิจิทัลหรือแผนที่ที่ไม่ได้อยู่บนกระดาษ การวัดขนาดแบบนี้จำเป็นต้องอาศัยการคำนวณขนาดพื้นที่ที่มีการกำหนดและอ้างอิงเส้นโครงแผนที่รูปแบบต่าง ๆ ที่มีอยู่ก่อนแล้ว ดังนั้น การคำนวณหาขนาดพื้นที่จึงสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว สามารถเปลี่ยนแปลงหน่วยการวัดได้ทันที การหาขนาดพื้นที่แบบสมัยใหม่จะมีความถูกต้องมากกว่าการหาขนาดพื้นที่แบบโบราณ ตัวอย่างเช่น บน Google Platforms ได้แก่ Google Maps และ Google Earth เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีบริการอื่น ๆ ในรูปแบบของแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ตโฟนที่สามารถใช้คุณสมบัติในการระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียม (GPS) และการระบุตำแหน่งด้วยดาวเทียมแบบช่วยเหลือ (Assist-GPS: A-GPS เช่น ตำแหน่งที่ได้จากการส่งสัญญาณระหว่างเสาสัญญาณผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่กับอุปกรณ์ หรือจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สาย) ช่วยให้การระบุตำแหน่งเพื่อหาขนาดพื้นที่มีความแม่นยำมากขึ้นเมื่ออยู่ในพื้นที่จริง นอกเหนือไปจากนี้ ยังมีโปรแกรมเฉพาะทางด้านภูมิสารสนเทศที่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาขนาดของพื้นที่หลายพื้นที่ได้พร้อมกัน

การใช้ Google Maps เพื่อหาขนาดของพื้นที่หนึ่งสามารถทำได้โดยเริ่มต้นด้วยการกำหนดพื้นที่ที่ต้องการหาขนาด จากนั้นให้ทำการคลิกขวาบนเมาส์แล้วเลือกเมนูวัดระยะทาง (Measure Distance) วางจุดให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการด้วยการคลิกเมาส์โดยให้จุดสุดท้ายมาบรรจบที่จุดเริ่มต้น Google Maps จะแสดงขนาดของพื้นที่ตรงกลางหน้าด้านล่าง มีหน่วยเป็นตารางเมตรและตารางฟุตพร้อมกับแสดงระยะทางของเส้นรอบวง ทั้งนี้เพื่อความเข้าใจผู้เขียนได้จัดทำวีดีโอสาธิตการหาขนาดของพื้นที่โดยสามารถสแกนได้จาก QR code ด้านล่าง

สำหรับตัวอย่างการหาขนาดพื้นที่ในแอปพลิเคชั่น สามารถทำการหาได้เช่นเดียวกันกับบน Google Maps และ Google Earth แต่ด้วยความหลากหลายของแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ตโฟนในปัจจุบัน ผู้เขียนจึงขอยกตัวอย่างของแอปพลิเคชั่นที่ชื่อว่า AREA บนระบบปฏิบัติการ iOS มานำเสนอ ทั้งนี้ วีดีโอสาธิตการหาขนาดพื้นที่สามารถสแกนได้จาก QR code ด้านล่าง

สำหรับตัวอย่างการหาขนาดของพื้นที่ในโปรแกรมเฉพาะทางจะมีความซับซ้อนมากกว่าวิธีการที่นำเสนอมาแล้วข้างต้น ดังนั้น การใช้โปรแกรมเฉพาะทางผู้ใช้จำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจในโปรแกรมเหล่านั้นก่อนจึงจะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



	PROV_CODE	PROV_NAMT	PROV_NAME	Area_km2_
1	81	กระบี่	KRABI	4869.32
2	10	กรุงเทพมหานคร	BANGKOK	1568.95
3	71	กาญจนบุรี	KANCHANAB...	19422.04
4	46	กาฬสินธุ์	KALASIN	6934.46
5	62	กำแพงเพชร	KAMPHAENG...	8619.16
6	40	ขอนแก่น	KHON KAEN	10643.38
7	22	จันทบุรี	CHANTHABU...	6367.85
8	24	ฉะเชิงเทรา	CHACHOEN...	5238.31
9	20	ชลบุรี	CHON BURI	4469.40
10	18	ชัยนาท	CHAI NAT	2463.64
11	36	ชัยภูมิ	CHAIYAPHUM	12674.12
12	86	ชุมพร	CHUMPHON	5997.03
13	57	เชียงราย	CHIANG RAI	11587.71

ภาพที่ 5.15 ผลจากการหาขนาดพื้นที่ด้วยโปรแกรมเฉพาะทางบนโปรแกรม QGIS 3.6

(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)

คำถามท้ายบทที่ 5

1) กระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาของเปลือกโลกที่สำคัญมีอะไรบ้าง และสามารถก่อให้เกิดภูมิประเทศลักษณะใดบ้าง
2) ให้อธิบายการทำภาพตัดขวางจากเส้นชั้นความสูงโดยสังเขป
3) หมุดระดับทะเลปานกลางอยู่ที่ตำบลใด และใช้เพื่อประโยชน์ด้านใดบ้าง
4) เส้นชั้นความสูงประมาณถูกใช้เมื่อใด
5) อธิบายความได้เปรียบและเสียเปรียบในการวัดขนาดพื้นที่ในแผนที่แบบโบราณและการวัดขนาดพื้นที่ในแผนที่แบบสมัยใหม่

เอกสารอ้างอิง

สุโข เสมมหาศักดิ์. (2559). *การอ่านและการแปลความหมายจากแผนที่.* เอกสารประกอบการสอน, เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

อณุศร พุ่มพวง. (ม.ป.ป.). “การวัดพื้นที่บนแผนที่แบบโบราณ”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 8 มิถุนายน 2562. จาก http://www.geo2gis.com/index.php/geography/2016-01-29-05-50-20/260-area-measuring-2

อภิศักดิ์ โสมอินทร์. (2520). *แผนที่และการแปลความหมายจากแผนที่.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

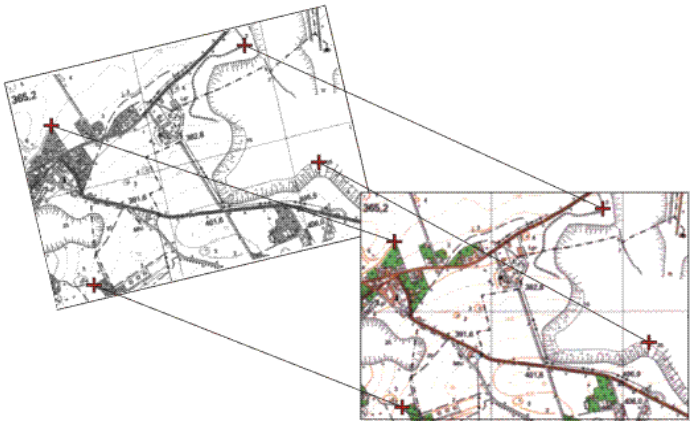
Phakpoom Laotrakul. (2015). “การอ่านแผนที่”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 3 พฤษภาคม 2562. จาก https://www.gistda.or.th/main/th/node/916

บทที่ 6

การอ้างอิงพิกัดและการซ้อนทับข้อมูลบนแผนที่

6.1 การอ้างอิงพิกัด (Georeference)

การอ้างอิงพิกัด คือ วิธีการอ้างอิงพิกัดใด ๆ ที่เปลี่ยนแปลงรูปแบบและตำแหน่งของชุดข้อมูลเดิมให้เป็นชุดข้อมูลใหม่ (Georeference, 2018) การอ้างอิงพิกัดยังหมายถึงการให้ค่าพิกัดในระบบพิกัดใด ๆ กับจุดหรือตำแหน่งบนแผนที่โลก ส่วนมากเป็นการอ้างอิงพิกัดให้กับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากกล้องถ่ายภาพ แผนผัง และแผนที่วาดมือที่มีมาตราส่วนแผนที่ ทั้งนี้รวมถึงแผนที่กระดาษที่ผ่านการสแกนเป็นไฟล์ดิจิทัลแล้วซึ่งจำเป็นต้องมีพิกัดสำหรับการอ้างอิงประกอบ (Referenced Map) ทั้งนี้ แผนที่ที่ต้องการอ้างอิงพิกัดต้องอยู่ในมาตราส่วนสัดส่วนเดียวกัน



ภาพที่ 6.1 การอ้างอิงพิกัดให้กับแผนที่

(**แหล่งที่มา**: University of Wisconsin Whitewater Pangea)

การอ้างอิงพิกัดส่วนใหญ่จะปรากฏในกระบวนการทางภูมิสารสนเทศ (GIS) เพื่อให้พิกัดกับข้อมูลแรสเตอร์ (Raster Data) หรือข้อมูลที่ประกอบขึ้นจากหลาย ๆ จุดภาพ (Pixel) การอ้างอิงพิกัดเป็นขั้นตอนที่ระบุค่าพิกัดให้แต่ละจุดภาพที่ได้จากการถ่ายภาพในภูมิประเทศจริง บางกรณีการอ้างอิงพิกัดจำเป็นต้องทำการสำรวจในพื้นที่จริงโดยใช้อุปกรณ์ระบุตำแหน่ง (GPS) แต่ในบางกรณีการอ้างอิงพิกัดจะเป็นการวางจุดหรือดิจิไทซ์ (Digitize) โดยเครื่องดิจิไทเซอร์ (Digitizer) บนคอมพิวเตอร์กับแผนที่ที่ผ่านการสแกนด้วยเครื่องสแกน โดยเรียกจุดที่เกิดจากการวางจุดว่าจุดควบคุมภาคพื้น (Ground Control Point: GCPs) (Ujaval, n.d.)

สำหรับตัวอย่างของการอ้างอิงพิกัดในบทนี้ผู้เขียนใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ไม่มีข้อมูลพิกัดใด ๆ อยู่เลยมาทำการอ้างอิง โดยได้ใช้พิกัดสำหรับการอ้างจาก Google Earth และแสดงขั้นตอนการอ้างอิงพิกัดทั้งหมดบนโปรแกรมเฉพาะทาง ได้แก่ Quantum GIS: QGIS โปรแกรมเฉพาะทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ดังกล่าวสามารถดาวน์โหลดมาใช้งานโดยไม่มีค่าใช้จ่ายจากเว็บไซต์www.qgis.org และดาวน์โหลดข้อมูลเพื่อทดลองการอ้างอิงพิกัดได้ตามลิงก์ ***csuwan.weebly.com/download*** เลือกที่ ***"ข้อมูลสำหรับการอ้างอิงพิกัด.7z"*** โดยสามารถทำการอ้างอิงพิกัดตามขั้นตอนดังนี้

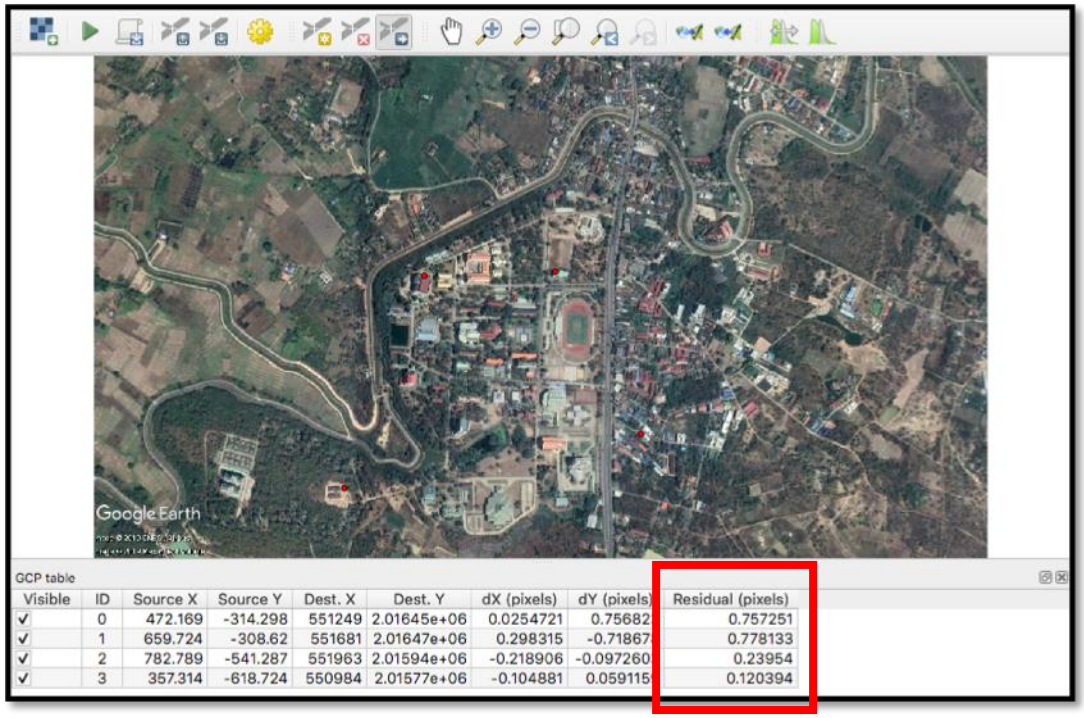
1) เริ่มต้นด้วยการหาข้อมูลสำหรับการอ้างอิงพิกัด ซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งแผนที่กระดาษที่มีมาตราส่วน ภาพถ่ายทางอากาศแนวดิ่ง 90 องศา จากบอลลูนหรือดาวเทียม ในการแสดงตัวอย่างการอ้างอิงพิกัดนี้ผู้เขียนได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากโปรแกรม Google Earth เพราะมีความทันสมัย เชื่อถือได้ และสามารถเข้าถึงได้สะดวกโดยไม่มีลิขสิทธิ์เป็นข้อมูลพื้นฐาน อย่างไรก็ตามเพื่อให้การแสดงตัวอย่างการอ้างอิงพิกัดสามารถสื่อ และสามารถช่วยให้ผู้อ่านทำตามขั้นตอนได้อย่างละเอียด ผู้เขียนจึงได้จัดทำวีดีโอแสดงขั้นตอนในการได้มาซึ่งภาพถ่ายทางอากาศจากโปรแกรม Google Earth ตาม QR Code ด้านล่างนี้

หรือทำการค้นหาใน YouTube ด้วยคำว่า
"การนำออกภาพถ่ายทางอากาศจาก Google Earth"
(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)

2) เมื่อได้ภาพถ่ายทางอากาศมาแล้ว จากนั้นจะเป็นกระบวนการในการอ้างอิงพิกัด สิ่งที่สำคัญของการอ้างอิงพิกัดอีกประการหนึ่งนอกเหนือจากการมีภาพถ่ายทางอากาศ คือ พิกัดที่ใช้เพื่อการอ้างอิงซึ่งโดยทั่วไปสามารถหาและอ้างอิงได้จากแผนที่ที่มีค่าพิกัดกำหนดไว้ให้แล้ว เช่น แผนที่ดิจิทัลของบริษัทต่าง ๆ แผนที่ทหาร และแผนที่กระดาษที่มีทั้งพิกัดภูมิศาสตร์และพิกัดกริด อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดของการเข้าถึงแผนที่เหล่านั้น ผู้เขียนจึงได้เลือกใช้การอ้างอิงพิกัดจากแผนที่อ้างอิงบนโปรแกรม Google Earth เป็นพื้นฐาน โดยได้ดำเนินการอ้างอิงพิกัดบนโปรแกรม QGIS

3) หลักการของการอ้างอิงพิกัดที่สำคัญประการหนึ่งคือการวางจุดอ้างอิง (GCPs) อย่างน้อย 4 จุดลงบนภาพถ่ายทางอากาศที่ยังไม่มีพิกัดอ้างอิงใด ๆ การวางจุดจะเลือกวางในจุดที่มีความชัดเจนของภาพมากที่สุดซึ่งอาจจะเป็นบริเวณมุมของสิ่งปลูกสร้างหรือบริเวณที่มีการตัดกันของวัตถุ

และเงา ในการวางจุดเพื่อการอ้างอิงพิกัดนิยมที่จะวางจุดอ้างอิงบนถาวรวัตถุมากกว่าการวางจุดอ้างอิงบนเรือนยอดของพืชพรรณ ทางน้ำ ทางถนน และแหล่งน้ำ ทั้งนี้เพราะสิ่งที่ไม่ใช่ถาวรวัตถุสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เมื่อได้จุดที่ต้องการแล้วจะทำการอ้างอิงจุดนั้นด้วยค่าพิกัดจากแผนที่อ้างอิง ในที่นี้ก็คือแผนที่บนโปรแกรม Google Earth วิธีการคือการหาตำแหน่งโดยการประมาณสี แสง และขนาดของจุดภาพ เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ใกล้เคียงที่สุดทั้งสองภาพ โดยค่าส่วนที่เหลือหรือค่าผิดพลาด (Residual Pixel or Errors) หลังจากการวางจุดครบทั้ง จุดแล้ว 4 ควรมีค่าต่ำหรือควรมีค่าส่วนที่เหลือไม่เกิน “1” จึงจะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ การที่ส่วนที่เหลือมีค่าสูง นั่นหมายความว่าจุดอ้างอิงของทั้งแผนที่มีความคลาดเคลื่อนสูงหรือไม่เป็นตำแหน่งเดียวกัน (ดูภาพที่ 6.2 ประกอบ)



