

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เบื้องต้น^{1/}

มยุรา ศรีจันทร์^{2/}

1. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ ระบบ GIS เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยข้อมูลลักษณะต่างๆ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา จะถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดและรายละเอียดของข้อมูลนั้นๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดตามต้องการ GIS เป็นระบบของคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อการจัดเก็บ การจัดการ การจัดทำ การวิเคราะห์ การทำแบบจำลอง และการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อแก้ปัญหาการวางแผนที่ซับซ้อน และปัญหาในการจัดการ” เป็นคำจำกัดความที่ได้ให้ไว้โดย Federal Interagency Coordinating Committee (1988)

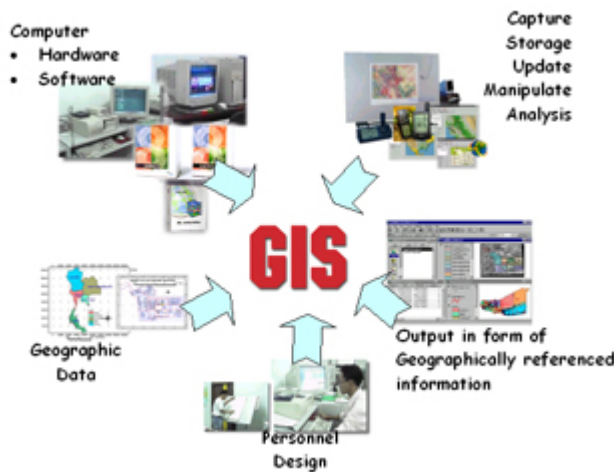
TYDAC Technologyies Inc. (1987) ได้ให้คำจำกัดความของ Geographic Information Systems (GIS) หรือระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไว้ดังนี้ “Geographic Information System are software packages which can be use to create and analyze spatial information. With such systems, maps, air photos and diagrams describing natural and man-made features can be translated into an electronic code which can be recalled, modified and analyzed.”

“ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้ในการสร้างและวิเคราะห์ข้อมูลรูปทรงสี่เหลี่ยมของวัตถุทุกอย่างบนพื้นผิวโลก (Spatial) เกี่ยวกับระบบแผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศ และแผนผังต่างๆ ของลักษณะภูมิประเทศทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และมนุษย์สร้างขึ้น สิ่งเหล่านี้สามารถแปลความออกมาเป็นรหัสอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเรียกออกมาใช้งาน แก้ไข และวิเคราะห์ข้อมูลได้” (พรทิพย์, 2531) แต่จากการสำรวจจตุรภาคส่วนในการนำไปใช้ประโยชน์ถือว่า ประสบผลสำเร็จน้อยมาก (Marble และ Penquet, 1983) ทั้งนี้เนื่องจากมีปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์เป็นส่วนใหญ่ และการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง เพราะข้อมูลที่บันทึกไว้อาจผิดพลาดได้ซึ่งเป็นเรื่องของคณิตศาสตร์และซอฟต์แวร์ (ครรรชิต, 2529)

^{1/} เรียบเรียงจาก www.gis2me.com

^{2/} นักวิจัย (ระบบสารสนเทศ) บริษัท มิตรผลวิจัย พัฒนาอ้อยและน้ำตาล จำกัด สาขามิตรภูเขียว

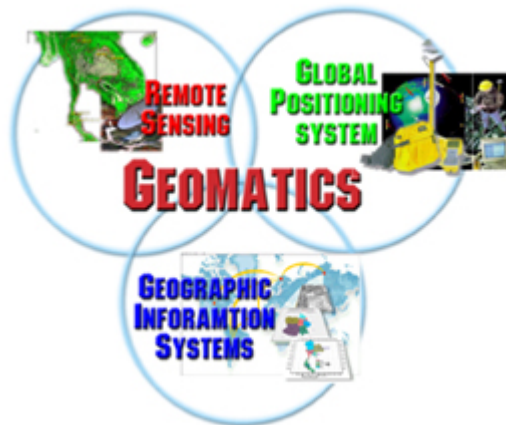
และอีกความหมายหนึ่งคือ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง กระบวนการของการใช้คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Data) และการออกแบบ (Personnel Design) ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูล ให้แสดงผลในรูปแบบของข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้ในทางภูมิศาสตร์ หรือ หมายถึง การใช้สมรรถนะของคอมพิวเตอร์ ในการจัดเก็บ และการใช้ข้อมูลเพื่ออธิบายสภาพต่างๆ บนพื้นผิวโลก โดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์ เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่างๆ นั้นเอง ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2. เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ GIS

การจัดทำแผนที่ภูมิศาสตร์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น โดยปกติจะต้องใช้เทคโนโลยีหรือศาสตร์อื่นๆ มาใช้ผสมผสาน (Integrated) เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องและมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น เช่น วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ การสำรวจและการทำแผนที่ ระบบการจัดการฐานข้อมูล การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) และการสำรวจพิกัดเชิงภูมิศาสตร์ (Global Positioning System) เป็นต้น ซึ่งบางครั้งในการผสมผสานเทคโนโลยี ระหว่าง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems) การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) และ การสำรวจพิกัดเชิงภูมิศาสตร์ (Global Positioning Systems) เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ อาจเรียกได้ว่า Geo-informatics หรือ Geomatics



รูปที่ 2 องค์ประกอบของระบบภูมิสารสนเทศ (Geomatics)

วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ (Computer Science) ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีและองค์ความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพสูง สามารถทำงานได้รวดเร็วมากขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ อุปกรณ์และวิธีการหรือโปรแกรมในการนำเข้าข้อมูล ระบบการบันทึกหรือจัดเก็บสำรองข้อมูล ตลอดจนการแสดงผลหรือการส่งออกข้อมูล GIS ซึ่งผลกระทบของความก้าวหน้าทางด้านฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ จะทำให้เกิดผลโดยตรงต่อการใช้และการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ นอกจากนี้ได้แก่องค์ความรู้ทางด้านการจัดการฐานข้อมูล (Database Management) ซึ่งจะต้องเกี่ยวข้องกับการออกแบบฐานข้อมูลให้เป็นระบบมากขึ้น

การสำรวจและการทำแผนที่ (Survey and Mapping) เป็นศาสตร์ในการทำแผนที่โดยการสำรวจภาคสนาม โดยอาศัยความรู้เชิงวิศวกรรมในการใช้เครื่องมือในการสำรวจ เช่น กล้องวัดมุมในการจัดทำวงรอบของพื้นที่ศึกษา กล้องวัดระดับในการจัดทำระดับความสูงในพื้นที่ศึกษา และการคำนวณโครงร่างเชิงพีคัดภูมิศาสตร์ การถ่ายค่าพิกัดหมุดหลักฐานอ้างอิงไปยังจุดสำรวจต่างๆ และवादสัญลักษณ์ เส้น และคำอธิบายชื่อเฉพาะนั้น ดังนั้นวิชาการสำรวจและการทำแผนที่จึงมีผลสำคัญต่อการพัฒนาการผลิตแผนที่ GIS อย่างมาก

ระบบการจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) เป็นส่วนหนึ่งของความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์แต่เป็นการศึกษาถึงโครงสร้างและการจัดเก็บจัดการฐานข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ซึ่งทำให้การจัดนำเข้าข้อมูลและควบคุมการกระทำกับข้อมูลเป็นไปได้อย่างเป็นระบบ ความสัมพันธ์ในฐานข้อมูลเชิง

สัมพันธ์ รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลในฐานะข้อมูลในสื่อ (media) ต่างๆ ซึ่งจะทำให้การจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ เสียค่าใช้จ่ายน้อยลง ซึ่งทำให้การบันทึกและจัดการกับข้อมูล GIS เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น

การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เป็นศาสตร์ในการสำรวจข้อมูลพื้นที่ผิวโลก ปრაการการณ์ต่างๆ ในโลก โดยใช้อุปกรณ์ในการบันทึกภาพ (sensor) ในการตรวจวัดการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเหล่านั้นขึ้นไปกระทบอุปกรณ์ในการบันทึกภาพ โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุโดยตรง ซึ่งทำให้เราสามารถวิเคราะห์และแปลภาพที่ได้ออกเป็นสภาพการใช้ที่ดินบนพื้นผิวโลก หรือทรัพยากรต่างๆ ในโลก ข้อมูลที่ได้เหล่านี้จะเป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญในระบบ GIS

การสำรวจพิกัดเชิงภูมิศาสตร์ (Global Positioning System) เป็นระบบการค้นหาค่าตำแหน่งและนำทางด้วยดาวเทียม โดยใช้คลื่นความถี่สูง ความยาวคลื่นสั้นจึงมีความเที่ยงตรงสูง และมีดาวเทียม GPS ที่โคจรรอบโลก ทำให้สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์บนพื้นโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งสามารถใช้บอกตำแหน่งโดยอัตโนมัติ ในระดับความถูกต้อง 10-20 เมตร เป็นระบบที่ต้องอาศัยสัญญาณดาวเทียม GPS ในการทราบถึงค่าพิกัดบนพื้นผิวโลกอย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถนำมาเข้าสู่ระบบ GIS ได้โดยตรง หรืออาจจะนำระบบ GPS เข้ามาประยุกต์ใช้กับการสำรวจและการทำแผนที่ หรือการสำรวจระยะไกล ในการตรึงหมุดหรือตรึงพิกัดแผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศ หรือภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อนำไปเป็นข้อมูลนำเข้าในระบบ GIS

ระบบ GIS เป็นระบบที่ออกแบบเพื่อแสดงลักษณะของข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้คือ

- 1) ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร (Environmental Information) ได้แก่ ข้อมูลทางด้านทรัพยากรดิน น้ำ และป่าไม้ รวมถึงข้อมูลทางด้านสัตว์ป่า และความหลากหลายทางชีวภาพ อาจจะสามารถหมายรวมถึงการติดตามและจัดการมลพิษที่เกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อม เป็นต้น
- 2) ข้อมูลทางด้านสาธารณูปโภค (Infrastructure Information) ได้แก่ สิ่งอำนวยความสะดวกต่อมนุษย์ โทรศัพท์ ไฟฟ้า น้ำประปา และเครือข่ายจุดสัญญาณมือถือ เป็นต้น
- 3) ข้อมูลที่ดินหรือสิทธิบนที่ดิน (Cadastral Information) ได้แก่ ขอบเขตความเป็นเจ้าของในที่ดิน หรือกรรมสิทธิ์ที่ดิน และการควบคุมการใช้ที่ดิน เป็นต้น
- 4) ข้อมูลเศรษฐกิจและสังคม (Socio-Economic Information) ได้แก่ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประชาชน หรือเศรษฐกิจการประกอบอาชีพ การทำกิน การกระจายตัวของประชากร รายได้ประชากร อาจรวมถึงศิลปวัฒนธรรมในชุมชน หรือความเชื่อ เป็นต้น

5) กระบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูลของ GIS ในระบบ GIS อาจแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ออกเป็น 2 รูปแบบ ตามลักษณะของการทำงาน คือ

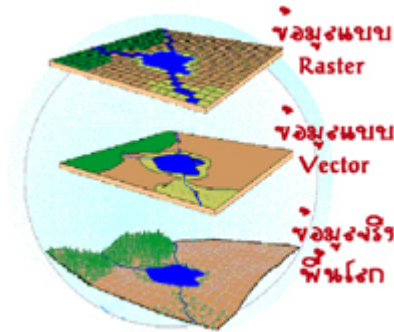
5.1 Manual Approach การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยมือ หรือระบบแบบดั้งเดิม (traditional) เป็นการนำข้อมูลในรูปแบบของแผนที่หรือ ลายเส้นต่างๆ ถ่ายลงบนแผ่นใส หรือกระดาษลอกลายใส โดยแบ่งแผ่นใส 1 แผ่นลอกลายเพียง 1 เรื่อง เช่น แผนที่เส้นแม่น้ำ แผนที่เส้นถนน แผนที่ขอบเขตการปกครอง แล้วนำมาซ้อนทับกันบนโต๊ะฉายแสงหรือเครื่องฉายแผ่นใส กระบวนการนี้อาจเรียกกันว่า "Overlay Techniques" การซ้อนข้อมูลแผนที่ในแต่ละปัจจัยเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ แต่วิธีการนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนแผ่นใสที่จะนำมาซ้อนทับกัน ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการวิเคราะห์ด้วยสายตา (Eyes Interpretation) จะกระทำได้ในจำนวนของแผ่นใสที่ค่อนข้างจำกัด ยิ่งจำนวนของแผ่นใสซ้อนกันมากขึ้น ยิ่งทำให้ปริมาณแสงที่สามารถส่องทะลุผ่านแผ่นใสค่อนข้างจำกัด ในขณะที่จำนวนแผ่นใสซ้อนกันมากขึ้น และจำเป็นต้องใช้เนื้อที่และวัสดุในการจัดเก็บข้อมูลค่อนข้างมาก นอกจากนี้การตรึงพิกัดแผนที่แผ่นใสแต่ละแผ่นให้ตรงกันนั้นเป็นสิ่งที่เป็ข้อจำกัดอีกประการหนึ่ง ถึงแม้จะวาดจุดอ้างอิง (control point) ลงบนแผ่นใสแล้วก็ตาม การทำให้แผ่นใสมากกว่าสองแผ่นขึ้นไปให้มีจุดที่ตรงกันนั้น เป็นเรื่องที่ทำได้ไม่ถ้ง่ายเช่นกัน อาจจะมีผลต่อความผิดพลาดเชิงพื้นที่ หรือตำแหน่งในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 Manual Approach โดยใช้แผ่นใส ดัดแปลงจาก : <http://www.esri.com/>

