

### จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

๑. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การรับรู้จากระยะไกล และระบบนำทางดาวเทียมบนพื้นโลก
๒. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำแผนที่และองค์ประกอบของแผนที่
๓. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับภารกิจด้านอุตุนิยมวิทยา
๔. มีเจตคติที่ดี และตระหนักในความสำคัญของการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

### สมรรถนะรายวิชา

๑. แสดงความรู้เกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การรับรู้จากระยะไกล และระบบนำทางดาวเทียมบนพื้นโลก
๒. จัดทำและนำเสนอข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในรูปแบบแผนที่ตามหลักการทำแผนที่
๓. ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับงานด้านอุตุนิยมวิทยา

### คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับประวัติของเทคโนโลยีสารสนเทศ ระบบคอมพิวเตอร์ พัฒนาการของภูมิสารสนเทศและสาขาที่เกี่ยวข้อง หลักการทำแผนที่และองค์ประกอบของแผนที่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การรับรู้จากระยะไกล ระบบนำทางดาวเทียมบนพื้นโลก รวมทั้งการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับภารกิจด้านอุตุนิยมวิทยา

## บทที่ 1

### ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

#### 1. ความหมาย

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์สำหรับการนำเข้า จัดเก็บ เรียกใช้ วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวกับพื้นที่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีการพัฒนาและมีความก้าวหน้าไปตามความทันสมัยของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ตั้งแต่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์บนเครื่องเมนเฟรม จนถึงปัจจุบันที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ามาอยู่ในคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ แล็ปท็อป แท็บเล็ต และสมาร์ทโฟน โดยอาจเป็นการใช้งานเพียงคนเดียว หรือใช้งานบนระบบเครือข่ายภายในองค์กร รวมถึงผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือระบบคลาวด์ ซึ่งผู้ใช้งานสามารถสืบค้นและวิเคราะห์ข้อมูลได้จากทุกมุมโลก ทำให้ปัจจุบันระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อวงการการศึกษา การขับเคลื่อนและพัฒนาองค์กรภาครัฐ และการใช้งานในภาคธุรกิจโดยหน่วยงานเอกชน

นิยามหรือคำจำกัดความของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่นักวิชาการได้ให้ไว้ในแต่ละยุคสมัยนั้นมีความแตกต่างกันตามพัฒนาการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กล่าวโดยสรุปคือ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) ประกอบด้วย 2 คำ คือ “ระบบสารสนเทศ” (Information System) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการรวบรวมจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลอย่าง เป็นขั้นตอน สามารถค้นคืนข้อมูลที่ต้องการให้ภายในเวลาอันรวดเร็ว และสามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ ในกระบวนการตัดสินใจของผู้บริหาร ส่วนคำว่า “ภูมิศาสตร์” (Geography) มาจากรากศัพท์ “geo” หมายถึง โลกและ “graphy” หมายถึง การเขียน ภูมิศาสตร์จึงหมายถึงการเขียนเรื่องราวเกี่ยวกับโลก หรือมุ่งเน้นไป ที่ความสัมพันธ์ของมนุษย์กับพื้นที่ (Spatial Relationship)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงหมายถึงกระบวนการของการใช้คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Data) และการออกแบบ (Personnel Design) ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูล ให้แสดงผลในรูปของข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้ในทางภูมิศาสตร์ หรือ หมายถึง การใช้สมรรถนะของ คอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บ และการใช้ข้อมูลเพื่ออธิบายสภาพต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก โดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งโดยสรุปแล้วระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบสารสนเทศที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้รวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ข้อมูลภูมิศาสตร์ รวมทั้งการค้นคืนข้อมูล และการแสดงผลข้อมูลสารสนเทศ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นทั้งระบบฐานข้อมูลที่มีความสามารถในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ของแผนที่เชิงเลข และข้อมูล เชิงคุณลักษณะเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นได้ผลออกมาเป็นสารสนเทศและนำไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจ

#### 2. ประวัติของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ในอดีต การจัดทำแผนที่ของมนุษย์นั้นได้ใช้การวาดลงบนผ้า หรือกระดาษ ได้ออกมาเป็นแผนที่ ที่สามารถนำไปใช้ในการเดินทางสำรวจ หรือการคมนาคมติดต่อค้าขาย ปัญหาที่เกิดขึ้นคือในการจัดทำแผนที่ชุดเดียวกันนั้นจะต้องมีการสำเนาหรือคัดลอกโดยการนำกระดาษหรือผ้าอีกชุดหนึ่งมาวางทาบแล้วลอกถ่ายที่ได้ทำไว้

อาจเกิดการผิดพลาดในเรื่องตำแหน่งที่ตั้งของสถานที่ ตลอดจนถนนหรือเส้นทางที่คลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้การแก้ไขข้อมูลทำได้ยากมาก ต่อมาจึงได้มีการใช้เครื่องสำเนาเอกสาร

เมื่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทมากขึ้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ได้มีการพัฒนาเมื่อตอนต้นปี ค.ศ.1960 ด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนามากขึ้นเพื่อช่วยในการจัดเก็บข้อมูลได้มากขึ้น และมีการปรับปรุงประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้ดีขึ้น มีความถูกต้องแม่นยำและสามารถช่วยตอบคำถามต่าง ๆ สามารถสอบถามข้อมูล และวิเคราะห์หาพื้นที่ การคาดการณ์ผ่านระบบแผนที่บนคอมพิวเตอร์มีส่วนช่วยในการวางแผนการพัฒนาในเรื่องต่าง ๆ โดย ระบบคอมพิวเตอร์ได้มีส่วนช่วยในการพัฒนาระบบข้อมูล GIS ทำการรวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์เรียกค้น ข้อมูลและการแสดงผลข้อมูลจึงทำให้ง่ายต่อการค้นข้อมูลและการประมวลผลข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ มากขึ้น

ในระยะแรก ได้มีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการวางแผนจัดการ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้แนวคิดเชิงภูมิศาสตร์เช่น แนวคิดการวิเคราะห์ความเหมาะสม ความสามารถของที่ดิน (Land Suitability/Capability Analysis, SCA) โดยใช้แบบจำลองเทคนิคการวางซ้อนของชั้นข้อมูล หรือแผนที่มาใช้ในการกระบวนการวิเคราะห์

ระบบ GIS ที่เป็นระบบแรกของโลก คือระบบ GIS ของประเทศแคนาดา (The Canada Geographic Information Systems, CGIS) เมื่อปี 1964 ในโครงการปรับปรุงและพัฒนาระบบการเกษตร โดยศึกษารวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลที่ดิน เพื่อหาที่ดินที่ไม่เหมาะสมต่อการเกษตร ในระยะต่อมา GIS นำมาใช้ในการวางแผนจัดการเกี่ยวกับที่ดินเป็นส่วนใหญ่คือเป็นระบบสารสนเทศที่ดิน (Land Information System, LIS)

ในประเทศไทยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้มีการศึกษาวิจัยมาหลายปีแล้วแต่ไม่ได้เรียกว่า GIS เช่น การศึกษาการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำได้มีการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ที่ดิน (Land Use) ลักษณะพืชพรรณ (Vegetation Type) ความสูง (Elevation) ความลาดชัน (Slope) ทิศทางความลาดเอียง (Aspect) ธรณีวิทยา (Geology) และดิน (soil) ของพื้นที่ลุ่มน้ำ ข้อมูลเหล่านี้จะจัดอยู่ในรูปของแผนที่ซึ่งจัดว่าเป็นระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์หรือ GIS ดังนั้น GIS จึงเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการทำแผนที่ การประยุกต์ใช้ระบบ GIS ครั้งแรกในประเทศไทย เกิดขึ้นเมื่อปี 2528 โดยธนาคารโลก (World Bank) นำมาใช้ในการศึกษาเรื่อง “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์นโยบายที่ดินในประเทศไทย” ซึ่งโครงการนี้เป็นการนำ GIS มาวิเคราะห์นโยบายที่ดิน ซึ่งครอบคลุมทั่วทั้งประเทศในมาตราส่วน 1:500,000 แต่การวิเคราะห์นี้ได้ทำที่ประเทศสหรัฐอเมริกาโดยบริษัทที่ปรึกษาได้ใช้ AUTOGIS ต่อมาในปี 2530 UNDP ได้พิมพ์ “การวิเคราะห์การทำลายป่าและอันตรายจากสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องในภาคเหนือของประเทศไทย” มาตราส่วน 1:250,000 และ 1:500,000 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ Global Resource Information Database (GRID) ภายใต้ Global Environment Monitoring System (GEMS) และในปี 2531 ได้มีการใช้ GIS ในเรื่อง “การศึกษาความเป็นไปได้ในการก่อตั้งระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของทะเลสาบสงขลา” มาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานที่ TDRI ศึกษา

การพัฒนา GIS ในประเทศไทยมีการพัฒนาค่อนข้างช้าในระยะเริ่มแรก ซึ่งมีประมาณ 30 หน่วยงาน และส่วนใหญ่จะเป็นหน่วยงานในเขตกรุงเทพมหานคร ในส่วนภูมิภาคจะมีเป็นส่วนน้อย หลังจากนั้นได้มีการตื่นตัวอย่างมากในเวลาต่อมา โดยมีผู้ใช้มากขึ้นไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานราชการ รัฐวิสาหกิจ สถาบันการศึกษาและภาคเอกชน ทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค ต่อมากระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมได้ตระหนักถึงความสำคัญและประโยชน์ของเทคโนโลยี GIS จึงได้จัดตั้ง “โครงการระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งชาติ” ขึ้นใน

ปี 2537 ประกอบกับคณะรัฐมนตรีได้มีมติเห็นชอบให้จัดตั้ง “คณะกรรมการประสานและส่งเสริมการพัฒนา ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์” โดยมอบหมายให้ปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ เป็นประธานเพื่อทำหน้าที่เป็นหน่วยประสานงานกลาง ด้านระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ของประเทศ โดยสรุปแล้ว ปัจจัยที่จัดว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการพัฒนาระบบ GIS คือ เทคโนโลยีการผลิตแผนที่ระบบคอมพิวเตอร์ ปริมาณวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ซึ่งได้รับการพัฒนาทำให้ระบบ GIS เข้าสู่ระบบอัตโนมัติอย่างสมบูรณ์

### 3. องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศ ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 5 ส่วน ได้แก่ ฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ (Computer Hardware) ซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS Software) ข้อมูล (Data) บุคลากร (People) และระเบียบวิธี (Methodology)

3.1 ฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะทำงานได้จำเป็นต้องใช้ฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ ได้แก่ อุปกรณ์นำเข้า (input device) อุปกรณ์ประมวลผล (process unit) และอุปกรณ์แสดงผล (output device)

- *อุปกรณ์นำเข้า* หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูลภูมิศาสตร์เข้าสู่ระบบและแปลงให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล ได้แก่ เครื่องแปลงเป็นดิจิทัล (digitizer) เครื่องกราดภาพ (scanner) แป้นพิมพ์ (keyboard) และเมาส์ (mouse)
- *อุปกรณ์ประมวลผล* หมายถึง หน่วยประมวลผลกลาง (central processing unit: CPU) ซึ่งทำหน้าที่คำนวณและเปรียบเทียบตรรกะของชุดคำสั่งที่ได้รับ และควบคุมการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั้งหมด อุปกรณ์ประมวลผลยังรวมถึงหน่วยความจำหลักและหน่วยความจำสำรองที่ใช้เก็บข้อมูลระหว่างประมวลผล และอุปกรณ์อื่นที่สนับสนุนการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง
- *อุปกรณ์แสดงผล* หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้แสดงผลลัพธ์จากการประมวลผล ได้แก่ จอภาพ (monitor) เครื่องพิมพ์ (printer) เครื่องวาดภาพ (plotter)



3.2 ซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซอฟต์แวร์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากซอฟต์แวร์อื่น คือ การมีความสามารถในการจัดการข้อมูลกราฟิก ซึ่งประกอบด้วยค่าพิกัดในระบบพิกัดที่อ้างอิงขึ้นได้กับพื้นโลก และข้อมูลกราฟิกนี้ต้องสามารถเชื่อมโยงกับข้อมูลอรรถาธิบาย (attribute) ที่เป็นข้อมูลอธิบายรายละเอียดของกราฟิกนั้น ๆ ในปัจจุบันมีผู้ผลิตซอฟต์แวร์ด้านนี้หลายราย ทั้งที่เป็นซอฟต์แวร์แบบเปิด (open-source) ซึ่งไม่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งาน และทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไม่ใช้อินเทอร์เน็ต เช่น GrassGIS, QGIS หรือซอฟต์แวร์แบบที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ เช่น ArcGIS, Geomedia เป็นต้น



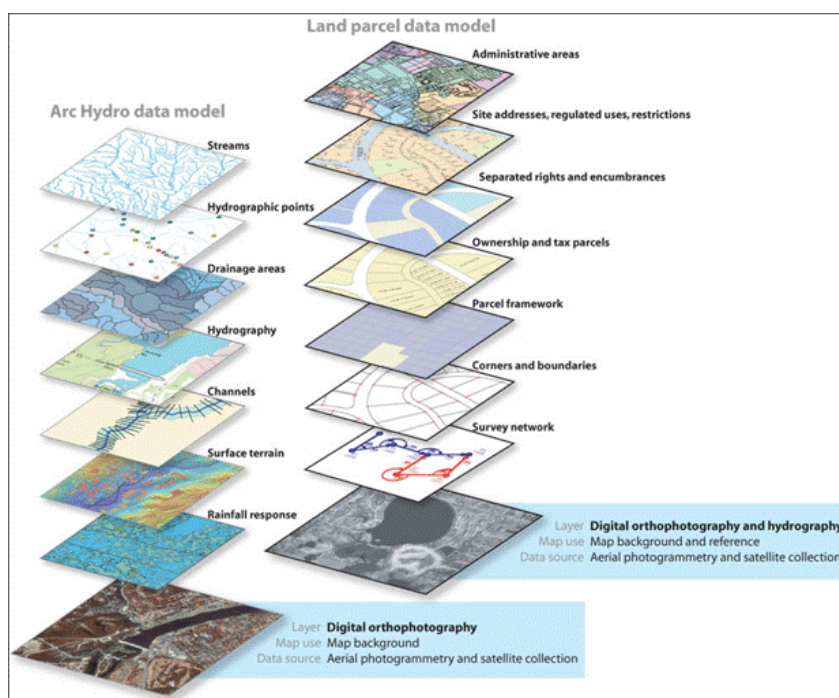
QGIS



ArcGIS



3.3 ข้อมูล ข้อมูลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เนื่องจากถูกใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์ให้ได้สารสนเทศที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจต่อไป แหล่งข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม แผนที่กระดาษ รายงานบนกระดาษ รูปถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายจากดาวเทียม ข้อมูลค่าพิกัดจากระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก ทั้งนี้หากข้อมูลเป็นรูปแบบอนาล็อก เช่น แผนที่กระดาษ รายงานบนกระดาษ รูปถ่ายทางอากาศที่เป็นฟิล์มหรือกระดาษ จะต้องแปลงข้อมูลนั้นให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลเสียก่อน จึงจะใช้งานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ หากข้อมูลเป็นดิจิทัลอยู่แล้ว เช่น รูปถ่ายทางอากาศแบบดิจิทัล ภาพถ่ายดาวเทียมแบบดิจิทัล ข้อมูลค่าพิกัดจากระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกก็สามารถนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้โดยตรง



3.4 บุคลากร บุคลากรเป็นผู้ขับเคลื่อนให้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำงานได้ นับตั้งแต่การเริ่มทำงานจะต้องมีการวางแผนและออกแบบวิธีการทำงาน จากนั้นต้องมีการปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่วางไว้ และผลลัพธ์ที่ได้ตามที่ออกแบบไว้ นอกจากนั้นบุคลากรยังอาจเป็นผู้ที่พัฒนาโปรแกรมในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ให้ใช้งานได้ตามความต้องการได้ง่ายขึ้นและสะดวกยิ่งขึ้น

3.5 ระเบียบวิธี ระเบียบวิธีหรือแนวทางการปฏิบัติงาน ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญอีกส่วนหนึ่งเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ ระเบียบวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะงานและผลลัพธ์ หากเป็นโครงการเล็ก ๆ มีผู้ปฏิบัติงานน้อย อาจเป็นเพียงการเขียนผังการทำงานคร่าว ๆ แต่หากโครงการมีขนาดใหญ่ มีผู้ปฏิบัติงานจากหลายภาคส่วน จะจำเป็นต้องมีคู่มือการปฏิบัติงานบอกวิธีการทำงานโดยละเอียด เพื่อให้ทุกคนทำงานได้ตรงตามเป้าหมาย

#### 4. ลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

##### 4.1 ประเภทข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วยข้อมูล 2 รูปแบบ คือ

4.1.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลต่าง ๆ บนพื้นโลก สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geo-referenced) ซึ่งข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ 3 รูปแบบ คือ

- จุด (Point) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของตำแหน่งที่ตั้ง ได้แก่ ที่ตั้งโรงเรียนในสังกัด กทม. ที่ตั้งศูนย์บริการสาธารณสุข ที่ตั้งสำนักงานเขต เป็นต้น
- เส้น (Line) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของเส้น เช่น ถนน แม่น้ำ ทางด่วน เป็นต้น
- พื้นที่ (Area or Polygon) จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของพื้นที่ เช่น พื้นที่ขอบเขตการปกครอง, พื้นที่อาคาร เป็นต้น

4.1.2 ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Non-Spatial data) เป็นข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute) ซึ่งจะอธิบายถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ๆ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือหลาย ๆ ช่วงเวลา เช่น ข้อมูลจำนวนประชากรในเขตต่าง ๆ ข้อมูลจำนวนนักเรียนแต่ละชั้นของโรงเรียนสังกัด กทม. เป็นต้น สามารถแบ่ง ออกได้ 2 ประเภท คือ

- ตารางข้อมูลที่เชื่อมโยงกับกราฟิก (Graphic table)
- ตารางข้อมูลที่ไม่เชื่อมโยงกับกราฟิก (Non-graphic table)

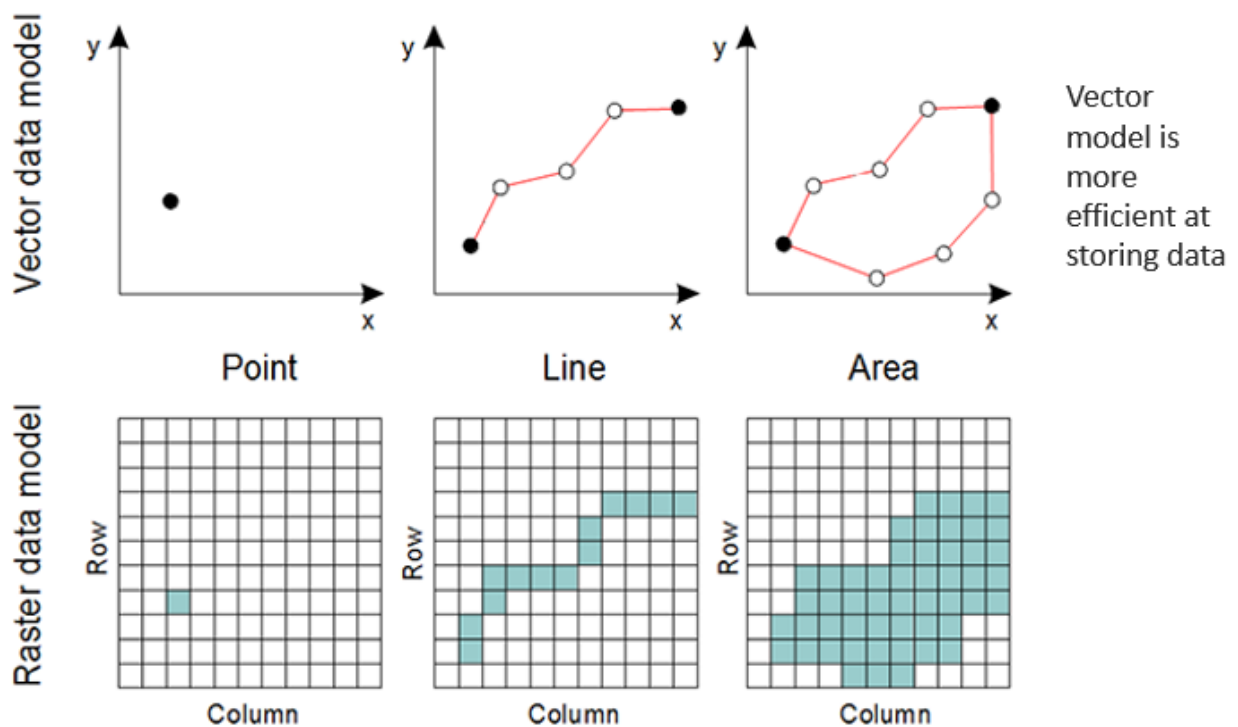
#### 4.2 ลักษณะข้อมูล

4.2.1 ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ แบ่งได้ 2 ประเภท คือ Vector และ Raster

- ข้อมูลแสดงทิศทาง (Vector Data) คือข้อมูลที่แสดงด้วย จุด เส้น หรือพื้นที่ที่ประกอบด้วยจุด พิกัดทางแนวราบ (X , Y) และ/หรือ แนวตั้ง (Z) หรือระบบ Cartesian Coordinate System ถ้า เป็นพิกัดตำแหน่งเดียวก็จะเป็นค่าของจุด ถ้า จุดพิกัดสองจุดหรือมากกว่าจะเป็นค่าของเส้น ส่วนพื้นที่นั้นจะต้องมีจุดมากกว่า 3 จุดขึ้นไป และจุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสุดท้ายจะต้องอยู่ ตำแหน่งเดียวกัน ตัวอย่างข้อมูลแสดงทิศทาง เช่น ถนน แม่น้ำ ขอบเขตการปกครอง โรงเรียน เป็นต้น ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบเวกเตอร์ทำให้การกำหนดตำแหน่งบนผิวโลกทำได้อย่างแม่นยำจะมีลักษณะและรูปแบบ (Spatial Features) ต่าง ๆ กันพอสรุปได้ดังนี้คือ
  - รูปแบบของจุด (Point Feature) เป็นตำแหน่งพิกัดที่ไม่มีขนาดและทิศทาง โดยจุดไม่มีมิติ จุดจะบันทึกบนแผนที่ เป็นค่าพิกัด x, y 1คู่ จะใช้แสดงข้อมูลที่เป็นลักษณะของตำแหน่งใด ๆ เช่น ที่ตั้งของโรงเรียน เป็นต้น ซึ่งการแสดงข้อมูลภูมิศาสตร์นั้นขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของแผนที่ หากมาตราส่วนเล็กที่ตั้งของโรงเรียนอาจแสดงเป็นจุด ถ้าเป็นแผนที่มาตราส่วนใหญ่อาจแสดงเป็นพื้นที่รูปปิด
  - รูปแบบของเส้น (Line Feature) มีระยะและทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้น ไปยังจุดแนวทาง (Vector) และจุดสิ้นสุด เส้นใช้แทนวัตถุที่มี 1 มิติ ถูกบันทึกเป็นกลุ่มค่าพิกัด x,y 1 ชุดประกอบไปด้วย ลักษณะของเส้นตรง เส้นหักมุม และเส้นโค้ง เช่น ถนน ทางด่วน คลอง เป็นต้น
  - รูปแบบของพื้นที่ (Polygon Feature) มีระยะและทิศทางระหว่างจุดเริ่มต้น จุดแนวทาง (Vector) และจุดสิ้นสุด ใช้แทนวัตถุที่มี 2 มิติถูกบันทึกเป็นกลุ่มค่าพิกัด x,y ของเส้นโค้งที่ลากมาบรรจบกันเป็นขอบเขต

ของพื้นที่นั้น ๆ ที่ประกอบกันเป็นรูปหลายเหลี่ยม มีขนาด พื้นที่ (Area) และเส้นรอบรูป (Perimeter) เช่น ขอบเขตการปกครอง ขอบเขตหมู่บ้าน

- ข้อมูลแสดงลักษณะเป็นกริด (Raster Data) คือข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นช่องตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเท่า ๆ กัน เรียกว่าจุดภาพ (Grid cell, Pixel) เรียงต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวดิ่ง ในแต่ละเซลล์สามารถเก็บค่าได้ 1 ค่าความสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ (Resolution) ณ จุดพิกัดที่ประกอบขึ้นเป็นฐานข้อมูลแสดงตำแหน่งชุดนั้น ค่าที่เก็บ ในแต่ละเซลล์สามารถเป็นได้ทั้งข้อมูลลักษณะสัมพันธ์หรือรหัสที่ใช้อ้างอิงถึงข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล ตำแหน่งของแต่ละเซลล์จะกำหนดโดยตัวเลขประจำสดมภ์และแถว ค่าที่กำหนดให้แต่ละเซลล์จะแสดงถึงค่าของคุณลักษณะที่เซลล์นั้นเป็นตัวแทน เช่น จุด ๆ หนึ่ง (บ้านหนึ่งหลัง) แสดงด้วยเซลล์ 1 เซลล์ เส้นหนึ่งเส้น (แนวถนน) แสดงด้วยเซลล์หลายเซลล์ที่มีค่าเหมือนกัน เกิดเป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียงต่อเนื่องกัน รูปหลายเหลี่ยม (ขอบเขตแปลง ที่ดิน) แสดงด้วยกลุ่มเซลล์ที่ทุกเซลล์มีค่าเหมือนกัน ดังนั้น เซลล์ที่มีข้อมูลมากกว่า 1 ค่า จะถูกแยกเก็บคนละแฟ้มข้อมูล เช่น ข้อมูลชนิดดิน 1 แฟ้ม ข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินของพื้นที่เดียวกันต้องแยกเก็บอีก 1 แฟ้ม การแก้ไขข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลจะวิเคราะห์แฟ้มข้อมูลหลาย ๆ แฟ้มร่วมกัน Raster Data อาจแปรรูปมาจากข้อมูล Vector หรือแปรรูปจาก Raster ไปเป็น Vector ได้ แต่จะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปข้อมูล





ตารางสรุปจุดเด่นและจุดด้อยของข้อมูล Vector และ Raster

| ลักษณะข้อมูล | จุดเด่น                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | จุดด้อย                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vector       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- แสดงโครงสร้างข้อมูลเชิงปรากฏการณ์ได้ดี และยังเหมาะสำหรับใช้แทนลักษณะของพื้นที่ซึ่งมีขอบเขต คัดโค้งทำให้สามารถแบ่งขอบเขตของพื้นที่ได้อย่างชัดเจน</li> <li>- โครงสร้างข้อมูลกะทัดรัด ไฟล์ข้อมูลมีขนาดเล็กจึง ใช้พื้นที่สำหรับการจัดเก็บน้อย</li> <li>- ความเชื่อมโยงทางโทโพโลยีสามารถทำได้ครบถ้วนด้วยการเชื่อมโยงแบบเครือข่าย</li> <li>- มีความถูกต้องในเชิงกราฟิก ซึ่งสามารถแทนข้อมูล ได้อย่างมีความแม่นยำเชิงตำแหน่ง</li> <li>- สามารถทำการค้นคืน การแก้ไข และการวางนัยทั่วไปกับข้อมูลกราฟิกและลักษณะประจำได้</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- โครงสร้างข้อมูลซับซ้อน</li> <li>- การรวมแผนที่แบบเวกเตอร์หลาย ๆ แผ่นหรือ รวมแผนที่ Vector กับ Raster ด้วยวิธีวางซ้อนมี ความยุ่งยากมาก</li> <li>- การทดสอบด้วยการจำลองสถานการณ์ทำได้ยาก เพราะแต่ละหน่วยของแผนที่ที่มีโครงสร้างที่ต่างกัน</li> <li>- การแสดงและการเขียนเป็นแผนที่เสียค่าใช้จ่ายสูงโดยเฉพาะเมื่อต้องการแสดงสีและสัญลักษณ์ที่มีคุณภาพสูง</li> <li>- เทคโนโลยีชนิดนี้มีราคาแพง โดยเฉพาะถ้าต้องใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่มีความ ซับซ้อน</li> <li>- การวิเคราะห์พื้นที่และการกรอกรายละเอียดภายในรูปหลายเหลี่ยมเกือบเป็นไปไม่ได้</li> </ul> |
| Raster       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- มีโครงสร้างข้อมูลง่าย ๆ มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ทำให้การประมวลผลในระดับจุดภาพมีความสะดวก</li> <li>- การวางซ้อนและการรวมข้อมูลแผนที่กับข้อมูลที่รับรู้จากระยะไกลทำได้ง่าย</li> <li>- การวิเคราะห์ทางพื้นที่ในแบบต่าง ๆ ทำได้ง่าย</li> <li>- การทดสอบด้วยการจำลองสถานการณ์ทำได้ง่าย เพราะหน่วยพื้นที่แต่ละหน่วยมีรูปร่างและขนาดเท่ากัน</li> <li>- เทคโนโลยีมีราคาถูกและกำลังมี</li> </ul>                                                                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- ข้อมูลกราฟิกมีขนาดใหญ่ ไฟล์มีขนาดใหญ่จึงใช้พื้นที่ในการจัดเก็บมาก</li> <li>- การใช้ช่องกริดใหญ่เพื่อลดปริมาณข้อมูล ทำให้สูญเสียโครงสร้างข้อมูลเกี่ยวกับการปรากฏการณ์ และเป็นการสูญเสียข้อสนเทศอย่างมาก</li> <li>- ไม่เหมาะสมในการแทนข้อมูลที่ เป็นเส้นโค้งหรือแทนตำแหน่งของจุด เพราะต้องใช้ 1 จุดภาพสำหรับตำแหน่ง 1 ตำแหน่ง</li> <li>- แผนที่ Raster ที่หายาจะไม่สวยเท่าแผนที่ ซึ่งเขียนด้วยเส้น</li> </ul>                                                                                                                                          |

| ลักษณะข้อมูล | จุดเด่น                                                                                                                                                                              | จุดด้อย                                                                                                                                                                   |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | <p>การพัฒนาอย่างจริงจัง</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- นอกจากนี้ข้อมูลแบบ Raster ยังมีความเหมาะสมกับ การแทนลักษณะของพื้นผิว (Surface) ที่มีความต่อเนื่องกัน</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- การสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงทำได้ยาก</li> <li>- การแปลงเส้นโครงแผนที่ต้องใช้เวลามาก เว้นแต่ใช้ขั้นตอนหรือฮาร์ดแวร์พิเศษ</li> </ul> |