ภาพที่ 6.2 ค่าส่วนที่เหลือหรือค่าผิดพลาดจากการทำการอ้างอิงบนโปรแกรม QGIS

(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)

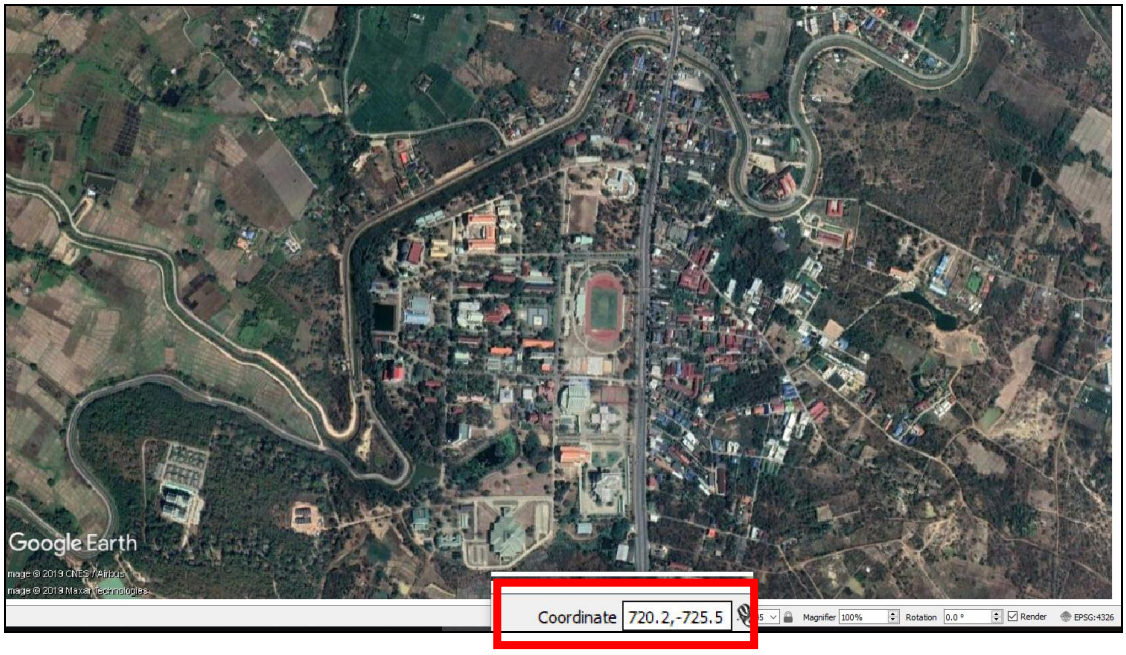
เพื่อให้สามารถเข้าใจหลักการอ้างอิงพิกัดได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น ผู้อ่านสามารถเข้าชมวิธีการอ้างอิงพิกัดในโปรแกรม QGIS และทดลองการอ้างอิงพิกัดได้ด้วยตนเองจากลิงก์ด้านล่าง

หรือทำการค้นหาใน YouTube ด้วยคำว่า

”การอ้างอิงพิกัดภาพถ่ายทางอากาศบนโปรแกรม QGIS”

(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)

ภาพที่ 6.3 แสดงภาพถ่ายทางอากาศที่นำเข้าในโปรแกรม QGIS ที่ได้มาจากโปรแกรม Google Earth ซึ่งยังไม่ปรากฏพิกัดอ้างอิงใด ๆ เมื่อลากเมาส์ผ่านจุดใด ๆ บนภาพถ่ายจะแสดงเพียงค่าบนแกน X และแกน Y เท่านั้น ไม่สามารถใช้เพื่อการอ้างอิงที่เป็นสากลได้ เมื่อเปรียบเทียบกับภาพที่ 6.4 ซึ่งเป็นภาพถ่ายทางอากาศที่ผ่านขั้นตอนของการอ้างอิงพิกัดแล้ว เมื่อลากเมาส์ผ่านจะปรากฏเป็นค่าพิกัดที่สามารถอ้างอิงได้ในระบบอ้างอิงสากลนั่นคือ พิกัดกริด UTM (Universal Transverse Mercator) Zone 47N ซึ่งเป็นโครงแผนที่แบบทรงกระบอก ภาพถ่ายทางอากาศที่ได้รับ



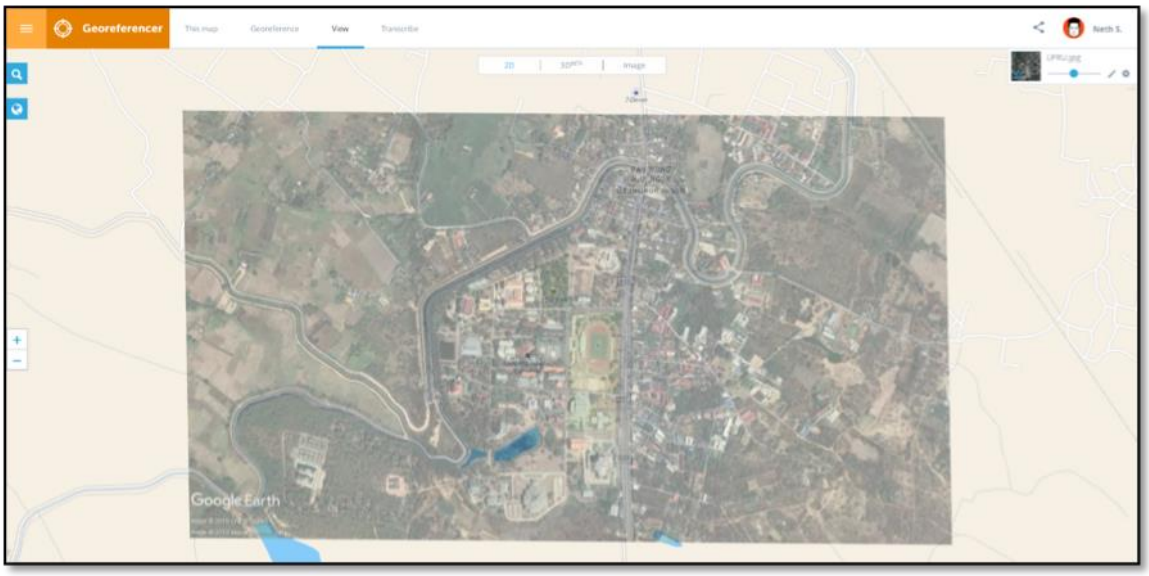
ภาพที่ 6.3 ภาพถ่ายทางอากาศที่ไม่มีการอ้างอิงพิกัดจากการทำการอ้างอิงบนโปรแกรม QGIS

(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)

การอ้างอิงพิกัดแล้วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานที่ต้องการอ้างอิงตำแหน่งงานที่ต้องการความถูกต้องจากการวัดระยะรวมทั้งงานทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศที่ต้องอาศัยโครงแผนที่ (Map Projection) ที่ถูกต้องสำหรับการวัดระยะและคำนวณเชิงพื้นที่ การอ้างอิงพิกัดบนแผนที่ดังที่ได้กล่าวแล้วสามารถนำไปใช้ได้กับโปรแกรมเฉพาะทางด้านภูมิสารสนเทศอีกหลายโปรแกรม อย่างไรก็ตาม อาจอ้างอิงพิกัดให้กับแผนที่สามารถกระทำได้บนเว็บเบราว์เซอร์ (Browser) โดยตรงและสามารถแสดงผลได้ทันที อย่างไรก็ตาม มีข้อเสียที่สำคัญอยู่ประการหนึ่ง คือ ต้องเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงสำหรับการนำออกข้อมูล

ภาพที่ 6.4 ภาพถ่ายทางอากาศที่มีการอ้างอิงพิกัดจากการทำการอ้างอิงบนโปรแกรม QGIS

(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)



ภาพที่ 6.5 การอ้างอิงพิกัดภาพถ่ายทางอากาศแบบออนไลน์

(**แหล่งที่มา**: www.georeferencer.com)

6.2 การซ้อนทับข้อมูลบนแผนที่ (Map Overlay)

การซ้อนทับข้อมูลแผนที่ เป็นเทคนิควิธีการอย่างหนึ่งในการทำแผนที่ซึ่งเริ่มต้นมานานพอสมควรในยุคที่มีการทำแผนที่ด้วยมือด้วยการใช้ภาพถ่ายทางอากาศเป็นแผนที่พื้นฐาน (Base

map) ภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial photography) คือภาพถ่ายที่มีมุมดิ่ง 90 องศาซึ่งได้มาจากการถ่ายภาพด้วยอุปกรณ์ถ่ายภาพที่ติดตั้งไว้บนเครื่องบิน บอลลูน หรือดาวเทียม ภาพที่ถ่ายได้แล้วถูกนำมาซ้อนทับด้วยกระดาษลอกลายหรือกระดาษไข (Tracing paper) ที่มีข้อมูลต่าง ๆ เช่นข้อมูลสาธารณูปโภค ข้อมูลการใช้ที่ดิน และข้อมูลผังเมือง เป็นต้น ปรากฏอยู่ ที่แสดงในภาพที่ 6.6 คือ การซ้อนทับแผนที่กระดาษที่ถูกสร้างขึ้นในยุคทูดอร์ (Tudor Period: 1485-1603) ของประเทศอังกฤษ

ภาพที่ 6.6 การซ้อนทับแผนที่บริเวณลอนดอนบริดจ์ปี 1520

(**แหล่งที่มา**: www.georeferencer.com)

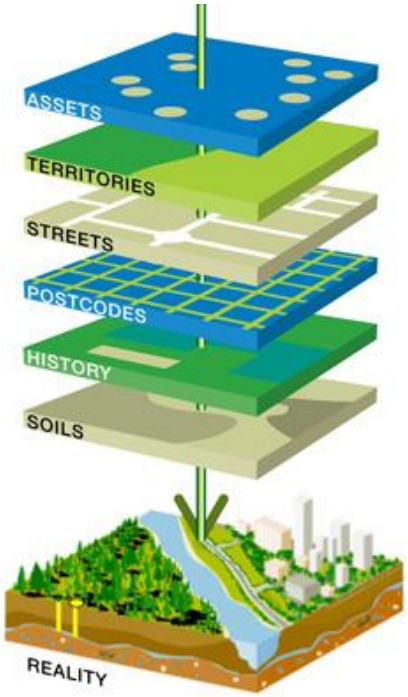
และเวลส์ที่ได้รับการสแกนเป็นไฟล์ดิจิทัลเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของกรุงลอนดอนในปัจจุบันเทียบเคียงกับกรุงลอนดอนเมื่อ 500 ปีที่ผ่านมา

วัตถุประสงค์สำคัญของการซ้อนทับข้อมูล คือ การนำชั้นข้อมูล (Map layer) ที่มีมากกว่าหนึ่งชั้นข้อมูลมาซ้อนทับลงบนแผนที่พื้นฐาน ข้อมูลที่จะนำมาซ้อนทับกันนั้นเป็นได้ทั้งข้อมูลภาพถ่ายและข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเพื่อประโยชน์ในการให้ความหมายที่ชัดเจนและแปลความหมายที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นจากชั้นข้อมูลเหล่านั้น

การซ้อนทับข้อมูลแผนที่ คือ การนำข้อมูลชั้นต่าง ๆ (Layers) มาซ้อนทับกันลงบนแผนที่พื้นฐานเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับตอบคำถามเชิงพื้นที่ในการศึกษาวิชาภูมิศาสตร์ โดยปกติทั่วไป คำถามทางภูมิศาสตร์จะมีลักษณะเฉพาะของตัวเองที่ไม่เหมือนสาขาวิชาอื่น กล่าวคือ คำถามในทางภูมิศาสตร์จะเน้นเรื่องของการปรากฏของสิ่งต่าง ๆ ว่าปรากฏอยู่ที่ไหน และเพราะเหตุใดจึงปรากฏ ณ ที่นั่น (Where and why there?) อย่างไรก็ตาม การซ้อนทับข้อมูลแผนที่ยังสามารถตอบคำถาม

นอกเหนือจากสองคำถามข้างต้นได้ขึ้นอยู่กับผู้ศึกษาว่าต้องการอะไรเป็นคำตอบ เช่น คำถามที่ว่า “อย่างไร” หรือ “How?” และ “สมมติว่า” หรือ “What if?”ก็สามารถใช้ประโยชน์ของการซ้อนทับแผนที่เพื่อหาคำตอบได้เช่นกัน

ปัจจุบันการซ้อนทับข้อมูลบนแผนที่เป็นศาสตร์หนึ่งที่ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) ด้วยการซ้อนทับชุดข้อมูลประเภทต่าง ๆ ในรูปของข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลภาพถ่าย ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์ในด้านการแปลความหมายและการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบดิจิทัล (ดูภาพที่ 6.7 และ ภาพที่ 6.8 ประกอบ)



ภาพที่ 6.7 การซ้อนทับข้อมูลบนแผนที่

(**แหล่งที่มา**: http://www.geosys.co.in/what-is-gis.html)

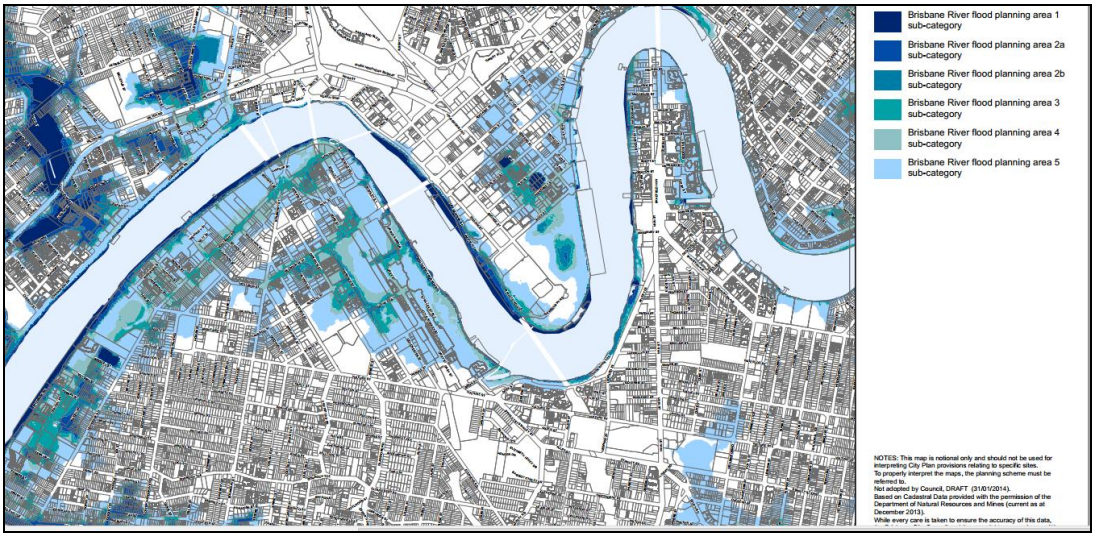
ตัวอย่างการซ้อนทับข้อมูลบนแผนที่ในเอกสารเล่มนี้เป็นการแสดงวิธีการซ้อนทับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศในอดีตด้วยการซ้อนทับลงบนแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยดาวเทียม ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ สำหรับการซ้อนทับข้อมูลบนแผนที่ได้อาศัยโปรแกรม Google Earth Pro เป็นเครื่องมือ ในการซ้อนทับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ทำมุมดิ่ง 90 องศา หรือแผนที่ที่ทำด้วยมือแบบดั้งเดิมซึ่งมีการให้สัดส่วนแผนที่ (Scale) ที่ถูกต้องก็สามารถนำมาใช้ได้เช่นกัน

หลักการสำคัญของการซ้อนทับข้อมูลแผนที่บนโปรแกรม Google Earth Pro คือการปรับขนาดของภาพถ่ายทางอากาศให้อยู่ในทิศทางและขนาดที่ใกล้เคียงกับแผนที่พื้นฐานมากที่สุดเพื่อให้

ง่ายต่อการเทียบเคียง จากนั้นทำการปรับความโปร่งใส (Transparency) ของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจนสามารถเห็นแผนที่พื้นฐานด้านล่างแล้วจึงทำการปรับข้อมูลแผนที่ทั้งสองชุดให้ตรงกัน

เพื่อให้เกิดความเข้าใจดียิ่งขึ้นผู้เขียนได้ทำวีดีโอสาธิตการทำการซ้อนทับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศบนโปรแกรม Google Earth Pro สำหรับให้ผู้อ่านสามารถใช้เป็นตัวอย่างในการทดลองทำด้วยตนเองโดยดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศได้จาก *csuwan.weebly.com/download* และเลือกที่ *“ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ (St.Paul Carthedral)”* ทั้งนี้ วิธีการซ้อนทับสามารถศึกษารายละเอียดได้จากวีดีโอสาธิตตาม QR Code ที่ปรากฏด้านล่างนี้