5.2 Computer Assisted Approach การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยการใช้คอมพิวเตอร์ช่วย เป็นการนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลแผนที่และข้อมูลสารสนเทศที่จัดเก็บอยู่ในรูปของตัวเลขหรือดิจิทัล (Digital) โดยการเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลแผนที่หรือลายเส้นให้อยู่ในรูปของตัวเลข นั้นหมายถึงกระบวนการวิเคราะห์หรือนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยมือ จากข้อ 5.1 สามารถนำมาเป็นแผนที่ต้นฉบับสำหรับการนำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ได้เช่นกัน ดังนั้นจึงมีความสัมพันธ์กันทั้งขั้นตอนที่ 5.1 และ 5.2 แล้วนำข้อมูล Digital ที่ได้รับมาทำการซ้อนทับ (Overlay) กันโดยการนำหลักคณิตศาสตร์ เช่น นำข้อมูลมาบวก ลบ หหารหรือคูณกัน เพื่อให้ได้รับผลลัพธ์เป็นแผนที่ชุดใหม่ และตรรกศาสตร์ เช่น การทำการเปรียบเทียบแผนที่ข้อมูลที่มีอยู่ว่ามีค่าเท่ากันหรือต่างกันจุดใดบ้าง เพื่อหาการพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

การใช้ที่ดินบนแผนที่ วิธีการเก็บข้อมูลในรูปแบบเชิงตัวเลขนั้น จึงช่วยลดเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลลง และสามารถเรียกมาแสดงหรือทำการวิเคราะห์ซ้ำๆ ได้โดยง่าย รวมทั้งการพิมพ์ผลลัพธ์ได้โดยง่าย และรวดเร็วขึ้น ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 Computer Assisted Approach ดัดแปลงจาก : <http://www.esri.com/>

ในการนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เข้ามาใช้จัดการกับข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์จะต้องคำนึงถึงการนำเข้าข้อมูล (Data input) ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปข้อมูลแผนที่ที่มีอยู่แล้ว ข้อมูลจากภาคสนามและข้อมูลจากเครื่องบันทึกภาพ ข้อมูลที่ป้อนแล้วสามารถจะเก็บไว้ในฐานข้อมูลซึ่งเรียกว่า Geographic Database ซึ่งสามารถแก้ไขปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ และ Geographic Database เป็นฐานข้อมูลที่เก็บข้อมูลภูมิศาสตร์ไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ และจะจัดเก็บไว้ใน 2 รูปแบบ Spatial Data หรือข้อมูลเชิงพื้นที่ คือ ข้อมูลที่ทราบตำแหน่งทางพื้นดิน สามารถอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ได้ (Geo reference) และ Non Spatial Data หรือ ข้อมูลที่ไม่อยู่ในรูปเชิงพื้นที่ ได้แก่ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่นั้นๆ (Associated Attributes) เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลเกี่ยวกับเศรษฐกิจของประชากร เป็นต้น นอกจากนี้ การจัดการข้อมูล (Data Management) นับว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งแต่ละหน่วยงานที่มีข้อมูลในรูปแบบที่ไม่เหมือนกัน หรือลักษณะของข้อมูลต่างกันจะต้องมีการจัดการข้อมูลนั้นหมายถึง การเก็บข้อมูลและแก้ไขข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ในฐานข้อมูล ซึ่งมีวิธีการหรือเครื่องมือที่ช่วยในการจัดการฐานข้อมูลหลายวิธีที่จะใช้ในการจัดการฐานข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบเพิ่มข้อมูลที่คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้ มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล และการเชื่อมโยงเพิ่มข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้จะต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูล (Transformation หรือ Data Analysis) คือการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการนำข้อมูล Spatial Data มาซ้อนกัน (Overlay) ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ โดยให้สัมพันธ์กับข้อมูล Non-Spatial Data เพื่อให้ได้คำตอบหรือข้อมูลสารสนเทศ (information) ที่ผู้ใช้ต้องการ และในท้ายที่สุดจะต้องมีการแสดงผล (Data Display) คือการแสดงผลข้อมูล หรือผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือข้อมูลภาพ (Graphic) ซึ่งอาจจะแสดงผลทาง Printer หรือ Plotter เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้งานต่อไป ซึ่งผู้อ่านจะได้ทำความเข้าใจโดยละเอียดในบทถัดไป

2. องค์ประกอบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Components of Geographic Information Systems)

องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยหลักการแล้วจะประกอบด้วย 5 ส่วน คือ องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์ องค์ประกอบด้านซอฟต์แวร์ หน่วยงานหรือตัวบุคคล วิธีการปฏิบัติงาน และ ข้อมูล ในบทนี้จะเป็นการอธิบายการทำงานในระบบ GIS ในรูปแบบของ Computer Assisted Approach ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

1) ฮาร์ดแวร์ (Hardware) คือ เครื่องมือที่เป็นองค์ประกอบที่สามารถจับต้องได้ ได้แก่ ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์, จอภาพ, สายไฟ, ดิจิไทเซอร์ เป็นต้น

2) ซอฟต์แวร์ (Software) คือ โปรแกรมหรือชุดคำสั่ง ที่สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงานตามที่เราต้องการ เช่น MS-DOS, MS-WINDOWS, Word เป็นต้น

3) บุคลากร (Peopleware) คือ ผู้มีหน้าที่จัดการให้องค์ประกอบทั้ง 4 อย่างข้างต้น ทำงานประสานกันจนได้ผลลัพธ์ออกมา

4) วิธีการปฏิบัติงาน (Methodology หรือ Procedure) คือ ขั้นตอนการทำงานซึ่งเราเป็นผู้กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์จัดการกับข้อมูล

5) ข้อมูล (Data) คือ ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้น และเป็นสิ่งที่เราต้องป้อนให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลเป็นผลลัพธ์ออกมา เช่น ชื่อ-สกุล ผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นต้น

ซึ่งจะได้อธิบายโดยละเอียดต่อไปในแต่ละหัวข้อหลักขององค์ประกอบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์



