บทที่ 2

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ความหมายของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

คำว่า ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System ที่มีตัวย่อว่า GIS. ได้เริ่มตีพิมพ์ครั้งแรกในเอกสารของมหาวิทยาลัย นอร์ทเวสเทิร์น (Northwestern University) ในปี ค.ศ. 1965 โดย Michael Dacey และ Duane Marble ในเอกสารดังกล่าว คำว่า Geographic Information Management Technology ได้ถูกใช้อย่างกว้างขวาง โดยหมายรวมถึงระบบคอมพิวเตอร์ต่างๆ ที่ใช้สำหรับทำแผนที่และประมวลผลข้อมูล สภาพพื้นที่ (Spatial Information) รวมถึงระบบที่ใช้ทำแบบทางด้านวิศวกรรมโยธา ระบบการสอบถามและจัดการฐานข้อมูลทางภูมิศาสตร์ และการวิเคราะห์ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่สลับซับซ้อนหรือการทำแผนที่รูปทรง (Modelling) ดังนั้น ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS.) จึงหมายถึงระบบอัตโนมัติทั้งหมดที่ใช้ในการจัดการเรื่องต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว (John C. Antenucci and others, 1991)

คำที่เกี่ยวข้องกับ Geographic Information Management Technology ที่พบบ่อยๆ มีดังนี้

- Automated Mapping (AM)
- Computer-Assisted or Computer-Aided Mapping (CAM)
- Computer-Aided Drafting (CAD)
- Computer-Aided Drafting and Design (CADD)
- Geographic Information System (GIS)
- Automated Mapping / Facilities Management (AM/FM)
- Geoprocessing and Network Analysis
- Land Information System (LIS)
- Multipurpose Cadastre

ไม่มีคำจำกัดความที่เป็นที่ยอมรับ สำหรับความหมายของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ แต่ได้มีผู้พยายามให้ความหมายดังนี้ (John C. Antenucci and others, 1991)

1. Federal Interagency Coordination Committee (1988) ได้ให้ความหมายว่า เป็นระบบคอมพิวเตอร์ ทั้ง Hardware, Software และ กรรมวิธีที่ออกแบบมาสำหรับรวบรวม, จัดการ, ควบคุม, วิเคราะห์, หาความสัมพันธ์ และแสดงผลของข้อมูลสภาพพื้นที่ เพื่อช่วยแก้ปัญหาของการวางแผนและการจัดการที่ยุ่งยาก

2. Phil Parent (1988) ได้ให้ความหมายว่า เป็นระบบที่ประกอบไปด้วยข้อมูลสภาพพื้นที่ ซึ่งสามารถวิเคราะห์และเปลี่ยนแปลงเป็นสารสนเทศเฉพาะที่ เพื่อใช้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ลักษณะที่สำคัญของ GIS. คือ การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อผลิตสารสนเทศใหม่

3. Francis Hanigan (1988) ได้ให้ความหมายว่า เป็นระบบการจัดการสารสนเทศใดๆ ซึ่งมีความสามารถ

- เก็บรวบรวม และเรียกใช้สารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับสภาพพื้นที่
- ค้นหาตำแหน่งภายในพื้นที่เป้าหมายเพื่อตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด
- หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภายในพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง
- วิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อช่วยในการตัดสินใจ
- ง่ายต่อการเลือกและส่งผ่านข้อมูลเพื่อการประยุกต์ใช้
- แสดงผลได้ทั้งเป็น Graphic และเป็นตัวเลข ทั้งก่อนและหลังการวิเคราะห์

การพัฒนาระบบการทำแผนที่ด้วยคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ความจำเป็นในการใช้แผนที่เฉพาะเรื่องเพื่อกิจการต่างๆ ได้มีความต้องการสูงขึ้นในคริสต์ศตวรรษที่ 20 เช่น แผนที่ทรัพยากรธรรมชาติ, แผนที่การกระจายทางพื้นที่ของหินหรือดิน กลุ่มพืช หรือประชากร เป็นต้น วิศวกรโยธาต้องการข้อมูลแผนที่เพื่อการวางผังถนนและคลอง และเพื่อประมาณค่าก่อสร้าง รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการระเบิดเขา หรือการถมทางในหุบเขาที่ลุ่มน้ำ หน่วยงานของตำรวจจำเป็นต้องใช้ข้อมูลทางพื้นที่เพื่อทราบการกระจายทางพื้นที่ของอาชญากรรมประเภทต่างๆ สถาบันทางการแพทย์ต้องการทราบการกระจายทางพื้นที่ของผู้ป่วยและโรค ด้านธุรกิจจะให้ความสนใจเกี่ยวกับการกระจายทางพื้นที่ของแหล่งค้าขายและศักยภาพทางตลาด รวมทั้งโครงสร้างพื้นฐานขนาดมหึมา ซึ่งเรียกรวมว่า สาธารณูปโภค เช่น ประปา ก๊าซ ไฟฟ้า โทรศัพท์ ระบบกำจัดของเสีย ทั้งหมดนี้จำเป็นต้องสร้างระบบการเก็บและจัดการกับข้อมูลโดยอาศัยแผนที่

ก่อนที่จะมีการใช้คอมพิวเตอร์ในงานแผนที่ แผนที่ทุกประเภทจะมีลักษณะที่เหมือนกัน ก็คือ ฐานข้อมูลทางพื้นที่อยู่ในรูปของลายเส้นบนแผ่นกระดาษหรือฟิล์ม ข้อมูลจะถูกแปลงเป็นรหัสในรูปของจุด เส้น และพื้นที่ องค์ประกอบทางภูมิศาสตร์ขั้นพื้นฐานดังกล่าวแสดงโดยใช้วิธีเชิง

ทัศนาการต่างๆ เช่น การใช้สัญลักษณ์ สี หรือรหัสตัวหนังสือ สัญลักษณ์เหล่านี้จะอธิบายอยู่ในคำอธิบายสัญลักษณ์หรือสารบัญแผนที่ (Map legend) หากมีรายละเอียดมากเกินกว่าจะบรรจุในคำอธิบายสัญลักษณ์ได้เพียงพอ ก็มักมีรายงานสั้นๆ ประกอบแผนที่ด้วย

แผนที่กระดาษ (Paper map) และรายงานประกอบสั้นๆ เป็นฐานข้อมูลประเภทหนึ่ง ซึ่งมีผลสืบเนื่องที่สำคัญมากในด้านการเก็บรวบรวม การให้รหัส และการใช้ข้อมูลในแผนที่ดังนี้

1. ต้องมีการย่อหรือลดปริมาณข้อมูลเบื้องต้นลงอย่างมาก หรือมีการจำแนกประเภทเพื่อให้เข้าใจและนำเสนอได้ง่าย ด้วยเหตุนี้รายละเอียดระดับท้องถิ่นหลายอย่างมักถูกกรองออกไปหรือสูญหายไปจากระบบข้อมูล

2. แผนที่ต้องเขียนให้มีความถูกต้องมากที่สุด และการแสดงเนื้อหาต้องชัดเจนจริงๆ โดยเฉพาะเรื่องที่ซับซ้อน

3. ถ้าพื้นที่มีขนาดใหญ่ และมีข้อมูลจำนวนมากจนต้องแสดงในแผนที่หลายฉบับ ทำให้เกิดความไม่สะดวกในการใช้แผนที่ในช่วงรอยต่อของแผนที่

4. เมื่อข้อมูลถูกบรรจุลงในแผ่นแผนที่แล้ว การจะนำเอาข้อมูลมาใช้ร่วมกับข้อมูลทางพื้นที่เรื่องอื่นๆ จะต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และทำได้ยาก

5. แผนที่ที่พิมพ์ขึ้นเป็นเอกสารข้อมูลเชิงบรรยายที่คงรูป การวิเคราะห์พื้นที่เชิงปริมาณภายในหน่วยพื้นที่ของแผนที่เฉพาะเรื่องจึงทำได้ยากที่สุด นอกจากต้องเริ่มเก็บข้อมูลกันใหม่ เพื่อให้ได้ผลตามวัตถุประสงค์เฉพาะในขณะนั้น

ในปี ค.ศ. 1963 สถาปนิกและนักผังเมืองชาวอเมริกาชื่อ Howard T. Fisher เป็นผู้ขยายแนวความคิดของ Edgar M. Horwood ซึ่งเสนอให้ใช้คอมพิวเตอร์ในการทำแผนที่แบบง่ายๆ โดยพิมพ์ค่าสถิติลงในกระดาษเปล่า ซึ่งประกอบด้วยตารางกริด โปรแกรมของ Fisher คือ SYMAP ซึ่งย่อมาจาก SYnagraphic MAPping system (ชื่อนี้มีต้นกำเนิดมาจากคำในภาษากรีก synagein แปลว่า นำมารวมกัน) ประกอบด้วยมอดูล (module) ชุดหนึ่ง สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลและจัดการข้อมูลเพื่อนำเสนอในรูปของแผนที่โคโรเพลท หรือแผนที่แสดงเส้นเท่า (Isoline) นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์อาจแสดงได้หลายแบบ โดยใช้เทคนิคการพิมพ์ตัวอักษรซ้ำด้วยเครื่องพิมพ์ตัวอักษร เพื่อให้ได้ภาพที่มีสเกลสีเทาที่เหมาะสม ต่อมาได้มีการผลิตโปรแกรมในทำนองเดียวกันขึ้นมาอีกอย่างมากมาย เช่น GRID , IMGRID และ GEOMAP เป็นต้น โปรแกรมเหล่านี้ทำค่อนข้างง่ายไม่สลับซับซ้อน ได้รับการออกแบบเพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลกริดสามารถทำได้รวดเร็ว และเสียค่าใช้จ่ายต่ำ

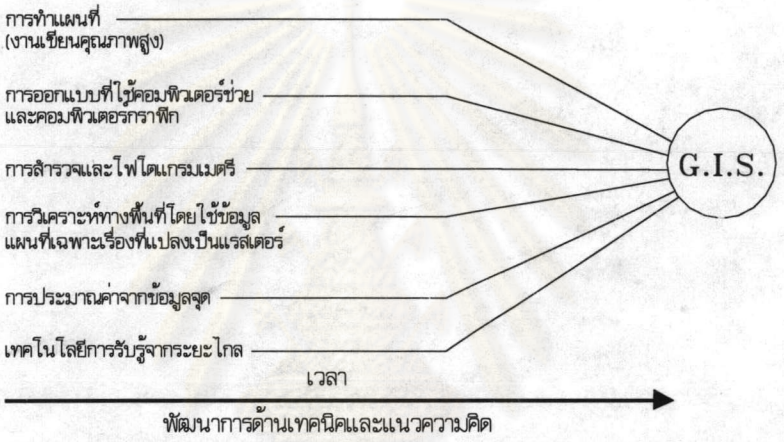
อย่างไรก็ตาม ในปี ค.ศ. 1977 การใช้คอมพิวเตอร์ในการทำแผนที่ได้ก้าวหน้ามาก Rhind สามารถเสนอเหตุผลสนับสนุนการใช้คอมพิวเตอร์ในการทำแผนที่อย่างน่าเชื่อถือ เป็นข้อๆ ดังนี้

1. เพื่อผลิตแผนที่ซึ่งมีอยู่แล้วได้รวดเร็วกว่า
2. เพื่อผลิตแผนที่ซึ่งมีอยู่แล้วในราคาที่ถูกกว่า
3. สามารถผลิตแผนที่ตามที่ผู้ใช้เจาะจงมา
4. สามารถผลิตแผนที่ได้ในกรณีที่ไม่มีนักแผนที่ที่ชำนาญอยู่
5. สามารถทดลองทำแผนที่รูปแบบต่างๆ จากข้อมูลชุดเดียวกัน
6. ทำให้การทำแผนที่และการปรับข้อมูลให้ทันสมัยง่ายขึ้น ในกรณีที่ข้อมูลถูกบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์เรียบร้อยอยู่ก่อนแล้ว
7. ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งต้องวิเคราะห์สถิติร่วมกับการทำแผนที่ สามารถกระทำได้ง่ายขึ้น
8. เพื่อลดการใช้แผนที่พิมพ์ในฐานะที่เป็นแหล่งเก็บข้อมูลให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งจะเป็นการลดอิทธิพลจากการจำแนกประเภท และการวางนัยทั่วไปกับข้อมูลที่มีต่อคุณภาพข้อมูล
9. สามารถสร้างแผนที่ซึ่งยากจะทำได้ด้วยมือ เช่น แผนที่สามมิติ หรือแผนที่สเตริโอโคปิค (Stereoscopic map)
10. เหมาะสำหรับทำแผนที่ ซึ่งขั้นตอนการคัดเลือกและการวางนัยทั่วไปของข้อมูลในแผนที่ถูกกำหนดไว้แล้วอย่างชัดเจน และยึดเป็นแนวปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอไม่เปลี่ยนแปลง
11. การใช้ระบบอัตโนมัติสามารถตรวจสอบขั้นตอนการทำแผนที่ได้ทุกขั้นตอน จึงช่วยในด้านความประหยัด และการปรับปรุงคุณภาพแผนที่

ในช่วงปลายทศวรรษ 1970 หน่วยงานภาครัฐบาลและภาคเอกชน โดยเฉพาะในอเมริกาเหนือ ได้ทุ่มทุนค่อนข้างมากในการพัฒนาและการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากการทำแผนที่ ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีแนวทางการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการทำแผนที่ 2 แนว แนวแรกคือ การทำให้งานที่มีอยู่กลายเป็นระบบอัตโนมัติ โดยเน้นความแม่นยำทางแผนที่และคุณภาพของภาพ อีกแนวหนึ่งเป็นการเน้นการวิเคราะห์ทางพื้นที่

ประวัติการใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อการทำแผนที่และการวิเคราะห์ทางพื้นที่ แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาทางด้านการนำเข้าข้อมูลด้วยระบบอัตโนมัติ การวิเคราะห์ข้อมูล และการนำเสนอข้อมูลไปพร้อมๆกัน ในศาสตร์ต่างๆ ที่สัมพันธ์กันอย่างกว้างๆ ศาสตร์เหล่านี้ได้แก่การทำแผนที่โฉนด การทำแผนที่ภูมิประเทศ การทำแผนที่เฉพาะเรื่อง วิศวกรรมโยธา ภูมิศาสตร์ การศึกษา

ความแปรผันทางพื้นที่ด้วยคณิตศาสตร์ ปฐพีวิทยา การสำรวจและโฟโตแกรมเมตรี การวางผังเมืองและชนบท โครงข่ายสาธารณูปโภค การรับรู้จากระยะไกลและการวิเคราะห์ภาพ ด้วยเหตุนี้จึงเกิดความซ้ำซ้อนกันในการสร้างภาพเฉพาะสำหรับศาสตร์เหล่านี้หลายๆแบบ เพื่อการใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ในพื้นที่ต่างๆกัน ต่อมาได้มีการแก้ไขทั้งทางด้านแนวความคิดและเทคนิค ที่อาจเป็นไปได้ในการดึงเอาการวิเคราะห์ข้อมูลทางพื้นที่หลายๆประเภทเข้ามาสัมพันธ์กัน แล้วสร้างเป็นระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อสนองวัตถุประสงค์ทั่วไปอย่างแท้จริง ตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นผลมาจากการนำเอาศาสตร์การประมวลผลข้อมูลทางพื้นที่หลายด้าน ที่มีการพัฒนาควบขนานกันมาเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน

แท้ที่จริงศาสตร์เหล่านี้ทุกศาสตร์ต่างก็มุ่งสู่การดำเนินการในรูปเดียวกัน คือ การพัฒนาเครื่องมือชุดหนึ่งที่มีความสามารถสูงในการเก็บรวบรวม บันทึก ค้นคืน เปลี่ยนแปลง และ แสดงข้อมูลพื้นที่จากโลกที่เป็นจริง เพื่อวัตถุประสงค์เรื่องหนึ่งเรื่องใดโดยเฉพาะ เครื่องมือชุดนี้ประกอบกันเป็นระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographical Information System หรือ Geographic Information System) ข้อมูลภูมิศาสตร์บรรยายถึงสิ่งต่างๆ ในโลกที่เป็นจริงในเรื่องของ

1. ตำแหน่งทางระบบพิกัดซึ่งเป็นที่รู้จัก

2. ลักษณะประจำ (Attribute) ซึ่งไม่เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้ง (เช่น สี, ราคา, pH, กรณีการเกิดโรค ฯลฯ)

3. การเกี่ยวโยงกันทางพื้นที่ (ความสัมพันธ์ทางโทโพโลยี) ซึ่งจะบรรยายให้เห็นว่าสิ่งต่างๆ เหล่านี้เชื่อมโยงกันอย่างไร และเราสามารถเดินทางไปมาระหว่างสิ่งเหล่านี้อย่างไร