#### 4.2.2 ลักษณะข้อมูลเชิงคุณลักษณะ

ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ คือ คุณสมบัติหรือคุณลักษณะประจำข้อมูลภูมิศาสตร์ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่ (Non-Spatial Data) ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติหรือคุณลักษณะ (Attribute Characteristics) สามารถจำแนกได้ดังนี้

1. Nominal Level เป็นระดับที่มีการวัดข้อมูลอย่างหยาบ ๆ โดยจะกำหนดตัวเลขหรือสัญลักษณ์เพื่อจำแนกลักษณะของสิ่งต่าง ๆ เท่านั้น เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดินในผืนหนึ่ง จำแนกได้เป็น ป่าไม้ แหล่งน้ำ หุ่นยนต์ ฯลฯ เป็นต้น ลักษณะเหล่านี้อาจจะแทนค่าโดยตัวเลขเช่น 1 = ป่าไม้ 2 = หุ่นยนต์ 3 = แหล่งน้ำ เป็นต้น ซึ่งค่าเหล่านี้ไม่สามารถทำการเปรียบเทียบกันได้ว่า 1 มากกว่า 2 หรือ มากกว่า 3 ในแง่ ของค่าตัวเลข
2. Ordinal Level หรือ Ranking Level เป็นการเปรียบเทียบลักษณะในแต่ละปัจจัยว่ามีขนาดเล็กกว่า เท่ากัน หรือ ใหญ่กว่า เช่น พื้นที่ป่าไม้มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่หุ่นยนต์ หรือ  $1 > 2$  หรือการให้สัญลักษณ์แทนลักษณะของถนน เช่น ถนนสายเอเชีย = 1 และถนน 2 เลน = 2 ถนนทางลูกรัง = 3 อาจจะบ่งบอกถึงความสำคัญว่า 1 สำคัญกว่า 2 แต่บอกไม่ได้ว่าสำคัญกว่าเป็นปริมาณเท่าใด
3. Interval – Ratio Level เป็นการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ในระหว่างแต่ละปัจจัยของ Ordinal Level ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด เช่น พื้นที่ป่าไม้มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่หุ่นยนต์ 2 เท่า หรือเส้นชั้นความสูงที่ระดับ 500 เมตร สูงกว่าที่ระดับ 400 เมตร อยู่ 100 เมตร เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดของเกณฑ์การวัดในระดับต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง

ตารางแสดงลักษณะเกณฑ์การวัดในระดับต่าง ๆ

| เกณฑ์การวัด           | Nominal                  | Ordinal                                                 | Interval-Ratio                                                                 |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| ความสำคัญของสารสนเทศ  | แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุได้ | แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุได้ เปรียบเทียบหรือจัดลำดับขั้นได้ | แสดงเอกลักษณ์ของวัตถุได้ เปรียบเทียบหรือจัดลำดับขั้นได้ และหาค่าความแตกต่างได้ |
| Operation ที่กระทำได้ | Operation ทางด้าน        | Operation ทางตรรกะได้                                   | Operation ทางตรรกะ                                                             |

|                      |                                            |                    |                                                  |
|----------------------|--------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------|
|                      | ตรรกวิทยาบางคำสั่ง เช่น เท่ากัน ไม่เท่ากัน | ทุกคำสั่ง          | และคณิตศาสตร์ได้                                 |
| ความสัมพันธ์ทางสถิติ | Mode<br>Contingency<br>Coefficient         | Median Percentiles | Mean, Variance,<br>Coefficient of<br>Correlation |

|                | Point                                                                                           | Line                                                                                | Area                                                                         |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Interval/Ratio | <p>Each dot represents 200 objects</p> <p>10,000 &gt;</p> <p>5,000 - 9,999</p> <p>0 - 4,999</p> | <p>contours</p> <p>flowlines</p>                                                    | <p>Population density</p> <p>Elevation zones</p>                             |
| Ordinal        | <p>large</p> <p>medium</p> <p>small</p>                                                         | <p>Interstate highway</p> <p>US highway</p> <p>State highway</p> <p>County road</p> | <p>Business Districts</p> <p>primary</p> <p>secondary</p> <p>smoke plume</p> |
| Nominal        | <p>town</p> <p>mine</p> <p>BM X</p>                                                             | <p>road</p> <p>boundary</p> <p>stream</p>                                           | <p>swamp</p> <p>desert</p> <p>forest</p>                                     |

จากรูปแสดงให้เห็นเกณฑ์ในการวัดของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทั้งในรูปแบบข้อมูล (Feature) แบบจุด เส้น และพื้นที่รูปปิด ในระดับของ Nominal Level นั้นจะไม่สามารถที่จะเปรียบเทียบค่า ความแตกต่างของตัวเลขได้แต่ค่าสัญลักษณ์นั้นจะแทนวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ บนแผนที่ ถ้าในระดับ Ordinal Level จะเห็นว่าสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทั้งในรูปแบบของปริมาณมากหรือน้อยกว่ากัน แต่ยังไม่สามารถบอกได้ว่ามากกว่ากันเท่าใด แต่ในระดับ Interval/Ratio นั้นสามารถบอกได้ถึงระดับค่าความแตกต่างของแต่ละสัญลักษณ์ตัวเลขที่แทนวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ บนแผนที่

## 5. กระบวนการทำงานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) หมายถึง ระบบสารสนเทศที่ใช้คอมพิวเตอร์ในการจัดการข้อมูลภูมิศาสตร์ 4 กระบวนการดังนี้

1. การนำเข้าข้อมูล (Data Input)
2. การจัดการข้อมูล (Data Management)
3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)
4. การแสดงผลข้อมูล (Data Display)

กระบวนการทำงานในระบบ GIS จะเริ่มตั้งแต่ การนำเข้าข้อมูล (Data Input) ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปข้อมูลแผนที่ที่มีอยู่แล้วข้อมูลจากภาคสนาม และข้อมูลจากเครื่องบันทึกภาพ ข้อมูลที่ป้อนแล้วสามารถจะเก็บไว้ในฐานข้อมูลซึ่งเรียกว่า Geographic Database ซึ่งสามารถแก้ไขปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ Geographic Database เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลภูมิศาสตร์ไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่ง จะจัดเก็บไว้ใน 2 รูปแบบ คือ Spatial Data หรือข้อมูลเชิงพื้นที่ คือ ข้อมูลที่ทราบตำแหน่งทางพื้นดิน สามารถอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ได้ (Geo- referenced) และ Non Spatial Data หรือ ข้อมูลที่ไม่อยู่ในรูปเชิง พื้นที่ได้แก่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่นั้น ๆ (Associated Attributes) เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลประชากร เป็นต้น นอกจากนี้การจัดการข้อมูล (Data Management) นับว่าเป็น สิ่งที่สำคัญและเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งแต่ละหน่วยงานที่มีข้อมูลในรูปแบบที่ไม่เหมือนกัน หรือลักษณะของข้อมูลต่างกันจะต้องมีการจัดการข้อมูลนั้นหมายถึง การเก็บข้อมูลและแก้ไขข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ในฐานข้อมูล ซึ่งมีวิธีการหรือเครื่องมือที่ช่วยในการจัดการฐานข้อมูลหลายวิธีที่จะใช้ในการจัดการฐานข้อมูล ให้อยู่ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลที่คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้ มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล และการเชื่อมโยงแฟ้มข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้จะต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูล (Transformation หรือ Data Analysis) คือการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำข้อมูล Spatial Data มาวิเคราะห์ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้โดยให้สัมพันธ์กับข้อมูล Non-Spatial Data เพื่อให้ได้คำตอบหรือข้อมูลสารสนเทศ (Information) ที่ผู้ต้องการ และในท้ายที่สุดจะต้องมีการแสดงผล (Data Display) คือการแสดงผลข้อมูล หรือผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือข้อมูลภาพ (Graphic) ซึ่งอาจจะแสดงผลทาง Printer หรือ Plotter เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้งานต่อไป รายละเอียดของแต่ละกระบวนการทำงานในระบบ GIS มีดังนี้

### 5.1 การนำเข้าข้อมูล

การนำเข้าข้อมูล เป็นการบันทึกหรือใส่ข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ในรูปแบบที่สามารถอ่านและเขียน ข้อมูลลงสู่ฐานข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นกระบวนการที่เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง ข้อมูลที่มี คุณภาพต้องประกอบด้วยคุณลักษณะที่สำคัญ ๆ ดังนี้

- ต้องเป็นข้อมูลที่ทันสมัย
- ตำแหน่งของข้อมูลเชิงพื้นที่ต้องถูกต้อง
- การจำแนกข้อมูลต้องถูกต้องและสมบูรณ์
- วิธีการที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลตลอดจนการบันทึกหรือใส่ข้อมูลจะต้องถูกต้องตามหลักวิชาการ

ข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ และ ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ การนำเข้าข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีอยู่ 4 วิธีได้แก่

- การนำเข้าข้อมูลด้วยแผงแป้นอักขระ (Keyboard) การนำเข้าข้อมูลทางแผงแป้นอักขระ สามารถนำเข้าได้ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิง คุณลักษณะ
- การนำเข้าข้อมูลด้วยการบันทึกค่าพิกัดข้อมูลลายเส้น (Digitizing) การบันทึกข้อมูลลายเส้น หรือเรียกว่าการดิจิไทซ์เป็นการแปลงข้อมูลแผนที่ เป็นข้อมูลเชิงเลข รายละเอียดบนแผนที่จะถูกบันทึกเป็นชุด หรือกลุ่มของพิกัด x และ y โดยมีอุปกรณ์ประกอบด้วย เครื่องอ่านพิกัดข้อมูลลายเส้น (Digitizer) โต๊ะ (Table) หรือโต๊ะอ่านพิกัดขนาดเล็ก (Tablet) มีเส้นลวดพาด 12 ผ่านเป็นตาราง มีตัวชี้ตำแหน่ง (Cursor) ที่ภายในมีวงขดลวดอยู่ซึ่งจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นช่วง ๆ ภายใต้การควบคุมของผู้ปฏิบัติงาน ตัวชี้ตำแหน่ง จะถูกตรวจจับได้โดยขดลวดตารางกริดแล้ว ส่งผ่านค่าพิกัดของตำแหน่งที่ตรวจจับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปยังคอมพิวเตอร์โดยแสดงเป็นค่าพิกัด x,y

ปัจจุบันเครื่องอ่านพิกัดมีหลายขนาด ตั้งแต่เล็กสุด คือขนาด 27x27 เซนติเมตร ถึงใหญ่สุดขนาด 1x1.5 เมตรกระบวนการในการบันทึกพิกัดข้อมูลลายเส้นประกอบด้วย

- การเตรียมแผนที่ตรวจสอบแผนที่ที่จะใช้ในการนำข้อมูลเข้าว่าเป็นแผนที่ที่สมบูรณ์น่าเชื่อถือ
- การบันทึกค่าพิกัด การนำแผนที่มาตั้งบนเครื่องอ่านพิกัด ใช้ตัวชี้วัดตำแหน่งเป็นอุปกรณ์ ในการถ่ายโอนพิกัด กำหนดจุดควบคุม (Control Point) โดยเลือกอย่างน้อย 4 จุด จากแผนที่ที่จะนำเข้า และ ใส่ค่าพิกัดภูมิศาสตร์หรือค่าพิกัด ยูทีเอ็ม ซอฟต์แวร์จะใช้จุดควบคุมเหล่านี้ในการแปลงพิกัดบนเครื่องอ่าน พิกัดเป็นค่าพิกัดในภูมิประเทศ อย่างไรก็ตาม ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการดิจิทัลไทม์ดังนี้

1. ไม่ได้เชื่อมต่อ(Snap) เส้นเข้าด้วยกันที่จุดต่อ (Node)
2. ลากเส้นเกินจุดต่อหรือลากเส้นไม่ถึงจุดต่อ
3. ลืมบันทึกค่าพิกัดของเส้นหรือจุด
4. การบันทึกค่าพิกัดของจุด หรือเส้นซ้ำซ้อน
5. ให้ค่ารหัสของข้อมูลไม่ถูกต้อง

การบันทึกรหัสของข้อมูลเชิงคุณลักษณะที่สัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Attribute Entry) ข้อมูลเชิงคุณลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ดิจิทัลไทม์แล้วจะนำเข้าโดยผ่านทางแผงแป้นอักขระไปสู่ฐานข้อมูล ซึ่งจะกระทำทันทีก่อนหรือหลังจากดิจิทัลไทม์ข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าไปแล้ว

- การนำเข้าข้อมูลโดยใช้เครื่องกราดภาพ (Scanning) เครื่องกราดภาพในปัจจุบันมีอยู่ 2 แบบ คือ
  1. เครื่องกราดภาพแบบดรัม (Drum Scanner)
  2. เครื่องกราดภาพแบบระนาบ (Flatbed Scanner)

ผลที่ได้จากการกราดภาพ คือ ภาพเชิงเลข (Digital Image) และอยู่ในโครงสร้างของข้อมูล แรสเตอร์ (Raster Data) ส่วนข้อมูลเวกเตอร์ (Vector Data) ต้องผ่านกระบวนการแปลงข้อมูลจากข้อมูลแรสเตอร์ เป็นข้อมูลเวกเตอร์ (Raster to Vector Conversion) ข้อมูลเชิงคุณลักษณะจะเชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ด้วย ID Number ทั้งนี้ควรมีการเตรียมแผนที่ก่อนการกราดภาพ โดยการคัดลอกแผนที่ใหม่ก่อนที่จะนำไป เข้าเครื่องกราดภาพ แผนที่ซึ่งมีรายละเอียดมากจำเป็นต้องคัดลอกแผนที่ขึ้นใหม่ โดยลดทอนรายละเอียดของข้อมูลลงเน้นรายละเอียดที่ต้องการนำเสนอให้เด่นชัด เรียกว่า การวางนัยทั่วไป (Generalization)

- แฟ้มข้อมูลเชิงเลขที่มีอยู่ก่อนแล้ว (Existing Data File) ปัจจุบันหน่วยงานของทางราชการหลายหน่วยงานได้สร้างแผนที่เชิงเลข (Digital Map) เพื่อใช้งานตามวัตถุประสงค์ของหน่วยงานนั้น ๆ เช่น กรมแผนที่ทหาร กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม ส่วนข้อมูลแรสเตอร์ ได้แก่ ภาพดาวเทียม ข้อมูลเชิงเลขที่มีอยู่แล้วเหล่านี้โดยเฉพาะข้อมูลเชิงเลขพื้นฐาน ระดับจังหวัด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ซึ่งเป็นการประหยัดทั้งเวลาและงบประมาณในการนำเข้าข้อมูล

## 5.2 การจัดการข้อมูล

ระบบ GIS มีข้อมูลอยู่ 2 รูปแบบ คือ Spatial Data และ Non-spatial data ซึ่งต้องมีการ จัดเก็บอย่างเป็นระบบ รวมทั้งข้อมูลทั้ง 2 รูปแบบนี้จะต้องมีการเชื่อมโยงกัน ซึ่งข้อมูลในแบบ GIS จะถูก เก็บอยู่ในรูปแบบฐานข้อมูล ซึ่งเป็นรูปแบบข้อมูลดิจิทัล มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบ สามารถนำมา ประมวลผล วิเคราะห์ ได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ นอกจากนี้ยังสะดวกในการบำรุงรักษา โดยสรุปแล้วระบบฐานข้อมูลมีข้อดีดังนี้

1. ลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล ในการเก็บข้อมูลของชั้นข้อมูลต่าง ๆ ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงคุณลักษณะ การแสดงผลไม่ว่าจะในรูปของแผนที่ หรือข้อมูลตารางจะแสดงเฉพาะที่จำเป็นต่อการ วิเคราะห์เท่านั้น

2. มีการกำหนดความสัมพันธ์อย่างชัดเจน ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงคุณลักษณะ ใช้กฎเกณฑ์ในการเชื่อมข้อมูลเชิงคุณลักษณะกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกันนั้น รวมทั้งใช้ความสัมพันธ์แวดล้อมในการเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่แต่ละชนิด
3. มีการปรับปรุงแฟ้มข้อมูลที่สัมพันธ์กันให้ทันสมัยโดยอัตโนมัติเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง ภายในแฟ้มข้อมูลหนึ่งจะนำการเปลี่ยนแปลงนั้นมาปรับปรุงข้อมูลนั้นในทุกแฟ้มข้อมูลของฐานข้อมูล
4. มีศูนย์ควบคุมระบบฐานข้อมูลด้วยการรักษาความปลอดภัยและตรวจสอบความ ต่อเนื่องของข้อมูลอยู่เสมอ

การจัดการข้อมูลภูมิศาสตร์อย่างเป็นระบบทำให้สามารถเรียกใช้ข้อมูลดังกล่าว เพื่อการวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่เมื่อเปรียบเทียบกับแบบเดิม คือ การทำแผนที่แผ่นกระดาษ การจัดการข้อมูลภูมิศาสตร์จะทำได้โดยแบ่งข้อมูลออกเป็นเรื่องๆ (Theme) และผลิตแผนที่เฉพาะเรื่องนั้นๆ ซึ่งเรียกว่าแผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic Map) หรือบางครั้งเรียกว่า ชั้นแผนที่ (Map Layer) เช่น แผนที่ดิน แผนที่การใช้ที่ดิน แผนที่ทางหลวงแผ่นดิน เป็นต้น อีกทั้งในการผลิตแผนที่เรื่องหนึ่งๆ ให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ กว้างใหญ่ เช่น ภูมิภาค จำเป็นต้องผลิตแผนที่หลายระวาง (Sheet) และต้องมีระบบที่ง่ายในการแบ่งแผนที่ออกเป็นระวางๆ เพื่อครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด สำหรับระดับของความละเอียดที่จะนำเสนอ ข้อมูลภูมิศาสตร์จะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ในการจัดเก็บ และสื่อในการนำเสนอ

ในการจัดการข้อมูลภูมิศาสตร์ในระบบสารสนเทศที่ใช้คอมพิวเตอร์ จะแบ่งพื้นที่ใหญ่ ออกเป็นพื้นที่เล็กๆ โดยใช้แนวคิดเดียวกับแผนที่แผ่นกระดาษ กล่าวคือแต่ละพื้นที่เล็ก ๆ จะเก็บข้อมูลเรื่องต่าง ๆ เป็นกลุ่มของแฟ้มข้อมูลข้อมูลแต่ละเรื่องหรือแต่ละแฟ้มข้อมูลเรียกว่า ชั้นข้อมูล (Data Layer) โดยชั้น ข้อมูล ประกอบด้วยกลุ่มของข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกจัดให้เป็นกลุ่มๆ เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้โดยหลักการแล้วชั้นข้อมูลจะจำแนกตามลักษณะความคล้ายคลึงกันของ ข้อมูล ตัวอย่างเช่น ถนน ทางรถไฟ ก็จะจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เรียกว่า ชั้นข้อมูลเส้นทางคมนาคม (Transportation Data Layer) เป็นต้น

### 5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

หน้าที่ที่สำคัญอีกประการหนึ่งของระบบ GIS คือ การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ซึ่งต้องใช้ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะในฐานข้อมูล ซึ่งแตกต่างจากระบบอื่น ๆ ที่ใช้จัดทำแผนที่เพียงอย่างเดียวหรือจัดทำฐานข้อมูลเพียงอย่างเดียว การวิเคราะห์ข้อมูลในระบบ GIS สามารถตอบคำถาม ตามความต้องการของผู้ใช้ได้ตั้งแต่ด้านพื้นฐานไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อน ซึ่งโดยสรุปแล้วระบบ GIS สามารถตอบคำถามในเรื่องต่าง ๆ ได้ดังนี้

- การสอบถามข้อมูลการหาที่ตั้ง (Location) โดยผู้ใช้งานข้อมูลสามารถสอบถามได้ว่า “มี อะไรอยู่ที่ไหน? (What is at...?)” เป็นคำถามที่สามารถตอบได้ด้วย GIS ซึ่งหากมีการเตรียมแผนที่ GIS ได้ อย่างถูกต้อง ทำให้ผู้สอบถามข้อมูลจากฐานข้อมูลสามารถตอบคำถามได้ว่า จุดที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำฝน ตั้งอยู่ที่ตำบล หรืออำเภอ หรือจังหวัดใด หรืออาจจะอยู่ใกล้กับถนนใด เพื่อให้ง่ายต่อการไปถึงจุดที่ต้องการ และสามารถสอบถามรายละเอียดอื่น ๆ เพิ่มเติมได้และทำให้เราทราบถึงทิศทางภูมิศาสตร์ได้
- การสอบถามข้อมูลโดยการตั้งเงื่อนไข (Condition) โดยตั้งเงื่อนไขในการสอบถามหรือ วิเคราะห์ข้อมูลว่า “สิ่งที่สอบถามนั้นอยู่ที่ไหน? (Where is it?)” GIS สามารถช่วยค้นหาพื้นที่ที่ตั้งเงื่อนไขไว้ และสามารถแสดงผลในรูปแบบแผนที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะได้ เช่น ต้องการสร้างสถานีวัดปริมาณน้ำฝนเพิ่มเติมในพื้นที่ ซึ่งควรอยู่บริเวณใดในพื้นที่ศึกษา เช่น ห่างจากแม่น้ำ 500 เมตร ห่างจากถนนไม่เกิน 1000 เมตร และไม่ตั้งอยู่ในพื้นที่การเกษตร เพื่อไม่ให้สูญเสียการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร เป็นต้น

- การสอบถามข้อมูลถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (Trends) โดยที่ผู้ใช้ฐานข้อมูล GIS สามารถสอบถามข้อมูลการเปลี่ยนแปลงในฐานข้อมูลที่รวบรวมไว้ว่า “ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาอะไรใน พื้นที่ศึกษาเปลี่ยนแปลงไปบ้าง? (What has changed since...?) เช่น สภาพการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปในระยะ 10 ปีจากพื้นที่เกษตรไปเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมในปัจจุบันนี้ มีเนื้อที่เท่าไร หรืออยู่บริเวณใดบ้าง ซึ่งสามารถทำให้เห็นแนวโน้มหรือพัฒนาการของพื้นที่ศึกษาหรือชุมชนในพื้นที่ศึกษาได้
- การสอบถามข้อมูลรูปแบบการเปลี่ยนแปลง (Patterns) ในการสอบถามข้อมูลถึงรูปแบบของสิ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้จะต้องใช้การแสดงผลที่หรือข้อมูลในรูปแบบความสัมพันธ์ ของสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่เพื่อตรวจสอบดูว่า “ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันในด้านพื้นที่เป็นอย่างไร? (What spatial patterns exist?)” อยากจะหาสาเหตุของการกระจายตัวของอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ในชุมชนชนบท หรือพื้นที่ศึกษา บางแห่งมีการกระจุกตัวของโรงงานอุตสาหกรรม SMEs เป็นจำนวนมาก เมื่อแสดงด้วยแผนที่แล้วพบว่า การกระจายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นนี้ส่วนใหญ่จะตั้งไปตามเส้นทางคมนาคมทางบกเป็นปัจจัยสำคัญ เพราะวางตัวไปตามแนวถนนหลัก และปัจจัยรองคือ แหล่งน้ำเนื่องจากมีน้ำประปา และน้ำบาดาลที่ใช้ในกระบวนการผลิตอย่างพอเพียง และสามารถคาดการณ์ ไปได้อีกว่าการกระจายตัวจะไปทิศทางใด
- การสอบถามข้อมูลด้วยการสร้างแบบจำลอง (Modeling) ซึ่งในการจัดทำแบบจำลอง สถานการณ์นี้สามารถทำให้ผู้ใช้ฐานข้อมูลซึ่งจะต้องมีความรู้ด้าน GIS มาบ้างสามารถใช้งานได้ในการกำหนดรูปแบบจำลองโดยใช้ฐานข้อมูล และทำให้คาดการณ์ถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไปหากมีการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยหรือตัวแปรใด ๆ ในฐานข้อมูล (What if...?) เช่น การเตรียมข้อมูลสภาพพื้นที่บริเวณที่ราบลุ่มเชิงเขา ในหมู่บ้านน้ำก้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ผู้จัดเตรียมฐานข้อมูลจะต้องสร้างฐานข้อมูลเส้นชั้นความสูง ข้อมูลชุด ดิน และความสามารถในการซึมน้ำและการระเหยของน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา สภาพป่าไม้และปริมาณ น้ำฝน โดยเฉลี่ย และคาบของปริมาณน้ำฝนอย่างน้อย 30 ปีเพื่อให้สามารถคาดการณ์ได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ในเรื่องของปริมาณฝนที่ตก รวมถึงการไหลเข้าของน้ำ และการไหลออกของน้ำจากพื้นที่ศึกษา เพื่อตรวจสอบความสมดุลของน้ำที่ชะล้างลงมาสู่พื้นที่ว่าสามารถระบายออกจากพื้นที่ได้ทันเวลาหรือไม่หรือจะต้องท่วมเป็นเวลากี่ชั่วโมงหรือกี่วัน ผู้ใช้จึงสามารถจำลองสถานการณ์ได้ว่าหากฝนตกมาในปริมาณ 1000 มิลลิเมตร จะท่วมหรือไม่และบริเวณใดบ้างจะได้รับผลกระทบ

ในระบบ GIS สามารถแบ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ 3 รูปแบบ คือ

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Analysis of Spatial Data)
2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงบรรยาย (Analysis of Attribute Table)
3. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ร่วมกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Integrated Analyses of Spatial and Attribute Data)

#### 1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Analysis of Spatial Data)

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ การแปลงระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Transformation or Projection) ซึ่งเป็นการแปลงระบบพิกัด หรือการแปลงเส้นโครงแผนที่ การต่อแผนที่ (Mosaic) เป็น การเชื่อมต่อแผนที่หลาย ๆ ราวเข้าด้วยกัน การเทียบขอบ (Edge-matching) เป็นวิธีการปรับรายละเอียดของแผนที่ 2 ราวข้างขึ้นไป อยู่ต่อเนื่องกันแต่เชื่อมต่อกันไม่สนิท นอกจากนี้ยังมีเรื่องการคำนวณ พื้นที่ เส้นรอบวง และคำนวณระยะทาง โดยใช้คำสั่งต่าง ๆ สอบถามจากโปรแกรม GIS ได้ รวมทั้งการปรับแก้ไขข้อมูล Feature ต่าง ๆ เช่น จุด เส้น พื้นที่ รูปปิด ซึ่งเมื่อนำข้อมูลมาซ้อนกันแล้วทับกันไม่สนิท สามารถเพิ่ม ลด แก้ไข เปลี่ยนตำแหน่งได้

#### 2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงบรรยาย (Analysis of Attribute Table)

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงบรรยาย ได้แก่ การปรับแก้ไขข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Editing Function) โครงการเพิ่ม ลบ เปลี่ยนแปลงข้อมูลในฐานข้อมูล รวมทั้งการเชื่อมต่อหลาย ๆ ตารางเข้าด้วยกัน เพื่อนำข้อมูลไปใช้งานในการวิเคราะห์เรื่องอื่น ๆ ต่อไป การสอบถามข้อมูล (Attribute Query Function) เป็นการเรียกค้นข้อมูลตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด และการใช้วิธีการทางสถิติ (Attribute Statistic Function) เป็นการคำนวณค่าทางสถิติจากตารางข้อมูล เช่น Mean, Standard Deviation, Max, Min

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ร่วมกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Integrated Analyses of Spatial and Attribute Data)

การวิเคราะห์รูปแบบนี้จะเป็นการวิเคราะห์โดยใช้ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยายร่วมกัน ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้หลายรูปแบบ ดังนี้

- การเลือกค้นข้อมูล (Retrieval) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ทั้งแผนที่และในตารางฐานข้อมูล
- การแบ่งกลุ่มข้อมูล (Classification) ได้แก่ การแบ่งกลุ่มของข้อมูลใหม่ (Reclassify) การรวมข้อมูลชนิดเดียวกันเข้าด้วยกัน (Dissolve) การรวมข้อมูลหลายชั้นหรือหลายประเภทเข้าด้วยกัน (Merge)
- การคำนวณและการวัดระยะ (Measurement)
- การซ้อนทับข้อมูล (Overlay Function) เป็นการนำข้อมูลตั้งแต่ 2 ชั้นข้อมูลขึ้นไปมาวางซ้อนกัน ทำให้ได้ชั้นข้อมูลใหม่ และได้ข้อมูลเชิงคุณลักษณะเพิ่มขึ้นมา ซึ่งอาจใช้กระบวนการทางเลขคณิต เช่น บวก ลบ คูณหาร หรือใช้ตรรกศาสตร์ เช่น And Or ตัวอย่างเช่น การซ้อนชั้น ข้อมูลดิน น้ำ ความลาดชัน และคำนวณโดยใช้สมการเพื่อพิจารณาหาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืช เป็นต้น นอกจากนี้ การซ้อนทับข้อมูลยังหมายถึงการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ฟังก์ชันต่าง ๆ ใน การจัดการข้อมูลหลายๆ ชั้นข้อมูลร่วมกัน เช่น การซ้อนข้อมูลแบบ Union การซ้อนข้อมูลแบบ Intersect การเชื่อมต่อข้อมูล (Merge) การรวมข้อมูล (Dissolve)
- การสร้าง Buffer การสร้างขอบเขตพื้นที่ล้อมรอบวัตถุที่เป็นเป้าหมาย โดยวัตถุเป้าหมายอาจเป็นจุด เส้น หรือ พื้นที่รูปปิดก็ได้ เช่น การสร้างขอบเขตพื้นที่รอบตำแหน่งโรงเรียนในระยะ 2 กิโลเมตร เป็นต้น โดยองค์ประกอบของการวิเคราะห์รูปแบบนี้จะต้องมีตำแหน่งของเป้าหมายอย่างน้อย 1 แห่ง เช่น ที่ตั้ง โรงเรียน ถนน แปลงที่ดิน จากนั้นต้องมีการกำหนดระยะห่างว่าจะให้เป็นเท่าไร ซึ่งผลที่ได้สามารถนำไปวิเคราะห์โดยใช้คำสั่งอื่น ๆ ต่อไป เช่น เมื่อได้รัศมีรอบโรงเรียนในระยะ 2 กม. แล้วอาจคำนวณ ประชากร หรือให้นับอาคารบ้านเรือน ที่อยู่ขอบเขตรัศมีดังกล่าวได้
- การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) โครงข่าย หมายถึง กลุ่มของสิ่งที่มีลักษณะเป็นแนวเป็นโครงข่าย เช่น โครงข่ายท่อส่งน้ำมัน โครงข่ายเส้นทางรถประจำทาง ฟังก์ชันโครงข่ายนี้ ส่วนใหญ่ใช้กับการวิเคราะห์การขนย้าย ทรัพยากรธรรมชาติหรือกลุ่มคนจากที่แห่งหนึ่งไปยังที่อีกแห่งหนึ่งโดยมีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการคือ

1. การประมาณการปริมาณของวัตถุที่ขนย้าย ตัวอย่างเช่น สามารถประมาณการณปริมาณ ของตะกอนที่กระแสน้ำในแม่น้ำพัดพามาในลุ่มน้ำหนึ่ง ๆ

2. การเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด ตัวอย่างเช่น การเลือกเส้นทางในกรณีฉุกเฉินสำหรับรถพยาบาล หรือรถดับเพลิงและการเลือกเส้นทางเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการปฏิบัติงานการรวบรวม มูลฝอยของเทศบาลการนำจดหมายพัสดุภัณฑ์ไปแจกจ่ายของบุรุษไปรษณีย์ เป็นต้น



3. การจัดสรรทรัพยากร ตัวอย่างเช่น การแบ่งพื้นที่ในเขตเมืองออกเป็นเขต ๆ เพื่อสามารถ รับการบริการได้อย่างรวดเร็วจากสถานีตรวจและ/หรือระดับเพลิง การปฏิบัติการ กระจายต้องประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการคือ

1. จุดเริ่มต้น และจุดหมายปลายทาง

2. ต้องกำหนดเลขหมายประจำถนนแต่ละสายแตกต่างกัน

3. ต้องทราบข้อจำกัดของถนนแต่ละสายว่าเป็นทางเอก หรือทางโท จำกัด ความเร็ว มีสัญญาณไฟจราจรหรือไม่จำนวนเท่าใด ข้อมูลเชิงคุณลักษณะเหล่านี้เป็น อุปสรรคในการเดินทาง ดังนั้น ในการปฏิบัติการกระจายคือการเลือกเส้นทางที่มี อุปสรรคในการเดินทางน้อยที่สุด

- การวิเคราะห์พื้นผิว (Surface Analysis) เป็นการนำข้อมูลพื้นผิว โดยข้อมูล Vector จะใช้ Triangulated Irregular Network (TIN) ส่วนข้อมูล Raster จะใช้ Digital Elevation Model (DEM) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีค่าความสูงหรือค่าอื่น ๆ เช่น ปริมาณน้ำฝน ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมา วิเคราะห์ความลาดชันของพื้นที่ สร้างภาพ 3 มิติเพื่อให้เห็น ลักษณะภูมิประเทศที่ใกล้เคียงความเป็นจริง การแสดงภาพตัดขวาง (Profile) การทำ Visibility Map (การมองเห็นภูมิประเทศจาก จุดที่มีความสูงที่ต่างกัน)

#### 5.4 การแสดงผล

หลังจากที่วิเคราะห์ข้อมูลในระบบ GIS เรียบร้อยแล้ว ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนการแสดงผลในรูปแบบต่าง เช่น แผนที่ รายงาน กราฟ ตาราง เพื่อที่จะนำผลการศึกษาไปประกอบการตัดสินใจหรือการวางแผนในเรื่องต่าง ๆ ต่อไป ซึ่งการแสดงผลสามารถแบ่งได้ดังนี้

1. การแสดงผลเป็นสำเนาถาวร เป็นการพิมพ์เอกสารออกทางเครื่องพิมพ์แบบต่าง ๆ ได้แก่ เครื่องพิมพ์แบบจุด (Dot Matrix Printer) เครื่องพิมพ์แบบฉีดหมึก (Ink Jet Printer) เครื่องพิมพ์แบบ Laser (Laser Printer) เครื่องวาด (Plotter)

2. การแสดงผลให้ปรากฏบนจอภาพ เป็นการแสดงผลแบบชั่วคราว โดยให้แสดงผลการวิเคราะห์ขณะปฏิบัติงานบนจอภาพ

3. การแสดงผลโดยการทำสำเนาเก็บไว้ในรูปไฟล์ โดยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์อาจ Save เป็น file เก็บไว้ในโปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน หรือ Export ภาพแผนที่ ตารางหรือข้อมูลอื่น ๆ ออกมา โดยแผนที่สามารถ Export เป็น file รูปภาพนามสกุล .jpg, .tif ฯลฯ และสามารถนำ file เหล่านั้นไปใส่ในรายงาน หรือใน Presentation

## บทที่ 2 การทำแผนที่

### 1. ประวัติแผนที่

แผนที่คืออะไร พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน ให้ความหมายของแผนที่ไว้ว่า “แผนที่ คือ สิ่ง que แสดงลักษณะของพื้นผิวโลกทั้งที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่ปรุงแต่งขึ้น โดยแสดงลงในพื้นแบนราบ ด้วยการย่อให้เล็กลงตามขนาดที่ต้องการและอาศัยเครื่องหมายกับสัญลักษณ์ที่กำหนดขึ้น”

สรุปแผนที่คือ การแสดงรูปภาพของสิ่งต่างๆบนพื้นผิวโลกประกอบด้วยสิ่งที่เกิดเองตามธรรมชาติ และสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น มีการย่อส่วนให้เล็กลงโดยใช้มาตราส่วน สัญลักษณ์ พิกัดภูมิศาสตร์ ทิศทาง ลงบนกระดาษหรือวัตถุที่แบนราบตามขนาดที่ต้องการ

#### ประวัติแผนที่โลก

แผนที่ที่เก่าแก่ที่สุดในโลก คือ แผนที่ของชาวเมโสโปเตเมีย เมื่อ 2,300 ปี ก่อนพุทธศักราช ทำด้วยดินเหนียว แสดงกรรมสิทธิ์ที่ดิน สมัยโบราณพวกเอธิโอเปียทำแผนที่ด้วยการใช้ไม้สลักติดลงบนหนังเมวน้ำ แสดงแหล่งล่าสัตว์ ตกปลา ชาวเกาะมาร์แชลใช้เปลือกหอยแทนเกาะ และก้านมะพร้าวแทนเส้นทางเดินเรือและบริเวณที่มีคลื่น สมัยกรีกโบราณ ชาวกรีกโบราณเป็นผู้วางรากฐานการทำแผนที่ เริ่มด้วยการพิสูจน์ว่าโลกกลม เมื่อประมาณ พ.ศ. 193 ต่อมา พ.ศ. 323 อีราโตสเทนีส (Eratosthenes) ก็วัดขนาดของโลกได้เป็นคนแรก โดยใช้หลักทางคณิตศาสตร์เบื้องต้นเท่านั้น และเขาได้คิดสร้างเส้นสมมติที่เรียกว่า เส้นขนานและเส้นเมริเดียน

ต่อมาอีกราว 370 ปี ปโตเลมี (Claudius Ptolemy) คิดทำแผนที่ให้ดียิ่งขึ้น โดยนำเอาผลงานของ อีราโตสเทนีสมาปรับปรุงคิดหาวิธีกำหนดค่าของมุมของเส้นขนานและเส้นเมริเดียน ต่อมาแผนที่ของปโตเลมีได้หายสาบสูญไปเป็นเวลาถึง 1,500 ปี

สมัยโรมัน โรมันสนใจทำแผนที่เพื่อการเดินทาง การรบและแสดงการแผ่อาณาจักรโรมัน เช่น แผนที่ Orbis Terrarum แผนที่สมัยโรมันไม่คำนึงถึงความต้องของรูปร่างของแผ่นดินมากนัก รูปร่างของแผ่นดินจึงผิดจากความจริงอยู่มาก

สมัยกลางของยุโรป ตั้งแต่ พ.ศ.843 เป็นต้นมา การทำแผนที่ขึ้นอยู่กับคติทางศาสนา เพราะในสมัยนี้ศาสนา มีอิทธิพลมาก แผนที่สมัยนี้แสดงรูปร่างของโลกเป็นวงกลม มีมหาสมุทรล้อมรอบ ภายในมีทะเล แบ่งแผ่นดินออกเป็นส่วนๆ โดยมีเมืองเยรูซาเลม ตั้งอยู่ตรงกลาง เรียกว่า T-in-O

ประมาณ ค.ศ. 801 ชาวจีนโบราณได้คิดแผนที่ขึ้นใช้ แผนที่ที่เก่าแก่ที่สุดของจีนเป็นแผนที่ซึ่งแกะสลักด้วยหิน แสดงให้เห็นกำแพงเมืองจีนตัดข้ามแม่น้ำเหลือง

ในต้นพุทธศตวรรษที่ 18 มีการประดิษฐ์เข็มทิศขึ้นใช้ในการสำรวจทำแผนที่ตามชายฝั่งทะเลเรียกว่า แผนที่พอร์ตอลาน (portolan chart) นับว่าเป็นแผนที่ที่มีความถูกต้องพอใช้

### ประวัติแผนที่ประเทศไทย

แผนที่ปโตเลมีฉบับที่เขียนขึ้นเมื่อ พ.ศ.693 เรียกบริเวณที่ตั้งประเทศไทยปัจจุบันว่า Aurea Khersonesus ซึ่งแปลว่า แหลมทอง (Golden peninsular) แผนที่ภายในประเทศที่เก่าแก่ที่สุดคือ แผนที่ยุทธศาสตร์สมัยสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 1 พ.ศ.1893-1912

การทำแผนที่ภายในเริ่มเมื่อปลายรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว พ.ศ. 2411 ได้มีการทำแผนที่บริเวณชายพระราชอาณาเขตด้านตะวันตกของไทย เพื่อใช้กำหนดแนวเขตพรมแดนไทยกับพม่า พ.ศ. 2413 ทำแผนที่กรุงเทพฯ และกรุงธนบุรี โดยชาวต่างประเทศ

สมัยรัชกาลที่ 5 พ.ศ. 2418 ได้ทรงตั้งกองทำแผนที่ขึ้นตามคำแนะนำของนายเฮนรี อาลาบาสเตอร์ ที่ปรึกษาส่วนพระองค์ เพื่อใช้ในการตัดถนนสายต่างๆ ในกรุงเทพฯ การวางสายโทรเลขจากกรุงเทพฯ ไปพระตะบอง และทำแผนที่ปากอ่าวเพื่อการเดินเรือ ใน พ.ศ. 2424 ได้จ้างชาวอังกฤษ คือ แมคคาร์ธี มาเป็นเจ้ากรมแผนที่

## 2. ชนิดแผนที่และการสร้างสัญลักษณ์

การสร้างสัญลักษณ์แผนที่ สัญลักษณ์ (Symbol) ได้แก่เครื่องหมายหรือสิ่งที่คิดขึ้นใช้แทนรายละเอียดที่ปรากฏอยู่บนพื้นภูมิประเทศ หรือใช้แทนข้อมูลอื่นใดที่ประสงค์จะแสดงไว้บนแผ่นแผนที่นั้น ในการสร้างสัญลักษณ์แผนที่มีความสำคัญว่า สัญลักษณ์ที่ใช้ต้องเป็นแบบเรียบๆ ชัดเจน ขนาดเหมาะสมกับมาตราส่วนของแผนที่ เขียนได้ง่าย คนทั่วไปมองดูแล้วเข้าใจได้ทันทีโดยไม่ต้องอาศัยคำอธิบายสัญลักษณ์ การสร้างสัญลักษณ์ในแผนที่ทดแทนสิ่งต่างๆ 3 ลักษณะด้วยกันคือ

- ลักษณะทางกายภาพ (Physical features) คือ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนลักษณะรายละเอียดที่ขึ้นตามธรรมชาติโดยมิได้เกิดจากมนุษย์ ได้แก่

- ประเภทใช้แทนแหล่งน้ำ เช่น แม่น้ำลำคลอง หนองบึง บ่อสระ และที่ลุ่มต่างๆ
- ประเภทที่ใช้แสดงลักษณะความสูงต่ำของผิวพื้นภูมิประเทศ เช่น เนินเขา ภูเขา และที่ต่ำ
- ประเภทที่ใช้แทนพืชพันธุ์ไม้ต่างๆ เช่น ลักษณะป่าชนิดต่างๆ
- ประเภทที่ใช้แทนชายฝั่ง เช่น หน้าผา อ่าว หาดทราย เกาะ และปากน้ำ

- ลักษณะทางวัฒนธรรม (Cultural features) คือ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนรายละเอียดที่ปรากฏในภูมิประเทศที่มนุษย์ได้สร้างสรรค์ขึ้นมา ได้แก่

- การใช้ที่ดิน เช่น พื้นที่การเกษตร เมืองแร่ และพื้นที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรม
- การคมนาคม เช่น ทางรถยนต์ ทางรถไฟ ทางคนเดิน ทางเกวียน และเส้นทางการบิน
- ลักษณะการตั้งถิ่นฐาน บ้าน หมู่บ้าน ตัวเมือง ตลอดจนสิ่งก่อสร้างอื่นๆ เช่น โรงเรียน และวัด

- ลักษณะข้อมูลพิเศษ (Special features)

- เป็นสัญลักษณ์ที่คิดขึ้นเพื่อใช้แสดงแทนข้อมูลที่ผู้ผลิตต้องการแสดงเป็นพิเศษ สัญลักษณ์ประเภทนี้
- ใช้กับแผนที่เฉพาะเรื่อง หรือแผนที่ข้อมูลพิเศษ เช่น แผนที่ดิน แผนที่ป่าไม้ และแผนที่ธรณีวิทยา

เป็นต้น

### มาตราส่วนแผนที่ (Map scale)

– ความหมายของมาตราส่วนในงานทางด้านแผนที่ คำว่า มาตราส่วน เป็นชื่อที่ใช้เรียกกันโดยทั่วไปของคำว่ามาตราส่วนแผนที่ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างระยะทางระหว่างจุด 2 จุดใดๆ ในแผนที่กับระยะทางระหว่างจุด 2 จุดนั้นในภูมิประเทศจริงโดยถือว่าระยะทางในแผนที่เป็น 1 หน่วย

ตัวอย่าง ในกรณีของแผนที่ภูมิประเทศระบุขนาดมาตราส่วนแผนที่เป็น 1:50,000 หน่วยบนพื้นภูมิประเทศจริง ถ้าหากการวัดระยะในแผนที่ที่มีหน่วยการวัดเป็นเซนติเมตร ระยะทางซึ่งยาว 1 เซนติเมตรในแผนที่จะแทนขนาดความยาว 50,000 เซนติเมตร (หรือ 500 เมตร) ในพื้นที่ภูมิประเทศจริง

– ประเภทและชนิดของมาตราส่วนแผนที่ มาตราส่วนแผนที่ที่ใช้ในงานแผนที่โดยทั่วไปมี 2 ประเภท มาตราส่วนตามแนวตั้ง (Vertical scale) และ มาตราส่วนตามแนวนอน (Horizontal scale)

### การจำแนกและชนิดของแผนที่ (Classification and type of maps)

#### แผนที่ตามลักษณะของรายละเอียดที่ปรากฏ

– แผนที่ลายเส้น (Line maps) รายละเอียดที่ปรากฏบนแผนที่ลายเส้นอาจเป็น เส้นตรง เส้นโค้งหรือท่อนเส้นใดๆ ก็ได้

– แผนที่รูปถ่าย (Photomap) เป็นแผนที่ที่ทำจากรูปถ่ายทางอากาศของสภาพภูมิประเทศทั้งหมดหรือบางส่วน เพื่อนำมาใช้แทนแผนที่ หรือเพิ่มเติมแผนที่ให้สมบูรณ์ในแผนที่รูปถ่าย มีข้อมูลเกี่ยวกับเส้นกริด รายละเอียดข้อมูลชายขอบระหว่างแผนที่ เส้นชั้นความสูง ชื่อภูมิศาสตร์ แนวแบ่งเขต และข้อมูลอื่นๆ ที่อาจพิมพ์เพิ่มเติมได้นอกจากนี้ลักษณะของภูมิประเทศ ทางราบ อาจพิมพ์สีต่างๆ ทับลงไปอีกก็ได้

– แผนที่ผสม (Annotated maps) รายละเอียดที่ปรากฏจะผสมระหว่างรายละเอียดที่ได้จากการถ่ายภาพภูมิประเทศกับรายละเอียดที่วาดหรือเขียนขึ้น

#### แผนที่ตามขนาดมาตราส่วน

– แบ่งในทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ แผนที่มาตราส่วนเล็ก มีขนาดมาตราส่วนเล็กกว่า 1:1,000,000 แผนที่มาตราส่วนปานกลาง มีขนาดมาตราส่วนตั้งแต่ 1:250,000 ถึง 1:1,000,000 และแผนที่มาตราส่วนใหญ่ มีขนาดมาตราส่วนใหญ่กว่า 1:250,000

– แบ่งในกิจการทหาร ได้แก่ แผนที่มาตราส่วนเล็ก มีขนาดมาตราส่วนตั้งแต่ 1:600,000 และเล็กกว่าแผนที่มาตราส่วนปานกลาง มีขนาดมาตราส่วนใหญ่กว่า 1:600,000 แต่เล็กกว่า 1:75,000 และแผนที่มาตราส่วนใหญ่มีขนาดมาตราส่วนตั้งแต่ 1:75,000 และใหญ่กว่า

แผนที่ตามลักษณะการใช้งานและชนิดของรายละเอียดที่แสดงไว้ในแผนที่ แผนที่ทั่วไปเป็นแผนที่พื้นฐานที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

– แผนที่แบบราบ (Planimetric map) ได้แก่ แผนที่ซึ่งแสดงรายละเอียดทั่วไปของพื้นผิวพิภพในทางราบมีประโยชน์ในการแสดงตำแหน่งและการหาระยะทางในทางราบ

– แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) ได้แก่ แผนที่ซึ่งแสดงรายละเอียดทั่วไปของพื้นผิวพิภพในทางราบและทางตั้ง (ความสูงต่ำของภูมิประเทศ) นอกจากแผนที่ 3 ประเภทข้างต้นแล้วในบางกรณีอาจพบว่าการจำแนกแผนที่ออกเป็นแผนที่พิเศษ (Special map) และแผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic map) ซึ่งส่วนมากสร้างขึ้นโดยใช้แผนที่ทั่วไปเป็นพื้นฐาน แล้วนำข้อมูลที่ต้องการแสดงวางทับ ตัวอย่างเช่น

– แผนที่โฉนดที่ดิน (Cadastral map) ใช้แสดงขอบเขตการถือครองที่ดินของผู้ถือกรรมสิทธิ์แต่ละแปลง เป็นแผนที่มาตราส่วนใหญ่มักมีการจัดสร้างโดยการสำรวจทางภาคพื้นดิน และใช้รูปถ่ายทางอากาศ

– แผนที่เศรษฐกิจ (Economic map) ใช้แสดงลักษณะการกระจายหรือความหนาแน่นของประชากรหรือผลผลิตต่างๆ เส้นทางการค้า การขนส่ง เขตกรรม เขตอุตสาหกรรม แหล่งทรัพยากรต่างๆ เช่น แหล่งแร่ธาตุ และป่าไม้ เป็นต้น

– แผนที่สถิติ (Statistical map) ใช้ในการแสดงรายการทางสถิติ เป็นแผนที่มาตราส่วนเล็กครอบคลุมพื้นที่มาก แบ่งย่อยได้ 3 ชนิด ได้แก่ แผนที่จุด (Dot map) แสดงข้อมูลด้วยจุด แผนที่เส้นค่าเท่า (Isopleth map) เช่น แผนที่ความกดอากาศเท่า อุณหภูมิเท่า เป็นต้น แผนที่โคริเพลท (Choropleth map) ใช้แสดงความแตกต่างของข้อมูลด้วยสี หรือความอ่อนเข้มของสี ในชุดข้อมูลลักษณะเดียวกัน

### หลักการใช้แผนที่

แผนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ทางด้านการปฏิบัติงาน การศึกษา การเมือง เศรษฐกิจ สังคมจิตวิทยา และอื่นๆ ทำให้มนุษย์สามารถประกอบการกิจได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ไม่ว่าจะเป็นงานสำรวจชั้นข้อมูลฐาน ขึ้นปฏิบัติงานจริง ด้านการเรียนการสอน รัฐสามารถใช้สภาพภูมิรัฐศาสตร์ในการบริหารประเทศที่เกี่ยวกับกิจกรรมทางการเมืองการทหาร พัฒนาการทางสภาพแวดล้อม เศรษฐกิจและสังคมได้ สิ่งเหล่านี้ทำให้ทราบได้ว่าการทำความเข้าใจแผนที่นั้นมิได้อยู่ที่ผู้ใช้ทุกระดับ ผู้ใช้แผนที่จึงจำเป็นต้องเข้าใจในส่วนประกอบ ความหมายของสัญลักษณ์ และข้อมูลที่ผู้จัดทำต้องการสื่อสารให้ผู้ใช้ทราบ หลักการใช้แผนที่ก็คือการทำความเข้าใจในส่วนประกอบต่างๆ และเนื้อหาของแผนที่ที่มีอยู่ทั้งในและนอกขอบระวาง ซึ่งผู้ใช้ควรทำความเข้าใจข้อมูลและความหมายของสัญลักษณ์ให้ถูกต้อง อันจะนำไปสู่จุดมุ่งหมายของการใช้แผนที่ตามเป้าประสงค์ของผู้จัดทำแผนที่แต่ละประเภท

### องค์ประกอบของแผนที่ (Map components)

รูปแบบโดยทั่วไปของแผนที่จะเป็นรูปสี่เหลี่ยม วัสดุที่เลือกนำมาใช้พิมพ์มีหลายชนิดจะต้องมีความคงทน ส่วนใหญ่พิมพ์ลงบนกระดาษ จากขอบริมแผ่นแผนที่ทั้งสี่ด้านประกอบด้วย เส้นกั้นของระวางแผนที่ ซึ่งใช้เส้นแสดงค่าพิกัดกริด หรือเส้นโค้งแสดงค่าพิกัดภูมิศาสตร์ละติจูด และลองจิจูด จากกรณีดังกล่าวทำให้แผนที่ถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ภายในขอบระวางแผนที่ และพื้นที่ภายนอกขอบระวางแผนที่ องค์ประกอบภายนอกขอบระวางแผนที่ เรียกว่า ขอบระวางแผนที่ และองค์ประกอบภายในขอบระวางแผนที่ ได้แก่ สัญลักษณ์ สี ชื่อภูมิศาสตร์ และระบบอ้างอิงการกำหนดตำแหน่ง เป็นต้น

#### ระบบอ้างอิงการกำหนดตำแหน่ง (Position reference system)

ระบบอ้างอิงการกำหนดตำแหน่ง เป็นระบบพิกัดตามที่กล่าวมาแล้วในเรื่องระบบพิกัดในแผนที่

#### ข้อมูลขอบระวาง (Border data)

ข้อมูลขอบระวาง หมายถึง พื้นที่ตั้งแต่เส้นขอบระวางแผนที่ไปถึงริมแผ่นแผนที่ทั้งสี่ด้าน ปรากฏอยู่บนที่ว่างภายนอกขอบระวาง ผู้ผลิตแผนที่จะแสดงรายละเอียดต่างๆ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้ใช้ทราบถึงชนิดของแผนที่สามารถใช้แผนที่ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับงาน โดยใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50,000 จากกรมแผนที่ทหารเป็นตัวอย่าง ข้อมูลขอบระวางมีดังนี้

- ชื่อชุดแผนที่ (Series name) เป็นการบอกชื่อชุดของแผนที่เพื่อจำกัลดลงไปว่าแผนที่ชุดนั้นๆ ครอบคลุมบริเวณใด เพราะการทำแผนที่นั้นกว้างขวางมากอาจเป็นแผนที่โลก แผนที่ทวีป แผนที่ประเทศ หรือหลายประเทศ ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องบอกชื่อชุดของแผนที่ โดยมีมาตราส่วนประกอบด้วย เช่น “ประเทศไทย 1:50,000” ชื่อชุดนี้พิมพ์ไว้ที่มุมซ้ายส่วนบนของแผนที่

• ชื่อระวางแผนที่ (Sheet name) เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของแผนที่แต่ละระวาง เพื่อเป็นการระบุลงไปอีกทีหนึ่งว่าแผนที่ชุดนี้คลุมบริเวณใดเช่น จังหวัดเชียงใหม่ หรือจังหวัดยะลา หรือถ้าคลุมพื้นที่อำเภอก็ใช้ชื่ออำเภอ คลุมพื้นที่หมู่บ้านก็ใช้ชื่อหมู่บ้านแล้วแต่ลักษณะเด่นของบริเวณที่แผนที่ระวางนั้นครอบคลุม ชื่อระวางแผนที่นี้ พิมพ์ไว้ที่กึ่งกลางขอบบนของแผนที่ด้วยตัวอักษรตัวใหญ่ที่สุด ทั้งอักษรภาษาไทยและอักษรภาษาอังกฤษ ตัวอย่างเช่น “CHANGWAT CHIANG MAI จังหวัดเชียงใหม่” หรือ “CHANGWAT YALA จังหวัดยะลา” ชื่อระวางแผนที่นี้จะไม่ซ้ำกัน ซึ่งแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ทั่วประเทศมีทั้งหมดจำนวน 830 ระวางและมีชื่อระวางแผนที่จำนวน 830 ชื่อ

• การจัดพิมพ์ (Edition note) การจัดพิมพ์ทำให้ทราบว่าพิมพ์ครั้งที่เท่าใด โดยหน่วยพิมพ์ใด ตัวอย่างเช่น “พิมพ์ครั้งที่ 1 กรมแผนที่ทหาร Edition 1-RTSD” โดยพิมพ์ไว้ที่ขอบขวาบนและซ้ายล่างของแผนที่ซึ่งหมายความว่าพิมพ์ครั้งที่ 1 โดยกรมแผนที่ทหาร (Royal Thai Survey Department)

• หมายเลขระวาง (Sheet number) เป็นหมายเลขที่กำหนดขึ้น โดยมีการกำหนดแน่นอนตามระบบของอเมริกัน เพื่อให้ทราบว่าแผนที่ระวางนั้นๆ เป็นของส่วนใดในภูมิประเทศจริงตามที่แสดงไว้ในแผนที่ดัชนี (Index chart) เพราะแต่ละระวางมีหมายเลขระวางไม่ซ้ำกัน ประกอบด้วยตัวเลขอารบิก 4 ตัว และเลขโรมัน (I II III หรือ IV) ตัวใดตัวหนึ่ง เช่น แผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ได้ 4 ระวาง แสดงดังภาพ

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| <b>4845 IV</b>  | <b>4845 I</b>  |
| <b>4845 III</b> | <b>4845 II</b> |

• หมายเลขประจำชุด (Series number) บอกให้ทราบว่าแผนที่อยู่ในชุดใด เช่น ประเทศไทย มาตราส่วน 1:50,000 มีหมายเลขประจำชุดต่างกัน เช่น L708 ซึ่งเป็นระวางแผนที่ขนาดระวาง 10 ลิปดา x 15 ลิปดา หมายเลขชุด L7017 และ L7018 เป็นแผนที่ขนาดระวาง 15 ลิปดา x 15 ลิปดา หมายเลขประจำชุดนี้ เป็นการกำหนดหมายเลขชุดตามมาตรฐานสากลของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งถือตามข้อตกลงขององค์การสนธิสัญญาแอตแลนติกเหนือ หรือ NATO (North Atlantic Treaty Organization) เช่น L708 และ L7017 มีองค์ประกอบ 4 ประการ คือ

- ตัวอักษร L หมายถึง ภูมิภาคหนึ่งของทวีปเอเชีย ซึ่งตรงกับของประเทศไทย
- เลข 7 หมายถึง กลุ่มของมาตราส่วนที่กำหนดไว้แน่นอน คือ ใช้กับแผนที่มาตราส่วนระหว่างมาตราส่วน 1:70,000 ถึง 1:35,000
- เลข 0 หมายถึง ตัวเลขแสดงส่วนย่อยของภูมิภาค เช่น ภูมิภาค 0 มีตัวเลขแสดงส่วนย่อยของไทยกำหนดขอบเขตไว้แน่นอนเป็นเลข 0

– เลข 8 หรือเลข 17 หรือเลข 18 เป็นตัวเลขที่แสดงว่าแผนที่ชุดนั้นจัดทำเป็นครั้งที่เท่าใดในภูมิภาคเช่น ครั้งที่ 8 ครั้งที่ 17 หรือครั้งที่ 18

ฉะนั้นแผนที่ประเทศไทยจึงมีหมายเลขประจำชุดเป็น L708 หรือ L7017 ซึ่งเห็นได้ว่าองค์ประกอบที่ 1 2 และ 3 เหมือนกันเพราะมาตราส่วนเดียวกัน และภูมิภาคเดียวกัน ส่วนองค์ประกอบที่ 4 เปลี่ยนไปตามจำนวนครั้งที่จัดทำแผนที่ และหมายเลขประจำชุดนี้จะปรากฏอยู่มุมขวาบนของแผนที่

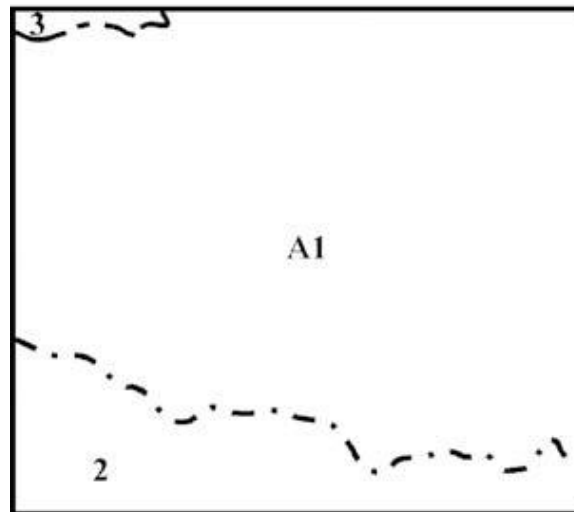
• สารบัญระวางติดต่อ (Index to adjoining sheet) เป็นสารบัญที่แสดงให้ทราบว่าแผนที่ระวางใดเรียงรายอยู่โดยรอบแผนที่ระวางนั้น เพื่อให้สะดวกในการหาแผนที่ระวางถัดไปหรือข้างเคียงตัวอย่างเช่น แผนที่ระวาง 4746 I มีระวางต่างๆ อยู่โดยรอบ สารบัญระวางติดต่อนี้แสดงไว้ที่มุมล่างขวาของแผนที่ ดังภาพ

|                 |                |                 |
|-----------------|----------------|-----------------|
| <b>4747 III</b> | <b>4747 II</b> | <b>4847 III</b> |
| <b>4746 IV</b>  | <b>4746 I</b>  | <b>4846 IV</b>  |
| <b>4746 III</b> | <b>4746 II</b> | <b>4846 III</b> |

• สารบัญแสดงเขตการปกครอง (Index to boundaries) แสดงไว้ตรงมุมล่างด้านขวาเป็นกรอบสี่เหลี่ยมเล็กๆ แทนแผนที่ระวางนั้น ภายในมีเส้นแสดงอาณาเขตการปกครอง เพื่อให้ง่ายต่อการที่ดูว่าแผนที่ระวางนั้นอยู่ในเขตการปกครองของอำเภอหรือจังหวัดใด โดยมีข้อความอธิบายไว้ที่รูปสี่เหลี่ยมดังกล่าว

## Boundaries

สารบัญแสดงแนวเขตการปกครอง



### A. Changwat Chiang Mai

1. Amphoe Chiang Dao
2. Amphoe Mae Taeng
3. King Amphoe Wiang Haeng

### A. จังหวัดเชียงใหม่

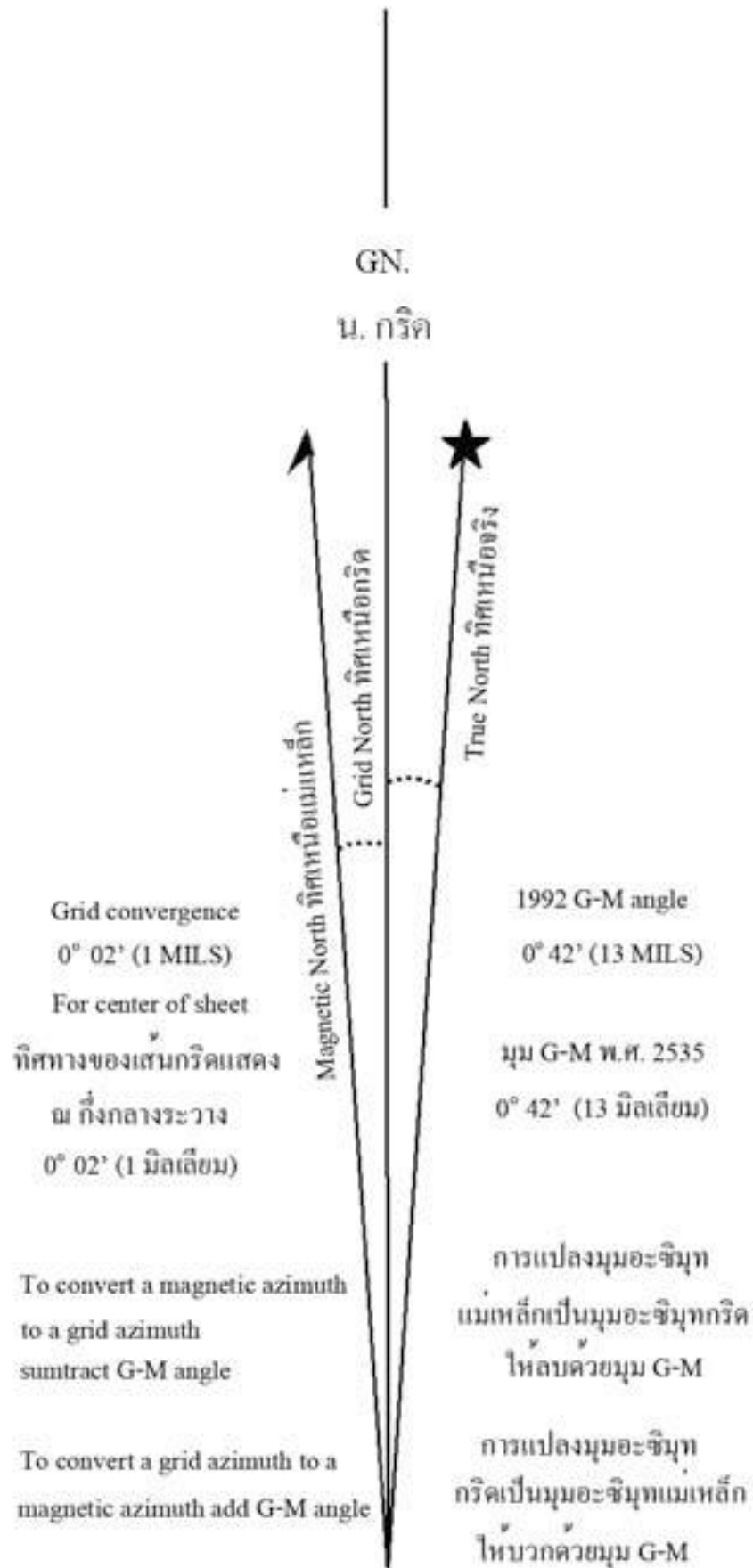
1. อำเภอเชียงดาว
2. อำเภอแม่แตง
3. กิ่งอำเภอเวียงแหง

• พื้นหลักฐานและระดับพื้นหลักฐาน (Datum and Datum level) บอกให้ทราบว่าระดับความสูงของตำบล ณ จุดต่างๆ เช่น ระดับพื้นหลักฐานทางดิ่งยึดถือระดับน้ำทะเลปานกลางที่เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ส่วนพื้นหลักฐานทางราบยึดถือตามหลักฐานของประเทศอินเดีย (Indian datum 1975) สำหรับแผนที่ชุด L7017 ส่วนแผนที่ชุด L7018 ใช้อ้างอิงตามหลักฐาน WGS1984 (World eodetic System) ของประเทศสหรัฐอเมริกา

• แผนภาพเดคลิเนชัน (Declination diagram) แสดงแนวทิศเหนือหลัก 3 ทิศ คือ ทิศเหนือจริง ทิศเหนือกริด และทิศเหนือแม่เหล็ก

- ทิศเหนือจริง (True north) แนวทิศชี้ตรงไปที่ขั้วโลกเหนือ
- ทิศเหนือกริด (Grid north) แนวทิศชี้ขนานกับแนวเส้นกริดตั้ง
- ทิศเหนือแม่เหล็ก (Magnetic north) ชี้ไปยังขั้วเหนือสนามแม่เหล็กโลก ซึ่งจะบ่ายเบนไปแต่ละปีไม่ซ้ำกัน ฉะนั้นในแผนภาพเดคลิเนชัน บอกค่าความบ่ายเบนของทิศเหนือแม่เหล็กประจำปีเอาไว้ ดังภาพ

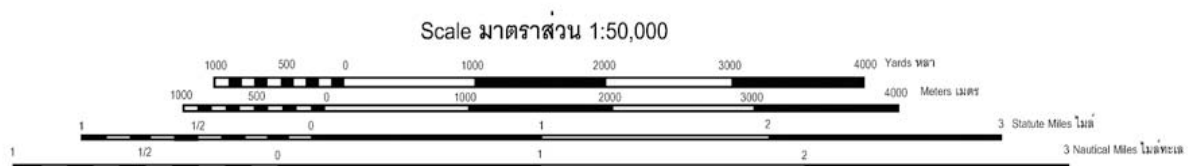




ทิศเหนือทั้ง 3 นี้ถ้าอยู่ใกล้บริเวณเส้นศูนย์สูตร จะไม่บ่่ายเบนมากและอาจทับกันได้ถ้ายังไม่ใกล้ขั้วโลกแนวทิศเหนือทั้ง 3 ชนิดนี้ จะบ่่ายเบนมากขึ้น แผนผังเดคลิเนชันนี้แสดงไว้ที่ขอบล่างของแผนที่

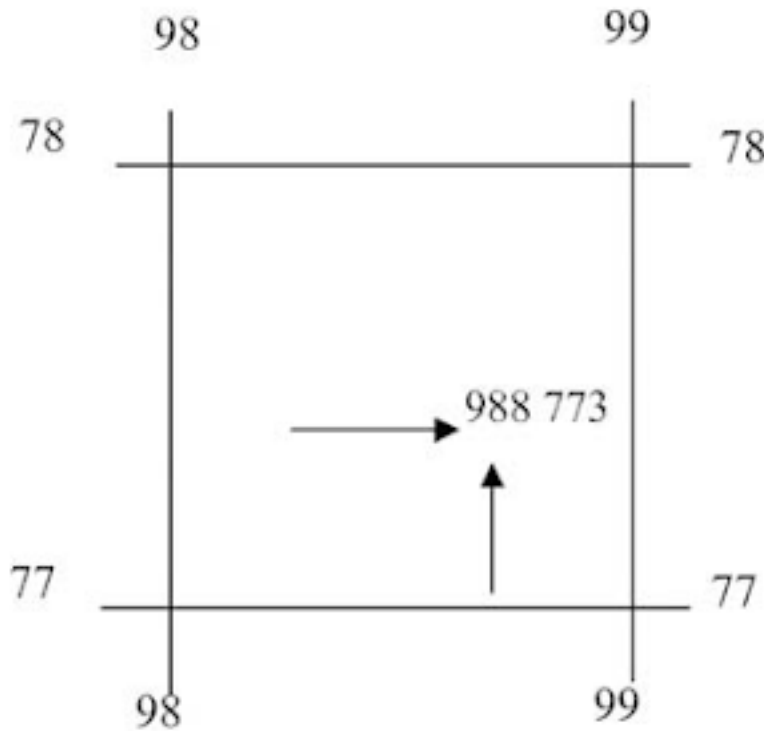
- **มาตราส่วน (Scale)** มาตราส่วนแผนที่ เป็นการแสดงอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างระยะทางที่วัดได้บนแผนที่ 1 หน่วยกับระยะทางที่วัดได้จริงบนภูมิประเทศ วิธีการแสดงมาตราส่วนแผนที่ทำได้ 3 วิธี คือ มาตราส่วนเส้นบรรทัดเรียกอีกชื่อว่ามาตราส่วนรูปภาพ มาตราส่วนเศษส่วน เช่น 1:50,000 มาตราส่วนคำพูด เช่น 1 เซนติเมตรในแผนที่ เท่ากับ ½ กิโลเมตรในระยะทางบนพื้นที่จริง มาตราส่วนเส้น (Graphic scale) หรือมาตราส่วนรูปแท่ง (Bar scale) มีลักษณะเป็นเส้นตรงกำกับด้วยค่าเท่ากับตามระยะบนพื้นผิวโลก เช่น ถ้ามาตราส่วนสัดส่วน 1: 50,000 มีความหมายตรงกับมาตราส่วนเส้นหรือมาตราส่วนรูปแท่ง ดังนี้ 1 ช่องกว้าง 2 เซนติเมตร และมาตราส่วนสัดส่วน (Representative fraction) การบอกสัดส่วนเป็นตัวเลข เช่น 1: 50,000 หมายถึง ระยะ 1 ส่วนบนแผนที่ เท่ากับ 50,000 ส่วนบนพื้นผิวโลก

มาตราส่วนแสดงไว้ทั้งมาตราส่วนเศษส่วนและมาตราส่วนเส้นบรรทัดเพื่อประโยชน์ในการวัดระยะทางและพื้นที่ในแผนที่ มาตราส่วนบรรทัดจะแสดงไว้ทั้งระบบอังกฤษและระบบเมตริก ซึ่งจะจัดทำไว้ในหน่วยเมตร หลา ไมล์ และไมล์ทะเล ดังภาพ



- **ระดับสูง (Elevation)** ตามปกติแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 แสดงช่วงห่างของความสูงของเส้นชั้น 20 เมตร และมีเส้นชั้นแทรกชั้นละ 10 เมตร หลักฐานทางดิ่งคือระดับทะเลปานกลางเป็นหลัก
- **เส้นโครงแผนที่ (Projection)** บอกให้ทราบว่าแผนที่ชุดนี้ใช้เส้นโครงแผนที่ชนิดใด เช่น แผนที่ชุดนี้ใช้เส้นโครงแผนที่ชนิดทรานส์เวอร์ส เมอร์เคเตอร์ ซึ่งอยู่ในบริเวณละติจูด 84 องศาเหนือ ถึงละติจูด 80 องศาใต้
- **คำแนะนำระดับสูง (Elevation Guide)** บอกให้ทราบว่าแผนที่ระวางนั้นมีลักษณะความสูง หรือต่ำอย่างไร และแสดงไว้ในรูปสี่เหลี่ยมทางมุมขวาล่างของแผนที่ ซึ่งมีชั้นแรกให้เห็นความแตกต่างเกี่ยวกับระดับสูงอย่างง่าย
- **ละติจูดและลองจิจูด (Latitude and Longitude)** เพื่อให้ทราบว่าแผนที่ระวางนั้นอยู่ระหว่างละติจูดและลองจิจูดใดมีตัวเลขบอกค่าละติจูดและลองจิจูดไว้ที่มุมแผนที่ทั้งสี่มุมในหน่วยองศา ลิปดา ตัวอย่างเช่น แผนที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำดับชุด L7017 หมายเลขระวาง 4746 I พิกัดละติจูดและลองจิจูด ซึ่งอ่านได้ว่าอยู่ระหว่างละติจูด 19 องศา 15 ลิปดา ถึง 19 องศา 30 ลิปดา และลองจิจูด 98 องศา 45 ลิปดา ถึง 99 องศา 00 ลิปดา
- **กริด (Grid)** ในแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 มีเส้นกริดลากตัดกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็กๆ เส้นกริดแต่ละเส้นมีระยะห่างเท่าๆ กัน เช่น ห่างกันทุก 1,000 เมตร และมีตัวเลขกำกับกับเส้นกริดไว้บริเวณขอบของแผนที่ เส้นกริดเหล่านี้มีประโยชน์ในการบอกที่ตั้งของจุดใดจุดหนึ่งในแผนที่อย่างละเอียด
- **คำแนะนำผู้ใช้แผนที่ (User's guide)** บอกไว้ที่มุมขวาล่างสุดของแผนที่ว่า หากผู้ใช้แผนที่พบข้อมูลบกพร่องหรือความคลาดเคลื่อนใดๆ ในแผนที่ขอให้บันทึกแล้วส่งไปยัง กรมแผนที่ทหาร กรุงเทพฯ 10200 แล้วแผนที่นี้จะส่งกลับคืนมาให้ท่านใหม่
- **คำแนะนำการกำหนดตำแหน่งโดยใช้ค่ากริด (Grid reference box)** ทำให้ทราบพิกัดของตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งโดยละเอียด ตัวอย่างวิธีอ่านพิกัดให้ละเอียดถึง 100 เมตร ได้อธิบายไว้ในกรอบสี่เหลี่ยมตอนล่าง โดยอ่านตัวเลขใหญ่ประจำเส้นกริดตั้งทางซ้ายของจุด และประมาณระยะ (100 เมตร) จากเส้นกริดถึงจุดเป็นส่วนสิบ

ตัวอย่างคือ 988 หมายความว่าเส้นกริดตั้งซ้ายสุด คือ 98 นับไปทางขวาถึงเส้นกริดตั้ง 99 แบ่งออกเป็นช่องเล็กๆ ให้ได้ 10 ช่องเท่าๆ กัน นับไปถึงจุดตำแหน่งที่ต้องการอ่านตรงกับช่องที่ 8 พอดี ก็อ่านค่าได้ 8 และ 773 หมายความว่าเส้นกริดนอนใต้จุดคือ 77 นับขึ้นไปถึงเส้นกริดนอน 78 แบ่งออกเป็นช่องเล็กๆ ได้ 10 ช่องเท่าๆ กัน นับไปถึงจุดตำแหน่งที่ต้องการอ่านตรงกับช่องที่ 3 พอดีก็อ่านค่าได้ 3 เพราะฉะนั้นถ้าจะอ่านพิกัดจากจตุรัส 1,000 เมตร ดังรูปข้างล่างนี้ให้ละเอียดถึง 100เมตรจะได้ค่า ดังนี้ 988 773



### เส้นโครงแผนที่

เส้นโครงแผนที่ คือ วิธีการแปลงเส้นสมมติบนโลกลงบนแผ่นกระดาษ เพื่อแสดงให้เห็นถึงสิ่งต่างๆ ทั้งหลายบนโลกว่ามีรูปร่างลักษณะอย่างไรตามต้องการ เพราะเส้นรอบวงของโลกมีลักษณะเป็นวงรี แต่กระดาษที่เราใช้เป็นพื้นแสดงรูปร่างบนผิวโลกเป็นแผ่นราบ จึงเกิดเส้นโครงแผนที่หลายแบบต่างกันไปตามความคลาดเคลื่อนจากการนำพื้นที่จริง มาแสดงบนพื้นที่ระนาบ โดยใช้เส้นละติจูดและลองจิจูดเป็นเส้นสมมติ ซึ่งเรียกเส้นละติจูดว่า เส้นขนาน และ เส้นลองจิจูด เรียกว่า เส้นเมริเดียน

เส้นโครงแผนที่ (map projection) เป็นระบบของเส้นที่สร้างขึ้นบนพื้นที่แบนราบ เพื่อแสดงลักษณะของเส้นขนานและเส้นเมริเดียน อันเป็นผลจากแบบและวิธีการต่างๆ ของการเขียนแผนที่ ระบบของเส้นโครงแผนที่ที่สร้างขึ้นนี้ อาจทำด้วยวิธีสร้างรูปทรงเรขาคณิตหรือการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ การสร้างเส้นโครงแผนที่ คือ การจำลองเส้นขนานและเส้นเมริเดียนจากผิวโลกลงบนพื้นที่แบนราบโดยการสมมุติให้มีจุดกำเนิดแสงอยู่ภายในโลก และฉายผ่านผิวโลกออกมากระทบลงบนจอ ที่วางสัมผัสผิวโลกในรูปแบบต่างๆ ที่นิยมใช้มี 3 รูปแบบ ได้แก่ จอแบน (จอร์ระนาบ) จอรูปกรวย และจอทรงกระบอก เส้นโครงแผนที่ที่สร้างจึงแตกต่างกันไปตามลักษณะของจอที่สมมุติให้มาสัมผัสผิวโลก เส้นโครงแผนที่ซึ่งได้จากจอจึงมี 3 รูปแบบ ได้แก่ เส้นโครงแผนที่แบบระนาบ เส้นโครงแผนที่แบบกรวย และเส้นโครงแผนที่แบบทรงกระบอก

### ชนิดของเส้นโครงแผนที่

เนื่องจากมีเส้นโครงแผนที่จำนวนมากที่นำมาใช้ในการทำแผนที่ซึ่งสามารถแบ่งออกตามกลุ่มหรือตระกูลพื้นฐาน ออกได้เป็น 4 กลุ่มตามทฤษฎีเส้นโครงแผนที่ หรือลักษณะของพื้นแผนที่ที่มีสัมผัสกับลูกโลก ได้แก่

เส้นโครงแผนที่แบบระนาบสัมผัส

เส้นโครงแผนที่แบบระนาบสัมผัส (Planar, Azimuthal or Zenithal projection) เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้เป็นเส้นโครงแผนที่ที่ให้แผ่นแบนราบสัมผัสกับลูกโลก โดยให้จุดฉายแสงอยู่ในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งแล้วแต่จะกำหนด ได้แก่ ตรงจุดศูนย์กลางของโลก ตรงกันข้ามกับพื้นราบที่สัมผัส และจากระยะอนันต์ กลุ่มเส้นโครงชนิดนี้สามารถจำแนกออกได้คือ แบบโนมอน (Gnomonic projection) แบบสเตริโอกราฟ (Stereographic projection) และแบบออร์ทोगราฟ (Orthographic projection)

1. เส้นโครงแผนที่แบบโนมอน เป็นเส้นโครงแผนที่ มีจุดกำเนิดแสงอยู่ที่กึ่งกลางลูกโลก การสร้างเส้นโครงแผนที่ชนิดนี้ทำได้ไม่เต็มซีกโลก ลักษณะของเส้นโครงแผนที่ที่มีเส้นวงกลมใหญ่เป็นเส้นตรง ส่วนเส้นขนานมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้ไม่เหมาะที่จะใช้สำหรับพื้นที่กว้างใหญ่ มีข้อเสียคือไม่รักษาคุณสมบัติทางด้านพื้นที่และรูปร่างโดยเฉพาะบริเวณที่ห่างไกลจากจุดสัมผัส อย่างไรก็ตามเส้นโครงแผนที่ชนิดนี้ใช้ในการนำร่อง เช่น การเดินเรือ และการบิน

2. เส้นโครงแผนที่แบบสเตริโอกราฟ เป็นเส้นโครงแผนที่ มีจุดกำเนิดแสงอยู่ที่ผิวลูกโลกด้านตรงข้ามกับจุดสัมผัส การสร้างเส้นโครงแบบนี้จะได้เส้นโค้งเกินกว่าซีกโลก ลักษณะเส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงชิดกันบริเวณตอนกลางและห่างออกไปบริเวณขอบส่วนเส้นขนานเป็นเส้นโค้งวงกลม มีคุณสมบัติรักษารูปร่าง เหมาะสำหรับการทำแผนที่การบิน

3. เส้นโครงแผนที่แบบออร์ทोगราฟ เป็นเส้นโครงแผนที่ชนิดหนึ่งที่เกิดจากการสมมติว่า หากฉายแสงเป็นเส้นตรงผ่านลูกโลกมายังแผ่นราบที่สัมผัสบริเวณขั้วโลก บริเวณศูนย์สูตร หรือเหนือพื้นผิวโลกบริเวณใดบริเวณหนึ่ง ทำให้สามารถแสดงแผนที่ได้เพียงครึ่งหนึ่งของโลกเท่านั้น มาตรการส่วนของแผนที่เส้นโครงแผนที่แบบออร์ทोगราฟนี้ถูกต้องมากที่สุดบริเวณที่แผ่นราบสัมผัสผิวโลก และค่าความผิดพลาดจะเพิ่มมากขึ้น เมื่อห่างจากจุดสัมผัสออกไป เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้นิยมใช้ทำแผนที่โลก

อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของเส้นโครงแผนที่ทั้งสามแบบนี้ นอกจากแตกต่างกันไปตามตำแหน่งของจุดกำเนิดแสงแล้ว ยังแตกต่างกันไปตามจุดระนาบสัมผัสอีกด้วย โดยจุดสัมผัสแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ จุดสัมผัสที่อยู่ขั้วโลก จุดสัมผัสอยู่ที่ระนาบศูนย์สูตร และจุดสัมผัสเฉียง



### เส้นโครงแผนที่แบบกรวย

เส้นโครงแผนที่แบบกรวย (Conic projection) เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้เป็นเส้นโครงแผนที่ที่ใช้พื้นผิวทรงกรวยสัมผัสกับลูกโลกในการฉายแสง เมื่อคลี่ทรงกรวยออก เส้นเมริเดียนจะมีลักษณะครึ่งวงกลมซึ่งมีลักษณะคล้ายซี่พัด กลุ่มพื้นที่สัมผัสสำหรับเส้นโครงแผนที่แบบกรวยสามารถแยกออกได้ คือ แบบกรวยสัมผัส (Central conical projection or Tangent cone) แบบกรวยตัด (Secant conical projection) และแบบหลายกรวย (Polyconic projection)

1. แบบกรวยสัมผัส เป็นเส้นโครงแผนที่แบบง่ายที่ใช้ทรงกรวยครอบลงบนลูกโลกแล้วฉายแสง โดยให้แกนของลูกโลกและแกนของทรงกรวยทับกันตรงจุดสัมผัส ถ้าลากเส้นตรงจะได้เส้นขนานหลัก (Standard parallel) ซึ่งบริเวณจุดสัมผัสนี้มีมาตราส่วนถูกต้อง ส่วนบริเวณที่ห่างออกไปจากจุดสัมผัสจะมีการบิดเบี้ยวมากขึ้น เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ทำแผนที่บริเวณแคบๆ และมีรูปร่างยาวตามแนวตะวันออก-ตะวันตก

2. แบบกรวยตัด เป็นเส้นโครงแผนที่ที่ใช้ผิวกรวยตัดเข้าไปยังลูกโลกทำให้เกิดจุดสัมผัสขึ้น 2 จุด จึงมีเส้นขนานหลัก 2 เส้น เป็นการเพิ่มคุณสมบัติความถูกต้องบริเวณจุดสัมผัสมากขึ้น ลักษณะเส้นโครงแผนที่คล้ายกับกรวยสัมผัสที่มีเส้นขนานหลัก 1 เส้น คือ เส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงแผ่ออกไปจากขั้วโลก เส้นขนานเป็นเส้นโค้งของวงกลมที่มีขั้วโลกเป็นจุดศูนย์กลางร่วมกัน ผู้ประดิษฐ์เส้นโครงแผนที่แบบนี้ที่เป็นที่รู้จักแพร่หลายคือ Lambert และ Alber ซึ่งได้ประดิษฐ์เส้นโครงแผนที่คงรูปแลมเบิร์ต (Lambert conformal projection) และอัลเบอร์ (Alber's conic equal area projection) ตามลำดับ

3. แบบหลายกรวย เป็นเส้นโครงแผนที่ที่ใช้ทรงกรวยหลายอันซ้อนกันสวมเข้าไปบนลูกโลก โดยให้แกนของกรวยแต่ละอันทับกันพอดีกับแกนของลูกโลกทำให้เกิดเส้นขนานตามจำนวนกรวยที่สัมผัส ลักษณะเส้นโครงแผนที่ชนิดนี้จะมีเส้นขนานทุกเส้นโค้งเป็นวงกลมแต่จุดศูนย์กลางไม่เท่ากัน เส้นเมริเดียนกลาง (Central meridian) เป็นเส้นตรง ระยะห่างของเส้นขนานถูกแบ่งออกเท่าๆ กันตรงเส้นเมริเดียนกลาง นอกจากนี้ส่วนโค้งของเส้นขนานและเส้นเมริเดียนจะเป็นเส้นโค้งยกเว้นเส้นระนาบศูนย์สูตรที่เป็นเส้นตรง เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้มี

ข้อเสียที่มีลักษณะการโค้งของเส้นขนานและเส้นเมริเดียนมากเมื่ออยู่ใกล้ขอบแผนที่ ทำให้รายละเอียดต่างๆ คลาดเคลื่อนไป แต่มีข้อดีเหมาะสำหรับใช้ทำแผนที่ในพื้นที่ที่มีลักษณะขยายไปในแนวเหนือ-ใต้



#### เส้นโครงแผนที่แบบทรงกระบอก

เส้นโครงแผนที่แบบทรงกระบอก (Cylindrical projection) เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้เป็นเส้นโครงแผนที่ที่ใช้รูปทรงกระบอกเป็นพื้นสัมผัสกับลูกโลก หรือตัดผ่านลูกโลกบริเวณตำแหน่งใดๆ เมื่อคลี่รูปทรงกระบอกเป็นแผ่นแบนราบแล้วจะได้เส้นโครงแผนที่ที่มีลักษณะของเส้นขนานและเส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงตัดกันเป็นมุมฉาก มีทิศทางถูกต้อง รูปร่างถูกต้อง พื้นที่ที่อยู่ใกล้กับจุดสัมผัสจะมีความถูกต้องมาก และยิ่งห่างจากจุดสัมผัสก็มีความคลาดเคลื่อนบิดเบี้ยวมากยิ่งขึ้น เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้นิยมใช้บริเวณพื้นที่โลกระหว่างละติจูด 80 องศาเหนือ-ใต้ ในกลุ่มของเส้นโครงแผนที่ที่พื้นสัมผัสเป็นรูปทรงกระบอกนี้สามารถแบ่งได้ 3 แบบ คือ

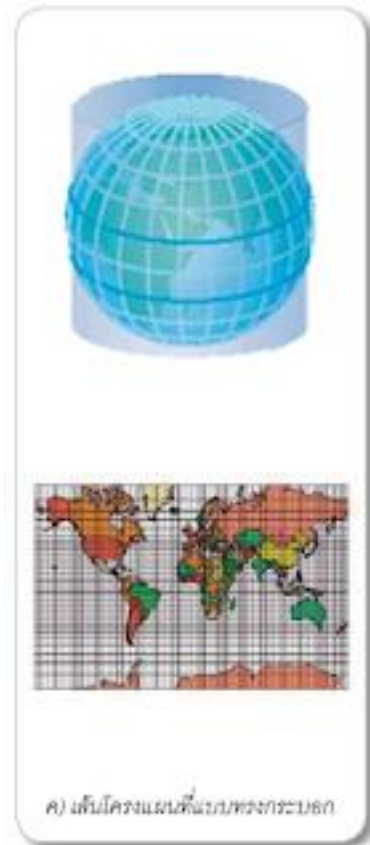
1. เส้นโครงแผนที่คงพื้นที่แบบทรงกระบอก (Cylindrical equal area projection) ทรงกระบอกที่ใช้ในการฉายแสงถูกวางสัมผัสกับลูกโลกในตำแหน่งปกติ มีลักษณะของเส้นขนานและเส้นเมริเดียนทุกเส้นเป็นเส้นตรงตัดกันเป็นมุมฉาก เส้นขนานทุกเส้นมีความยาวเท่ากันกับความยาวของเส้นระนาบศูนย์สูตรบนลูกโลก เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้รู้จักกันแพร่หลายในชื่อ Lambert's cylindrical equal area projection

2. เส้นโครงแผนที่ทรงกระบอกแบบกอลล์ (Gall's stereographic cylindrical projection) กอลล์ได้ประดิษฐ์เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้โดยใช้ทรงกระบอกตัดผ่านผิวของลูกโลกบริเวณเส้นขนาน 45 องศาเหนือและใต้ ทำให้มีการเฉลี่ยการบิดเบี้ยวไม่ให้เกิดมากบริเวณขั้วโลกทั้งสอง เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้ทั้งเส้นขนานและเส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงตัดกันเป็นมุมฉาก และเส้นขนานแต่ละเส้นจะห่างกันมากขึ้นเมื่อไปทางขั้วโลกทั้งสอง

3. เส้นโครงแผนที่ทรงกระบอกแบบเมอร์เคเตอร์ (Mercator projection) เมอร์เคเตอร์ได้ประดิษฐ์เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้ขึ้นในศตวรรษที่ 16 และมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายตั้งแต่แรกเริ่มจนถึงปัจจุบัน หลักการสร้างเส้นโครงแผนที่ชนิดนี้ใช้รูปทรงกระบอกสัมผัสผิวโลกที่ระนาบศูนย์สูตรแล้วฉายแสงให้เส้นเมริเดียนและเส้นขนานปรากฏบนพื้นทรงกระบอก ลักษณะเส้นโครงแผนที่จะมีเส้นเมริเดียนเป็นเส้นตรงขนานกัน มีช่วงเท่ากันทุกเส้น