รูปที่ 5 แสดงองค์ประกอบของระบบ

3. ประเภทข้อมูลในระบบ GIS

ข้อมูล (DATA) หมายถึง ค่าสังเกต ค่าจากการจัดการบันทึกคุณสมบัติของวัตถุค่าต่างๆ เหล่านี้ไม่มีความหมาย ถ้าไม่ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลที่ี้จะต้องเกี่ยวข้องกับงานที่ทำงานที่มีความแม่นยำถูกต้อง (Accuracy) และทันต่อเหตุการณ์ ข้อมูลที่ได้แปลความหมายแล้วเรียกว่า information หรือสารสนเทศ ผู้บริหารอาจจะนำข้อมูลที่บันทึกไว้มาถ้่นกรองเป็นสารสนเทศก่อน เช่น โดยการหาค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบ ข้อมูลปัจจุบันกับอดีตหาความเบี่ยงเบน และความแปรปรวน เป็นต้น ความสำคัญของสารสนเทศทำให้ผู้บริหารเข้าใจในการดำเนินงานของตนเอง และเมื่อทราบแล้วก็สามารถตัดสินใจว่าจะต้องทำอะไรต่อไป ในทางภูมิศาสตร์แบ่งประเภทข้อมูลออกเป็น 2 ประเภทคือ (สุพรรณ, 2534)

1) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) เป็นข้อมูลที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geo-referenced) ทางภาคพื้นดิน ซึ่งแตกต่างกับระบบ MIS (Management Information System) หรือระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ เป็นระบบงานคอมพิวเตอร์ซึ่งผสมผสานกับการทำงานด้วยมือ เพื่อจัดทำข่าวสารข้อมูลหรือสารสนเทศสำหรับผู้บริหารในการตัดสินใจ จะเห็นว่าระบบ MIS นั้นไม่จำเป็นต้องอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงสัญลักษณ์ได้ 3 รูปแบบ (Features) (ดังภาพที่ 4) คือ

- จุด (point) ได้แก่ ที่ตั้งหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ จุดตัดของถนน จุดตัดของแม่น้ำ เป็นต้น
- เส้น (line) ได้แก่ ถนน ลำคลอง แม่น้ำ เป็นต้น
- รูปปิด (Polygon) ได้แก่ ขอบเขตอำเภอ ขอบเขตหมู่บ้าน ขอบเขตแปลง เป็นต้น

2) ข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่ (Non-spatial data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่างๆ ในพื้นที่นั้นๆ (Attributes) ได้แก่ ข้อมูลการถือครองที่ดิน ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในดิน และข้อมูลเกี่ยวกับสถานะเศรษฐกิจและสังคม เป็นต้น

4. ลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Characteristics of GIS Information)

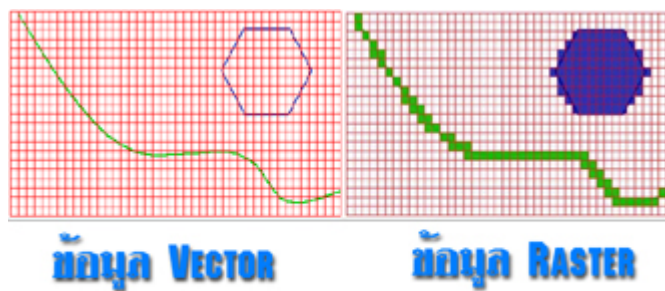
4.1 ลักษณะข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Characteristics)

ลักษณะข้อมูลเชิงคุณลักษณะ หมายถึง ลักษณะประจำตัวหรือ ลักษณะที่มีความแปรผันในการที่วัตถุปรากฏการณ์ต่างๆตามธรรมชาติ โดยจะระบุถึงสถานที่ที่ทำการศึกษา ในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ ลักษณะข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute) อาจมีลักษณะที่ต่อเนื่องกัน เช่น เส้นชั้นระดับความสูง (Terrain Elevation) หรือเป็นลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง เช่น จำนวนพลเมือง (Number of Inhabitants) และชนิดของสิ่งปกคลุมดิน (Land Cover Type) เป็นต้น ค่าความแปรผันของลักษณะข้อมูลเชิงคุณลักษณะนี้ จะทำการชี้วัดออกมาในรูปของตัวเลข (Numeric)

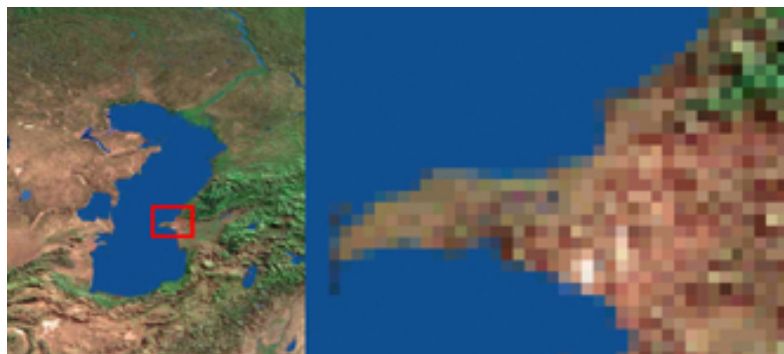
4.2 ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Characteristics)

1) Raster or grid representation คือ จุดของเซลล์ ที่อยู่ในแต่ละช่วงสี่เหลี่ยม (grid) โครงสร้างของ Raster ประกอบด้วยชุดของ Grid cell หรือ pixel หรือ picture element cell ข้อมูลแบบ Raster เป็นข้อมูลที่อยู่บนพิกัดรูปตารางแฉกอนและแฉกตั้ง แต่ละ cell อ้างอิงโดยแฉกและสดมภ์ภายใน grid cell จะมีตัวเลขหรือภาพข้อมูล Raster

ความสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลราสเตอร์ขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ ณ จุดพิกัดที่ประกอบขึ้นเป็นฐานข้อมูลแสดงตำแหน่งจุดนั้น ซึ่งข้อมูลประเภท Raster มีข้อได้เปรียบในการใช้ทรัพยากรระบบคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพดีกว่า ช่วยให้สามารถทำการวิเคราะห์ได้รวดเร็ว Raster Data อาจแปรรูปมาจากข้อมูล Vector หรือแปลงจาก Raster ไปเป็น Vector แต่เห็นได้ว่าจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นระหว่างการแปรรูปข้อมูล



รูปที่ 6 การแปลงข้อมูล Vector เป็น Raster ดัดแปลงจาก <http://www.esri.com/>



รูปที่ 7 ตัวอย่างข้อมูลประเภท Raster ดัดแปลงจาก <http://www.esri.com/>

2) Vector representation ตัวแทนของเวกเตอร์นี้อาจแสดงด้วย จุด เส้น หรือพื้นที่ซึ่งถูกกำหนดโดยจุดพิกัด ซึ่งข้อมูลประกอบด้วยจุดพิกัดทางแนวราบ (X,Y) และ/หรือ แนวตั้ง (Z) หรือ Cartesian Coordinate System ถ้าเป็นพิกัดตำแหน่งเดียวก็จะเป็นค่าของจุด ถ้าจุดพิกัดสองจุดหรือมากกว่าก็เป็น