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ต่างกับคอมพิวเตอร์กราฟิก เพราะอย่างหลังเป็นเรื่องของการแสดงและการดำเนินการเกี่ยวกับวัตถุที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ระบบคอมพิวเตอร์กราฟิกไม่ได้ให้ความสนใจลักษณะประจำแบบน็อนกราฟิก ซึ่งวัตถุที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่านั้น อาจจะมีหรือไม่มีลักษณะประจำแบบน็อนกราฟิกก็ได้ แต่ลักษณะประจำแบบน็อนกราฟิกมักจะเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มีลักษณะหลายอย่างที่ไม่เหมือนกับระบบการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer-aided design CAD) ซึ่งใช้ในการออกแบบวัตถุทางเทคนิคได้ อย่างกว้างขวาง ตั้งแต่เครื่องบินจนถึงไมโครชิพ (Microchip) ทั้งระบบ GIS. และระบบ CAD. จำเป็น ต้องมีคุณสมบัติที่สามารถโยงวัตถุไปสู่กรอบอ้างอิงทางตำแหน่งได้ ทั้งสองระบบจำเป็นต้องดำเนินการกับลักษณะประจำแบบน็อนกราฟิกได้ และต้องสามารถบรรยายความสัมพันธ์เชิงโทโพโลยีได้ ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างระบบ GIS. และ CAD. คือข้อมูลใน GIS. มีขนาดใหญ่กว่ามาก และมีความหลายหลากมากกว่า อีกทั้ง GIS. ยังมีลักษณะพิเศษในด้านวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS.) จึงเป็นระบบที่ออกแบบเพื่อแสดงลักษณะของข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ คือ

- Environmental Information ได้แก่ข้อมูลดิน ธรณีวิทยา แหล่งน้ำ พรรณพืช และสัตว์ป่า เป็นต้น

- Infrastructure Information ได้แก่ อาคารสิ่งปลูกสร้าง สิ่งอำนวยความสะดวก ระบบสื่อสาร และขนส่ง เป็นต้น

- Cadastal Information ได้แก่การประเมินสิทธิการครอบครอง กรรมสิทธิ์ และการควบคุมการใช้ที่ดิน เป็นต้น

- Socio - Economic Information ได้แก่ การกระจายตัวของประชากร และสาธารณูปโภคต่างๆ เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

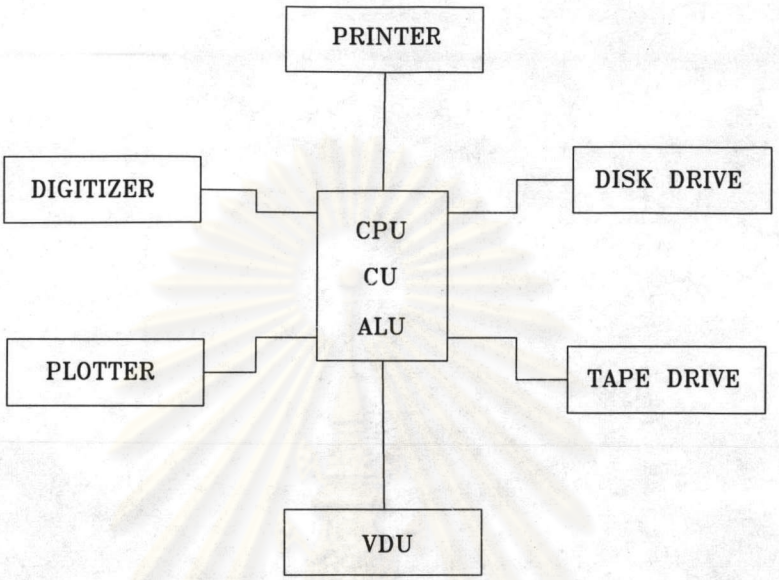
องค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 อย่าง ได้แก่

1. คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Computer hardware)
2. คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ (Computer software)
3. องค์กรในการดำเนินงาน (Proper organizational context)

1. คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Computer hardware)

ในส่วนของคอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ตามรูปที่ 2.2 ดังนี้



รูปที่ 2.2 องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์ที่สำคัญของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central processing unit หรือ CPU.) ซึ่งจะมีหน่วยควบคุม (Control unit หรือ CU.) ในการจัดลำดับของระบบ และหน่วยคำนวณเปรียบเทียบข้อมูล (arithmetic logic unit หรือ ALU.) โดยใช้หลักคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์

1.2 หน่วยจัดเก็บข้อมูลด้วยเครื่องขับดิสค์ (Disk drive storage unit) โดยปกติเครื่องขับดิสค์จะมีอยู่ 2 แบบ คือ เครื่องขับฮาร์ดดิสค์ (Hard disk drive) ซึ่งมีความจุของดิสค์มากกว่า 10 MB ขึ้นไป กับเครื่องขับฟลอปปี้ดิสค์ (Floppy disk drive) ซึ่งมีเครื่องขับดิสค์ขนาด 5.25 นิ้ว มีความจุ 360 KB หรือ 1.2 MB และขนาด 3.5 นิ้ว ที่มีความจุ 1.44 MB หรือ 2.88 MB เป็นต้น

1.3 เครื่องอ่านค่าพิกัด (Digitizer) เป็นส่วนในการเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลจากแผนที่ให้อยู่ในรูปของดิจิตอล เพื่อส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยจัดเก็บข้อมูล

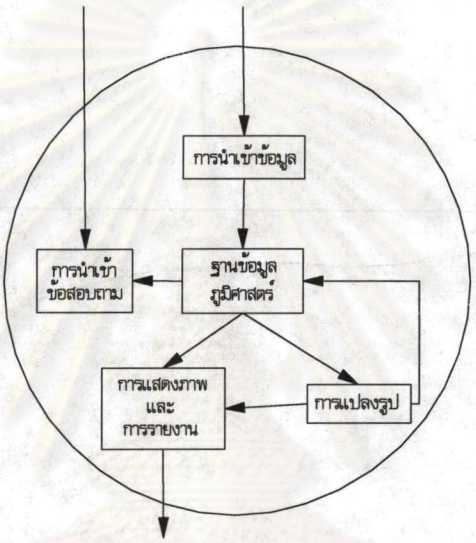
1.4 เครื่องเขียนรูป (Plotter) และเครื่องพิมพ์ (Printer) สำหรับแสดงผล โดยเครื่องเขียนรูปจะแสดงข้อมูลที่เป็นลายเส้น สำหรับเครื่องพิมพ์จะแสดงข้อมูลที่เป็นตัวหนังสือ หรือข้อความต่างๆ

1.5 เครื่องขับเทป (Tape drive) จะใช้ในการเก็บและอ่านข้อมูลจากเทปแม่เหล็ก (Magnetic tape)

1.6 หน่วยแสดงผล (Visual display unit หรือ Terminal) เป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงผลของข้อมูลออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งแสดงได้ทั้งที่เป็นกราฟิกและน็อนกราฟิก

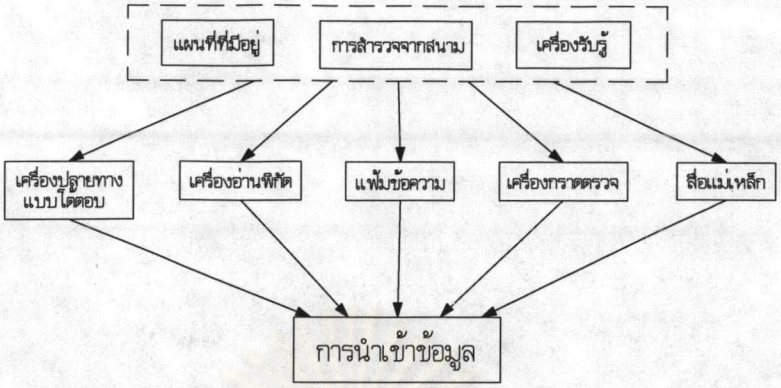
2. คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ (Computer software)

ซอฟต์แวร์ในระบบ GIS จะประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 5 ส่วน ตามรูปที่ 2.3 ดังนี้



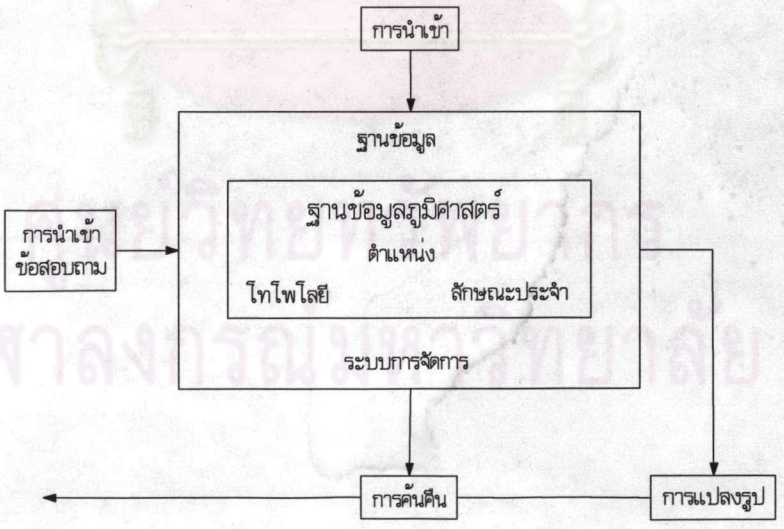
รูปที่ 2.3 องค์ประกอบด้านซอฟต์แวร์หลัก ๆของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

2.1 การนำเข้าข้อมูลและทวนสอบความถูกต้อง (Data input and verification) หมายรวมถึงการแปลงข้อมูลทุกรูปแบบ ซึ่งอาจได้จากแผนที่ การสำรวจภาคสนาม เครื่องรับรู้ (ซึ่งรวมถึงภาพถ่ายทางอากาศ ดาวเทียม และเครื่องบันทึก) ให้อยู่ในรูป digital ที่เข้ากันได้ ตามรูปที่ 2.4 มีเครื่องมือทางคอมพิวเตอร์หลายอย่าง ซึ่งผลิตขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์นี้ ได้แก่ เครื่องปลายทางแบบโต้ตอบจอภาพ (Terminal or VDU.) เครื่องอ่านค่าพิกัด (Digitizer) รายการข้อมูลในแฟ้มข้อความเครื่องกราดตรวจ (Scanners) และเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลซึ่งบรรจุอยู่ในสื่อแม่เหล็ก เช่น เทปดรัม และจานแม่เหล็ก



รูปที่ 2.4 การนำเข้าข้อมูล

2.2 การเก็บข้อมูลและจัดการฐานข้อมูล (Data storage and database management) เป็นเรื่องของวิธีการซึ่งใช้กับข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่ง ความเชื่อมโยง (โทโพโลยี) และลักษณะประจำต่างๆ ขององค์ประกอบทางภูมิศาสตร์ (จุด เส้น พื้นที่ ซึ่งใช้แทนสิ่งต่างๆ บนพื้นผิวโลก) ตามรูปที่ 2.5 โดยข้อมูลเหล่านี้จะถูกจัดเป็นโครงสร้าง และเป็นระบบให้สอดคล้องกับการที่จะนำข้อมูลไปจัดการโดยใช้คอมพิวเตอร์และให้สอดคล้องกับทัศนะของผู้ใช้ด้วย



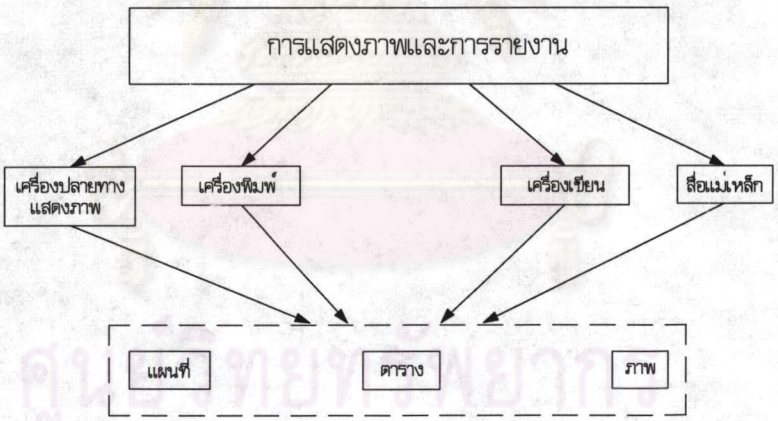
รูปที่ 2.5 องค์ประกอบของฐานข้อมูลภูมิศาสตร์

2.3 การคำนวณและการวิเคราะห์ข้อมูล (Data manipulation and analysis) ในส่วนนี้บางครั้งเรียกว่า Data transformation หรือการแปลงข้อมูล ซึ่งมีวิธีการดำเนินการ 2 ประเภท ได้แก่

- การแปลงเพื่อลบส่วนที่ผิดพลาดออกจากข้อมูล หรือปรับให้ทันสมัยหรือการจัดคู่กับข้อมูลชุดอื่น

- วิธีการวิเคราะห์หลายรูปแบบที่สามารถใช้กับข้อมูล เพื่อตอบคำถามในเรื่องของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

2.4 การแสดงผลข้อมูลและการนำเสนอ (Data output and presentation) เป็นเรื่องของการแสดงข้อมูล และรายงานผลการวิเคราะห์ต่อผู้ใช้ ข้อมูลอาจนำเสนอในรูปของแผนที่ ตาราง และรูปกราฟ โดยวิธีการต่างๆ ตั้งแต่การแสดงภาพชั่วคราวทางจอภาพ ตลอดจนแสดงผลด้วยเครื่องพิมพ์ หรือเครื่องเขียนรูปบนกระดาษหรือฟิล์ม จนถึงข้อมูลที่บันทึกในรูปดิจิทัลบนสื่อแม่เหล็กตามรูปที่ 2.6

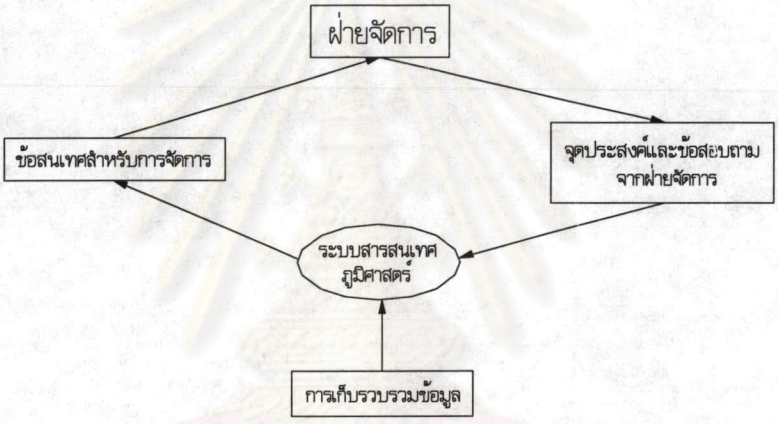


รูปที่ 2.6 การแสดงผลและการนำเสนอข้อมูล

2.5 การโต้ตอบกับผู้ใช้ (Interaction with the user) ในส่วนนี้มีความจำเป็นมาก ซึ่งทำให้ผู้ใช้ยอมรับและใช้ประโยชน์ระบบข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นระบบข้อมูลใดๆก็ตาม ซอฟต์แวร์ปัจจุบันจะมีการสร้างรายการ (menu) ที่ไม่ยุ่งยาก ทำให้ผู้ใช้สะดวกในการใช้ข้อมูลจาก ระบบ GIS.

3. องค์กรในการดำเนินงาน GIS.

การนำระบบ GIS. มาใช้งานในด้านต่างๆ นั้น จำเป็นจะต้องมีการฝึกอบรมบุคลากรให้มีความรู้ความเข้าใจ และมีศักยภาพในการใช้คอมพิวเตอร์ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ได้เป็นอย่างดี เพื่อให้มีความพร้อมในการที่จะรอปรับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของระบบ GIS. โดยมีองค์กรที่ทำหน้าที่รับผิดชอบในการฝึกอบรมดังกล่าว นอกจากนี้ยังต้องรับผิดชอบในการพัฒนาระบบ GIS. ให้สามารถรองรับและตอบสนองต่อการวางแผน และการจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ รูปที่ 2.7 แสดงถึงลักษณะทางองค์กรของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์



รูปที่ 2.7 ลักษณะทางองค์กรของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Characteristics of GIS. Information)

ลักษณะของข้อมูลในระบบ GIS. แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ลักษณะข้อมูลเชิงเฉพาะ (Attribute characteristics)
2. ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial characteristics)

1. ลักษณะข้อมูลเชิงเฉพาะ (Attribute characteristics)

ลักษณะข้อมูลเชิงเฉพาะ หมายถึง ลักษณะประจำตัวหรือลักษณะที่มีความแปรผันในการชี้วัดปรากฏการณ์ต่างๆ ตามธรรมชาติ โดยจะระบุถึงสถานที่ที่ทำการศึกษาในช่วง

ระยะเวลาหนึ่งๆ ลักษณะข้อมูลเชิงเฉพาะ อาจมีลักษณะที่ต่อเนื่องกัน เช่น เส้นชั้นระดับความสูง (Terrain elevation) หรือเป็นลักษณะไม่ต่อเนื่อง เช่น จำนวนพลเมือง (Number of inhabitants) และชนิดของสิ่งปกคลุมดิน (Land cover types) เป็นต้น ค่าความแปรผันของลักษณะข้อมูลเชิงเฉพาะนี้จะทำการชี้วัดออกมาในรูปของตัวเลข (Numeric) โดยกำหนดเกณฑ์การวัดออกเป็น 3 ระดับ คือ

1.1 Nominal level เป็นระดับที่มีการวัดข้อมูลอย่างหยาบๆ โดยจะกำหนดตัวเลขหรือสัญลักษณ์ เพื่อจำแนกลักษณะของสิ่งต่างๆเท่านั้น เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่หนึ่งจำแนกได้เป็น ป่าไม้ แหล่งน้ำ ทุ่งหญ้า ฯลฯ ลักษณะเหล่านี้อาจแทนค่าเป็นตัวเลข เช่น 1 = ป่าไม้ 2 = ทุ่งหญ้า 3 = แหล่งน้ำ เป็นต้น