ส่วนเส้นขนานเป็นเส้นตรงขนานกัน ซึ่งช่วงห่างจะมากขึ้นเมื่อขึ้นไปยังขั้วโลกทั้งสองบริเวณจุดสัมผัสจะมีความถูกต้องมากในการรักษารูปร่าง แต่มีการบิดเบี้ยวมากบริเวณใกล้ขั้วโลกจึงไม่นิยมใช้ทำแผนที่ในบริเวณพื้นที่เหนือเส้นขนาน 80 องศาเหนือ-ใต้

เส้นโครงแผนที่แบบเมอร์เคเตอร์นี้ถูกปรับใช้ในหลายๆ ลักษณะ เช่น นำเอาทรงกระบอกสัมผัสกับลูกโลก โดยให้แกนของทรงกระบอกตั้งฉากกับแกนของลูกโลก ให้ทรงกระบอกสัมผัสกับเมริเดียนเส้นใดเส้นหนึ่ง ทำให้มีเส้นเมริเดียนกลางขึ้น เมื่อคลี่ทรงกระบอกออกจะได้มาตราส่วนคงที่บริเวณใกล้เส้นเมริเดียนกลาง เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้เรียกว่า เส้นโครงแผนที่เมอร์เคเตอร์แบบตามขวาง (Transverse mercator projection) ซึ่งนำมาใช้ทำแผนที่ภูมิประเทศของประเทศไทย



เส้นโครงแผนที่ทางคณิตศาสตร์

เส้นโครงแผนที่ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical or Conventional projection) ที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์

1. เส้นโครงแผนที่แบบมอลล์ไวต์โฮโมโลกราฟิก (Mollweide homolographic projection) เป็นเส้นโครงแผนที่ที่นิยมใช้กันแพร่หลายแสดงส่วนต่างๆ ของโลก มีคุณสมบัติในการรักษาพื้นที่เส้นเมริเดียนกลางและเส้นละติจูดจะเป็นเส้นตรงและตัดกันเป็นมุมฉาก ส่วนเส้นเมริเดียนอื่นๆ มีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ส่วนเส้นขนานอื่นๆ เป็นเส้นตรง เส้นโครงแผนที่นี้คิดขึ้นโดย Karl B. Mollweide เมื่อปี ค.ศ. 1805 ข้อเสียคือมักมีการบิดเบี้ยวบริเวณเขตขั้วโลก บริเวณแถบเส้นละติจูดจะมีความถูกต้องมากกว่า เหมาะสำหรับใช้ทำแผนที่โลก

2. เส้นโครงแผนที่แบบโค้งไซน์ไซนัสซอยดัลและเส้นโครงแผนที่แบบแซมซันแฟลมสเตด (Sinusoidal projection or Samson Flamsteed projection) ลักษณะของเส้นขนานทุกเส้นเป็นเส้นตรงตัดกับเส้นเมริเดียนกลางเป็นมุมฉาก ส่วนเส้นอื่นโค้งคล้ายเส้นโครงแผนที่แบบมอลล์ไวต์ การสร้างเส้นเมริเดียนใช้ค่าส่วนโค้งของไซน์ (Sine curves) ทำให้ระยะห่างกว้างกว่าแบบมอลล์ไวต์ เหมาะสำหรับใช้ทำแผนที่บริเวณเส้นละติจูด เช่น แถบอเมริกาใต้ และแอฟริกา เป็นต้น

3. เส้นโครงแผนที่แบบโฮโมโลไซน์ (Homolosine projection) เป็นเส้นโครงแผนที่คงพื้นที่ชนิดหนึ่งเป็นผลจากการนำเส้นโครงแผนที่แบบโฮโมโลกราฟิกมาต่อกับแบบไซนูซอยดัล ตามธรรมดาใช้เส้นโครงแผนที่แบบไซนูซอยดัลระหว่างละติจูด 40 องศาใต้ ถึง 40 องศาเหนือ เกินจากนั้นไปก็ต่อกับเส้นโครงแผนที่แบบโฮโมโลกราฟิก เนื่องจากเส้นโครงแผนที่ทั้ง 2 ชนิดนี้ต่อกันไม่ได้สนิท จึงปรากฏรอยหยักเล็กน้อยบนเส้นเมริเดียนตรงรอยต่อระหว่างเส้นโครงแผนที่ทั้ง 2 ชนิด

### ระบบพิกัดในแผนที่

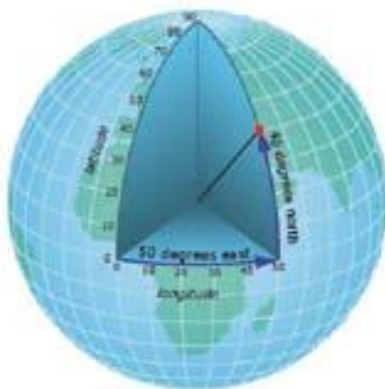
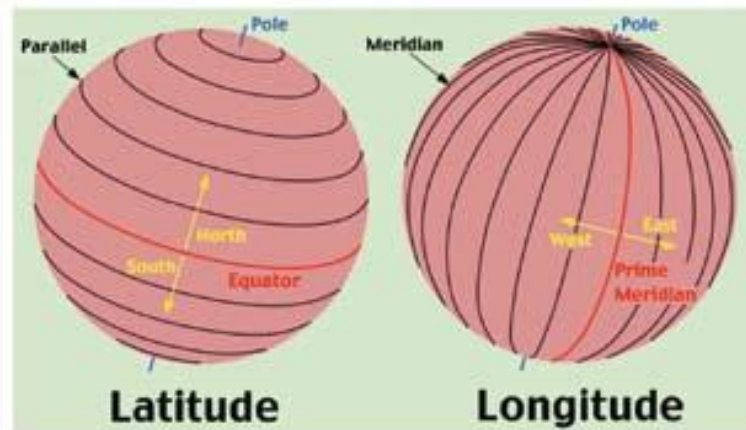
เนื่องจากโลกเป็นทรงกลมเมื่อมีการกำหนดตำแหน่งต่างๆ บนโลก จึงต้องถ่ายทอดตำแหน่งจากพื้นที่จริงลงสู่แผนที่ด้วยระบบพิกัด โดยระบบพิกัดแผนที่ คือ การอ้างอิงตำแหน่งของโลกที่ถ่ายทอดลงสู่แผนที่ซึ่งมีลักษณะแบนราบ โดยกำหนดให้มีจุดกำเนิดของพิกัดอยู่บนผิวโลก และมีลักษณะเป็นระบบพิกัดฉาก อันเกิดจากการตัดกันของแกนสมมติ ตั้งแต่ 2 แกนขึ้นไป ระบบพิกัดแผนที่ที่อยู่ด้วยกันสองชนิด คือ ระบบพิกัด 2 มิติ และระบบพิกัด 3 มิติ ซึ่งพิกัดเหล่านี้ได้อ้างอิงกับตำแหน่งบนโลกด้วยระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์

ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic coordinate systems)

เป็นระบบพิกัดที่กำหนดตำแหน่งต่างๆ บนพื้นโลก ด้วยวิธีการอ้างอิงบอกตำแหน่งเป็นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) ตามระยะเชิงมุมที่ห่างจากศูนย์กำเนิดของละติจูดและลองจิจูดที่กำหนดขึ้นสำหรับศูนย์กำเนิดของละติจูด (Origin of latitude) นั้น กำหนดขึ้นจากแนวระดับที่ตัดผ่านศูนย์กลางของโลกและตั้งฉากกับแกนหมุน เรียกแนวระนาบศูนย์กำเนิดนั้นว่า เส้นระนาบศูนย์สูตรซึ่งแบ่งโลกออกเป็นซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ฉะนั้นค่าระยะเชิงมุมของละติจูด จะเป็นค่าเชิงมุมที่เกิดจากมุมที่ศูนย์กลางของโลก กับแนวระดับฐานกำเนิดมุมที่เส้นระนาบศูนย์สูตร โดยวัดค่าของมุมออกไปทางซีกโลกเหนือและทางซีกโลกใต้ ค่าของมุมจะสิ้นสุดที่ขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ มีค่าเชิงมุม 90 องศาพอดี ดังนั้นการใช้ค่าระยะเชิงมุมของละติจูดอ้างอิงบอกตำแหน่งต่างๆ นอกจากจะกำหนดเรียกค่าวัดเป็น องศา ลิปดา และฟิลิปดา แล้ว จะกำกับด้วยตัวอักษรบอกทิศทางเหนือหรือใต้เสมอ เช่น ละติจูดที่ 30 องศา 20 ลิปดา 15 ฟิลิปดาเหนือ ส่วนศูนย์กำเนิดของลองจิจูด (Origin of longitude) นั้น กำหนดขึ้นจากแนวระนาบทางตั้งที่ผ่านแกนหมุนของโลกตรงบริเวณตำแหน่งบนพื้นโลกที่ผ่านหอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ เมืองกรีนนิช (Greenwich) ประเทศอังกฤษ เรียกศูนย์กำเนิดนี้ว่า เส้นเมริเดียนแรก (Prime meridian) เป็นเส้นที่แบ่งโลกออกเป็นซีกโลกตะวันตกและซีกโลกตะวันออก

ค่าระยะเชิงมุมของลองจิจูดเป็นค่าที่วัดมุมออกไปทางตะวันตก และตะวันออกของเส้นเมริเดียนแรกวัดจากศูนย์กลางของโลกตามแนวระนาบที่มีเส้นเมริเดียนแรกเป็นฐานกำเนิดมุม ค่าของมุมจะสิ้นสุดที่เส้นเมริเดียนตรงข้ามกับเส้นเมริเดียนแรกซึ่งมีค่าของมุมซีกโลกละ 180 องศา การใช้ค่าอ้างอิงบอกตำแหน่งใช้เรียกกำหนดเช่นเดียวกับละติจูด แต่ต่างกันที่ต้องบอกเป็นซีกโลกตะวันตก หรือซีกโลกตะวันออกแทน เช่น ลองจิจูดที่ 90 องศา 20 ลิปดา 45 ฟิลิปดาตะวันตก





ระบบพิกัดยูทีเอ็ม (UTM coordinate systems)

ระบบพิกัดยูทีเอ็ม เป็นระบบที่ปรับมาจากระบบเส้นโครงแผนที่แบบทรานส์เวิร์สมเมอร์เคเตอร์ เพื่อเป็นการรักษารูปร่างโดยใช้ทรงกระบอกตัดลูกโลกระหว่างละติจูด 84 องศาเหนือ – 80 องศาใต้ โดยมีรัศมีทรงกระบอกสั้นกว่ารัศมีของโลก ผิวทรงกระบอกจะผ่านเข้าไปตามแนวเมริเดียนของโซน 2 แนว คือ ตัดเข้ากับตัดออกเรียกลักษณะนี้ว่า เส้นตัด (Secant) ทำให้ความถูกต้องมีมากขึ้นโดยเฉพาะบริเวณสองข้างเมริเดียนกลาง

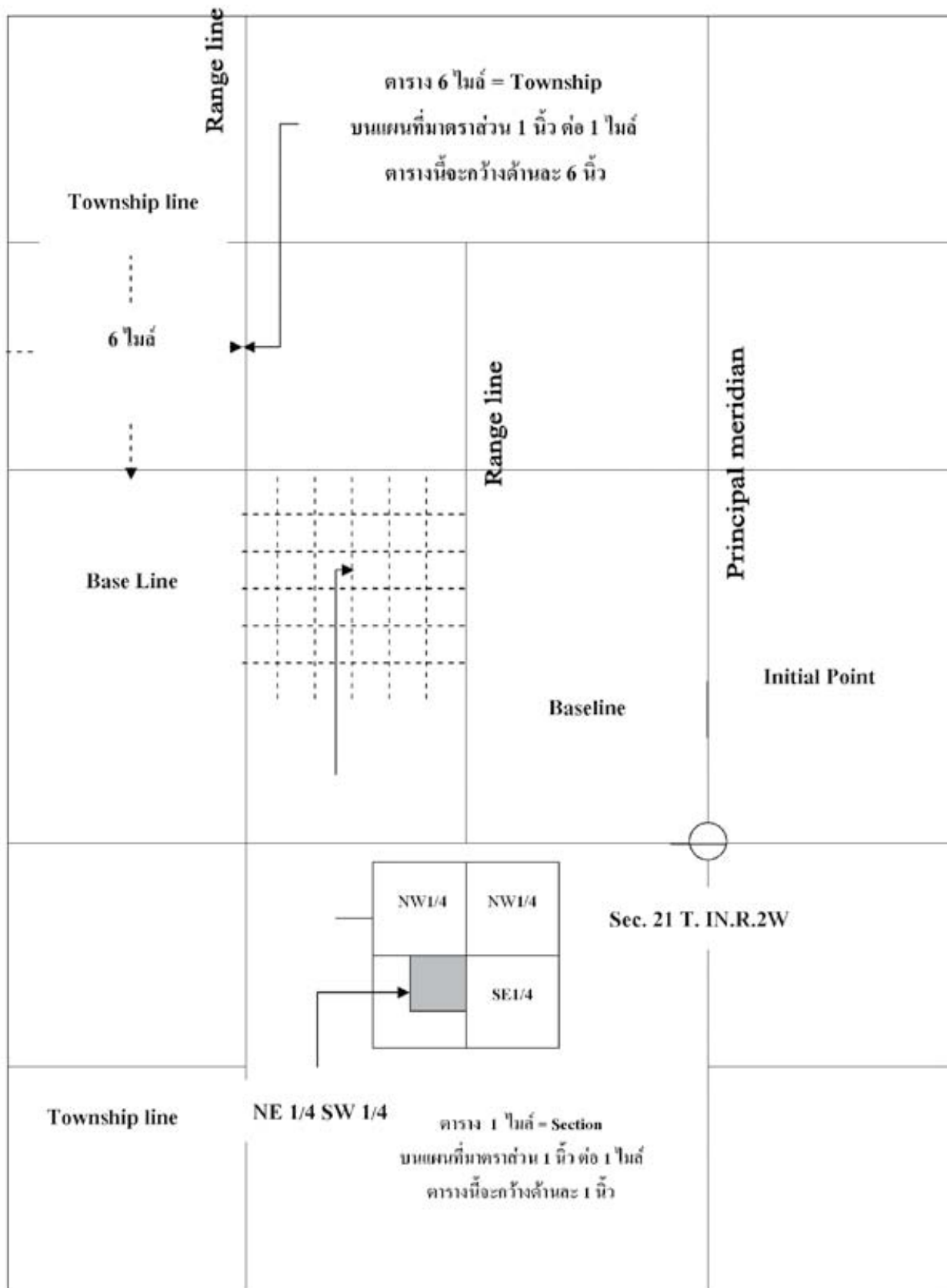
ระบบพิกัดชนิดนี้กองทัพของสหรัฐอเมริกาได้นำมาใช้ในปี ค.ศ. 1946 เพื่อให้ได้แผนที่ที่มีความละเอียดถูกต้องมากยิ่งขึ้น ระบบนี้ได้มาจากการฉายแผนที่แบบคงทิศทางรักษารูปร่าง และมีข้อกำหนดในรายละเอียดต่างๆ ให้ถือเป็นเกณฑ์มาตรฐานเพื่อใช้งานครอบคลุมได้ทั่วโลก กำหนดให้ใช้หน่วยวัดระยะทางเป็นเมตร ระบบพิกัดยูทีเอ็ม ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายทั้งในกิจการทหารและกิจการพลเรือน สำหรับประเทศไทย รัฐบาลไทยกับรัฐบาลสหรัฐอเมริกาได้ทำความตกลงทำแผนที่ภายในประเทศเมื่อปี พ.ศ. 2493 โดยได้ใช้ระบบเส้นโครงแผนที่แบบทรานส์เวิร์สมเมอร์เคเตอร์ ระบบพิกัดยูทีเอ็ม

พื้นที่ของโลกระหว่างละติจูด 80 องศาใต้ ถึงละติจูด 84 องศาเหนือ ถูกแบ่งออกเป็นเขต (Zone) เขตละ 6 องศา รวมเป็น 60 เขต (Zone) ตามแนวลองจิจูดโดยมีหมายเลขกำกับโซนตั้งแต่ 1 ถึง 60 ตามลำดับ โดยโซนที่ 1 อยู่ระหว่างลองจิจูด 180 องศาตะวันตก ถึง 174 องศาตะวันตก โซนที่ 2 ก็อยู่ถัดไปทางด้านตะวันออกตามลำดับจนถึงโซนที่ 60 ซึ่งอยู่ระหว่างลองจิจูด 174 องศาตะวันออก ถึง 180 องศาตะวันออก และประชิดกับโซนที่ 1 ในแต่ละโซนจะมีเมริเดียนกลาง (Central meridian) เป็นของตนเอง ตัวอย่าง เช่น โซนที่ 1 ลองจิจูด 180-174 ตะวันตก มีลองจิจูด 177 ตะวันตก เป็นเมริเดียนกลาง ซึ่งจะมีแบบนี้จนครบทุกโซน

พื้นที่ในแต่ละโซนถูกแบ่งย่อยให้เป็นขอบเขตสี่เหลี่ยม โดยแนวเส้นขนานละติจูดช่วงละ 8 องศา เริ่มจากเส้นขนานละติจูด 80 องศาใต้ แบ่งทีละ 8 องศา ผ่านเส้นระนาบศูนย์สูตรไปจนถึงเส้นขนานละติจูด 72 องศาเหนือ และจากเส้นขนานละติจูด 72-84 องศาเหนือ แบ่งออกเป็นช่องละ 12 องศา รวมทั้งหมดแบ่งได้ 20 ช่อง พื้นที่สี่เหลี่ยมเหล่านี้เรียกว่า เขตกริด (Grid zone) ซึ่งมีทั้งหมด 1,200 โซน การแบ่งวิธีนี้ทำให้เกิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า เขตกริดขนาด 6 องศา x 8 องศา ยกเว้นช่วงระหว่างเส้นขนานละติจูด 72-84 องศาเหนือ มีขนาดเขตกริดเท่ากับ 6 องศา x 12 องศา เมื่อแบ่งเสร็จแล้วได้กำหนดอักษรโรมันกำกับไว้ตั้งแต่ C ถึง X (ยกเว้น I กับ O) โดยเริ่มกำหนดอักษร C ตั้งแต่โซนของละติจูด 80 องศาใต้

การแบ่งตารางเขตกริดเหล่านี้ จะมีเลขอักษรประจำโซนของกริด (UTM Grid zone destination) โดยการอ่านหมายเลขไปทางขวาแล้วอ่านขึ้น เช่น “47 Q” หมายถึง เลขกำกับโซนในแนวตั้งที่ 47 และอักษรกำกับโซนในแนวนอนที่ Q สำหรับอักษร A, B และ Y, Z ใช้สำหรับกำกับในยูนิเวอร์ซัลโพลาร์สเตอริโอกราฟฟิก (Universal Polar Stereographic : UPS) บริเวณขั้วโลกทั้งสองข้าง

ตามระบบพิกัดยูทีเอ็มใช้หน่วยระยะทางเป็นเมตร โดยในแต่ละโซนเส้นเมริเดียนกลางตัดกับเส้นระนาบศูนย์สูตรเป็นมุมฉาก ณ จุดตัดนี้เรียกว่า จุดกำเนิดโซน ของระบบพิกัดยูทีเอ็ม ทิศทางที่ขนานกับแนวเมริเดียนกลาง และชี้ขึ้นไปทางเหนือ เรียกว่า ทิศเหนือกริด มีการกำหนดค่าพิกัดตะวันออกให้เส้นเมริเดียนกลางเป็น 500,000 เมตร (Easting 500,000 m.) ห่างจากจุดกำเนิดสมมติ (False origin) และกำหนดให้พิกัดเหนือสำหรับเส้นระนาบศูนย์สูตรไว้เป็น 2 กรณี สำหรับซีกโลกเหนือให้มีค่าเป็น 0 เมตร (Northing 0 m.) ห่างจากเส้นระนาบศูนย์สูตร ส่วนบริเวณใต้เส้นระนาบศูนย์สูตรมีค่าเป็น 10,000,000 เมตร (Northing 10,000,000 m.) ห่างจากจุดกำเนิดสมมติ ดังนั้นจุดศูนย์กำเนิดโซนของระบบพิกัดยูทีเอ็ม จึงมีค่าพิกัดเป็น E 500,000 m ; N 0 m สำหรับการใช้งานในซีกโลกเหนือและ E 500,000 m.;N 10,000,000 m. สำหรับซีกโลกใต้ นอกจากนี้ขอบเขตการใช้ค่าพิกัดยูทีเอ็มสามารถเลื่อนเข้าไปในโซนข้างเคียงได้เป็นพื้นที่กว้าง 40 กิโลเมตร เพื่อความสะดวกในการใช้งานบริเวณขอบโซน



ภาพแสดงการแบ่งพื้นที่ และการอ่านตำแหน่งสถานที่จากแผนที่ระบบพิกัด GLO

ระบบพิกัดแผนที่ GLO (General Land Office grid system)

เป็นระบบพิกัดแผนที่อีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการแบ่งพื้นที่สำรวจเพื่อจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ มักใช้ในการอ่านและการทำแผนที่ธรณีวิทยา ระบบพิกัดนี้มีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนๆ และให้ความหมายในแต่ละส่วนดังนี้

เส้นฐานและเส้นเขตเมือง (Base line and Township line) ในบริเวณที่สำรวจเส้นละติจูดที่ใช้ในการอ้างอิง (จะเป็นเส้นใดก็ได้) เรียกว่าเส้นฐาน เส้นขนานเหนือและใต้เส้นฐานในระยะห่างกันทุก 6 ไมล์ คือ เส้นเขตเมือง

เส้นเมริเดียนหลักและเส้นพิสัย (Principal meridian and Range line) เส้นลองจิจูดที่ใช้อ้างอิงในการสำรวจ เรียกว่า เส้นเมริเดียนหลัก จุดที่ตัดกับเส้นฐานเรียกว่า จุดเริ่มต้น (Initial point) เส้นที่ลากขนานกับเส้นเมริเดียนหลัก ไปทางตะวันออกและตะวันตกในระยะห่างทุก 6 ไมล์ คือ เส้นพิสัย

เขตเมือง คือ พื้นที่จัตุรัสกว้างด้านละ 6 ไมล์ ซึ่งล้อมรอบด้วยเส้นเขตเมือง และเส้นพิสัย พื้นที่ 36 ตารางไมล์นี้ กำหนดได้โดยใช้ตำแหน่งซึ่งห่างจากเส้นฐาน และเส้นเมริเดียนหลัก เช่น 2N., R.1W. อยู่ในเส้นเขตเมือง ที่ 2 เหนือจาก เส้นฐาน และเส้นพิสัย ที่ 1 ตะวันตกของเส้นเมริเดียนหลัก

ส่วนย่อย (Section) พื้นที่ 36 ตารางไมล์ ของเส้นเขตเมืองแบ่งออกเป็นรูปจัตุรัส 36 รูป มีพื้นที่รูปละ 1 ตารางไมล์ พื้นที่ 1 ตารางไมล์นี้เรียกว่า ส่วนย่อย

แผนที่รูปสี่เหลี่ยม (Quadrangle) แผนที่ภูมิประเทศซึ่งแบ่งตามระบบนี้ โดยปกติเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เรียกว่า แผนที่รูปสี่เหลี่ยม พื้นที่ของแผนที่รูปสี่เหลี่ยมล้อมรอบด้วยลองจิจูดทางทิศตะวันออกและตะวันตก และละติจูดทางทิศเหนือและใต้ ชื่อของแผนที่รูปสี่เหลี่ยมเรียกตามชื่อเมืองสำคัญ หรือลักษณะภูมิประเทศที่เด่นในแผนที่ฉบับนั้น แผนที่รูปสี่เหลี่ยมที่ใช้ในสหรัฐฯ แบ่งออกตามระยะห่างระหว่างลองจิจูดและละติจูดล้อมรอบอยู่เป็น 4 ชนิด คือ

แผนที่ชุด 1 องศา (1 Degree series) ใช้มาตราส่วน 1: 250,000

แผนที่ชุด 30 ลิปดา (30 Minute series) ใช้มาตราส่วน 1: 125,000

แผนที่ชุด 15 ลิปดา (15 Minute series) ใช้มาตราส่วน 1: 62,500

แผนที่ชุด 7.5 ลิปดา (7.5 Minute series) ใช้มาตราส่วน 1: 24,000

วิธีอ่านตำแหน่งสถานที่จากแผนที่ระบบ GLO

- หาตัวเลขประจำส่วนย่อย ซึ่งสถานที่นั้นตั้งอยู่ เช่น 21 อ่านว่า Sec.21
- หาดำแหน่งของเขตเมือง ในระหว่างเส้นเขตเมืองซึ่งสถานที่นั้นตั้งอยู่ห่างจากขอบซ้ายหรือขวาของแผนที่ เช่น T.1N

- หาดำแหน่งพิสัย ในระหว่างเส้นพิสัย ซึ่งสถานที่นั้นตั้งอยู่ขอบบนหรือล่างของแผนที่ เช่น R.2W

- หากต้องการระบุตำแหน่งภายในส่วนย่อยให้แบ่งพื้นที่ออกเป็นส่วนๆ ย่อยลงตามลำดับ ระบุทิศที่พื้นที่ย่อยดังกล่าววางตัวอยู่และอัตราส่วนเมื่อเทียบพื้นที่ย่อยนั้นกับพื้นที่เดิมก่อนแบ่งแล้วเติมลงข้างหน้าตำแหน่งส่วนย่อย ที่อ่านไว้แล้ว เช่น NE 1/4 SW 1/4 Sec.21 T.1N R.2W

ตารางพิกัดทางทหาร (Military grid)

เนื่องจากการหาตำแหน่งโดยใช้หน่วยเป็นองศา ลิปดา พิลิปดา มีความยุ่งยากและล่าช้า ดังนั้นจึงได้มีผู้คิดค้นหาวิธีใหม่ขึ้นโดยมุ่งหมายเพื่อใช้ในกิจการทหาร วิธีดังกล่าวนี้มีชื่อเรียกว่า “ตารางพิกัดทางทหาร” ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นโครงพิกัดฉากประกอบด้วยหมู่เส้นตรงที่ลากขนานกันและเกือบอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ใช้สำหรับวัดระยะที่อยู่ทางตะวันออกของศูนย์กำเนิดสมมติขึ้น และหมู่เส้นตรงที่ลากขนานกันและเกือบอยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตกตัดกับหมู่เส้นตรงแรกเป็นมุมฉากใช้สำหรับวัดระยะที่อยู่เหนือศูนย์กำเนิดที่สมมติขึ้น เส้นตรงทั้ง 2 หมู่นี้ตัดกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและพิมพ์ไว้บนแผนที่ เรียกว่า สี่เหลี่ยมกริด (Grid square) พร้อมทั้งมีตัวเลขแสดงระยะห่างจากศูนย์กำเนิดสมมติกำกับไว้ที่ขอบของแผนที่ ตามปกติจะพิมพ์ระยะที่อยู่ห่างจากศูนย์กำเนิดสมมติด้วย

ตัวเลขครบทุกตัวเพียงครั้งเดียวเท่านั้นที่มุมล่างด้านซ้ายของแผนที่ ตัวเลขที่บอกขนาดของระยะห่างจากศูนย์กำเนิดสมมติของเส้นอื่นๆ จะบ่งชี้การเขียนจำนวนตัวเลข 3 หรือ 4 ตัวที่อยู่ข้างท้ายของเลขจำนวนเต็ม ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของช่วงระยะกริด (Grid interval) ว่ามีขนาดเท่าใด ในกรณีที่แผนที่เป็นแผนที่ลำดับชุด L7017 และ L7018 จะมีขนาดของช่วงระยะกริดเท่ากับ 1,000 เมตร ฉะนั้นตัวเลขลำดับที่ 3 ที่ละเอาไว้ นั่นก็คือ 000 ที่แสดงในตารางพิกัดทางทหาร

ความแตกต่างระหว่างเส้นโครงแผนที่ยูทีเอ็มและตารางพิกัดทางทหารนั้นความจริงแล้วไม่แตกต่างกัน เพียงแต่ตารางพิกัดทางทหาร หรือพิกัดกริดนั้นเป็นเครื่องมือในการนำมาใช้อ่านแผนที่ที่ใช้เส้นโครงแผนที่แบบยูทีเอ็ม ดังนั้นทั้งสองส่วนนี้จึงมีความสำคัญต่อกัน เพราะตารางพิกัดทางทหารเป็นส่วนที่สามารถอธิบายถึงตำแหน่งที่กล่าวอ้างด้วยเส้นโครงแผนที่แบบยูทีเอ็มให้เข้าใจได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนั้นแผนที่ภูมิประเทศที่สร้างขึ้นโดยกรมแผนที่ทหาร จึงนำตารางพิกัดทางทหารเข้ามาใช้ในการระบุตำแหน่งบนแผนที่ ซึ่งเป็นระบบที่เข้าใจง่ายและก่อให้เกิดการใช้แผนที่ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ การเขียน หรือการอ่านค่ากริดที่ใช้ในกิจการทหารมีข้อควรจำว่าให้ “อ่านไปทางขวาแล้วอ่านขึ้นข้างบน” (Read right up) จุดตัดที่มุมล่างด้านซ้ายเป็นค่าพิกัดกริดของตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสนั้นๆ

ระบบพิกัดแผนที่ จึงมีความสำคัญในการกำหนดตำแหน่งบนแผนที่ เพื่อบอกตำแหน่งของพื้นที่จริงในภูมิประเทศ ระบบพิกัดแผนที่จึงเป็นสิ่งที่ผู้ใช้แผนที่ทุกคนจะต้องทำความเข้าใจ และอ่านให้ถูกต้อง เพื่อสามารถนำแผนที่ไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง

### การเลือกใช้เส้นโครงแผนที่ตามคุณสมบัติ

การเลือกใช้เส้นโครงแผนที่จำเป็นต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติเส้นโครงแผนที่ที่เหมาะสมต่อตำแหน่งพื้นที่ต่างๆ ของโลกที่ต้องการแสดงลักษณะบนแผนที่ เนื่องจากเส้นโครงแผนที่ที่มีรูปร่างต่างกันจะมีความเหมาะสมต่อการแสดงอาณาบริเวณพื้นที่ต่างกัน โดยคุณสมบัติ 3 ชนิดของเส้นโครงแผนที่ ได้แก่ คุณสมบัติคงพื้นที่ คุณสมบัติรักษารูปร่าง และคุณสมบัติคงทิศทาง เราสามารถเลือกใช้เส้นโครงแผนที่เพื่อจัดทำแผนที่ที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

#### 1. คุณสมบัติคงพื้นที่

การทำแผนที่ลักษณะนี้ อาจต้องเสียลักษณะของรูปร่างจริง อัตราส่วนของเนื้อที่บนแผนที่จะเป็นอัตราส่วนเดียวกันกับอัตราส่วนของเนื้อที่บนพื้นโลก คุณสมบัติคงพื้นที่ ได้แก่ เส้นโครงแผนที่แบบกรวย โดยเฉพาะบริเวณเส้นขนานมาตรฐานซึ่งเป็นบริเวณที่กรวยสัมผัสกับลูกโลก โดยมีความแตกต่างกันตามรูปแบบการสัมผัส เช่น แบบกรวยสัมผัส มีคุณสมบัติในการแสดงรายละเอียดของพื้นที่ที่มีรูปร่างยาวไปทางตะวันออก-ตะวันตกได้ดี เช่น แถบประเทศบริเวณคาบสมุทรสแกนดิเนเวีย แต่มีการบิดเบี้ยวมากขึ้นเมื่ออยู่ไกลจากเส้นขนานมาตรฐาน ส่วนแบบกรวยตัดแสดงรายละเอียดในส่วนของพื้นที่ที่ถูกตัดได้ดี ซึ่งมีอยู่ 2 แห่ง ตามเส้นขนานมาตรฐานที่ตัด 2 เส้น และแบบหลายกรวย ที่มีความถูกต้องในบริเวณเส้นเมริเดียนและเส้นระนาบศูนย์สูตรมาก แต่จะบิดเบี้ยวเมื่อห่างไกลออกไป

#### 2. คุณสมบัติรักษารูปร่าง

การทำแผนที่สำหรับรักษารูปร่างนี้ ส่วนใหญ่ใช้กับบริเวณเนื้อที่เล็กๆ เพราะได้รูปร่างดีกว่าบริเวณเนื้อที่กว้างๆ ภูมิประเทศขนาดใหญ่จะมีลักษณะการบิดเบี้ยวมาก มาตราส่วนก็ไม่คงที่เหมือนกัน ส่วนทิศทางนั้นจะมีความถูกต้อง ในแผนที่ประเภทนี้เส้นขนานกับเส้นเมริเดียนตัดกันเป็นมุมฉาก เส้นโครงแผนที่ที่มีลักษณะเด่นในการรักษารูปร่าง ได้แก่ เส้นโครงแผนที่แบบทรงกระบอกและแบบกรวย ซึ่งรักษารูปร่างบริเวณพื้นที่ที่สัมผัสกับทรงกระบอกหรือแบบกรวย ตัวอย่างเช่น บริเวณเส้นระนาบศูนย์สูตรในเส้นโครงแผนที่แบบเมอร์เคเตอร์ ในแนวเส้นเมริเดียนในเส้นโครงแผนที่แบบทรานส์เวอร์สเมอร์เคเตอร์ สำหรับประเทศไทยได้ใช้เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้ในการทำแผนที่ฐานของประเทศ เนื่องจากคุณสมบัติที่รักษารูปร่างในแนวเหนือ-ใต้ นอกจากนี้ยังเป็นพื้นฐานของ

ระบบตารางพิกัดฉากแบบยูนิเวอร์แซลทรานส์เวิร์สเมอร์เคเตอร์ (Universal Transverse Mercator : UTM) นิยมใช้กันเกือบทั่วโลกเพราะนอกจากคุณสมบัติในการรักษารูปร่างแล้วยังคงทิศทางอีกด้วย

### 3. คุณสมบัติคงทิศทาง

เป็นแผนที่ซึ่งมีลักษณะคงทิศทางตรงกันกับภูมิประเทศจริง เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้มีประโยชน์ในการใช้เป็นแผนที่เส้นทางการเดินเรือ เครื่องบิน แผนที่ดาราศาสตร์ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีคุณสมบัติคงพื้นที่และรักษารูปร่างแต่ยังสามารถทราบถึงทิศทางของวัตถุได้ตรงตามจุดประสงค์ เส้นโครงแผนที่ชนิดนี้ ได้แก่ เส้นโครงแผนที่ที่ใช้ระนาบสัมผัส เส้นโครงแผนที่แบบโนมอน สเตรีโอกราฟ และออร์โทกราฟ นอกจากนี้เส้นโครงแผนที่แบบระนาบสัมผัสยังมีเส้นโครงแผนที่แบบทรงกระบอกที่มีคุณสมบัติในการคงทิศทาง ไม่ว่าจะเป็นแบบกอลล์ที่คงทิศทางในแนวเหนือ-ใต้ แบบเมอร์เคเตอร์ที่คงทิศทางตามแนวตะวันออก-ตะวันตก ที่เหมาะแก่การทำแผนที่การบินอีกชนิดหนึ่งและทรานส์เวิร์สเมอร์เคเตอร์ที่คงทิศทางตามแนวเส้นเมริเดียนกลาง

## การทำแผนที่

### สัญลักษณ์แผนที่

การทำแผนที่เป็นการรวบรวมข้อมูลภูมิศาสตร์ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่บนพื้นผิวโลก มาแสดงโดยสร้างเป็นสัญลักษณ์ในแผนที่ จึงต้องจำแนกลักษณะข้อมูลภูมิศาสตร์ที่นำมาทำแผนที่โดยแบ่งเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative data) และข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative data) แล้วเลือกใช้สัญลักษณ์ให้เหมาะสมกับข้อมูล

ข้อมูลเชิงคุณภาพ ที่ใช้ในการทำแผนที่ หมายถึง ข้อมูลที่ระบุลักษณะซึ่งจัดจำแนกเป็นกลุ่มได้ อยู่ในระดับการวัดนามมาตร (Nominal) ตัวอย่างเช่น แผนที่การใช้ที่ดิน แสดงการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินเป็นชนิดต่างๆ ตามมาตรฐานการจำแนกที่ดิน ข้อมูลเชิงคุณภาพเป็นข้อมูลที่ผ่านมากระบวนการจำแนกประเภท ซึ่งอาจมีเกณฑ์การจำแนกแตกต่างกัน ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน และเหมาะสมกับมาตราส่วนของแผนที่

ข้อมูลเชิงปริมาณที่ใช้ในการทำแผนที่ หมายถึง ข้อมูลที่มีคุณสมบัติเชิงปริมาณ และเชิงเรียงลำดับ (Ordinal) เช่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝน จำนวนประชากร ความหนาแน่นของประชากรต่อหน่วยพื้นที่ เป็นต้น

เมื่อคัดเลือกข้อมูลภูมิศาสตร์ที่ตรงกับวัตถุประสงค์ของแผนที่แล้ว ทำการวิเคราะห์เพื่อจำแนกข้อมูลเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณ จากนั้นเป็นขั้นตอนการคัดเลือกเอาสัญลักษณ์ที่เหมาะสมมาใช้เพื่อแทนข้อมูลภูมิศาสตร์ให้เป็นสัญลักษณ์บนแผนที่

สัญลักษณ์แผนที่จำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ สัญลักษณ์จุด (Point symbol) สัญลักษณ์เส้น (Line symbol) และสัญลักษณ์พื้นที่ (Area symbol) ตัวอย่างของสัญลักษณ์จุด เส้น และพื้นที่ ของแผนที่เฉพาะเรื่องเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ แสดงในภาพ

| สัญลักษณ์ | เชิงคุณภาพ                                                                                              |                                                                                                       | เชิงปริมาณ                                                                                                                            |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | นามมาตรา                                                                                                | เรียงลำดับ                                                                                            |                                                                                                                                       |
| จุด       | <ul style="list-style-type: none"> <li>● ศาลากลาง</li> <li>โรงเรียน</li> <li>โรงพยาบาล</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>สนามบิน</li> <li>นานาชาติ</li> <li>ในประเทศ</li> </ul>         | จำนวนประชากร (ตัว) <ul style="list-style-type: none"> <li>50</li> <li>25</li> <li>10</li> </ul>                                       |
| เส้น      | <ul style="list-style-type: none"> <li>ถนน</li> <li>แม่น้ำ</li> <li>เขตปกครอง</li> </ul>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>ถนน</li> <li>สายหลัก</li> <li>สายรอง</li> <li>ซอย</li> </ul>   | ปริมาณการส่งออกข้าว <ul style="list-style-type: none"> <li>&lt; 50,000 (ตัน)</li> <li>50,001-100,000</li> <li>&gt; 100,000</li> </ul> |
| พื้นที่   | การใช้ที่ดิน <ul style="list-style-type: none"> <li>แหล่งน้ำ</li> <li>ป่าไม้</li> <li>นาข้าว</li> </ul> | พื้นที่เสี่ยงแล้ง <ul style="list-style-type: none"> <li>สูง</li> <li>ปานกลาง</li> <li>ต่ำ</li> </ul> | ความหนาแน่นประชากร <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt;1,000</li> <li>501-1000</li> <li>&lt; 500</li> </ul> คน/ตร.กม.          |

### การออกแบบแผนที่

การออกแบบแผนที่ เริ่มจากการกำหนดขนาดแผนที่แล้ววางองค์ประกอบของแผนที่คล้ายกับการวางแบบจัดหน้าของนิตยสารพิมพ์ จึงมักเรียกว่า การวางแบบแผนที่ (Map layout) ขั้นตอนของการออกแบบแผนที่มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

กำหนดสื่อที่จะใช้นำเสนอ เช่น แผนที่บนสื่ออิเล็กทรอนิกส์ หรือสื่อสิ่งพิมพ์ วิธีการผลิตมีผลกับวิธีการออกแบบแผนที่ เลือกมาตราส่วน และชนิดของเส้นโครงแผนที่ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์แผนที่ วิเคราะห์เนื้อหาแผนที่ และการให้สัญลักษณ์ กำหนดการวางแบบและองค์ประกอบแผนที่ ตามหลักการและวิธีการออกแบบแผนที่ โดยหลักการการวางองค์ประกอบแผนที่ต้องพิจารณาองค์ประกอบของแผนที่ว่าเหมาะสมกับแผนที่ชนิดนั้นแล้วหรือไม่ ในบางกรณีอาจยกเว้นไม่จำเป็นต้องแสดงให้ครบถ้วน การวางองค์ประกอบแผนที่ที่มีรายละเอียด ดังนี้

- เนื้อหาของแผนที่ (Map content) ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญที่สุด เพราะคือข้อมูลหลักของแผนที่จัดอยู่ในความสำคัญอันดับแรก เนื้อหาแผนที่มักวางไว้ตรงกลางจุดศูนย์กลางเชิงทัศน (Visual center) ของระวางแผนที่ หรือขอบเขตกระดาษทำแผนที่ เนื้อหาแผนที่ต้องโดดเด่นมากที่สุดและครอบคลุมพื้นที่แผนที่มากที่สุด

- ขอบระวางแผนที่ (Neat line) มักเป็นเส้นบาง และอาจมีเส้นขอบนอกล้อมรอบซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นหนากว่าขอบระวาง เรียกว่า เส้นขอบระวาง (Border line) ข้อมูลตัวเลขค่าพิกัดแผนที่บอกเนื้อหาแผนที่ โดยวางอยู่ระหว่างขอบระวางและเส้นขอบระวาง เส้นขอบเขตเนื้อหาแผนที่ไม่จำเป็นต้องเป็นรูปสี่เหลี่ยมเรขาคณิต อาจเป็นขอบเขตพื้นที่ศึกษาวิจัย เช่น เส้นแบ่งเขตลุ่มน้ำ อย่างไรก็ตามลักษณะขอบเขตชนิดนี้ทำให้พื้นที่แผนที่ดูคล้ายเกาะ เรียกว่าเกิดลักษณะแผนที่เกาะ (Island map) หากต้องการหลีกเลี่ยง สามารถให้แสดงข้อมูลพื้นที่ข้างเคียงประกอบด้วยเป็นข้อมูลพื้นหลัง (Background)

- ชื่อแผนที่ (Title) มีความสำคัญอยู่ในลำดับ 2 รองจากเนื้อหาแผนที่ การตั้งชื่อแผนที่ควรกระชับและได้ความหมายตามเนื้อหาของแผนที่ ไม่ใช่คำฟุ่มเฟือย เช่น เปลี่ยนจากชื่อเรื่อง “แผนที่แสดงความหนาแน่นประชากร” เป็น “ความหนาแน่นประชากร” ถ้าเนื้อหาแผนที่แสดงวันเวลาเฉพาะ ให้ระบุไว้ในชื่อแผนที่ด้วย หาก

ชื่อแผนที่ยาวมากอาจแบ่งชื่อแผนที่ เป็นชื่อหลัก และชื่อรอง เช่น ชื่อหลักของแผนที่คือ “โครงสร้างอายุของผู้ลี้ภัย ปี พ.ศ. 2548” ชื่อรองคือ “ชายแดนไทย-เมียนมาร์” การแสดงชื่อรองให้แยกเป็นอีกบรรทัดและจัดวางไว้กึ่งกลางของชื่อหลัก

– คำอธิบายสัญลักษณ์ (Legend) มีความสำคัญอยู่ในลำดับ 3 ต่อจากเนื้อหาแผนที่ และชื่อแผนที่คำอธิบายสัญลักษณ์ประกอบด้วยรูปสัญลักษณ์ และคำอธิบายความหมายของสัญลักษณ์ สัญลักษณ์ที่อยู่ในเนื้อหาแผนที่ต้องปรากฏคำอธิบายสัญลักษณ์ด้วยเสมอ และมีรูปร่างลักษณะเหมือนกันทุกประการ การออกแบบหัวเรื่องของคำอธิบายสัญลักษณ์ของแผนที่เฉพาะเรื่อง อาจละเว้นการเขียนคำว่า “คำอธิบายสัญลักษณ์” หรือคำว่า “สัญลักษณ์” ไว้ก็ได้ หรือหากมีหัวเรื่องที่ต้องการขยายความมาจากชื่อแผนที่ให้นำมาเป็นชื่อหัวเรื่องแทนที่คำว่า “คำอธิบายสัญลักษณ์” เช่น ชื่อแผนที่คือโครงสร้างอายุของผู้ลี้ภัยปี พ.ศ. 2548 ชื่อหัวเรื่องของคำอธิบายสัญลักษณ์คือ จำนวนผู้ลี้ภัย พื้นที่ในส่วน of คำอธิบายสัญลักษณ์ทั้งหมดอาจมีเส้นขอบล้อมรอบคำอธิบายสัญลักษณ์ หรือไม่ก็ได้

– แหล่งที่มาของข้อมูล (Data source) ผู้จัดทำแผนที่ และวันที่ทำแผนที่ ควรแสดงไว้เพราะทำให้สามารถอ้างอิงที่มาของข้อมูลได้ วางไว้ที่ขอบประวางแผนที่ และตัวอักษรมีขนาดเล็ก เพราะมีความสำคัญอันดับรอง

– มาตรฐานแผนที่ทำได้โดยระบุเป็นตัวเลข และกราฟิกของมาตราส่วนเส้นบรรทัด แต่ควรใช้มาตราส่วนกราฟิกประกอบด้วยเสมอ เพราะอาจมีการทำสำเนาย่อหรือขยายแผนที่นั้น มาตราส่วนของแผนที่โลกที่แปรเปลี่ยนตามละติจูด ให้ใช้มาตราส่วนชนิดแปรตาม (Variable scale) แต่ซอฟต์แวร์บางชนิดไม่มีลักษณะมาตราส่วนนี้ ก็ควรละเว้นการแสดงมาตราส่วนไว้ มาตราส่วนมีความสำคัญอยู่ในลำดับหลัง จึงไม่ควรวางไว้โดดเด่นมากนักแต่ก็ไม่ควรมีขนาดเล็กเกินไปเพราะจะใช้ประโยชน์ยาก การวางมาตราส่วนควรทำให้เกิดความสมดุลของแผนที่เสมอ

– เครื่องหมายทิศ ถ้าแผนที่นั้นไม่มีเครื่องหมายทิศกำกับ แสดงว่านักแผนที่กำหนดให้แผนที่นั้นวางตัวชี้ไปทางทิศเหนือ แต่ถ้าขนาดของเนื้อหาแผนที่ไม่เหมาะสมกับการวางตัวในทิศเหนือก็เปลี่ยนไปทิศอื่นๆ ได้ แต่ต้องมีเครื่องหมายทิศเหนือกำกับด้วยเสมอ เส้นเมริเดียนคือเส้นที่วางในแนวทิศเหนือหากเส้นนี้วางตัวในทิศทางต่างกัน ต้องทำเครื่องหมายทิศเหนือ เครื่องหมายทิศมีความสำคัญลำดับรอง การออกแบบเครื่องหมายทิศจึงไม่ควรโดดเด่นมากจนกลบกลายมากเกินไป หรือมีขนาดใหญ่เกินไป

### การแสดงผลประกอบแผนที่

ชื่อทางภูมิศาสตร์ (Geographic name) ที่ปรากฏในเนื้อหาแผนที่บางชนิด เช่น แผนที่ภูมิประเทศมีรายละเอียดของชื่อมากมาย การวางชื่อทางภูมิศาสตร์เพื่อกำกับสัญลักษณ์จุด เส้น และพื้นที่ ในแผนที่ที่เหมาะสมมีลำดับขั้นตอนที่ควรพิจารณาดังนี้

3.1 ลำดับแรกให้วางชื่อที่อยู่ในตำแหน่งที่คงที่ หรือตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลงยาก เช่น จุดความสูง (Spot height)

3.2 ลำดับที่ 2 วางชื่อที่กำกับสัญลักษณ์จุด เช่น ชื่อเมือง ซึ่งหากมีสิ่งกีดขวางอาจพอจะเคลื่อนย้ายได้บ้างในตำแหน่งรอบๆ จุดนั้น ซึ่งมีตำแหน่งให้วางได้ 9 ตำแหน่ง (ตำแหน่งที่ 5 เป็นตำแหน่งของสัญลักษณ์จุด)เช่น หากวางชื่อไว้ที่ตำแหน่งที่ 3 ก็ควรรักษาดำแหน่งนี้ไว้ให้คงที่ ยกเว้นมีข้อจำกัดทางภูมิประเทศมาเป็นอุปสรรคจะต้องนำมาพิจารณาด้วย เช่น ชื่อหมู่บ้านที่ตั้งอยู่ริมทางน้ำ ชื่อหมู่บ้านนั้นควรอยู่ฝั่งเดียวกับตำแหน่งหมู่บ้าน เป็นต้น (ตำแหน่งที่ 5 วางทับจุด จึงไม่เหมาะสมในกรณีวางชื่อของสัญลักษณ์จุด)

3.3 ชื่อของข้อมูลชนิดเส้น เช่น ถนน แม่น้ำ เส้นโครงภูมิศาสตร์ ให้วางขนานไปกับแนวเส้นนั้นและหากเส้นมีความกว้างมากพอให้เขียนชื่อลงไประหว่างเส้นนั้น

3.4 ชื่อของข้อมูลพื้นที่ ให้วางตามรูปร่างของพื้นที่ และวางตรงกึ่งกลางพื้นที่



เมื่อวางชื่อเรียบร้อยแล้ว ให้ตรวจสอบความเหมาะสมโดยรวมของแผนที่ ให้ชื่อต่างๆ อยู่ในบริเวณพื้นที่ว่าง ไม่ควรกระจุกอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง เพื่อให้เกิดความสมดุล หลีกเลี่ยงวางชื่อต่างๆ เหลื่อมซ้อนกันและควร หลีกเลี่ยงการวางชื่อในบริเวณที่ซ้อนทับกับข้อมูลสำคัญ ตัวอักษรมีขนาดเหมาะสม และไม่ควรถือชื่อของพื้นที่ข้างหลัง คล้ายคลึงกับชื่อของชื่อ หากจำเป็นต้องวางชื่อซ้อนทับกับรูปสัญลักษณ์ควรใช้ลักษณะสีพื้นรอบตัวอักษร (Halo) เพื่อ อ่านชื่อได้ชัดเจน และที่สำคัญคือชื่อที่ใช้จะต้องชัดเจนสะกดถูกต้องตามหลักภาษา และสื่อความหมายถูกต้อง

### ความสำคัญของการออกแบบแผนที่

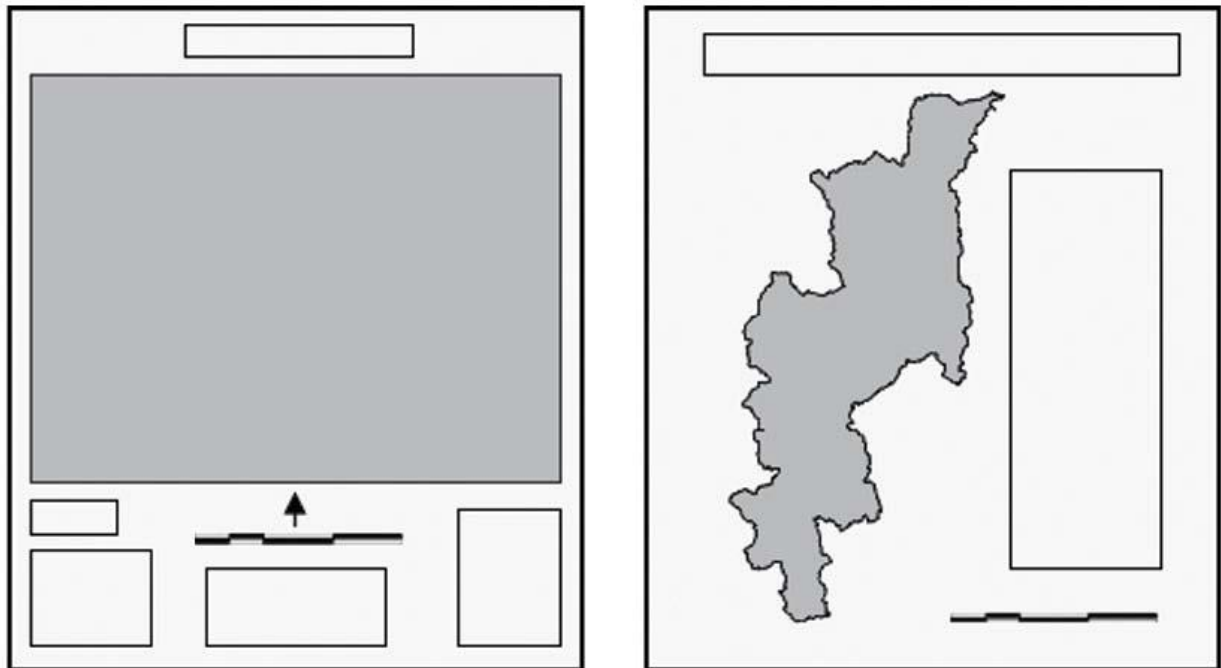
การทำแผนที่เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ แม้ในปัจจุบันมีซอฟต์แวร์ช่วยให้การออกแบบและทำแผนที่ง่ายขึ้นและรวดเร็วขึ้นมาก แต่ไม่ควรละเลยความสำคัญของการออกแบบแผนที่ แผนที่คือสื่อนำเสนอข้อมูลเชิงพื้นที่ จึงเป็นเอกสารที่มีความสำคัญทางวิชาการ สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการทำวิจัยแสดงผลการวิจัยและใช้สื่อสารข้อมูลภูมิศาสตร์ ไม่ควรมองว่าแผนที่เป็นเพียงภาพประกอบเท่านั้น การทำแผนที่ควรใช้เวลาพิจารณาเพื่อวางแผนงานระยะหนึ่ง ขั้นตอนนี้อาจจะยังไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์ทำแผนที่ทันที เนื่องจากแผนที่แสดงข้อมูลเป็นภาพที่แปลตีความแล้ว จึงควรออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจแผนที่ได้รวดเร็วโดยเฉพาะแผนที่เฉพาะเรื่องเชิงปริมาณ แต่แผนที่บางชนิด เช่น แผนที่ธรณีสัณฐานที่มีข้อมูลบรรจุอยู่มาก ต้องใช้เวลาอ่านแผนที่อย่างพิถีพิถันเพื่อแปลความหมายของสัญลักษณ์ที่ปรากฏบนแผนที่ ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจลักษณะของพื้นที่ตรงตามวัตถุประสงค์แท้จริงของแผนที่ หากแผนที่นั้นสื่อสารข้อมูลคลุมเครือหรือผิดพลาด จะส่งผลให้ผู้ใช้งานแผนที่ตีความหมายผิดเพี้ยนกัน การออกแบบแผนที่ที่ดีควรออกแบบให้มีความชัดเจน (Clarity) ในขั้นแรก คือ การสร้างความชัดเจนของแนวคิดมีความเข้าใจปรากฏการณ์เชิงพื้นที่อย่างชัดเจน แล้วคัดเลือกข้อมูลที่ สำคัญที่เป็นตัวแทนของลักษณะพื้นที่ ซึ่งหมายถึงการวิเคราะห์ข้อมูลเนื้อหาแผนที่ให้ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์แผนที่ ความชัดเจนในขั้นต่อมาคือการสร้างสัญลักษณ์แผนที่ให้ชัดเจน เมื่อแทนสภาพจริงด้วยสัญลักษณ์แผนที่ จะต้องเลือกใช้สัญลักษณ์ที่เหมาะสม วางตำแหน่งสัญลักษณ์และตัวอักษรไม่ซ้อนทับกัน ทำให้มองเห็นง่าย และอ่านตัวอักษรได้ง่าย ไม่แสดงข้อมูลมากเกินไปจนความจำเป็น เพื่อให้สังเกตและดึงข้อมูลสำคัญได้อย่างรวดเร็ว และสามารถจดจำลักษณะของข้อมูลบนแผนที่ได้ง่าย การออกแบบแผนที่ประกอบด้วยหลักการออกแบบ คือ ภาพ-พื้น (Figure-Ground) ความสมดุลเชิงทัศน (Visual balance) ความเปรียบต่าง(Contrast) และลำดับเชิงทัศน (Visual hierarchy)

1. ภาพ-พื้น หมายถึง การเน้นภาพหลักซึ่งออกแบบมาเป็นจุดสนใจหลัก ให้แตกต่างออกจากพื้นหลังซึ่งเป็น ฉากประกอบ ภาพหลักต้องดูสำคัญกว่าและโดดเด่นออกจากพื้นหลัง โดยการใช้ความแตกต่างของสีความสว่าง หรือความเข้ม ลวดลาย ความหมายของภาพในแผนที่ คือ ตัวเนื้อหาหลักแผนที่ ส่วนพื้น คือ เนื้อหาประกอบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจเนื้อหาหลัก โดยไม่รบกวนเนื้อหาหลัก

2. ความสมดุลเชิงทัศน หมายถึง เมื่อการวางองค์ประกอบแผนที่ทั้งหมด แล้วนำหน้าของภาพรวมทั้งแผนที่ ไม่เอียงไปทางใดทางหนึ่งของพื้นที่แผนที่ แต่กระจายทั่วทั้งพื้นที่แผนที่ โดยรักษาระยะพื้นที่ว่างให้สม่ำเสมอ การวางองค์ประกอบแผนที่ให้สมดุลมีรูปแบบของความสมดุลสองประเภทคือ ความสมดุลเป็นทางการ(Formal balance) และความสมดุลไม่เป็นทางการ (Non-formal balance) ความสมดุลเป็นทางการ หมายถึง การวาง องค์ประกอบแผนที่ให้อยู่กึ่งกลางแผนที่ และวางให้สมมาตรกัน เช่น วางชื่อแผนที่ และเนื้อหาแผนที่ให้อยู่ตรง กลาง ส่วนข้อมูลองค์ประกอบลำดับต่ำกว่าวางไว้ชิดซ้าย และชิดขวา ให้สมมาตรกัน ความสมดุลเป็นทางการ มัก ใช้กับการออกแบบแผนที่ชุด เช่น แผนที่ภูมิประเทศ เนื่องจากพื้นที่ของเนื้อหาแผนที่ถูกออกแบบให้มีขนาดเท่ากัน เกือบเป็นรูปสี่เหลี่ยมเหมือนกัน ส่วนความสมดุลไม่เป็นทางการ หมายถึง การวางองค์ประกอบแผนที่ให้อยู่ กระจายตามบริเวณที่ว่างที่มีอยู่ แต่เมื่อวางทุกองค์ประกอบแล้ว แผนที่นั้นยังมีความสมดุล ความสมดุลไม่เป็น

ทางการมักใช้กับแผนที่ที่มีพื้นที่เนื้อหาแผนที่ไม่ใช่รูปทรงเรขาคณิต เช่น พื้นที่จังหวัด พื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นต้น และเป็นแผนที่มาตราส่วนขนาดเล็ก

3. ความเปรียบเทียบ หมายถึง การตัดกันของรูปลักษณะแผนที่หนึ่งกับรูปลักษณะอื่น ทำให้เห็นความแตกต่างของแต่ละรูปลักษณะ ซึ่งทำโดยการออกแบบลักษณะของสัญลักษณ์ หรือตัวแปรเชิงทัศน เช่น สี ลวดลายรูปร่าง และเงา ให้สามารถแยกแยะความแตกต่างจากแต่ละรูปลักษณะได้ โดยยึดตามการวิเคราะห์ข้อมูลตามจุดประสงค์หลักแผนที่ การออกแบบให้รูปลักษณะที่สำคัญโดดเด่น จะทำให้มีลำดับเชิงทัศน หรือเป็นจุดความสนใจอยู่ในลำดับแรกๆ



4. ลำดับเชิงทัศน เป็นการวางสัญลักษณ์ และองค์ประกอบแผนที่ให้เป็นไปตามความสำคัญในบริเวณที่มองเห็นเด่นชัดที่สุดเป็นลำดับไป ข้อมูลแผนที่จึงควรวางตามลำดับความสำคัญซึ่งมี 2 องค์ประกอบ คือ ลำดับขององค์ประกอบแผนที่ และลำดับของเนื้อหาแผนที่