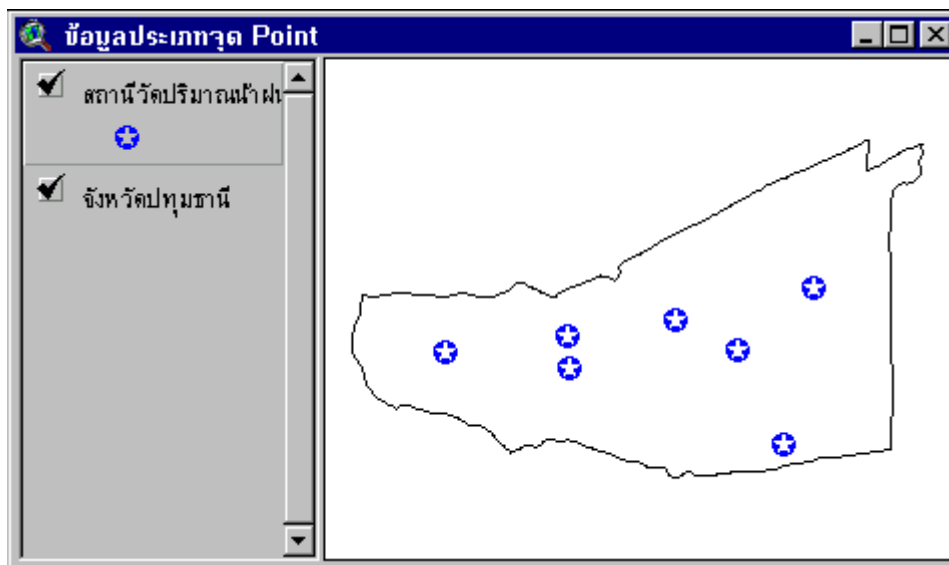
เส้น ส่วนพื้นที่นั้นจะต้องมีจุดมากกว่า 3 จุดขึ้นไป และจุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสุดท้าย จะต้องอยู่ตำแหน่งเดียวกัน ข้อมูลเวกเตอร์ ได้แก่ ถนน แม่น้ำ ลำคลอง ขอบเขตการปกครอง เป็นต้น



รูปที่ 8 ตัวอย่างข้อมูลประเภท Vector ดัดแปลงจาก <http://www.esri.com/>

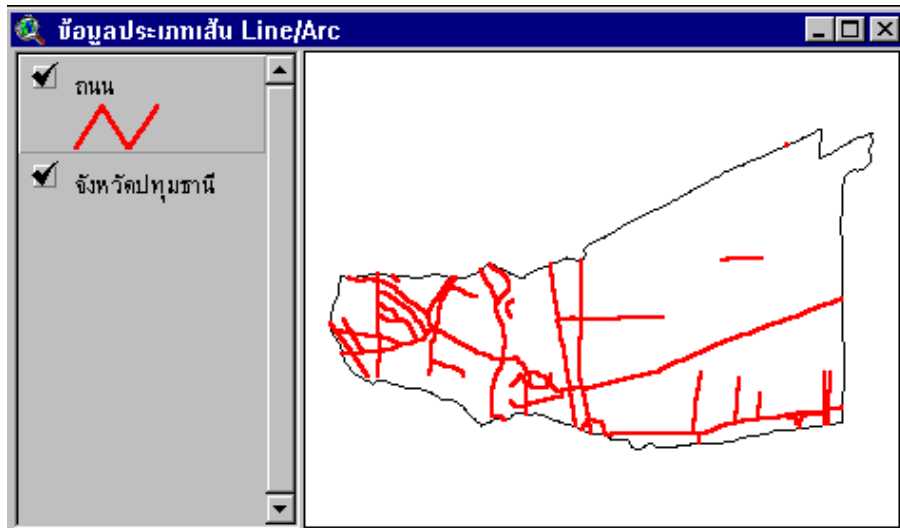
ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ ในรูปแบบเวกเตอร์จะมีลักษณะและรูปแบบ (Spatial Features) ต่างๆ กัน พอสรุปได้ดังนี้คือ

1) รูปแบบของจุด (Point Features) เป็นลักษณะของจุดในตำแหน่งใดๆ ซึ่งจะสังเกตได้จากขนาดของจุดนั้นๆ โดยจะอธิบายถึงตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูล เช่น ที่ตั้งของจังหวัด เป็นต้น



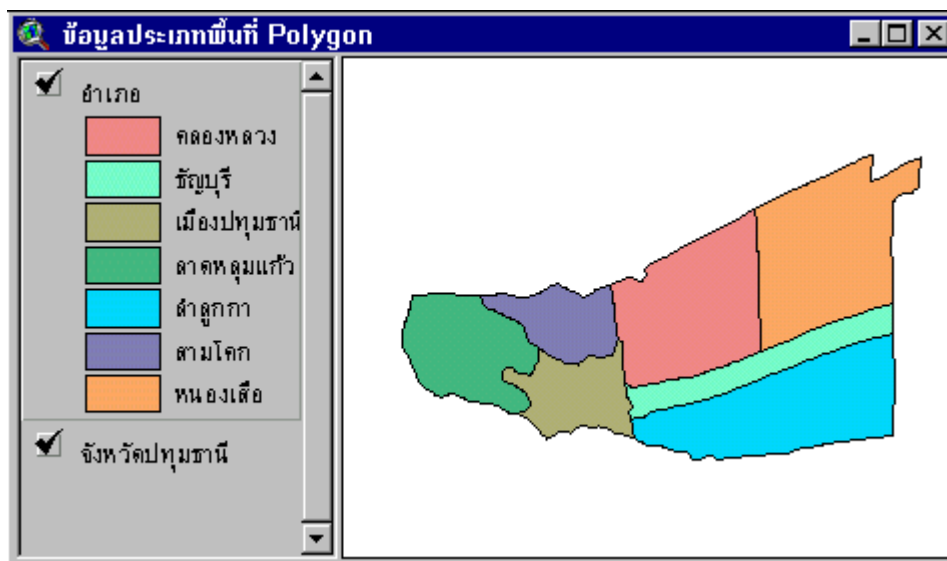
รูปที่ 9 รูปแบบของข้อมูลประเภทจุด

2) รูปแบบของเส้น (Linear Features) ประกอบไปด้วยลักษณะของเส้นตรง เส้นหักมุม และเส้นโค้ง ซึ่งรูปร่างของเส้นเหล่านี้จะอธิบายถึงลักษณะต่างๆ โดยอาศัยขนาดทั้งความกว้างและความยาว เช่น ถนน หรือ แม่น้ำ เป็นต้น และในทางการทำแผนที่รวมทั้งระบบ GIS นั้น รูปแบบของเส้น หมายถึง เส้นหักมุมที่มีความกว้างเฉพาะในความยาวที่กำหนด