1.2 Ordinal level หรือ Ranking level เป็นการเปรียบเทียบลักษณะในแต่ละปัจจัยว่ามีขนาดเล็กกว่า เท่ากัน หรือใหญ่กว่า เช่นพื้นที่ป่าไม้มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ทุ่งหญ้า หรือ 1>2 เป็นต้น

1.3 Interval - Ratio level เป็นการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ในระหว่างแต่ละปัจจัยของ Ordinal level ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด เช่น พื้นที่ป่าไม้มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ทุ่งหญ้า 2 เท่า เป็นต้น

รายละเอียดของเกณฑ์การวัดในระดับต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

	NOMINAL	ORDINAL	INTERVAL-RATIO
INFORMATION CONTENT	IDENTIFICATION	IDENTIFICATION RANKING	IDENTIFICATION RANKING MEANING OF INTERVAL VALUES
PERMISSIBLE OPERATION	SOME LOGICAL OPERATION	LOGICAL OPERATION	LOGICAL AND ARITH- METICAL OPERATION
RELAVANT STATISTICS	MODE CONTINGENCY COEFFICIENT	MEDIAN PERCENTILES	MEAN, VARIANCE COEFFICIENT OF CORRELATION

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของเกณฑ์การวัดในระดับต่างๆ

2. ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial characteristics)

ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ จะมีลักษณะและรูปแบบต่างๆกัน พอสรุปได้ดังนี้

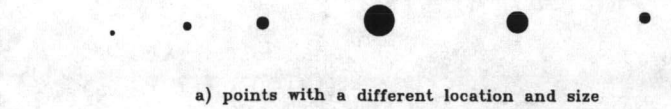
2.1 รูปแบบของจุด (Point features) มีลักษณะเป็นจุด ณ ตำแหน่งใดๆ โดยกำหนดตำแหน่งด้วยค่าพิกัด X Y เพียง 1 คู่ จุดจะอธิบายตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูล เช่น ที่ตั้งของจังหวัด เป็นต้น

2.2 รูปแบบของเส้น (Linear features) ประกอบไปด้วยลักษณะของเส้นตรง เส้นหักมุม และเส้นโค้ง ซึ่งรูปร่างของเส้นเหล่านี้จะอธิบายถึงลักษณะต่างๆ โดยอาศัยขนาดทั้งความกว้างและความยาว เช่น ถนน หรือแม่น้ำ เป็นต้น

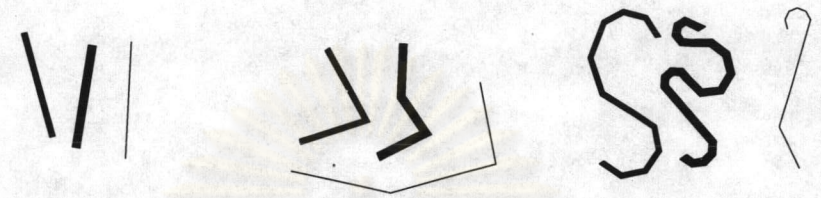
2.3 รูปแบบของพื้นที่ (Areal features) เป็นลักษณะขอบเขตพื้นที่ที่เรียกว่า Polygon ซึ่งประกอบด้วยลักษณะต่างๆคือ Convex, Concave, Area with a hole ลักษณะเหล่านี้จะใช้อธิบายขอบเขตของข้อมูลต่างๆ เช่น ขอบเขตพื้นที่ป่าไม้ เป็นต้น

รายละเอียดของรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial features) ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

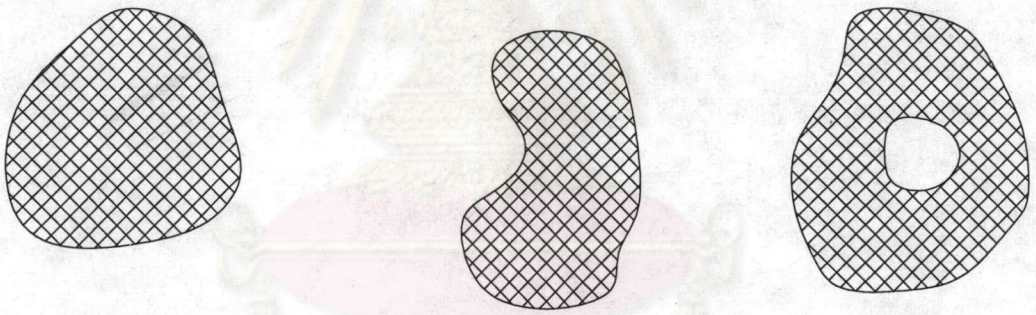


a) points with a different location and size



straight lines broken lines curved lines

b) three basic types of line

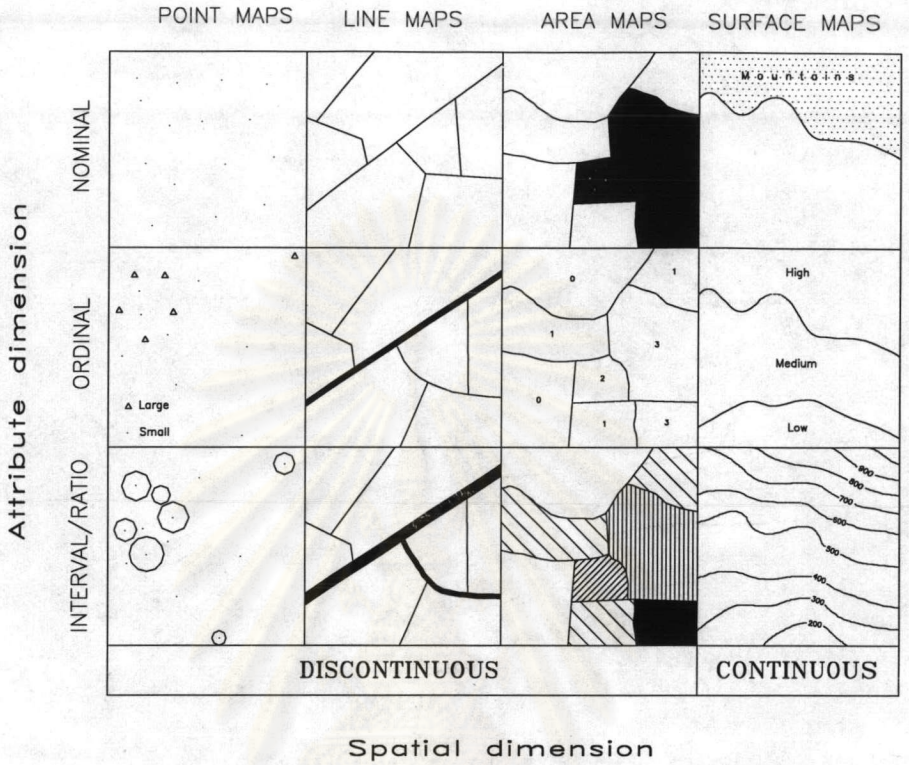


convex area concave area area with a "hole"

c) three types of area

รูปที่ 2.8 รูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่

ลักษณะข้อมูลเชิงเฉพาะและเชิงพื้นที่นี้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นไปได้ทั้งในแบบต่อเนื่อง (Continuous) และไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ยกตัวอย่าง เช่น แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) จะแสดงถึงเส้นชั้นความสูงที่มีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่จำนวนประชากรที่อยู่อาศัยในแต่ละชั้นระดับความสูงนั้น จะมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง โดยจะแปรผันไปตามปัจจัย และสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตเท่านั้น รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะข้อมูลเชิงเฉพาะและข้อมูลเชิงพื้นที่ แสดงไว้ในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 รูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะข้อมูลเชิงเฉพาะ และลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่

ลักษณะโครงสร้างและการนำเข้าข้อมูลในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS. structure and data input)

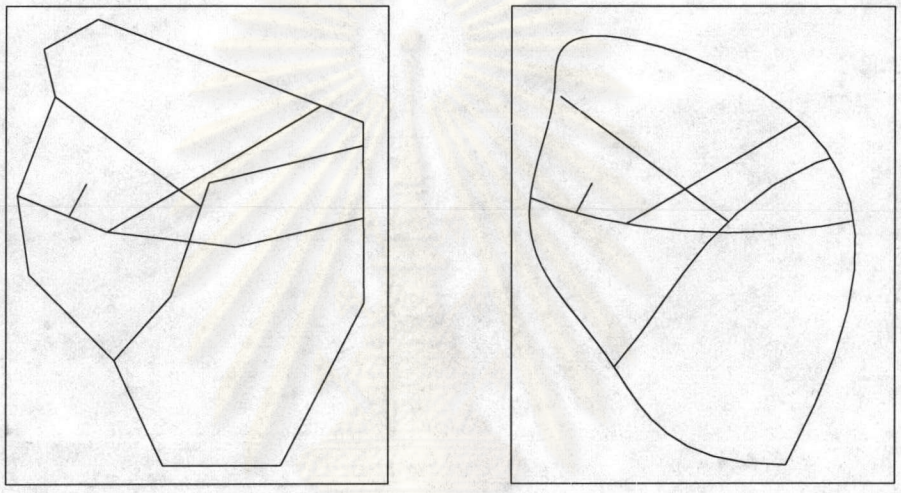
ลักษณะโครงสร้างของข้อมูลในระบบ GIS. แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ลักษณะโครงสร้างแบบเวกเตอร์ (Vector structure)
2. ลักษณะโครงสร้างแบบแรสเตอร์ (Raster structure)

1. ลักษณะโครงสร้างแบบเวกเตอร์ (Vector structure)

ในข้อมูลระบบเวกเตอร์นั้น จะใช้ลักษณะของจุดและเส้น ในการแสดงลักษณะทางภูมิศาสตร์ โดยจุดที่เชื่อมโยงต่อกันด้วยเส้นตรงที่เรียกว่า Arc เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ

ข้อมูลรูปแบบเส้น (Linear feature) เช่น ถนน แม่น้ำ เป็นต้น ปลายของเส้น Arc หลายๆ Arc ที่ต่อกันจนเกิดเป็นขอบเขตนั้นเรียกว่า โพลีกอน (Polygon) กระบวนการของข้อมูลแบบเวกเตอร์นี้ จะใช้คู่ของพิกัด X และ Y เป็นตัวชี้ตำแหน่งและลักษณะของสิ่งต่างๆ แล้วผ่านกระบวนการที่เรียกว่า "Generalization" เพื่อให้ได้รูปร่างลักษณะ มาตราส่วน และรายละเอียดตามต้องการ รูปที่ 2.10 แสดงถึงกระบวนการ Generalization



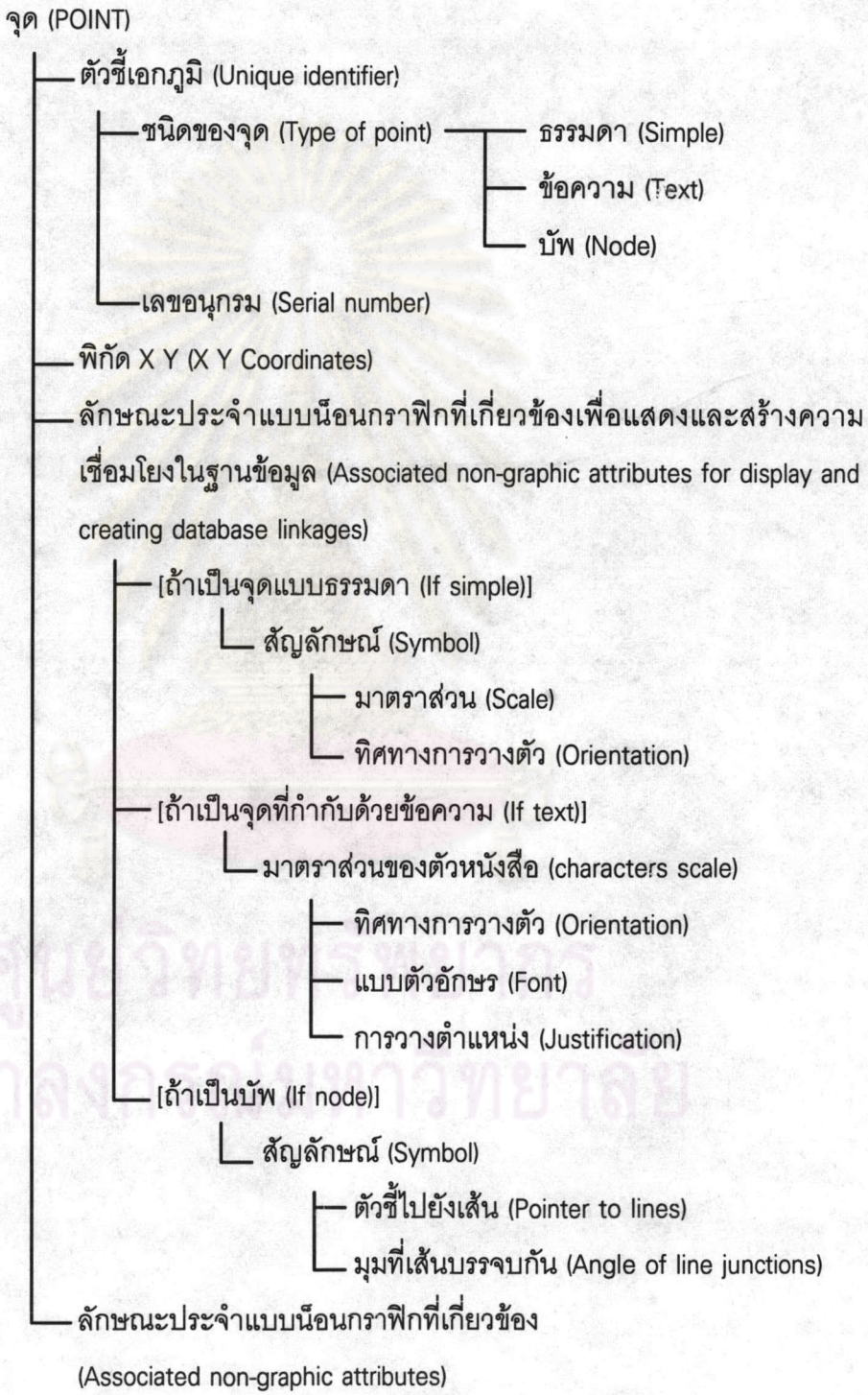
รูปที่ 2.10 กระบวนการ Generalization

วิธีการนำเข้าข้อมูลของระบบ GIS. ในลักษณะโครงสร้างแบบเวกเตอร์ แบ่งออกเป็นวิธีการในรูปแบบต่างๆ ดังนี้

1.1 การนำเข้าข้อมูลที่เป็นจุด (Point entities)

การนำเข้าข้อมูลที่เป็นจุด จะใช้คู่พิกัด X Y เพียง 1 คู่ เพื่อแสดงตำแหน่งของข้อมูลทางภูมิศาสตร์หรือลักษณะของภาพต่างๆ นอกเหนือจากพิกัด X Y แล้ว อาจจะมีข้อมูลอื่นๆ ที่ใช้ในการอธิบายความหมาย หรือชนิดของข้อมูลที่เป็นจุดนั้นๆ เช่น จุดอาจจะเป็นสัญลักษณ์ที่ไม่ได้มีความสัมพันธ์กับข้อมูลอื่น แต่ระเบียนข้อมูลจะต้องมีข้อสนเทศเกี่ยวกับสัญลักษณ์ ขนาด และทิศทางในการวางตัวของสัญลักษณ์ ถ้าจุดคือ ตัวหนังสือ ระเบียนข้อมูลจะต้องมีข้อสนเทศเกี่ยวกับคุณสมบัติของตัวหนังสือที่จะแสดง แบบตัวอักษร (Font) ตำแหน่งที่ต้องลงในแผนที่ (ขวา ซ้าย

ศูนย์กลาง) มาตราส่วน ทิศทางการวางตัว รวมทั้งการเชื่อมโยงกับลักษณะประจำแบบน็อนกราฟิก ดังแสดงโครงสร้างข้อมูลของจุดในแบบต่างๆ ตามรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 โครงสร้างข้อมูลเวกเตอร์ของจุดแบบง่าย

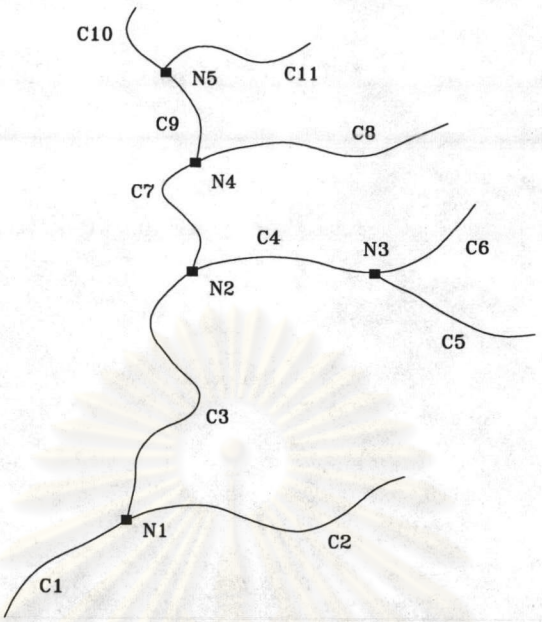
1.2 การนำเข้าข้อมูลรูปแบบเส้น (Linear entities)