- ลำดับขององค์ประกอบแผนที่ โดยปกติแล้วความสนใจของสายตาที่มองพื้นที่หนึ่ง มีลำดับความสนใจพื้นที่ในส่วนที่มองเห็นได้ชัดเจนที่สุด จุดดึงดูดสายตาที่สุด คือ จุดศูนย์กลางของการมองเห็นข้อมูลทันที เรียกว่าจุดศูนย์กลางเชิงทัศนอยู่บริเวณเกือบกึ่งกลางพื้นที่แผนที่ (ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของความสูง และอยู่เหนือจุดศูนย์กลางเรขาคณิต) ลำดับเชิงทัศนจึงเป็นการวางสัญลักษณ์และองค์ประกอบแผนที่ให้เป็นลำดับตามความสำคัญในบริเวณที่มองเห็นเด่นชัดที่สุดเป็นลำดับไป วิธีการกวาดสายตามีกี่ลำดับเช่นกัน สำหรับวัฒนธรรมที่ฝึกการอ่านจากซ้ายไปขวา ผู้ใช้จะกวาดสายตาจากด้านบนขีดซ้ายเฉียงมาที่จุดศูนย์กลางเชิงทัศนซึ่งเป็นจุดรวมความสนใจ ที่วางบนพื้นที่ความสนใจโดยรอบ แล้วกวาดตาลงไปมุมขวาล่าง

เนื่องจากองค์ประกอบของแผนที่ที่มีลำดับความสำคัญมากน้อยต่างกัน สรุปลำดับความสำคัญได้ตามตารางการวางองค์ประกอบแผนที่ที่พิจารณาให้องค์ประกอบที่มีลำดับความสำคัญสูงมีสัดส่วนพื้นที่มากที่สุด แล้วลดหลั่นขนาดพื้นที่กันไปตามลำดับ และองค์ประกอบของแผนที่ที่มีลำดับความสำคัญสูงต้องอยู่บริเวณที่น่าสนใจที่สุดด้วย

- การจัดลำดับของเนื้อหาแผนที่ (Hierarchical organization) ส่วนของเนื้อหาแผนที่ ก็มีระดับความสำคัญแตกต่างกัน โดยเฉพาะแผนที่เฉพาะเรื่องมีเนื้อหาหลัก หรือหัวเรื่องหลักที่นำมาแสดงบนแผนที่ซึ่งอาจเน้นเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ เช่น ชนิดดิน การใช้ที่ดิน หรือข้อมูลภูมิศาสตร์ที่นำมาแสดงเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น

จำนวนประชากร และเนื้อหารอง ประกอบเป็นพื้นหลัง ซึ่งคือข้อมูลอื่นๆ ที่ประกอบเป็นฉากหลัง อาจเป็นแผนที่ลายเส้นหรือเป็นข้อมูลจากดาวเทียม และรูปถ่ายทางอากาศก็ได้ แต่ต้องออกแบบให้ภาพประกอบพื้นหลังไม่รบกวนประเด็นที่นำมาแสดง เช่น การลดทอนรายละเอียดที่ไม่จำเป็นออกไป การใช้สีอ่อนกว่าประเด็นหลัก การจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาแผนที่ 3 ลักษณะ คือ ลักษณะภาพ 3 มิติ ลักษณะลำดับชั้น และลักษณะการจำแนกย่อย

### บทที่ 3 การรับรู้จากระยะไกล

การรับรู้จากระยะไกล หรือ รีโมทเซนซิง คือ เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะในการได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวัตถุพื้นที่หาข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ พื้นที่และปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือปรากฏการณ์ ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล ซึ่งเครื่องมือบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสกับวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นสื่อการได้มาซึ่งข้อมูล ใน 3 ลักษณะคือ ช่วงคลื่น รูปทรงสัญญาณของวัตถุบนพื้นผิวโลก และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา

คำว่า “รีโมทเซนซิง” (Remote Sensing) ประกอบขึ้นมาจากการรวม 2 คำ ซึ่งแยกออกได้ดังนี้ คือ

Remote = ระยะไกล

Sensing = การรับรู้

หากรวมคำ 2 คำเข้าด้วยกัน "Remote Sensing" จึงหมายถึง "การรับรู้จากระยะไกล" โดยมีนิยามความหมายนี้ได้กล่าวไว้ว่า “เป็นการสำรวจตรวจสอบคุณสมบัติสิ่งใดๆ ก็ตาม โดยที่ไม่ได้สัมผัสกับสิ่งเหล่านั้นเลย” ดังนั้นคำว่า "Remote Sensing" จึงมีความหมายที่นิยมเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “การสำรวจจากระยะไกล”

#### คำจำกัดความ รีโมทเซนซิง

“การใช้พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในการบันทึกภาพสิ่งที่อยู่โดยรอบ ซึ่งสามารถนำภาพมาทำการแปลความ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์” หากพิจารณาตามความหมายที่กล่าวมา การสำรวจจากระยะไกล จะเกี่ยวข้องกับ การสำรวจเก็บบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ ซึ่งประกอบด้วย แหล่งข้อมูลที่ต้องการศึกษา (Data Source) พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Energy) อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Sensor) และกรรมวิธีประมวลผลข้อมูล (Data Processing)

ในปัจจุบันนี้ อาจกล่าวได้ว่า รีโมทเซนซิง เป็นเครื่องมือทางการวิจัยที่มีประสิทธิภาพมากเพราะได้ข้อมูลที่ทันต่อเหตุการณ์ เป็นข้อมูลที่ครอบคลุมบริเวณกว้าง และสามารถบันทึกภาพในบริเวณเดิมในเวลาที่เหมาะสมเหมาะที่จะนำมาใช้ศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงเป็นข้อมูลที่เพิ่มประสิทธิภาพของมนุษย์ในการวางแผนงานและการตัดสินใจได้ดีขึ้นหลักการเบื้องต้นในการสำรวจจากระยะไกล

กระบวนการสำรวจระยะไกลประกอบด้วย 2 หลัก คือ

1. การรับข้อมูลและบันทึกสัญญาณข้อมูล (Data Acquisition )
2. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis )



กระบวนการสำรวจระยะไกล

ที่มา <http://dc356.4shared.com/doc/8AuUXLWq/preview.html>

การบันทึกข้อมูลจากระยะไกล สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน คือ

(1) แหล่งพลังงาน (Source) ที่เป็นต้นกำเนิดของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาจากสามแหล่ง คือ พลังงานจากดวงอาทิตย์ การแผ่พลังงานความร้อนจากพื้นผิวโลก และระบบบันทึกข้อมูล ในขณะที่มีการทำงานนั้นจะเกิดกระบวนการ การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การนำความร้อน (Conduction) และ การพาความร้อน (Convection)

(2) ปฏิกริยาที่มีต่อพื้นผิวโลก เป็นปริมาณของการแผ่รังสี หรือการสะท้อนพลังงานจากผิวโลก ซึ่งจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุบนพื้นโลก เนื่องจากวัตถุต่างชนิดกันจะมีสมบัติในการสะท้อนแสงและการส่งพลังงานความร้อนแตกต่างกันในแต่ละช่วง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความแตกต่างนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการจำแนกประเภทของวัตถุต่าง ๆ

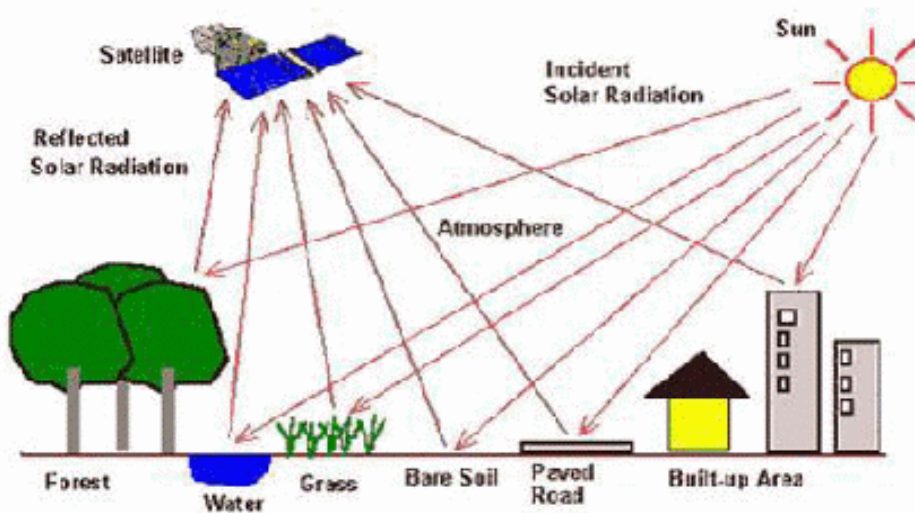
(3) ปฏิกริยาที่มีต่อบรรยากาศและเครื่องบันทึกข้อมูล พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในชั้นบรรยากาศจะถูกกระจัดกระจาย (scatter) โดยธาตุองค์ประกอบของบรรยากาศซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพข้อมูล

(4) เครื่องวัดจากระยะไกล (remote sensor) หรือ เครื่องบันทึกพลังงานที่สะท้อนจากพื้นผิวของวัตถุ เช่น กล้องถ่ายรูป หรือเครื่องกวาดภาพ เป็นต้น เครื่องวัดนี้จะถูกติดตั้งไว้ในยานสำรวจ (platform) ได้แก่ เครื่องบินหรือดาวเทียม ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องวัดชนิดใหม่ขึ้นมาใช้อย่างมากมาย เพื่อใช้งานเฉพาะเรื่อง

ระบบรีโมทเซนซิง ถ้าแบ่งตามแหล่งกำเนิดพลังงานที่ก่อให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มี 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. Passive remote sensing เป็นระบบที่ใช้กันกว้างขวางตั้งแต่เริ่มแรกจนถึงปัจจุบัน โดยมีแหล่ง พลังงานที่เกิดตามธรรมชาติ คือ ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน ระบบนี้จะรับและบันทึกข้อมูลได้ ส่วนใหญ่ในเวลา กลางวัน และมีข้อจำกัดด้านภาวะอากาศไม่สามารถรับข้อมูลได้ในฤดูฝนหรือเมื่อมีเมฆหมอกฝน

2. Active remote sensing เป็นระบบที่แหล่งพลังงานเกิดจากการสร้างขึ้นในตัวเครื่องมือสำรวจ เช่น ช่วง คลื่นไมโครเวฟที่สร้างในระบบเรดาร์ แล้วส่งพลังงานนั้นไปยังพื้นที่เป้าหมาย ระบบนี้ สามารถทำการรับและ บันทึกข้อมูล ได้โดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา หรือ ด้านสภาวะภูมิอากาศ คือสามารถรับส่งสัญญาณได้ทั้งกลางวัน และกลางคืน อีกทั้งยังสามารถทะลุผ่านกลุ่มเมฆ หมอก ฝนได้ในทุกฤดูกาลในช่วงแรกระบบ passive remote sensing ได้รับการพัฒนามาก่อน และยังคงใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ส่วนระบบ active remote sensing มีการพัฒนาจากการทหาร แล้วจึงเผยแพร่เทคโนโลยีนี้ต่อกิจการพลเรือนในช่วงหลัง การสำรวจในด้าน นี้ได้รับความสนใจมากขึ้นโดยเฉพาะกับประเทศในเขตร้อนที่มีปัญหาเมฆ หมอก ปกคลุมอยู่เป็นประจำ



หลักการสำรวจจากระยะไกล

ที่มา [http://en.wikipedia.org/wiki/Remote\\_sensing](http://en.wikipedia.org/wiki/Remote_sensing)

<http://dc356.4shared.com/doc/8AuUXLWq/preview.html>

### พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในงานสำรวจจากระยะไกล

ดวงอาทิตย์ เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานตามธรรมชาติที่สำคัญที่ใช้เป็นสื่อในการเก็บบันทึกข้อมูลต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก พลังงานจากแสงอาทิตย์นี้มีลักษณะเป็นคลื่น มีความยาวแตกต่างกันออกไป เรียกว่า “แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า” (Electromagnetic Spectrum) ประกอบด้วยช่วงคลื่นที่สั้นที่สุด คือ รังสีคอสมิก (Cosmic Ray) ซึ่งมีความยาว 10 - 12 เมตร ไปจนถึงช่วงคลื่นยาวที่สุด คือ คลื่นวิทยุและโทรทัศน์ (Radio and television wave) ซึ่งมีความยาวมากกว่า 1 กิโลเมตรขึ้นไป รังสีแกมมา (Gamma Ray) และรังสีเอกซเรย์ (X-ray) จะถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยบรรยากาศชั้นบน จึงมิได้นำมาใช้ในงานสำรวจข้อมูลระยะไกล ช่วงคลื่นที่มักนำมาใช้ในการทำงานของระบบรีโมทเซนซิงคือช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible Rays) ได้แก่ช่วงคลื่นที่มีความยาวระหว่าง 0.4-0.7 ไมโครเมตร ( $\mu m$ ) ซึ่งประกอบไปด้วยช่วงคลื่นสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มแม่สีหลัก คือ น้ำเงิน เขียว และแดง จัดได้ว่าเป็นแม่สีแสงธรรมชาติที่สามารถนำไปผสมผสานให้เกิดสีขึ้นมาอีกมากมายจากการศึกษาพบว่า ช่วงคลื่น อินฟราเรดใกล้ และ ช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง เหมาะสำหรับ

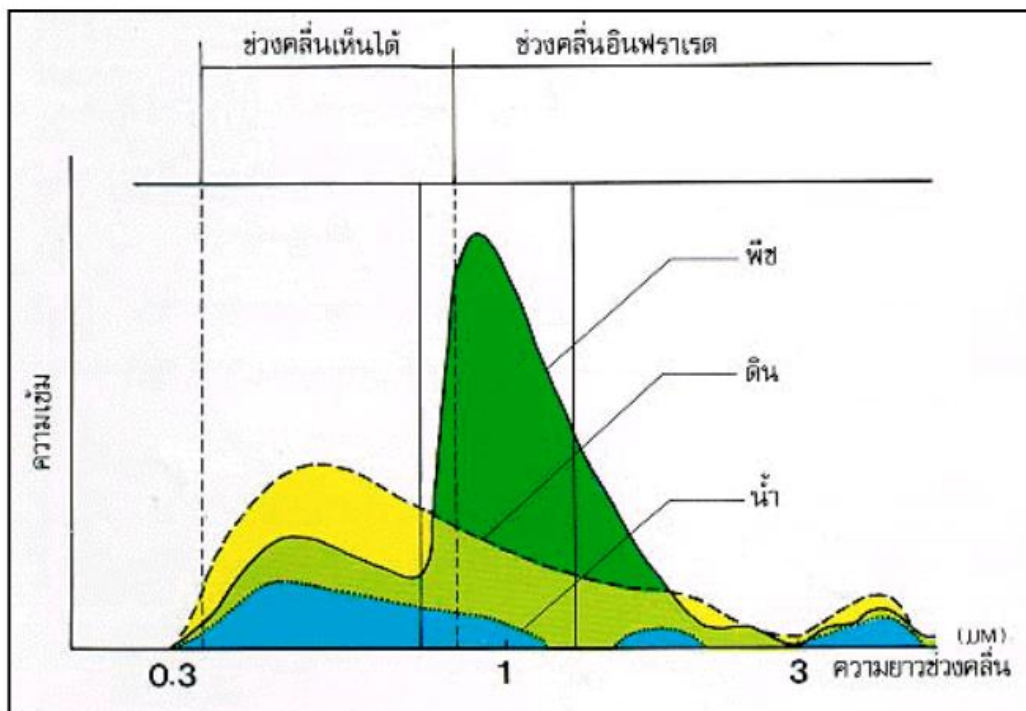
นำมาใช้ในการศึกษาด้านธรณีวิทยา ช่วงคลื่น อินฟราเรดไกล มักใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับอุณหภูมิ ของวัตถุ เช่น ใช้ในการศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวน้ำและอุณหภูมิผิวดินในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน และช่วงคลื่น “ไมโครเวฟ” ใช้มากในระบบถ่ายภาพที่สามารถสร้างพลังงานขึ้นเองได้ เช่น ระบบ SAR (Synthetic Aperture Radar)

### ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีต่อวัตถุบนพื้นโลก

พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากดวงอาทิตย์มักจะถูกดูดกลืนโดยความชื้นและกระจัดกระจายโดยอนุภาคในบรรยากาศ (เช่นผงฝุ่น) ก่อน ที่จะส่งต่อมายังพื้นโลก ซึ่งประกอบไปด้วยวัตถุและสิ่งปกคลุมดินหลายชนิด ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุบนพื้นโลกจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุ และความขรุขระของพื้นผิววัตถุ คือวัตถุจะต้องมีความขรุขระมากพอที่จะทำให้รังสีสามารถสร้างปฏิสัมพันธ์ได้ ถ้าหากพื้นผิวของวัตถุเรียบเกินไปก็จะทำให้รังสีความร้อนสะท้อนกลับหมดทำให้มีรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการทราบส่งผ่านไปยังเครื่องบันทึกน้อย แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้วพื้นผิวโลกโดยมากจะขรุขระจึงไม่ค่อยเกิดปัญหาในการบันทึกข้อมูล ปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้ากับวัตถุบนพื้นโลก แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

- การดูดกลืนพลังงาน (Absorption)
- การส่งผ่านพลังงาน (Transmission)
- การสะท้อนพลังงาน (Reflection)

เราสามารถที่จะจำแนกชนิดของวัตถุบนพื้นผิวโลกออกได้โดยอาศัยคุณสมบัติทางช่วงคลื่น (Spectral Characteristics) อย่างไรก็ตามวัตถุบางอย่างไม่สามารถแบ่งแยกออกจากกันได้โดยเด็ดขาด ดังนั้นการศึกษาริโมทเซนซิงจึงจำเป็นต้องอย่างยั้งที่ผู้ศึกษาต้องเข้าใจคุณสมบัติช่วงคลื่นของวัตถุที่สนใจศึกษา และในขณะเดียวกันต้องทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติเชิงคลื่นของวัตถุเหล่านั้นก่อนที่จะดำเนินการแปลภาพดาวเทียมนั้น ผู้แปลจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า กับวัตถุ 3 ชนิด ใหญ่ ๆ บนพื้นโลก ได้แก่ พืช ดิน และ น้ำ



ลายเซ็นช่วงคลื่นจากพืชที่สมบูรณ์ ดิน และน้ำ

ที่มา <http://www.rs.psu.ac.th/rs>



### ประโยชน์ของการตรวจวัดจากระยะไกล

การตรวจวัดจากระยะไกลมี ข้อดี อยู่หลายประการ ซึ่งเป็นประโยชน์มากต่อการศึกษาค้นคว้าและโครงสร้างของบรรยากาศและพื้นผิวโลก ทั้งในระดับ ท้องถิ่นและระดับโลก อาทิเช่น

1. ตรวจวัดครอบคลุมพื้นที่ได้เป็น บริเวณกว้าง ในแต่ละครั้ง โดยเฉพาะการตรวจวัดจากอวกาศ ทำให้มองภาพรวมได้ง่าย และได้ข้อมูลที่ค่อนข้างทันต่อเหตุการณ์
2. ตรวจวัดได้ใน หลายระดับ ของ ความละเอียด ทั้งความละเอียดเชิงพื้นที่และความละเอียดเชิงรังสี ขึ้นอยู่กับความสามารถของอุปกรณ์ และระดับความสูงของสถานีติดตั้ง เป็นสำคัญ
3. ตรวจวัดได้ อย่างต่อเนื่อง ทั้งในช่วงกลางวันและช่วงกลางคืน โดยเฉพาะการตรวจวัดในช่วง เทอร์มอลอินฟราเรด และ ไมโครเวฟ ซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้แสงอาทิตย์ช่วยในการสำรวจ
4. ตรวจวัดได้ใน หลายช่วงคลื่น ไม่เฉพาะในช่วงแสงขาวที่ตาเรามองเห็นเท่านั้น ทำให้ได้ข้อมูล เกี่ยวกับวัตถุหรือพื้นที่ที่ศึกษา มากกว่าที่เรารับรู้ตามปกติมาก
5. ตรวจวัดข้อมูลในพื้นที่ ที่เข้าถึงทางพื้นดินลำบาก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ต้องการเพียงสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มาจากพื้นที่ที่ศึกษา เท่านั้นในการทำงาน



ภาพของ นครนิวยอร์ก จากดาวเทียม SPOT-3 เมื่อวันที่ 11 กันยายน ค.ศ. 2001 ความละเอียด 20 เมตร

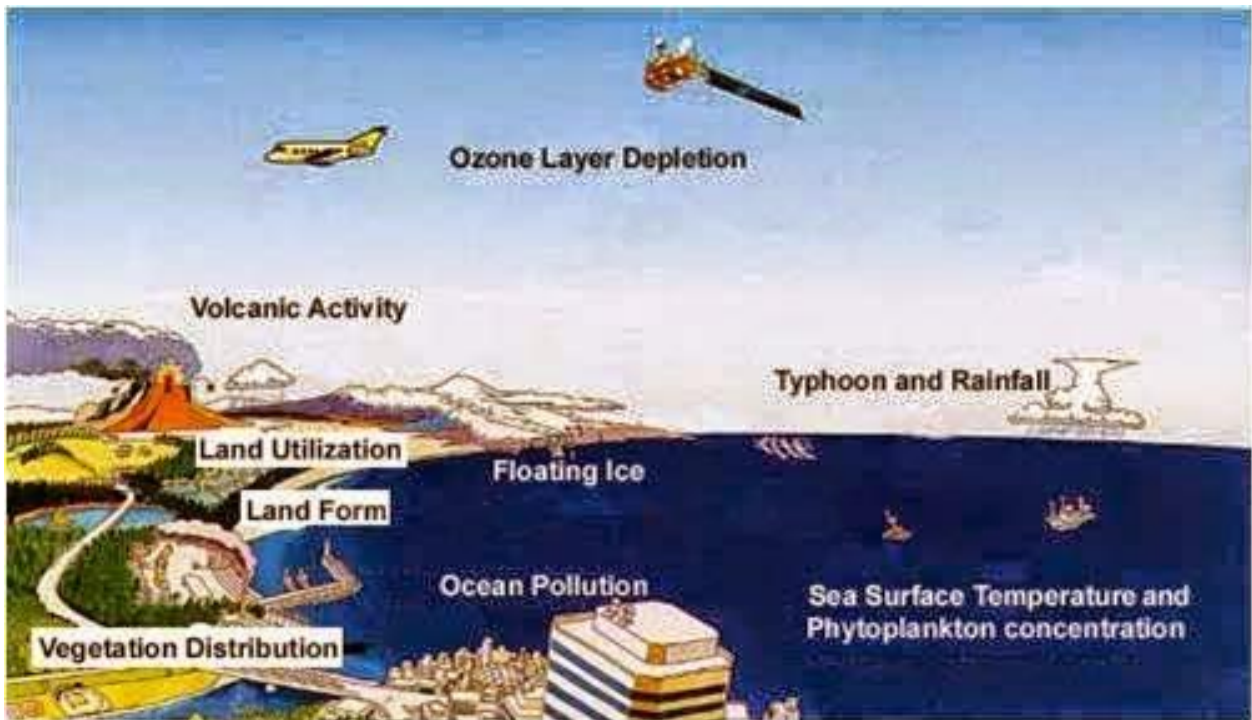


ภาพของ นครนิวยอร์ก จากดาวเทียม IKONOS เมื่อวันที่ 12 กันยายน ค.ศ. 2001 ความละเอียด 1 เมตร

สำหรับ ข้อด้อย ของการตรวจวัดจากระยะไกล ที่เห็นได้ชัดมีอาทิเช่น

1. ต้องใช้ งบประมาณ ในเบื้องต้นและงบดำเนินการสูง โดยเฉพาะในการจัดหาสถานีติดตั้งและการสร้าง อุปกรณ์ตรวจวัด เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีระดับสูง
2. ต้องใช้ บุคลากร ที่ได้รับการฝึกฝนมาโดยเฉพาะในการดำเนินงาน เนื่องจากต้องการผู้ที่มีความรู้พื้นฐานที่ดีมากพอสำหรับการ บริหารจัดการ ระบบและการ ใช้ประโยชน์ จากข้อมูลที่ได้
3. ข้อมูลที่ได้บางครั้งยังขาด ความละเอียดเชิงพื้นที่มากพอ เนื่องมาจากการสำรวจจากระยะไกล ทำให้การศึกษาในบางเรื่องอาจมีข้อจำกัดอยู่มากพอควร
4. ข้อมูลที่ได้บางครั้งยังมี ความคลาดเคลื่อน อยู่สูง ซึ่งเกิดมาได้จากหลายสาเหตุ ทั้งส่วนที่เกิดมาจากความบกพร่องของตัวระบบเอง และส่วนที่เกิดมาจากสภาวะแวดล้อมขณะทำการตรวจวัด





ตัวอย่างแนว การประยุกต์ใช้งาน ของเทคโนโลยีดาวเทียมทาง RS ในปัจจุบัน

ประเภทของดาวเทียม แบ่งเป็น 5 ชนิดคือ

- 1.ดาวเทียมสื่อสาร
- 2.ดาวเทียมสำรวจ
- 3.ดาวเทียมพยากรณ์อากาศ
- 4.ดาวเทียมทางการทหาร
- 5.ดาวเทียมด้านวิทยาศาสตร์

### ดาวเทียมสื่อสาร

ดาวเทียมสื่อสารเป็นดาวเทียมที่ต้องทำงานอยู่ตลอดเวลา เรียกได้ว่าทำงานตลอด 24 ชม. ไม่มีวันหยุด เพื่อที่จะเชื่อมโยงเครือข่ายการสื่อสารของโลกเข้าไว้ด้วยกัน ดาวเทียมสื่อสารเมื่อถูกส่งเข้าสู่วงโคจร มันก็พร้อมที่จะทำงานได้ทันที มันจะส่งสัญญาณไปยังสถานีภาคพื้นดิน สถานีภาคพื้นดินจะรับสัญญาณโดยใช้อุปกรณ์ ที่เรียกว่า "Transponder" ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่พักสัญญาณ แล้วกระจายสัญญาณไปยังจุดรับสัญญาณต่างๆ บนพื้นโลก ดาวเทียมสื่อสารสามารถส่งผ่านสัญญาณโทรศัพท์ ข้อมูลต่างๆ รวมถึงสัญญาณภาพโทรทัศน์ได้ไปยังทุกหนทุกแห่ง

### ดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

การใช้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรและสภาพแวดล้อมของโลก เป็นการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีการถ่ายภาพ และโทรคมนาคม โดยการทำงานของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรจะใช้หลักการ สำรวจข้อมูลจากระยะไกล หลักการที่สำคัญของดาวเทียมสำรวจทรัพยากร คือ Remote Sensing โดยใช้คลื่นแสงที่เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (EME : Electro - Magnetic Energy) ทำหน้าที่เสมือนสื่อกลางส่งผ่านระหว่างวัตถุเป้าหมาย และอุปกรณ์บันทึกข้อมูล อุปกรณ์ถ่ายภาพที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม มักจะได้รับการออกแบบให้มีความสามารถถ่ายภาพ

และมีความหลากหลายในรายละเอียดของภาพได้อย่างเหมาะสม เพื่อประโยชน์ในการจำแนกประเภททรัพยากรที่สำคัญๆ

### ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเป็นดาวเทียมที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศด้วยภาพถ่ายเรดาร์ (Radar) และภาพถ่ายอินฟราเรด (Infrared) เนื่องจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเป็นดาวเทียมสำรวจประเภทหนึ่งจึงมีอุปกรณ์บนดาวเทียมคล้ายกับดาวเทียมสำรวจทรัพยากร จะแตกต่างกันก็เพียงหน้าที่ การใช้งาน ดังนั้นดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจึงมีหลักการทำงานเช่นเดียวกับดาวเทียมสำรวจทรัพยากร กล่าวคือ อุปกรณ์สำรวจอุตุนิยมวิทยานบนดาวเทียมจะส่งสัญญาณมายังเครื่องรับที่สถานีภาคพื้นดิน ซึ่งที่สถานีภาคพื้นดินนี้จะมีระบบรับสัญญาณแตกต่างกันไปตามดาวเทียมแต่ละดวง

### ดาวเทียมบอกตำแหน่ง

ระบบหาตำแหน่งโดยใช้ดาวเทียม (Global Positioning Satellite System - GPS) ถูกพัฒนาโดยทหารสำหรับการใช้งานในกระทรวงกลาโหม ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำมาใช้งานในเชิงพาณิชย์ โดยใช้เป็นระบบนำร่องให้กับเครื่องบิน เมื่อดาวเทียมที่ใช้กับระบบ GPS ขยายตัวมากขึ้น จึงมีพื้นที่การครอบคลุมมากขึ้น และได้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น การนำร่องให้เรือเดินสมุทรพาณิชย์ในบริเวณที่ระบบนำร่องภาคพื้นดิน ไม่สามารถใช้ได้

### ดาวเทียมประเภทอื่นๆ

#### -ดาวเทียมสมุทรศาสตร์

เราสามารถนำดาวเทียมไปใช้กับงานได้หลากหลายสาขา งานทางด้านสำรวจทางทะเลก็เป็นอีกสาขาหนึ่งที่ดาวเทียมได้เข้าไปมีบทบาทปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ทางทะเล และนักชีววิทยาทางทะเลสามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวของทุกระบบสิ่งในท้องทะเลได้ ก็ด้วยการใช้งานจากดาวเทียมนั่นเอง โดยนำข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมสำรวจทางทะเลมาตรวจวิเคราะห์สภาพแวดล้อม ลักษณะสิ่งมีชีวิต ความแปรปรวนของคลื่นลมและกระแสน้ำ จนกระทั่งได้รายงานสรุปสภาพทางทะเลที่สมบูรณ์

#### -ดาวเทียมสำรวจอวกาศ

ดาวเทียมเพื่อการสำรวจอวกาศเป็นเทคโนโลยีที่ยังใหม่มาก โดยดาวเทียมประเภทนี้จะถูกนำไปสู่วังโคจรที่สูงกว่าดาวเทียมประเภทอื่น ๆ ลึกเข้าไปในอวกาศ ดังนั้นดาวเทียมสำรวจอวกาศจึงให้ภาพที่ไร้สิ่งกีดขวางใด ๆ ไม่มีชั้นบรรยากาศของโลกมาบัง ดาวเทียมสำรวจอวกาศบางดวงก็จะนำอุปกรณ์ตรวจจับ และบันทึกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า บางดวงก็จะมีหน้าที่ตรวจจับและบันทึกรังสีอัลตราไวโอเล็ต