รูปที่ 10 รูปแบบของข้อมูลประเภทเส้น

3) รูปแบบของพื้นที่ (Area Features) เป็นลักษณะขอบเขตพื้นที่ที่เรียกว่า โพลีกอน (Polygon) ที่อธิบายถึงขอบเขตเนื้อที่และเส้นรอบวง และข้อมูลโพลีกอนลักษณะเหล่านี้จะใช้อธิบายขอบเขตของข้อมูลต่างๆ เช่น ขอบเขตของพื้นที่ป่าไม้ เป็นต้น



รูปที่ 11 รูปแบบของข้อมูลประเภทโพลีกอน

ข้อสังเกตที่พบคือ ข้อมูล Vector และ Raster ทั้งสองระบบสามารถมีรูปแบบข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ (Features) ได้ 3 รูปแบบเหมือนกันคือ Point, Line และ Polygon แต่ข้อมูลแบบ Vector นั้นจุดจะบ่งบอกเพียงพิกัด x,y และ z ว่าอยู่ที่ตำแหน่งใด สูงเท่าใด จะไม่มีขนาดและทิศทางของข้อมูลประเภทจุด แต่ Raster ก็จะทำบ่งตำแหน่ง และมีขนาดเท่ากับขนาดของ pixel เช่น จุด pixel ของดาวเทียม LANDSAT TM จะมีขนาด 30 เมตร x 30 เมตร ซึ่งแตกต่างจากข้อมูล Vector

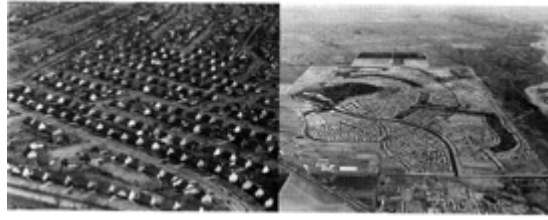
ลักษณะข้อมูล Attribute และ Spatial นี้จะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นไปได้ทั้งในแบบต่อเนื่อง (Continuous) และไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ยกตัวอย่างเช่น แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) จะแสดงถึงเส้นระดับความสูงที่มีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่จำนวนประชากร ที่อาศัยอยู่ในแต่ละชั้นระดับความสูงนั้น จะมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง โดยจะแปรผันไปตามปัจจัยและสภาพแวดล้อมที่ถืออำนาจต่อการดำรงชีวิตเท่านั้น รูปแบบของความสัมพัทธ์ระหว่างลักษณะข้อมูลที่ปรากฏบนโลกมนุษย์และการแสดงสัญลักษณ์ในแผนที่ ในการแสดงสัญลักษณ์บนแผนที่จากลักษณะภูมิประเทศหรือวัตถุบนพื้นผิวโลกนั้นสามารถแทนด้วยรูปแบบจุด เส้น หรือพื้นที่ ทั้งนี้ต้องพิจารณาจากมาตราส่วนของแผนที่ที่จะแสดงหากแผนที่มาตราส่วนใหญ่เช่น 1:4,000 อาจแสดงข้อมูลที่ตั้งสถานีวัดปริมาณน้ำฝนในรูปแบบโพลีกอนก็ได้ แต่หากที่มาตราส่วนเล็ก เช่น 1:50,000 สถานีวัดปริมาณน้ำฝนอาจถูกแทนด้วยจุด หรือเส้น หรือพื้นที่ขนาดเล็กได้ ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 12

		Cartographer's Conception			
		point representation	line representation	area representation	volumetric representation
Real World Phenomena	point objects	tree	boulders boulder train	animals animal range	Housing density
	line objects	airport	highway	stream watershed	hedgerow density
	area objects	chemical spill	right of way power line	new subdivision	Acres Undeveloped
	volumetric objects	Open-pit mine	river valley river	irrigation drain	Acre-feet of water

รูปที่ 12 เปรียบเทียบตัวแทนหรือสัญลักษณ์ของวัตถุบนพื้นผิวโลก ตามหลักการของการทำแผนที่ ตัวอย่างของจุด เส้น รูปปิด และพื้นผิว

Source : P. C. Muehrcke, and J.O. Muehrcke, Map Use : Reading, Analysis and Interpretation, 3rd ed., JP Publication, Madison, WI, 1992, Figure 3.18, Page 84.

เมื่อแผนที่มาตราส่วนถูกเปลี่ยนแปลงไปย่อมมีผลกระทบเกิดขึ้นกับข้อมูลที่อยู่ภายในแผนที่ในการแสดงผลด้วยสัญลักษณ์ต่างๆ อาจจะเปลี่ยนแปลงไป เช่น บ้านพักอาศัย หากอยู่ในมาตราส่วนใหญ่ในภาพถ่ายทางอากาศหากนำมานำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์อาจจะแทนด้วยโพลีกอน แต่ถ้าหากถ่ายมาในมาตราส่วนเล็ก อาจจะแทนด้วยข้อมูลแบบจุดได้ ดังรูป 13



รูปที่ 13 ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงขนาดของมาตราส่วน บ้านพักที่สังเกตโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศ จะปรากฏเห็นความกว้างและยาวซึ่งสามารถแสดงเป็น polygon แต่ในรูปขวามือ จะไม่ปรากฏขนาดของ วัตถุจึงสามารถแสดงเป็นจุดได้

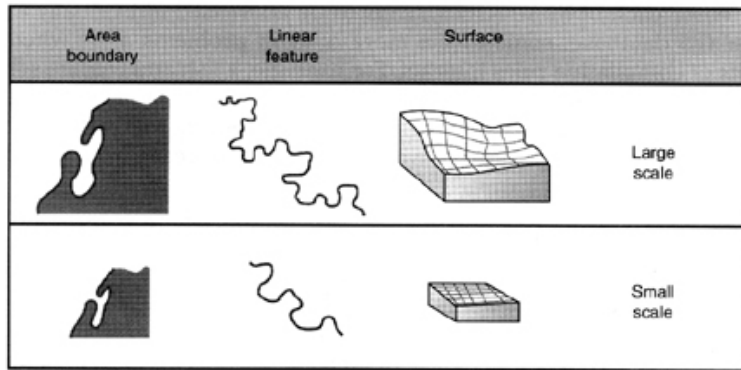
Source : Michael N. Demers, Fundamentals of Geographic Information System, John Wiley & Sons, Inc., 1997, Figure 2.2, Page 27.