หรือทำการค้นหาใน YouTube ด้วยคำว่า
”การซ้อนทับข้อมูลแผนที่บนโปรแกรม Google Earth Pro”
(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)



ภาพที่ 6.8 การซ้อนทับข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมบนแผนที่พื้นฐาน
(**แหล่งที่มา** : http://westender.com.au/draft-plan-surprises-residents/)

คำถามท้ายบทที่ 6

1) การอ้างอิงพิกัดคืออะไร มีขั้นตอนที่สำคัญในการอ้างอิงพิกัดอย่างไรบ้าง กล่าวอธิบายโดยสังเขป
2) ทำไมการอ้างอิงพิกัดแผนที่ต้องใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศที่มีมุมถ่ายในแนวดิ่ง 90 องศา
3) ค่าผิดพลาดหรือส่วนคงเหลือจากการอ้างอิงพิกัดแผนที่ควรมีไม่เกินเท่าไหร่
4) การซ้อนทับข้อมูลสามารถทำได้อย่างไรบ้าง และการซ้อนทับข้อมูลมีประโยชน์อย่างไร อธิบาย

เอกสารอ้างอิง

Ujaval Gandhi. (n.d.). “Georeferencing Topo Sheets and Scanned Maps”. [online]. Retrieved on July 1, 2018, from https://www.qgistutorials.com/en/docs/georeferencing_basics.html

“Georeference”. (2018). *Wiktionary, The Free Dictionary*. Retrieved on July 1, 2018, from https://en.wiktionary.org/w/index.php?title=georeference&oldid=51804136

“What is GIS”. (n.d.). [online]. Retrieved on July 4, 2018, from http://www.geosys.co.in/what-is-gis.html

บทที่ 7

ข้อมูลเชิงพื้นที่

การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ในยุคที่การทำแผนที่ยังไม่มีความก้าวหน้า และเทคนิคการทำแผนที่ยังไม่มีความทันสมัยมักทำการเก็บรวบรวมไว้ในรูปของตารางตัวเลข ที่มีลักษณะเฉพาะมากไปกว่านั้น คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ในยุคสมัยดังกล่าวมักเก็บรวบรวมไว้เป็นการเฉพาะของแต่ละพื้นที่ที่ไม่ใหญ่มากนัก เช่น ตำบล อำเภอ และ/หรือจังหวัด ด้วยความเจริญก้าวหน้าของศาสตร์เชิงแผนที่ผนวกกับความทันสมัยของเทคโนโลยี ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ในปัจจุบันสามารถเก็บรวบรวมในรูปแบบดิจิทัลที่สามารถรวบรวมข้อมูลได้อย่างหลากหลายลักษณะซึ่งสามารถเรียกดูและใช้ประโยชน์ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว ที่สำคัญมากไปกว่านั้นคือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ทำขึ้นมิได้จำกัดอยู่เฉพาะในพื้นที่ที่มีขนาดเล็กเหมือนแต่ก่อน แต่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลและแสดงผลสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ เช่น ภูมิภาค หรือประเทศ เป็นต้น ได้ด้วย

7.1 ความเป็นมาของข้อมูลเชิงพื้นที่

จากการที่เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทและความสำคัญมากขึ้น ประกอบกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ได้เริ่มมีการพัฒนาขึ้นราวปี ค.ศ.1960 ส่งผลให้ความสามารถในการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การจัดเก็บข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ครอบคลุมประเด็นที่สนใจศึกษารวมทั้งเทคนิคและวิธีการที่มีความน่าเชื่อถือได้สูง ทำให้นักภูมิศาสตร์และนักวิชาการด้านแผนที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อให้คำตอบที่มีความถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ระบบคอมพิวเตอร์ได้มีส่วนช่วยในการพัฒนาระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น การเก็บรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลได้อย่างดีทำให้มีความสะดวกในการค้นข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Williams, 1995)

ข้อมูลเชิงพื้นที่ มีความหมายกว้างและครอบคลุมสาระเชิงภูมิศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ตำแหน่งที่อ้างอิงของโลกหรือตำแหน่งฐานที่ตั้ง 2) ลักษณะธรรมชาติได้แก่ลักษณะภูมิประเทศ ธรณีวิทยา ภูมิศาสตร์ธรณี โครงสร้างอุทกวิทยา เป็นต้น และ 3) วัฒนธรรม ได้แก่ แนวแบ่งเขตทางการเมือง สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น และสำมะโนประชากร เป็นต้น จึงอาจกล่าวได้ว่าภูมิสารสนเทศเป็นวิทยาการที่สำคัญที่มีส่วนสนับสนุนการตัดสินใจในด้านการบริการเชิงตำแหน่ง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับ

นโยบายเชิงพื้นที่ของรัฐบาลราวร้อยละ 80 ปัจจุบันได้อาศัยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าและทันสมัยที่เรียกว่าเทคโนโลยีสามเอ็ส (3S) ได้แก่ RS, GIS และ GPS ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญของระบบภูมิสารสนเทศเป็นเครื่องมือในการจัดการ (สุรชัย รัตนเสริมพงศ์, ม.ป.ป.)

ปัจจุบันมีระบบเทคโนโลยีสารสนเทศที่สามารถช่วยจัดเก็บข้อมูลประเภทต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี สามารถสืบค้นได้สะดวกและรวดเร็ว และสามารถปรับเปลี่ยนให้ทันสมัยได้ตลอดเวลา สมควรที่องค์กรหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจักได้นำมาประยุกต์เพื่อลดปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนให้มากขึ้น (ชนม์ธนัช สุวรรณ, 2562)

7.2 ประเภทของข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการทำแผนที่

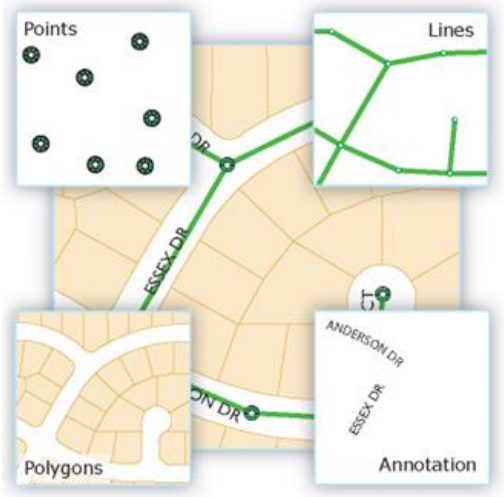
ข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการทำแผนที่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงเส้นหรือข้อมูลแสดงทิศทางหรือข้อมูลเวกตอร์ (Vector data) และข้อมูลกริดหรือข้อมูลจุดภาพหรือข้อมูลแรสเตอร์ (Raster data) (เอกพล ฉิ้มพงษ์, ม.ป.ป.) ข้อมูลทั้งสองประเภทมีคุณลักษณ์เฉพาะที่สามารถอธิบายได้โดยสังเขปดังต่อไปนี้

7.2.1 ข้อมูลเชิงเส้น หรือข้อมูลแสดงทิศทาง หรือข้อมูลเวกเตอร์ (Vector Data)

ข้อมูลประเภทนี้แสดงด้วย จุด เส้น หรือ พื้นที่รูปปิดที่ประกอบด้วยจุดพิกัดแนวราบ (X , Y) หรือแนวดิ่ง (Z) หรือระบบ Cartesian Coordinate System เช่น ถนน แม่น้ำ ขอบเขตการปกครอง โรงเรียน เป็นต้น ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบข้อมูลเวกเตอร์สามารถช่วยให้การกำหนดตำแหน่งบนผิวโลกทำได้อย่างแม่นยำ สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงข้อมูลเชิงเส้นมีดังนี้

1) จุด (Point Features) เป็นตำแหน่งพิกัดที่ไม่มีขนาดและทิศทาง โดยจุดจะถูกบันทึกบนแผนที่เป็นค่าพิกัด X,Y เพื่อใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของตำแหน่งของรูปลักษณ์หนึ่ง ๆ เช่น ที่ตั้งของโรงเรียน เป็นต้น ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของแผนที่ หากมาตราส่วนขนาดเล็กตำแหน่งที่ตั้งของโรงเรียนอาจแสดงเป็นจุด ถ้าเป็นแผนที่มาตราส่วนขนาดใหญ่อาจแสดงเป็นพื้นที่รูปปิด

2) เส้น (Linear Features) มีระยะและทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้นไปยังจุดสิ้นสุด เส้นใช้แทนวัตถุที่ปรากฏบนภูมิประเทศจริง ถูกบันทึกเป็นชุดของค่าพิกัด X,Y ประกอบไปด้วยลักษณะที่มีรูปร่างและลักษณะเป็นไปตามวัตถุที่ปรากฏ เช่น เส้นตรง เส้นโค้ง เส้นทางถนน เส้นทางรถไฟ เป็นต้น



ภาพที่ 7.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทข้อมูลเชิงเส้น (Vector Data)

(**แหล่งที่มา:** http://desktop.arcgis.com)

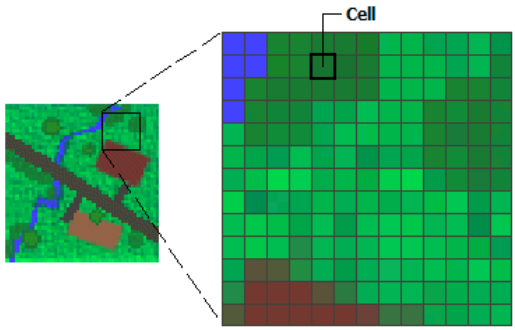
3) พื้นที่รูปปิด (Polygon Features) มีระยะและทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุด จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดจะเป็นจุดเดียวกัน เกิดการบรรจบกันเป็นขอบเขตของพื้นที่นั้น ๆ สามารถเกิดเป็นเส้นรอบรูปในลักษณะของพื้นที่ (Area) หลากรูปแบบและหลายขนาด เช่น ขอบเขตของมหาวิทยาลัย ขอบเขตเมือง และขอบเขตจังหวัด เป็นต้น

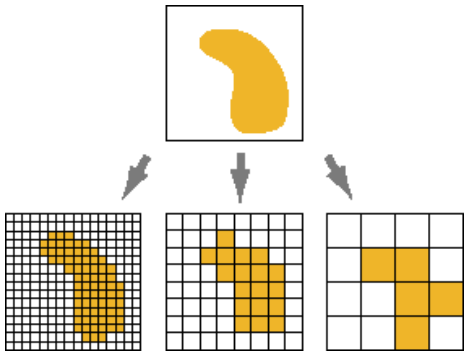
7.2.2 ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นกริดหรือข้อมูลแรสเตอร์ (Raster Data)

ข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นช่องตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือเซลล์ขนาดเท่า ๆ กัน เรียกว่าจุดภาพ (Grid cell หรือ Pixel) ข้อมูลเหล่านี้จะเรียงต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวดิ่ง ในแต่ละเซลล์สามารถเก็บค่าที่เรียกว่า “ค่าของเซลล์” (Pixel value) ได้ 1 ค่า ค่านี้เป็นค่าความสว่างหรือสีสันของเซลล์ซึ่งบ่งบอกคุณลักษณ์ของข้อมูลชุดหนึ่ง ๆ เช่น ค่าอุณหภูมิ ค่าความสูงของภูมิประเทศ เป็นต้น (ดูภาพที่ 7.2 ประกอบ) ความสามารถในการแสดงความละเอียดของเซลล์ (Resolution) ขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ หมายความว่าถ้าเซลล์มีขนาดเล็กแต่มีจำนวนเซลล์มากจะสามารถแสดงรายละเอียดได้ดีกว่าเซลล์ที่มีขนาดใหญ่แต่มีจำนวนน้อย (ดูภาพที่ 7.3 ประกอบ) ข้อมูลแรสเตอร์ที่กล่าวถึงนี้ คือ ข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นช่องตาราง เช่น ภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลทุกรูปแบบ ข้อมูลรูปภาพที่ถูกสร้างขึ้นในแบบดิจิทัล หรือภาพที่ได้จากการสแกน (ดูภาพที่ 7.4 และภาพที่ 7.5 ประกอบ) (What is Raster data?, n.d.)

ภาพที่ 7.2 การแสดงข้อมูลแบบปรากฏการณ์ เช่น การใช้ที่ดิน ข้อมูลดิน อุณหภูมิ ความสูง

(**แหล่งที่มา** : http://desktop.arcgis.com)



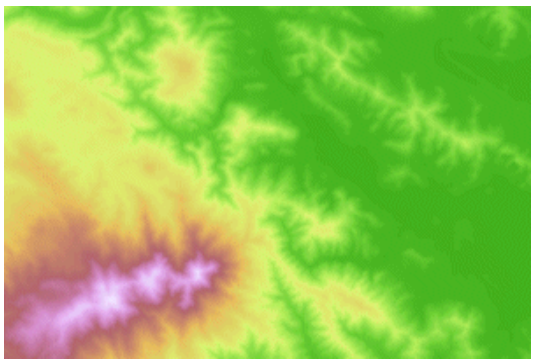


ภาพที่ 7.3 ขนาดของเซลล์หรือความละเอียด (Resolution)

(**แหล่งที่มา** : http://desktop.arcgis.com)

ภาพที่ 7.4 การแสดงข้อมูลแบบต่อเนื่อง (พื้นผิว) เช่น ปริมาณน้ำฝน ความลาดชัน

(**แหล่งที่มา** : http://desktop.arcgis.com)



ภาพที่ 7.5 การแสดงข้อมูลแบบภาพถ่ายพื้นฐานจากกระบวนการบันทึกภาพแบบต่าง ๆ

(**แหล่งที่มา** : http://desktop.arcgis.com)

7.3 การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่

การสร้างข้อมูลเชิงพื้นสามารถสร้างได้โดยใช้แผนที่พื้นฐานหลายรูปแบบ สำหรับการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ในที่นี้จะนำเสนอการสร้างจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้เป็นแผนที่พื้นฐาน โดยจะสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่แบบเวกเตอร์ด้วยการสร้างชั้นข้อมูลที่ประกอบด้วย จุด เส้น และพื้นที่รูปปิด กรณีของการสร้างข้อมูลแบบแรสเตอร์จะแสดงด้วยการใช้โมเดลความสูงดิจิทัล (Digital Elevation Model: DEM) เป็นตัวอย่างข้อมูลในการสร้างชั้นข้อมูลแรสเตอร์แบบต่อเนื่อง (ดูภาพที่ 7.4 ประกอบ) บนโปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศ (QGIS)

หลักการสำหรับการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ คือ การสร้างชั้นข้อมูลที่มีการจำแนกประเภทข้อมูลชัดเจน เช่น ชั้นข้อมูลที่เป็นจุด ข้อมูลที่เป็นเส้น หรือพื้นที่รูปปิด ทั้งนี้เพื่อให้สามารถแบ่งประเภทของข้อมูลได้ชัดเจนและสะดวกต่อการค้นหาและนำไปใช้ การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่แต่ละประเภทควรกำหนดให้มีข้อมูลตาราง (Attribute Table) กำกับในทุก ๆ จุด เส้น และพื้นที่รูปปิด หรือในทุกค่าพิกัดใด ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็นการแสดงคุณลักษณะที่สำคัญของข้อมูลเชิงพื้นที่ นอกจากนี้ยังใช้ในการให้ความหมายแก่ผู้ใช้งานข้อมูลเชิงพื้นที่ให้ทราบข้อมูลประจำค่าพิกัดนั้นว่าเป็นอย่างไร ตัวอย่างเช่น ขนาดพื้นที่ จำนวนประชากร และชื่อสถานที่ เป็นต้น

เพื่อให้เกิดความเข้าใจและเห็นภาพการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทเวกเตอร์บนโปรแกรม QGIS ผู้เขียนจึงได้สร้างโปรแกรมสาธิตเพื่อให้ผู้อ่านสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ทั้งนี้โปรแกรมสาธิตดังกล่าวแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

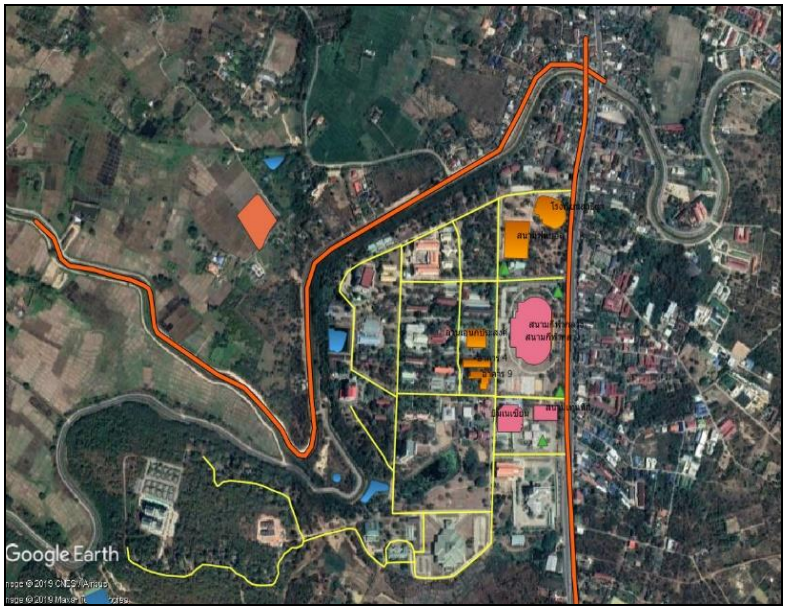
ขั้นตอนที่ 1 ดาวน์โหลดโปรแกรม QGIS	เว็บไซต์ *WWW.QGIS.ORG*
ขั้นตอนที่ 2 นำออกภาพถ่ายทางอากาศจากโปรแกรม Google Earth Pro	หรือทำการค้นหาใน YouTube ด้วยคำว่า *"การนำออกภาพถ่ายทางอากาศจาก Google Earth Pro"*