ข้อมูลรูปแบบเส้น หมายความรวมถึง ลายเส้นทุกชนิดที่ประกอบด้วยเส้นตรง ซึ่งกำหนดด้วยค่าพิกัด 2 คู่ หรือมากกว่า เส้นตรงที่ธรรมดาที่สุด จำเป็นต้องมีข้อมูลจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด (ค่าพิกัด X Y 2 คู่) และระเบียนข้อมูลที่บอกสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงเส้น ตัวอย่างเช่น ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นค่าที่บ่งบอกชนิดของสัญลักษณ์ที่จะใช้แสดง สามารถเรียกเส้นทึบหรือเส้นประ มาแสดงในอุปกรณ์แสดงภาพ โดยไม่จำเป็นต้องบันทึกเส้นประทั้งเส้นลงในฐานข้อมูล

เส้นโค้ง (Arc) สายโซ่ (Chain) หรือสายอักขระ (String) คือค่าพิกัด X Y จำนวน n คู่ ที่ใช้ในการเขียนเส้นที่ซับซ้อน ถ้าเส้นถูกแบ่งเป็นส่วนให้สั้นลง และค่าพิกัดที่ใช้มีจำนวนมากขึ้นเท่าใด แสดงว่าสายโซ่นั้นใช้แสดงเส้นที่ซับซ้อนมากขึ้นเท่านั้น ถ้าต้องการประหยัดเนื้อที่เก็บข้อมูล แต่สิ้นเปลืองเวลาการประมวลผลของเครื่องมากขึ้น อาจทำได้โดยการใส่รหัส ซึ่งเป็นการระบุว่า ชุดคำสั่งในอุปกรณ์แสดงภาพ ต้องใช้สมการทางคณิตศาสตร์ เช่นฟังก์ชั่นกระดูกงู หรือ (B-Splines) กับค่าพิกัด เมื่อข้อมูลนั้นจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แสดงภาพ

เช่นเดียวกับจุด และเส้นตรงธรรมดา สายโซ่ควรเก็บรวมกับระเบียนข้อมูลซึ่งบอกชนิดของสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงเส้นด้วย

เครือข่ายเส้นหรือสายโซ่ โดยทั่วไปจะไม่มีข้อสนเทศทางพื้นที่ที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างเส้น ดังที่จำเป็นต้องมี เมื่อต้องการวิเคราะห์เครือข่ายร่องน้ำ หรือเส้นทางถนนและการขนส่ง การสร้างเครือข่ายของเส้นเพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์รับรู้ และสามารถไล่ไปตามเส้นที่เชื่อมโยงต่อกัน จำเป็นต้องมีตัวชี้ในโครงสร้างข้อมูล โครงสร้างตัวชี้จะสร้างขึ้นโดยอาศัยบัพ (node) ดังรูปที่ 2.12 แสดงชนิดของโครงสร้างข้อมูลที่จำเป็นต้องมี เพื่อแสดงความเชื่อมโยงระหว่างลำน้ำสาขาทั้งหมดของเครือข่ายธารน้ำ นอกจากจะมีตัวชี้ให้แก่พิกัดลูกโซ่แล้ว บัพยังมีระเบียนข้อมูลที่ระบุมุมที่สายโซ่แต่ละช่วงมาบรรจบที่บัพ ทั้งนี้เพื่อเป็นการสร้างโทโพโลยีของเครือข่ายที่สมบูรณ์ โครงสร้างความเชื่อมโยงแบบง่ายๆ แบบนี้ ทำให้มีความซ้ำซ้อนของข้อมูลบางอย่าง เพราะว่าค่าพิกัดที่บัพแต่ละจุดจะถูกบันทึกรวมทั้งสิ้น (n x สายโซ่ + 1) ครั้ง โดยที่ n คือจำนวนสายโซ่ที่มาพบกันที่บัพแต่ละจุด



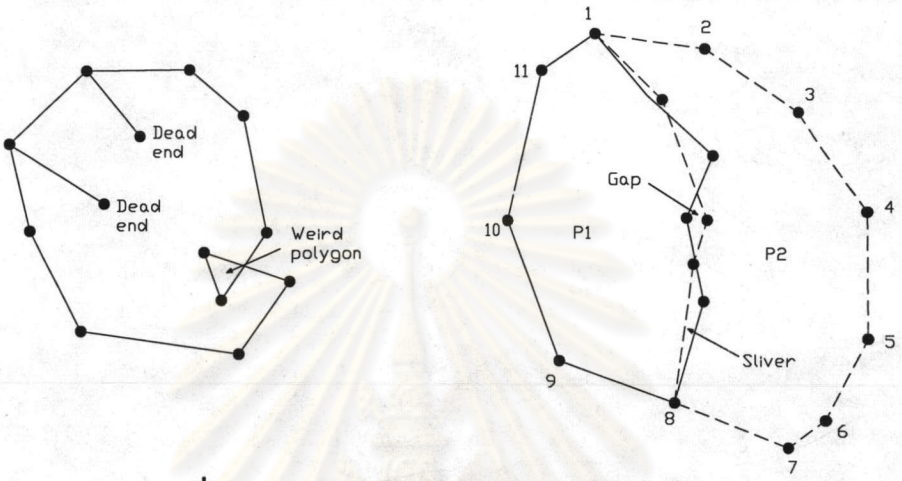
รูปที่ 2.12 ลักษณะการนำเข้าข้อมูลรูปแบบเส้นที่ใช้สายโซ่และบัพ

1.3 การนำเข้าข้อมูลรูปแบบพื้นที่ (Area entities)

การนำเข้าข้อมูลรูปแบบพื้นที่ในระบบ GIS. นั้น จะพิจารณาในรูปของโพลีกอน เพื่อใช้อธิบายคุณสมบัติทางโทโพโลยีของพื้นที่ ซึ่งได้แก่ รูปร่าง (Shape) พื้นที่ต่อเนื่อง (Neighbour) และลำดับชั้น (Hierarchy) ในลักษณะที่สามารถแสดง และคำนวณผลเป็นข้อมูลในแผนที่ได้ วิธีการนำเข้าข้อมูลโพลีกอนที่มีลักษณะง่ายๆ จะใช้วิธีที่เรียกว่า Point list structure โดยจะป้อนข้อมูลคู่พิกัดของแต่ละโพลีกอนไว้ในตาราง แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัดตรงที่มีคู่พิกัด (Coordinate pairs) เป็นจำนวนมาก เช่น จุดหนึ่งๆ จะเป็นตัวแทนมากกว่า 1 โพลีกอน เป็นต้น และการแก้ไขเปลี่ยนแปลงขอบเขตของโพลีกอนกระทำได้ยาก ดังนั้นจึงอาจปรับปรุงวิธีการป้อนข้อมูลไปเป็น Common point dictionary structure โดยจะแยกข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะเป็นข้อมูลคู่พิกัดของจุดยอดในแต่ละโพลีกอน ส่วนที่ 2 จะบอกขอบเขตของโพลีกอนต่างๆ นอกจากนี้สำหรับข้อมูลที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ก็จะใช้ลักษณะ Chain และ Node ในการกำหนดโครงสร้างของข้อมูล

สำหรับข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นในการเก็บข้อมูลของ Simple polygon คือ การลาก (Digitize) ขอบเขตที่ติดต่อกันของแต่ละโพลีกอน ซึ่งจำเป็นต้องมีการลากหรือเก็บข้อมูลซ้ำ อาจก่อให้เกิดข้อผิดพลาดที่เรียกว่า Gap และ Sliver หรือลากขอบเขตของโพลีกอนได้ไม่

ครบถ้วนที่เรียกว่า Dead ends และการลากขอบเขตซ้อนตัดกันที่เรียกว่า Weird polygon เป็นต้น ดังแสดงในรูป 2.13 ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ความระมัดระวังในการนี้พอสมควร เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุดเท่าที่จะทำได้

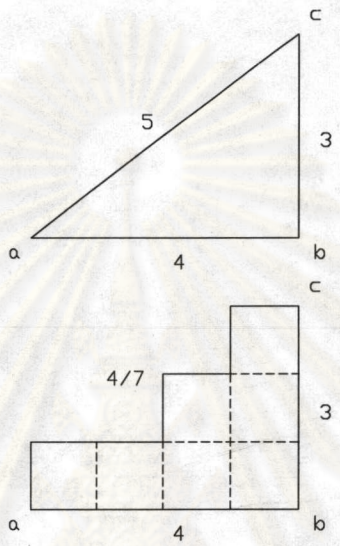


รูปที่ 2.13 แสดงข้อผิดพลาดในการนำเข้าข้อมูล

2. ลักษณะโครงสร้างแบบแรสเตอร์ (Raster structure)

โครงสร้างข้อมูลแบบแรสเตอร์แบบเรียบง่ายที่สุด ประกอบด้วยช่องกริดที่เรียงกันหนึ่งผืน (ช่องกริดบางครั้งเรียกว่า จุดภาพ หรือองค์ประกอบของภาพ Picture elements) แต่ละช่องกริดซึ่งอ้างอิงด้วยลำดับที่ของแถวและสดมภ์ จะมีตัวเลขแสดงชนิดหรือค่าของลักษณะประจำที่จะแสดงในแผนที่ในโครงสร้างแบบแรสเตอร์ จุดจะแสดงด้วยช่องกริด 1 ช่อง เส้นจะแสดงด้วยกริดที่เรียงติดต่อกันจำนวนหนึ่งในทิศทางที่กำหนด และพื้นที่จะแสดงด้วยกริดที่อยู่ติดต่อกันเป็นกลุ่ม โครงสร้างข้อมูลชนิดนี้ง่ายต่อการจัดการด้วยคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะการจัดการด้วยภาษาคอมพิวเตอร์บางชนิด เช่น ฟอร์แทรน (FORTRAN) เนื่องจากการเก็บ การจัดการ และ การแสดงข้อมูลที่เรียงเป็นแถวและสดมภ์ทำได้ง่าย โครงสร้างข้อมูลแบบนี้ถือว่าพื้นผิวสองมิตินั้น แสดงด้วยข้อมูลภูมิศาสตร์ ซึ่งไม่ใช่ค่าต่อเนื่อง แต่ประกอบด้วยค่าที่แสดงด้วยรหัสตัวเลขเป็นตัวๆ เรียงต่อกัน จึงมีผลต่อปริมาณความยาวและเนื้อที่อย่างมาก โดยเฉพาะถ้ากริดมีขนาดใหญ่ เมื่อเทียบกับขนาดของสาลักษณ์ (Feature) ที่กำลังแสดง ตัวอย่างเช่น รูปที่ 2.14 (บน) แสดงระยะทาง (แบบยูคลิด-Euclid) ระหว่าง a ถึง c ซึ่งวัดได้เท่ากับ 5 หน่วย ในขณะที่รูปที่ 2.14 (ล่าง) นั้น ระยะจาก a ถึง c อาจเป็น 7 หรือ 4 แล้วแต่ว่าจะนับความยาวด้วยจำนวนขอบของช่องกริด หรือนับจำนวนช่องกริดที่เส้นตรงลากผ่านพื้นที่ในรูปที่ 2.14 (บน) เท่ากับ 6 ตารางหน่วย แต่ในรูปที่ 2.14 (ล่าง) เท่ากับ 7 ตารางหน่วย เนื่องจากการสูญเสียความแม่นยำอันเกิดจากขนาดของกริดมีผลทำ

ให้เกิดกรณีที่ตัวเลขขัดแย้งกัน ดังนั้นในการใช้งานด้านต่างๆ เช่น การประมวลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ จึงมักถือว่าพื้นผิวที่แสดงค่าด้วยตัวเลขเหล่านี้เป็นพื้นผิวต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถนำฟังก์ชั่นคณิตศาสตร์ที่ใช้กับพื้นที่ผิวต่อเนื่องมาใช้กับพื้นผิวเหล่านี้ได้



รูปที่ 2.14 การใช้รหัสแบบแรสเตอร์อาจมีผลต่อค่าประมาณของระยะทางและพื้นที่เนื่องจากผลของการแปลงช่องกริดเป็นตัวเลข

ลักษณะโครงสร้างข้อมูลทั้งสองแบบนี้จะมีคุณสมบัติเฉพาะที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการที่จะเลือกใช้ลักษณะโครงสร้างแบบใดในงานต่างๆ ที่ต้องการนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงข้อดีข้อเสียของแต่ละโครงสร้างให้สอดคล้องกับลักษณะงานนั้นๆด้วย ข้อดีข้อเสียของลักษณะโครงสร้างแบบต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้

ลักษณะโครงสร้างแบบเวกเตอร์

ข้อดี

1. สามารถแสดงผลของโครงสร้างข้อมูลที่ปรากฏตามธรรมชาติได้ดี
2. ให้ความถูกต้องของข้อมูลได้ดีที่สุด

3. สามารถอธิบายลักษณะทางโทโพโลยี ด้วยการเชื่อมโยงระบบโครงข่ายข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์
4. สามารถปรับปรุงแก้ไขข้อมูลได้ดีพอควร
5. ไม่มีข้อจำกัดที่จะซ้อนทับข้อมูลที่มี Resolution ต่างกัน

ข้อเสีย

1. ลักษณะโครงสร้างของข้อมูลค่อนข้างซับซ้อน
2. การซ้อนทับข้อมูลที่เป็นโพลีกอน ค่อนข้างซับซ้อนยุ่งยากและต้องใช้เวลามาก
3. การทดสอบด้วยการจำลองสถานการณ์ทำได้ยาก เพราะแต่ละหน่วยของแผนที่มีโครงสร้างทางโทโพโลยีที่ต่างกัน เช่น เป็นจุด, เส้น และโพลีกอน
4. การแสดงและการเขียนเป็นแผนที่เสียค่าใช้จ่ายสูง โดยเฉพาะเมื่อต้องการแสดงสีและสัญลักษณ์ที่มีคุณภาพสูง
5. เทคโนโลยีชนิดนี้มีราคาแพง โดยเฉพาะถ้าต้องการใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่มีความซับซ้อน
6. การวิเคราะห์พื้นที่และการกรองรายละเอียดภายในรูปหลายเหลี่ยมเกือบเป็นไปไม่ได้

ลักษณะโครงสร้างแบบแรสเตอร์

ข้อดี

1. ลักษณะโครงสร้างของข้อมูลเป็นแบบง่ายๆ
2. การวางซ้อนและการรวมข้อมูลแผนที่กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทำได้ง่าย
3. การวิเคราะห์ทางพื้นที่ในแบบต่างๆ ทำได้ง่าย
4. การทดสอบด้วยการจำลองสถานการณ์ทำได้ง่าย เพราะหน่วยพื้นที่แต่ละหน่วยมีรูปร่างและขนาดเท่ากัน
5. เทคโนโลยีมีราคาถูกและกำลังมีการพัฒนาอย่างจริงจัง

ข้อเสีย

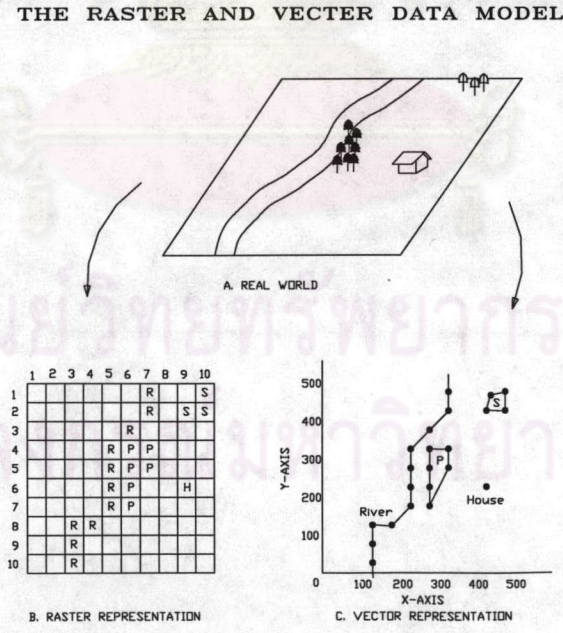
1. ข้อมูลกราฟิกมีขนาดใหญ่
2. การใช้ช่องกริดใหญ่เพื่อลดปริมาณของข้อมูล ทำให้สูญเสียโครงสร้างข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ และเป็นการสูญเสียข้อสนเทศอย่างมาก

3. แผนที่แรสเตอร์ที่หยาบจะไม่สวยเท่าแผนที่ซึ่งเขียนด้วยเส้น
4. การสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงทำได้ยาก
5. การแปลงเส้นโครงแผนที่ต้องใช้เวลามาก เว้นแต่จะใช้ขั้นตอนวิธีหรือฮาร์ดแวร์พิเศษ

แบบจำลองของข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data model)

ข้อสนเทศทางภูมิศาสตร์ ในส่วนที่เป็นข้อสนเทศเชิงเฉพาะ (Attribute information) จะออกแบบตามความต้องการใช้งานในรูปแบบของการออกแบบฐานข้อมูล ซึ่งแบบจำลองขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานเป็นหลัก ส่วนที่ข้อสนเทศเชิงพื้นที่ (Spatial information) จะมีการจัดเก็บลงในฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ โดยใช้แบบจำลองฐานข้อมูลแบบต่างๆ ตามสภาพโครงสร้างของข้อมูลดังรูปที่ 2.15 ได้ 2 แบบ คือ

1. แบบจำลองข้อมูลแบบเวกเตอร์ (Vector data model)
2. แบบจำลองข้อมูลแบบแรสเตอร์ (Raster data model)