Islands	Streams	Cities	Mountains	
				Large scale
				Small scale

รูปที่ 14 การเปลี่ยนแปลงมาตราส่วนและผลต่อรูปร่างวัตถุที่แสดงบนแผนที่

Source : Michael N. Demers, Fundamentals of Geographic Information System, John Wiley & Sons, Inc., 1997, Figure 3.9, Page 70.

สิ่งที่พบจากรูปที่ 14 จะเห็นว่าการแสดงผลที่ระดับมาตราส่วน (scale) ที่แตกต่างกันย่อมมีผลต่อความถูกต้องของข้อมูลเชิงพื้นที่ ฉะนั้นในการใช้งานมาตราส่วนแผนที่ผู้ใช้พึงต้องระวังถึงระดับของมาตราส่วนที่เหมาะสมกับงานที่จะใช้ในการวิเคราะห์เช่นกัน ยิ่งมาตราส่วนเล็กลงมาเท่าไร นั่นหมายถึงขนาดของข้อมูล ยิ่งหายไปมากเท่านั้น

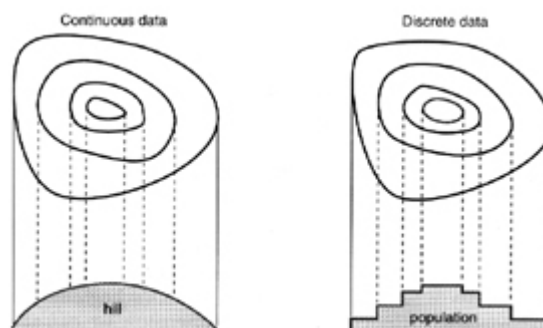


รูปที่ 15 การเปลี่ยนแปลงมาตราส่วนและผลต่อความเรียบของวัตถุ

Source : Michael N. Demers, Fundamentals of Geographic Information System, John Wiley & Sons, Inc., 1997, Figure 3.9, Page 70.

และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงมาตราส่วนของข้อมูลให้เล็กลง สิ่งที่เกิดขึ้นคือข้อมูลมีความถูกต้องลดลง เช่น พื้นที่บางส่วนไม่สามารถแสดงได้ เกาะเล็กๆ ที่แสดงด้วยพอลีกอน อาจจะต้องลบออกไปเนื่องจากไม่สามารถแสดงผลข้อมูลในรูปแบบพอลีกอนได้ หรือถนนที่นำเข้าไปในมาตราส่วนใหญ่ก็จะสามารถลงรายละเอียดของข้อมูลแผนที่ได้มากกว่า หรือแม่น้ำสายย่อยสามารถแสดงได้ในแผนที่มาตราส่วนใหญ่ แต่ต้องละเลยในแผนที่มาตราส่วนเล็ก ดังรูปที่ 15

ในการนำเข้าสู่ข้อมูลสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะต้องคำนึงถึงความต่อเนื่องของข้อมูลหรือประเภทข้อมูลที่มีความต่อเนื่องเช่น ระดับความสูง หรือปริมาณน้ำฝน และข้อมูลที่ไม่มีความต่อเนื่อง เช่น จำนวนประชากร หรือรายได้ของประชากร อาจจะมีผลต่อการแสดงผลในรูปแบบ 3 มิติ ถึงแม้จะใช้สัญลักษณ์ ที่เหมือนกันคือข้อมูลแบบจุด ดังรูปที่ 16 ซึ่งในความต่อเนื่องของข้อมูลนั้นสามารถทำให้ผู้ใช้ข้อมูลพยากรณ์หรือคาดการณ์ได้จากข้อมูลที่สร้างขึ้น



รูปที่ 16 ข้อมูลที่ต่อเนื่อง (Continuous data) และข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) ความแตกต่างระหว่างข้อมูลทั้งสองชนิด

Source : Michael N. Demers, Fundamentals of Geographic Information System, John Wiley & Sons, Inc., 1997, Figure 2.3, Page 28.

5. การวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS DATA ANALYSIS)

การวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ร่วมกับข้อมูลเชิงคุณลักษณะได้ ทำให้การวิเคราะห์ที่ต้องการจึงมีความซับซ้อน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เหมาะสม เพื่อตอบสนองของความต้องการของผู้ใช้งานได้หลายๆ อย่าง เช่น

- การสอบถามข้อมูลการหาที่ตั้ง (Location) โดยผู้ใช้งานข้อมูลสามารถสอบถามได้ว่า

“มีอะไรอยู่ที่ไหน? (What is at...?)” เป็นคำถามที่สามารถตอบได้ด้วย GIS ซึ่งหากมีการเตรียมแผนที่ GIS ได้อย่างถูกต้อง ทำให้ผู้สอบถามข้อมูลจากฐานข้อมูลสามารถตอบคำถามได้ว่า จุดที่ตั้งสถานีวิจัยปริมาณน้ำฝน ตั้งอยู่ที่ตำบล หรืออำเภอ หรือจังหวัดใด หรืออาจจะอยู่ใกล้กับถนนใด เพื่อให้ง่ายต่อการไปถึงจุดที่ต้องการ และสามารถสอบถามรายละเอียดอื่นๆ เพิ่มเติมได้ และทำให้เราทราบถึงพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้

- การสอบถามข้อมูลโดยการตั้งเงื่อนไข (Condition) โดยตั้งเงื่อนไขในการสอบถามหรือ

วิเคราะห์ข้อมูลว่า “สิ่งที่สอบถามนั้นอยู่ที่ไหน? (Where is it?)” พื้นที่ที่ตั้งเงื่อนไขที่ผู้ใช้ต้องการสร้างสถานีวิจัยปริมาณน้ำฝนเพิ่มเติมในพื้นที่นั้นอยู่บริเวณใดในพื้นที่ศึกษา เช่น ห่างจากแม่น้ำ 500 เมตร ห่างจากถนนไม่เกิน 1000 เมตร และไม่ตั้งอยู่ในพื้นที่การเกษตร เพื่อไม่ให้สูญเสียการเข้าประโยชน์ที่ดินทางด้านเกษตร เป็นต้น GIS สามารถช่วยค้นหาพื้นที่ที่ตั้งเงื่อนไขไว้และสามารถแสดงผลในรูปแบบแผนที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะได้

- การสอบถามข้อมูลถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (Trends) โดยที่ผู้ใช้งานข้อมูล GIS

สามารถสอบถามข้อมูลการเปลี่ยนแปลงในฐานข้อมูลที่รวบรวมไว้ว่า “ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาอะไรในพื้นที่ศึกษาเปลี่ยนแปลงไปบ้าง? (What has changed since...?)” เช่น สภาพการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไปในระยะเวลา 10 ปี จากพื้นที่เกษตรไปเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมในปัจจุบันนี้ มีเนื้อที่เท่าไร หรืออยู่บริเวณใดบ้าง ซึ่งสามารถทำให้เห็นแนวโน้มหรือพัฒนาการของพื้นที่ศึกษาหรือชุมชนในพื้นที่ศึกษาได้