ขั้นตอนที่ 3 อ้างอิงพิกัดให้กับภาพถ่ายทางอากาศจาก Google Earth Pro	หรือทำการค้นหาใน YouTube ด้วยคำว่า *"การอ้างอิงพิกัดภาพถ่ายทางอากาศบนโปรแกรม QGIS"*

เมื่อได้ทำครบทั้งสามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นแล้ว จึงสามารถเริ่มการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ได้จากลิงก์ด้านล่าง

ทำการค้นหาใน YouTube ด้วยคำว่า
"การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ (เวกเตอร์) บนโปรแกรม QGIS"
(**แหล่งที่มา** : จัดทำโดยผู้เขียน)

ภาพที่ 7.6 แสดงให้เห็นผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่บนภาพถ่ายทางอากาศที่ได้รับการอ้างอิงพิกัดเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สร้างขึ้นจึงมีการอ้างอิงพิกัดโดยอัตโนมัติ สามารถนำข้อมูลที่สร้างเสร็จแล้วไปใช้กับงานอื่น ๆ ที่อาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ทันที



ภาพที่ 7.6 การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ (เวกเตอร์) บนโปรแกรม QGIS

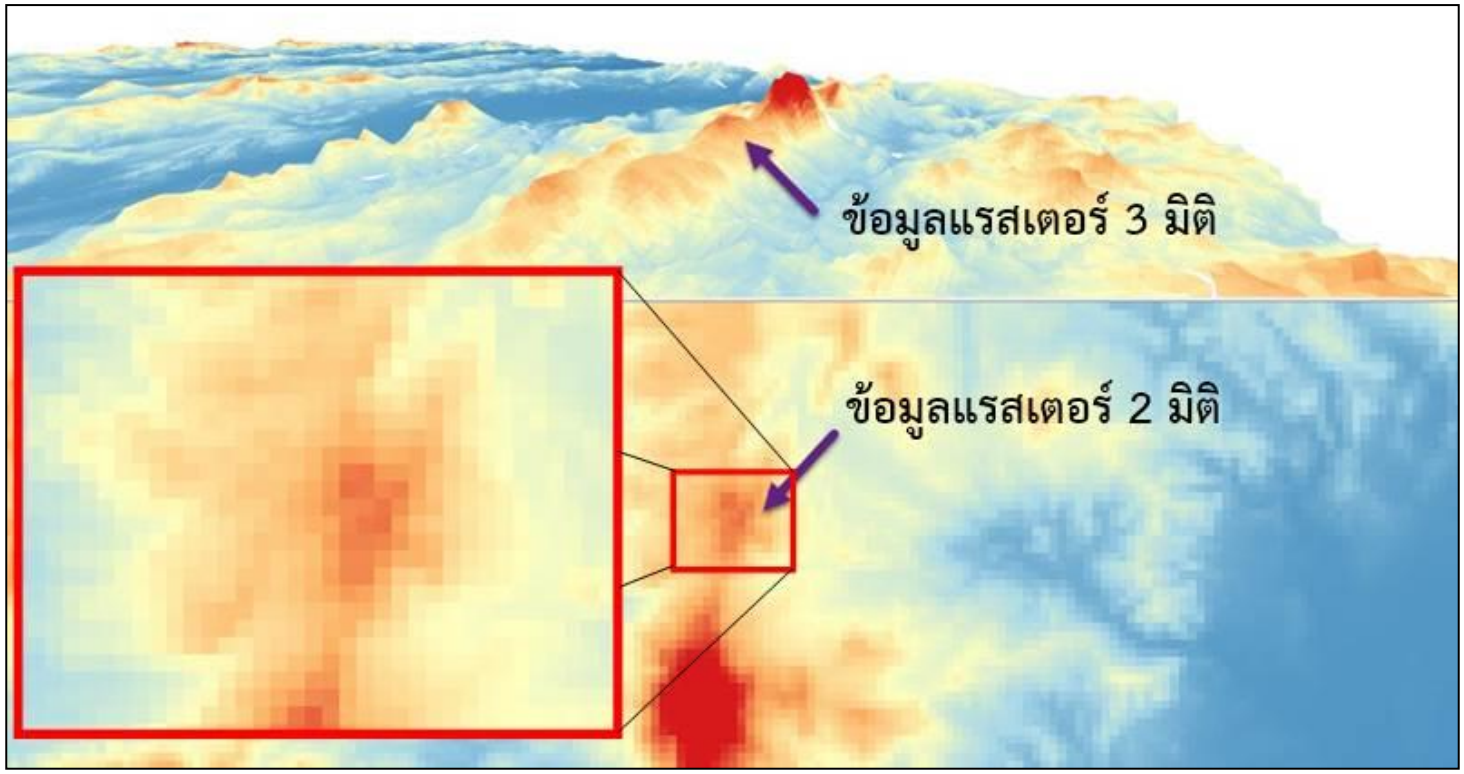
(**แหล่งที่มา** : จัดทำโดยผู้เขียน)

สำหรับการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทแรสเตอร์จะใช้ข้อมูล DEM ซึ่งเป็นตัวอย่างของคุณสมบัติเซลล์ที่มีความสามารถในการเก็บค่าที่เรียกว่า ค่าของเซลล์ (Pixel value) ได้ 1 ค่าต่อ 1 เซลล์ โดยในข้อมูลโมเดลความสูงดิจิทัล (DEM) นี้จะเก็บค่าของเซลล์เป็นค่าความสูงของพื้นที่ไว้ การใช้งานข้อมูลประเภทนี้จะใช้บนโปรแกรม QGIS และโปรแกรมเฉพาะทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์เท่านั้น

ผู้อ่านสามารถเรียนรู้วิธีการนำเข้า การแก้ไข และการศึกษาคุณลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยตนเองด้วยการดาวน์โหลดข้อมูลดังกล่าวได้จากลิงก์ ***csuwan.weebly.com/download*** แล้วเลือกที่ ***"DEM ภาคเหนือ"***

หรือทำการค้นหาใน YouTube ด้วยคำว่า
"การสร้างข้อมูล 3 มิติจากข้อมูลแรสเตอร์ (DEM)"
(**แหล่งที่มา**: จัดทำโดยผู้เขียน)

ภาพที่ 7.7 แสดงให้เห็นถึงรูปทรง 3 มิติที่ถูกสร้างขึ้นมาจากข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทแรสเตอร์ ซึ่งเป็นข้อมูลแบบต่อเนื่องที่สามารถเห็นคุณลักษณะของข้อมูลได้จากช่องกริดหรือเซลล์ที่เรียงต่อกัน และมีค่าความสูง (ค่าแกน Z หรือ ค่า Elevation) กำกับอยู่ จึงใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการสร้างรูปทรง 3 มิติในโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น โปรแกรม QGIS ArcGIS เป็นต้น



ภาพที่ 7.7 การสร้างข้อมูล 3 มิติจากข้อมูลแรสเตอร์ (DEM)

(**แหล่งที่มา** : จัดทำโดยผู้เขียน)

คำถามท้ายบทที่ 7

1) เทคโนโลยี 3S ประกอบด้วยอะไรบ้าง
2) ท่านคิดว่ามีวิธีการใดที่สามารถอธิบายความละเอียดของแผนที่ (Resolution) ที่แสดงด้วยข้อมูลแรสเตอร์ได้ดีที่สุด
3) ข้อมูลเวกเตอร์มีกี่ประเภท อะไรบ้าง
4) การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่โดยอาศัยข้อมูลเวกเตอร์และข้อมูลแรสเตอร์ มีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร อธิบาย

เอกสารอ้างอิง

ชนม์ธนัช สุวรรณ. (2562). “การจัดทำฐานข้อมูลประชากรผู้สูงอายุด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: กรณีเทศบาลตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง”. *วารสารบัณฑิตวิจัย,* ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (2019), 219-234.

สุรชัย รัตนเสริมพงษ์ (ม.ป.ป.). “ความก้าวหน้าเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 11 กรกฎาคม 2562. จาก http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14(43).pdf

เอกพล ฉิ้มพงษ์. (ม.ป.ป.). “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 11 กรกฎาคม 2562. จาก http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14(39).pdf

Williams, G.J.. (1995) “Templates for Saptial Reasoning in Responsive Geographical Information Systems”, *IJGIS,* Vol.9, Iss 2, pp. 117-131.

“What is Raster data?”. (n.d.). [online]. Retrieved on on July 12, 2019, from http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm

บทที่ 8

การอ่านแผนที่จาก Google Earth, Google Maps และ GPS

ความเจริญก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง ส่งผลต่อการจัดเก็บและการเข้าถึงข้อมูลดิจิทัลที่มีศักยภาพและประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นแบบเท่าตัวทุกสองปีตามทฤษฎีของมัวร์ (Moore's Law) การประมวลผลและการสื่อสารแบบออนไลน์บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal computer) และคอมพิวเตอร์แบบวางบนตัก (Laptop) รวมไปถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา (Portable gadgets) สามารถทำได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการอ่านและแปลความหมายแผนที่ ระบบการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ชนิดอื่นมีความเป็นอิสระมากขึ้น ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการอ่านแผนที่อย่างมาก ทั้งนี้ สามารถเห็นได้อย่างชัดเจนจากแผนที่และระบบการระบุตำแหน่งที่ปรากฏอยู่ในปัจจุบัน ในที่นี้จะกล่าวถึงโดยสังเขปในส่วนของการอ่านแผนที่จาก Google Earth Google Maps และ ระบบการกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System : GPS)

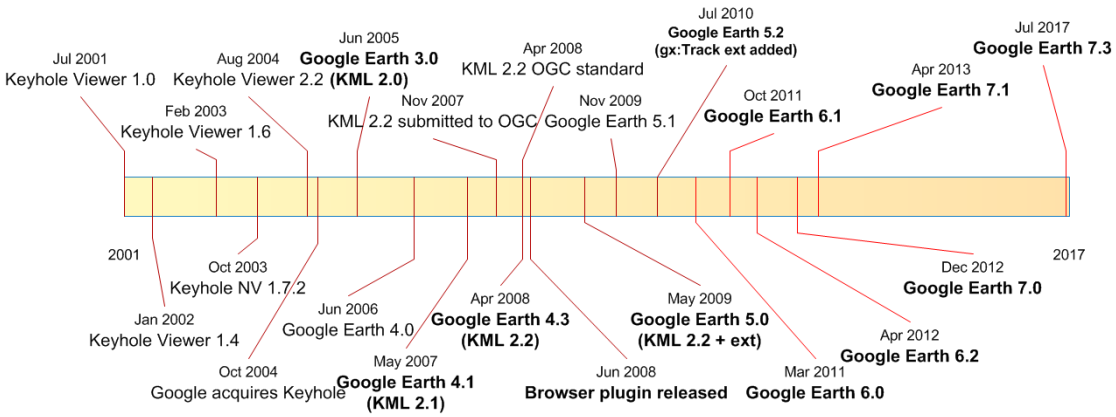
8.1 กูเกิล เอิร์ธ (Google Earth)

กูเกิล เอิร์ธ คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถสร้างภาพสามมิติที่เป็นตัวแทนของพื้นผิวโลกจริงโดยอาศัยพื้นฐานของภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ และข้อมูลภูมิสารสนเทศจำนวนมากมาทำการซ้อนทับกัน (Superimposing) เพื่อให้สามารถแสดงข้อมูลภาพถ่ายในมุมที่หลากหลาย คนทั่วไปส่วนใหญ่คิดและเข้าใจว่า Google Earth คือส่วนหนึ่งของกันและกันกับ Google Maps ความจริงทั้งสองเทคโนโลยีถูกสร้างขึ้นโดยคนละบริษัทผู้พัฒนา แต่ถูกควบรวมเข้าด้วยกันเป็นของบริษัทกูเกิล (Google Inc.) ในภายหลัง

จุดเริ่มต้นของเทคโนโลยีนี้เกิดขึ้นในช่วงทศวรรษที่ 1990 โดยบริษัทคีย์โฮล (Keyhole) ที่เริ่มด้วยการพัฒนาเกมสามมิติ โดยอาศัยรูปแบบของเกมอยู่บนลูกโลกทรงกลมที่สามารถหมุนและย่อขยายได้ เกมสามมิติได้รับความสนใจจากผู้ใช้บริการเป็นอย่างดี จนถึงปี ค.ศ. 1999 บริษัทดังกล่าวได้เริ่มเปลี่ยนแปลงจากระบบเกมไปพัฒนาระบบที่สามารถถ่ายทอดฐานข้อมูลแผนที่ขนาดใหญ่ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตให้กับลูกข่าย อย่างไรก็ตาม บริษัทยังขาดสภาพคล่องและประสบปัญหาในด้านการเงินจนทำให้พนักงานทยอยลาออก จนมาถึงจุดเปลี่ยนเมื่อปี ค.ศ. 2003 (ดูภาพที่ 8.1 ประกอบ)

เมื่อสำนักข่าวซีเอ็นเอ็น (CNN) ได้นำเสนอข่าวการบุกประเทศอิรักของประเทศสหรัฐอเมริกาโดยใช้ข้อมูลภาพเคลื่อนไหวจากบริษัทคีย์โฮลเพื่อแสดงตำแหน่งการเคลื่อนพลของกองทัพสหรัฐอเมริกา ส่งผลให้ระบบฐานข้อมูลแผนที่สามมิติดังกล่าวได้รับความสนใจจากสาธารณชนเป็นอย่างมาก ในที่สุดเมื่อปี ค.ศ. 2004 บริษัทกูเกิลได้เล็งเห็นความสำคัญของธุรกิจบริการดังกล่าวจึงได้ตัดสินใจควบรวมกิจการของบริษัทคีย์โฮลเข้ากับกิจการของบริษัทกูเกิล (Google Earth, 2018)

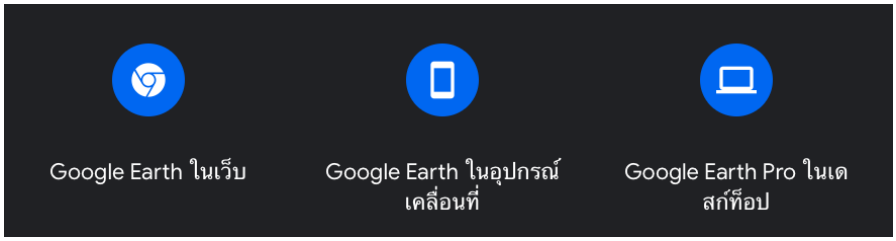
โปรแกรม Google Earth เริ่มแรกเป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาเพื่อใช้บนระบบปฏิบัติการหลักบนคอมพิวเตอร์ นั่นคือ ไมโครซอฟต์วินโดว์ (Microsoft Windows) ด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยบริษัทคีย์โฮล หรือ Keyhole Markup Language (KML) โปรแกรมดังกล่าวแสดงสัญลักษณ์หรือคำอธิบายตำแหน่งและการมองเห็นในทางภูมิศาสตร์ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยอยู่บนพื้นฐานของ Extensible Markup Language (XML) หรือ ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ตัวมนุษย์และคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ ที่ถูกพัฒนาตามมาในภายหลังคือระบบปฏิบัติการ OSX ของบริษัทแอปเปิล (Apple Inc.) การพัฒนาระบบยังคงดำเนินเรื่อยมาอย่างต่อเนื่องจนเกิดเป็นแอปพลิเคชั่นสำหรับโทรศัพท์สมาร์ตโฟน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และระบบปฏิบัติการ iOS ตั้งแต่ปีค.ศ. 2012 เป็นต้นมา



ภาพที่ 8.1 พัฒนาการตามมิติช่วงเวลาของ Google Earth

(**แหล่งที่มา** : https://th.wikipedia.org/wiki/กูเกิล_เอิร์ธ)

ปัจจุบัน ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานจากโปรแกรม Google Earth ได้หลายระบบขึ้นอยู่กับปฏิบัติการและประเภทของการใช้งาน (ดูภาพที่ 8.2 ประกอบ) กล่าวคือ ผู้ใช้สามารถใช้งานผ่านตัวโปรแกรม Google Earth ที่ติดตั้งอยู่บนระบบปฏิบัติการต่าง ๆ ได้โดยตรงหรือสามารถเข้าใช้งานบนหน้าเว็บไซต์เฉพาะเบราว์เซอร์ของกูเกิล โครม (Chrome Browser) โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรม



ภาพที่ 8.2 ประเภทของของอุปกรณ์ในการใช้งาน Google Earth

(**แหล่งที่มา**: https://earth.google.com/web/)

Google Earth นอกจากนี้บนโทรศัพท์สมาร์ตโฟนผู้ใช้ยังสามารถติดตั้งแอปพลิเคชั่น Google Earth เพื่อใช้งานได้เช่นเดียวกับโปรแกรมที่ติดตั้งบนคอมพิวเตอร์ ทำให้สะดวกและรวดเร็วกว่าเมื่อจำเป็นต้องนำไปใช้นอกสถานที่ อย่างไรก็ตาม เครื่องมือหรือฟังก์ชั่นบนโทรศัพท์สมาร์ตโฟนยังมีคุณสมบัติไม่ดีนักเมื่อเทียบกับสิ่งที่ปรากฏบนคอมพิวเตอร์ ตัวอย่างการใช้งาน Google Earth สามารถสแกนได้จากคิวอาร์โค้ด (QR code) ด้านล่างนี้

หรือทำการค้นหาใน YouTube ด้วยคำว่า
“การใช้ Google Earth บน Google Chrome เบื้องต้น”
(**แหล่งที่มา** : จัดทำโดยผู้เขียน)

โดยความเป็นจริงที่ปรากฏ Google Earth Pro ซึ่งติดตั้งลงบนคอมพิวเตอร์มีความสามารถในการใช้งานได้หลากหลายกว่า Google Earth บนหน้าเว็บ อาทิ การปรับเปลี่ยนโครงแผนที่ (Map projection) เพื่อให้สามารถรองรับการนำเข้าข้อมูลจากอุปกรณ์ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Postioning System: GPS) ที่มีการใช้โครงแผนที่ที่แตกต่างกันในแต่ละเครื่องได้ อีกทั้งยังสามารถสร้างข้อมูลแบบสามมิติได้ทั้ง 3 แกน ได้แก่ แกน X แกน Y และแกน Z นอกจากนี้ Google Earth ยังมีความสามารถในการนำภาพถ่ายดาวเทียมคุณภาพสูงออกมาเพื่อใช้ประโยชน์อื่น ๆ ได้ด้วยเช่นกัน ดังที่นำเสนอวิธีการไว้ในบทที่ 6 ภายใต้หัวข้อ ***“การนำออกภาพถ่ายทางอากาศจาก Google Earth”***

สำหรับคุณสมบัติที่ทำให้ Google Earth Pro บนคอมพิวเตอร์แตกต่างในด้านคุณสมบัติก็คือความสามารถในการซ้อนทับข้อมูลภาพกับแผนที่พื้นฐานเพื่อประโยชน์ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน หรือการซ้อนทับทับด้วยแผนที่ลายเส้นเพื่อความชัดเจนของการแปลความหมายจากแผนที่ชุดนั้น ๆ ซึ่งได้นำเสนอวิธีการไว้ในบทที่ 6 ***”การซ้อนทับข้อมูลแผนที่บน***

โปรแกรม Google Earth Pro" คุณสมบัติอีกประการ คือ การสร้างชั้นข้อมูลเพิ่มเติมโดยผู้ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ซ้อนทับบนแผนที่พื้นฐานซึ่งมีลักษณะของข้อมูลที่เป็น จุด (Point) เส้น (Line) และรูปปิด (Polygon) เช่นเดียวกับข้อมูลภูมิสารสนเทศ (ดูภาพที่ 7.1 ประกอบ) รวมไปถึงความสามารถในการเปลี่ยนช่วงเวลาเพื่อย้อนกลับไปแสดงภาพถ่ายดาวเทียมในอดีตและแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอดีตเปรียบเทียบกับปัจจุบัน ทั้งนี้ ผู้ที่สนใจสามารถดูวิธีการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่และการเปลี่ยนช่วงเวลาของภาพถ่ายดาวเทียมบน Google Earth Pro ได้ด้วยการสแกนคิวอาร์โค้ด (QR code) ด้านล่างนี้

แอปพลิเคชั่น Google Earth สำหรับสมาร์ตโฟนทั้งบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์และระบบปฏิบัติการ iOS ต่างก็มีคุณสมบัติและลักษณะของระบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface: UI) เหมือนกับ Google Earth บนเว็บทุกประการ ดังนั้น การใช้งาน Google Earth บนระบบปฏิบัติการดังกล่าวจึงเป็นไปในลักษณะเดียวกัน

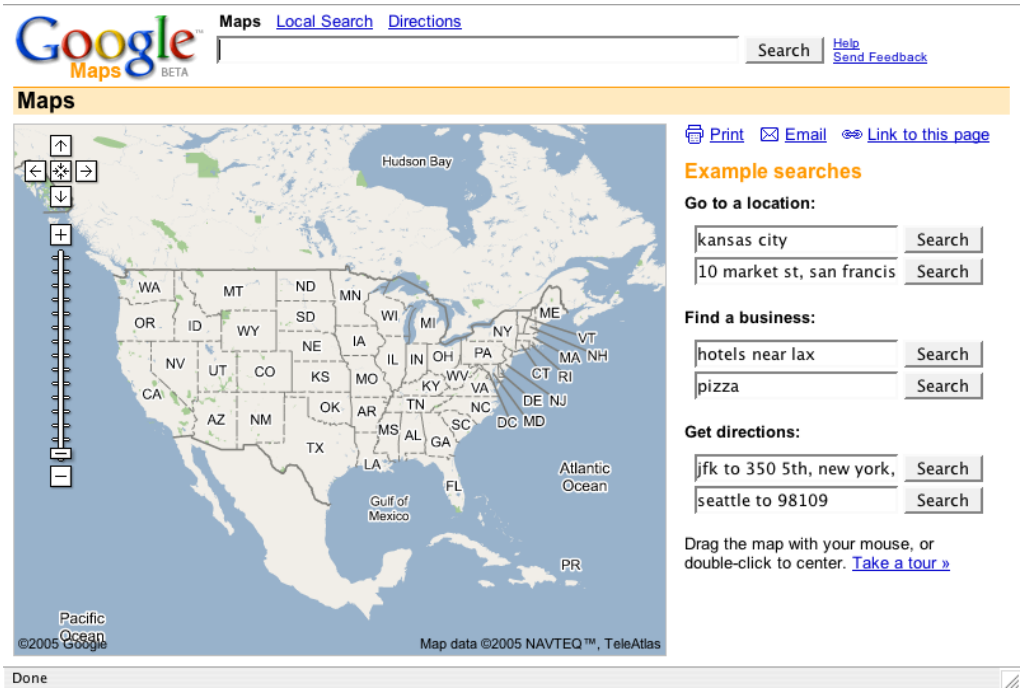
หรือทำการค้นหาใน YouTube ด้วยคำว่า
"การสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่และการเปลี่ยนช่วงเวลาของภาพถ่ายดาวเทียมบน Google Earth Pro"
(**แหล่งที่มา** : จัดทำโดยผู้เขียน)

8.2 กูเกิล แมพส์ (Google Maps)

กูเกิล แมพส์ คือ บริการเว็บแมพปิง หรือ การให้บริการแผนที่ออนไลน์บนหน้าเว็บที่ถูกพัฒนาโดยบริษัทกูเกิล บริการทั้งหมดของกูเกิลแมพส์เกี่ยวข้องกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศ เส้นทางถนน ข้อมูลภาพถ่ายแบบ 360 องศา ข้อมูลสภาพจราจร ข้อมูลรถขนส่งสาธารณะ และข้อมูลเส้นทางเพื่อการนำทาง

กูเกิล แมพส์ เริ่มต้นพัฒนาโดยบริษัท"Where 2 Technologies" ซึ่งเป็นผู้พัฒนาระบบโดยอาศัยภาษาคอมพิวเตอร์ C++ ในการเขียนโปรแกรมที่ถูกใช้บนคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการวินโดว์ ในระยะเริ่มแรกของการพัฒนายังเป็นเพียงโปรแกรมธรรมดาบนคอมพิวเตอร์ จนถึงปี ค.ศ. 2004 บริษัทกูเกิลได้ซื้อบริษัทดังกล่าวเข้ามาอยู่ภายใต้บริษัทกูเกิลและได้เปลี่ยนโครงสร้างของโปรแกรมจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้กลายเป็นเว็บแอปพลิเคชั่นหรือแอปพลิเคชั่นที่สามารถใช้งานผ่านหน้าเว็บเบราว์เซอร์ได้ นอกจากนี้ยังได้มีการผนวกเอาข้อมูลภูมิสารสนเทศเชิงพื้นที่ (Geospatial data) และข้อมูลสภาพจราจรแบบเป็นปัจจุบันเข้าสู่ระบบในปี ค.ศ 2005 แต่ในปี ค.ศ 2004 ได้เริ่มให้บริการ

ค้นหาสถานที่บนเว็บไซต์ (ดูภาพที่ 8.3 ประกอบ) บริษัทกูเกิลได้เปิดตัวเว็บแอปพลิเคชั่นที่ให้ชื่อว่า “Google Maps” (Google Maps, 2018)



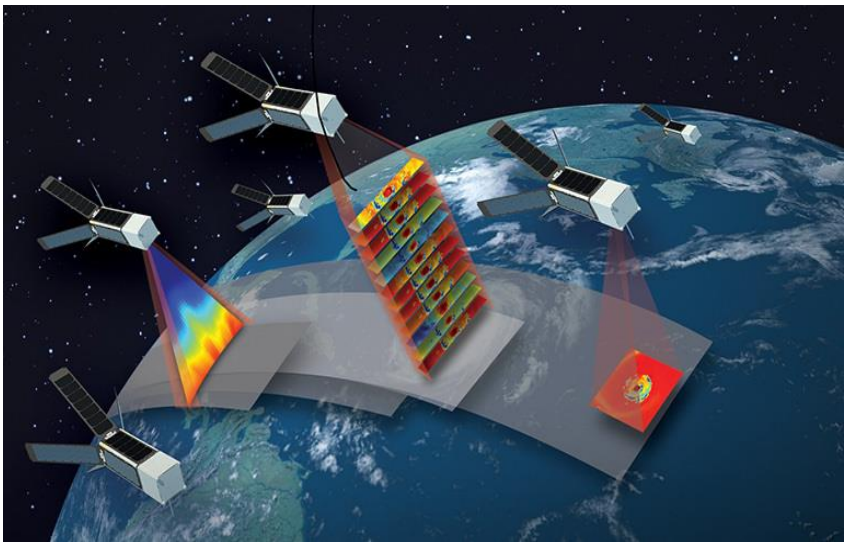
ภาพที่ 8.3 Google Maps ในปี ค.ศ. 2004

(**แหล่งที่มา**: http://digital-archaeology.org/plotting-the-past/)

การให้บริการของกูเกิล แมพส์จะกล่าวถึงภาษาและการทำงานในระบบคอมพิวเตอร์ อันได้แก่ JavaScript XML และ Ajax โดยผู้ใช้ทั่วไปสามารถใช้งานผ่านระบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface: UI) สำหรับนักพัฒนาโปรแกรมหรือผู้เขียนเว็บไซต์ กูเกิล แมพส์ ก็ได้ให้บริการด้าน Application programming interface (API) เพื่อให้สามารถนำ กูเกิล แมพส์ ไปใช้เป็นแผนที่พื้นฐาน (Basemap) สำหรับการซ้อนทับข้อมูลใด ๆ ได้ ตัวอย่าง เช่น ข้อมูลสภาพอากาศข้อมูลโลจิสติกส์ ข้อมูลแสดงตำแหน่งผู้ส่งของบนแอปพลิเคชั่นต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังมีการนำไปใช้ในกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้ในโปรแกรมด้านภูมิสารสนเทศ การเขียนแอปพลิเคชั่นสำหรับสมาร์ตโฟน เป็นต้น กูเกิล แมพส์ ถูกพัฒนามาเป็นสมาร์ตโฟนแอนดรอยด์ในสมาร์ตโฟนของ แอปเปิ้ล (ไอโฟน) ในปี ค.ศ. 2008 และกลายมาเป็นแอพิลเคชั่นที่ได้รับความนิยมในด้านการนำทางสูงสุดในโลกเมื่อปี ค.ศ. 2013

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลภาพถ่ายแบบ 360 องศาบนกูเกิล แมพส์ จะถูกปรับปรุงโดยเฉลี่ยทุก ๆ 3 ปี โดยภาพถ่ายดาวเทียมต้องอาศัยการโคจรของดาวเทียมที่มีการโคจรและถ่ายภาพ (การกราดภาพ) เป็นแนว แล้วจึงนำภาพที่ได้มาผสาน (Merge) เข้าด้วยกัน ดังนั้น การได้ภาพถ่าย

ดาวเทียมพื้นที่หนึ่ง ๆ จึงมีจำนวนข้อมูลมหาศาลและจำเป็นต้องอาศัยระยะเวลาในการประมวลผลพอสมควร (ดูภาพที่ 8.4 ประกอบ)



ภาพที่ 8.4 การถ่ายภาพโดยดาวเทียม

(**แหล่งที่มา:** https://climate.nasa.gov/news/2512/nasa-small-satellites-will-take-a-fresh-look-at-earth/)

สำหรับข้อมูลภาพถ่าย 360 องศา หรือ กูเกิล สตรีท วิว (Google Street View) คือเทคโนโลยีที่ถูกพัฒนาขึ้นและถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของกูเกิล แมพส์ และ กูเกิล เอิร์ธ ที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเห็นมุมมองถนนแบบพาโนรามาได้ คุณสมบัตินี้ถูกนำออกให้ใช้บริการเมื่อปี ค.ศ. 2007 โดยเริ่มใช้ครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา เริ่มแรกกูเกิลใช้รถที่มีกล้องพาโนรามาที่ติดตั้งบนหลังคารถวิ่งตามทางถนนเพื่อบันทึกภาพ ต่อมาเริ่มใช้มนุษย์เข้าไปบันทึกภาพในพื้นที่ที่รถยนต์ไม่สามารถเข้าถึงโดยอาศัยจักรยาน และการเดินเท้า ในปีค.ศ.2018 กูเกิล แมพส์ของประเทศญี่ปุ่นได้ทดลองใช้กูเกิล สตรีท วิว โดยใช้สุนัขเป็นตัวกลางในการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อถ่ายภาพ

ภาพที่ 8.5 การถ่ายภาพ 360 องศา หรือ กูเกิล สตรีท วิว 360 (Google Street View)

(**แหล่งที่มา** : https://www.sciencemag.org/news/2017/11/google-s-street-view-could-reveal-more-you-think)

ผู้อ่านสามารถเรียนรู้วิธีการใช้งาน Google Maps บน Google Chrome ด้วยตนเอง โดยทำการสแกนคิวอาร์โค้ด (QR code) ด้านล่างนี้

หรือทำการค้นหาใน YouTube ด้วยคำว่า
"การใช้งาน Google Maps เบื้องต้น"
(แหล่งที่มา : จัดทำโดยผู้เขียน)

สำหรับการใช้งาน Google Maps ในรูปแบบของแอปพลิเคชั่นบนสมาร์ตโฟนนั้นอาจมีความแตกต่างไปจากการใช้งาน Google Maps บนหน้าเว็บอยู่บ้าง คุณสมบัติบางรายการจะถูกตัดออกเพื่อให้เหมาะสมกับขนาดหน้าจอที่เล็กลงและเพื่อประสิทธิภาพในการประมวลที่รวดเร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น คุณสมบัติในการหาขนาดพื้นที่ เป็นต้น

ประโยชน์ของ Google Earth บนเว็บ Google Earth Pro และ Google Maps มีอยู่หลายประการขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งานดังที่นำเสนอไปแล้วข้างต้น อย่างไรก็ตาม ประโยชน์ที่แท้จริงของการพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่เหล่านี้ คือ การเปิดประสบการณ์ด้านการใช้งานแผนที่ดิจิทัลยกระดับและพัฒนาศาสตร์ของวิชาแผนที่และการแปลความหมายจากแผนที่ให้ก้าวไปข้างหน้า เปลี่ยนมุมมองของการเรียน การอ่าน และการใช้แผนที่แบบเดิมไปเป็นอย่างมาก ทำให้ผู้ใช้สามารถเห็นมุมมองที่แปลกใหม่ รวมทั้งผู้ใช้สามารถเข้าถึงและควบคุมข้อมูลที่มีอยู่อย่างมหาศาลได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงปลายนิ้วสัมผัส

8.3 ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System : GPS)