รูปที่ 2.15 หลักการนำเสนอปรากฏการณ์ทางภูมิศาสตร์ด้านแบบจำลองข้อมูลแบบเวกเตอร์และแบบแรสเตอร์

1. แบบจำลองข้อมูลแบบเวกเตอร์

แบบจำลองแบบนี้ ใช้เส้นเป็นหน่วยพื้นฐานในการบันทึกแทนปรากฏการณ์ต่างๆ ทางภูมิศาสตร์ ข้อมูลเชิงพื้นที่จะถูกเก็บในรูปของค่าพิกัดฉากของจุดซึ่งประกอบกันเป็นเส้น การใช้ค่าพิกัดฉากบันทึกตำแหน่งของสิ่งต่างๆ ทำให้สามารถแทนตำแหน่งได้อย่างละเอียดถูกต้องสูง นอกจากนั้นแบบจำลองข้อมูลแบบนี้ ยังเก็บบันทึกข้อมูลในลักษณะของ Implicit relations ซึ่งสามารถเก็บบันทึกข้อมูลที่มีความซับซ้อน โดยใช้เนื้อที่หน่วยความจำต่ำ

ข้อมูลรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) จะถูกนำเสนอด้วยเส้นขอบเขตพื้นที่ ส่วนข้อมูลจุด (Point) ก็สามารถถูกพิจารณาเป็นเส้นที่มีความยาวเป็นศูนย์ ซึ่งก็คือค่าพิกัดฉาก 1 จุด นั่นเอง แบบจำลองข้อมูลที่ใช้ในแนวทางแบบเวกเตอร์ มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น

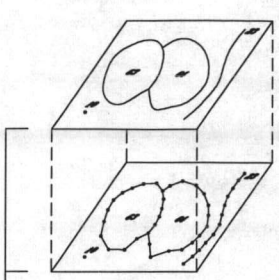
1. Spaghetti data model
2. Topologic model
3. POLYVRT (Polygon converter)
4. The triangulated irregular network (TIN)

1.1 Spaghetti data model

ในแบบจำลองข้อมูลแบบ Spaghetti นี้ ลายเส้นในแผนที่กระดาษ จะถูกแปลงไปเป็นค่าพิกัด X Y ทีละเส้น จุดก็จะถูกแปลงเป็นค่าพิกัด X Y 1 ค่า พื้นที่จะถูกนำเสนอในรูป Polygon และถูกบันทึกในรูปค่าพิกัดของเส้นขอบเขตของพื้นที่นั้น รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลด้วยแบบจำลองข้อมูลแบบ Spaghetti

จะเห็นว่า เส้นขอบเขตร่วมของ Polygon 2 Polygon ที่อยู่ติดกันนั้น จะถูกเก็บซ้ำ 2 ครั้ง นั่นคือ การเก็บข้อมูลแบบนี้เป็นการนำค่าพิกัดของสิ่งต่างๆ บนแผนที่มารวมกันไว้เท่านั้น โดยไม่มีโครงสร้างที่เป็นระบบ ไม่มีการบันทึกความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างสิ่งต่างๆ เหล่านั้นไว้

แบบจำลองข้อมูลแบบ Spaghetti นี้ ไม่เหมาะกับการวิเคราะห์เชิงพื้นที่หลายชนิด อย่างไรก็ตาม แบบจำลองแบบนี้ก็มีประสิทธิภาพ สำหรับการผลิตแผนที่จากข้อมูลดิจิตอล เพราะการ Plot แผนที่นั้นไม่ต้องการข้อมูลความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งเหล่านั้นเลย



Original Map

Map expressed in
Cartesian Coordinates
(Data Model)

Data Structure

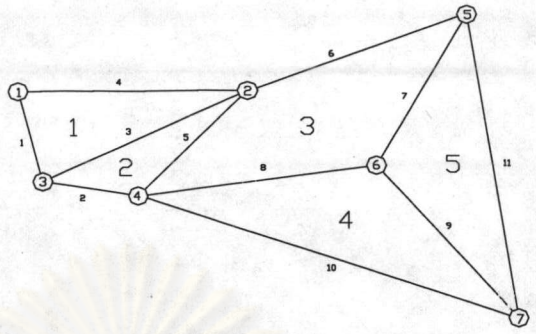
Feature	Number	Location
Point	10	X,Y (Single Point)
Line	23	X_1,Y_1 ,X_2,Y_2 .....X_n,Y_n (String)
Polygon	63	X_1,Y_1 ,X_2,Y_2 .....X_1,Y_1 (Closed Loop)
	64	X_1,Y_1 ,X_2,Y_2 .....X_1,Y_1 (Data Structure)

รูปที่ 2.16 แบบจำลองข้อมูลแบบ Spaghetti

1.2 Topologic model

เป็นแบบจำลองข้อมูลซึ่งได้รับความนิยมมาก ในการคงไว้ซึ่งข้อมูลความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial relationship) ระหว่างสิ่งต่างๆ หลักการพื้นฐานของแบบจำลองข้อมูลแบบนี้ แสดงอยู่ในรูปที่ 2.16 หน่วยพื้นฐาน (Basic logical entity) ที่ใช้คือ เส้นตรง (Line segment) ซึ่งเริ่มและสิ้นสุด ณ จุดตัดกับเส้นอื่น หรือที่จุดซึ่งเส้นเปลี่ยนทิศทาง เส้นตรงแต่ละเส้นจะถูกบันทึกด้วยค่าพิกัดของจุดปลายทั้งสอง นอกจากนั้น ชื่อ หรือหมายเลขประจำของ Polygon ที่อยู่ทั้งสองด้านของเส้นตรงเส้นนั้นก็จะถูกบันทึกไว้เช่นกัน ด้วยวิธีนี้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างองค์แผนที่ (Map element) ต่างๆ ก็สามารถเก็บบันทึกไว้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ได้ต่อไป

แบบจำลองข้อมูลแบบนี้จะไม่มีการเก็บข้อมูลซ้ำซ้อน เหมือนแบบ Spaghetti อย่างไรก็ตาม ปัญหาหลักของแบบจำลองข้อมูลแบบนี้ รวมทั้งแบบ Spaghetti ก็คือ ข้อมูลของ Line segment หนึ่งๆ มิได้ถูกจัดเก็บตามลำดับใดๆ ดังนั้นการค้นหาเพื่ออ่านข้อมูลของ Line segment ที่ต้องการ จึงต้องใช้การค้นหาแบบ Sequential ไปตลอดทั้ง File ซึ่งเสียเวลามาก เช่น การค้นหาเส้นขอบเขตของ Polygon ใดๆ เป็นต้น



Coded Network Map

Link #	Right Polygon	Left Polygon	Node 1	Node 2
1	1	0	3	1
2	2	0	4	3
3	2	1	3	2
4	1	0	1	2
5	3	0	4	2
6	3	0	2	5
7	5	3	5	6
8	4	3	6	4
9	5	4	7	6
10	4	0	7	4
11	0	5	5	7

Topologically Coded Network & Polygon File

Node #	X Coordinate	Y Coordinate
1	23	8
2	17	17
3	29	15
4	25	21
5	8	26
6	22	30
7	24	38

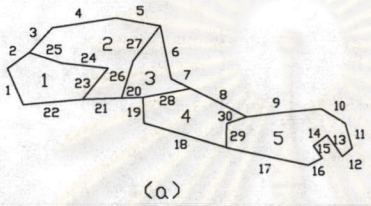
X,Y Coordinate Node File

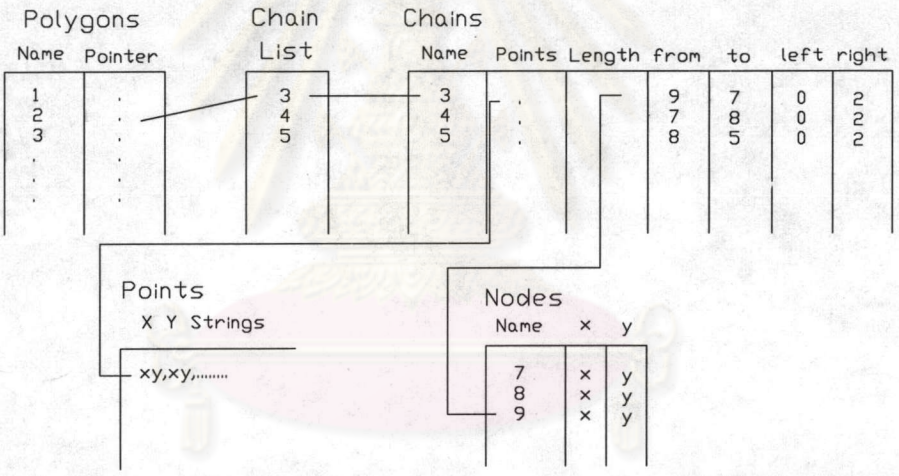
รูปที่ 2.17 แบบจำลองข้อมูลแบบ Topologic

I1074007 9X

1.3 POLYVRT

คำว่า POLYVRT ย่อมาจากคำว่า Polygon converter เป็นแบบจำลองข้อมูล ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นที่ Harward Laboratory for Computer Graphics เมื่อปลายทศวรรษ 1970 แบบจำลองนี้ เพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหา รับข้อมูลจากฐานข้อมูล โดยการเก็บบันทึกข้อมูลแยกตามชนิดของ entity ในลักษณะโครงสร้างแบบ Hierarchical ดังรูปที่ 2.18 (a)





รูปที่ 2.18 แบบจำลองข้อมูลแบบ POLYVRT

ในแบบจำลองข้อมูลแบบ POLYVRT นี้ใช้ Chain เป็นหน่วยพื้นฐานโดย Chain ก็คือ ชุดของเส้นตรงต่อกันซึ่งเริ่มและสิ้นสุดที่ Node ซึ่งเป็นจุดตัดของ Chain 2 Chain (หรืออาจเป็นจุดเริ่มหรือสิ้นสุดซึ่งลอยอยู่ก็ได้) ค่าพิกัดของจุดทั้งหลายใน Chain จะไม่ถูกบันทึกไว้ที่ Chain record แต่จะถูกเก็บแยกเป็น Point file โดยมี Pointer จาก Chain record เป็นตัวชี้ เช่นเดียวกับที่มี Pointer ใน Polygon record ชี้ไปที่ Chain ที่เป็นเส้นขอบเขตของ Polygon นั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.18 (b)

ใน Chain record นั้น จะบันทึกข้อมูลความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เหมือนกับในแบบจำลองข้อมูลแบบ Topologic คือ from-node, to-node, left-polygon และ right-polygon

ข้อดีของแบบจำลองแบบนี้คือ

1. การเก็บข้อมูลด้วยโครงสร้างแบบ Hierarchical ทำให้สามารถเลือกรับข้อมูลเฉพาะที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว

2. การวิเคราะห์เกี่ยวกับความต่อเนื่องของโพลีกอน จะใช้เฉพาะข้อมูล Chain record เท่านั้น ไม่จำเป็นต้องอ่านข้อมูลส่วนที่เป็นค่าพิกัดออกมา

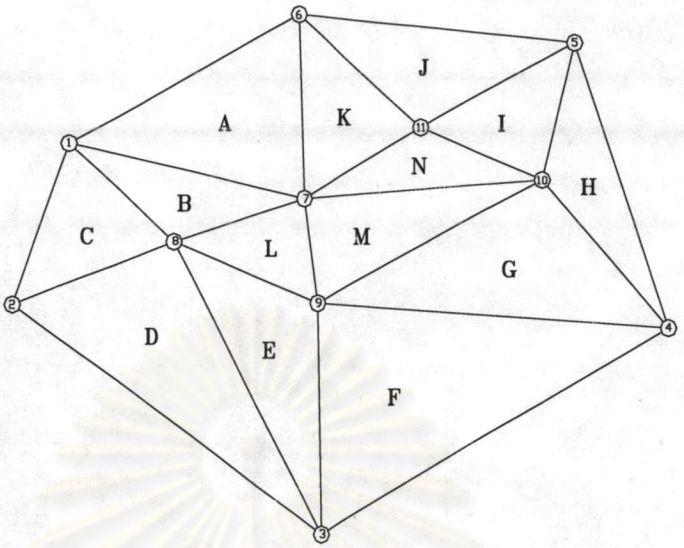
ข้อได้เปรียบของแบบจำลองข้อมูลแบบ Topologic และ POLYVRT นั้นก็คือ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่หลายประเภทสามารถกระทำได้โดยไม่ต้องใช้ข้อมูลพิกัด อย่างไรก็ตาม การสร้างฐานข้อมูลแผนที่มี Topology นี้เสียค่าใช้จ่ายสูง และเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในแผนที่เกิดขึ้น ข้อมูล Topology ก็จะต้องถูกแก้ไขให้ถูกต้องด้วย

1.4 The Triangulated Irregular Network (TIN)

TIN เป็นแบบจำลองข้อมูลเวกเตอร์แบบ Topological ซึ่งแทนพื้นผิวโลกด้วยผิวหน้าของสามเหลี่ยม ซึ่งเชื่อมต่อกันจำนวนมาก โดยจุดยอดแต่ละจุดของสามเหลี่ยมจะถูกบันทึกค่าพิกัด X Y และค่าความสูง (Z)

โครงสร้างข้อมูลของ TIN แสดงอยู่ในรูปที่ 2.19 ตาราง Node บันทึกชื่อหรือหมายเลขสามเหลี่ยม และหมายเลข Node ที่เป็นจุดยอด ตาราง Edge บันทึกหมายเลขของสามเหลี่ยม 3 รูป ซึ่งอยู่ชิดกับสามเหลี่ยมนั้นๆ ส่วนอีก 2 ตารางที่เหลือ บันทึกค่าพิกัด X Y และค่าระดับ (Z) ของ Node ต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



X–Y coordinates	
node#	Coordinates
1	x1,y1
2	x2,y2
3	x3,y3
.	.
.	.
.	.
11	x11,y11

Z coordinates	
node#	Z value
1	z1
2	z2
3	z3
.	.
.	.
.	.
11	z11

EDGES	
△	adjacent △
A	B,K
B	A,C,L
C	B,D
D	C,E
E	D,F,L
F	E,G
G	F,H,M
H	G,I
I	H,J,N
J	I,K
K	A,J,N
L	B,E,M
M	G,L,N
N	I,K,M

NODES	
△	node#
A	1,6,7
B	1,7,8
C	1,2,8
D	2,3,8
E	3,8,9
F	3,4,9
G	4,9,10
H	4,5,10
I	5,10,11
J	5,6,11
K	6,7,11
L	7,8,9
M	7,9,10
N	7,10,11

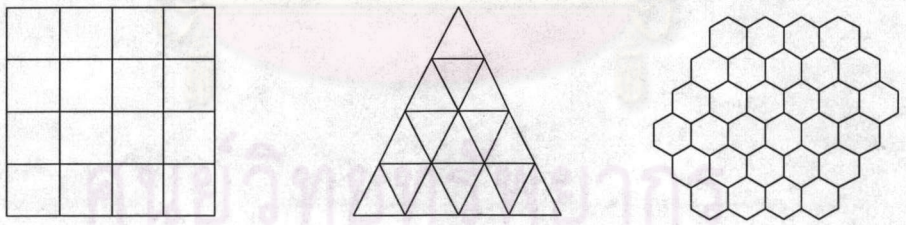
รูปที่ 2.19 โครงสร้างข้อมูล TIN

ด้วยโครงสร้างแบบ TIN นี้ ค่าความชัน (Slope) ทิศทางของความชัน (Aspect) สามารถถูกบันทึกลงสำหรับสามเหลี่ยมแต่ละรูป ในลักษณะของค่า Attribute ของ Polygon

โดยปกติข้อมูลระดับพื้นผิวโลก ซึ่งเป็นข้อมูลดิจิตอลนั้น มักถูกเก็บบันทึกมาในลักษณะของแฟ้มข้อมูลแรสเตอร์ คือเป็นค่าระดับของจุดตัดของเส้นกริด ซึ่งวัดจากเครื่องเขียนแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ หรือหากข้อมูลอยู่ในรูปอื่น เช่น เส้นชั้นความสูง ก็สามารถสร้างข้อมูลกริดได้ด้วยการ Interpolation ข้อเสียของโครงสร้างข้อมูลแบบกริดนี้ก็คือ ระยะห่างระหว่างจุดความสูงคงที่ ดังนั้นหากต้องการความละเอียดสูง โดยใช้ระยะกริดน้อยก็จะต้องสร้างแฟ้มข้อมูลขนาดใหญ่มาก นอกจากนั้นโครงสร้างข้อมูลแบบกริด ยังไม่สามารถบันทึกจุดเปลี่ยนระดับ เช่น Ridge ได้อย่างละเอียด ในขณะที่โครงสร้างข้อมูล TIN สามารถแก้ปัญหาทั้งสองข้างต้นได้ ข้อเสียของ TIN ก็คือต้องการเวลาในการสร้างและการประมวลผลมากกว่า