#### -ดาวเทียมจารกรรม

ดาวเทียมที่น่าสนใจอีกประเภทหนึ่งก็คือ ดาวเทียมเพื่อการจารกรรมหรือสอดแนม ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิดใหญ่ ๆ ด้วยกัน แต่ที่นิยมมากที่สุดคือประเภทที่ใช้เพื่อการลาดตระเวน โดยมีการติดกล้องเพื่อใช้ในการถ่ายภาพพิเศษ สามารถสืบหาตำแหน่งและรายละเอียดเฉพาะพื้นที่ที่ต้องการได้ ดาวเทียมจะมีอุปกรณ์ตรวจจับคลื่นวิทยุด้วยเรดาร์และ แสงอินฟราเรด ซึ่งสามารถตรวจจับได้ทั้งในที่มืด หรือที่ที่ถูกพรางตาไว้

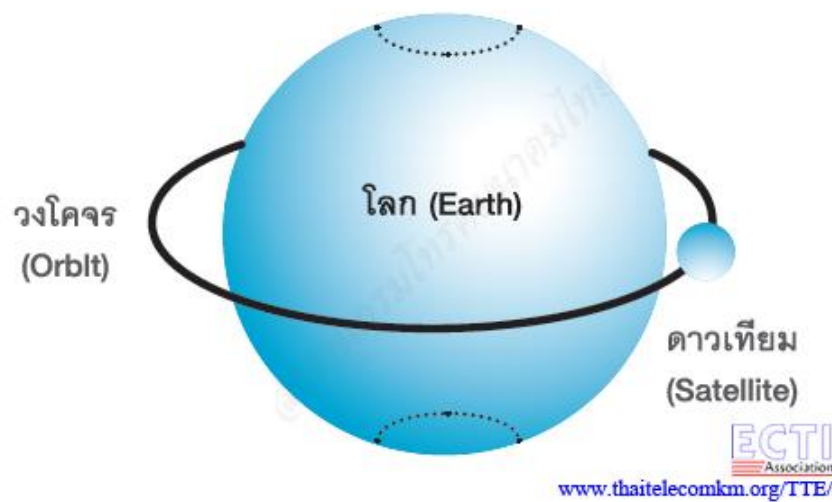
วงโคจรของดาวเทียม มี 3 รูปแบบ

1. วงโคจรระนาบศูนย์สูตร (Equatorial Orbit)

2. วงโคจรผ่านขั้วโลก (Polar Orbit)
3. วงโคจรระนาบเอียง (Inclined Orbit)

#### 1. วงโคจรระนาบศูนย์สูตร (Equatorial Orbit)

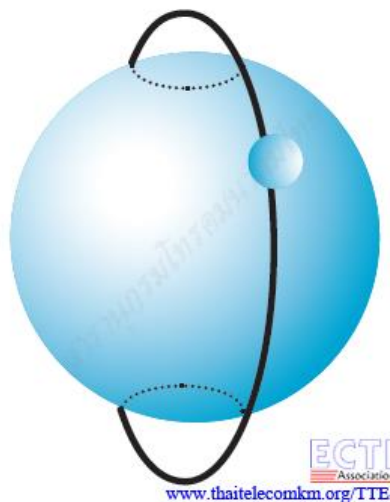
วงโคจรที่มีระนาบการโคจรของดาวเทียมอยู่ในแนวเดียวกันกับเส้นศูนย์สูตรหรือเอียงทำมุมไม่เกิน 5 องศา ซึ่งดาวเทียมที่มีวงโคจรเหนือระนาบเส้นศูนย์สูตรนั้น ได้แก่ ดาวเทียมค้างฟ้า ซึ่งดาวเทียมต้องรักษาระดับวงโคจรอย่างสม่ำเสมอ (ระยะห่างระหว่างโลกกับดาวเทียม) และไปในทิศทางเดียวกับเส้นศูนย์สูตรของโลกตลอดการโคจร โดยที่ดาวเทียมที่ใช้ระบบวงโคจรแบบระนาบศูนย์สูตรใช้ สำหรับการตรวจสอบสภาพอากาศ



ภาพแสดงวงโคจรระนาบศูนย์สูตร

#### 2. วงโคจรผ่านขั้วโลก (Polar Orbit)

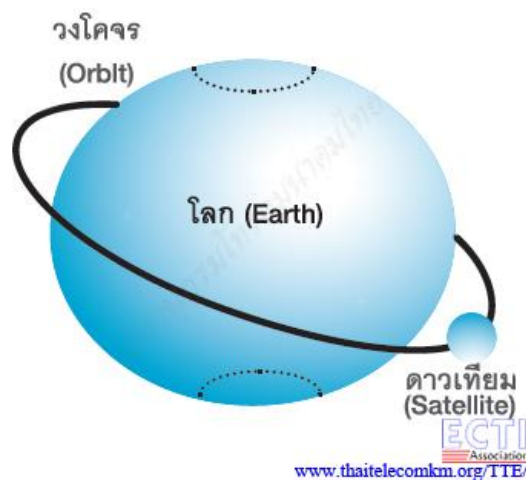
วงโคจรระบบผ่านขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ที่มีรูปลักษณะเป็นวงกลมหรือวงโคจรทำมุม 90 องศา กับแนวเส้นศูนย์สูตร วงโคจรของดาวเทียมโคจรผ่าน(หรือบริเวณใกล้เคียง) ทั้งขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ โดยทั่วไปใช้สำหรับการทำแผนที่โลก การสำรวจทรัพยากรและการตรวจสอบสภาพอากาศ



## ภาพแสดงวงโคจรผ่านขั้วโลก

### 3. วงโคจรระนาบเอียง (Inclined Orbit)

วงโคจรที่ดาวเทียมโคจรในระนาบที่ทำมุมกับระนาบของเส้นศูนย์สูตรมากกว่าศูนย์ไปจนถึง 180 องศา ซึ่งวงโคจรในระนาบเอียงโดยทั่วไปใช้สำหรับดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของโลกที่สามารถถ่ายภาพได้ทั่วทุกมุมโลก โดยเฉพาะดาวเทียมที่ใช้งานในระบบบอกตำแหน่งบนพื้นโลกหรือจีพีเอส (Global Positioning System: GPS)



ภาพแสดงวงโคจรระนาบเอียง

ที่มา [http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Principle\\_of\\_Satellite\\_Communications/index.php](http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Principle_of_Satellite_Communications/index.php)

## บทที่ 4

### ระบบนำทางดาวเทียมบนพื้นโลก

ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก เรียกว่า จีพีเอส (อังกฤษ: Global Positioning System : GPS) หรือ รู้จักในชื่อ นาฟสตาร์ (Navstar) คือระบบดาวเทียมนำร่องโลก (Global Navigation Satellite System : GNSS) เพื่อระบุข้อมูลของตำแหน่งและเวลาโดยอาศัยการคำนวณจากความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ส่งมาจากตำแหน่งของดาวเทียมต่างๆ ที่โคจรรอบโลกทำให้สามารถระบุตำแหน่ง ณ จุดที่สามารถรับสัญญาณได้ทั่วโลกและในทุกสภาพอากาศ รวมถึงสามารถคำนวณความเร็วและทิศทางเพื่อนำมาใช้ร่วมกับแผนที่ในการนำ

#### ประวัติ

จีพีเอสมีแนวคิดในการพัฒนาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1957 เมื่อนักวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา ติดตามการส่งดาวเทียมสปุตนิกของสหภาพโซเวียต และพบปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ของคลื่นวิทยุที่ส่งมาจากดาวเทียม จึงพบว่าหากทราบตำแหน่งที่แน่นอนบนพื้นผิวโลกก็สามารถระบุตำแหน่งของดาวเทียมได้จากการตรวจวัดดอปเปลอร์ และหากทราบตำแหน่งที่แน่นอนของดาวเทียมก็สามารถระบุตำแหน่งบนพื้นโลกได้ในทางกลับกัน

กองทัพเรือสหรัฐได้ทดลองระบบนำทางด้วยดาวเทียมระบบแรกคือ ทรานซิส (TRANSIT) ในปี ค.ศ. 1960 และดาวเทียมที่ใช้ในจีพีเอส (GPS Block-I) ส่งขึ้นทดลองเป็นครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1978 เพื่อใช้ในการทหาร อย่างไรก็ตามในปี ค.ศ. 1983 หลังจากเหตุการณ์โคเรียนแอร์ไลน์ เที่ยวบินที่ 007 ของเกาหลีใต้ บินพลัดหลงเข้าไปในน่านฟ้าของสหภาพโซเวียต และถูกยิงตก ทำให้ผู้โดยสาร 269 คนเสียชีวิตทั้งหมด โรนัลด์ เรแกน ประธานาธิบดีสหรัฐอเมริกา ประกาศว่าเมื่อพัฒนาจีพีเอสเสร็จแล้วจะอนุญาตให้ประชาชนทั่วไปใช้งานได้

#### คุณสมบัติดาวเทียม

ดาวเทียมของจีพีเอสเป็นดาวเทียมที่มีวงโคจรระดับกลาง (Medium Earth Orbit: MEO) ที่ระดับความสูงประมาณ 20,000 กิโลเมตร จากพื้นโลก ใช้การยืนยันตำแหน่งโดยอาศัยพิกัดจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง ดาวเทียมจะโคจรรอบโลกเป็นเวลา 4-8 ชั่วโมงต่อหนึ่งรอบ ที่ความเร็ว 4 กิโลเมตร/วินาที การโคจรแต่ละรอบนั้นสามารถได้เป็น 6 ระนาบ ระนาบละ 4 ดวง ทำมุม 55 องศา โดยทั้งระบบจะต้องมีดาวเทียม 24 ดวง หรือมากกว่า เพื่อให้สามารถยืนยันตำแหน่งได้ครอบคลุมทุกจุดบนผิวโลก ปัจจุบัน เป็นดาวเทียม GPS Block-II มีดาวเทียมสำรองประมาณ 4-61 ดวง

#### เทคนิคการหาตำแหน่ง

คือการคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่อง GPS ซึ่งจะต้องใช้ระยะทางจากดาวเทียมอย่างต่ำ 3 ดวง เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แน่นอน ซึ่งเมื่อเครื่อง GPS สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ 3 ดวงขึ้นไปแล้ว จะมีคำนวณระยะทางระหว่างดาวเทียมถึงเครื่อง GPS โดยจากสูตรคำนวณทางฟิสิกส์คือ

ความเร็ว X เวลา = ระยะทาง

โดยดาวเทียมทั้ง 3 ดวงจะส่งสัญญาณที่เหมือนกันมายังเครื่อง GPS โดยความเร็วแสง (186,000 ไมล์ต่อวินาที) แต่ระยะเวลาในการรับสัญญาณได้จากดาวเทียมแต่ละดวงนั้นจะไม่เท่ากัน เนื่องจากระยะทางไม่เท่ากัน เช่น

ดาวเทียม 1 : ระยะเวลาในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมดวงแรกถึงเครื่อง GPS คือ 0.10 วินาที  
ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับ GPS คือ 18,600 ไมล์ (186,000 ไมล์ต่อวินาที X 0.10 วินาที = 18,600 ไมล์)

ฉะนั้นตำแหน่งปัจจุบันก็จะสามารถเป็นจุดใดก็ได้ในวงกลมที่มีรัศมี 18,600 ไมล์ ซึ่งจะทำให้ดาวเทียมเพียงดวงเดียวยังไม่สามารถบอกตำแหน่งที่แน่นอนได้

ดาวเทียม 2 : ระยะเวลาในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมดวงแรกถึงเครื่อง GPS คือ 0.08 วินาที ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับ GPS คือ 13,200 ไมล์ ( $186,000 \text{ ไมล์ต่อวินาที} \times 0.08 \text{ วินาที} = 13,200 \text{ ไมล์}$ ) ฉะนั้นตำแหน่งปัจจุบันก็จะสามารถเป็นจุดใดก็ได้ในจุด Intersect ระหว่างวงกลมจากดาวเทียมดวงแรกกับดาวเทียมดวงที่ 2

ดาวเทียม 3 : ระยะเวลาในการส่งสัญญาณจากดาวเทียมดวงแรกถึงเครื่อง GPS คือ 0.06 วินาที ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับ GPS คือ 11,160 ไมล์ ( $186,000 \text{ ไมล์ต่อวินาที} \times 0.06 \text{ วินาที} = 11,160 \text{ ไมล์}$ ) ฉะนั้นตำแหน่งปัจจุบันก็จะสามารถเป็นจุดใดก็ได้ในจุด Intersect ระหว่างวงกลมจากดาวเทียมทั้ง 3 ดวง

จะเห็นได้ว่าจะเหลือตำแหน่งอยู่ 2 จุดที่บริเวณวงกลมทั้ง 3 ตัดกันคือตำแหน่งที่อยู่ในอวกาศ ซึ่งแน่นอนว่าเราไม่สามารถไปอยู่ในอวกาศได้ตำแหน่งนี้จะถูกตัดทิ้งอัตโนมัติโดยเครื่อง GPS อีกตำแหน่งคือตำแหน่งบนพื้นโลกซึ่งเป็นตำแหน่งที่เรายืนถือเครื่อง GPS อยู่นั่นเอง ซึ่งความถูกต้องแม่นยำของตำแหน่งก็ขึ้นกับจำนวนดาวเทียมที่สามารถรับสัญญาณได้ในขณะนั้นหากมีมากกว่า 3 ดวงก็จะละเอียดมากขึ้น และก็ขึ้นกับเครื่อง GPS ด้วย หากเป็นเครื่องที่มีราคาแพง (ซึ่งมักใช้เฉพาะงาน) ก็จะมี ความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

ข้อมูลตำแหน่งที่ได้มานั้น ยังสามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมในเครื่อง GPS เพื่อบอกจุดบนแผนที่ และแสดงตำแหน่งของเราว่าอยู่จุดใดของแผนที่ได้อีกด้วย ทั้งนี้ก็ขึ้นกับข้อมูลแผนที่ที่ติดมากับเครื่องด้วยว่ามีความแม่นยำเพียงใด โดยแผนที่พื้นฐานจะไม่ได้ติดตั้งมากับเครื่อง GPS ทุกรุ่น ซึ่งอาจจะต้องซื้อแยกจากตัวเครื่อง

หน้าที่สำคัญ ของดาวเทียม GPS มีดังนี้

1. รับข้อมูล วงโคจรที่ถูกต้องของดาวเทียม (Ephemeris Data) ที่ส่งมาจาก สถานีควบคุมดาวเทียมหลัก (Master Control Station) เพื่อส่งกระจายสัญญาณข้อมูลนี้ ลงไปยังพื้นโลก สำหรับ GPS Receiver ใช้ในการคำนวณ ระยะห่าง (Range) ระหว่างดาวเทียมดวงนั้น กับ ตัวเครื่อง GPS Receiver และตำแหน่งของดาวเทียมบนท้องฟ้า เพื่อใช้คำนวณหา ตำแหน่งพิกัด ของตัวเครื่อง GPS Receiver เอง
2. ส่งรหัส (Code) และข้อมูล Carrier Phase ไปกับคลื่นวิทยุ ลงไปยังพื้นโลก สำหรับ GPS Receiver ใช้ในการคำนวณ ระยะห่าง (Range) ระหว่างดาวเทียมดวงนั้น กับ ตัวเครื่อง GPS Receiver
3. ส่งข้อมูลตำแหน่งโดยประมาณของดาวเทียมทั้งหมด (Almanac Information) และข้อมูลสุขภาพของดาวเทียม ลงไปยังพื้นโลก สำหรับ GPS Receiver ใช้ในการกำหนดดาวเทียม ที่จะสามารถรับสัญญาณได้

สถานีควบคุมภาคพื้นดิน MONITORING AND CONTROLLING ระบบ GPS ถูกควบคุมโดยกองทัพอากาศ สหรัฐอเมริกา จากสถานีควบคุมหลัก ในรัฐโคโลราโด ซึ่งจะคอยตรวจสอบ ดาวเทียมทุกดวงในระบบ ป้อนคำสั่งควบคุม และป้อนข้อมูล รวมทั้งให้ข่าวสารในการนำร่อง สถานีตรวจสอบภาคพื้นดิน ใช้สายอากาศภาคพื้นดิน ในการควบคุม ดาวเทียม GPS และส่งต่อข้อมูลให้แก่สถานี Master Control เพื่อกำหนดตำแหน่งพิกัดที่แน่นอน ของดาวเทียมแต่ละดวง และปรับปรุงความถูกต้อง ของข้อมูลอยู่ตลอดเวลา ถ้าดาวเทียมดวงใดเกิดความผิดปกติขึ้น สถานีควบคุมภาคพื้นดิน ก็จะทำการกำหนดสุขภาพ ดาวเทียมดวงนั้นเป็น “Un-healthy” เพื่อให้ GPS Receiver ทราบว่า ไม่ควรใช้ข้อมูล จากดาวเทียมดวงนี้ ซึ่งเครื่องรับ ก็จะทำการตรวจสอบได้ จากการตรวจสอบสถานะของดาวเทียม และเครื่องก็จะไม่ทำการ รับข้อมูล จากดาวเทียมดวงดังกล่าว แล้วใช้ดาวเทียมดวงอื่น ที่มีความเหมาะสม ในการคำนวณตำแหน่งพิกัดแทน ในบางครั้งดาวเทียมอาจถูกปิดใช้งานเพื่อทำการบำรุงรักษา หรืออาจจะถูกปิดเพื่อเปลี่ยนวงโคจร ตามความเหมาะสม

**ประโยชน์และการประยุกต์ใช้ระบบ GPS**

- ช่วยนำทางจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ตามต้องการ
- ช่วยในการติดตามการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ คน สัตว์ และสิ่งของ
- ช่วยในการปรับปรุงแก้ไขความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลจากดาวเทียม
- ช่วยในการสำรวจจริงวัด ทำแผนที่ และจัดสร้างฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์
- ช่วยในการควบคุมเครื่องจักรกลในภาคเกษตรกรรม
- ช่วยในการบริหารจัดการคมนาคมขนส่ง
- ช่วยสนับสนุนการให้บริการข้อมูลข่าวสารเชิงตำแหน่ง(Location Based Service)
- อื่นๆ

1. การใช้ GPS ในการควบคุมเครื่องจักรกลในการทำการเกษตร ช่วยลดปัญหาด้านแรงงาน เพิ่มความสะดวกรวดเร็วและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการ โดยติดตั้งระบบ GPS ในรถแทรกเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมการหยุดเคลื่อนที่ หยุดดัก ให้ปุ๋ยและเก็บเกี่ยว ด้วยค่าพิกัดที่แม่นยำ ตามแผนที่ และคำสั่งที่โปรแกรมไว้

2. การประยุกต์ใช้ GPS กับระบบคมนาคมขนส่ง และการจราจร มีการประยุกต์ใช้ในการขนส่งสินค้า โดยการนำระบบ GPS มาใช้งานควบคุมคู่กับระบบขนส่งสินค้า ทำให้ทราบที่อยู่ปัจจุบันของรถขนส่งสินค้าที่อยู่ระหว่างการปฏิบัติงานได้ทันทีหรือบางที่ใช้ รายงานการจราจร ตำแหน่งที่เกิดอุบัติเหตุหรือมีงานก่อสร้างสามารถเชื่อมต่อข้อมูลกับ Google Earth ให้ดูสภาพจริงได้ และปัจจุบันนิยมใช้เป็นระบบนำทางในรถยนต์

3. การประยุกต์ใช้ GPS กับบริการข้อมูลข่าวสารเชิงตำแหน่ง เป็นการใช้งานระบบ GPS ร่วมกับการให้บริการเครือข่ายสัญญาณโทรศัพท์มือถือเพื่อเพิ่มผลกำไรผ่านการโฆษณาประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารเชิงพื้นที่ผ่านโทรศัพท์มือถือ

#### อนาคตของระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก

ในปัจจุบันนอกจากระบบดาวเทียม GPS ของประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ว ยังมีระบบดาวเทียมที่พัฒนาขึ้นอีกหลายระบบ เช่น GLONASS ของประเทศรัสเซีย GALILEO ของสหภาพยุโรป IRNSS ของประเทศอินเดีย และ COMPASS ของประเทศจีน เป็นต้นทำให้มีการเรียกระบบดาวเทียมทั้งหลายว่า ระบบดาวเทียมนำหนของโลก : GNSS (Global NavigationSatellite Systems)

## บทที่ 5

### การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

GIS เป็นระบบสารสนเทศของข้อมูลในเชิงพื้นที่ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลอันซับซ้อนของพื้นที่ที่ต้องทำการตัดสินใจวางแผนหรือแก้ปัญหา เพิ่มความรับรู้ข้อมูลในพื้นที่ที่ทำการศึกษามีการจัดการข้อมูลอย่างเป็นระบบ โดยสามารถประยุกต์ใช้ GIS ในการตอบคำถาม หรือสนับสนุนการตัดสินใจ ตั้งแต่คำถามง่ายๆ เกี่ยวกับการหาตำแหน่งที่ตั้ง ไปจนถึงสร้างแบบจำลองเพื่อทดลองตั้งสมมติฐาน เช่น ที่ตั้งอำเภอบางแห่ง อยู่ที่ไหน ผู้ป่วยที่มาเข้ารับการรักษาอาศัยอยู่ ณ ที่ใด พื้นที่ในตำบลใดเหมาะสมที่จะส่งเสริมการปลูกพืช เศรษฐกิจชนิดต่างๆ จะตั้งป้อมยามตำรวจ ณ จุดใด รถดับเพลิงจะวิ่งผ่านถนนเส้นใด เพื่อให้ถึงจุดเกิดเหตุเร็วที่สุด โดยใช้ระยะทางสั้นที่สุด การประยุกต์ใช้งาน GIS ในด้านต่าง ๆ มีดังนี้

**ด้านเศรษฐกิจ** ในต่างประเทศมีการประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยเหลือในการพัฒนาทางด้าน เศรษฐกิจกันอย่างแพร่หลาย เช่น การวางแผนการใช้ทรัพยากรในการผลิต การวิเคราะห์ความพร้อมของ วัตถุดิบและแรงงาน รวมถึงความต้องการของประชากรในแต่ละพื้นที่จากข้อมูลพื้นฐาน เช่น อายุ การศึกษา รายได้ เป็นต้น การ

วิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสินค้าหรือวัตถุดิบตาม ศักยภาพของแต่ละพื้นที่ การตั้งศูนย์กระจายสินค้า เป็นต้น

**ด้านคมนาคมขนส่ง** GIS สามารถใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการคมนาคมขนส่ง เช่น การวางแผนเส้นทางการเดินรถประจำทาง การวางแผนการสร้างเส้นทางคมนาคม ทางรถไฟ ทางด่วน ทางเดินเรือและเส้นทางการบิน ฯลฯ ได้เป็นอย่างดี เพราะหนึ่งในความสามารถในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของ GIS คือ การวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) การวิเคราะห์ความหนาแน่นของปริมาณการจราจรในแต่ละพื้นที่

**ด้านสาธารณสุขปลอดภัยพื้นฐาน** การจัดหาสาธารณสุขปลอดภัยพื้นฐานไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ตามความต้องการของประชาชนนั้น GIS ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการวางแผนในการสร้างถนน การเดินสายไฟฟ้า ท่อ ประปา รวมถึงการวางแผนในการบำรุงรักษาสาธารณสุขปลอดภัยพื้นฐานเหล่านี้ นอกจากนี้ยังใช้ในการวิเคราะห์ ถึงเงื่อนไขความต้องการสาธารณสุขปลอดภัยในด้านต่าง ๆ เช่น วิเคราะห์ความเร่งด่วนในการให้บริการตามความ หนาแน่นของประชากรในพื้นที่ หรือความเปลี่ยนแปลงของประชากรในพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งจะมีผลต่อการให้บริการสาธารณสุขปลอดภัยพื้นฐานเหล่านั้น

**ด้านการสาธารณสุข** การประยุกต์ใช้ GIS ในการบริหารจัดการภาครัฐกับงานทางด้าน สาธารณสุข มีใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น การระบุตำแหน่งของผู้ป่วยโรคต่าง ๆ การวิเคราะห์การแพร่ของโรคระบาด หรือแนวโน้มการระบาดของโรค ซึ่งการประยุกต์ใช้ GIS จะช่วยให้ผู้บริหาร สามารถวางแผนในการป้องกันและแก้ไขปัญหาทางด้านสาธารณสุขได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

**ด้านการบริการชุมชน** การประยุกต์ใช้ GIS ในการบริการชุมชน จะเกี่ยวข้องในส่วนของการ ให้บริการของรัฐบาลกับประชาชนโดยทั่ว ๆ ไป ซึ่งประชาชนในแต่ละพื้นที่ จะมีความต้องการบริการจากภาครัฐแตกต่างกันไป การใช้ GIS จะช่วยให้ผู้บริหารทราบถึงความต้องการของประชาชนโดยการให้บริการ สาธารณะได้อย่างเป็นพลวัตร

**ด้านการบังคับใช้กฎหมายและการป้องกันอาชญากรรม** มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การ กำหนดจุดเสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรมเพื่อตั้งป้อมตำรวจ การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดอาชญากรรม โดยการบันทึกจุดที่เกิดอาชญากรรมไว้ แล้วนำมาวิเคราะห์หาพื้นที่เสี่ยง ซึ่งเจ้าหน้าที่ ผู้รักษากฎหมายสามารถวางแผนและให้ความสำคัญกับบางพื้นที่ที่ต้องทำการดูแลเป็นพิเศษ เพื่อลดปัญหาอาชญากรรมได้

**ด้านการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน** การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยในการวางแผนการใช้ ประโยชน์ที่ดิน เป็นหนึ่งในกิจกรรมการประยุกต์ใช้ GIS ที่แพร่หลายที่สุด เพราะความสามารถในการ วิเคราะห์ ประเมินผล และนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ในเชิงพื้นที่ที่จำเป็นต่อการวางแผนผังเมือง และการจัดการเมือง สามารถกระทำได้อย่างสะดวก ทั้งการวิเคราะห์และประเมินศักยภาพในการใช้ประโยชน์ของแต่ละพื้นที่

**ด้านการจัดเก็บภาษี** การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อช่วยในการจัดเก็บภาษี โดยอาศัย ข้อมูลแผนที่ มาตราส่วนขนาดใหญ่ เช่น 1:1,000 ซึ่งสามารถมองเห็นขอบเขตของอาคาร เพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูลการชำระภาษีอากร ซึ่งภาครัฐสามารถทำการติดตาม ตรวจสอบผลการจัดเก็บภาษีได้โดยสะดวก เพราะข้อมูลของสถานประกอบการ บ้านเรือน ฯลฯ ที่ชำระค่าภาษีอากรต่าง ๆ แล้วจะสามารถแสดงให้เห็นความแตกต่าง ได้โดยชัดเจนแผนที่ ทำให้สามารถค้นหา หรือติดตามการชำระภาษีอากรได้โดยสะดวก และทำให้การ จัดเก็บภาษีมีประสิทธิภาพมากขึ้น

**ด้านสิ่งแวดล้อม** การประยุกต์ใช้ GIS เพื่อทดลองสร้างแบบจำลองทางด้าน สิ่งแวดล้อม มีใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น การสร้างแบบจำลองสามมิติแสดงการถล่มของภูเขา การสร้างแบบจำลองระดับน้ำใต้ดิน แบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ แบบจำลองแสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ ป่าไม้ตามเวลาที่เปลี่ยนไป แบบจำลองแสดงการแพร่กระจายของมลพิษในอากาศหรือแบบจำลองสามมิติของเมือง ซึ่งการสร้างแบบจำลองใน GIS จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถทำความเข้าใจกับลักษณะของพื้นที่ได้โดยง่าย และเป็นการเพิ่มการรับรู้แบบเสมือนจริงในรูปแบบของแบบจำลองสามมิติ ซึ่งช่วยลดความผิดพลาดในการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับ ปัญหาที่เกิดขึ้น นอกจากนี้



GIS สามารถประยุกต์ใช้ทั้งในการวางแผนและบริหารจัดการ การอนุรักษ์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเรื่องวิกฤตสิ่งแวดล้อม การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของ สิ่งแวดล้อม ศึกษาหาสาเหตุปัจจัยแหล่งกำเนิดมลพิษ ตลอดจนการวิเคราะห์เพื่อสร้าง Model ในการวางแผนการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับศักยภาพของที่ดิน และสอดคล้องกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าว ส่งผลต่อประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างยิ่ง

**ด้านการจัดการภาวะฉุกเฉินและภัยพิบัติ** สิ่งที่สำคัญมากที่สุดในการจัดการในสภาวะฉุกเฉิน คือ การรับรู้ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องให้มากที่สุด เพื่อทำการตัดสินใจให้เร็วที่สุด ผลิตลาคำน้อยที่สุด และมี ประสิทธิภาพมากที่สุด GIS ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลในเชิงพื้นที่ได้อย่างทั่วถึงในเวลาอันรวดเร็ว รวมถึงรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจำเป็นต่อมาตรการในการป้องกันแก้ไข นอกจากนี้ยังใช้ GIS วิเคราะห์ถึงผลกระทบต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นอยู่ในรัศมีของการได้รับผลกระทบจากสารพิษ เป็นต้น

รวมทั้งวิเคราะห์ทิศทางวางแผนอพยพผู้คน เส้นทางในการเคลื่อนย้าย การขนส่ง และเพื่อกำหนดนโยบายและกลยุทธ์ในการป้องกัน การวางแผนการช่วยเหลือ ทำการวิเคราะห์หรือสร้างภาพจำลองของเหตุการณ์เพื่อหาสาเหตุได้ทันที ตามสภาพของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลา

### เอกสารอ้างอิง

ธวัช บุรีรักษ์. การแปลความหมายในแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ.

ผ่องศรี จันท้าว. แผนที่และเทคนิคทางภูมิศาสตร์.

พรณี ชีวินศิริวัฒน์. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ : หลักการและการประยุกต์ใช้.

สรรรค์ใจ กลิ่นดาว. การสำรวจจากระยะไกล : การประมวลผลภาพเชิงเลขเบื้องต้น.

[http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis\\_km14/gis\\_km14\(39\).pdf](http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14(39).pdf)

<https://sites.google.com/site/sarawut560410058/kar-tha-phaenthi>

<https://yingpew103.wordpress.com>

<https://www.trueplookpanya.com/knowledge/content/57994/-cul-env->

\*\*\*\*\*