8.3.1 ความเป็นมาและการทำงาน

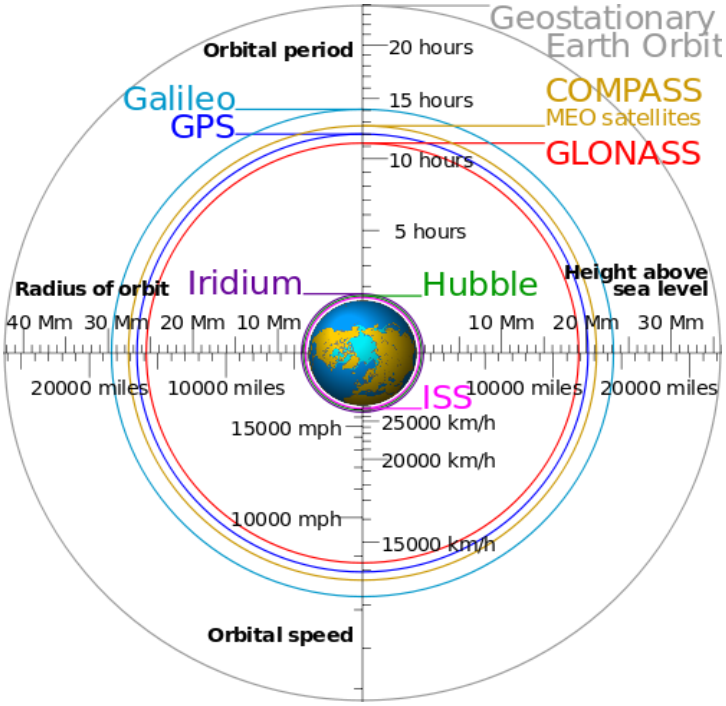
ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก หรือที่นิยมเรียกกันสั้น ๆ ในภาษาพูดว่า"จีพีเอส"เป็นโครงการที่ถูกริเริ่มโดยประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อปี ค.ศ. 1973 ภายใต้การคิดริเริ่มของกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา (U.S. Department of Defense) และดำเนินการโดยกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา (U.S. Air Force) ในตอนเริ่มต้นโครงการดังกล่าวเมื่อปี ค.ศ. 1978 มีดาวเทียมจีพีเอสดวงแรกที่ใช้งาน คือ Block I และเพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 24 ดวงในปี ค.ศ. 1993 ดาวเทียมทั้งหมดสามารถใช้งานได้อย่างเต็มรูปแบบเมื่อปี ค.ศ. 1995 ในระยะเริ่มต้นจีพีเอส ถูกกำหนดการใช้งานอยู่เฉพาะในวงการทหารเป็นหลักจนถึงปลายทศวรรษที่ 1980 ที่เปิดโอกาสให้พลเรือนได้ใช้งาน อย่างไรก็ตาม ฝ่ายพลเรือนเองยังไม่สามารถใช้งานระบบดังกล่าวได้อย่างเต็ม

ประสิทธิภาพเนื่องจากเหตุผลด้านความปลอดภัยทางการทหาร จนถึงปี ค.ศ. 2000 ในสมัยของประธานาธิบดี บิล คลินตัน (Bill Clinton) ได้มีการสั่งให้ปลดล๊อกการลดทอนความถูกต้องของการระบุตำแหน่งออกไปในชื่อ “Selective availability” (Howell, 2018)

จีพีเอส แต่เดิมเป็นชื่อเรียกของระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกของประเทศสหรัฐอเมริกาแต่เพียงผู้เดียวในนามของ NAVSTAR GPS การเปิดโอกาสให้ฝ่ายพลเรือนได้ใช้ประโยชน์ก็เป็นเพียงส่วนหนึ่งของระบบเท่านั้นทั้งนี้เพื่อประโยชน์และความปลอดภัยของสหรัฐอเมริกาเอง ปัญหาการถูกปฏิเสธการใช้งานหรือการลดทอนความถูกต้องแม่นยำของระบบการระบุตำแหน่งลง ส่งผลให้ประเทศต่าง ๆ เริ่มพัฒนาระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกของตนเองขึ้นมาแต่ยังคงถูกเรียกโดยรวมเหมือนเดิมว่า“จีพีเอส” ในความเป็นจริงระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกของทุกประเทศมีชื่ออย่างเป็นทางการ คือ Satellite Navigation หรือ SatNav ที่มีพื้นฐานเหมือนกัน คือ การให้บริการข้อมูลตำแหน่งเชิงพื้นที่ (Geo-spatial positioning) กับผู้ใช้ผ่านตัวรับอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก

จีพีเอสรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกที่โคจรอยู่รอบโลกวันละ 2 รอบและมีตำแหน่งอยู่เหนือพื้นโลกที่ความสูง 20,200 กิโลเมตร สามารถใช้ในการหาตำแหน่งบนพื้นโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมง ข้อมูลประกอบไปด้วย ละติจูด (Latitude) ลองจิจูด (Longitude) ค่าความสูง (Altitude or elevation) โดยอาศัยการส่งสัญญาณนาฬิกาจากดาวเทียมบนหลักการเส้นที่มองเห็น (Line of sight) ของคลื่นวิทยุ ด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้สามารถระบุตำแหน่ง นำทาง และติดตามวัตถุที่รับสัญญาณจากดาวเทียมได้ ที่มีประโยชน์มากไปกว่านั้น คือสามารถคำนวณเวลาท้องถิ่นที่เป็นปัจจุบันให้กับผู้ใช้ได้อย่างถูกต้องแม่นยำอีกด้วย (Global Positioning System, 2018)

ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกที่นานาประเทศพัฒนาขึ้นมาใช้งานกระจายครอบคลุมทั่วทั้งโลก ปัจจุบันมีการเรียกระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกเหล่านั้นว่า GNSS หรือ Global Navigation Satellite System ซึ่งดาวเทียมแต่ละดวงมีระยะเวลาที่ใช้ในการโคจรรอบโลกและความสูงจากพื้นโลกแตกต่างกัน (ดูภาพที่ 8.6 ประกอบ) โดยมีรายชื่อประเทศผู้ถือกรรมสิทธิ์และรายชื่อระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกดังแสดงในตารางที่ 8.1 (Satellite Navigation, 2019)



ภาพที่ 8.6 ระยะเวลาโคจรและความสูงของดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกภาคพื้น

(**แหล่งที่มา**: https://www.masterclock.com/company/masterclock-inc-blog/)

ตารางที่ 8.1 รายชื่อผู้ถือกรรมสิทธิ์และชื่อระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก

ประเทศผู้ถือกรรมสิทธิ์	ชื่อระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก
สหรัฐอเมริกา	Global Positioning System (GPS)
รัสเซีย	Global Navigation Satellite System (GLONASS)
จีน	BeiDou Navigation Satellite System (BDS)
สหภาพยุโรป	Galileo
ญี่ปุ่น	Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)
อินเดีย	Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS) or (NAVIC)

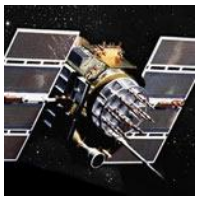
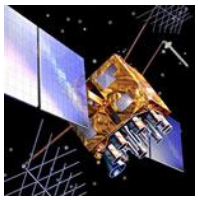
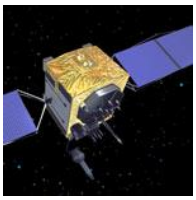
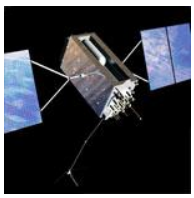
ปรับปรุงมาจาก https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation

8.3.2 องค์ประกอบของระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก

ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ (1) ส่วนอวกาศ (Space Segment) (2) ส่วนสถานีควบคุม (Control Segment) และ (3) ส่วนของผู้ใช้งาน (User Segment) (ดูภาพที่ 8.7 ประกอบ)

1) ส่วนอวกาศ ประกอบด้วยดาวเทียมจำนวน 24 ดวงโคจรครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก ดาวเทียมถูกจัดใน 6 ระนาบ แต่ละระนาบวงโคจรมีดาวเทียว 4 ดวงโคจรทำมุมเอียง 55 องศากับเส้นศูนย์สูตรโลก โดยมีความสูงเฉลี่ยของการโคจรประมาณ 20,200 กิโลเมตรจากพื้นโลก และเป็นการโคจรแบบนอนสเตชั่นเนอรี่ออบิท (Non-stationary orbit) ดาวเทียมแต่ละดวงโคจรด้วยความเร็ว 3.9 กิโลเมตรต่อวินาที ใช้เวลาโคจรหนึ่งรอบเท่ากับ 43,080 วินาที หรือประมาณ 11 ชั่วโมง 58 นาที โดยวนตามเส้นทางเหนือผิวโลกซ้ำกันทุก ๆ 23 ชั่วโมง 56 นาที ผู้ใช้สัญญานที่อยู่ ณ ตำแหน่งที่คงที่บนพื้นดินสามารถเห็นดาวเทียมดวงเดิมในแต่ละวันผ่านเส้นทางเดิมบนท้องฟ้า อย่างไรก็ตามดาวเทียมจะขึ้นและตกเร็วขึ้น 4 นาทีในแต่ละวันเนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง ดาวเทียมถูกวางตำแหน่งในระบบวงโคจรที่ทำให้ดาวเทียม 4 ดวงในระนาบนั้นสามารถบอกตำแหน่งและจุดสังเกตได้ในทุกที่บนพื้นโลก (ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย, 2546)

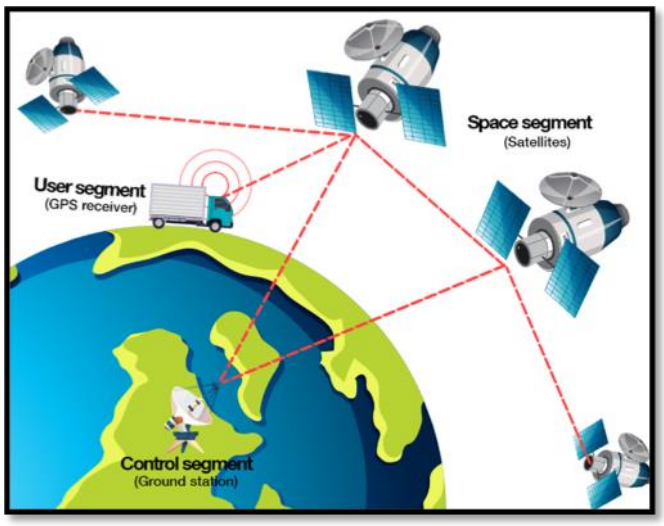
ตารางที่ 8.2 ดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (ดาวเทียมจีพีเอส) ของประเทศสหรัฐอเมริกา

Legacy Satellites		Modernized Satellites		
				
Block IIA	**Block IIR**	**Block IIR-M**	**Block IIF**	**GPS III/IIIF**
ไม่มีการใช้งาน	การใช้งาน 11 ดวง	การใช้งาน 7 ดวง	การใช้งาน 12 ดวง	รอการเปิดใช้งาน
ส่งขึ้นสู่วงโคจร ค.ศ. 1990-1997	ส่งขึ้นสู่วงโคจร ค.ศ. 1997-2004	ส่งขึ้นสู่วงโคจร ค.ศ. 2005-2009	ส่งขึ้นสู่วงโคจร ค.ศ. 2010-2016	ส่งขึ้นสู่วงโคจร ค.ศ. 2018
อายุการใช้งาน 7.5 ปี	อายุการใช้งาน 7.5 ปี	อายุการใช้งาน 7.5 ปี	อายุการใช้งาน 12 ปี	อายุการใช้งาน 15 ปี
A = Advanced	R = Replenishment	M = Modernized	F = Follow on	

ดัดแปลงมาจาก: https://www.gps.gov/systems/gps/space/

ปัจจุบันดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกของประเทศสหรัฐอเมริกายังคงดาวเทียมชุดเดิม แต่มีแผนที่จะเพิ่มดาวเทียมใหม่อีกจำนวนหนึ่งขึ้นสู่วงโคจรในอนาคต ดาวเทียวดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็นสองกลุ่มหลัก คือ ดาวเทียมยุคบุกเบิก (Legacy satellites) และดาวเทียมยุค

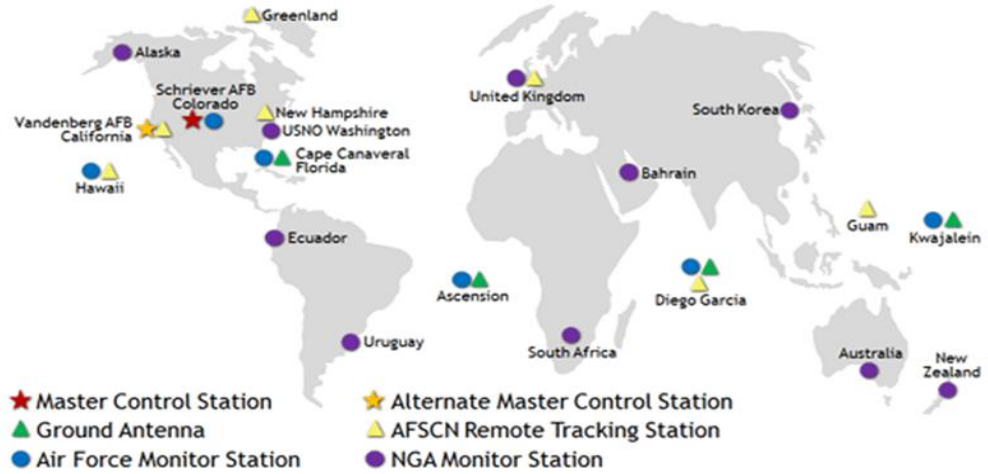
ใหม่ (Modernized satellites) (ดูตารางที่ 8.2 ประกอบ) เมื่อนับรวมดาวเทียมจีพีเอสทั้งหมดเฉพาะของประเทศสหรัฐอเมริกาแล้วมีจำนวนรวมทั้งสิ้น 30 ดวงครอบคลุมพื้นที่เกือบทั่วโลก



ภาพที่ 8.7 องค์ประกอบของระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก

(**แหล่งที่มา** : https://medium.com/@onelaptelematics/how-gps-works-and-its-applications-587f8e371d49)

2) ส่วนสถานีควบคุม สถานีควบคุมมีหน้าที่รับผิดชอบการทำงานของดาวเทียม GPS เช่น การรักษาตำแหน่งดาวเทียม ตรวจสภาพ และระบบต่าง ๆ บนดาวเทียม ตรวจแผงโซล่าเซลล์ (Solar Cells) พลังงานของแบตเตอรี่เปิดดาวเทียมสำรอง ปรับปรุงข้อมูลเวลา ข้อมูลอิฟิเมอริส (Ephemeris) ข้อมูลอัลมาแนค (Almanac) และตัวชี้ค่าอื่น ๆ ในข่าวสารการนำร่องวันละครั้งหรือตามความจำเป็น ส่วนของสถานีควบคุมจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนหลัก คือ สถานี-



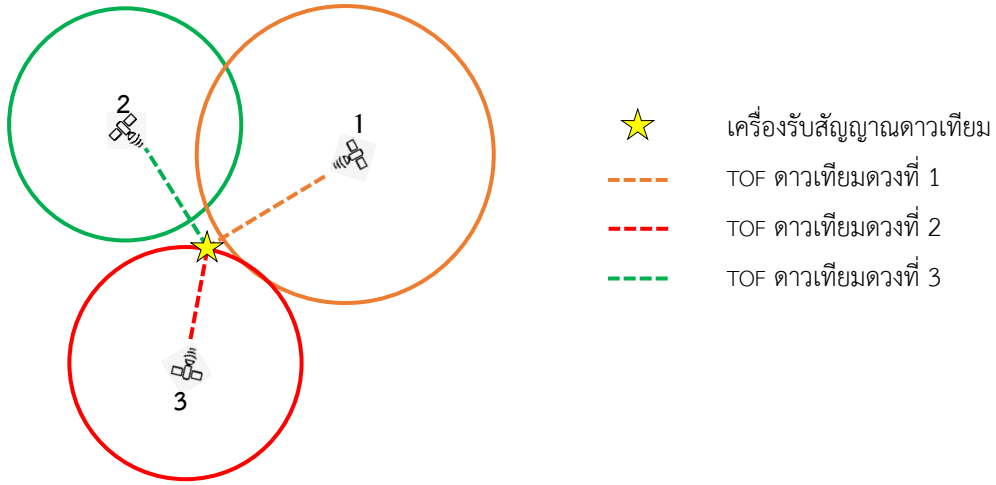
ภาพที่ 8.8 สถานีควบคุมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกภาคพื้น

(**แหล่งที่มา**: https://www.gps.gov/systems/gps/control/)

สังเกตการณ์ (Monitor Station) สถานีควบคุมหลัก (Control Station) และเสาสัญญาณภาคพื้น (Ground Antenna) ภาพที่ 8.8 แสดงที่ตั้งบนพื้นโลกของสถานีและเสาสัญญาณภาคพื้น

3) **ส่วนผู้ใช้** ส่วนผู้ใช้มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมและสัญญาณดาวเทียมที่ถูกส่งมายังเครื่องรับโดยอาศัยค่าความแตกต่างของระยะเวลา (Time of flight: TOF) ที่สัญญาณถูกส่งออกมาจากดาวเทียมจนถึงเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมมีหน่วยเป็นเซนตินาที (Centisecond หรือ 1 ใน 100 นาที) จากนั้นจึงนำค่า TOF ที่ได้มาคำนวณเพื่อหาค่าพิกัด ค่าความเร็ว และเวลาท้องถิ่นของเครื่องรับสัญญาณด้วยวิธีการแบบสามเส้า (Trilateration) หรือวิธีการหาตำแหน่งโดยอาศัยการวัดระยะ

ค่า TOF จากดาวเทียม 3 ดวงจะสามารถระบุตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณแบบสองมิติ (ละติจูดและลองจิจูด) ได้เมื่อเกิดจุดตัด (Intersect) ของรัศมีวงกลมของดาวเทียมทั้ง 3 วง และแบบสามมิติ (ละติจูด ลองจิจูด ค่าความสูง) เมื่อเกิดจุดตัดของรัศมีวงกลม 4 วง (ดูภาพที่ 8.9 ประกอบ)



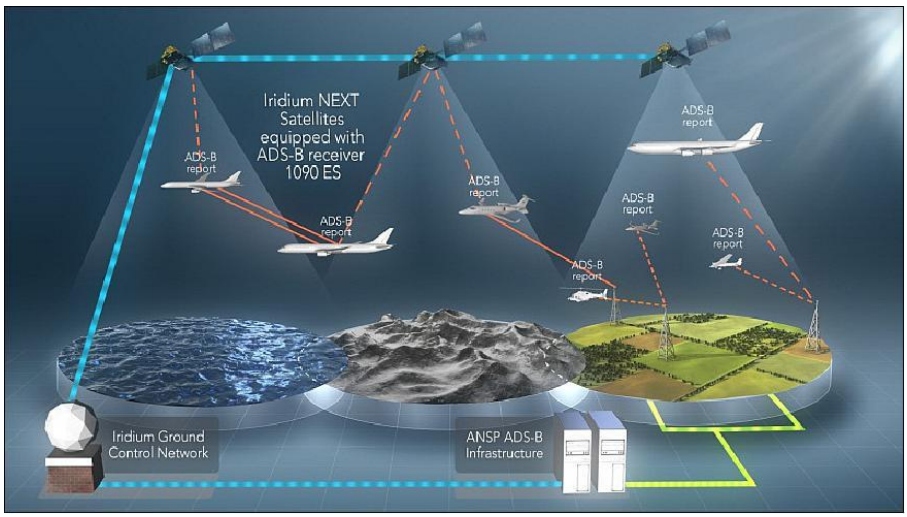
ภาพที่ 8.9 การระบุตำแหน่งผู้ใช้ด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกแบบ 2 มิติ

(**แหล่งที่มา** : จัดทำโดยผู้เขียน)

8.3.3 วงโคจรของดาวเทียม

วงโคจรของดาวเทียมจะถูกออกแบบให้สัมพันธ์กับการหมุนรอบตัวเองของโลก โดยกำหนดตำแหน่งที่ต้องการให้ดาวเทียมเคลื่อนที่ผ่าน ตัวอย่างเช่น ดาวเทียมจีพีเอส Block I ของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ถูกปล่อยสู่วงโคจรเมื่อค.ศ. 1978 ถูกกำหนดให้โคจรทำมุมเอียง 63 องศา โดยสามารถแบ่งตามความสูงของการโคจรได้ดังนี้

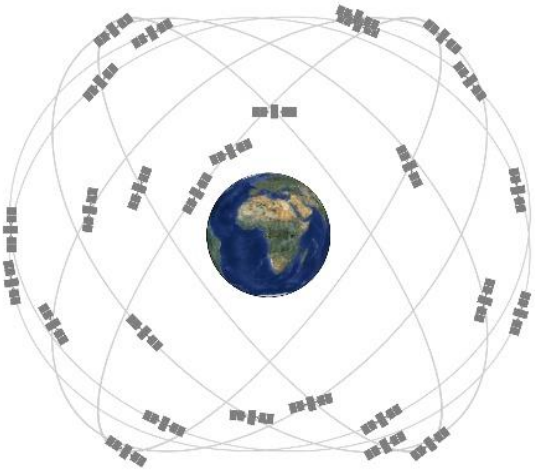
1) วงโคจรระยะต่ำ (Low Earth Orbit : LEO) เป็นวงโคจรที่อยู่สูงจากพื้นโลกไม่เกิน 2,000 กม. เหมาะสำหรับการถ่ายภาพที่ต้องการความละเอียดสูง และใช้เป็นดาวเทียมเพื่อการสื่อสาร เนื่องจากวงโคจรประเภทนี้อยู่ใกล้พื้นผิวโลกจึงครอบคลุมพื้นที่ไม่กว้างมากนักและไม่สามารถครอบคลุมบริเวณใดบริเวณหนึ่งได้นานเพราะดาวเทียมต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจึงนิยมใช้วงโคจรขั้วโลก (Polar orbit) หรือ ใกล้ขั้วโลก (Near polar orbit) ดาวเทียมจะโคจรในแนวเหนือ-ใต้ ขณะที่โลกหมุนรอบตัวเอง ดาวเทียมจึงเคลื่อนที่ผ่านเกือบทุกส่วนของพื้นผิวโลก เช่น ดาวเทียม Iridium และดาวเทียม Hubble เป็นต้น (วงโคจรของดาวเทียม, ม.ป.ป.) (ดูภาพที่ 8.10 ประกอบ)



ภาพที่ 8.10 วงโคจรระยะต่ำของดาวเทียม Iridium

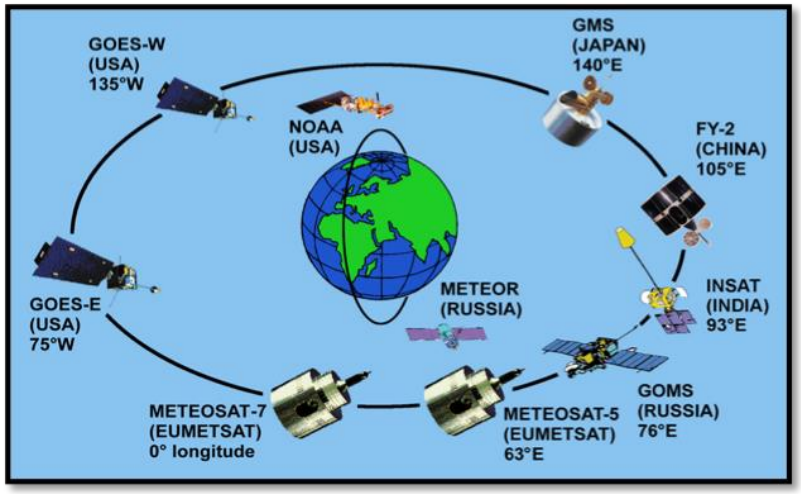
(**แหล่งที่มา** : https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/)

2) วงโคจรระยะปานกลาง (Medium Earth Orbit : MEO) วงโคจรนี้อยู่ที่ระดับความสูงระหว่าง 2,000 กิโลเมตร จนถึง 35,000 กิโลเมตรจากพื้นดิน สามารถถ่ายภาพและส่งสัญญาณวิทยุได้ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างกว่าดาวเทียมวงโคจรต่ำ อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการให้สัญญาณครอบคลุมทั้งโลกต้องใช้ดาวเทียมหลายดวงทำงานร่วมกันเป็นเครือข่ายและมีทิศทางของวงโคจรรอบโลกทำมุมเฉียงหลายทิศทาง ดาวเทียมที่มีวงโคจรระยะปานกลางส่วนมากเป็นดาวเทียมนำร่อง เช่น ดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (ดูภาพที่ 8.11 ประกอบ)



ภาพที่ 8.11 วงโคจรระยะปานกลางของดาวเทียมจีพีเอส
(**แหล่งที่มา:** https://www.gps.gov/multimedia/images/constellation.jpg)

3) วงโคจรประจำที่ (Geostationary Earth Orbit : GEO) เป็นวงโคจรที่มีความสูงเหนือพื้นโลก 35,790 กิโลเมตร มีเส้นทางโคจรอยู่ในแนวเส้นศูนย์สูตร (Equatorial orbit) ดาวเทียมจะหมุนรอบโลกด้วยความเร็วเชิงมุมเท่ากับโลกหมุนรอบตัวเองทำให้ดูเหมือนลอยนิ่งอยู่เหนือพื้นผิวโลกในตำแหน่งเดิมอยู่ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้ บางครั้งจึงเรียกวงโคจรนี้ว่า “วงโคจรค้างฟ้า” ดาวเทียมที่โคจร ณ ความสูงระดับนี้จะถูกใช้เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ การก่อตัวของเมฆและพายุ เฝ้าฟังเสียงจากห้วงอวกาศ เช่น ดาวเทียม GOES ของสหรัฐอเมริกาในความดูแลของหน่วยงานด้านการพยากรณ์อากาศแห่งชาติ (National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA) และดาวเทียม Meteosat ของสหภาพยุโรป เป็นต้น (ดูภาพที่ 8.12 ประกอบ)

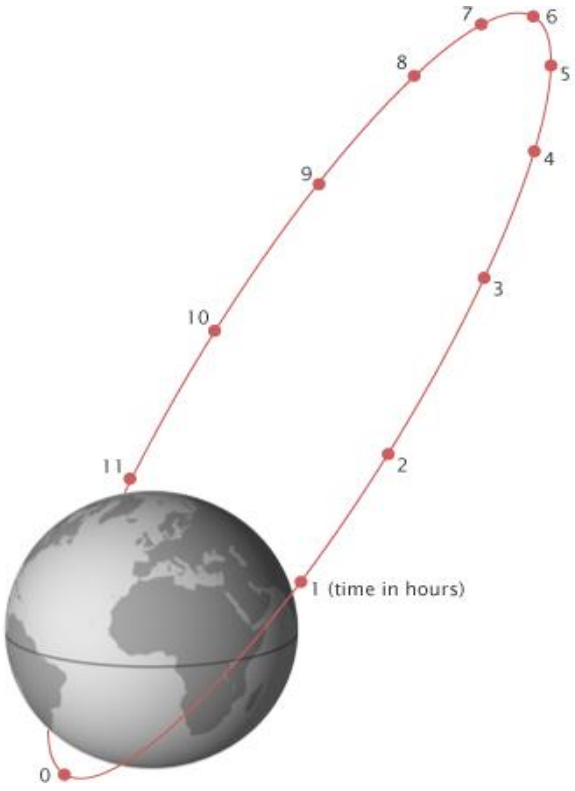


ภาพที่ 8.12 ดาวเทียมในวงโคจรประจำที่ หรือวงโคจรค้างฟ้า
(**แหล่งที่มา**: http://www.sliderbase.com/spitem-779-2.html)

4) วงโคจรรูปวงรี (Highly Elliptical Orbit : HEO) วงโคจรนี้บางครั้งก็เรียกว่า Molniya **orbit** ซึ่งเคยเป็นชื่อของดาวเทียมของประเทศรัสเซียที่ใช้รูปแบบวงโคจรลักษณะนี้ในช่วงทศวรรษที่ 1960 ดาวเทียมที่โคจรแบบรูปวงรีส่วนใหญ่เป็นดาวเทียมเพื่อการสื่อสารระยะไกลทางทหาร การถ่ายทอดผ่านดาวเทียม และเพื่อการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เช่น ดาวเทียม Jumpseat และดาวเทียม Trumpet ซึ่งเป็นดาวเทียมทางการทหารของประเทศสหรัฐอเมริกา และดาวเทียม Tundra สองดวงของประเทศรัสเซียที่ปล่อยขึ้นสู่วงโคจรเมื่อปี ค.ศ.2015 และ 2017 (Highly Elliptical Orbit, 2019)

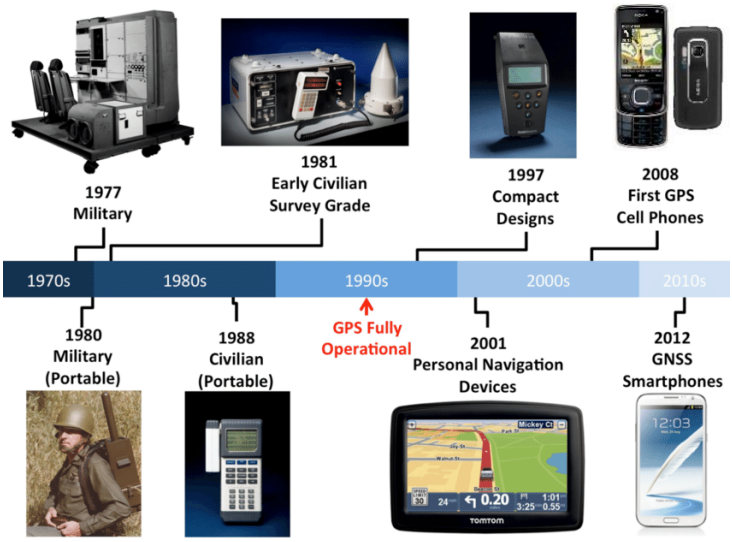
8.3.4 การใช้ประโยชน์จากระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก

การใช้งานระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกสำหรับกิจการพลเรือน เป็นไปได้ยากในอดีต เนื่องจากการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยียุคบุกเบิกของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกยังมีอยู่น้อย ค่อนข้างซับซ้อน และมีราคาแพง ถึงแม้ว่าสัญญาณ



ภาพที่ 8.13 วงโคจรรูปวงรี

(**แหล่งที่มา**: https://en.wikipedia.org/wiki/Highly_elliptical_orbit)



ภาพที่ 8.14 วิวัฒนาการของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (จีพีเอส)

(**แหล่งที่มา** : www.researchgate.net)

ดาวเทียมจีพีเอสจะไม่มีค่าใช้จ่ายแต่การใช้งานในสมัยแรกเริ่มนั้นจำเป็นต้องซื้อหรือเช่าซอฟต์แวร์เพื่อใช้งาน ปัจจุบันมีการพัฒนาระบบให้สามารถใช้งานสำหรับฝ่ายพลเรือนโดยมีความซับซ้อนน้อยลง ราคาค่าอุปกรณ์และค่าบริการมีความสมเหตุสมผลมากขึ้น ส่งผลให้มีการใช้ประโยชน์จากระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกอย่างแพร่หลายและกว้างขวางในกิจการพลเรือน ประโยชน์ของระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกที่ปรากฏว่าได้ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีดังนี้

1) **การบอกตำแหน่งและการนำทาง** อุปกรณ์พกพาที่ติดตั้งตัวรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสที่ทำงานคู่กับซอฟต์แวร์แผนที่ (Map data) สามารถบอกตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องรับหรือผู้ใช้ได้ ทั้งนี้ยังรวมไปถึงการนำทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง สำหรับเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสแบบดั้งเดิมที่ไม่มีซอฟต์แวร์แผนที่ก็สามารถบอกตำแหน่งและการนำทางได้เช่นกันโดยผ่านเข็มทิศดิจิทัลบนจอแสดงผล การใช้งานในปัจจุบันยังสามารถสร้างจุดสนใจ (Point Of Interest: POIs) เช่น ร้านอาหาร โรงพยาบาล สถานีตำรวจ สถานบริการน้ำมัน เป็นต้น เก็บไว้ในความจำของเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส และส่งต่อไปยังอุปกรณ์เครื่องอื่น ๆ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้อีกด้วย ภาพบนขวาคือเครื่องรับสัญญาณแสดง Garmin GPSMAP 86i (**ภาพจาก**: www.amazon.com)

2) **การหลีกเลี่ยงการจราจร** เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสเพื่อการนำทางบางรุ่นติดตั้งซอฟต์แวร์ที่สามารถรายงานสภาพการจราจรแบบเป็นปัจจุบันได้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้เส้นทางหรือหลีกเลี่ยงสภาพจราจรที่ติดขัดเช่น เครื่องรับสัญญาณของบริษัท Garmin หรือ

TomTom ซึ่งเป็นบริษัทผู้นำด้านการพัฒนาระบบนำทางด้วยดาวเทียมจีพีเอส สำหรับคุณสมบัติดังกล่าวสามารถใช้ได้กับแอปพลิเคชั่น Google Maps บนสมาร์ตโฟนแต่วิธีการรายงานสภาพจราจรแตกต่างกัน เนื่องจากสมาร์ตโฟนรับข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ (Server) ส่วนกลางและจากระบบอินเทอร์เน็ตไม่ได้มาจากสัญญาณดาวเทียมโดยตรง ภาพบนซ้ายมือแสดงอุปกรณ์รับสัญญาจีพีเอส Garmin DriveSmart 65 (**ภาพจาก**: https://newrealreview.com/)

3) การใช้ประโยชน์ที่ดิน เครื่องรับสัญญาณจีพีเอสแบบภาคสนาม (Survey GPS) ถูกใช้ในงานด้านการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างกว้างขวางทดแทนเครื่องมือเดิม อาทิ เข็มทิศ ตลับเมตร และแผนที่ โดยเฉพาะการใช้งานที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น งานวิศวกรรม งานทำแผนที่เพื่อประโยชน์ในการรังวัด การระบุตำแหน่งหมุดหลักฐาน เป็นต้น ด้วยความแม่นยำที่สูง ทำให้ราคาของอุปกรณ์มีราคาสูงตามไปด้วย ภาพด้านขวามือแสดงอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสภาคสนาม (**ภาพจาก:** https://thai.alibaba.com/)