- การสอบถามข้อมูลรูปแบบการเปลี่ยนแปลง (Patterns) ในการสอบถามข้อมูลถึงรูปแบบ

ของสิ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงนี้จะต้องใช้การแสดงผลหรือข้อมูลในรูปแบบ ความสัมพันธ์ของสิ่งที่ปรากฏบนแผนที่เพื่อตรวจสอบดูว่า “ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันในด้านพื้นที่เป็น อย่างไร? (What spatial patterns exist?)” อยากจะหาสาเหตุของการกระจายตัวของอุตสาหกรรมขนาด กลางและขนาดย่อม (SMEs) ในชุมชนชนบท หรือพื้นที่ศึกษา บางแห่งมีการกระจุกตัวของโรงงาน อุตสาหกรรม SMEs เป็นจำนวนมาก เมื่อแสดงด้วยแผนที่แล้วพบว่าการกระจายตัวของโรงงาน อุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นนี้ส่วนใหญ่จะตั้งไปตามเส้นทางคมนาคมทางบกเป็นปัจจัยสำคัญ เพราะวางตัวไป ตามแนวถนนหลัก และปัจจัยรองคือแหล่งน้ำเนื่องจากมีน้ำประปา และน้ำบาดาลที่ใช้ในกระบวนการผลิต อย่างพอเพียง และสามารถคาดการณ์ไปได้ดีกว่าการกระจายตัวจะไปทิศทางใด

- การสอบถามข้อมูลด้วยการสร้างแบบจำลอง (Modeling) ซึ่งในการจัดทำแบบจำลอง

สถานการณ์นี้สามารถทำให้ผู้ใช้ฐานข้อมูลซึ่งจะต้องมีความรู้ด้าน GIS มาบ้างสามารถทำงานได้ในการกำหนดรูปแบบจำลองโดยใช้ฐานข้อมูล และทำให้คาดการณ์ถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไปหากมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยหรือตัวแปรใดๆ ในฐานข้อมูล (What if...?) เช่น การเตรียมข้อมูลสภาพพื้นที่บริเวณที่ราบลุ่มเชิงเขา ในหมู่บ้านน้ำก้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้จัดเตรียมฐานข้อมูลจะต้องสร้างฐานข้อมูลเส้นชั้น ความสูง ข้อมูลชุดดิน และความสามารถในการซึมน้ำ และการระเหยของน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา สภาพ ป่าไม้ และปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย และคาบของปริมาณน้ำฝนอย่างน้อย 30 ปี เพื่อให้สามารถคาดการณ์ ได้อย่างแม่นยำมากขึ้นในเรื่องของปริมาณฝนที่ตก รวมถึงการไหลเข้าของน้ำ และการไหลออกของน้ำจาก พื้นที่ศึกษา เพื่อตรวจสอบความสมดุลย์ของน้ำที่ชะล้างลงมาสู่พื้นที่ที่สามารถระบายออกจากพื้นที่ได้ ทันเวลาหรือไม่หรือจะต้องท่วมเป็นเวลาที่ชั่วโมงหรือที่วัน ผู้ใช้จึงสามารถจำลองสถานการณ์ได้ว่าหากฝน ตกมาในปริมาณ 1000 มิลลิเมตร จะท่วมหรือไม่บริเวณใดบ้างได้รับผลกระทบ



เอกสารอ้างอิง

ครรรชิต มาลัยวงศ์ และคณะ. 2527. คอมพิวเตอร์เบื้องต้น เล่ม 1. กรุงเทพฯ : เค.เอส. คอมพิวเตอร์.

ครรรชิต มาลัยวงศ์. 2544. ความรู้เรื่องสารสนเทศสำหรับนักวิจัย. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:

<http://stang.li.mahidol.ac.th/text/research.htm>

โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม-NREM. 2541. คู่มือฝึกอบรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcView 3.0) สำหรับการวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กทม. : โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ฝ่ายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2536. โครงการจัดทำแผนหลักการจัดตั้งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.

ศรีสอาด ตั่งประเสริฐ, ผู้แปล. 2537. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินค่าทรัพยากรที่ดิน.

กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.

ศูนย์ริโมทเซนซิงและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2544. เทคโนโลยีริโมทเซนซิงและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.rs.psu.ac.th/>

สมจิตร อัจฉรินทร์ และงามนิจ อัจฉรินทร์. 2541. ระบบฐานข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 3. ขอนแก่น : ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นขอนแก่น.

สุพรรณ กาญจนสุธรรม และคณะ. 2534. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตร.

กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุรีย์ บุญญาพงศ์ และคณะ. 2541. แนวทางการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางแผน.

เชียงใหม่ : สถาบันวิจัยสังคม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Amir H. Razavi and Valerie Warwick. 2000. ArcView GIS/Avenue programmer's reference : Class hierarchy quick reference and 100+scripts. Albany, New York : OnWord Press.

Clark Labs. 2000. Idrisi and Cartalinx GIS and Image Processing software. [online]. Available:

<http://www.clarklabs.org/>

- Environmental Systems Research Institute. 1994. ArcView : The geographic information system for everyone. Redlands, C.A. : Environmental Systems Research Institute Inc.
- Environmental Systems Research Institute. 1995. Understanding GIS. Redlands, C.A. : Environmental Systems Research Institute Inc.
- Environmental Systems Research Institute. 2000. ESRI - The GIS Software Leader. [online]. Available: <http://www.esri.com/>
- Environmental Systems Research Institute. 2000. GIS.com--Your Internet Guide to GIS (Geographic Information Systems). [online]. Available: <http://www.gis.com/>
- Intergraph. 2000. World Premier Provider of Mapping and GIS (Geographic Information Systems). [online]. Available: <http://www.intergraph.com/gis/>
- ITC ILWIS. 2000. ILWIS 3.0 - the Remote Sensing and GIS software. [online]. Available: <http://www.itc.nl/ilwis/ilwis.html>
- Michael N. Demers. 1997. Fundamentals of Geographic Information Systems. USA : John Wiley & Sons, inc.
- P. C. Muehrcke, and J.O. Muehrcke. 1992. Map Use : Reading, Analysis and Interpretation. 3rd ed., JP Publication, Madison, WI.
- PCI Geomatics. 2000. Geomatica Advanced GIS Module ~Using PAMAP GIS Technology. [online]. Available: http://www.pcigeomatics.com/product_ind/prpamap.html
- William E. Huxhold. 1995. Managing geographic information system projects. New York : Oxford University Press.