2. แบบจำลองข้อมูลแบบแรสเตอร์

แบบจำลองข้อมูลแบบแรสเตอร์นั้น ใช้หลักการของ Tessellation คือการใช้รูป Polygon จำนวนมากในการนำเสนอปรากฏการณ์ต่างๆ ทางภูมิศาสตร์ รูป Polygon เล็กๆ นั้นเรียกว่า Cell หรือ Pixel โดยทั่วไปนิยมใช้รูป Polygon ที่เป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า เรียงตัวกันในรูป Grid อย่างไรก็ตาม Polygon รูปร่างอื่นๆ ก็สามารถใช้เป็น Cell ในแบบจำลองข้อมูลแรสเตอร์นี้ได้เช่นกัน เช่น รูปสามเหลี่ยม และรูปหกเหลี่ยม เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 2.20



a. square b. triangular c. rosette

รูปที่ 2.20 Cell รูปร่างต่างๆ สำหรับแบบจำลองข้อมูลแรสเตอร์

Cell รูปสี่เหลี่ยมนั้น เป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุดตั้งแต่ในอดีตที่ผ่านมา โดยมีเหตุผลที่สำคัญ 2 ข้อ คือ

1. เข้ากันได้ดีกับข้อมูลที่มีโครงสร้างแบบ Array ซึ่งใช้ในโปรแกรมภาษา FORTRAN
2. เข้ากันได้ดีกับอุปกรณ์ Hardware หลายชนิด เช่น Printer และ Scanner

ข้อดีของ Cell รูปหกเหลี่ยม (Hexagonal) ก็คือการที่ Cell ข้างเคียงทั้งหมดของ Cell หนึ่งๆ จะมีระยะห่างจาก Cell นั้นเท่ากัน (ระยะจากจุดศูนย์กลาง Cell) ซึ่งช่วยในการค้นหาแบบรัศมี (Radial search) ส่วน Cell รูปสามเหลี่ยม มีลักษณะพิเศษอยู่ประการหนึ่งคือ Cell มีการวางตัว (Orientation) ต่างกันอยู่ 2 แบบ ซึ่งเป็นผลเสียต่อการเปรียบเทียบระหว่าง Cell แต่ก็มีข้อดีคือ สามารถ Fit เข้ากับพื้นผิวสามมิติได้ดี

ในแบบจำลองข้อมูลแรสเตอร์นั้น ข้อมูลตำแหน่งจะถูกนำเสนอ โดยลำดับที่ของ Row และ Column ของ Cell นับจากจุดศูนย์ที่กำหนดขึ้น โดยแต่ละ Cell จะสามารถมีข้อมูลเชิงเฉพาะ (Attribute data) ได้เพียง 1 ค่าเท่านั้น ในหนึ่งแฟ้มข้อมูล ดังนั้น ข้อมูลเชิงเฉพาะต่างหัวข้อจะต้องถูกแยกเก็บในแต่ละแฟ้มข้อมูล การใช้ข้อมูลแรสเตอร์จึงเป็นการรับหรือประมวลผลข้อมูลเชิงเฉพาะของ Cell เดียวกันจากแฟ้มข้อมูลต่างๆ ซึ่งเปรียบเสมือนการนำข้อมูลหลายๆชนิดมาวางซ้อนกันทางดิ่ง และใช้ค่าเชิงเฉพาะของตำแหน่งเดียวกันในการวิเคราะห์ ซึ่งเรียกว่าการ Overlay

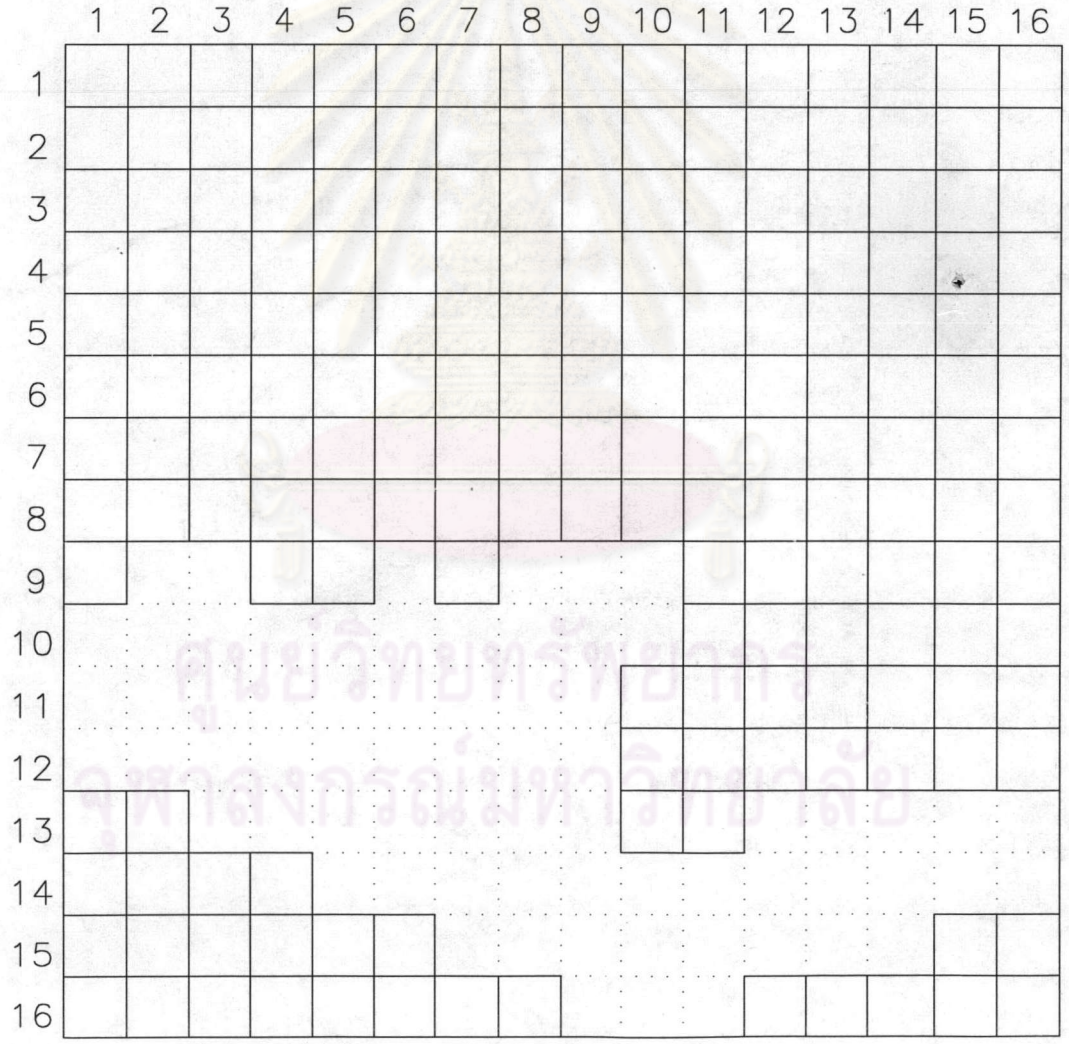
จะเห็นว่า จำนวนข้อมูลเชิงเฉพาะแต่ละหัวข้อจะมีค่าเท่ากับจำนวน Cell ทั้งหมด หากพื้นที่ใหญ่ๆ และ Cell มีขนาดเล็ก จะมีข้อมูลจำนวนมากมาย ดังนั้น ข้อมูลแรสเตอร์จึงมักมีขนาดใหญ่มาก อย่างไรก็ตาม บางครั้ง Cell จำนวนมากมีค่าของข้อมูลเชิงเฉพาะเหมือนกันกับ Cell ข้างเคียง จึงสามารถลดขนาดของแฟ้มข้อมูลแบบแรสเตอร์นี้ได้โดยการใช้แบบจำลองข้อมูล ซึ่งออกแบบมาเพื่อการนี้โดยเฉพาะที่เรียกว่า การอัดแน่นของข้อมูล (Data compression) โดยทั่วไปจะมีวิธีการอัดแน่นข้อมูลอยู่ 4 ชนิด คือ

1. แบบรหัสลูกโซ่ (Chain codes)
2. แบบรหัสวิ่งยาว (Run-Length codes)
3. แบบรหัสบล็อค (Block codes)
4. แบบควอดทรี (Quadtrees)

2.1 แบบรหัสลูกโซ่ แสดงโดยรูปที่ 2.21 ขอบเขตของภูมิภาค (Region) สามารถกำหนดด้วยจุดเริ่มต้น และลำดับค่าเวกเตอร์ ที่มีช่วงความยาวคงที่ในทิศทั้งสี่ทิศจะแสดงด้วยตัวเลข (ตะวันออก = 0, เหนือ = 1, ตะวันตก = 2, ใต้ = 3) ตัวอย่างเช่น ถ้าเริ่มต้นที่กริดซึ่งอยู่

แถว = 10 และสดมภ์ = 1 รหัสแสดงขอบเขตภูมิภาคจากตามเข็มนาฬิกาคือ 0, 1, 0^2, 3, 0^2, 1, 0, 3 0, 1, 0^3, 3^2, 2, 3^3, 0^2, 1, 0^5, 3^2, 2^2, 3, 2^3, 3, 2^3, 1, 2^2, 1, 2^2, 1, 2^2, 1, 2^2, 1^3 โดยที่จำนวนช่วง (จุดภาพ) ในทิศหนึ่งๆ ระบุด้วยค่ายกกำลัง

รหัสลูกโซ่เป็นวิธีเก็บข้อมูลแสดงภูมิภาคที่อัดแน่นมาก ข้อมูลนี้สามารถนำมาคำนวณค่าบางอย่างได้ง่าย เช่น การประมาณเนื้อที่ และเส้นรอบวง การหาบริเวณที่มีการหักมุมหรือการโค้งของแนวเส้น แต่เป็นการยากถ้าต้องการทำแผ่นซ้อนเพื่อหาผลผนวก (Union) และผลตัด (Intersection) นอกจากจะเปลี่ยนรหัสข้อมูลเป็นกริดเต็มพื้นที่ ข้อด้อยอีกอย่างหนึ่งของวิธีนี้คือความซ้ำซ้อน เพราะแนวเขตระหว่างภาคต้องมีการเก็บซ้ำ 2 ครั้ง



รูปที่ 2.21 แสดงภูมิภาคแบบง่าย ๆ ในแผนที่แบบแรสเตอร์

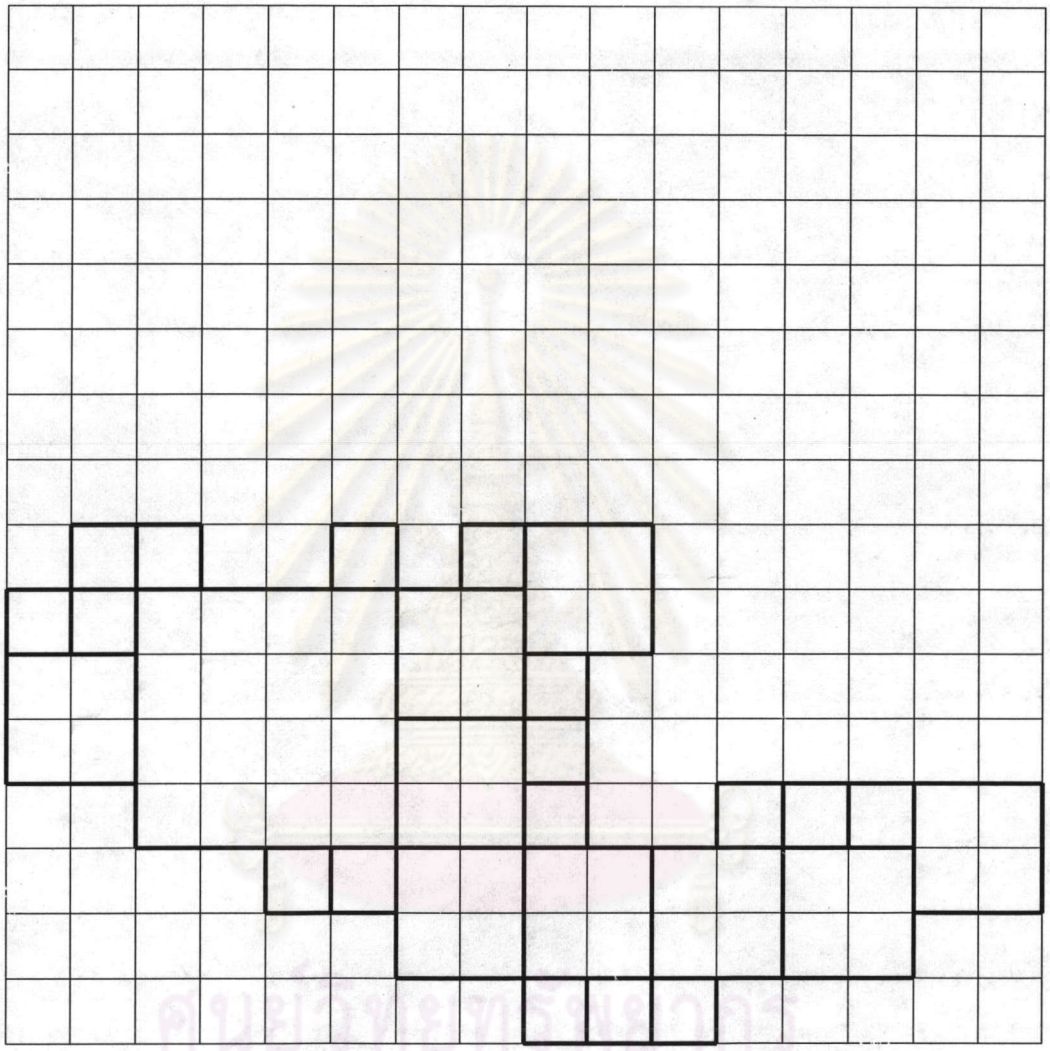
2.2 แบบรหัสวิ่งยาว การบันทึกข้อมูลแบบนี้ คือการกำหนดรหัสให้แก่กริดในแต่ละหน่วยพื้นที่ทีละแถว โดยบันทึกเฉพาะช่วงแรกกับช่องสุดท้ายจากซ้ายไปขวา สำหรับหน่วยพื้นที่ ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.21 รหัสจะเป็นดังนี้

แถว 9	2, 3	6, 6	8, 10
แถว 10	1, 10		
แถว 11	1, 9		
แถว 12	1, 9		
แถว 13	3, 9	12, 16	
แถว 14	5, 16		
แถว 15	7, 14		
แถว 16	9, 11		

ตามตัวอย่างนี้ ข้อมูลทั้ง 69 ช่อง ในรูปที่ 2.21 จะถูกบันทึกด้วยรหัสตัวเลขเพียง 22 ตัว ซึ่งช่วยลดเนื้อที่การเก็บไปได้มาก จะเห็นได้ว่ารหัสแบบวิ่งยาว เป็นวิธีที่ประหยัดเนื้อที่ได้มากกว่าวิธีดั้งเดิม ถ้าความสัมพันธ์ของข้อมูล เป็นแบบกลุ่มต่อหนึ่ง โดยเฉพาะเหมาะจะใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก และในกรณีที่ต้องจำกัดปริมาณข้อมูล แต่ในเวลาเดียวกัน ถ้าข้อมูลถูกบีบให้ย่อมากเกินไป การประมวลผลและการจัดการด้านแผนที่ก็ต้องเปลืองเวลาเครื่องมากขึ้น

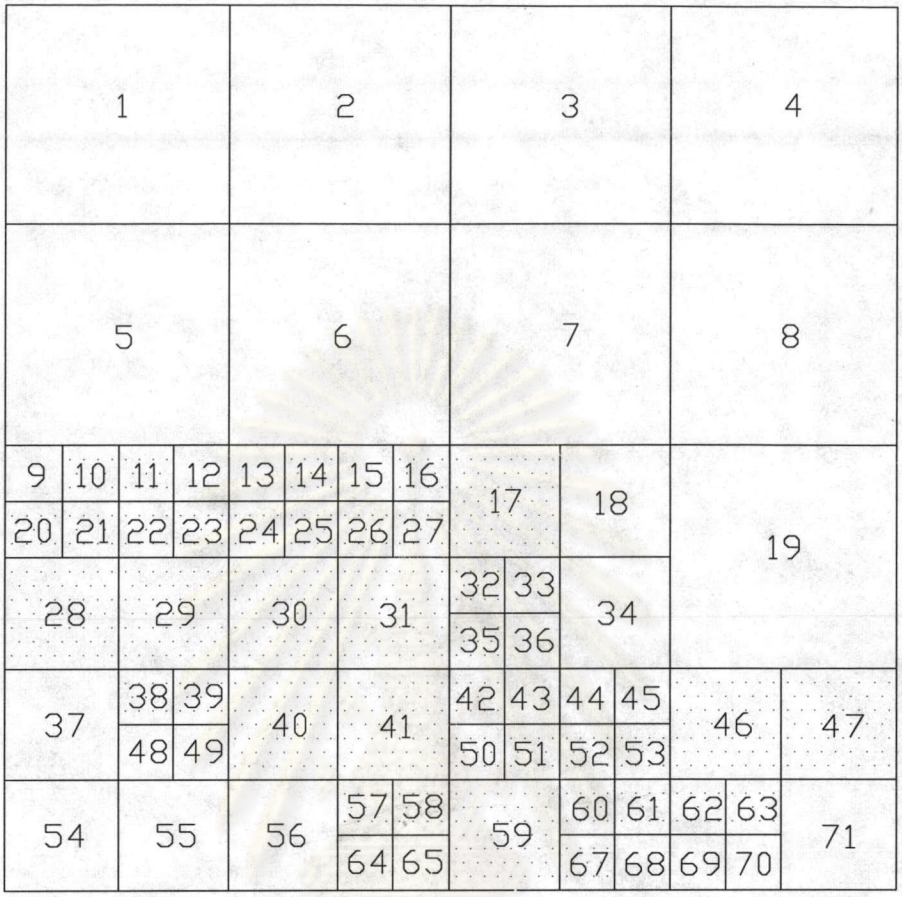
2.3 แบบรหัสบล็อค วิธีการสร้างรหัสวิ่งยาว สามารถนำมาขยายเป็นสองมิติ โดยใช้สี่เหลี่ยมจตุรัส มาต่อกันเป็นพื้นที่ที่ต้องการแสดงในแผนที่ รูปที่ 2.22 แสดงการใช้รหัสแบบนี้กับแผนที่แบบแรสเตอร์ของรูปที่ 2.21 โครงสร้างข้อมูลประกอบด้วยตัวเลข 3 ตัว พิกัดจุดเริ่มต้น (ที่จุดศูนย์กลางหรือมุมล่างซ้าย) และรัศมีของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส วิธีนี้บางทีเรียกว่า การแปลงรูปด้วยแกนที่ลากจากจุดกึ่งกลาง (Medial Axis Transformation) หรือ MAT ภูมิภาคในรูป 2.21 บันทึกโดยใช้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 1 ช่อง ซึ่งมี 17 หน่วย + สี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 4 ช่อง 9 หน่วย + ขนาด 16 ช่อง 1 หน่วย ถ้าแต่ละสี่เหลี่ยมจัตุรัสต้องใช้ค่าพิกัด 1 คู่ ภูมิภาคนี้สามารถเก็บบันทึกได้ด้วยเลข 57 ตัว (ค่าพิกัด 54 ตัว และค่าขนาดของรูปจัตุรัส 3 ตัว) จะเห็นได้ว่าถ้าสามารถใช้สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาดใหญ่ขึ้นเท่าใด และภูมิภาคมีแนวเขตที่เรียบง่ายมากเท่าใด วิธีรหัสบล็อคจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นเท่านั้น ทั้งรหัสวิ่งยาวและรหัสบล็อค จะใช้ได้ดีที่สุดกับภูมิภาคขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างเรียบง่าย และไม่เหมาะกับภูมิภาคที่มีแนวขอบเขตซับซ้อนและมีขนาดใหญ่กว่าช่องกริดเพียงไม่กี่เท่าตัว วิธี MAT เหมาะกับการทำผลผนวก (Union) และผลตัด