4) การบอกตำแหน่งผู้ประสบภัย ปัจจุบันอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสมีขนาดเล็กลงและใช้พลังงานในการทำงานต่ำ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถนำอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสติดตั้งไว้กับวัตถุต่าง ๆ เพื่อเหตุผลทางด้านความปลอดภัยในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ ทั้งนี้ เพราะการรู้ตำแหน่งของสิ่งของหรือบุคคลจะสามารถช่วยให้การค้นหาผู้ประสบภัยทำได้อย่างรวดเร็ว การติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณอาจติดตั้งไว้ในเรือชูชีพ รถยนต์ทางราชการ และยานบรรเทาสาธารณภัยต่าง ๆ รวมไปถึงเสื้อชูชีพก็สามารถติดเครื่องรับส่งสัญญาณจีพีเอสได้เช่นกัน ภาพซ้ายมือแสดงเสื้อชูชีพที่ติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสและแผงรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ (**ภาพจาก:** https://ifworlddesignguide.com/entry/114863-gps-life-vest)

5) การขนส่งและการส่งสินค้า ด้วยความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีในยุคดิจิทัลส่งผลให้เกิดความเติบโตในธุรกิจโลจิสติกส์และธุรกิจด้านบริการขนส่งอย่างรวดเร็ว ผู้รับบริการในปัจจุบันต้องการความสะดวกสบาย และความรวดเร็วในการใช้บริการ ผู้ให้บริการเองก็จำเป็นต้องหากลยุทธ์และวิธีการในการให้บริการแก่ลูกค้าได้ตามที่พวกเขาต้องการ ด้วยเหตุนี้ ผู้ให้บริการจึงจำเป็นต้องมีระบบที่คอยรายงานสถานะของสินค้าและบริการของ

ตนเองด้วยการติดตั้งระบบการติดตามและบอกตำแหน่งของสินค้าและ/หรือบริการเหล่านั้นผ่านระบบดาวเทียมจีพีเอส โดยให้มีการรายงานผลในแผนที่บนสมาร์ตโฟนหรือคอมพิวเตอร์ซึ่งถือว่ามีความสำคัญอย่างมากต่อธุรกิจ ภาพขวามือด้านบนแสดงระบบระบุตำแหน่งของสินค้าและ/หรือบริการผ่านระบบดาวเทียมจีพีเอส (**ภาพจาก:** https://www.prosoftgps.com/Article/Detail/70625)

6) การติดตามอาชญากรรม ระบบรับสัญญาณจีพีเอสสามารถระบุตำแหน่งของพาหนะและวัตถุที่ใช้ในการก่ออาชญากรรม เช่น การติดตามการขนยาเสพติดและของผิดกฎหมาย รวมไปถึงการป้องกันการก่ออาชญากรรมจากการใช้ยานพาหนะที่ถูกโจรกรรมไป เป็นต้น

7) การติดตามบุคคล ระบบการกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกสามารถนำมาใช้ประโยชน์ด้านการกำกับและติดตามในกระบวนการยุติธรรม เช่น ติดตามผู้ต้องหา ผู้ต้องโทษ หรือบุคคลที่ต้องสงสัย การที่กระทรวงยุติธรรมนำกำไล EM (Electronic Monitoring) มาใช้กับผู้ต้องหาคือตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากจีพีเอสในกรณีนี้

8) ด้านสุขภาพและการกีฬา อุปกรณ์ด้านสุขภาพและกีฬามีหลากหลายยี่ห้อที่ติดตั้งอุปกรณ์รับสัญญาณจีพีเอสเพื่อใช้สำหรับวัดความเร็ว และ/หรือระยะทางในการฝึกฝน หรือการแข่งขัน ผลจากการวัดสามารถนำไปใช้ในการคำนวณการเผาผลาญพลังงานจากการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันได้

9) กิจกรรมสันทนาการ ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากระบบจีพีเอสอย่างกว้างขวางในกิจกรรมสันทนาการ เช่น การแข่งขันกีฬาที่เกี่ยวข้องกับความเร็วหรือระยะทางที่แม่นยำ การนำทางสำหรับการเดินป่า การบอกความสูงสำหรับการปีนเขา การบันทึกเส้นทาง (Tracking log) หรือ การใช้กับอากาศยานแบบไร้คนขับ เช่น โดรน หรือ UAV เป็นต้น

คำถามท้ายบทที่ 8

1) กลุ่มดาวเทียม (Constellation) เพื่อการนำทางของประเทศสหรัฐอเมริกามีชื่อว่าอะไร
2) วงโคจรสำหรับถ่ายภาพที่มีรายละเอียดสูงต้องอยู่ในวงโคจรระดับใด
3) การรวมกลุ่มของระบบดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกของนานาประเทศมีชื่อเรียกทางการว่าอย่างไร
4) การระบุตำแหน่งแบบสามมิติจำเป็นต้องมีจำนวนดาวเทียมอย่างน้อยกี่ดวง
5) ประโยชน์ของระบบการกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกที่ท่านเคยพบเห็นหรือมีประสบการณ์ มีอะไรบ้าง อธิบายพอสังเขป
6) Google Earth กับ Google Maps มีวิธีการในการทำงานและใช้งานแตกต่างกันอย่างไร

เอกสารอ้างอิง

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2546). *ระบบการหาตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยดวงเทียม.* กรุงเทพฯ: บี.ที.ซี เซอร์เวย์อิ้ง กรุ๊ป.

“วงโคจรของดาวเทียม”. (ม.ป.ป.). [ออนไลน์]. เข้าถึง 7 มกราคม 2563. จาก http://www.lesa.biz/space-technology/satellite/orbits

Howell, Elizabeth. (2018). “Navstar: GPS Satellite Network”. [online]. Retrieved on January 7, 2020, from: https://www.space.com/19794-navstar.html

Wikipedia contributors. (2018). “Global Positioning System”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on January 6, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

Wikipedia contributors. (2018). “Google Earth”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on January 2, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth

Wikipedia contributors. (2018). “Google Maps”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on January 5, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Maps

Wikipedia contributors. (2015). “Highly Elliptical Orbit”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on January 7, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Highly_elliptical_orbit

Wikipedia contributors. (2018). “Satellite Navigation”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on January 6, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation

บรรณานุกรม

“การใช้แถบสี”. (2551). *ภูมิศาสตร์ ม.2*. (11). [ออนไลน์]. เข้าถึง 2 เมษายน 2561. จาก http://academic.obec.go.th/textbook/web/images/book/1454663225_example.pdf

“การทำแผนที่”. (2018). วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. [ออนไลน์]. เข้าถึง 16 ธันวาคม 2019. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/การทำแผนที่

โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2531). *สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่ 12*. กรุงเทพฯ : บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด.

“ชนิดแผนที่และการสร้างสัญลักษณ์”. (2015). [ออนไลน์]. เมื่อ 20 มกราคม 2561 จาก https://www.gistda.or.th/main/th/node/905

ชนม์ธนัช สุวรรณ. (2562). “การจัดทำฐานข้อมูลประชากรผู้สูงอายุด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: กรณีเทศบาลตำบลน้ำโจ้ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง”. *วารสารบัณฑิตวิจัย,* ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (2019), 219-234.

“ทอเลมี”. (2018). วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. เข้าถึง 6 กันยายน 2018. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ทอเลมี

ทีมวิชาการธรณีไทย. (2007). “ผืนแผ่นดินใหญ่พันเจีย (Supercontinent)”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 18 กรกฎาคม 2560. จาก http://www.geothai.net/pangaea-supercontinent/

ธวัช บุรีรักษ์, และบัญชา คูเจริญไพบูลย์. (ม.ป.ป.). *การแปลความหมายในแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ,* (พิมพ์ครั้งที่ 3) กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อักษรวัฒนา.

“ประวัติการทำแผนที่ประเทศไทย”. (ม.ป.ป.). *สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ.* [ออนไลน์]. เข้าถึง 16 กรกฎาคม 2560. จาก http://kanchanapisek.or.th/kp6/sub/book/ book.php?book= 12&chap= 10&page= t12-10-infodetail02.html

“ปือธิกสุรทิน”. (2018). *วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี.* เข้าถึง 14 มกราคม 2018. จาก https:// th.wikipedia.org/wiki/ปือธิกสุรทิน.

“พิกัดภูมิศาสตร์”. (2018). *วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี*. เข้าถึง 29 ธันวาคม 2018. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/พิกัดภูมิศาสตร์

ยรรยง ทรัพย์สุขอำนวย. (2546). *ระบบการหาตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยดวงเทียม.* กรุงเทพฯ: บี.ที.ซี เซอร์เวย์อิ้ง กรุ๊ป.

“ยุคมืด”. (2561). วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. [ออนไลน์]. เข้าถึง 28 ธันวาคม 2561. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ยุคมืด

“ยุคแห่งการสำรวจ”. (2561). วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. [ออนไลน์]. เข้าถึง 5 สิงหาคม 2561. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ยุคแห่งการสำรวจ.

“ระบบพิกัด”. (2017). *วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี*. เข้าถึง 14 มิถุนายน 2017. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ระบบพิกัด

ราชบัณฑิตยสถาน. (2549). *พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.* (พิมพ์ครั้งที่ 4) กรุงเทพฯ: ราชบัญฑิตยสถาน.

เลเกีย เขียวดี. (2560). *แผนที่และเครื่องมือทางภูมิศาสตร์สำหรับครู* (131-140). คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

“โลกแบน”. (2556). [ออนไลน์]. เข้าถึง 10 กุมภาพันธ์ 2561. จาก http://www.komchadluek.net/news/politic/166098

“วงโคจรของดาวเทียม”. (ม.ป.ป.). [ออนไลน์]. เข้าถึง 7 มกราคม 2563. จาก http://www.lesa.biz/space-technology/satellite/orbits

สุโข เสมมหาศักดิ์. (2559). *การอ่านและการแปลความหมายจากแผนที่.* เอกสารประกอบการสอน, เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

สุพรรณิการ์ เกตุศิริ. (ม.ป.ป.) “การสำรวจข้อมูลระยะไกลหรือการรับรู้ระยะไกล (Remote sensing)”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 5 สิงหาคม 2561. จาก http://remotesensing2557.blogspot.com/2014/11/remote-sensing.html

สุรชัย รัตนเสริมพงษ์ (ม.ป.ป.). “ความก้าวหน้าเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 11 กรกฎาคม 2562. จาก http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14(43).pdf

สสวท. (2548). *โลกดาราศาสตร์และอวกาศ.* พิมพ์ครั้งที่ 4 . กรุงเทพฯ : องค์การค้าคุรุสภาฯ.

อณุศร พุ่มพวง. (ม.ป.ป.). “การวัดพื้นที่บนแผนที่แบบโบราณ”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 8 มิถุนายน 2562. จาก http://www.geo2gis.com/index.php/geography/2016-01-29-05-50-20/260-area-measuring-2

อณุศร พุ่มพวง. (ม.ป.ป.). “แผนที่ แผ่นกระดาษมหัศจรรย์...เครื่องมือช่วยพัฒนาประเทศ ตอนที่ 1 : ทำไม อะไร ยังไง”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 3 สิงหาคม 2561. จาก http://geo2gis.com/index.php/geography/2016-01-29-05-50-18/223-map-what-up

อณุศร พุ่มพวง. (ม.ป.ป.). “เส้นโครงแผนที่...สิ่งสำคัญต่อการอ่านและแปลความหมายในแผนที่”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 3 กันยายน 2560. จาก http://www.geo2gis.com/index.php/ geography/ 2016-01-29-05-50-20/254-map-projection-2?showall=1

อภิศักดิ์ โสมอินทร์. (2520). *แผนที่และการแปลความหมายจากแผนที่.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

“อียิปต์โบราณก่อนยุคราชวงศ์”. (2018). *วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี*. [ออนไลน์]. เข้าถึง 8 มกราคม 2019. จาก https:// th.wikipedia.org/wiki/อียิปต์โบราณยุคราชวงศ์.

เอกพล ฉิ้มพงษ์. (ม.ป.ป.). “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 11 กรกฎาคม 2562. จาก http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14(39).pdf

Dempsey C.. (2013). “Cardinal Directions and Ordinal Directions”. [online]. Retrieved on December 15, 2018, from https://www.geographyrealm.com/cardinal-directions-ordinal-directions/

Demsey C.. (2011). “Mapping Through the Ages: The History of Cartography”. [online], Retrieved on September 3, 2018, from https://www.gislounge.com/mapping-through-the-ages/

Howell, Elizabeth. (2018). “Navstar: GPS Satellite Network”. [online]. Retrieved on January 7, 2020, from: https://www.space.com/19794-navstar.html

F.J. Ormeling. (1985). “25 YEARS INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC ASSOCIATION 1959-1984”. [online]. Retrieved on Febuary 10, 2020, from https://icaci.org/files/documents/books/25YearsOfICA.pdf

Geoawesomeness Team. (2018). “Which is the best map projection?”. [online]. Retrieved on January 12, 2018, from https://geoawesomeness.com/best-map-projection/

“Georeference”. (2018). *Wiktionary, The Free Dictionary*. Retrieved on July 1, 2019, from https://en.wiktionary.org/w/index.php?title=georeference&oldid=51804136

“Map Scale – Map Distance Measurement”. (n.d.). [online]. Retrieved on December 15, 2018, fromhttp://geokov.com/education/map-scale.aspx

NOAA. (2018). “What is the highest point on Earth as measured from Earth's center?”. [online]. Retrieved on January 12, 2019, from https://oceanservice.noaa.gov/facts/highestpoint.html

Phakpoom Laotrakul. (2015). “การอ่านแผนที่”. [ออนไลน์]. เข้าถึง 3 พฤษภาคม 2562. จาก https://www.gistda.or.th/main/th/node/916

Sharp, T. (2017). “How Big Is Earth?”. [online]. Retrieved on March 20, 2018, from https://www.space.com/17638-how-big-is-earth.html

Stephens, D. (2002). “Making Sense of Maps (from the Making Sense of Evidence series on History Matters”. [online]. Retrieved on March 25, 2018, from http://historymatters.gmu.edu

Ujaval Gandhi. (n.d.). “Georeferencing Topo Sheets and Scanned Maps”. [online]. Retrieved on July 1, 2018, from https://www.qgistutorials.com/en/docs/georeferencing_basics.html

“What is GIS”. (n.d.). [online]. Retrieved on July 4, 2019, from http://www.geosys.co.in/what-is-gis.html

“What is Raster data?”. (n.d.). [online]. Retrieved on on July 12, 2019, from http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm

Wikipedia contributors. (2018). “Atomic Clock”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved on February 3, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Map_symbol&oldid=935799092

Wikipedia contributors. (2019). “Blueprint”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. Retrieved on April 22, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title= Blueprint&oldid =883861489

Wikipedia contributors. (2018). “Coordinated Universal Time”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved on May 6, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Coordinated_Universal_Time

Wikipedia contributors. (2018). “Earth”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved on May 1, 2019, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Earth&oldid=894754593

Wikipedia contributors. (2020). “Eratosthenes of Cyrene”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. Retrieved on November 25, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/ Eratosthenes

Wikipedia contributors. (2018). “Global Positioning System”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on January 6, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

Wikipedia contributors. (2018). “Google Earth”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on January 2, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth

Wikipedia contributors. (2018). “Google Maps”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on January 5, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Maps

Wikipedia contributors. (2015). “Highly Elliptical Orbit”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on January 7, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Highly_elliptical_orbit

Wikipedia contributors. (2018). “Local Mean Time”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved on February 3, 2020, from https://en.wikipedia.org/wiki/Local_mean_time

Wikipedia contributors. (2018). “Map”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online], Retrieved on April 21, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Map&oldid= 891712466

Wikipedia contributors. (2018). “Map Symbol”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on December 18, 2018, from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Map_symbol&oldid=935799092

Wikipedia contributors. (2020). “Mercator projection”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved on February 10, 2020, https://en.wikipedia.org/ wiki/Mercator_projection

Wikipedia contributors. (2018). “Ptolemy”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. Retrieved on November 25, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Ptolemy

Wikipedia contributors. (2018). “Satellite Navigation”. In *Wikipedia,* In *The Free Encyclopedia*. Retrieved on January 6, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_navigation

Wikipedia contributors. (2018). “Strabo”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. Retrieved on November 25, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/Strabo

Wikipedia contributors. (2018). “T and O map”. In *Wikipedia, In The Free Encyclopedia*. [online]. Retrieved on June 23, 2018, from https://en.wikipedia.org/wiki/ T_and_O_map

Wikipedia contributors. “Why Planimetric Maps Are Useful”. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [online]. Retrieved on March 6, 2018, https://aeromapping.wordpress.com/2015/04/29/why-planimetric-maps-are-useful/

Williams, G.J.. (1995) “Templates for Saptial Reasoning in Responsive Geographical Information Systems”, *IJGIS,* Vol.9, Iss 2, pp. 117-131.

Williams, M. (2008). What is the Diameter of Earth?. [online]. Retrieved on March 28, 2018, from https://www.universetoday.com/15055/diameter-of-earth/