(Intersection) และการหาความยาวของรูปร่างของภูมิภาค ในการคำนวณค่าบางอย่างเราจำเป็นต้องเปลี่ยนข้อมูลที่อยู่ใน รหัสบล็อค หรือรหัสวิ่งยาวให้เป็นแรสเตอร์แบบธรรมดาเสียก่อน

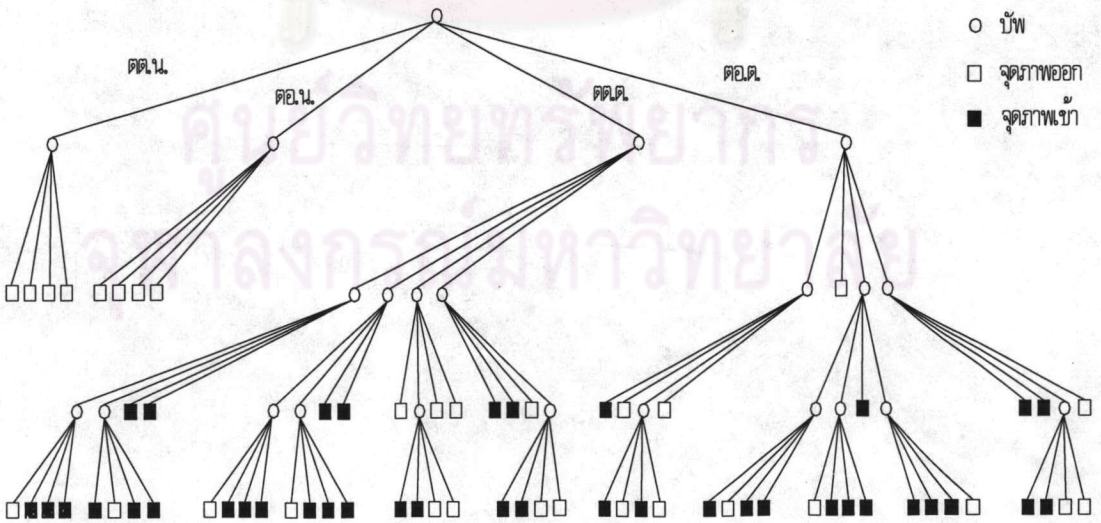


รูปที่ 2.22 ภูมิภาคแบบง่าย ๆ แสดงด้วยรหัสบล็อคแบบการแปลงรูปด้วยแกนที่ลากจากจุดกึ่งกลาง

2.4 แบบควอดทรี วิธีนี้เป็นการแบ่งพื้นที่ให้เป็นตารางกริด ซึ่งมี $2^n \times 2^n$ ช่อง โดยที่แต่ละช่องในพื้นที่จะถูกแบ่งเป็น 4 ช่องย่อยเรื่อยๆไป จนกว่าในแต่ละช่องมีค่าเพียงค่าเดียว ช่องที่เล็กที่สุดจะมีค่าเท่ากับหนึ่งช่องกริดหรือหนึ่งจุดภาพ รูปที่ 2.23 แสดงการแบ่งแบบควอดทรีของรูปที่ 2.21 การแบ่งโดยโครงสร้างนี้หมายถึงในแต่ละระดับนั้น แต่ละช่องของแผนที่มีการแตกแขนงออกทีละ 4 แขนง ซึ่งเรียกว่าควอดทรี รูปที่ 2.24 แสดงผังโครงสร้างควอดทรี ของรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.23 ภูมิภาคแบบง่าย ๆ แสดงด้วยควอดทรี



รูปที่ 2.24 โครงสร้างควอดทรีของภูมิภาคแบบง่าย ๆ ในรูปที่ 2.21

ควอดทรีมีข้อได้เปรียบหลายอย่างเหนือวิธีการเก็บรายละเอียดแบบแรสเตอร์ วิธีอื่นๆ คือ สามารถคำนวณคุณสมบัติพื้นฐานของภูมิภาคได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ และควอดทรีเป็นวิธีการที่สามารถปรับตามความละเอียดของข้อมูลที่ต้องบันทึกได้ การบันทึกจะขึ้นอยู่กับรายละเอียดที่มีอยู่ในบริเวณที่ไม่มีรายละเอียดปลีกย่อย ก็ไม่จำเป็นต้องแบ่งซอยช่องกริดลงไปอีก เป็นการลดความสิ้นเปลืองเนื้อที่ที่ใช้เก็บข้อมูล ปัญหาที่สำคัญที่สุดของควอดทรีคือ การแปลงข้อมูลเบื้องต้นเป็นโครงสร้างควอดทรี ไม่มีผลลัพธ์ที่ตายตัว ภูมิภาค 2 แห่ง ที่มีรูปร่างและขนาดเหมือนกัน อาจมีโครงสร้างควอดทรีแตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์รูปร่างหรือการระบุรูปแบบทางพื้นที่ของภูมิภาค จึงไม่ใช่เรื่องที่ทำได้ง่ายตรงไปตรงมานัก อย่างไรก็ตาม ข้อมูลแบบควอดทรีง่ายต่อการแบ่งแยก ภูมิภาคออกเป็นส่วนๆ หรือการเขียนพื้นที่ว่างภายในภูมิภาค

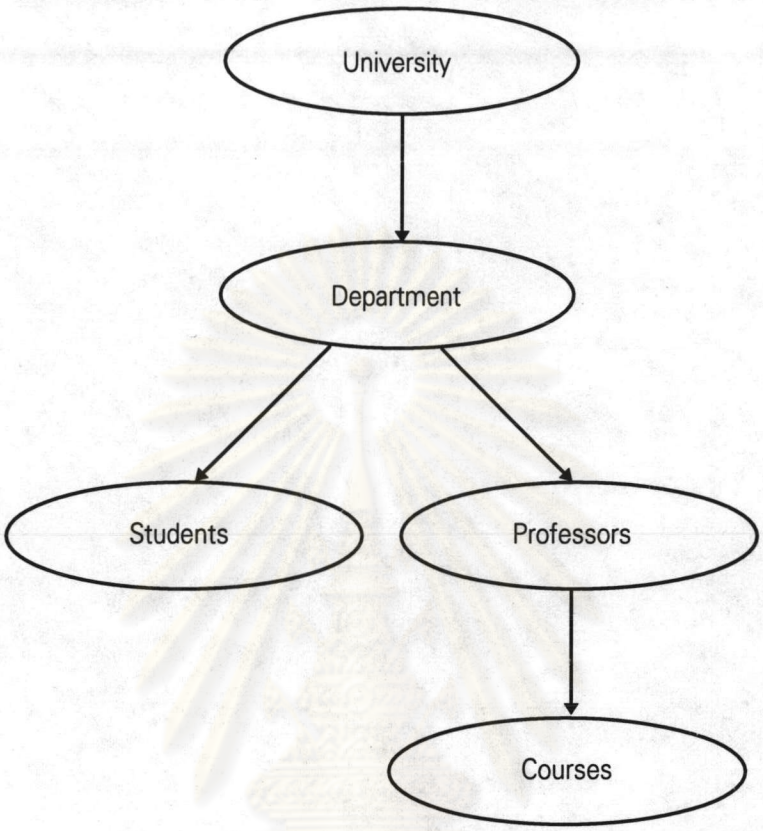
แบบจำลองของข้อมูลเชิงเฉพาะ (Attribute data model)

ข้อมูลเชิงเฉพาะจะเป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียด คุณลักษณะของสภาพพื้นที่ โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปแบบของตัวอักษรตัวเลข (Alpha numeric) ระบบ GIS. จะจัดเก็บข้อมูลเชิงเฉพาะ ซึ่งเป็นข้อมูลน็อนกราฟิกนี้ โดยใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) ทั่วๆไป แบบจำลองที่ถูกพัฒนานำมาใช้ในระบบจัดการฐานข้อมูลมีอยู่ 3 แบบ คือ

1. แบบจำลองข้อมูลแบบลำดับชั้น (Hierarchical data model)
2. แบบจำลองข้อมูลแบบโครงข่าย (Network data model)
3. แบบจำลองข้อมูลแบบสัมพันธ์ (Relational data model)

1. แบบจำลองข้อมูลแบบลำดับชั้น (Hierarchical data model)

ในแบบจำลองข้อมูลแบบลำดับชั้นนี้ โครงสร้างของข้อมูลจะมีลักษณะแบบต้นไม้ (Tree structure) ดังแสดงในรูปที่ 2.25 ความสัมพันธ์ระหว่าง entity ต่างๆ ในแบบจำลองข้อมูลแบบนี้ จะเป็นแบบ parent/child หรือแบบ one-to-many นั่นคือแต่ละ element จะมีความสัมพันธ์กับ element ในลำดับสูงชั้นกว่าได้เพียง 1 element เท่านั้น เรียกว่า parent แต่จะมีความสัมพันธ์กับ element ในลำดับต่ำชั้นกว่า (เรียกว่า child) ได้หลาย element ส่วน entity ในลำดับชั้นสูงสุดจะเรียกว่า root การค้นหาและเรียกใช้ข้อมูลแบบ hierarchical นี้ ทำได้โดยไล่ไปตามโครงสร้างต้นไม้จาก parent ลงไปสู่ child ลงไปเรื่อยๆ



รูปที่ 2.25 โครงสร้างของฐานข้อมูลที่ใช้แบบจำลองข้อมูลแบบ hierarchical

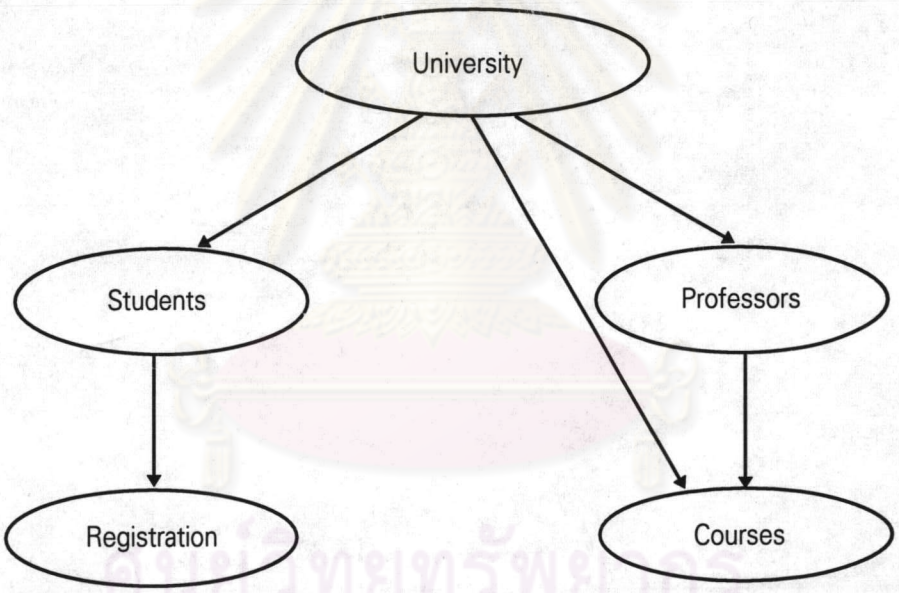
ข้อจำกัดของแบบจำลองข้อมูลแบบนี้ คือ หากต้องการค้นหาข้อมูลด้วยเงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่าง entity ซึ่งอยู่ห่างกันหลายลำดับชั้น การค้นหาจะต้องไล่ไปทีละลำดับชั้น ไม่สามารถข้ามไปได้ เช่น หากต้องการค้นหารายชื่อ course ทั้งหมดที่เปิดใน department หนึ่งๆ จะต้องค้นหารายชื่อ professor ใน department นั้นก่อน แล้วจึงค้นหา course ที่เปิดสอนโดยแต่ละ professor ในกรณีเช่นนี้ หากมีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่าง course กับ department ก็จะทำให้ง่ายและเร็วขึ้นมาก ข้อจำกัดอีกข้อหนึ่งของแบบจำลองแบบนี้คือ ไม่สามารถค้นหาข้อมูลจากเงื่อนไขของค่าข้อมูลเชิงเฉพาะได้ การค้นหาข้อมูลจะสามารถทำได้โดยผ่านข้อมูลหัวข้อนี้เป็น key เท่านั้น

แบบจำลองข้อมูลแบบลำดับชั้นนั้น ง่ายต่อการเข้าใจและการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล การเข้าถึงข้อมูลทำได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีการบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลส่งไปในฐานข้อมูลด้วย ดังนั้นเราจะต้องรู้เงื่อนไขการค้นหาข้อมูลแบบต่างๆ ที่ต้องการ ก่อนที่จะสร้างฐานข้อมูลแบบนี้

ข้อเสียที่สำคัญของแบบจำลองข้อมูลแบบลำดับชั้น คือ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนั้นเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ยาก การค้นหาข้อมูลนั้นสามารถทำได้เฉพาะตามความสัมพันธ์ที่สร้างไว้เท่านั้น

2. แบบจำลองข้อมูลแบบโครงข่าย (Network data model)

แบบจำลองแบบโครงข่ายนี้ entity หนึ่งๆ สามารถมี parent ได้มากกว่าหนึ่ง เช่นเดียวกับที่สามารถมี child ได้มากกว่าหนึ่ง ดังนั้นการค้นหาข้อมูลจึงทำได้โดยตรง ไม่จำเป็นต้องค้นหาผ่านตามลำดับชั้น ดังรูปที่ 2.26 แสดงการใช้แบบจำลองข้อมูลแบบโครงข่ายเก็บข้อมูล จะเห็นได้ว่า course สามารถมี parent ได้ 2 parents คือทั้ง professor และ department การค้นหาข้อมูล course ของ department ใดๆ สามารถทำได้โดยตรงกว่าแบบลำดับชั้น



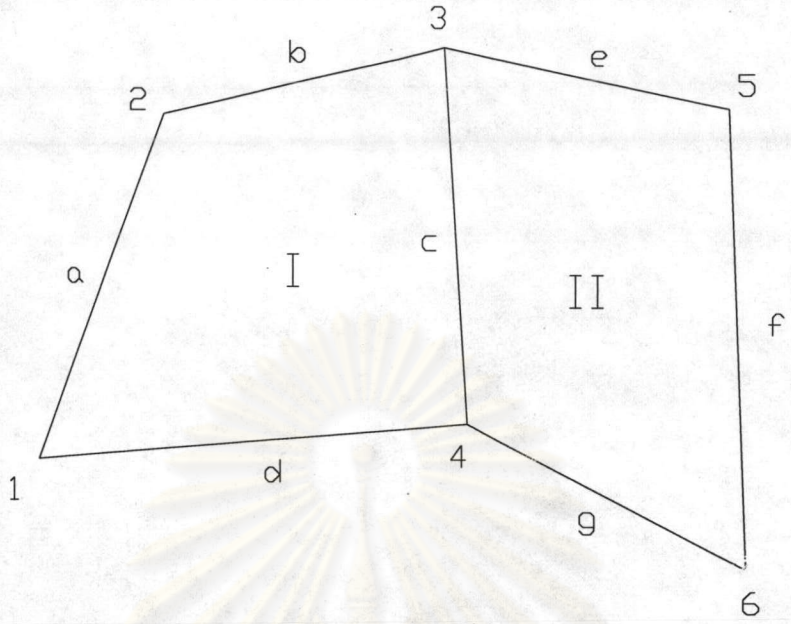
รูปที่ 2.26 โครงสร้างของฐานข้อมูลที่ใช้แบบจำลองข้อมูลแบบโครงข่าย

แบบจำลองข้อมูลแบบโครงข่ายนี้ จะมีการซ้ำซ้อนของข้อมูลน้อยกว่าแบบลำดับชั้น แต่จะต้องมีการบันทึกความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเพิ่มขึ้น และมีความซับซ้อนมากกว่าแบบลำดับชั้น ส่วนที่เหมือนกันระหว่างแบบจำลองข้อมูลแบบโครงข่ายและแบบลำดับชั้นก็คือ ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจะต้องถูกสร้างขึ้นและบันทึกไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งทำให้การค้นหาข้อมูลทำได้ด้วยความเร็วสูง แต่ก็ทำให้การเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทำได้ยาก

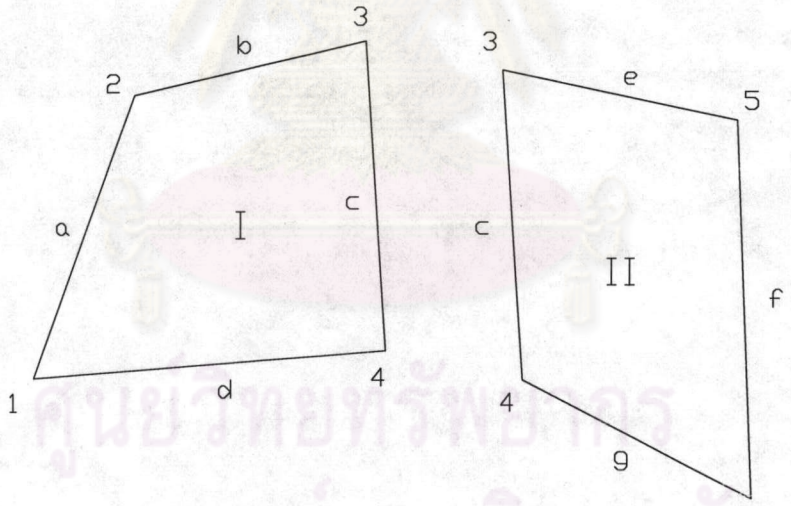
ข้อเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองแบบลำดับชั้น กับแบบจำลองข้อมูลแบบโครงข่ายแสดงไว้ในรูปที่ 2.27 โดยรูปที่ 2.27 (ก) แสดงถึงแผนที่ง่ายๆ ประกอบด้วย รูปหลายเหลี่ยม 2 รูป

ซึ่งประกอบด้วยเส้นตรงชุดหนึ่ง และเส้นตรงเส้นหนึ่งเป็นเส้นร่วมของรูปหลายเหลี่ยมทั้งสองเส้นตรงต่างๆ เหล่านี้ กำหนดด้วยค่าพิกัด แต่มีพิกัดคู่หนึ่งที่เส้นตรงสองเส้นใช้ร่วมกัน ตามรูปที่ 2.27 (ข) และ 2.27 (ง) จะเห็นได้ชัดเจนว่าโครงสร้างข้อมูลแบบลำดับชั้นที่ใช้กับข้อมูลแผนที่ ขาดความคล่องตัว และข้อมูลมีความซ้ำซ้อนมาก ค่าพิกัดแต่ละคู่ต้องใช้ซ้ำกัน 2 ครั้ง และค่าพิกัด 3 และ 4 ต้องใช้ถึง 4 ครั้ง เพราะเส้น C ต้องใช้ซ้ำ 2 ครั้ง โครงสร้างแบบลำดับชั้นไม่เพียงแต่สิ้นเปลืองเนื้อที่เก็บข้อมูลเท่านั้น ยังขาดความคล่องตัวด้วย เช่นในกรณีที่ต้องการรวมรูปหลายเหลี่ยม I, II เป็นรูปเดียวกัน การซ่อนเส้น C ทำได้ยาก ปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมานี้ จะสามารถเลี่ยงได้ถ้าใช้โครงสร้างแบบโครงข่ายที่กระชับกว่า ดังรูปที่ 2.27 (ค) จะเห็นว่าเส้นแต่ละเส้น และค่าพิกัดแต่ละคู่ปรากฏครั้งเดียวในโครงสร้างแบบนี้ ถ้าต้องการรวมรูปหลายเหลี่ยมทั้งสองให้เป็นรูปเดียวกัน ก็ทำได้ง่ายๆ โดยการตัดเส้น C ออก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



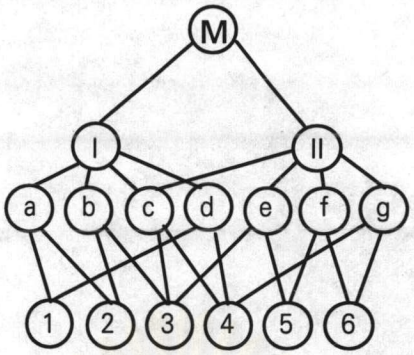
(ก) แผนที่ M



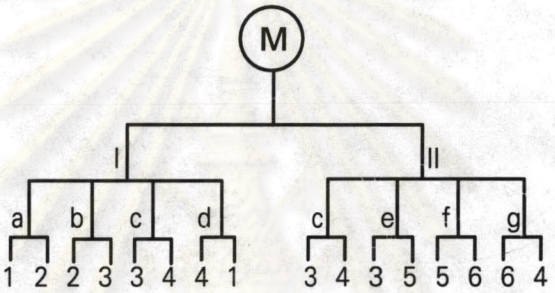
(ข) รูปหลายเหลี่ยมที่เป็นองค์ประกอบของรูป I และ II

รูปที่ 2.27 โครงสร้างของข้อมูลแบบโครงข่ายของรูปหลายเหลี่ยมอย่างง่าย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ค) โครงสร้างแบบโครงข่ายซึ่งเชื่อมรูปหลายเหลี่ยม เส้น และจุดทั้งหมด



(ง) โครงสร้างแบบลำดับชั้นของ M

รูปที่ 2.27 โครงสร้างข้อมูลแบบโครงข่ายของรูปหลายเหลี่ยมแบบง่าย (ต่อ)

3. แบบจำลองข้อมูลแบบสัมพันธ์ (Relational data model)

ในแบบจำลองข้อมูลแบบสัมพันธ์นี้ ข้อมูลจะถูกบันทึกในลักษณะของ record เรียกว่า tuples แต่ละ tuples ประกอบไปด้วยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันอย่างมาก tuples หลายๆ record จะถูกนำมารวมกันกลายเป็นตาราง 2 มิติ ที่เรียกว่าตารางความสัมพันธ์ ซึ่งตารางแต่ละตารางก็จะถูกเก็บบันทึกแยกลงในต่างแฟ้มข้อมูล ตารางทั้งหมดจะสามารถแทนความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทุกๆชนิดในฐานข้อมูลได้ รูปที่ 2.28 แสดงโครงสร้างข้อมูลแบบสัมพันธ์ของแผนที่ M

แบบจำลองข้อมูลแบบนี้มีข้อได้เปรียบคือ มีโครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย และการคำนวณสามารถให้คำตอบแก่การสอบถามทุกข้อที่ใช้กฎของตรรกะแบบบูล (Boolean logic) และของการคำนวณทางคณิตศาสตร์ สามารถเรียกค้นข้อมูลจากกลุ่มต่างๆ หรือนำข้อมูลจากกลุ่มต่างๆ มารวมเป็นกลุ่มเดียวกัน หรือนำมาเปรียบเทียบกันได้ง่าย เพราะเพียงแต่เพิ่มหรือลบ tuple หนึ่งแถวเท่านั้น

แผนที่

M	I	II

รูปหลายเหลี่ยม

I	a	b	c	d
II	c	e	f	g

เส้น

I	a	1	2
I	b	2	3
I	c	3	4
I	d	4	1
II	e	3	5
II	f	5	6
II	g	6	4
II	c	4	3

รูปที่ 2.28 โครงสร้างข้อมูลแบบสัมพันธ์ของแผนที่ M

ข้อได้เปรียบ-เสียเปรียบของแบบจำลองข้อมูลแบบสัมพันธ์ เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองข้อมูลแบบโครงข่ายและแบบลำดับชั้น ดังนี้

ข้อได้เปรียบ

1. แบบจำลองข้อมูลแบบความสัมพันธ์มีความคล่องตัวมากที่สุด การค้นหาข้อมูลไม่ถูกจำกัดด้วยโครงสร้างการเก็บข้อมูล
2. โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลแบบสัมพันธ์นั้น ไม่ยุ่งยาก ง่ายต่อการเข้าใจ
3. การเก็บข้อมูลมีการซ้ำซ้อนน้อยกว่าทั้ง 2 แบบ

ข้อเสียเปรียบ

1. การจัดสร้างฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ทำได้ยากกว่า
2. การเลือกค้นหาข้อมูลทำได้ช้ากว่า

ขั้นตอนการดำเนินการของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

1. การนำเข้าและจัดการข้อมูล (Data Input and management)

การนำเข้าข้อมูล เป็นการแปลงข้อมูลจากรูปแบบหนึ่งที่มีอยู่ เช่น แผนที่, ตาราง จำแนกชนิดของวัตถุ, แฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์ของแผนที่, รูปถ่ายทางอากาศ และรูปถ่ายดาวเทียม เป็นต้น ให้เป็นข้อมูลอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งสามารถใช้ได้ด้วย GIS. การนำเข้าข้อมูลเป็นปัญหาใหญ่ และใช้ค่าใช้จ่ายสูงในการพัฒนาระบบ GIS. การสร้างระบบฐานข้อมูลใหญ่ๆ อาจจะใช้ค่าใช้จ่าย สูงถึง 5-10 เท่า ของราคา Hardware และ Software เวลาที่ใช้ในการนำเข้าข้อมูล อาจจะเป็นเดือน หรือปี ซึ่งมีผลต่อค่าใช้จ่ายของโครงการ การพยายามลดค่าใช้จ่ายของการนำเข้าข้อมูล จะต้อง คำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูล ถ้าข้อมูลมีความผิดพลาดจะมีปัญหามากในการแก้ไขข้อมูล ค่าใช้ จ่ายในการแก้ไขข้อมูลอาจจะสูงกว่าการนำเข้าข้อมูลทั้งหมดใหม่ นอกจากนี้ข้อมูลที่ผิดพลาดอาจ มีผลต่อความเชื่อถือของผู้ใช้ ด้วยเหตุนี้ การนำเข้าข้อมูลจึงต้องคำนึงถึงคุณภาพตามมาตรฐาน ของข้อมูล การนำเข้าข้อมูลวิธีต่างๆ จะประเมินได้จากวิธีการนำเข้า, มาตรฐานความถูกต้องที่ใช้ และรูปแบบของการแสดงผลข้อมูลที่จะผลิตขึ้น

การจัดการข้อมูล GIS. หมายรวมถึง ระบบทั้งหมดที่ใช้ในการจัดเก็บและเรียก ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล วิธีการที่ใช้ในการจัดการข้อมูลมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ ในการเรียก ใช้ข้อมูลมีหลายวิธีในการจัดการข้อมูลเข้าสู่แฟ้มคอมพิวเตอร์ วิธีการสร้างโครงสร้างข้อมูล (Data Structure) และวิธีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแฟ้มข้อมูล จะเป็นเงื่อนไขหลักในการเรียกใช้ ข้อมูล และความเร็วในการเรียกใช้ ผู้ที่จะเป็นคนเลือกใช้แนวทางใด ควรจะเป็นผู้ที่มีความเชี่ยว ชาญทางด้านการออกแบบฐานและวิเคราะห์ระบบฐานข้อมูล GIS.

2. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Manipulation and Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการหาสารสนเทศที่ผลิตได้จากระบบ GIS. ความสามารถ ของระบบนี้ ควรจะเป็นตัวกำหนดในการนำ GIS. มาใช้ การเปลี่ยนแปลงวิธีการตัดสินใจแบบเก่าที่ เลือกแนวทางที่ดีที่สุดจากจำนวนไม่กี่แนวทาง แต่เมื่อมีการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ การเลือก แนวทางจะทำได้หลายแนวทางและหลายเงื่อนไข ด้วยความรวดเร็ว

3. การแสดงผลข้อมูล (Data output)

การแสดงผลข้อมูลแปรตามคุณภาพ, ความถูกต้อง และความง่ายในการใช้งาน มากกว่าที่จะคำนึงถึงความสามารถของระบบ การแสดงผลอาจอยู่ในรูปแผนที่, ตาราง หรือตัว

หนังสือ ความต้องการของส่วนนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน ดังนั้น ผู้ใช้งานจึงมีส่วนสำคัญในการกำหนดรูปแบบของการแสดงผลข้อมูล

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง (Relevant Technologies)

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ จะต้องเกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอื่นๆ อีกหลายด้าน ซึ่งในการพัฒนาของเทคโนโลยีในแต่ละด้าน มีผลทำให้ระบบ GIS. ได้ถูกพัฒนาตามไปด้วย เช่น Software ทางด้านการจัดการฐานข้อมูลพัฒนาความสามารถขึ้น ก็มีผลต่อฐานข้อมูลของ GIS., ระบบคอมพิวเตอร์มีการประมวลผลที่เร็วกว่า, ราคาถูกกว่า และมีประสิทธิภาพสูงกว่าส่งผลให้ระบบ GIS. มีประโยชน์มากขึ้น สามารถใช้ได้ด้วยกลุ่มคนจำนวนมากขึ้น เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบ GIS. มีดังนี้

1. วิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science)

วิทยาการคอมพิวเตอร์ให้เทคโนโลยีทางด้านการรวบรวม, จัดการ, บันทึก และแสดงผลข้อมูล วิทยาการคอมพิวเตอร์ประกอบด้วย Hardware, ความสามารถในการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์, การพัฒนา Software และภาษาคอมพิวเตอร์ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีได้พัฒนาให้เหมาะสมกับความต้องการของระบบ GIS. ระบบประมวลผลทำงานได้เร็วขึ้น ราคาถูกลง และความสามารถของเครื่องแสดงผล Graphic ช่วยพัฒนาระบบ GIS. ให้ดีขึ้น ศักยภาพที่ดีกว่าของระบบ GIS. มีผลอย่างมากจากการพัฒนาความเร็วและความจุสูงของระบบจัดเก็บข้อมูล, ระบบสอบถามข้อมูล และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รวมทั้งมาตรฐานของระบบปฏิบัติการ (Operating System) และระบบสื่อสารข้อมูล ความก้าวหน้าทางด้าน Hardware และ Software ยังคงมีผลกระทบโดยตรงต่อการใช้และพัฒนาระบบ GIS.

2. การจัดการสารสนเทศ (Information Management)

เพราะความก้าวหน้าในทางด้านวิทยาการสารสนเทศ ในความสามารถที่จะควบคุมและสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ผู้พัฒนาโปรแกรม GIS. จึงเกี่ยวข้องกับการก้าวหน้าของการจัดการสารสนเทศนี้ ได้มีการนำเอาวิธีการพิเศษในการจัดการโครงสร้างข้อมูล เช่น โครงสร้างแบบ quad tree ซึ่งสามารถเก็บบันทึกข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ด้านการผลิตแผนที่ (Cartography)

การผลิตแผนที่จะต้องคำนึงถึงความละเอียด และถูกต้องของข้อมูลแผนที่, การฉายแผนที่ และระบบพิกัดแผนที่ ตลอดจนการแสดงสัญญลักษณ์ลายเส้น และคำอธิบายในแผนที่ ดังนั้น ผู้มีความรู้ทางการผลิตแผนที่จะสามารถใช้ความสามารถของ GIS. ในการผลิตแผนที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. Geodesy, Photogrammetry และ Remote Sensing

Geodesy และ Photogrammetry ถูกนำมาใช้บ่อยมากในงาน GIS. ในขั้นตอนการผลิตแผนที่มูลฐาน (Base Map) Geodesy จะใช้เป็นกรอบควบคุมพื้นที่บริเวณกว้างใหญ่ ปัจจุบันมีการใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม เพื่อการสำรวจระบบ GPS. (Global Positioning System) มาช่วยในการทำงาน ทำให้การสำรวจทางด้าน Geodesy สะดวกขึ้น นอกจากนี้ในการปรับปรุงแผนที่ ระบบ GPS. ยังมีส่วนช่วยอย่างมาก เพราะเป็นเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่ให้ค่าพิกัดอย่างรวดเร็ว จึงสามารถเดินหรือติดรถไปเพื่อการเก็บรายละเอียดของพื้นที่ได้ วิธีการทางด้านแผนที่รูปถ่ายทางอากาศ หรือที่เรียกว่า Photogrammetry ก็สามารถผลิตแผนที่ทั้งแบบ Digital และ Analoque เพื่อนำเข้าระบบ GIS. ส่วนวิธีการของ Remote Sensing ก็สามารถทำให้การทำงานทางด้าน GIS. คลุมพื้นที่กว้างขึ้น เช่น การจำแนกสภาพการใช้ที่ดิน สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว

5. การสื่อสารข้อมูล (Data Communications) การพัฒนาทางด้านการสื่อสารข้อมูลและระบบเครือข่าย ทำให้การพัฒนาการใช้งานของระบบ GIS. กว้างไกลขึ้น การเรียกใช้ข้อมูลทำได้จากหลายหน่วยงาน การใช้ข้อมูลร่วมกัน ทำให้ลดเวลาในการนำเข้าข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย