เอกสารประกอบการสอน

วิชาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (106611)

ดร. สัญญา สราภิรมย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2549

แผนการสอน

วิชาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(106611)

ของ อ.ดร. สัญญา สราภิรมย์

เอกสารนี้เริ่มใช้ประกอบการสอนตั้งแต่ภาคการศึกษา 1/2549

1) เนื้อหาวิชาและจำนวนชั่วโมงที่สอน

บทที่	จำนวนชั่วโมงที่สอน	เนื้อหาวิชา
1	3	บทที่ 1 บทนำ
2	4	บทที่ 2 ข้อมูลภูมิศาสตร์จากโลกจริงสู่โลกดิจิทัล
3	4	บทที่ 3 GIS คืออะไร
4	4	บทที่ 4 ระบบพิกัดและการฉายแผนที่
5	5	บทที่ 5 แบบจำลองข้อมูล GIS
6	4	บทที่ 6 การออกแบบฐานข้อมูล GIS
7	4	บทที่ 7 การนำเข้าข้อมูล GIS
8	6	บทที่ 8 การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบเวกเตอร์
9	6	บทที่ 9 การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบราสเตอร์

2) การประเมินผลการเรียน

- การทดสอบระหว่างภาคเรียน 30%
- รายงาน แบบฝึกหัดและการนำเสนอ 40%
- การทดสอบปลายภาคเรียน 30%

3) การให้เกรดผลการเรียน

- ร้อยละ 80 ขึ้นไป เกรด A
- ร้อยละ 75-79.99 เกรด B+
- ร้อยละ 70-74.99 เกรด B
- ร้อยละ 65-69.99 เกรด C+
- ร้อยละ 60-64.99 เกรด C
- น้อยกว่า ร้อยละ 60 เกรด F

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แด่ลูกศิษย์ทุกคน

".....เราจะรู้ว่า
เราไม่รู้จริง ๆ
ก็เมื่อเรารู้จริง ๆ....."

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารประกอบการสอนวิชาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
(106611)

โดย **ดร. สัญญา สราภิรมย์**

สงวนลิขสิทธิ์ตาม พรบ. ลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2521

พิมพ์ครั้งที่ 1
พฤศจิกายน 2549

สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ต.สุรนารี
อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000
e-mail: sunyas@sut.ac.th

ตัวอย่างการอ้างอิง

สัญญา สราภิรมย์. (2549). เอกสารประกอบการสอนวิชาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา, 107 หน้า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำนำ

เอกสารประกอบการสอนวิชาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ฉบับนี้ เรียบเรียงและเขียนขึ้นด้วยแรงใจสนับสนุนจากบรรดานักศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เนื่องจากตำราในวิชาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่เป็นภาษาไทยและที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับทฤษฎีพื้นฐานโดยตรงค่อนข้างจะมีน้อย หรือที่มีอยู่จะมีเนื้อหาไม่ครอบคลุมลึกซึ้งเพียงพอสำหรับความรู้พื้นฐานเบื้องต้นของวิชา หรือมุ่งเน้นไปในทางที่ใช้เป็นคู่มือการใช้ซอฟท์แวร์ มากกว่าการนำเสนอทฤษฎีและพื้นฐานเพื่อให้เกิดความเข้าใจในวิชา ซึ่งความเข้าใจที่แท้จริงเหล่านี้จะนำไปสู่การศึกษาต่อยอดในขั้นสูงได้ง่ายขึ้น หรือนำไปสู่การเรียนรู้การใช้ซอฟท์แวร์ในตระกูลต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เนื้อหาวิชาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความไพศาลกว้างขวางและลึกซึ้ง เกินกว่าจะกล่าวถึงให้ครบถ้วนได้ในเอกสารเล่มเดียว โดยทั่วไปจึงนิยมแบ่งวิชานี้ออกเป็นระดับเบื้องต้นและขั้นสูง ซึ่งการจะกำหนดขอบเขตที่ชัดเจนของทั้งสองระดับทำได้ยาก ในบางกรณีตำราบางเล่มอาจจะหยิบยกเนื้อหาเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มากล่าวในรายละเอียดจนสมบูรณ์ในตัวเองก็ได้ เช่น การพัฒนาระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ การวิเคราะห์แบบพหุเกณฑ์เพื่อใช้ในการตัดสินใจเชิงพื้นที่ เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของนักศึกษาหรือผู้อ่านที่จะต้องทำการค้นคว้าหาอ่านให้มากขึ้นนอกเหนือจากที่กล่าวถึงในเอกสารฉบับนี้

เอกสารประกอบการสอนฉบับนี้เป็นผลจากการรวบรวม เรียบเรียงและเขียนขึ้นจากเนื้อหาตามตำราภาษาต่างประเทศบางส่วน ผนวกกับประสบการณ์การทำงาน การวิจัยและการสอน โดยพยายามใช้ภาษาที่ตรงไปตรงมาเพื่อความเข้าใจ มากกว่าใช้ภาษาไปในทางสละสลวยซึ่งบ่อยครั้งอาจจะทำให้เข้าใจได้ยากหรือเข้าใจคลาดเคลื่อนไปจากความมุ่งหมายแท้จริงของการเขียน

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า เอกสารประกอบการสอนฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับนักวิชาการที่สนใจในวิชาการแขนงนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับนักศึกษาภูมิสารสนเทศทุกระดับ ส่วนข้อผิดพลาดทั้งปวงผู้เขียนขอน้อมรับด้วยความเต็มใจและยินดีแก้ไขในโอกาสต่อๆไปเมื่อได้รับการชี้แนะหรือท้วงติงในเชิงประจักษ์แล้ว

ดร. สัญญา สราภิรมย์

2549

สารบัญ

หน้า

คำนำ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ภาพรวมของ GIS.....1

1.2 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ GIS.....4

1.2.1 การจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์.....6

1.2.2 การพัฒนา GIS สำหรับการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม.....6

1.2.3 การประยุกต์ใช้ GIS กับภัยธรรมชาติ.....7

บทที่ 2 ข้อมูลภูมิศาสตร์จากโลกจริงสู่โลกดิจิทัล.....8

2.1 ลักษณะข้อมูล geodata.....8

2.1.1 องค์ประกอบของ geodata.....10

2.1.2 ระดับการวัดของข้อมูลเชิงอรรถ.....12

2.1.3 ความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่.....13

2.1.4 การจำแนกข้อมูล.....14

2.1.5 มาตราส่วนของ geodata.....17

2.2 จากโลกจริงสู่โลกดิจิทัล.....17

2.2.1 โลกจริง.....17

2.2.2 แบบจำลองจากโลกจริง.....17

2.2.3 แบบจำลองข้อมูล.....17

2.2.4 ฐานข้อมูล.....19

2.2.5 แผนที่และรายงาน.....19

2.2.6 คุณภาพข้อมูล.....20

บทที่ 3 GIS คืออะไร.....21

3.1 ความหมายของข้อมูล สารสนเทศและ GIS.....21

3.2 องค์ประกอบของ GIS.....23

3.2.1 ฮาร์ดแวร์.....23

3.2.2 ซอฟท์แวร์.....24

3.2.3. ข้อมูล.....25

3.2.4 บุคลากร.....26

3.2.5 กระบวนการ.....27

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2.6 การบำรุงรักษา.....27
3.3 ฟังก์ชันของ GIS.....28
3.3.1 การนำเข้าและแก้ไขข้อมูล.....28
3.3.2 การจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูล.....29
3.3.3 การปรับแปลงและวิเคราะห์ข้อมูล.....29
3.3.4 การค้นคืนและแสดงผล.....30
บทที่ 4. ระบบพิกัดและการฉายแผนที่.....31
4.1 ระบบพิกัด.....31
4.1.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์.....31
4.1.2 ระบบพิกัด UTM.....32
4.1.3 รูปทรงกลมและทรงรี.....33
4.1.4 มูลฐานหรือพื้นฐาน.....34
4.2 ระบบพิกัดจากการฉายภาพ.....35
4.2.1 การฉายภาพแผนที่.....36
4.2.2 ชนิดของการฉายภาพ.....37
4.3 การแปลงพิกัด.....38
บทที่ 5 แบบจำลองข้อมูล GIS.....40
5.1 การนำเสนอข้อมูล GIS ในรูปดิจิทัล.....40
5.2 แบบจำลองข้อมูลเชิงพื้นที่.....41
5.2.1 เวกเตอร์.....42
5.2.2 ราสเตอร์.....44
5.2.3 การเปรียบเทียบโครงสร้างข้อมูลแบบเวกเตอร์และราสเตอร์.....46
5.2.4 การแปลงโครงสร้างข้อมูลระหว่างเวกเตอร์และราสเตอร์.....47
5.2.5 TIN.....48
5.3 แบบจำลองข้อมูลเชิงอรรถ.....50
5.3.1 การจัดเก็บข้อมูล.....50
5.3.2 แบบจำลองข้อมูลเชิงลำดับชั้น.....51
5.3.3 แบบจำลองข้อมูลโครงข่าย.....51
5.3.4 แบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์.....53
บทที่ 6 การออกแบบฐานข้อมูล GIS.....56

6.1 สามเหลี่ยมข้อมูล.....57
6.2 การออกแบบเชิงแนวคิด.....58
6.3 การออกแบบเชิงตรรกะ.....61
6.4 การออกแบบเชิงกายภาพ.....65

บทที่ 7 การนำเข้าข้อมูล GIS.....67
7.1 แหล่งที่มาของข้อมูล.....67
7.2 การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่.....68
7.3 การนำเข้าข้อมูลเชิงอรรถ.....71

บทที่ 8 การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบเวกเตอร์.....76
8.1 การวิเคราะห์ข้อมูล GIS.....77
8.2 การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบเวกเตอร์.....80
8.2.1 การสร้างพื้นที่กันชน.....81
8.2.2 การซ้อนทับชั้นข้อมูล.....82
8.2.3 การปรับแปลงชั้นข้อมูล.....84
8.2.4 การวัดระยะทาง.....86

บทที่ 9 การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบราสเตอร์.....88
9.1 Local operation.....89
9.2 Neighborhood operation.....91
9.3 Zonal operation.....94
9.4 Distance measure operation.....95
9.5 Spatial autocorrelation.....99

บรรณานุกรม.....103

ภาคผนวก: คำถามท้ายบท.....105

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ภาพรวมของ GIS

เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์(Geographic Information Technology) เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ(Geo-informatics technology) ซึ่งเริ่มเป็นที่รู้จักแพร่หลายในทศวรรษที่ผ่านมาและมีความสำคัญมากขึ้นตลอดเวลา เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเรียกง่ายๆว่า **เทคโนโลยี** 3S ซึ่งประกอบไปด้วย เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing - RS) ระบบการหาตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลก (Global Positioning System - GPS) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System - GIS) เทคโนโลยีเหล่านี้เป็นเครื่องมือที่ทรงประสิทธิภาพ ครอบคลุมศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับ 1)การสำรวจข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) อาทิ ข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ข้อมูลสาธารณสุข ข้อมูลแหล่งเศรษฐกิจ แหล่งวัฒนธรรมและภูมิปัญญาท้องถิ่น รวมถึงข้อมูลขอบเขตการบริหารปกครองและสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐานเชิงพื้นที่ทุกประเภท 2) การแปลงและปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันและเก็บบันทึกเป็นฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เป็นระบบ 3) การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล และการนำเสนอผลในรูปแบบดิจิทัลที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้อย่างเป็นพลวัตร โดยใช้สื่อต่างๆ โดยเฉพาะสื่อที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เช่น การนำเสนอผ่านทางเว็บไซต์และอินเตอร์เน็ต และสามารถจัดพิมพ์ในรูปของสิ่งพิมพ์ (hard copy) เพื่อเผยแพร่ได้ตามแบบเดิมๆ

เทคโนโลยี 3S มีแนวทางและสารัตถะเป็นของตนเองทั้งในทางลึกและทางกว้าง โดยมุ่งการพัฒนาไปในแนวทางหลักๆได้สองแนวทาง ได้แก่ ด้านการพัฒนาเทคโนโลยี 3S ซึ่งเปรียบเหมือนเครื่องมือ ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งในด้านการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ ความรวดเร็วและความถูกต้องแม่นยำของกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้อง อีกแนวทางหนึ่งเป็นการพยายามประยุกต์เทคโนโลยีเหล่านี้ ไปใช้ในการอำนวยความสะดวกสำหรับการบริหารจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ต่างๆ โดยมีความมุ่งหมายที่จะให้บริการต่อผู้ใช้ทุกระดับและทุกสาขาวิชาการที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ ทั้งในด้านการบันทึกเป็นฐานข้อมูลที่มีมาตรฐานสากล การสืบค้น เรียกใช้และการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการให้บริการต่อผู้ใช้ทั่วไป ต่อนักวิชาการในการศึกษาและวิจัย ตลอดจนต่อผู้บริหารทั้งในระดับปฏิบัติการและตัดสินใจกำหนดนโยบาย

เทคโนโลยี GIS ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วมากในสองทศวรรษที่ผ่านมา ในประเทศไทย GIS เป็นที่รู้จักและมีการตื่นตัวกันมากในช่วงปี 1990-1995 และเริ่มมีระบบฐานข้อมูล GIS ที่เป็นรูปธรรมมากขึ้นในองค์กรต่างๆทั้งภาครัฐบาล รัฐวิสาหกิจและเอกชน ในช่วงดังกล่าว ผู้บริหารขององค์กรต่างๆที่มีภารกิจเกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่หรือสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะได้รับการร้องขอให้สนใจและสนับสนุนการจัดตั้งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ขึ้นในองค์กร เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการแปลงข้อมูลแผนที่สิ่งพิมพ์ให้กลายเป็นข้อมูลดิจิทัลเชิงพื้นที่ ซึ่งจะช่วยให้การบริการข้อมูลสารสนทศเชิงพื้นที่เป็นไปอย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง GIS เริ่มเป็นที่รู้จักและเข้าใจกันมากขึ้นว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญ ที่ช่วยให้เกิดการพิจารณาและวิเคราะห์ข้อมูลภูมิศาสตร์ และข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องในหลายสาขาวิชา

ร่วมกันแบบบูรณาการได้อย่างที่ไม่เคยเป็นมาก่อน อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้ที่ไม่คุ้นเคยกับเทคนิคของ GIS หรือธรรมชาติของสารสนเทศภูมิศาสตร์ดีพอ มีโอกาสที่จะนำ GIS ไปใช้งานแบบผิดๆได้เท่าๆกับที่นำใช้งานอย่างถูกต้อง ดังนั้นความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีและสาระของข้อมูลอย่างแท้จริง จึงเป็นสิ่งสำคัญในการที่จะนำเอาเทคโนโลยีด้านนี้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

GIS เป็นระบบที่อิงอยู่บนระบบคอมพิวเตอร์ สามารถประยุกต์ใช้ในการจัดเก็บ จัดการและวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อมูลสารสนเทศที่มีตำแหน่งสถานที่เกิดหรือที่อยู่ของวัตถุและปรากฏการณ์นั้นๆ ตัวอย่างเช่น ตำแหน่งหรือสถานที่และรูปแบบที่เกิดการแพร่ระบาดของสารพิษที่เกิดจากการทำเหมืองโดยขาดหลักวิชาการที่ถูกต้อง พื้นที่ที่เกิดภัยธรรมชาติและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ เช่น การเกิดแผ่นดินไหว การเกิดแผ่นดินถล่ม การเกิดคลื่นยักษ์สึนามิ การเกิดน้ำท่วม ภัยธรรมชาติเหล่านี้อาจมีพื้นที่ที่เกิดและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบไม่ได้อยู่ในที่แห่งเดียวกัน นอกจากนี้ อาจจะมีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการและการวางแผนการใช้พื้นที่ เช่น พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการตั้งเมืองใหม่ให้เป็นศูนย์กลางราชการของประเทศ พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกพันธ์ไม้เฉพาะอย่าง การกำหนดทางเลือกหรือคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมสำหรับทางด่วนหรือทางรถไฟความเร็วสูงเชื่อมภูมิภาค การจัดเก็บ จัดการ บำรุงรักษาและให้บริการทางด้านเครือข่ายสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น ระบบสายโทรศัพท์ ท่อประปา สายไฟฟ้า ท่อน้ำทิ้ง เป็นต้น ที่กล่าวมาเป็นเพียงตัวอย่างทั่วไปของการประยุกต์ใช้ GIS กับงานต่างๆ คุณประโยชน์ของ GIS ยังมีอีกมากมายและรอการค้นพบในการนำไปประยุกต์ใช้กับงานใหม่ๆอยู่ตลอดเวลา

GIS ต่างจากระบบสารสนเทศอื่นๆตรงที่สามารถจัดเก็บ จัดการและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีพิกัดอ้างอิงตำแหน่งบนพื้นผิวโลกได้พร้อมๆกับข้อมูลคุณลักษณะ โดยที่ระบบสารสนเทศทั่วไปไม่ครอบคลุมข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีพิกัดอ้างอิง ระบบสารสนเทศเหล่านี้ได้แก่ ระบบสารสนเทศบุคลากร ระบบสารสนเทศการบริหารและจัดการองค์กร เป็นต้น

GIS ได้รับการออกแบบให้มีความสามารถทำงานได้กับข้อมูลจำนวนมหาศาลทั้งจำนวนวัตถุ (object) ที่จัดเก็บในรูปขององค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เป็น จุด(point) หรือเส้น(line) หรือรูปปิด (polygon) และตารางข้อมูลคุณลักษณะ(attribute)จำนวนมาก ซึ่งไม่สามารถดำเนินการได้ด้วยมือ เช่น ในปี 2542 กรมทรัพยากรธรณีทำการจัดเก็บข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยาในมาตราส่วน 1:1,000,000 ต้องจัดเก็บข้อมูลรูปปิดมากถึง 4,825 ระเบียน ในอัตราหนึ่งระเบียนต่อหนึ่งรูปปิด โดยทุกรูปปิดเชื่อมต่อกับข้อมูลเชิงอรรถที่บอกถึงคุณลักษณะหน่วยหินที่ใช้อธิบายรูปปิดนั้นๆซึ่งอยู่ในรูปของตารางที่มีหน่วยหินอยู่ทั้งหมดประมาณ 81 หน่วยหิน(สำหรับแผนที่ในมาตราส่วนนี้) นอกจากนี้ยังรวมถึงชั้นข้อมูลโครงสร้างทางธรณีวิทยาซึ่งจัดเป็นข้อมูลเส้นอยู่อีกจำนวนหนึ่ง เป็นที่แน่นอนว่าในการจัดเก็บข้อมูลชนิดเดียวกันในมาตราส่วนที่ใหญ่ขึ้น เช่น 1:250,000 หรือ 1:50,000 จะมีปริมาณข้อมูลองค์ประกอบเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถเพิ่มขึ้นอีกหลายเท่า เพราะโดยธรรมชาติแล้วข้อมูลจะมีเนื้อหารายละเอียดเพิ่มมากขึ้นตามมาตราส่วนที่

ใหญ่ขึ้น หรือในแง่ของการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนต้องเกี่ยวข้องกับข้อมูลองค์ประกอบเชิงพื้นที่หรือปัจจัยต่างๆ เป็นร้อยเป็นพัน เช่น การวิเคราะห์หาสถานีบริการน้ำมันทั่วประเทศที่อยู่ในรัศมี 2 กิโลเมตรของสี่แยกที่มีถนนสายหลักตัดผ่าน หรือการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการฝังกลบขยะมูลฝอย ซึ่งต้องเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายปัจจัย ได้แก่ พื้นที่ที่น้ำไม่ท่วม อยู่ห่างจากชุมชนและสนามบินในระยะพอควรที่จะไม่ส่งผลกระทบหรือกระทบน้อยมาก เป็นพื้นที่ที่ไม่มีศักยภาพน้ำบาดาลหรือชั้นน้ำบาดาลหลักควรอยู่ลึกมาก มีสภาพธรณีวิทยาที่เป็นอุปสรรคต่อการซึมผ่านของมลพิษที่มากับขยะ ไม่อยู่ในเขตป่าสงวน เขตอนุรักษ์หรือเขตต้องห้ามทั้งหลาย ต้องอยู่ห่างจากถนนไม่มากเกินไป มีชั้นหน้าดินที่ต้องขุดออกไม่หนาเกินไป เป็นพื้นที่ที่ไม่มีความขัดแย้งกับการใช้ทรัพยากรชนิดอื่น เป็นพื้นที่ที่มีการจัดการกับปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคมได้อย่างลงตัว เป็นต้น จะเห็นได้ว่าในการวิเคราะห์กับปัจจัยมากมายขนาดนี้ หรือแม้แต่การได้มาของข้อมูลแต่ละปัจจัยจะเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยากที่จะทำให้สมบูรณ์ได้ด้วยมือ GIS จึงเป็นทางออกที่มีประสิทธิภาพในการทำงานดังกล่าว

ถึงแม้ว่า GIS จะเป็นเครื่องมือที่ทรงประสิทธิภาพและมีคุณประโยชน์ต่อองค์กรอย่างมหาศาล แต่มิใช่ว่าตัว GIS จะเติบใหญ่และคงอยู่ได้ด้วยตัวของตัวเอง แต่จะต้องอาศัยองค์กรซึ่งประกอบไปด้วยผู้บริหารและผู้ใช้ที่เข้าใจในการจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกที่เกี่ยวข้อง ไปจนถึงการกำหนดนโยบายสนับสนุนอย่างสมเหตุผล ปัญหาที่พบว่าการพัฒนา GIS ให้กับองค์กรไม่สำเร็จนั้นมาจากสาเหตุสำคัญบางประการ ได้แก่ ปัญหาการขาดการสนับสนุนอย่างแท้จริงจากผู้บริหาร และปัญหาผู้พัฒนา GIS มองข้ามความต้องการของผู้ใช้ซึ่งเป็นลูกค้าตัวจริง เรื่องการพิจารณาความต้องการของลูกค้าเป็นสิ่งสำคัญมาก และมักจะประสบปัญหาในสองแนวทางคือ ไม่ได้จัดทำข้อมูลให้ตรงใจผู้ใช้ทั้งประเภทของข้อมูล คุณภาพของข้อมูล รูปแบบ(format)ของข้อมูล ในเวลาที่เหมาะสม หรืออีกแนวทางหนึ่งคือลูกค้าไม่แน่ใจหรือไม่ทราบแน่ชัดว่า GIS จะช่วยอะไรให้กับการทำงานขององค์กรได้บ้างและช่วยอย่างไร ซึ่งในกรณีนี้ผู้พัฒนา GIS ควรได้ปรับความรู้ ความเข้าใจและเสนอแนะรูปแบบการพัฒนาให้ลูกค้าเข้าใจอย่างชัดเจนเสียก่อน เพื่อประกันว่า GIS ที่พัฒนาขึ้นจะได้รับการนำไปใช้งานอย่างคุ้มค่า และได้รับการดูแลรักษาให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้การพัฒนา GIS ขึ้นในองค์กรยังเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงกระแสการไหลเวียนของข้อมูล ซึ่งจะกระทบกับการปรับเปลี่ยนหน้าที่การทำงานและการปรับโครงสร้างการบริหารองค์กรอยู่บ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดตั้งส่วนงานที่ดูแล GIS ขึ้นใหม่และส่วนงานนี้มักจะมีโอกาสเข้าไปรู้เห็นหรือรับทราบการทำงานของส่วนงานอื่น ทั้งนี้โดยหน้าที่หรือได้รับการร้องขอก็ตาม ลักษณะหน้าที่การทำงานเช่นนี้เป็นการสร้างความไม่ไว้วางใจให้กับส่วนงานอื่น ดังนั้น การจัดเตรียมข้อมูลให้เป็นที่ต้องการและมีการส่งต่อให้ผู้ใช้ผ่านทางเครือข่ายอย่างอิสระตามสิทธิของผู้ใช้ จึงดูจะเป็นทางออกที่เหมาะสม

เมื่อ GIS ถือกำเนิดขึ้นในหลายๆองค์กร ปัญหาที่ตามมาอย่างแน่นอนคือการเกิดความซ้ำซ้อนในการจัดทำชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยต่างฝ่ายต่างทำ ผลที่ตามมาคือข้อขัดแย้งว่าของใครถูกต้อง

มากกว่ากัน เหตุนี้เมื่อมีการพัฒนา GIS ขึ้นมาได้ระยะหนึ่ง ทั้งผู้ใช้และผู้พัฒนา GIS จะเริ่มพูดกันถึงมาตรฐาน ซึ่งจะช่วยขจัดปัญหาด้านความซ้ำซ้อนและการแบ่งหน้าที่กันจัดทำฐานข้อมูลโดยดูตามภารกิจหลักขององค์กรเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตาม ความไม่เท่าเทียมกันทั้งด้านความรู้และการสนับสนุนในระดับนโยบายและงบประมาณ จัดเป็นอุปสรรคอีกอย่างหนึ่งที่หลายๆองค์กรไม่สามารถพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของตนเองขึ้นมาได้ ต้องอาศัยให้องค์กรอื่นพัฒนาให้ ซึ่งในบางครั้งการพัฒนา GIS ข้ามองค์กรเหล่านี้จะอยู่ในรูปแบบที่ไม่เป็นทางการ

1.2 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ GIS

ดังที่กล่าวมาบ้างแล้วว่า GIS สามารถประยุกต์ใช้กับงานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้มากมายหลากหลายแนวทาง และจัดเป็นสาขาวิชาหนึ่งที่รุ่งเรืองอย่างมากในทศวรรษที่ผ่านมา อันที่จริง แนวคิดและแนวทางการประยุกต์ใช้ GIS มีมานานแล้ว แต่มาปรากฏเด่นชัดและเป็นรูปธรรมมากขึ้นเมื่อเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่สำคัญในการสนับสนุนการทำงานของ GIS มีการพัฒนาอย่างไร้ขีดจำกัดและมีส่วนทำให้การพัฒนา GIS รุดหน้าอย่างรวดเร็วไปด้วย ในปี 1969 Ian McHarg ภูมิสถาปนิกชาวอเมริกันได้จัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่หลายๆปัจจัยลงบนแผ่นใสแผ่นละปัจจัย และให้โทนสีแสดงความเหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่น่าจะมีเส้นทางถนนผ่าน เมื่อนำแผ่นใสของข้อมูลทุกปัจจัยมาซ้อนทับกันทั้งหมด ก็สามารถระบุได้ว่าพื้นที่ใดควรจะมีถนนผ่านมาก ปานกลางหรือน้อย โดยดูจากโทนสีที่เกิดจากการสะสมให้เข้มขึ้นหรือคงเดิม หลักการเช่นนี้ปัจจุบันเป็นที่รู้จักกันดีในการประยุกต์ใช้ GIS ซึ่งเรียกว่าการวิเคราะห์แบบซ้อนทับ(overlay analysis)

หลังจากนั้นวิธีการวิเคราะห์แนวทางนี้ อาจเปลี่ยนเป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์โดยใช้การเทียบน้ำหนัก(weight-rating analysis) โดยตอนแรกๆก็ยังใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยมือและเริ่มมีคอมพิวเตอร์เข้ามามีส่วนช่วยบ้าง เช่นในปี 1982 Sarapirome ได้พยายามนำเอาเทคนิควิธีการใช้ระบบเทียบน้ำหนัก (weight-rating system techniques) มาใช้วิเคราะห์ชั้นข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่บริเวณแนวชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทย เพื่อกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมหรือพื้นที่ศักยภาพของการพัฒนาใน 3 แนวทาง ได้แก่ พื้นที่สำหรับพัฒนาเป็นที่อยู่อาศัยและการพาณิชย์ พื้นที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมหนัก และพื้นที่สำหรับการพัฒนาเกษตรกรรม ชั้นข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ ทางน้ำ ธรณีสัณฐานพร้อมความลาดชัน การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในขณะนั้น ข้อมูลธรณีวิทยาทั้งหินแข็งและตะกอนพื้นผิว ทรัพยากรแร่ซึ่งรวมทั้งแหล่งแร่โลหะ อโลหะและวัสดุก่อสร้าง ทรัพยากรน้ำทั้งน้ำใต้ดินและผิวดิน ตลอดจนสภาพธรณีวิทยาชายฝั่งและทางทะเล และแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ การวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกันทั้งหมดเป็นการวิเคราะห์แบบบูรณาการ (integrated analysis) โดยใช้วิธี manual เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากในขณะนั้นเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ยังไม่แพร่หลายและไม่มีสมรรถภาพดังเช่นปัจจุบัน การศึกษาในครั้งนั้นจึงใช้ข้อมูลแผนที่ที่ซอยย่อยออกเป็นกริดเซลล์ขนาด 4x4 กม. สำหรับ

ทุกๆ ชั้นข้อมูล และกำหนดน้ำหนักให้แตกต่างกันไปตามหน่วยที่จำแนกในชั้นข้อมูลและตามอิทธิพลของแต่ละชั้นข้อมูลที่มีต่อการวางแผนใช้ประโยชน์พื้นที่ในแต่ละประเภท น้ำหนักในกริดเซลล์เดียวกันจากแต่ละชั้นข้อมูลจะรวมเข้าด้วยกันกลายเป็นค่าประจำในแต่ละกริดเซลล์ ซึ่งแตกต่างกันไปแล้วแต่ประเภทของการพัฒนา ค่าประจำในแต่ละกริดเซลล์ จะได้รับการจำแนกว่ามีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใดกับการพัฒนาประเภทต่างๆ โดยการจำแนกความเหมาะสมเป็นวิธีการทางสถิติแบบง่ายๆที่นำค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมาใช้เท่านั้น

มาถึงปัจจุบันนี้สามารถกล่าวได้ว่าสมรรถนะของเทคโนโลยี GIS สามารถเอื้อให้มีการประยุกต์ใช้ในแนวทางต่างๆได้อย่างเต็มรูปแบบในหลายๆด้านทั้งด้านวิชาการ ธุรกิจ งานภาครัฐ ภาคอุตสาหกรรมและทางการทหาร(ตารางที่ 1) ในประเทศไทย การประยุกต์ใช้ GIS เป็นไปอย่างกว้างขวาง ทั้งในด้านการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับภารกิจด้านต่างๆ ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ระดับประเทศไปจนถึงระดับท้องถิ่น การพัฒนา GIS สำหรับการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมและสำหรับงานเฉพาะอย่าง การประยุกต์ใช้ GIS กับภัยธรรมชาติ เป็นต้น

ตารางที่ 1 การประยุกต์ใช้ GIS สำหรับงานแขนงต่างๆ(Lo and Yeung, 2002, p.12)

Major Application Areas of GIS

Sectors	*Application Areas*
Academic	Research in humanities, science and engineering Primary and secondary schools—school district delineation, facilities management, bus routing Spatial digital libraries
Business	Banking and insurance Real estate—development project planning and management, sales and renting services, building management Retail and market analysis Delivery of goods and services
Government	Federal government—national topographic mapping, resource and environmental management, weather services, public land management, population census, election, and voting State/provincial government—surveying and mapping, land and resource management, highway planning and management Local/municipal government—social and community development, land registration and property assessment, water and wastewater services Public safety and law enforcement—crime analysis, deployment of human resources, community policing, emergency planning and management Health care International development and humanitarian relief
Industry	Engineering—surveying and mapping, site and landscape development, pavement management Transportation—route selection for goods delivery, public transit, vehicle tracking Utilities and communications—electricity and gas distribution, pipelines, telecommunications networks Forestry—forest resource inventory, harvest planning, wildlife management and conservation Mining and mineral exploration Systems consulting and integration
Military	Training Command and control Intelligence gathering

1.2.1 การจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์

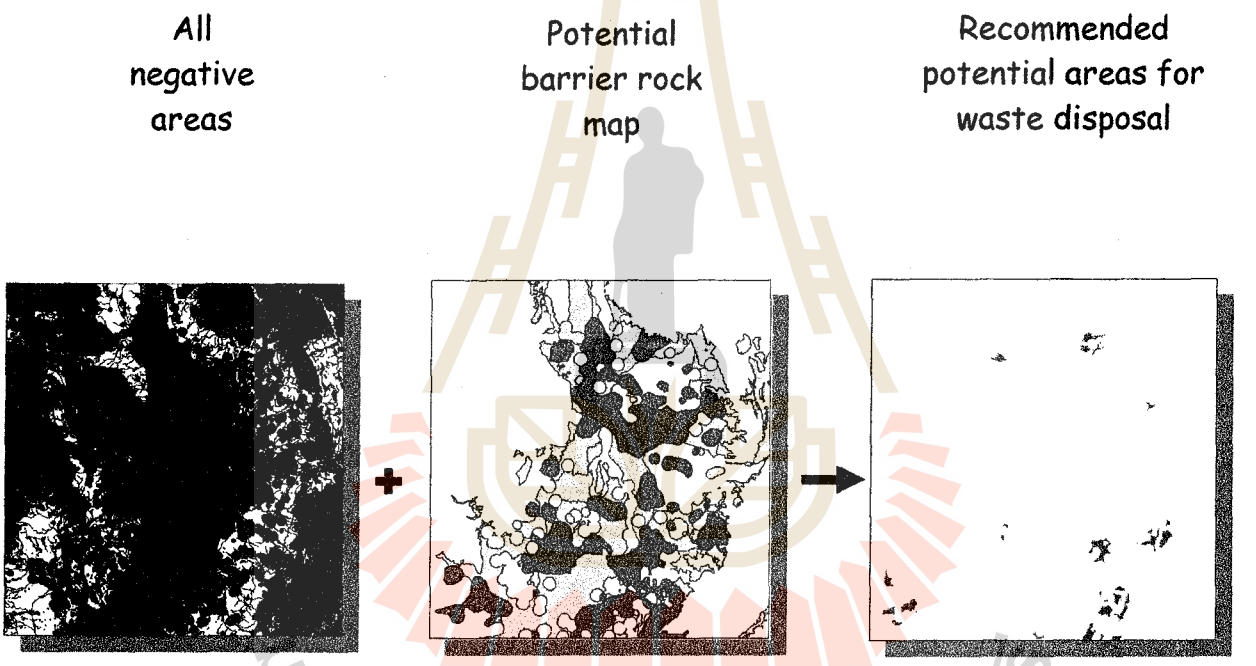
มีหลายองค์กรในประเทศไทยที่มีการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ขึ้นใช้ภายในองค์กรโดยเริ่มจากชั้นข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ตนเองเป็นผู้ผลิต ไปจนถึงชั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง อาทิ กรมแผนที่ทหาร กรมทรัพยากรธรณี(รูปที่ 1.1) กรมอุทยาน สัตว์ป่าและพันธุ์พืช กรมพัฒนาที่ดิน กรมการปกครอง เป็นต้น การเผยแพร่ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของแต่ละหน่วยงานอาจจะจัดทำในรูปของสื่อต่างๆ หลายรูปแบบ เช่น บรรจุลงในแผ่นซีดี เผยแพร่ผ่านทางเว็บไซต์ของหน่วยงาน เป็นต้น

รูปที่ 1.1 ตัวอย่างฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของกรมทรัพยากรธรณีที่ทำการพัฒนาและเผยแพร่ผ่านทางแผ่นซีดี (Sarapirome, 1999, ในสไลด์การนำเสนอของการประชุม)

1.2.2 การพัฒนา GIS สำหรับการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับงานเฉพาะอย่าง

ตัวอย่างการนำ GIS มาใช้งานทางด้านนี้ เช่น ในปี 2542 มีโครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่างไทย-เยอรมันภายใต้หัวข้อ *ธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อมเพื่อการวางแผน* เกิดขึ้นภายในกรมทรัพยากรธรณี มีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดการทรัพยากรธรณีแบบยั่งยืน พื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในลุ่มแอ่งเชียงใหม่-ลำพูน

ส่วนที่เป็น hight light ของโครงการคือการใช้ GIS ในการจัดทำฐานข้อมูลของโครงการ ซึ่งนำมาวิเคราะห์เพื่อกำหนดพื้นที่ศักยภาพในการเลือกแหล่งกลบฝังขยะซึ่งเป็นปัญหาที่ค่อนข้างรุนแรงในขณะนั้น ได้มีการใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบซ้อนทับ (overlay analysis technique)(รูปที่ 1.2) พิจารณาจากพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมทั้งหมด ได้แก่ พื้นที่ป่าสงวน พื้นที่น้ำท่วม พื้นที่มีศักยภาพน้ำบาดาลสูง อยู่ห่างจากชุมชนและสนามบินไม่เกิน 500 เมตร พื้นที่ที่มีศักยภาพวัสดุก่อสร้าง พื้นที่ที่อยู่ห่างจากแหล่งน้ำผิวดินไม่เกิน 300 เมตร โดยพิจารณาประกอบกับพื้นที่ที่มีสภาพธรณีวิทยาที่เป็นอุปสรรคต่อการซึมผ่านของมลพิษที่มากับขยะ ที่ทำการวิเคราะห์จากแผนที่ธรณีวิทยาและฐานข้อมูลธรณีวิทยาหลุมเจาะของบ่อน้ำบาดาล ผลที่ได้เป็นพื้นที่ศักยภาพที่เหมาะสมสำหรับการฝังกลบขยะ



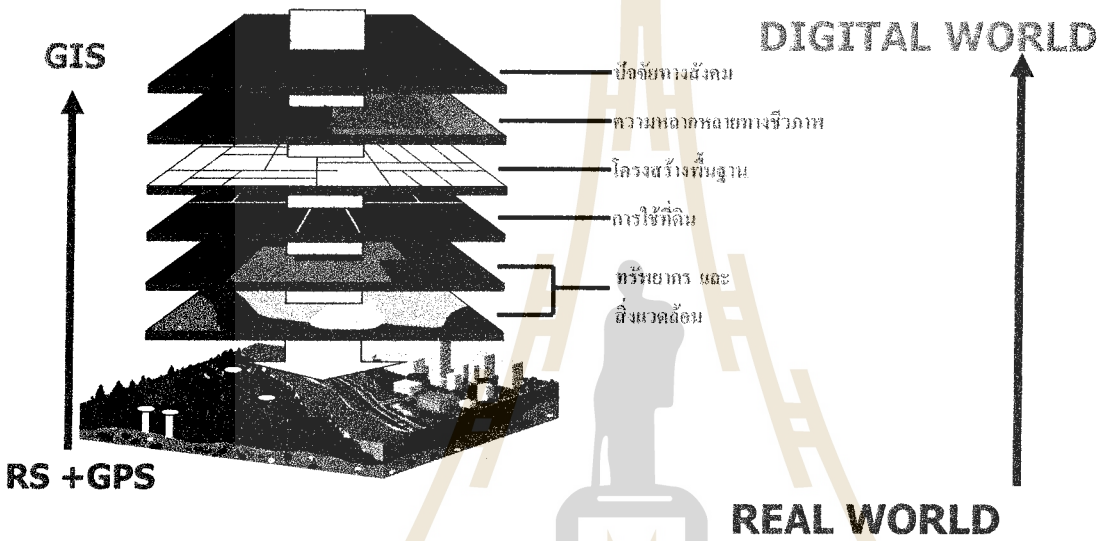
รูปที่ 1.2 เทคนิคการวิเคราะห์แบบซ้อนทับเพื่อกำหนดพื้นที่ศักยภาพสำหรับฝังกลบขยะ(สไลด์ของโครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่างไทย-เยอรมันภายใต้หัวข้อ *ธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อมเพื่อการวางแผน*)

1.2.3 การประยุกต์ใช้ GIS กับภัยธรรมชาติ

การประยุกต์ใช้ GIS กับภัยธรรมชาติได้มีการศึกษามาได้ระยะหนึ่งแล้ว ในปัจจุบันได้รับความสนใจมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ในปี 2543 สัญญา สราภิรมย์ ได้ใช้ GIS ในการศึกษาปัญหาน้ำท่วมในที่ราบภาคกลางตอนล่าง โดยใช้ GIS เป็นเครื่องมือในการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในพื้นที่ศึกษา ใช้ตรวจสอบการกำหนดเขตพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม และตรวจสอบหน่วยธรณีสัณฐานวิทยาน้ำท่วมที่ได้จากการใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (รัศมี สุวรรณวีระกำธร, 2543) ตลอดจนใช้วิเคราะห์สาเหตุที่แท้จริงในการทำให้เกิดปัญหาน้ำท่วม

บทที่ 2
ข้อมูลภูมิศาสตร์จากโลกจริงสู่โลกดิจิทัล

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(GIS) เป็นศาสตร์เชิงพื้นที่ เปรียบเป็นเครื่องมือที่ใช้จำลองสภาพพื้นที่ในโลกแห่งความเป็นจริง(real world) มาเป็นชั้นข้อมูล(data layers) ในโลกดิจิทัล(digital world) อย่างเป็นระบบ โดยอาศัยเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและระบบค้นหาตำแหน่งบนพื้นโลกเข้าช่วยด้วย (รูปที่ 2.1)

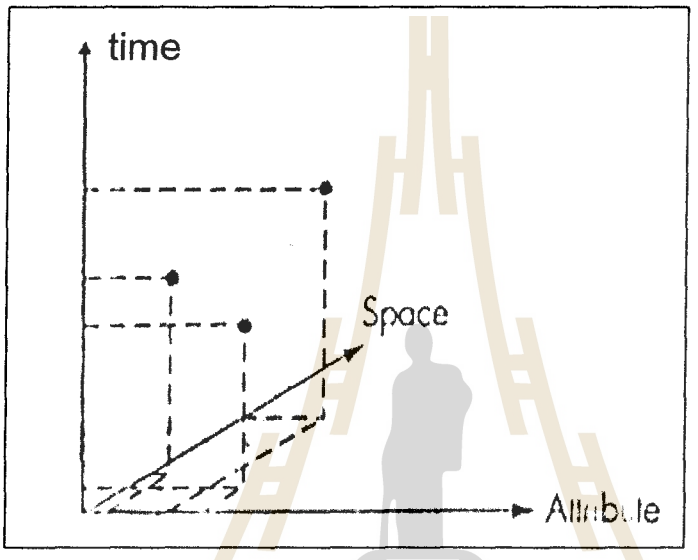


รูปที่ 2.1 แนวคิดการจำลองสภาพพื้นที่จาก real world มาเป็น digital world ในรูปของชั้นข้อมูลต่างๆ

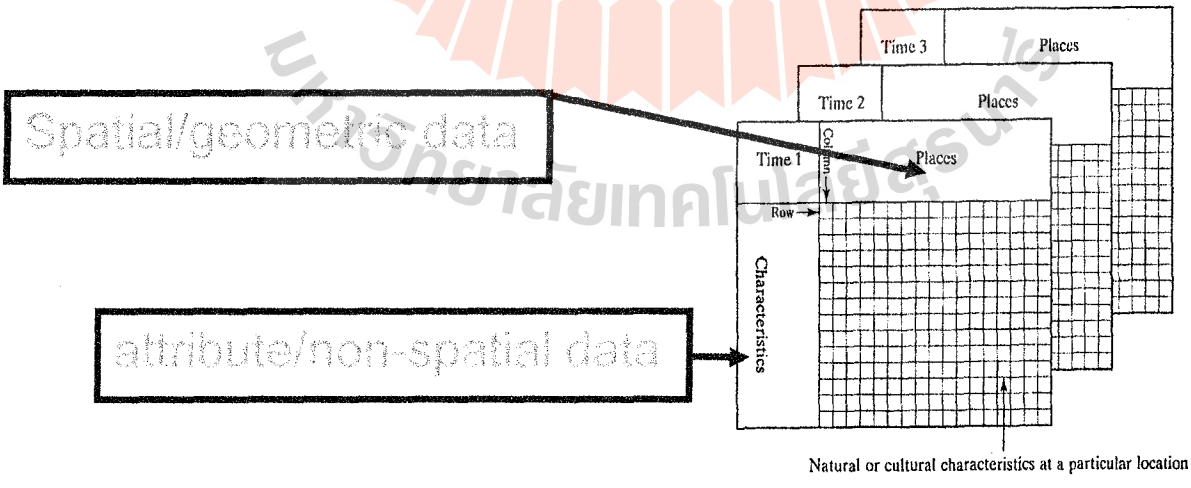
2.1 ลักษณะของ geodata

Geodata เป็นข้อมูลใดๆที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่มีคำอธิบายประกอบ อาจจะเป็นข้อมูลภูมิศาสตร์ ข้อมูลขอบเขตการปกครอง ข้อมูลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การใช้พื้นที่ ธรณีวิทยา และอื่นๆ ข้อมูลเหล่านี้อาจจะสัมพันธ์กับเวลา หมายความว่าถ้าเวลาเปลี่ยนไป จะทำให้ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลอธิบายเปลี่ยนไปด้วย ตัวอย่างเช่น ข้อมูลการใช้พื้นที่ ซึ่งแต่เดิมอาจจะเป็นพื้นที่สำหรับการเกษตร แต่เมื่อเวลาเปลี่ยนไป พื้นที่แห่งนั้นอาจจะกลายมาเป็นเมือง ซึ่งหมายความว่าพื้นที่ตรงตำแหน่งเดิมจะมีคำอธิบายเปลี่ยนแปลงจากการทำการเกษตรมาเป็นเมืองหรือที่อยู่อาศัย เมื่อเวลาเปลี่ยนไปอีก เมืองจะขยายตัวมีขนาดใหญ่ขึ้นแสดงว่าข้อมูลขนาด(เชิงพื้นที่)ของเมืองเปลี่ยนแปลงซึ่งข้อมูลคุณลักษณะอาจจะคงเดิมหรือเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยก็ได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อเวลาเปลี่ยนไป geodata บางชนิดอาจจะไม่เปลี่ยนแปลงเลยหรือเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เช่น ข้อมูลความสูงต่ำของพื้นที่โดยเฉพาะในชนบทซึ่งไม่มีการถมที่เพื่อการก่อสร้างมากเท่ากับในเมือง ข้อมูลธรณีวิทยาซึ่งอาจจะมีการสังคายนานานๆครั้ง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม

ข้อมูลความสูงต่ำในชนบท อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันได้ในกรณีที่เกิดแผ่นดินถล่มอย่างรุนแรง ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของข้อมูล geodata อาจจะแสดงได้ด้วยแกน 3 แกน ดังรูปที่ 2.2 หรือด้วย matrix ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ข้อมูล geodata มีอยู่ 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial/geometric data) ข้อมูลเชิงอรรถหรือคุณลักษณะ(attribute/non-spatial data) และเวลา(time)



รูปที่ 2.2 geodata โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยข้อมูล 3 ส่วน ได้แก่ ตำแหน่งที่ตั้ง(space) เชิงอรรถหรือคุณลักษณะ(attribute) และเวลา (time) ซึ่งแสดงได้ด้วย แกน 3 แกน (Bernhardsen, 2002, p. 108)



รูปที่ 2.3 ข้อมูล geodata แสดงได้ด้วย matrix โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยข้อมูล 3 ส่วน ได้แก่ ตำแหน่งที่ตั้ง(spatial/geometric data) เชิงอรรถหรือคุณลักษณะ(attribute/non-spatial data) และเวลา (time)

แต่เดิมข้อมูลลักษณะนี้จะได้รับการจัดเตรียมในรูปสิ่งพิมพ์เป็นแผนที่กระดาษ ทำให้การปรับปรุงแก้ไขข้อมูลให้เป็นปัจจุบันทำได้ไม่บ่อยครั้ง เพราะขั้นตอนการจัดพิมพ์แต่ละครั้งค่อนข้างจะซับซ้อนยุ่งยากและมีค่าใช้จ่ายสูง อีกทั้งข้อมูลที่บรรจุลงในแผนที่มีไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ เนื่องจากบนแผนที่กระดาษมีเนื้อที่จำกัด คำอธิบายคุณลักษณะในหลายๆด้านจึงเป็นได้เพียงคำอธิบายคุณลักษณะในภาพรวมที่ผ่านการทำให้เป็นบรรทัดฐาน(normalization)มาแล้ว ในกรณีเช่นนี้อาจทำให้ข้อมูลจริงบกพร่องขาดความสมบูรณ์ได้ การทำข้อมูลให้เป็นดิจิทัลสามารถแก้ไขปัญหาเหล่านี้ เช่น ทางด้านการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันเมื่อเวลาเปลี่ยนไปไม่เป็นปัญหาอีกต่อไป เพราะในรูปแบบข้อมูลที่เป็นดิจิทัลสามารถปรับปรุงแก้ไขได้ทุกเมื่อที่ต้องการ โดยสามารถแยกการจัดเก็บเป็นลำดับรุ่น(version) นอกจากนี้ ข้อมูลบางอย่างก็ไม่ต้องผ่านการ normalization เพราะระบบ GIS เอื้อให้สามารถจัดเก็บข้อมูลคำอธิบายได้ทีละระเบียน(record) โดยจัดเก็บหนึ่งระเบียนต่อหนึ่งลักษณ์(feature) หรือหนึ่งองค์ประกอบเชิงพื้นที่ และในหนึ่งระเบียนสามารถมีคำอธิบายคุณลักษณะได้มากกว่าหนึ่งสดมภ์(column) ทำให้ข้อมูลเชิงอรรถมีความสมบูรณ์ชัดเจนมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีในปัจจุบัน ส่วนใหญ่ได้รับการจัดทำโดยมีแหล่งข้อมูลเป็นแผนที่กระดาษที่ผ่านการ normalization มาแล้วทั้งสิ้น จึงเป็นที่คาดหมายได้ว่าฐานข้อมูลรุ่นต่อไปมีแนวโน้มที่จะจัดทำรายละเอียดทีละ feature หรือทีละระเบียนเป็นหลัก ซึ่งหากทำได้เช่นนี้ข้อมูลจะมีรายละเอียดถูกต้องสูงมาก แต่ต้องการเวลาและค่าใช้จ่ายมากขึ้นตามไปด้วย

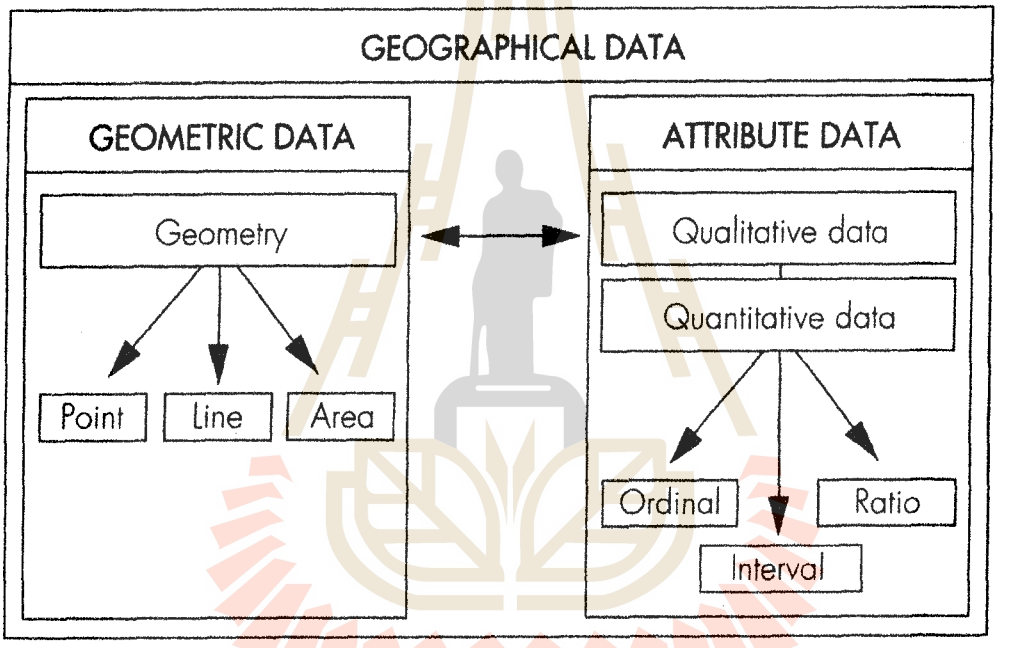
2.1.1 องค์ประกอบของ geodata

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า geodata มีองค์ประกอบที่แยกได้เป็น 2 ส่วนอย่างชัดเจน ได้แก่ ***ข้อมูลเชิงพื้นที่*** และ***ข้อมูลเชิงอรรถ*** สำหรับข้อมูลเชิงพื้นที่อาจใช้คำภาษาอังกฤษได้หลายคำ เช่น *spatial data, geometric data* และ *graphic data* ส่วน*ข้อมูลเชิงอรรถ* หรืออาจเรียกว่า*ข้อมูลคุณลักษณะ* หรือ *ข้อมูลอรรถาธิบาย* หรือ *ข้อมูลคำอธิบาย* โดยอาจใช้คำในภาษาอังกฤษว่า *non-spatial data* หรือ *attribute data* อย่างไรก็ตามมีบ่อยครั้งที่คำว่า***ข้อมูลเชิงพื้นที่*** ถูกนำมาใช้แทนข้อมูลที่รวมทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถ หรืออาจใช้คำว่า**ข้อมูล** GIS ก็จะมีความหมายครอบคลุมทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถได้เช่นกัน

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าข้อมูลเชิงพื้นที่เมื่อจำลองมาอยู่ในรูปของชั้นข้อมูล GIS สามารถแยกเป็นองค์ประกอบได้ 3 ประเภท ได้แก่ จุด(point) เส้น(line) และ รูปปิด(polygon)หรือพื้นที่(area) การที่จะจำลอง feature ในโลกแห่งความเป็นจริงมาเป็นองค์ประกอบแบบใดแบบหนึ่งของข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบ GIS นั้นจะขึ้นกับชนิดขององค์ประกอบและมาตราส่วนของข้อมูลที่ใช้เป็นสำคัญ ตัวอย่างเช่น ข้อมูลเชิงพื้นที่จำพวกตำแหน่งที่ตั้งของเทศบาล น้ำตก น้ำพุร้อน เมื่ออยู่ในแผนที่มาตราส่วน 1:250,000 จะแสดงได้ด้วยจุด แต่เมื่อแสดงในแผนที่ที่มีมาตราส่วนใหญ่กว่า เช่นในมาตราส่วน 1:10,000 ขอบเขตของเทศบาลควรแสดงได้ด้วยรูปปิด ในขณะที่ตำแหน่งน้ำตกและน้ำพุร้อนยังคงแสดงได้ด้วยจุด เป็นต้น ที่น่าสังเกตคือ

หากข้อมูลใดควรจะมีความหมายเป็นเพียงจุด เช่น สถานีตรวจวัดอากาศ จุดเก็บตัวอย่างทางทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ข้อมูลลักษณะนี้ไม่ว่าจะอยู่ในมาตราส่วนใดๆก็ควรแสดงได้ด้วยจุด หากต้องการแสดงด้วยรูปปิดหรือพื้นที่ ควรแสดงในลักษณะที่เป็นพื้นที่ที่มีค่าตัวแทน(representative) แสดงได้ด้วยค่าที่มาจากจุดภายในพื้นที่นั้น

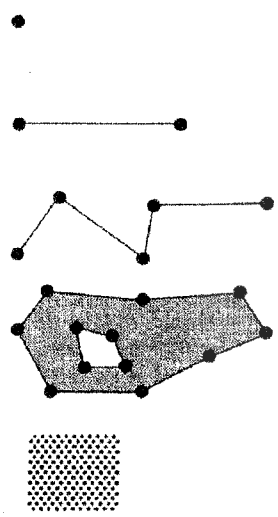
สำหรับข้อมูลเชิงอรรถจะจำแนกออกได้เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ และจัดเก็บในรูปของตารางข้อมูลที่มีระเบียน(record/row) เป็นตัวแทนของหนึ่งองค์ประกอบเชิงพื้นที่ และมีสดมภ์ (field/column) เก็บข้อมูลคุณลักษณะแต่ละอย่างขององค์ประกอบเชิงพื้นที่นั้นๆ ข้อมูลเชิงอรรถนี้จะมีระดับความแม่นยำในการวัดหรือการจำแนก(level of measurement)ออกไปอีกต่างหาก



รูปที่ 2.4 geodata (geographic data) ประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่(geometric data) และข้อมูลเชิงอรรถ (attribute data) (Bernhardsen, 2002, p. 40)

Feature ต่างๆที่แทนด้วยองค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่จะมีมิติที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าข้อมูลจุดเป็นข้อมูลที่ไม่มีมิติ(zero-dimensional data) ข้อมูลเส้นเป็นข้อมูลหนึ่งมิติ ข้อมูลรูปปิดเป็นข้อมูลสองมิติ โดยข้อมูลเส้นอาจจะประกอบด้วยเส้นหลายๆเส้นก็ได้ ข้อมูลสองมิติของรูปปิดจะเกิดจากข้อมูลเส้นที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของเส้นอยู่ที่จุดเดียวกัน โดยทั่วไปจะเกิดจากข้อมูลเส้นมากกว่าหนึ่งเส้น ข้อมูลพื้นที่อาจแสดงได้ด้วย raster cell หรือ grid cell หรือ pixel ซึ่งเป็น cell รูปสี่เหลี่ยมขนาดเท่ากันทั้งหมดที่ใช้แสดงแทนข้อมูลพื้นผิว(surface) หรืออาจแสดงได้ด้วยรูปสามเหลี่ยมขนาดต่างๆ (TIN - Triangulated Irregular Network) จะเห็นได้ว่าข้อมูล GIS ที่แพร่หลายอยู่ในขณะนี้ส่วนใหญ่ยังอยู่ในรูปของหนึ่งหรือสองมิติ หรือถ้าเป็นข้อมูลพื้นผิวก็จะมีเพียงสองมิติครึ่ง เพราะมีเพียงความสูงของพื้นผิวเข้ามาเกี่ยวข้องแต่ยังขาดมิติที่เป็นความลึก จึงเป็นที่คาดได้ว่าในอนาคตอันใกล้นี้จะมีการจัดทำข้อมูล GIS ให้

เป็นสามมิติมากขึ้น โดยหน่วยย่อยขององค์ประกอบข้อมูลอาจอยู่ในรูปของ cube หรือ tetrahedron หรือในรูปแบบอื่นๆ



Point: A zero-dimensional object that specifies geometric location specified through a set of coordinates.

Line segment (vector): A one-dimensional object that is a direct line between two endpoints.

String: A sequence of line segments.

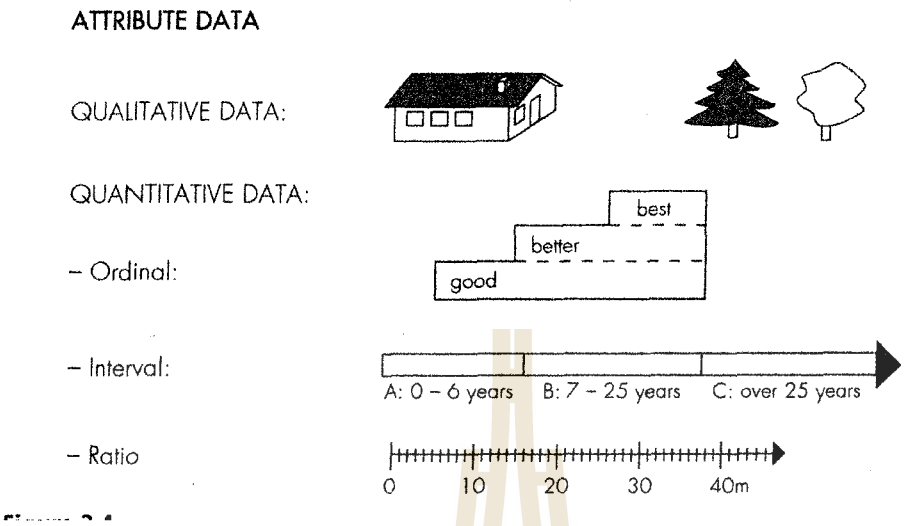
Area/polygon: A two-dimensional object bounded by at least three one-dimensional line segments.

Raster cell/pixel: A two-dimensional object (area) that represents an element of a regular tesselation of a surface.

รูปที่ 2.5 มิติขององค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ (Modified after NCDCDS, 1988)

2.1.2 ระดับการวัดของข้อมูลเชิงอรรถ(levels of measurement)

ข้อมูลเชิงอรรถมีหลายระดับซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับความแม่นยำและลักษณะของข้อมูล โดยสามารถแยกออกได้เป็น nominal(qualitative), ordinal, interval และ ratio (รูปที่ 2.6) ประเภทแรกเป็นคำบรรยายเชิงคุณภาพที่ไม่ใช่ปริมาณตัวเลขหรือการเปรียบเทียบ แต่เป็นคำอธิบายเชิงพรรณนา เช่น คำบรรยายคุณสมบัติของหน่วยหินหรือหน่วยดิน ลักษณะหรือประเภทของป่าไม้ สามประเภทหลังเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่มีการเปรียบเทียบว่าสิ่งใดดีกว่ากัน หรือเรียงลำดับความเหมาะสม(ordinal) เช่น เหมาะสมมาก เหมาะสมปานกลาง และเหมาะสมน้อย หรือกำหนดข้อมูลเชิงปริมาณออกเป็นช่วง(interval) เช่นช่วงอายุ ตามรูปที่ 2.6 ช่วงของอุณหภูมิ ช่วงของปริมาณน้ำฝน ช่วงความหนาแน่นของประชากร หรือช่วงของความลาดชัน เช่น ความลาดชันในพื้นที่สามารถจำแนกได้เป็น 4 ช่วง ได้แก่ 0-2 %, >2-5 %, >5 – 15 % และ >15 % เป็นต้น หรือกำหนดค่าของข้อมูลเชิงปริมาณออกมาเป็นตัวเลขอย่างชัดเจน(ratio) เช่น เนื้อที่ในแปลงโฉนดที่ดิน จำนวนสปอทไลท์บนเสาไฟส่องสว่าง เป็นต้น จะเห็นว่าข้อมูลคุณลักษณะแบบ ratio จะให้ความถูกต้องแม่นยำสูงสุด



รูปที่ 2.6 ข้อมูลคุณลักษณะมีทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยข้อมูลเชิงปริมาณสามารถจำแนกได้เป็น ordinal, interval และ ratio ขึ้นอยู่กับความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล (Bernhardsen, 2002, p.45)

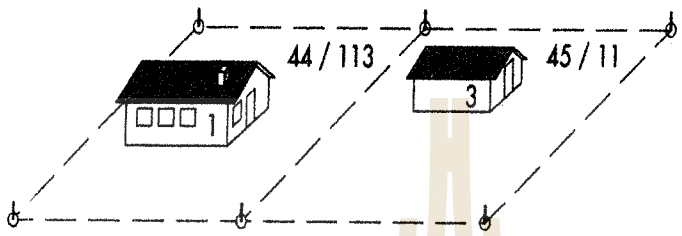
2.1.3 ความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่

ข้อมูลเชิงพื้นที่มีความสัมพันธ์ต่อกันและกันเป็นธรรมชาติอยู่แล้ว ในรูปที่ 2.7 เป็นเมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ที่มีต่อกันขององค์ประกอบเชิงพื้นที่แบบต่างๆ ตัวอย่างความสัมพันธ์ที่มีต่อกันของจุดกับจุด เช่น อยู่ใกล้กัน(is nearest to) จุดกับเส้น เช่น ไปจบที่(ends at) ใกล้กับ(is nearest to) และวางอยู่บน(lies on) เส้นกับเส้น เช่น ตัดกัน(crosses) เชื่อมกัน(joints) ไหลเข้าสู่(flows into) เส้นกับรูปปิด เช่น ตัดกัน(crosses) เป็นเส้นขอบ(borders) อยู่ใน(is contained in) รูปปิดกับรูปปิด เช่น บางส่วนซ้อนทับ(overlaps) เป็นต้น

	Point	**Line**	**Area**
Point	Is nearest to Is neighbor of	Ends at Is nearest to Lies on	Is within Is outside of Can be seen from
Line		Crosses Joins Flows into Comes within Is parallel to	Crosses Borders Intersects Is contained in
Area			Overlaps Is nearest to Is adjacent to Is contained in

รูปที่ 2.7 เมทริกซ์แสดงความสัมพันธ์ (Lo and Yeung, 2002, p.68)

รูปที่ 2.8 เป็นตัวอย่างแสดงความสัมพันธ์ของ feature เชิงพื้นที่ บ้านหมายเลข 1 อยู่บนโฉนดเลขที่ 44/113 ในขณะที่บ้านหมายเลข 3 อยู่บนโฉนดเลขที่ 45/11 และโฉนดทั้งสองมีด้านหนึ่งของพื้นที่อยู่ติดกัน (share boundary/is adjacent to)



The computer cannot see the real world so it is necessary to specify the various relations between entities, such as *belong to, comprise, are located in/on,* and *border on.*

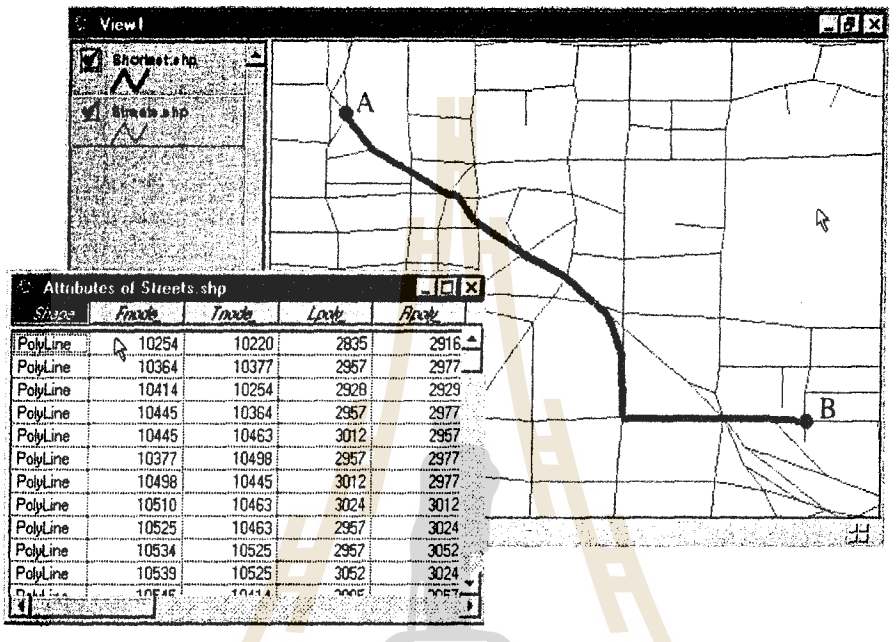
รูปที่ 2.8 ตัวอย่างแสดงความสัมพันธ์ของบ้านและโฉนดที่ดิน (Bernhardsen, 2002, p.43)

นอกจากที่กล่าวแล้ว ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ขององค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ในชั้นข้อมูล ยังนำมาใช้ในการคำนวณหาคำตอบที่เกี่ยวข้องกับตัวข้อมูลได้ เช่น ในข้อมูลเส้นของเวกเตอร์(รูปที่ 2.9a) แต่ละเส้นมี node เป็นจุดเริ่มต้นและจุดจบทำให้ทราบความยาวของเส้นและนำมาใช้ในการคำนวณเกี่ยวกับระยะทางหรือระยะทางที่สั้นที่สุดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ หรือการคำนวณหาทิศทางการไหลของน้ำจากข้อมูลในรูปของราสเตอร์ที่แต่ละกริดเซลมีค่าความสูงประจำ(รูปที่ 2.9b)

2.1.4 การจำแนกข้อมูล

การจำแนกข้อมูลที่มีประสิทธิภาพที่สุดคือการจำแนกที่ตรงกับความต้องการในการใช้งาน การจำแนกข้อมูลจะแยกข้อมูลเชิงอรรถออกเป็นประเภท(class) ซึ่งจะสัมพันธ์กับ feature ของข้อมูลเชิงพื้นที่โดยตรง การจำแนกข้อมูลเชิงอรรถมักจะแยกออกเป็นประเภทหลักที่ในแต่ละประเภทหลักสามารถแยกย่อยออกไปได้อีก การจำแนกแบบนี้อาจจะทำให้ในแต่ละประเภทของข้อมูลเชิงอรรถมีผลเป็นกลุ่ม features ของข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น ในการจัดทำชั้นข้อมูลอาคารภายในมหาวิทยาลัย สามารถจำแนกกลุ่มอาคารวิชาการออกจากกลุ่มอาคารเครื่องมือ ซึ่งถ้าจะจำแนกให้ละเอียดกว่านั้นอาจแยกอาคารแต่ละหลังให้เป็นอิสระต่อกันได้เพราะมีรายละเอียดต่างกัน อาจจะมีรูปร่างต่างกัน องค์ประกอบภายนอกและภายในต่างกัน เก็บอุปกรณ์เครื่องมือต่างกัน หรือถูกกำหนดให้รองรับการใช้งานและให้บริการต่างกัน อีกตัวอย่างหนึ่ง เช่น ในการจัดทำชั้นข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยาอาจจะจำแนกตามหมวดหิน ซึ่งในพื้นที่ศึกษาอาจจะมีได้หลายรูปปิดสำหรับหนึ่งหมวดหิน หรืออาจจะทำการจำแนกให้ละเอียดกว่านั้นโดยจำแนกทีละรูปปิดซึ่งในแต่ละรูปปิดจะมีข้อมูลเชิงอรรถแตกต่างกัน เช่น ในหมวดหินเดียวกันอาจจะมีรูปปิดรูปหนึ่งที่มีหินปูนเพียงอย่าง

เดียว ในขณะที่อีกรูปปิดหนึ่งอาจจะมีหินดินดานหรือหินทรายแทรกสลับในชั้นหินปูนด้วย หรืออาจจะเป็นหินชนิดเดียวกันแต่มีโครงสร้างต่างกันก็ได้ การสำรวจจัดทำชั้นข้อมูลสำหรับแต่ละรูปปิดนั้นใช้เวลาและค่าใช้จ่ายมาก โดยเฉพาะกับชั้นข้อมูลบางอย่างในพื้นที่กว้างใหญ่อาจจะไม่คุ้มค่าในการจัดทำ



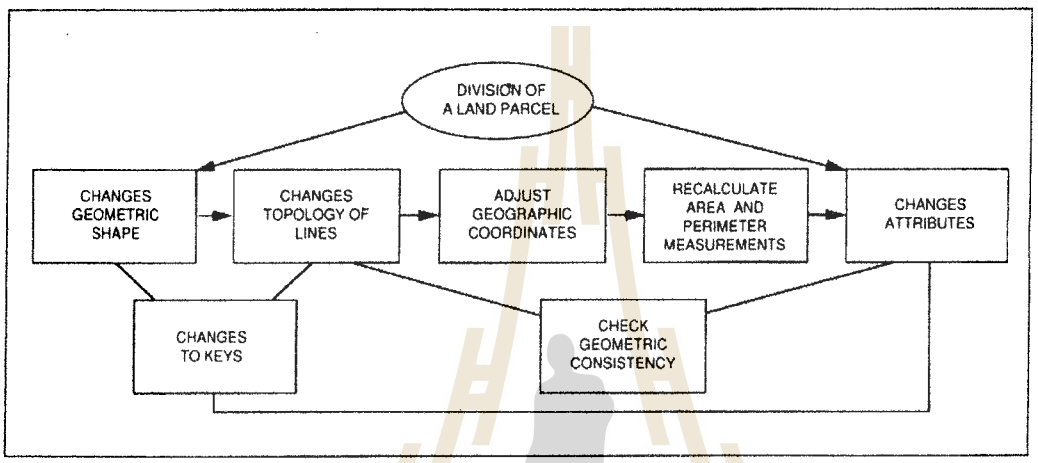
(a) The spatial relationships stored in the database: Fnode_ (from_node) and Tnode_ (to_node) are used to determine the shortest route between two points A and B.

(b) Spatial relationships are used to determine direction of flow in hydrologic modeling using raster data.

รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่ปรากฏในองค์ประกอบของข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถใช้ในการคำนวณหรือวิเคราะห์ในส่วนที่มีนัยสัมพันธ์กับประเภทของข้อมูลได้ (Lo and Yeung, 2002, p.67)

ข้อมูลเชิงอรรถที่ทำการจำแนกในแต่ละประเภทจะประกอบไปด้วยชื่อและนิยาม ซึ่งปกติมักจะสัมพันธ์กับรูปร่าง(form)และการใช้งาน(function)

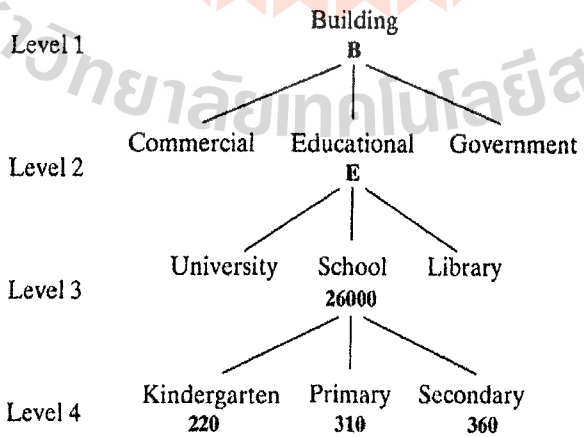
รูปแบบหรือวิธีการจำแนกข้อมูล**ควรมีขึ้นก่อนที่จะเริ่มทำการจัดเก็บข้อมูล และจัดทำชั้นข้อมูล** ทั้งนี้เป็นเพราะว่าหากทำการปรับเปลี่ยนวิธีการจำแนกในภายหลังจะมีผลกระทบต่อฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นแล้วและยากที่จะทำการแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์ แม้แต่การปรับฐานข้อมูลให้เป็นปัจจุบันตามปกติก็ถือเป็นการเปลี่ยนแปลงของฐานข้อมูลที่ต้องกระทำอย่างรอบคอบเช่นกัน ตัวอย่างผลกระทบต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในฐานข้อมูล GIS (รูปที่ 2.10) ของสำนักงานโฉนดที่ดินแห่งหนึ่ง



รูปที่ 2.10 ผลกระทบต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในฐานข้อมูล GIS (Aronoff, 1989, p. 182)

เมื่อมีการแบ่งแยกแปลงโฉนดหรือรวมแปลงโฉนดจะมีผลกระทบตั้งแต่การเปลี่ยนรูปร่างของโฉนด (ข้อมูลเชิงตำแหน่ง) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง topology และ coordinate และต้องคำนวณพื้นที่และเส้นรอบรูปโฉนดขึ้นใหม่ รวมถึงต้องเปลี่ยนข้อมูล ID ซึ่งต้องเชื่อมต่อกับเจ้าของโฉนดรายใหม่

การจำแนกข้อมูลเชิงอรรถสามารถทำได้หลายระดับขึ้นกับความละเอียดของชั้นข้อมูล(รูปที่ 2.11) ซึ่งอาจจะมีการกำหนด ID ที่สัมพันธ์กันในแต่ละระดับหรือไม่ก็ได้



รูปที่ 2.11 การจำแนกข้อมูลประเภทของอาคารต่างๆอย่างมีลำดับชั้น (hierarchy) (Lo and Yeung, 2002, p.71)

2.1.5 มาตราส่วนของ geodata

มาตราส่วนของ geodata มีความสำคัญมากต่อการใช้งานข้อมูลเชิงพื้นที่ เพราะ**ในแต่ละมาตราส่วนจะมีมาตรฐานความแม่นยำของข้อมูลเชิงพื้นที่และรายละเอียดของข้อมูลเชิงอรรถที่แตกต่างกัน** เช่น ในมาตราส่วน1:4,000 ข้อมูลเชิงพื้นที่จะมีความแม่นยำสูงกว่าใน 1:50,000 และมีการจำแนกข้อมูลเชิงอรรถที่ละเอียดกว่าซึ่งแน่นอนว่าจะส่งผลให้จำนวน features/objects ของข้อมูลเชิงพื้นที่มีจำนวนมากขึ้น เช่น ความแตกต่างของชั้นข้อมูลในเขตเมืองของทั้งสองมาตราส่วน อย่างไรก็ตามในบางกรณีแม้ว่าข้อมูลเชิงพื้นที่จะละเอียดมากขึ้นแต่จำนวน features/objects ของข้อมูลเชิงพื้นที่ไม่จำเป็นต้องมีจำนวนมากขึ้น เช่น ชั้นข้อมูลของจังหวัดและอำเภอ นอกจากนี้มาตราส่วนของ geodata ยังสัมพันธ์กับขั้นตอนการปฏิบัติงานทางวิศวกรรมอีกด้วย เช่น มีการกำหนดรายละเอียดของข้อมูลเชิงพื้นที่ตามมาตราส่วนให้เหมาะสมกับในแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติงานทางวิศวกรรม เช่น ขั้นตอนการสำรวจ ขั้นตอนการออกแบบ ขั้นตอนการก่อสร้าง ขั้นตอนการเฝ้าระวังและบำรุงรักษา เป็นต้น

2.2 จากโลกจริงสู่โลกดิจิทัล

ในการจำลองโลกแห่งความเป็นจริง(real world) ไปสู่โลกดิจิทัลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีการกำหนดแบบจำลองหลายขั้นตอนเรียงลำดับดังนี้ real world -> real world model -> data model -> database -> graphic model(map) ในรูปที่ 2.12 ได้แสดงการกำหนดแบบจำลองในแต่ละขั้นตอนไว้อย่างชัดเจน

2.2.1 โลกจริง(real world)

โลกจริงในรูปที่ 2.12 จะมีวัตถุหลายๆอย่างอยู่ร่วมกัน ซึ่งในความเป็นจริง บางครั้งจะแยกออกจากกันได้ง่าย แต่บางครั้งแยกออกจากกันอย่างชัดเจนได้ยาก เนื่องจากขอบเขตของวัตถุมีสภาพคลุมเครือ เช่น รอยต่อของประเภทป่าไม้ไม่ได้ชัดเจนตามที่แสดงในรูป

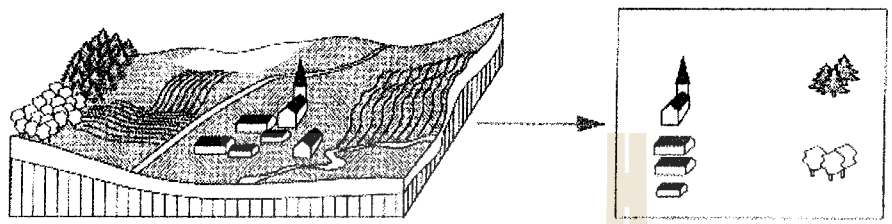
2.2.2 แบบจำลองจากโลกจริง(real-world model)

การกำหนดแบบจำลองจากโลกจริง เป็นขั้นตอนที่พยายามแยกวัตถุต่างๆบนผิวโลกออกจากกัน ทั้งในเชิงตำแหน่ง(มีพิกัดกำกับ)และประเภทของวัตถุ ตามรูปจะเห็นว่าสามารถแยกอาคาร ผืนป่าแบบต่างๆ แม่น้ำและถนนออกจากกันได้ หรืออาจจะมองไกลถึงขั้นว่าวัตถุ/คุณลักษณะต่างๆบนผิวโลกมีความต่อเนื่อง (continuous) หรือไม่ต่อเนื่อง (discrete) ก็จะทำให้สามารถเลือกแบบจำลองที่ถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น

2.2.3 แบบจำลองข้อมูล(data model)

วัตถุแต่ละชนิดที่แยกออกจากกันได้ จะได้รับการบรรยายตำแน่งและคุณลักษณะไว้ชัดเจนว่าเป็นอะไร เช่น เป็นผืนป่าแบบไหน ใช้แสดงแทนได้ด้วย จุด หรือ เส้น หรือ รูปปิด มีขนาดหรือพื้นที่ขนาดเท่าใด มีความถูกต้องแม่นยำเชิงตำแหน่งมากน้อยเพียงใด หรือถ้าเป็นคุณสมบัติภาคพื้นผิวของโลกที่มีคุณลักษณะ

แบบต่อเนื่องจะใช้ข้อมูลที่มีโครงสร้างแบบใดแสดงจึงจะได้ผลใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่า การกำหนดสิ่งเหล่านี้จะใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการออกแบบฐานข้อมูลซึ่งเป็นขั้นตอนต่อไป



THE REAL WORLD

REAL-WORLD MODEL

Buildings	
– probable categories:	house, outbuilding, industrial building
– situated at:	property no./lot no.
– represented by:	single point
– geometric accuracy:	± 10 m

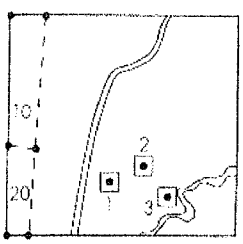
Vegetation	
– probable categories:	spruce, oak
– coverage/area:	hectares
– represented by:	area (polygon)
– geometric accuracy:	± 2.0 m

DATA MODEL

ID	Type	Property No.	X	Y	Accuracy
1	House	44 113	350	575	± 10.0
2	Outbuilding	45 6	375	600	± 10.0
3	Industrial	45 11	345	630	± 10.0

ID	Type	Area	Coordinates	Accuracy
10	Spruce	100	250,420 250,455 370,475 360,420 250,420	± 2.0
20	Oak	50	360,420 370,475 425,395 425,420 360,420	± 2.0

DATA BASE



MAP WITH SYMBOLS

รูปที่ 2.12 กระบวนการสร้างแบบจำลองจากโลกแห่งความเป็นจริงไปสู่แผนที่ดิจิทัล โดยวิธีการทำให้ง่าย (simplification) ด้วยการแยกวัตถุแต่ละอย่างบนผิวโลกออกจากกันตามตำแหน่งและประเภท (Berdhardsen, 2002, p.38)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

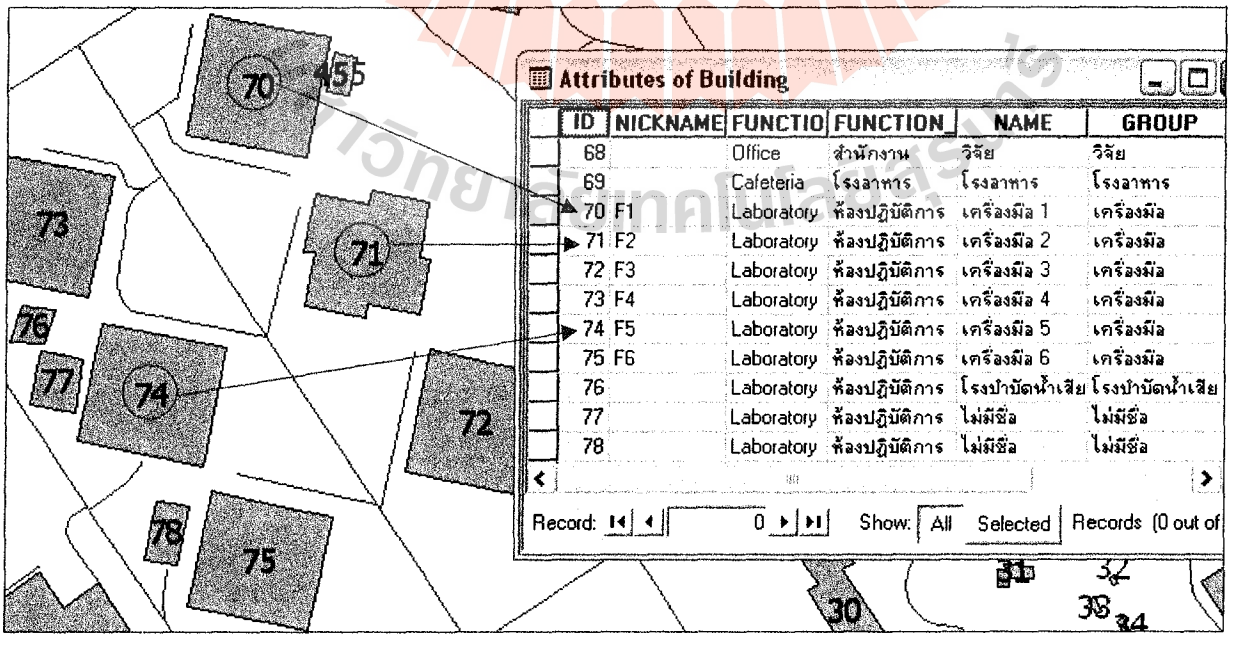
2.2.4 ฐานข้อมูล(database)

การจัดทำฐานข้อมูลจะต้องมีการออกแบบโครงสร้างของฐานข้อมูลอย่างชัดเจน ทั้งเชิงตำแหน่งและเชิงอรรถ เช่น จะใช้โครงสร้างเป็นเวกเตอร์หรือราสเตอร์สำหรับวัตถุหรือองค์ประกอบเชิงพื้นที่แต่ละประเภทให้เหมาะสมได้อย่างไร จะมีพิกัด(coordinates)กำกับแบบใด มี ID ประจำ มีคุณลักษณะชัดเจนในหลายๆด้านแล้วแต่รายละเอียดของข้อมูลจากแบบจำลองข้อมูล นอกจากนี้ ยังต้องสามารถหาความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในแต่ละองค์ประกอบได้อีกด้วย

2.2.5 แผนที่และรายงาน(map and report)

ข้อมูลจากฐานข้อมูลสามารถนำมาใช้ในการจัดทำแผนที่และรายงาน ซึ่งในความเป็นจริงแล้วข้อมูลจากฐานข้อมูลจะมีรายละเอียดในหลายๆด้านที่ไม่สามารถแสดงได้ในแผนที่แผ่นเดียว ถึงแม้ในการจัดทำแผนที่จะมีการใช้สัญลักษณ์แบบต่างๆมาแสดงแทนแล้วก็ตาม แต่การนำเสนอในรูปของแผนที่โดยเฉพาะแผนที่เฉพาะด้านที่มีคุณลักษณะกำกับเพียงไม่กี่อย่าง อาจจะดูเสมือนว่าใช้งานได้สะดวกกว่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดทำในรูปของสิ่งพิมพ์ซึ่งเป็นรูปแบบที่นิยมกันมาช้านาน และเข้ากับความเคยชินของผู้ใช้ได้มากกว่า หรืออาจจะมองถึงความสะดวกในแง่ของการพกพาก็ได้ อย่างไรก็ตาม เป็นที่เชื่อได้ว่าในอนาคตอันใกล้นี้ ความเจริญในเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟท์แวร์และการจัดเตรียมข้อมูลจะได้รับการพัฒนาให้ใช้งานได้สะดวกมากกว่าความต้องการตามความนิยมแบบเดิมๆ โดยเทคโนโลยีเหล่านี้ จะช่วยให้การใช้งานเป็นไปในแบบที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้และฐานข้อมูลได้อย่างละเอียดครบถ้วนเท่าที่มีข้อมูลอยู่ในฐาน และที่สำคัญสามารถใช้ได้**ทุกเวลาและสถานที่**

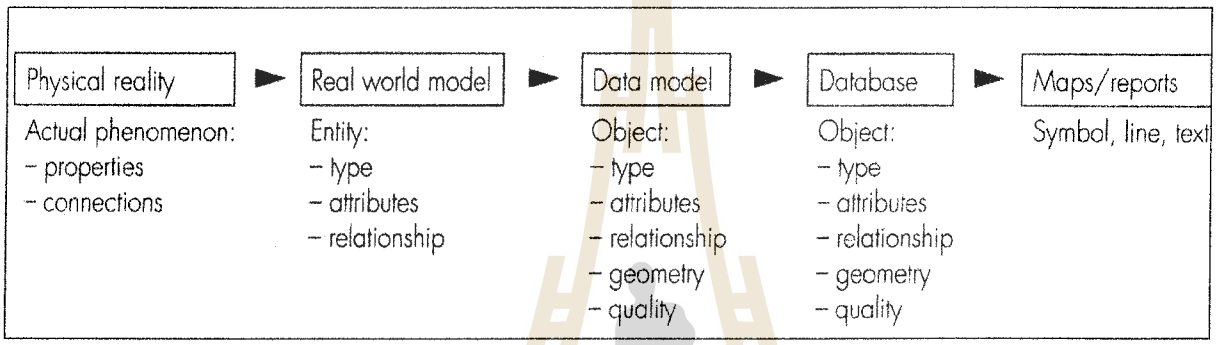
ตัวอย่างในรูปที่ 2.13 เป็นตัวอย่างการใช้งานที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผนที่ดิจิทัลกับตารางข้อมูลเชิงอรรถซึ่งครอบคลุมเนื้อหาครบถ้วนสมบูรณ์กว่าที่แสดงได้ในแผนที่สิ่งพิมพ์



รูปที่ 2.13 GIS ช่วยให้มีการใช้งานที่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลแผนที่ดิจิทัล และตารางข้อมูลเชิงอรรถ

2.2.6 คุณภาพข้อมูล(Data quality)

คุณภาพของข้อมูลจะระบุไว้ในกระบวนการสร้างแบบจำลองข้อมูลและฐานข้อมูล (รูปที่ 2.14) คุณภาพของข้อมูลหมายถึง ความถูกต้องของข้อมูลดิจิทัลในเชิงตำแหน่ง(positional) เชิงอรรถ(attribute) เชิงเวลา(temporal) เชิงตรรกะ(logical) และความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลจากโลกจริงที่ถูกจำลองไปสู่ข้อมูลในโลกดิจิทัล จะเห็นว่าคุณภาพของข้อมูลควรจะได้รับการตรวจวัดในขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองข้อมูลและฐานข้อมูล



รูปที่ 2.14 ในการนำโลกจริงเข้ามาอยู่ใน GIS ซึ่งเป็นโลกดิจิทัล จะต้องทำแบบจำลองที่ดูง่ายตามขั้นตอนในภาพ ซึ่งในแต่ละขั้นตอนจะมีสาระขององค์ประกอบเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกัน ทำให้ผลผลิตที่ได้ในแต่ละขั้นตอน สามารถรองรับรูปแบบการจำลองที่เป็นตัวแทนในรูปของดิจิทัลได้ (Bernhardsen, 2002, p. 37)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
GIS คืออะไร

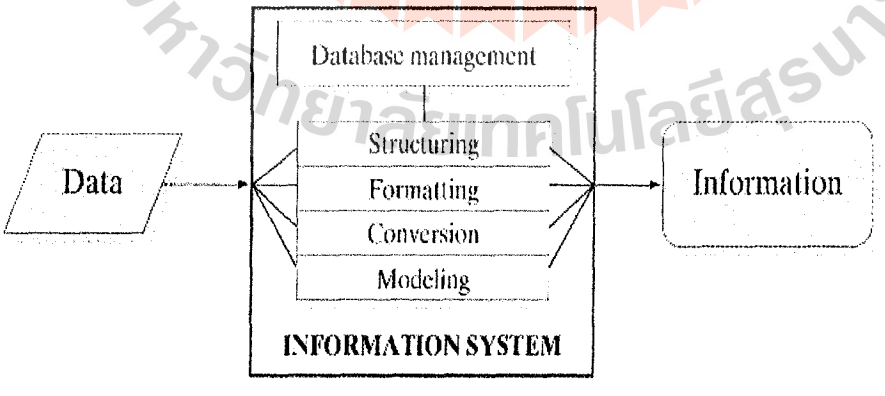
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(Geographic Information System) หรือที่นิยมเรียกด้วยคำย่อว่า GIS มีรายละเอียดขององค์ประกอบ(component)และความสามารถในการทำงาน(ฟังก์ชัน)ที่ชัดเจน ระบบนี้แตกต่างจากระบบสารสนเทศชนิดอื่นๆ เช่น ระบบสารสนเทศการบริหาร ระบบสารสนเทศบุคคลากร ตรงที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะมีข้อมูล และสารสนเทศเชิงพื้นที่ซึ่งมีโครงสร้างที่สัมพันธ์อยู่กับข้อมูลเชิงอรรถ ในขณะที่ระบบสารสนเทศทั่วไปขาดข้อมูลเชิงพื้นที่หรือตำแหน่ง ในการวิเคราะห์และแสดงผลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงประกอบไปด้วยข้อมูลที่มีตำแหน่ง และข้อมูลบรรยายคุณลักษณะของภาคพื้นผิวโลกหรือของวัตถุบนพื้นผิวโลก

3.1 ความหมายของข้อมูล สารสนเทศและ GIS

ข้อมูล(data) คือสิ่งที่ใช้แสดงข้อเท็จจริงในรูปของตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์ ซึ่งใช้บอกลักษณะของวัตถุ ความคิด เงื่อนไข สถานการณ์ หรือปัจจัยอื่นๆ

สารสนเทศ(information) คือใจความสำคัญของข้อมูลที่ได้รับการแปลงรูปหรือแปลความหมายขึ้นใหม่ โดยข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่สนใจอยู่ มีความถูกต้องแม่นยำ เป็นปัจจุบัน และใช้งานได้ตามความต้องการมากขึ้น

โดยทั่วไปคำว่า*ข้อมูล*และ*สารสนเทศ*มักจะถูกนำมาใช้ปะปนกัน แต่ในทางวิชาการแล้วคำทั้งสองมีความหมายที่แตกต่างกันอยู่บ้าง สารสนเทศจะใช้กับข้อมูลที่ผ่านกระบวนการแปลงรูปหรือแปลความหมายแล้ว ดังรูปที่ 3.1 สารสนเทศจะกลายสภาพกลับเป็นข้อมูลได้เมื่อกลายเป็น input ของกระบวนการในระบบสารสนเทศ ซึ่งจะได้สารสนเทศเป็น output แบบใหม่ออกมา



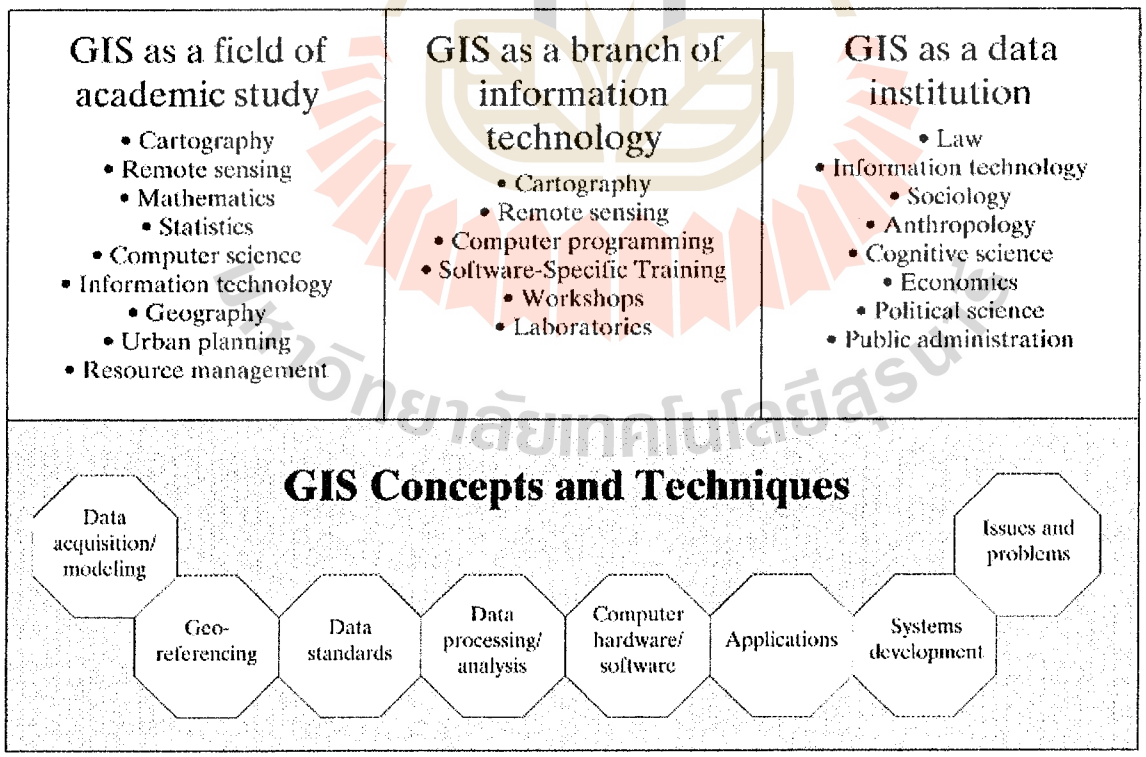
รูปที่ 3.1 ข้อมูลที่ไม่สามารถตอบสนองการใช้งานจะถูกนำเข้าเป็น input เข้าสู่ระบบสารสนเทศเพื่อทำการแปลงรูปหรือแปลความหมายจะได้ output เป็นสารสนเทศที่สามารถใช้งานได้ตามความมุ่งหมาย (Lo and Yeung, 2002, p. 3)

ระบบ(system) เป็นการนำเอาส่วนประกอบต่างๆ ของเรื่องใดเรื่องหนึ่งในตัวมันเองมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกันที่แน่นอน อย่างเป็นขั้นตอนและสอดคล้องกัน เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

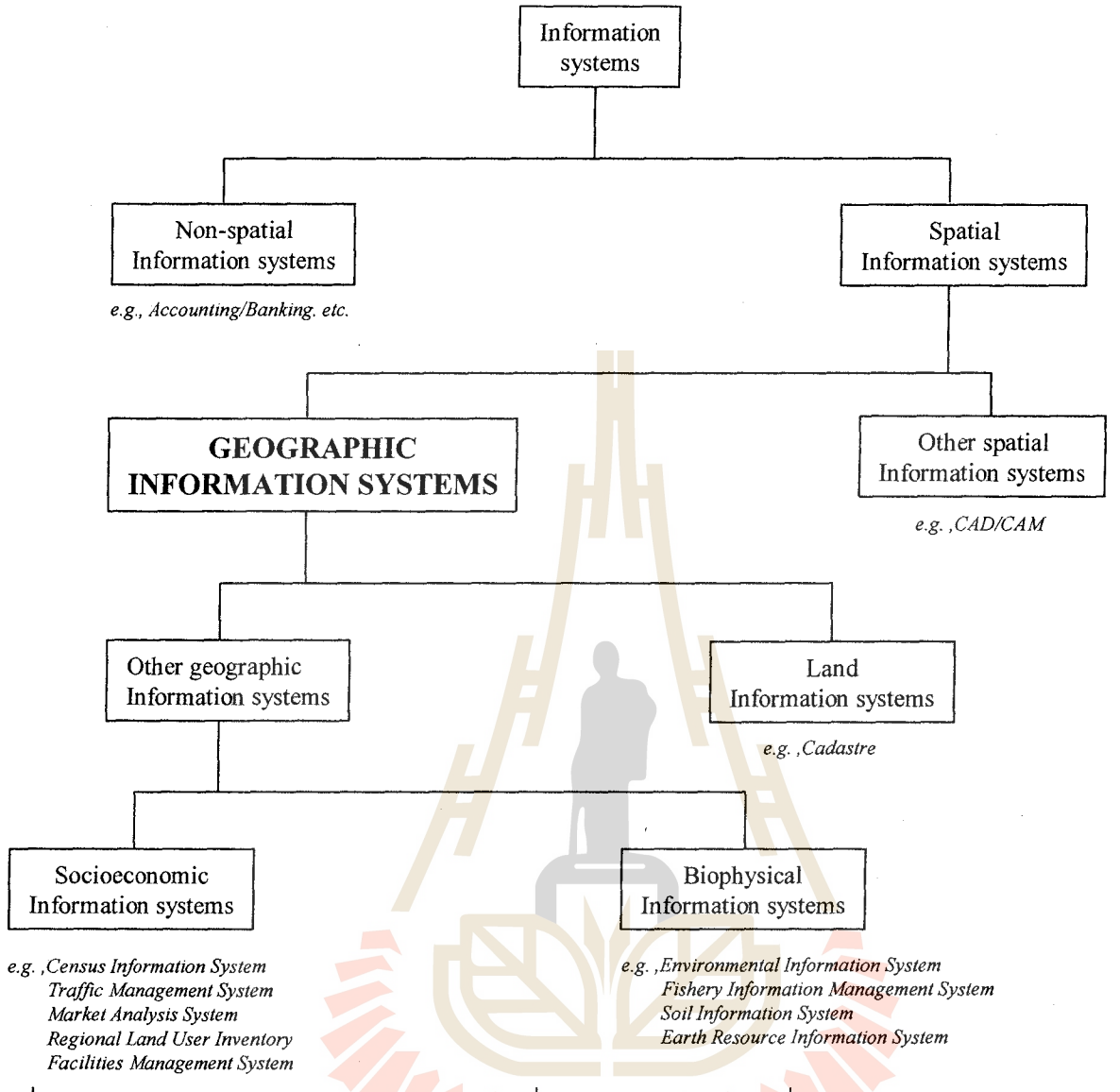
ระบบสารสนเทศ(information system) เป็นระบบที่มีการนำเอาข้อมูลมาปรับปรุงให้เหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์เป็นสารสนเทศที่ใช้ตอบคำถาม หรือแก้ปัญหาตามต้องการได้ การทำงานทุกขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันนี้จะใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือหลัก ภายใต้การควบคุมดูแลของผู้ใช้ที่เข้าใจทั้งระบบคอมพิวเตอร์และระบบงานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลนั้น

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์(Geographic Information System, GIS) เป็นระบบบูรณาการที่ใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการนำเข้า จัดเก็บ จัดการ สืบค้น วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลภูมิศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถ

ในรูปที่ 3.2 แสดงให้เห็นว่า GIS เป็นการศึกษาแขนงหนึ่ง เป็นเทคโนโลยีสารสนเทศแขนงหนึ่ง และยังเป็นสถาบันข้อมูลอีกด้วย ระบบสารสนเทศสามารถแยกย่อยออกไปได้เป็นหลายระบบ GIS เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของระบบสารสนเทศที่มีลักษณะเด่นคือมีทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่(spatial data) และข้อมูลเชิงอรรถ(non-spatial data)อยู่ในตัว อย่างไรก็ตาม GIS ยังแยกออกเป็นระบบย่อยได้อีกมากมายหลายระบบ(รูปที่ 3.3) ขึ้นอยู่กับเนื้อหาของข้อมูลในระบบว่ามีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับวิชาการหรือกิจกรรมทางด้านใด



รูปที่ 3.2 หลักการและเทคนิคของ GIS ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่ทำให้ GIS เป็นการศึกษาแขนงหนึ่ง เป็นเทคโนโลยีสารสนเทศแขนงหนึ่ง และยังเป็นสถาบันข้อมูลอีกด้วย (Lo and Yeung, 2002, p. 17)



รูปที่ 3.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นรูปแบบหนึ่งของระบบสารสนเทศซึ่งสามารถแยกออกเป็นระบบต่างๆ ที่เป็นตัวของตัวเองได้อีกหลายระบบตามเนื้อหาของข้อมูลและกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง (Lo and Yeung, 2002, p. 4)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2 องค์ประกอบของ GIS

โดยทั่วไประบบต่างๆ จะมีองค์ประกอบหลักที่แน่นอนและมีความสัมพันธ์ต่อกันที่ชัดเจน เช่นเดียวกับ GIS ซึ่งเป็นระบบที่มีองค์ประกอบคือ ฮาร์ดแวร์ ซอฟท์แวร์ ข้อมูล บุคลากร กระบวนการ และการบำรุงรักษา สิ่งต่างๆเหล่านี้จะรวมตัวขึ้นมาเป็น GIS ที่สามารถใช้งานได้และสามารถให้บริการต่อผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดไป

3.2.1 ฮาร์ดแวร์

ฮาร์ดแวร์หมายรวมถึงคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นสถานีงาน และที่ใช้เป็นแม่ข่ายสำหรับเก็บข้อมูลและติดตั้งซอฟท์แวร์ อุปกรณ์ต่อพ่วงทั้งหลาย รวมถึงการเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายให้ทำงานร่วมกัน ใช้ทรัพยากร

ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยถือเป็นส่วนประกอบของระบบที่สัมผัสได้ ซึ่งสามารถแบ่งแยกตามหน้าที่การใช้งานดังนี้

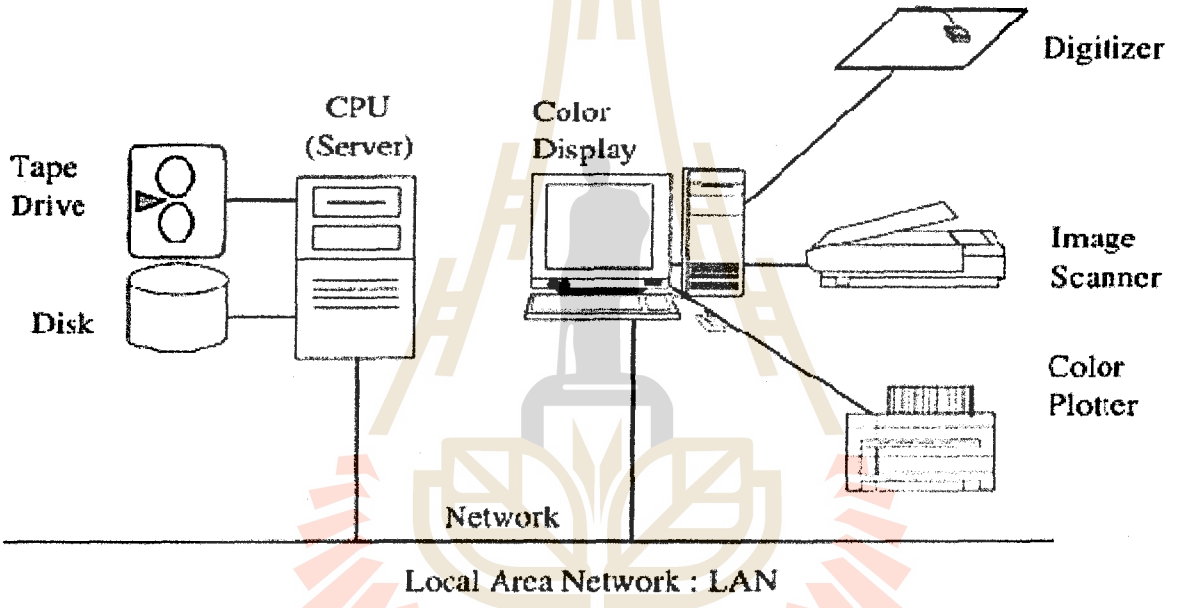
- หน่วยรับข้อมูล(Input Unit) คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูลเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ เช่น คีย์บอร์ด(key board), เม้าส์(mouse) เครื่องกราดภาพ(scanner)และดิจิไทเซอร์(digitizer) โดยจะเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลจากสิ่งพิมพ์ เช่น แผนที่ รายงาน และข้อมูลจากสนาม ให้อยู่ในรูปของข้อมูลดิจิทัล เพื่อจัดส่งไปยังหน่วยประมวลผลกลาง และต่อไปยังหน่วยจัดเก็บข้อมูลอีกทอดหนึ่ง
- หน่วยประมวลผลกลาง(Central Processing Units-CPU) คือ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์ หรือทำหน้าที่เป็นสมองของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำการควบคุมการจัดลำดับการทำงานของระบบ และมีหน่วยคำนวณเปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้หลักคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์
- หน่วยแสดงผล(Output Units) คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แสดงผลที่ได้จากหน่วยประมวลผลกลาง เช่น จอภาพ, เครื่องพลอต(plotter) และเครื่องพิมพ์(printer)โดยสามารถแสดงผลได้ทั้งข้อความและรูปกราฟิก
- หน่วยความจำสำรอง (Secondary Storage Units) คืออุปกรณ์สำหรับเก็บและบันทึกข้อมูลไว้เพื่อใช้ในการประมวลผลครั้งต่อไป เช่น ฮาร์ดดิสก์ เครื่องเขียนบันทึกแผ่นดิสเก็ตต์และแผ่นซีดี ไดรฟ์ขนาดเล็ก (handy drive/thump drive)
- หน่วยติดต่อสื่อสาร (Communication Units) คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่สื่อสารข้อมูลจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังเครื่องอื่น หรือออกสู่อินเทอร์เน็ตได้ เช่น การ์ดเครือข่ายและโมเด็ม เป็นต้น

ฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับทำงานกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ อาจจะแตกต่างจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานประมวลผลข้อมูลด้านอื่นๆอยู่บ้าง เช่น ความจำหลัก(main memory) ควรมีขนาดใหญ่มากกว่า 256 MB โดยเฉพาะเมื่อต้องใช้กับข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่และมีข้อมูลมาก เช่น ชั้นข้อมูลทางน้ำ ถนน เส้นชั้นความสูงทั้งประเทศ เป็นต้น งานทางด้านนี้ใช้แสดงผลบนจอภาพในรูปแผนที่หรือกราฟิกเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจอภาพและกราฟิกการ์ดควรต้องเลือกอย่างพิถีพิถันให้สามารถแสดงข้อมูลที่มีรายละเอียดจุดภาพสูงๆได้ ซึ่งไม่ควรน้อยกว่า 1024x1024 จุด เครื่องพิมพ์หรือเครื่องพลอตที่ใช้ต้องเป็นแบบพิมพ์สี ซึ่งสามารถพิมพ์ให้มีรายละเอียดจุดภาพสูงๆ เช่นกัน และใช้ได้กับกระดาษที่มีขนาดตั้งแต่ A4 ถึง A0 ภาพรวมของฮาร์ดแวร์อาจแสดงได้ด้วยรูปที่ 3.4

3.2.2 ซอฟท์แวร์

ซอฟท์แวร์โปรแกรมสำหรับทำงานทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ในปัจจุบันมีอยู่หลายตระกูล เช่น ตระกูล ARC, MapInfo, Geomedia, Geometica, SPANS, ILWIS, IDRISI และอื่นๆ ในการเลือกใช้ซอฟท์แวร์ที่นอกเหนือจากความถนัดแล้ว ควรต้องคำนึงถึงงบประมาณที่มีกับความเหมาะสมในราคาของ

ซอฟท์แวร์ ควรคำนึงถึงฟังก์ชันที่ต้องใช้งานในปัจจุบันและในอนาคตที่จะมีต่อไป โดยไม่เลือกที่หรูหราตามแฟชั่นของวงการ แต่เมื่อได้มาแล้วไม่มีโอกาสจะใช้งานเลย การซื้อ extension module ในภายหลังเมื่อจำเป็นจึงเป็นทางออกอีกแบบหนึ่ง โดยทั่วไปซอฟท์แวร์ทางด้านนี้จะมีฟังก์ชันพื้นฐานครบถ้วน ฟังก์ชันที่ใช้ในการ export และ import ข้อมูลในรูปแบบ(format)ต่างๆก็จัดว่าเป็นฟังก์ชันที่ซอฟท์แวร์ GIS ต้องมีเช่นกัน การพิจารณาจำนวนหรือชนิด license ของซอฟท์แวร์ให้เหมาะสมกับจำนวนผู้ใช้งานจริงๆในองค์กรจะช่วยประหยัดงบประมาณ และได้อุปกรณ์เครื่องมือที่จำเป็นครบถ้วน ซอฟท์แวร์ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ UNIX อาจดูแลจัดการได้ยากกว่าที่ทำงานบนระบบ Windows และมักจะมีราคาแพงกว่า แต่อาจจะเหมาะสมกว่าสำหรับองค์กรขนาดใหญ่จริงๆ



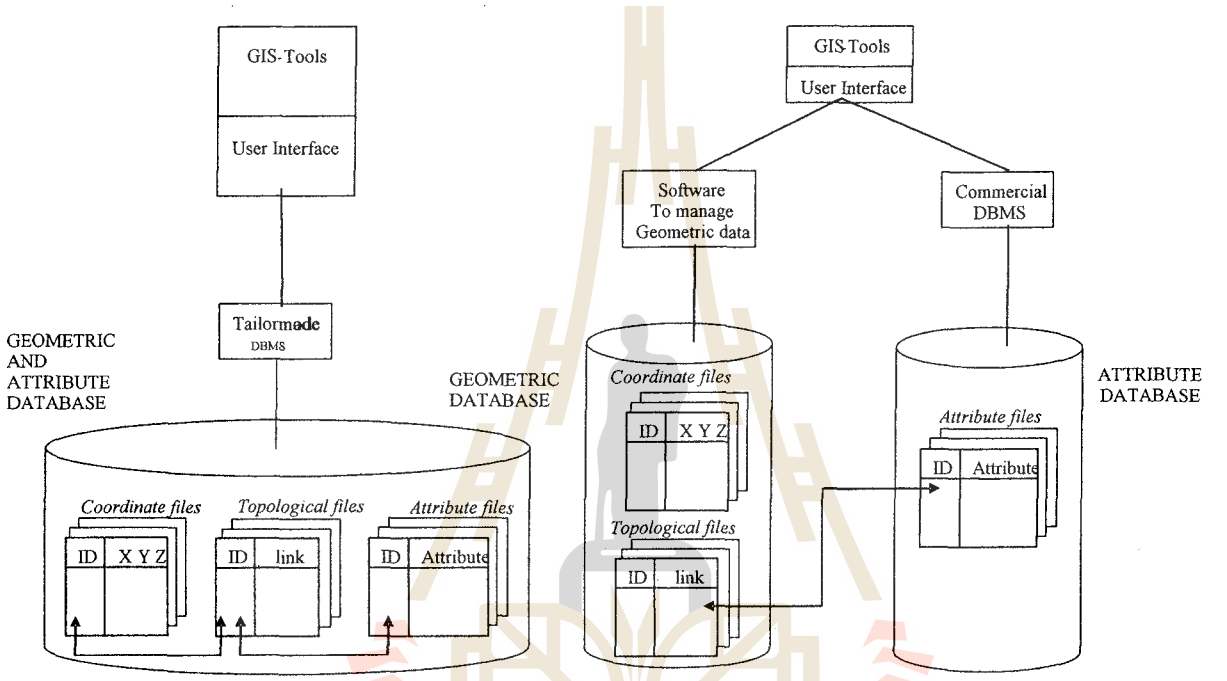
รูปที่ 3.4 แสดงภาพรวมของฮาร์ดแวร์ซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบของ GIS

นอกเหนือจากซอฟท์แวร์ GIS โดยตรงซึ่งทำงานได้ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะ ซอฟท์แวร์ประเภท DBMS(Data Base Management System) ซึ่งได้แก่ MS Access, SQL server, Oracle, Informix และอื่นๆ ก็จัดได้ว่าจำเป็นมาก แต่เดิม DBMS ใช้สำหรับจัดเก็บและจัดการข้อมูลเชิงอรรถในรูปของตารางข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ในปัจจุบันนี้ใช้จัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วย ทำให้การจัดระเบียบฐานข้อมูล GIS ทำได้สะดวกขึ้นมาก

3.2.3. ข้อมูล

ข้อมูลเป็นส่วนที่สำคัญมากของ GIS เพราะองค์ประกอบอื่นๆถูกกำหนดให้ทำทุกอย่างเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดีมีความถูกต้องแม่นยำสูงหรือให้สามารถเรียกใช้ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบทที่ 2 ได้กล่าวถึงลักษณะข้อมูลภูมิศาสตร์ไว้แล้วอย่างชัดเจน ทั้งชนิดและความสัมพันธ์ของข้อมูลในแบบต่างๆ ใน

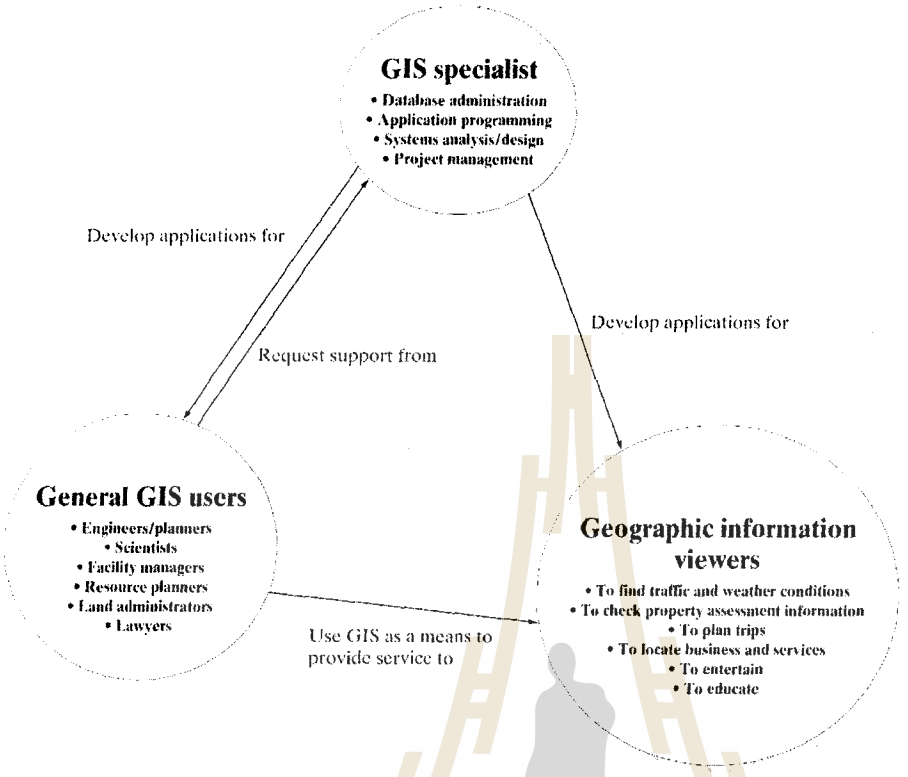
ที่นี้จะกล่าวเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจัดเก็บและจัดการข้อมูล GIS ในรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าการจัดการฐานข้อมูล GIS อาจจะแยกฐานข้อมูลดิจิตอลเชิงพื้นที่ออกจากฐานข้อมูลเชิงอรรถ เพราะสามารถจัดการข้อมูลได้สะดวกกว่า และเมื่อจะใช้งานจึงจะนำข้อมูลแต่ละองค์ประกอบเชิงพื้นที่มาเชื่อมต่อกับข้อมูลเชิงอรรถแต่ละระเบียนในตารางได้ หรืออาจจะนำมารวมไว้ด้วยกันโดยใช้ซอฟท์แวร์ DBMS จัดการข้อมูลทั้งสองชนิด



รูปที่ 3.5 ข้อมูล GIS อาจจะรวมหรือแยกฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ออกจากฐานข้อมูลเชิงอรรถก็ได้ (Bernhardsen, 2002, p. 9)

3.2.4 บุคลากร

บุคลากรหมายถึงผู้ใช้หรือพัฒนา GIS โดยหมายรวมตั้งแต่ผู้พัฒนาและผู้ดูแลระบบ โปรแกรมเมอร์ ผู้จัดทำข้อมูล ผู้ใช้งานข้อมูลทุกระดับ ในรูปที่ 3.6 แบ่งบุคลากรในระบบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้าน GIS (GIS specialist) กลุ่มผู้ใช้ทั่วไป(general GIS users) และกลุ่มผู้เรียกดูข้อมูล (geographic information viewer) โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทำหน้าที่ดูแลและพัฒนาระบบตามที่อีกสองกลุ่มต้องการ กลุ่มผู้ใช้ข้อมูลทั่วไปซึ่งได้แก่ วิศวกร นักวางแผน นักวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ ฯลฯ จะใช้ข้อมูลในการให้บริการและสื่อสารกับกลุ่มผู้เรียกดูข้อมูลซึ่งเป็นประชาชนทั่วไป สำหรับในองค์กรใหญ่ๆ อาจจะต้องรวมถึงผู้อุปถัมภ์ระบบ(system mentor) หรือ CIO(Chief Information Officer) ซึ่งโดยทั่วไปจะดำรงตำแหน่งสูงอยู่ในองค์กร



รูปที่ 3.6 บุคลากรใน GIS อาจแยกได้เป็น 3 กลุ่ม ผู้เชี่ยวชาญด้าน GIS (GIS specialist) กลุ่มผู้ใช้ทั่วไป (general GIS users) และกลุ่มผู้เรียกดูข้อมูล(geographic information viewer) (Lo and Yeung, 2002, p. 14)

3.2.5 กระบวนการ

กระบวนการ(procedure) ถูกกำหนดให้เป็นส่วนหนึ่งของ GIS เพราะ GIS ได้รับการพัฒนาขึ้นมาอย่างมีวัตถุประสงค์ในการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ที่ค่อนข้างแน่นอน กระบวนการต่างๆของระบบหรือความสามารถในการทำงานของระบบจึงควรมีความชัดเจนตั้งแต่เริ่มวางแผนพัฒนาระบบว่า ควรจะพัฒนาระบบให้มีกระบวนการทำงานอย่างไรจึงจะตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ และควรจะให้ขั้นตอนต่างๆของกระบวนการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ในรูปแบบที่ไม่ยากเกินไป (user friendly)

3.2.6 การบำรุงรักษา

การนำ GIS มาใช้กับองค์กรในบางแห่งไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากขาดการบำรุงรักษาระบบอย่างต่อเนื่อง บ่อยครั้งจะพบว่าบางองค์กรมีการพัฒนา GIS มาก่อนใคร ทำท่าว่าจะไปได้ดี กลับเสื่อมถอยจนถึงขั้นล้มเหลว ทั้งนี้เพราะขาดการบำรุงรักษาที่ดี เทคโนโลยีด้านนี้มีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงต้องทำการปรับปรุงทุกๆองค์ประกอบของระบบให้มีความเป็นปัจจุบันอยู่ตลอดเวลา แต่ทั้งนี้ต้องเหมาะสมกับขนาดและลักษณะของงานเป็นสำคัญ เราจะพบว่าซอฟท์แวร์มีเวอร์ชันใหม่ๆออกมาเช่นเดียวกับฮาร์ดแวร์รุ่นใหม่ที่มีการเพิ่มประสิทธิภาพตลอดเวลา ควรทำการปรับปรุง

เมื่อเห็นว่าสามารถทำให้เกิดผลผลิตในงานได้มากหรือสามารถสร้างผลผลิตใหม่ที่คุ้มค่า หรือช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการทำงาน ข้อมูลและกระบวนการต้องได้รับการปรับปรุงให้ถูกต้อง มีรายละเอียดและมีความเป็นปัจจุบันมากขึ้นตลอดเวลา เช่นเดียวกับบุคลากรที่ต้องได้รับการฝึกอบรมให้มีความก้าวหน้าทันกับความก้าวหน้าของเทคโนโลยีอยู่เสมอ สิ่งต่างๆเหล่านี้จะทำให้ระบบที่พัฒนาขึ้นมาด้วยความพยายามและค่าใช้จ่ายจำนวนมากสามารถคงอยู่ เจริญเติบโต สร้างประโยชน์และให้บริการต่อผู้ใช้ได้ตลอดไปอย่างคุ้มค่า

3.3 ฟังก์ชันของ GIS

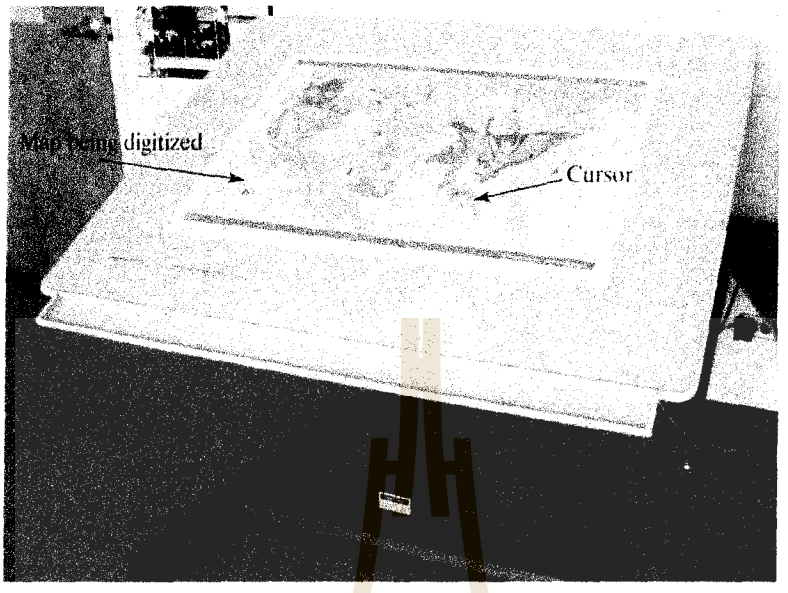
ฟังก์ชันต่างๆที่มีใน GIS ทำให้ GIS กลายเป็นสิ่งที่มีคุณประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ฟังก์ชันหลักของ GIS มีอยู่ประมาณ 20 ฟังก์ชัน ซึ่งสามารถแยกย่อยออกไปได้ถึงประมาณ 120 ฟังก์ชัน (Parker,1991) ฟังก์ชันทั้งหมดนี้สามารถจัดกลุ่มได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ การนำเข้าและแก้ไขข้อมูล (data input and edit) การจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูล(data storage and retrieval) การปรับแปลงและวิเคราะห์ข้อมูล(data manipulation and analysis) และการค้นคืนและแสดงผลข้อมูล(data query and display)

3.3.1 การนำเข้าและแก้ไขข้อมูล (data input and editing)

การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่สู่ GIS ทำได้หลายทางได้แก่ ดิจิไตส์(digitizing)จากสิ่งพิมพ์โดยใช้โต๊ะ หรืออาจจะทำจากข้อมูลดิจิตอลบนจอภาพคอมพิวเตอร์ กราดภาพ (scanning)จากสิ่งพิมพ์ ได้จากข้อมูลการสำรวจระยะไกล(ภาพถ่ายทางอากาศและจากดาวเทียม) ได้จากเครื่องมือหาพิกัดบนพื้นโลก(global positioning) ได้จากอินเทอร์เน็ตซึ่งในปัจจุบันเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญ นอกจากนี้ก็เป็นการแลกเปลี่ยนข้อมูลหรือการใช้ข้อมูลร่วมกันในระหว่างองค์กร ซึ่งอาจจะเป็นระหว่างรัฐบาลกับรัฐบาล หรือระหว่างรัฐบาลกับเอกชน

ข้อมูลที่นำเข้าด้วย 2 วิธีแรก จะต้องมีการกำหนดพิกัดให้กับชั้นข้อมูล โดยทำการถ่ายพิกัดจากพื้นโลกจริงลงบนตำแหน่งอ้างอิงจุดเดียวกัน(registration)กับในสิ่งพิมพ์หรือในข้อมูลดิจิตอล กระบวนการดังกล่าวควรทำก่อนการเริ่มดิจิไตส์ สำหรับชั้นข้อมูลที่ได้จากการกราดภาพจะต้องทำการ registration ก่อนตามด้วยการถ่ายพิกัดลงบนทุกจุดภาพของข้อมูล(rectification) เมื่อทำการสกัดข้อมูลจากภาพก็จะได้พิกัดติดไปด้วย นอกจากนี้การนำเข้าข้อมูลจากแหล่งอื่นอาจจะต้องทำการแปลงรูปข้อมูล(data format conversion)ที่ได้มาให้เข้ากับ GIS ที่จะนำข้อมูลไปใช้งาน

ในการนำเข้าแบบดิจิไตส์จากสิ่งพิมพ์ด้วยการใช้โต๊ะ(รูปที่ 3.7) จะต้องทำการแก้ไข(edit)ข้อมูลในระหว่างนำเข้าหลายแบบ การนำเข้าแบบนี้จึงจัดว่าเป็นงานที่น่าเบื่อหรืองานที่ต้องใช้เวลา ความอดทนและค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก ปัจจุบันไม่นิยมทำกันแล้ว แต่นิยมทำบนจอภาพโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการกราดภาพหรือข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลมากกว่า



รูปที่ 3.7 โต๊ะที่ใช้สำหรับทำการดิจิไตส์ข้อมูลจากสิ่งพิมพ์ที่แปะติดอยู่บนพื้นโต๊ะ โดยมีการกำหนดพิกัดที่จุดอ้างอิง และมีการถ่ายพิกัดของโต๊ะที่ได้จากกการดิจิไตส์ให้เป็นพิกัดบนพื้นโลกจริง ผ่านสมการที่สร้างจากการกำหนดจุดอ้างอิง

ในการนำเข้าข้อมูลเชิงอรรถ อาจจะทำไปพร้อมๆกับการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่หรืออาจจะนำเข้าแยกออกต่างหาก และนำมาเชื่อมต่อกันภายหลังเมื่อจะใช้งาน ในกระบวนการนำเข้าสิ่งที่สำคัญยิ่งนอกเหนือจากต้องระวังเรื่องคุณภาพของข้อมูลแล้ว ก็คือความถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ในการจำลองวัตถุจากโลกจริงให้เป็นวัตถุในรูปดิจิทัลและยังต้องมีการจัดทำให้ข้อมูลมีโครงสร้างตามมาตรฐานอีกด้วย

3.3.2 การจัดเก็บและเรียกใช้ข้อมูล (data storage and retrieval)

การจัดเก็บข้อมูลมักจะพิจารณาที่เก็บในรูปแบบที่ประหยัดเนื้อที่ ปลอดภัย และเรียกใช้ได้ง่าย รวดเร็ว โดยมักจะคำนึงถึงโครงสร้างของข้อมูลและความสัมพันธ์ของแฟ้มข้อมูลที่จะมีต่อกันในฐานข้อมูล ซึ่งสามารถตอบสนองได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพตามลักษณะการนำไปใช้งาน โครงสร้างของข้อมูลเชิงพื้นที่อาจเป็นได้ทั้งเวกเตอร์และราสเตอร์ รูปแบบของไฟล์ที่จัดเก็บอาจเป็นได้หลายแบบแล้วแต่ซอฟท์แวร์ที่ใช้งาน เช่น ใช้รูปแบบของ shapefile, gridfile และ coverage กับซอฟท์แวร์ตระกูล Arc ใช้ MIB กับ MapInfo เป็นต้น

3.3.3 การปรับแปลงและวิเคราะห์ข้อมูล (data manipulation and analysis)

ในการปรับแปลงข้อมูล(data manipulation) หรือการปรับแต่งข้อมูลครอบคลุมถึง กระบวนการที่ใช้ในการแปลงมาตราส่วนข้อมูล การปรับแก้เชิงเรขาคณิต การถ่ายเปลี่ยนระบบพิกัด การจัดกลุ่มการจำแนกข้อมูล การแยกและรวมข้อมูลในชั้นข้อมูลเดียวกัน เป็นต้น กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลรวมถึง

กระบวนการซ้อนทับชั้นข้อมูล ซึ่งทำให้เกิดการจำแนกแบบใหม่ที่ผสมการจำแนกจากแต่ละชั้นข้อมูล การวิเคราะห์ขั้นพื้นฐานเชิงตรรกะ เลขคณิตและสถิติ ในแต่ละชั้นข้อมูลและระหว่างชั้นข้อมูล

3.3.4 การค้นคืนและแสดงผล (data query and display)

ข้อมูลที่ได้รับการจัดเตรียมให้เป็นชั้นข้อมูลหรือฐานข้อมูลที่มีทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงอรรถแล้ว จะใช้สืบค้น ค้นคืน และแสดงผลผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ได้ ใช้จัดรูปแบบเป็นแผนที่ให้สวยงามตามต้องการและสั่งพิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ (hardcopy) ได้เช่นกัน(รูปที่ 3.8) ระบบเอื้อให้การสืบค้น ค้นคืน และแสดงผลสามารถทำได้แบบมีปฏิสัมพันธ์(interactive)กับผู้ใช้

รูปที่ 3.8 การใช้ข้อมูลจากชั้นข้อมูลต่างๆมาทำการจัดหน้า (layout) เป็นแผนที่และพิมพ์เป็นสิ่งพิมพ์ (สัญญา สราภิรมย์และคณะ, 2548)

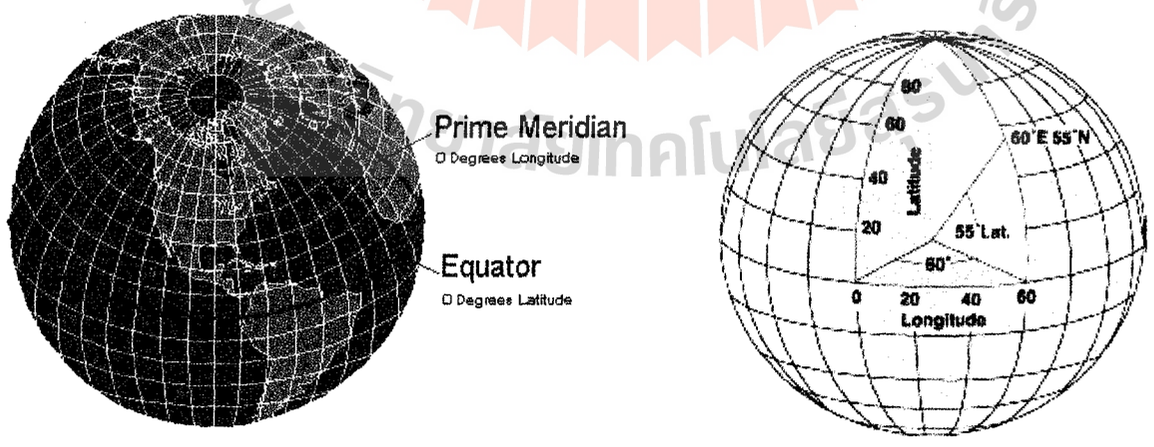
บทที่ 4
ระบบพิกัดและการฉายแผนที่

4.1 ระบบพิกัด (coordinate system)

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่อยู่ในรูปของวัตถุหรือคุณลักษณะใดๆบนภาคพื้นผิวโลกจะต้องมีพิกัดกำกับเพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งที่อยู่ที่แน่นอน และสามารถใช้คำนวณหาความสัมพันธ์เชิงตำแหน่งในระหว่างกันได้ ระบบพิกัดที่นิยมใช้ในเมืองไทยมีอยู่ 2 ระบบ ได้แก่ ระบบพิกัดภูมิศาสตร์และระบบ UTM(Universal Transverse Mercator)

4.1.1 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System- GCS)

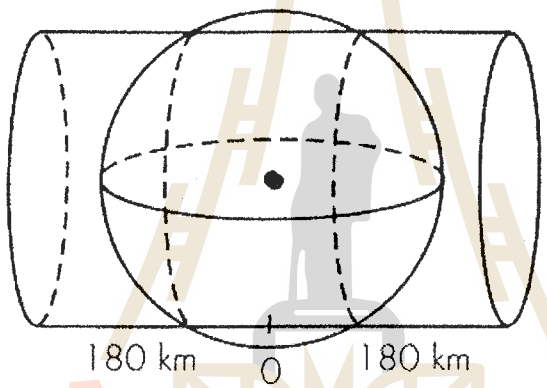
ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ เป็นระบบที่ใช้พื้นผิวสามมิติของรูปทรงกลมในการกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก โดยอ้างอิงด้วยค่าของลองติจูด (longitude)และละติจูด (latitude) ค่าทั้งสองเป็นค่าวัดมุมที่ศูนย์กลางของโลก ปกติมีค่าเป็นองศา ลิปดาและพิลิปดา (หรือเป็น degree, minute และ second - DMS) หรือมีค่าเป็นทศนิยมก็ได้ โดยค่าลองติจูดมีค่า 0-180 องศา เริ่มจากเส้น Prime meridian ซึ่งมีค่าลองติจูดเป็น 0 องศา ไปทางตะวันออกมีค่าเป็นบวกและมีอักษร 'E' กำกับ ไปทางตะวันตกมีค่าเป็นลบและมีอักษร 'W' กำกับค่าละติจูดมีค่า 0-90 องศา เริ่มจากเส้น Equator ซึ่งมีค่าละติจูดเป็น 0 องศา ขึ้นไปทางขั้วโลกเหนือมีค่าเป็นบวกและมีอักษร 'N' กำกับ มีค่าเป็นลบและมี 'S' กำกับเมื่อไปทางขั้วโลกใต้ ดังนั้นเส้นลองติจูดจึงเปรียบเสมือนเส้นที่ลากเชื่อมต่อจากขั้วโลกสู่ขั้วโลกในทางดิ่ง และเส้นละติจูดจะเป็นเส้นขนานกับเส้น Equator ขึ้นไปทางขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ในทางราบ และเมื่อนำชุดของเส้นทั้งสองชนิดมาอยู่ด้วยกันจะตัดกันเป็นเส้นข่ายกริด (graticule network) (รูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 พื้นผิวสามมิติของรูปทรงกลม เส้น Prime meridian เส้น Equator เส้นลองติจูด เส้นละติจูดและเครือข่ายกริดที่ใช้ในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Dana, 1997, p.11; ESRI, 2000, p. 8)

4.1.2 ระบบพิกัด UTM

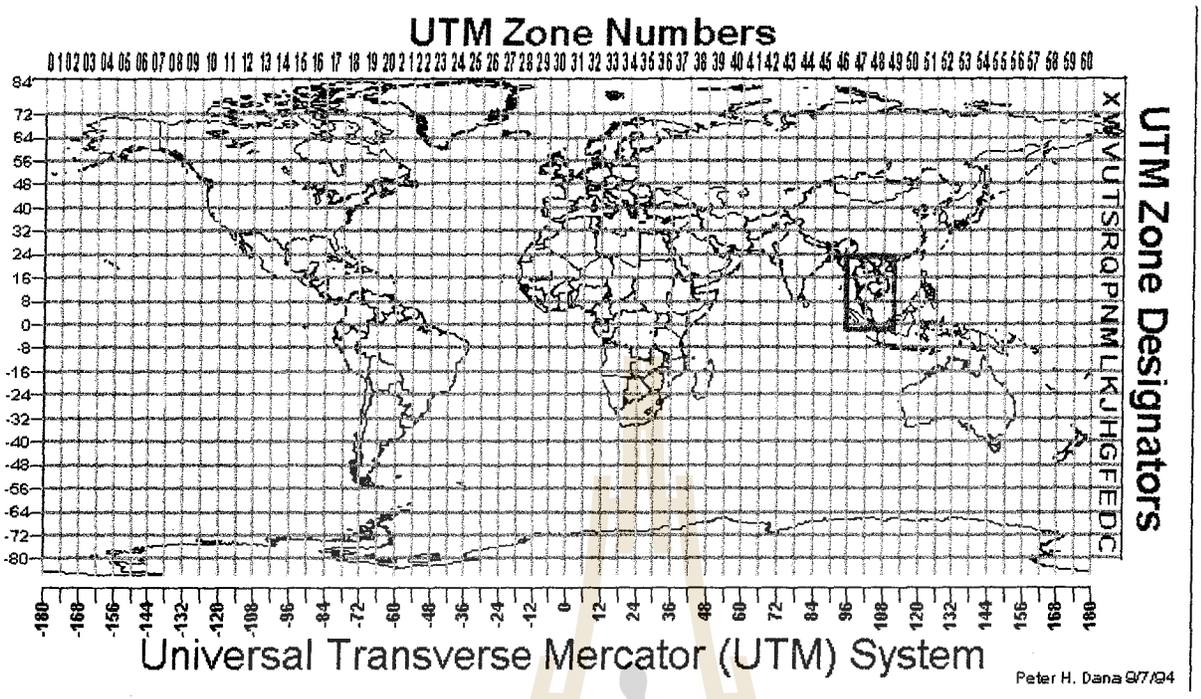
ระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator) เป็นระบบพิกัดฉากได้จากการตัดกันของระบบเส้นตรงที่ขนานกัน 2 ชุด ซึ่งมีระยะห่างของเส้นตรงที่ขนานกันเท่ากัน การตัดกันเป็นแบบตั้งฉาก ทำให้เกิดเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาดเท่ากันทั้งหมด หน่วยวัดระยะทางที่ใช้มีหน่วยเป็นเมตรในระบบเมตริก การวัดระยะทางต่างๆจึงวัดได้โดยตรง ไม่ต้องแปลงจากมุมมาเป็นระยะทางเช่นที่ต้องทำกับระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ระบบพิกัด UTM เป็นระบบที่ได้จากการฉายภาพจากแบบจำลองรูปโลกลงบนแผ่นผิวรูปทรงกระบอก มีจุดสัมผัสแบบขวาง(transverse)โดยตัดพื้นผิวแบบจำลองของโลกในระยะที่ห่างจากขั้วโลกด้านละ 180 กม. ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ระบบพิกัด UTM ใช้แผ่นผิวทรงกระบอกในการฉายภาพ (Bernhardsen, 2002, p.120)

ระบบพิกัดชนิดนี้ใช้รูปแบบจำลองของโลกเป็นแบบวงรี แบ่งเป็นโซนต่างๆ (รูปที่ 4.3) โดยความกว้างของโซนในแนวตะวันออก-ตะวันตก(ตามแนวเส้นลองติจูด) 6 องศาได้ 60 ช่วง ความกว้างของโซนตามแนวเหนือ-ใต้(ตามแนวเส้นละติจูด) 8 องศา ได้ 19 ช่วงตั้งแต่เส้นละติจูด 80 องศาใต้ถึง 72 องศาเหนือ จาก 72 องศาเหนือถึง 84 เหนือ มีระยะ 12 องศา ได้โซนต่างๆในรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 6 x 8 องศา ยกเว้นบริเวณเหนือเส้นละติจูด 72 องศาเหนือ การเรียกชื่อโซนจะเริ่มที่ 180 องศาตะวันตก - 174 องศาตะวันตก เป็นโซนที่ 1 ประเทศไทยตกอยู่ในโซนที่ 47 และ 48 มีอักษรประจำโซนเป็น 47N, 47P, 47Q และ 48N, 48P, 48Q

ค่าพิกัดตะวันออกที่ CM (Central Meridian) มีค่าเท่ากับ 500,000 เมตร ที่เส้นอิเควเตอร์ (Equator) มีค่าพิกัดทางเหนือเท่ากับ 0 เมตร และ มีค่าพิกัดทางใต้ 10,000,000 เมตร ที่ขั้วโลกเหนือมีค่าพิกัดเหนือเป็น 10,000,000 เมตร Scale factor ใช้ที่จุดกำเนิดของโซนมีค่าเท่ากับ 0.9996 ที่ขอบโซนมีค่า 1.0010



รูปที่ 4.3 โซนต่างๆในระบบพิกัด UTM (Dana, 1997, p.14)

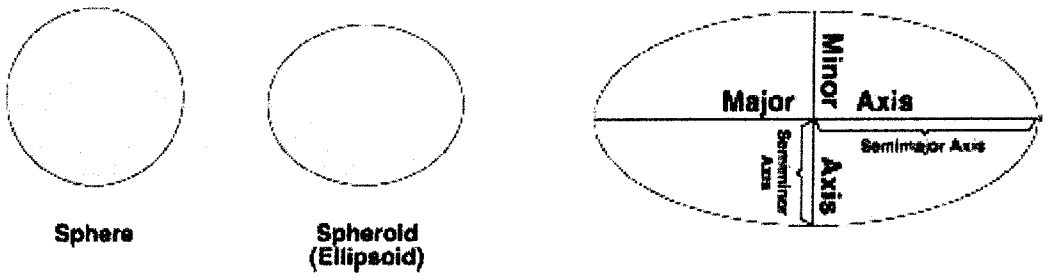
4.1.3 รูปทรงกลมและทรงรี (sphere and spheroid)

โลกของเราสามารถจำลองได้ด้วยรูปทรงรี(spheroid/ellipsoid) ซึ่งจะใกล้เคียงความจริงมากกว่าการใช้รูปทรงกลม(sphere) (รูปที่ 4.4) แต่ในการคำนวณโดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์การจำลองด้วยรูปรูปทรงกลมจะง่ายกว่า ในแผนที่ที่มีมาตราส่วนเล็กมากๆ (เล็กกว่า 1:5,000,000) อาจจะใช้แบบจำลองเป็นอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ เพราะแทบจะไม่เห็นความแตกต่าง แต่สำหรับแผนที่มาตราส่วน ตั้งแต่ 1:1,000,000 หรือใหญ่กว่า จำเป็นต้องใช้รูปทรงรีเป็นแบบจำลองจึงจะมีความถูกต้องมากกว่า(ESRI, 2000) สำหรับแผนที่มาตราส่วนระหว่าง 1:1,000,000 และ 1:5,000,000 จะเลือกใช้รูปทรงรีหรือทรงกลมก็แล้วแต่วัตถุประสงค์ หรือความถูกต้องที่ต้องการ

ลักษณะของรูปทรงกลมจะมีรัศมีเพียงหนึ่งเดียว แต่รูปทรงรีจะมีลักษณะขึ้นกับรัศมีหลัก(semi-major axis) และรัศมีรอง(semi-minor axis) (รูปที่ 4.4) ลักษณะรีมากน้อยของรูปทรงรีสามารถแสดงได้ด้วยคุณสมบัติ flattening ซึ่งคืออัตราส่วนระหว่างผลต่างของแกนหลักและแกนรองกับแกนหลัก ดังสมการ

$f = (a-b)/a$

f เป็นค่า flattening, *a* เป็นค่า semi-major axis และ *b* เป็นค่า semi-minor axis ค่า *f* มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ยิ่งมีค่าเข้าใกล้ 0 รูปทรงรีจะยิ่งเข้าใกล้รูปทรงกลม ค่า *f* ของโลกมีค่าเท่ากับ 0.003353 เป็นที่น่าสังเกตว่า *f* มีค่าค่อนข้างน้อย จึงนิยมใช้ค่า *1/f* แทนมากกว่า เช่น ค่าพารามิเตอร์รูปทรงรีของระบบพิกัด WGS84 (World Geodetic System of 1984) คือ a = 6378137.0 เมตร และ $1/f$ = 298.257223563

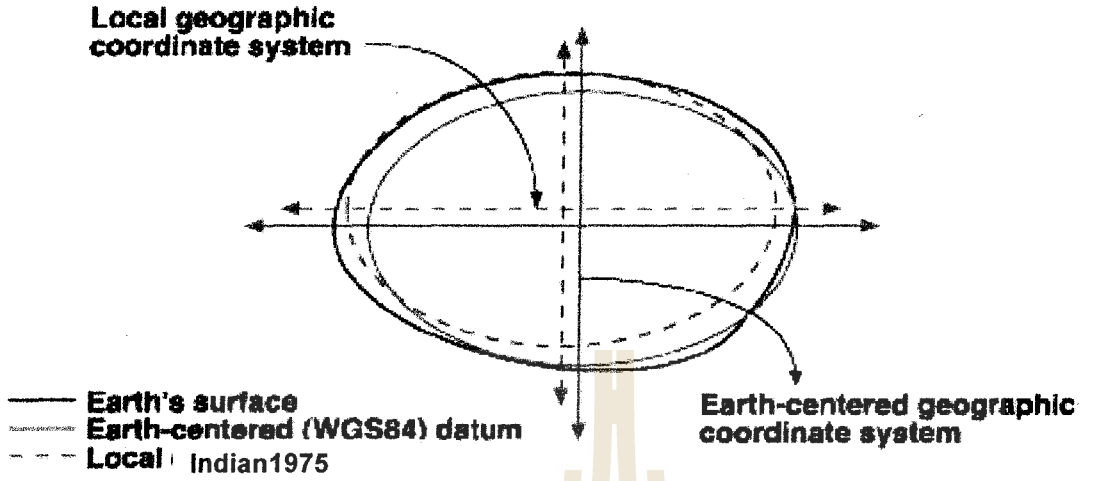


รูปที่ 4.4 รูปทรงกลม รูปทรงรี และแกนที่บอกถึงลักษณะของรูปทรงรี (ESRI, 2000, p. 10)

ในกรณีที่ต้องการความถูกต้องแม่นยำสูงในการทำแผนที่ รูปทรงรีรูปหนึ่งจะใช้ได้เหมาะสมกับพื้นผิวหรือพื้นที่ในประเทศใดประเทศหนึ่ง หรือในภูมิภาคหนึ่งๆเท่านั้น ถ้าใช้ร่วมกันหลายภูมิภาคจะทำให้ความถูกต้องลดลง หรือมีความผิดพลาดมากขึ้น ปัจจุบันได้ใช้เทคโนโลยีจากดาวเทียมมาช่วยในการกำหนดรูปแบบของทรงรีสำหรับภูมิภาคต่าง ๆ บนผิวโลกทำให้แผนที่ที่ใช้รูปทรงรีที่เหมาะสมมีความถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น และในการเปลี่ยนแปลงการใช้รูปทรงรีจะต้องทำการคำนวณหาตำแหน่งต่างๆบนพื้นที่ใหม่ทั้งหมด

4.1.4 มูลฐานหรือพื้นหลักฐาน (Datum)

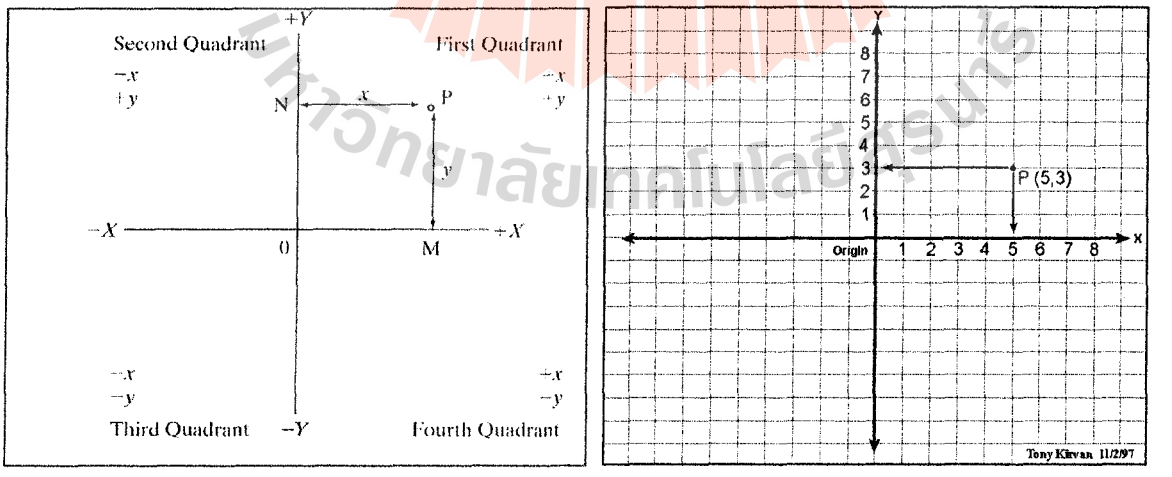
เมื่อใช้รูปทรงรีเป็นแบบจำลองของโลก มูลฐานจะบอกให้ทราบว่ารูปทรงรีที่ใช้อ้างอิงในการทำแผนที่พื้นผิวโลกมีตำแหน่งอยู่ที่ใดในเชิงสัมพันธ์กับศูนย์กลางของโลก ดังนั้น ณ จุดเดิมบนผิวโลก จะมีค่าของพิกัดประจำตำแหน่งเปลี่ยนไปถ้ามูลฐานเปลี่ยนไป แต่ละประเทศหรือภูมิภาคของโลกจะเลือกใช้มูลฐานประจำถิ่นที่แตกต่างกัน โดยจะเลือกใช้รูปทรงรีที่มีตำแหน่งอ้างอิงที่ทำให้พื้นผิวของรูปทรงรีที่เลือกเข้ากันได้ดีกับพื้นผิวของโลกในแต่ละประเทศหรือของภูมิภาคนั้นๆ ดังนั้นจุดศูนย์กลางของรูปทรงรีกับของโลกจึงไม่ใช่จุดเดียวกัน(รูปที่ 4.5) สำหรับมูลฐานหนึ่งจะมีจุดที่แน่นอนบนผิวของรูปทรงรีที่ยึดอยู่กับตำแหน่งที่กำหนดพิกัดแน่นอนบนผิว Geoid และจุดอื่นๆจะได้รับการคำนวณค่าพิกัดโดยใช้จุดดังกล่าวเป็นตำแหน่งอ้างอิง อาจกล่าวได้ว่ามูลฐานเป็นตัวกำหนดจุดตั้งต้นสำหรับกรอบค่าพิกัด x, y หรือการกำหนดค่าละติจูดและลองติจูดในการจัดทำแผนที่พื้นผิวโลก แต่เดิมประเทศไทยจะใช้มูลฐาน (local datum) เป็น Indian 1975 เพราะมูลฐานดังกล่าวมีรูปทรงรีที่มีบางส่วนของพื้นผิวเข้ากันได้กับพื้นผิวโลกบริเวณที่ประเทศไทยตั้งอยู่ โดยกำหนดให้ผิว Ellipsoid สัมผัสกับผิว Geoid ที่หมุดหลักฐานแผนที่เขาสะแกกรัง จังหวัดอุทัยธานี ดังนั้น หลายๆประเทศและภูมิภาคในโลกจึงใช้ระบบพิกัดที่มีมูลฐานแตกต่างกัน ปัญหาที่ตามมาคือแผนที่ที่มีมูลฐานแตกต่างกันไม่สามารถเชื่อมต่อกันได้สนิท ในปัจจุบันในการจัดทำแผนที่ของประเทศต่างๆในโลกจึงมีแนวโน้มที่จะใช้ระบบพิกัดที่มีมูลฐานร่วมกัน(global datum) ซึ่งได้แก่ WGS84 ที่ใช้รูปทรงรีที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ศูนย์กลางมวลของโลก (earth's center of mass) และใช้จุดดังกล่าวเป็นจุดกำเนิด (origin) ของระบบพิกัด



รูปที่ 4.5 ความแตกต่างของรูปทรงรี Indian1975 และ WGS84 เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นผิวโลก (ESRI, 2000, p. 12)

4.2 ระบบพิกัดจากการฉายภาพ (Projected coordinate systems)

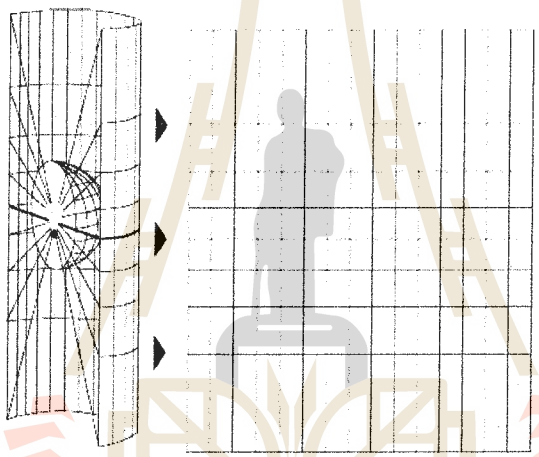
ระบบพิกัดจากการฉายภาพถูกกำหนดให้อยู่บนพื้นผิวราบสองมิติ ที่มีมาตราส่วนเท่ากันตามแนวแกน x (แนวแกนราบ) และ y (แนวแกนดิ่ง) ซึ่งวางตัวตั้งฉากกัน มีจุดกำเนิดของระบบพิกัดที่มีค่า x และ y เท่ากับ 0 จากจุดกำเนิดตามแนวแกน x ไปทางขวา x จะมีค่าเป็นบวก ไปทางซ้ายจะมีค่าเป็นลบ ตามแนวแกน y ขึ้นไปตามแนวดิ่งจะมีค่าเป็นบวก และมีค่าเป็นลบเมื่อลงมาตามแนวดิ่งจากจุดกำเนิดของพิกัด จุดใดๆในระบบพิกัดหรือพื้นผิวราบดังกล่าวจะถูกระบุตำแหน่งด้วยค่าของ x และ y (รูปที่ 4.6)



รูปที่ 4.6 พื้นราบสองมิติของระบบพิกัดฉาก (Plane rectangular coordinate system) (Lo and Yeung, 2002, p. 24; Kirvan, 1997, p. 41)

4.2.1 การฉายภาพแผนที่ (Map projection)

การฉายภาพแผนที่ เป็นการเปลี่ยนพื้นผิวสามมิติของผิวโลกให้มาอยู่ในรูปของแผนที่(พื้นผิว)ราบสองมิติ เปรียบเสมือนมีหลอดไฟภายในโลกที่ฉายแสงสองผ่านผิวโลกซึ่งโปร่งใสไปยังกระดาษที่หุ้มห่อโลกอยู่ ลายเส้นโครงแผนที่บนผิวโลกจะถูกฉายไปปรากฏที่กระดาษนั้น เมื่อคลี่กระดาษออกจะได้เป็นแผนที่ราบสองมิติที่มีเส้นโครงแผนที่ (รูปที่ 4.7) การฉายภาพนี้ทำได้โดยการใช้สูตรและวิธีการทางคณิตศาสตร์มาคำนวณ เส้นโครงแผนที่และเส้นข่ายกริด (graticule) มีโอกาสที่จะเพี้ยน (distort) ไปจากที่ปรากฏบนผิวโลกจริงๆ อาจเพี้ยนทั้งรูปร่าง พื้นที่ ระยะทาง และทิศทาง การฉายภาพแต่ละวิธีข้อมูลบนแผนที่จะมีโอกาสเพี้ยนแตกต่างกันไป ข้อมูลบางอย่างยังคงเป็นสัดส่วนถูกต้องแต่บางอย่างอาจจะเพี้ยนไป เช่น อาจจะเพี้ยนที่รูปร่าง แต่พื้นที่และทิศทางถูกต้องหรืออาจกลับกันก็ได้



รูปที่ 4.7 เส้นข่ายกริดแผนที่ของระบบพิกัดภูมิศาสตร์ที่ถูกฉายไปปรากฏบนพื้นผิวรูปทรงกระบอก (ESRI, 2000, p. 17)

การฉายภาพแผนที่แต่ละวิธีจะถูกนำมาใช้งานแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ เช่น ใช้กับพื้นที่เล็กๆที่มีมาตราส่วนใหญ่ก็จะใช้แบบจำลองเป็นรูปทรงรี เมื่อใช้กับพื้นที่เป็นภูมิภาคใหญ่ๆหรือทั้งโลกที่มีมาตราส่วนเล็กก็จะใช้แบบจำลองเป็นรูปทรงกลมดังที่กล่าวแล้วข้างต้น นอกจากนี้ ยังมีวิธีการฉายภาพให้ตอบสนองวัตถุประสงค์อื่นๆ ของการจัดทำแผนที่ผิวโลกอีก ได้แก่

Conformal projections เหมาะสำหรับพื้นที่เล็กๆที่ต้องการรักษารูปร่างของข้อมูลในแผนที่ให้เหมือนจริง แม้มุมต่างๆของข้อมูลเชิงพื้นที่จะถูกต้อง เช่น เส้นข่ายกริดจะทำมุมกัน 90 องศาเสมอ แต่สัดส่วนของพื้นที่จะเพี้ยนไปจากความเป็นจริงอยู่บ้าง

Equal area projections เป็นการฉายภาพที่พยายามให้สัดส่วนของพื้นที่มีความถูกต้อง ซึ่งเป็นเหตุให้ รูปร่าง มุมต่างๆ เพี้ยนไป อย่างไรก็ตาม สำหรับภูมิภาคเล็กๆ ข้อมูลรูปร่างอาจจะสังเกตได้ยากว่าเพี้ยน โดยแทบไม่แตกต่างไปจาก conformal projections ยกเว้นทำการวัดหรือระบุไว้อย่างชัดเจน

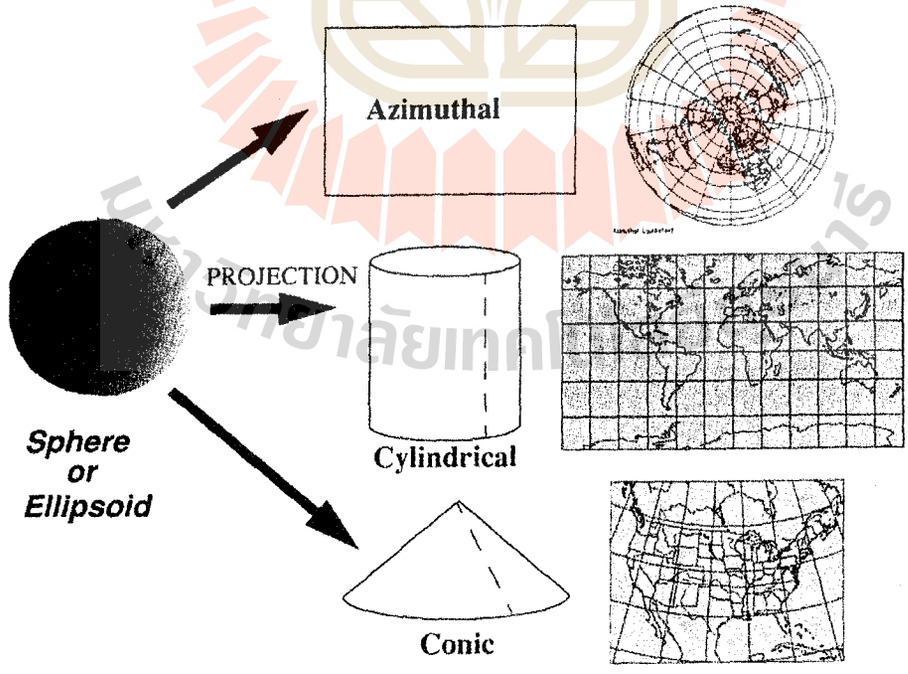
Equidistance projections เป็นการฉายภาพที่ทำให้ความยาว(ตามมาตราส่วนของแผนที่)ของเส้นเส้นหนึ่งหรือหลายเส้นมีความถูกต้องเป็นสัดส่วนกับของจริงบนผิวโลก โดยเส้นอาจจะเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้ อย่างไรก็ตามการฉายภาพแบบนี้ไม่สามารถทำให้ความยาวของเส้นทุกเส้นบนแผนที่มีสัดส่วนที่ถูกต้องทั้งหมด

True-direction projections เป็นการฉายภาพที่รักษาทิศทาง (azimuthal) ของบางส่วนของเส้นโค้งบน great circle (Prime meridian และ Equator) และจุดต่างๆ บนแผนที่ให้เหมือนกับความเป็นจริงบนพื้นโลกเมื่อใช้จุดศูนย์กลางเป็นจุดอ้างอิงสำหรับเปรียบเทียบ True-direction projections บางชนิดอาจจะเป็นแบบ conformal, equal area และequidistance ด้วยก็ได้

4.2.2 ชนิดของการฉายภาพ (Projection types)

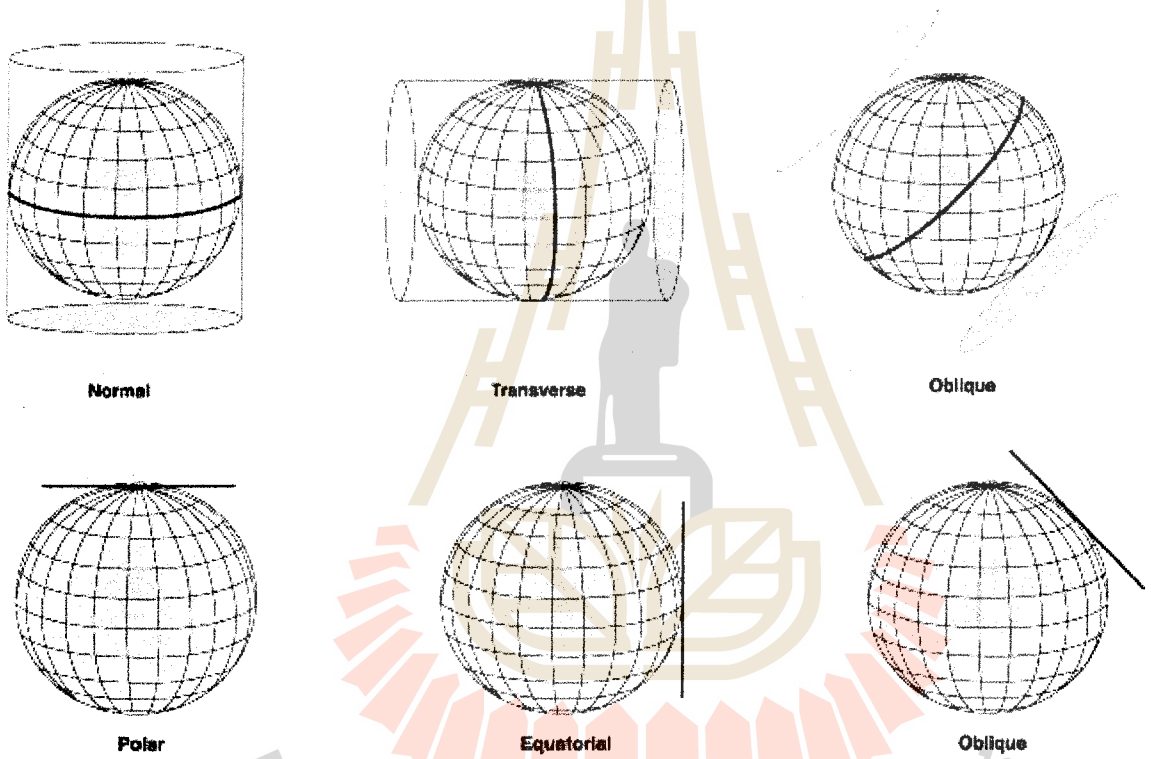
แผ่นผิว (developable surface)ที่จะใช้หุ้มห่อโลกหรือแบบจำลองของโลกในรูปทรงกลมและทรงรีมีหลายชนิด เช่น ***ผิวทรงกรวย****(conical surface)* ***ผิวทรงกระบอก****(cylindrical surface)* ***และแผ่นระนาบ*** *(plane)* แผ่นผิวเหล่านี้จะ*แตะ(tangent)* หรือ*ตัดกับผิวแบบจำลองรูปโลก(secant)*ก็ได้ จุดสัมผัสหรือเส้นที่ตัดจะเป็นจุดหรือเส้นมาตรฐานที่มีข้อมูลแผนที่ที่เป็นสัดส่วนกับของจริงถูกต้องที่สุด ข้อมูลแผนที่จะมีโอกาสเพี้ยนมากยิ่งขึ้นตามระยะที่ห่างออกไปจากจุดหรือเส้นมาตรฐานเหล่านี้

การฉายภาพด้วยแผ่นผิวที่มีคุณลักษณะแตกต่างกันเหล่านี้ส่งผลให้คุณสมบัติของแผนที่ เช่น ความเพี้ยน และพื้นที่ที่แผนที่ครอบคลุมจะแตกต่างกันออกไป ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แผ่นผิวของการฉายภาพชนิดต่างๆ และคุณสมบัติของแผนที่ที่ได้รับ (Heywood *et al.*, 2002, p.29)

ตำแหน่งที่แผ่นผิวแบบต่างๆ จะไปแตะหรือตัดกับผิวของแบบจำลองรูปโลก มีอยู่ 3 แบบ ได้แก่ ***ปกติ*** *(normal)* ***ขวาง*** *(transverse)* ***และเฉียง*** *(oblique)* ดังในรูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างการฉายภาพแบบทรงกระบอกและแบบแผ่นระนาบที่มีจุดสัมผัสกับพื้นผิวของแบบจำลองรูปโลกทั้ง 3 แบบ ซึ่งจะทำให้การฉายภาพซับซ้อนมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การฉายภาพแผ่นผิวทรงกระบอกที่มีสัมผัสแบบปกติจะมีเส้นมาตรฐานเป็นเส้น Equator แต่เมื่อการสัมผัสเปลี่ยนเป็นแบบขวาง จะทำให้เส้นมาตรฐานเปลี่ยนเป็นเส้น Meridian หรือเส้นที่ขนานกับเส้น Meridian เส้นมาตรฐานของสัมผัสแบบเฉียงจะวางตัวอยู่ระหว่างเส้น Equator และ Meridian ในกรณีเช่นนี้ เส้นเมอริเดียนและเส้นละติจูดทั้งหลายจะไม่มีโอกาสเป็นเส้นตรง



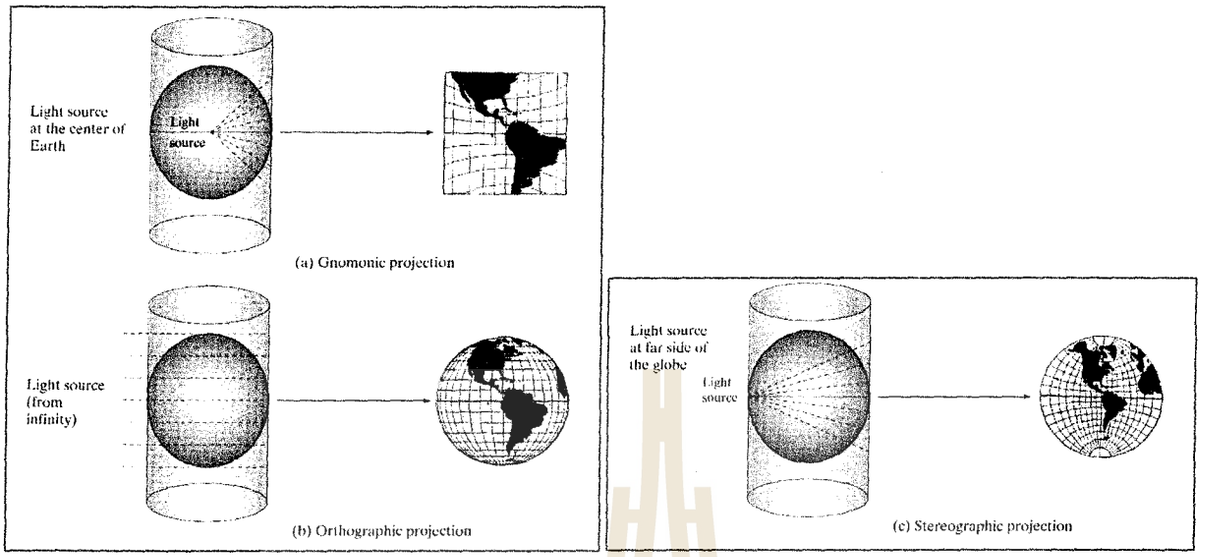
รูปที่ 4.9 ตัวอย่างจุดสัมผัส (tangent) ณ ตำแหน่งต่างๆ ของการฉายภาพแบบทรงกระบอกและแบบแผ่นระนาบ (ESRI, 2000, p. 22-23)

จุดกำเนิดของแสงที่ใช้ฉายภาพ (view points of projection/perspective projections) มีอยู่ 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ***จุดศูนย์กลางของโลก*** *infinity* (ทำให้ลำแสงขนานกัน) และ***ผิวโลกด้านตรงข้ามกับพื้นผิวที่ได้รับการฉายภาพ*** จุดกำเนิดที่แตกต่างกันจะส่งผลให้แผนที่ที่ได้มีคุณลักษณะที่แตกต่างกันได้เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.10

4.3 **การแปลงพิกัด** (Coordinate transformation)

การแปลงพิกัดจะเป็นการแปลงข้อมูลเชิงพื้นที่ในแผนที่จากระบบพิกัดหนึ่งไปยังอีกระบบพิกัดหนึ่ง หรือในระบบพิกัดเดียวกันจากมูลฐานหนึ่งไปยังอีกมูลฐานหนึ่ง สมการที่นิยมใช้ในการแปลงพิกัดจะเป็น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.10 จุดกำเนิดของแสงที่แตกต่างทำให้แผนที่ที่ได้มีคุณลักษณะแตกต่างกัน (Lo and Yeung, 2002, p.33)

สมการเส้นตรง(linear transformation) แบบพหุตัวแปร(multi-variables) แต่ละสมการที่ใช้อาจจะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน เช่น รูปร่างของวัตถุไม่เปลี่ยน แต่ขนาดและทิศทางการวางตัวอาจจะเปลี่ยนได้ ในการแปลงพิกัดอาจจะเลือกใช้สมการให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ ดังตัวอย่างสมการการแปลงพิกัดข้างล่างนี้

- Similarity transformation – เป็นการแปลงพิกัดข้อมูลที่รูปร่างของวัตถุคงเดิม แต่ขนาดและทิศทางการวางตัวอาจจะเปลี่ยนได้

$$X = ax - by + c$$
$$Y = bx + ay + d$$

- Affine transformation – เป็นการแปลงพิกัดข้อมูลที่เส้นตรงและเส้นขนานยังคงเป็นเช่นเดิม แต่มุมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ ทำให้รูปร่างของวัตถุเปลี่ยนแปลง เช่น วงกลมจะเปลี่ยนเป็นวงรี

$$X = ax + by + c$$
$$Y = dx + ey + f$$

เมื่อ x และ y เป็นค่าพิกัดตั้งต้นของระบบหนึ่งหรือมูลฐานหนึ่ง

X และ Y เป็นค่าพิกัดที่ได้รับการแปลงแล้วไปสู่อีกระบบหนึ่งหรืออีกมูลฐานหนึ่ง

a, b, c, d, e, และ f เป็นค่าสัมประสิทธิ์

บทที่ 5
แบบจำลองข้อมูล GIS

การจัดเก็บ geodata ของพื้นที่ใดๆเข้าสู่ระบบ GIS ในรูปของฐานข้อมูลดิจิทัลต้องมีการแยกแยะข้อมูลแต่ละประเภทออกเป็นชั้นข้อมูลอย่างชัดเจน เช่น ชั้นข้อมูลการใช้พื้นที่(land use และ land cover) ชั้นข้อมูลชนิดดิน (soil) เป็นต้น ข้อมูลบางชนิด เช่น ข้อมูลธรณีวิทยาสามารถจัดแบ่งได้เป็น 2-3 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลหน่วยหิน(รูปปิด) ที่แสดงชนิดหินและลำดับชั้นตามอายุการเกิด ชั้นข้อมูลโครงสร้างธรณีวิทยา (เส้น) และชั้นข้อมูลจุดสำรวจ(จุด)ที่ทำการบันทึกลักษณะหินและโครงสร้าง ณ จุดนั้นๆ หรือข้อมูลการพบซากดึกดำบรรพ์ ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าข้อมูลภูมิศาสตร์เฉพาะทาง(geographic thematic data) บางชนิดสามารถแยกย่อยได้หลายชั้นข้อมูล เมื่อจะนำมาใช้ประโยชน์ก็สามารถเลือกแสดงเป็นบางชั้นเพื่อความชัดเจนหรือแสดงร่วมกันให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดก็ได้แล้วแต่กรณี

5.1 การนำเสนอข้อมูล GIS ในรูปดิจิทัล (Digital representation of GIS data)

แต่เดิมการนำเสนอ geodata จะอยู่ในรูปของสิ่งพิมพ์บนแผนที่กระดาษ ที่พกพาและใช้งานได้สะดวก แต่ในปัจจุบัน ความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์รุดหน้าไปมากจนกระทั่งการนำเสนอข้อมูลดังกล่าวในรูปของดิจิทัลมีข้อดีมากกว่าการนำเสนอแบบเดิมอย่างเทียบกันไม่ได้

ข้อดีของการนำเสนอในรูปฐานข้อมูลดิจิทัล ซึ่งดีกว่าการการนำเสนอในรูปของแผนที่กระดาษแบบเดิมๆคือ

- สามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนสมบูรณ์กว่า ทั้งสภาพและลักษณะที่มองเห็นจริงๆและผลจากการวิเคราะห์และตีความแล้ว เพราะไม่มีปัญหาด้านเนื้อที่จำกัดเหมือนแผนที่กระดาษ และสามารถเก็บได้อย่างเป็นระบบแยกแยะได้ชัดเจนกว่า ตลอดจนการนำเสนอให้เห็นภาพ (visualization)สามารถทำได้เสมือนจริงมากกว่า
- สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันได้อย่างเป็นพลวัตร ต่างจากแผนที่กระดาษที่นำเสนอข้อมูลเฉพาะช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น ทำการปรับปรุงให้ทันสมัยตลอดเวลาได้ยาก
- ที่สำคัญ ระบบ GIS และฐานข้อมูลลักษณะนี้เอื้อให้ผู้ใช้สามารถทำงานกับฐานข้อมูลภูมิศาสตร์ได้อย่างมีปฏิสัมพันธ์ผ่านทาง GIS

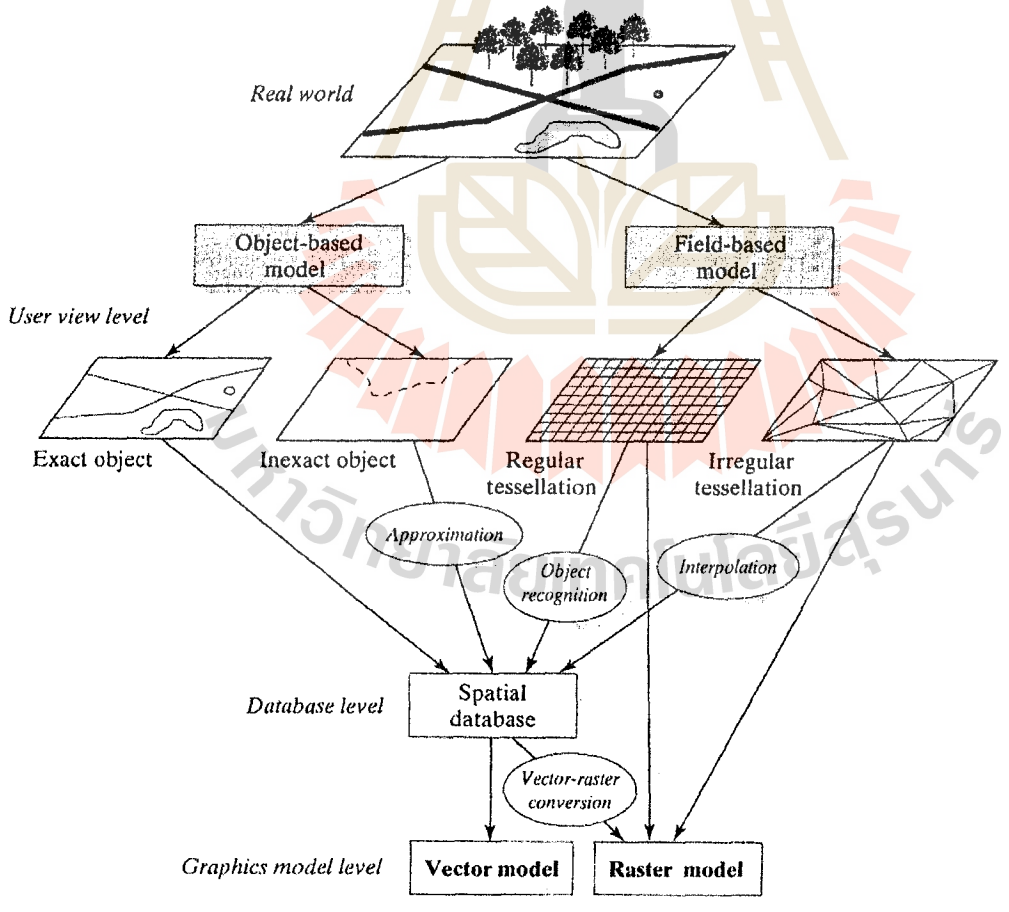
ข้อมูล geodata ที่จัดเก็บในรูปของดิจิทัลอาจเรียกเป็น***ข้อมูล GIS*** ก็ได้ การจัดทำฐานข้อมูล GIS ต้องเริ่มจากการจำแนกข้อมูลออกตามชนิดข้อมูลอย่างชัดเจน เพื่อให้สามารถสร้างแบบจำลองหรือโครงสร้างในการจัดเก็บด้วยการใส่รหัสเข้าในระบบคอมพิวเตอร์อย่างเหมาะสมกับลักษณะข้อมูล มีขั้นมีตอน และสามารถเรียกใช้หรือเรียกแสดงได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำการแบ่งประเภทข้อมูลออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลเชิงอรรถ และข้อมูลเวลา โดยลักษณะของข้อมูลแต่ละชนิดได้กล่าวถึงแล้ว

ในบทที่ 2 สำหรับข้อมูล 2 ประเภทแรกจะมีแบบจำลองการเก็บข้อมูลที่มีรูปแบบเฉพาะในแบบต่างๆ ซึ่งจะมีทั้งข้อได้เปรียบและเสียเปรียบอยู่ในตัว

5.2 แบบจำลองข้อมูลเชิงพื้นที่

ความเข้าใจในลักษณะของ geodata อย่างแท้จริง ทำให้สามารถเลือกใช้แบบจำลองเชิงพื้นที่ในการนำเสนอเป็นข้อมูล GIS ได้อย่างเหมาะสม การเข้ารหัส(encoding)ข้อมูล ให้อยู่ในรูปของฐานข้อมูลดิจิทัล รูปแบบการนำเสนอจะเป็นชั้นข้อมูล 2 มิติ และข้อมูลพื้นผิว(surface) ชั้นข้อมูล 2 มิติจะแยกเป็นชั้นข้อมูลตามลักษณะขององค์ประกอบเชิงพื้นที่ เช่น ชั้นข้อมูลจุด แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ ชั้นข้อมูล*เส้น* แสดงถนนและทางน้ำ ชั้นข้อมูล*รูปปิด* แสดงขอบเขตการปกครองและขอบเขตหน่วยหินหน่วยดิน เป็นต้น ส่วนข้อมูลพื้นผิวมีมิติมากกว่า 2 มิติ แต่ยังไม่เป็น 3 มิติแท้ๆ เพราะยังไม่มีปริมาตร ชั้นข้อมูลพื้นผิวเหล่านี้ได้แก่ ความสูง ความดัน อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

รูปที่ 5.1 แสดงแบบจำลองที่เหมาะกับข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะธรรมชาติของข้อมูลได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลวิยุต (discrete) และข้อมูลต่อเนื่อง (continuous)



รูปที่ 5.1 แบบจำลองของข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งมีลักษณะแบบวิยุต (discrete)และแบบต่อเนื่อง(continuous) (Lo and Yeung, 2002, p.65)

ข้อมูลเชิงพื้นที่แบบวิยุต(discrete) ได้รับการนำเสนอเป็น object-based model ซึ่งมีทั้งชนิดที่เมื่อแสดงเป็นแผนที่แล้วมีขอบเขตของ class แน่นอน(exact object) เช่น อาคารและถนน และแบบที่มีขอบเขตไม่แน่นอนหรือคลุมเครือ(inexact object) เช่น หน่วยหินและหน่วยดิน ข้อมูลที่จำลองมาเป็น object-based model นี้สามารถใช้แบบจำลองข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีโครงสร้างได้ทั้งแบบเวกเตอร์และราสเตอร์ ส่วนข้อมูลเชิงพื้นที่แบบต่อเนื่อง(continuous) เช่น ความลาดชัน อุณหภูมิ และความดัน เป็นต้น จะจำลองมาเป็น field-based model ซึ่งมีรูปแบบการนำเสนอเป็นข้อมูลพื้นผิว(surface) จะใช้แบบจำลองข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีโครงสร้างแบบราสเตอร์ทั้งแบบกริด(regular tessellation)ที่มี cell รูปสี่เหลี่ยมขนาดเท่ากันหมดเป็นหน่วยย่อยของข้อมูล และแบบ TIN (Triangulated Irregular Tessellation) ที่มีรูปสามเหลี่ยมหลายขนาดเป็นหน่วยย่อยของข้อมูล

โครงสร้างแบบจำลองข้อมูลที่ใช้สำหรับการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่แบบวิยุต ต้องเอื้อให้มีการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ทั้งแบบ จุด เส้น และรูปปิด และต้องมีตัวกำหนด(identifier)กำกับทุก feature ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวเชื่อมต่อกับข้อมูลเชิงอรรถที่เก็บข้อมูลบรรยายของข้อมูลเชิงพื้นที่หนึ่ง feature ต่อหนึ่งระเบียน (record) ในระดับนี้แบบจำลองสำหรับจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถแบ่งได้ 3 แบบ ได้แก่ เวกเตอร์ ราสเตอร์ และ TIN

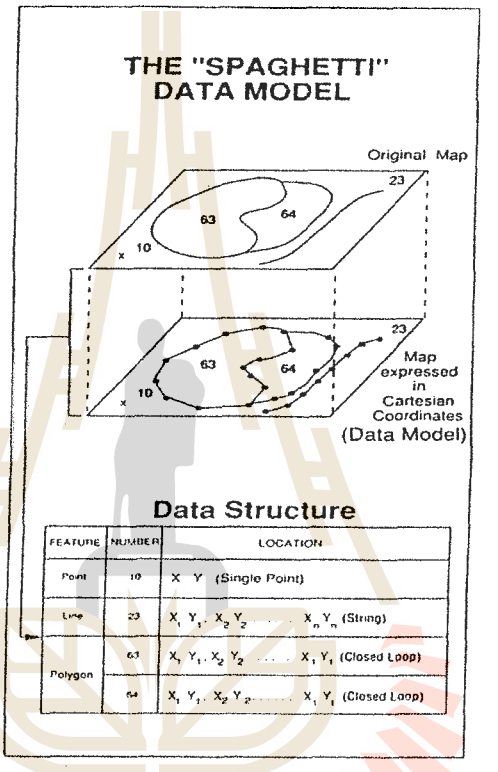
5.2.1 เวกเตอร์

โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่แบบเวกเตอร์ เป็นโครงสร้างที่มีการเข้ารหัสที่เริ่มจากข้อมูลจุดที่ประกอบด้วยค่า x และ y ซึ่งเป็นค่าพิกัดตำแหน่ง ณ จุดนั้น สำหรับข้อมูลเส้นก็จะประกอบขึ้นมาจากข้อมูลจุดมากกว่าหนึ่งจุดหรือเรียกว่าสายของจุด(string) ซึ่งถ้ามองในรูปของรหัสก็คือสายของค่า x และ y เป็นคู่ๆของจุดต่างๆ ส่วนข้อมูลรูปปิดก็จะเป็นข้อมูลเส้นหรือสายของข้อมูลจุดที่มีจุดเริ่มต้นและจุดจบของเส้นเป็นจุดเดียวกัน โดยรูปปิดบางรูปอาจจะมีบางส่วนของเส้นรูปปิด(ขอบเขต)ร่วมกันอยู่ ซึ่งหมายถึงใช้สายของจุดในส่วนนั้นร่วมกัน ลักษณะโครงสร้างง่ายๆของข้อมูลแบบนี้เป็นแบบเส้นสปาเก็ตตี้ (spaghetti)(รูปที่ 5.2) ซึ่งยังไม่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ในระดับ feature หรือหน่วยย่อยของ feature (topology)

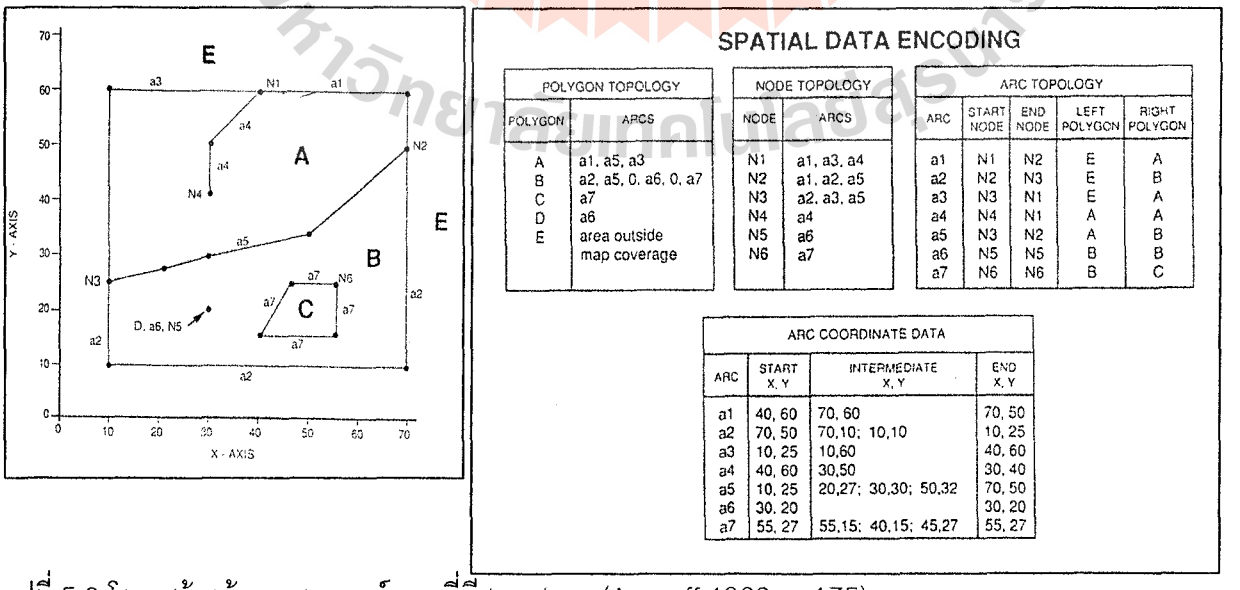
รูปที่ 5.3 แสดงข้อมูลเวกเตอร์ที่มี topology แสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ที่แบ่งออกได้เป็น polygon topology, node topology, arc topology และ arc coordinate data ซึ่งความสัมพันธ์เหล่านี้มีประโยชน์ในขั้นตอนการใช้งานของข้อมูลเชิงพื้นที่

- Polygon topology แสดงให้เห็นว่าในรูปปิดหนึ่งๆ ประกอบไปด้วยข้อมูลเส้น(arc หรือ line) อะไรบ้าง มีจุด(ในที่นี้ถือเป็นรูปปิด)และรูปปิดใดบ้างที่อยู่ภายในรูปปิดนั้นๆ โดยให้สังเกตว่ารูปปิดที่เป็นเกาะอยู่ภายในรูปปิดอื่น จะมีเลข 0 นำหน้าเสมอ ซึ่งรหัสแบบนี้เมื่อมีการอ่านรหัสข้อมูลจะทำให้ซอฟท์แวร์เข้าใจได้ว่าข้อมูลเส้นต่อไปนี้เป็นของรูปปิดที่เป็นเกาะอยู่ภายใน

- Node topology บอกให้ทราบว่ามีเส้น(arc)ใดบ้างที่มาใช้ node นั้นๆเป็นจุดเริ่มต้นหรือเป็นจุดจบของเส้น
- Arc topology บอกให้ทราบว่าข้อมูลเส้นแต่ละเส้นเริ่มและจบลงที่ node ใด และมีรูปปิดใดอยู่ทางซ้ายและทางขวาของเส้น ซึ่งบอกได้ด้วยทิศทางจาก node ที่เริ่มต้นไปยัง node ที่จบลงของเส้น
- Arc coordinate data แสดงค่าพิกัด xy ของจุดต่างๆของข้อมูลเส้น โดยบอกจุดที่เริ่มต้น ระหว่างกลาง และจุดจบของเส้นนั้นๆ



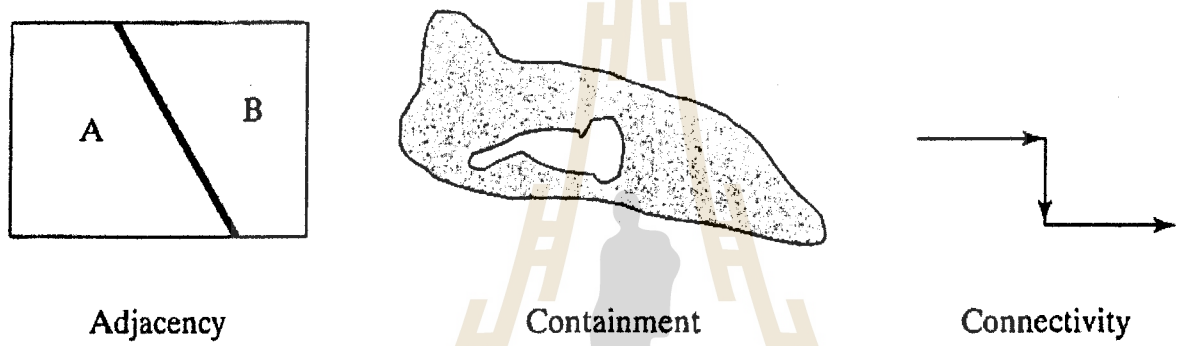
รูปที่ 5.2 โครงสร้างแบบเส้นสปาเก็ตตี้(spaghetti) ซึ่งยังไม่มี topology (Aronoff,1989, p.174)



รูปที่ 5.3 โครงสร้างข้อมูลเวกเตอร์แบบที่มี topology (Aronoff,1989, p.175)

จากที่กล่าวแล้วข้างต้นจะเห็นว่า topology สามารถใช้บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่าง features ของข้อมูลเชิงพื้นที่ได้(รูปที่ 5.4) ตัวอย่างเช่น

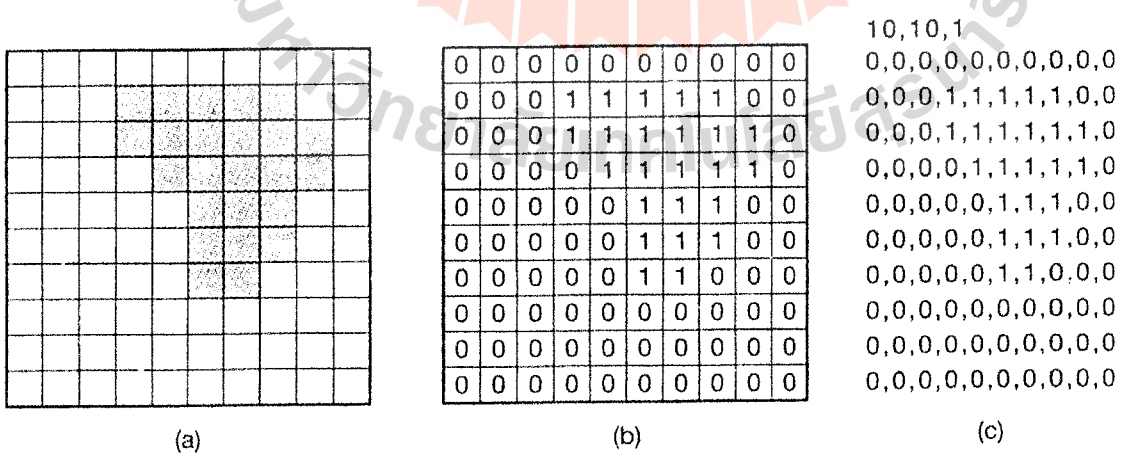
- Arc topology บอกให้ทราบว่า รูปปิดใดอยู่ติดกันและใช้เส้นใดร่วมกัน(adjacency)
- Polygon topology บอกให้ทราบว่า มีจุดใดหรือรูปปิดใดอยู่ในรูปปิดใด (containment - point in polygon and polygon in polygon)
- Node topology บอกให้ทราบว่า มีเส้นใดเชื่อมต่อกันอยู่ที่ node ใด (connectivity) เป็นต้น
- Arc coordinate data บอกให้ทราบระยะทางระหว่าง features



รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ของ feature เชิงพื้นที่ ที่บอกได้ด้วย topology(Lo and Yeung, 2002, p.88)

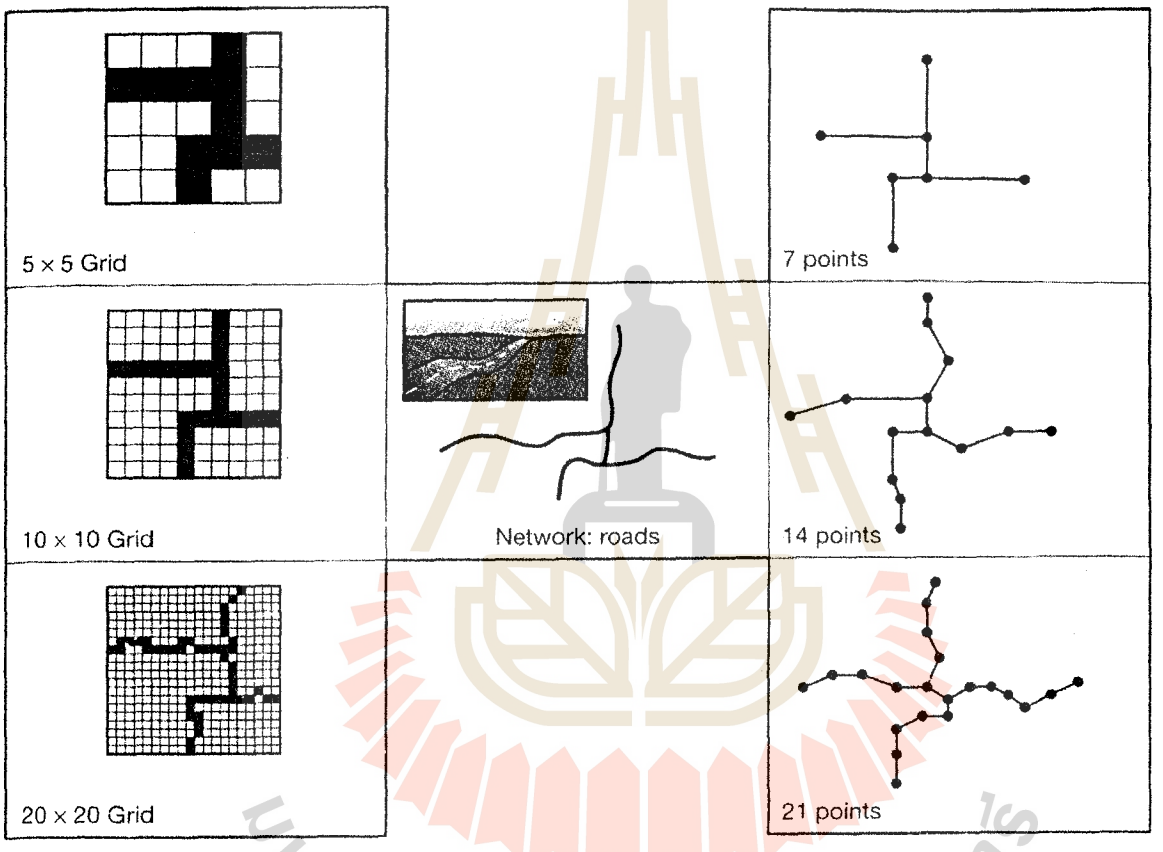
5.2.2 ราสเตอร์

โครงสร้างแบบราสเตอร์เป็นโครงสร้างอีกแบบหนึ่ง ที่ใช้จัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปของกริด(grid) ซึ่งมีองค์ประกอบเป็น cell แต่ละ cell จะมีตัวเลขกำกับ(รูปที่ 5.5) โดยตัวเลขเหล่านี้อาจจะเป็น class ID ของข้อมูลเชิงพื้นที่หรือเป็นค่าจริงของข้อมูลเชิงอรรถ ณ ตำแหน่งนั้นก็ได้ เช่น ค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 5.5 โครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่แบบราสเตอร์ในแบบ (a)entity model; (b)cell values; (c)file structure (Heywood *et al.*, 2002, p. 53)

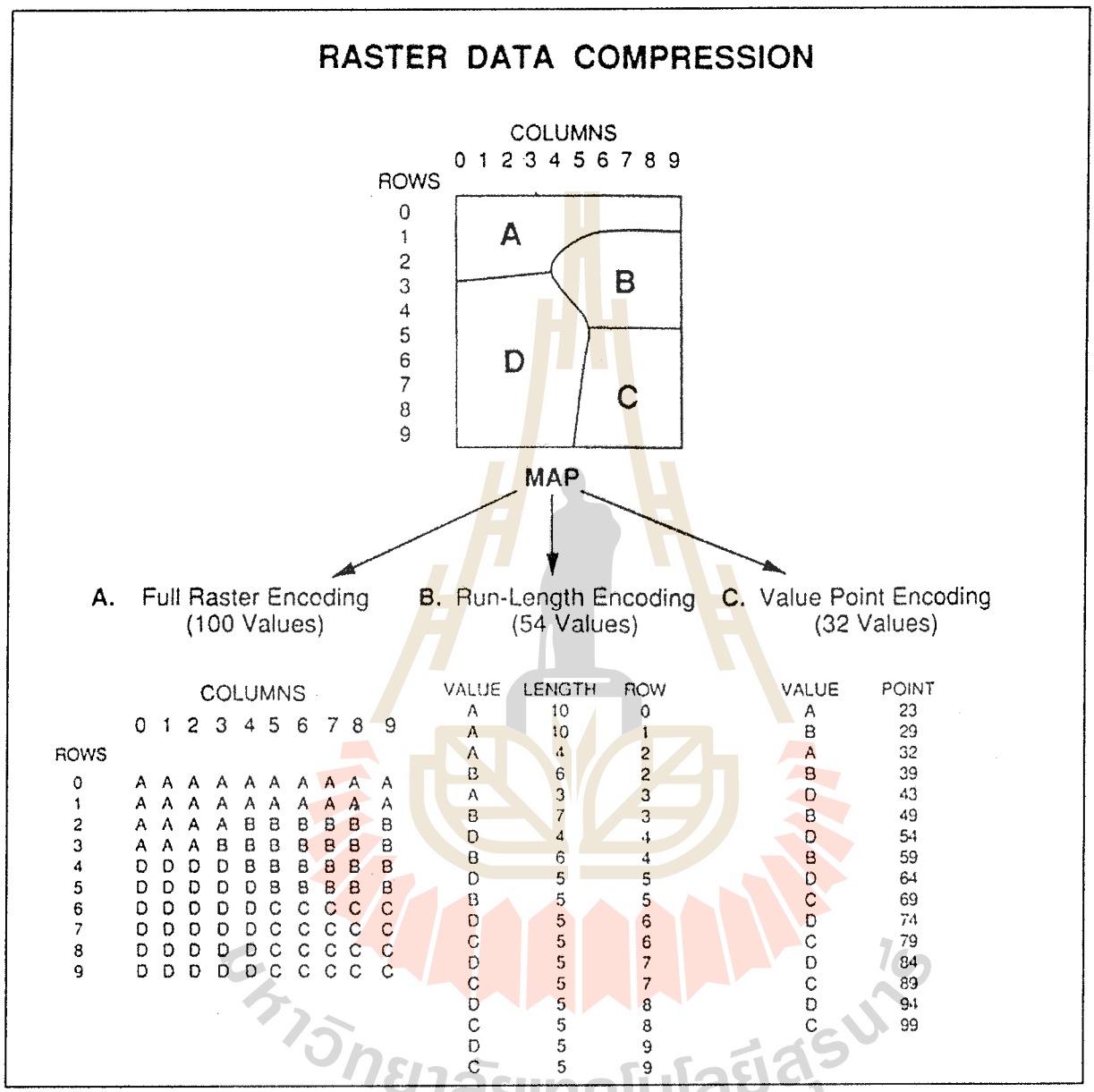
ความหยาบละเอียดของข้อมูล (resolution) ขึ้นอยู่กับขนาดของ cell ข้อมูลที่เป็นจุดหนึ่งจุดแทนได้ด้วย cell หนึ่ง cell ข้อมูลที่เป็นเส้นแทนได้ด้วย cells ต่างๆ ที่ต่อเนื่องกัน ส่วนข้อมูลที่เป็นรูปปิดจะแทนได้ด้วยกลุ่มของ cell ดังนั้นจะเห็นได้ว่ายิ่ง cell มีขนาดเล็ก ข้อมูลจะมีรายละเอียดสมจริงมากขึ้น แต่จำนวน cell ทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาจะมีจำนวนมากขึ้นเป็นทวีคูณ รูปที่ 5.6 เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจริงที่จัดเก็บด้วยโครงสร้างแบบราสเตอร์และเวกเตอร์เมื่อขนาดของ cell เปลี่ยนไป



รูปที่ 5.6 การจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยโครงสร้างแบบราสเตอร์และเวกเตอร์เมื่อขนาดของ cell เปลี่ยนไป (Haywood, *et al.*, 2002, p.53)

การบันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีโครงสร้างแบบราสเตอร์ จะมีการจัดเก็บเป็นแฟ้มข้อมูลที่มีจำนวนแถวและสดมภ์กำกับ เมื่อมีการเรียกใช้ เช่น การเรียกแสดง คอมพิวเตอร์จะรู้ว่าข้อมูลมีทั้งหมดกี่แถวและในแถวหนึ่งมีกี่ cell ตัวเลขประจำ cell อาจเป็นตัวเลขหรือตัวอักษรประจำ class ของการจำแนกข้อมูล เช่น เป็นเลข 2 สำหรับ class ที่ 2 ของข้อมูลการใช้ที่ดินซึ่งหมายถึงพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตร หรืออาจเป็นค่าตัวเลขของข้อมูลจริงที่ใช้ในการคำนวณได้ เช่น ค่าความสูง ความดัน และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น นอกจากนี้แต่ละ cell จะมีค่าพิกัด xy กำกับอีกด้วย

การบันทึกข้อมูลที่มีโครงสร้างแบบนี้จะต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บค่อนข้างมาก จึงนิยมจัดเก็บแบบมีการบีบอัดข้อมูล(data compression) ซึ่งทำได้หลายวิธีดังแสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 การจัดเก็บข้อมูลที่มีโครงสร้างแบบราสเตอร์ด้วยวิธีการบีบอัดแบบต่างๆ (Aronoff, 1989, p.169)

การเลือกใช้วิธีการบีบอัด จะได้ผลมากน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของชั้นข้อมูลว่ามีความแปรเปลี่ยนหลากหลายในแต่ละแถวและระหว่างแถวเป็นอย่างไร ในกรณีที่ข้อมูลมีการแปรเปลี่ยนหลากหลายมาก วิธีการบีบอัดจะไม่ให้ผลเท่าที่ควร

5.2.3 การเปรียบเทียบโครงสร้างข้อมูลแบบเวกเตอร์และราสเตอร์

โครงสร้างข้อมูลแบบเวกเตอร์และราสเตอร์ทั้งสองประเภทนี้ มีทั้งข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การนำไปใช้งาน ความพร้อมทางด้านฮาร์ดแวร์ ซอฟท์แวร์ ความซับซ้อนของ

โครงสร้าง ความถนัดของผู้ใช้งาน และผลผลิตในรูปแบบดิจิทัลและสิ่งพิมพ์ที่ต้องการ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบข้อได้เปรียบและข้อจำกัดของโครงสร้างข้อมูลแบบเวกเตอร์และราสเตอร์

เวกเตอร์	ราสเตอร์
<u>ข้อได้เปรียบ</u> 1. มีข้อมูลที่ compact มากกว่า 2. มี topology ที่ชัดเจน ทำให้การประยุกต์ใช้งานเฉพาะทาง เช่น network analysis ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ 3. กราฟิกมีรายละเอียดที่สวยงามใกล้เคียงหรือดีกว่ามือเขียน	<u>ข้อได้เปรียบ</u> 1. มีโครงสร้างที่เข้าใจง่าย 2. การวิเคราะห์แบบซ้อนทับข้อมูลทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากกว่า 3. เหมาะสมมากกับข้อมูลที่มีความแปรเปลี่ยนเชิงพื้นที่อย่างหลากหลาย 4. เอื้อให้กระบวนการประมวลผลภาพแบบต่างๆ (image processing) โดยใช้ค่าตัวเลขประจำ cell ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
<u>ข้อจำกัด</u> 1. โครงสร้างซับซ้อนกว่า 2. การวิเคราะห์แบบซ้อนทับสามารถกระทำได้แต่ยุ่งยากกว่ามาก 3. ใช้กับข้อมูลที่มีความแปรเปลี่ยนเชิงพื้นที่อย่างหลากหลายได้ยากและเปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บ 4. ไม่สามารถใช้ในกระบวนการประมวลผลภาพได้	<u>ข้อจำกัด</u> 1. compact น้อยกว่า ซึ่งใช้การบีบอัดข้อมูลช่วยได้ แต่ไม่เสมอไป 2. การแสดงความสัมพันธ์แบบ topology เป็นเรื่องยุ่งยากมากกว่า 3. กราฟิกมีรายละเอียดน้อยกว่า ทำให้ดูหยาบ ต้องเพิ่ม resolution ให้มากขึ้น ซึ่งหมายถึงจำเป็นต้องใช้ฮาร์ดแวร์ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น 4. มีข้อจำกัดด้านการเก็บข้อมูลเชิงอรรถ

5.2.4 การแปลงโครงสร้างข้อมูลระหว่างเวกเตอร์และราสเตอร์

การแปลงข้อมูลที่มีโครงสร้างเวกเตอร์ไปเป็นแบบราสเตอร์ จะใช้สมการดังแสดงข้างล่างนี้

$$\text{Column no.} = \left(\frac{x - x_{min}}{X_{max} - x_{min}}\right) N$$

$$\text{Row no.} = \left(\frac{y - y_{min}}{Y_{max} - y_{min}}\right) M$$

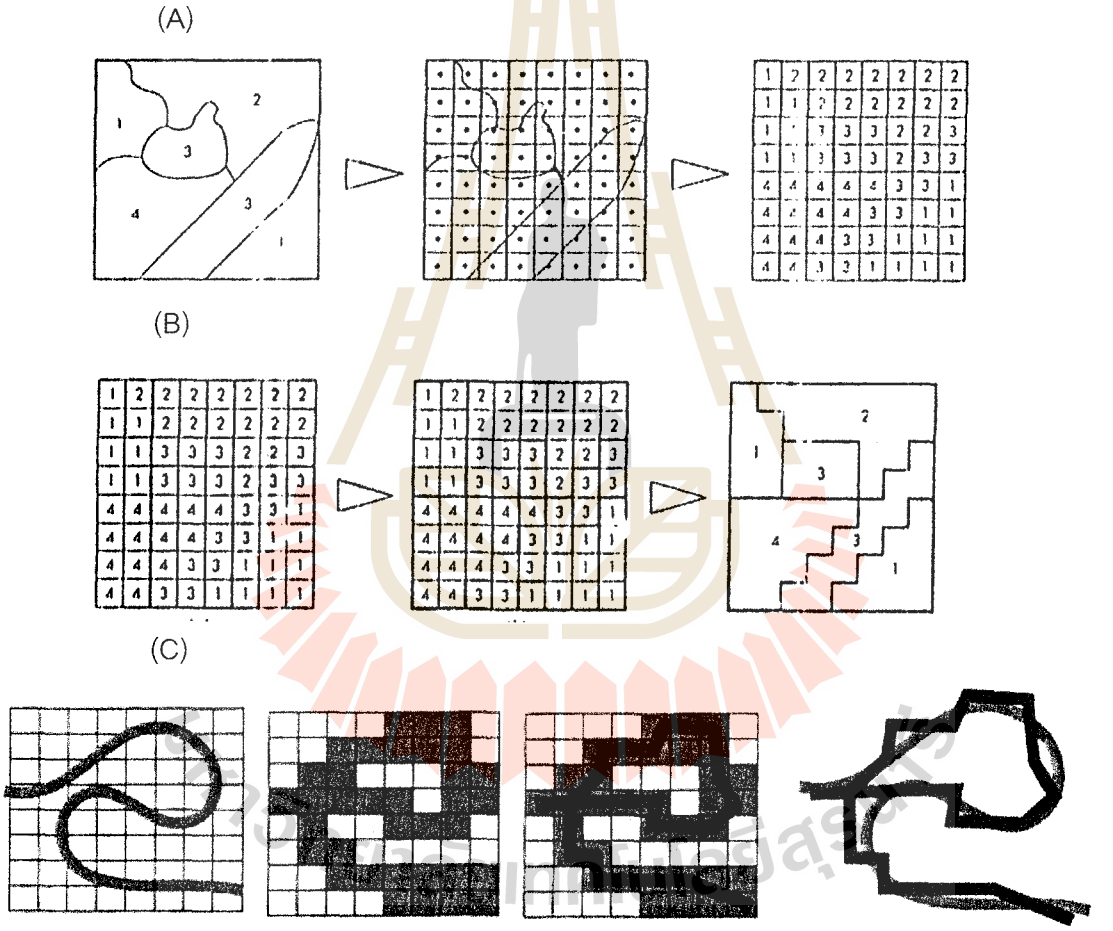
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ค่า x, x_{min} และ x_{max} หมายถึง ค่าพิกัด x ที่ต้องการแปลง ค่าพิกัด x ที่มีค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

ค่า y, y_{min} และ y_{max} หมายถึง ค่าพิกัด y ที่ต้องการแปลง ค่าพิกัด y ที่มีค่าน้อยที่สุดและมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ

N และ M หมายถึง จำนวนสดมภ์และจำนวนแถวทั้งหมดตามที่ต้องการในพื้นที่ศึกษา

ในการแปลงโครงสร้างข้อมูลการกำหนดรายละเอียดของข้อมูล(resolution) ที่มีโครงสร้างราสเตอร์จะมีผลต่อความถูกต้องอย่างมาก ดังแสดงในรูปที่ 5.8



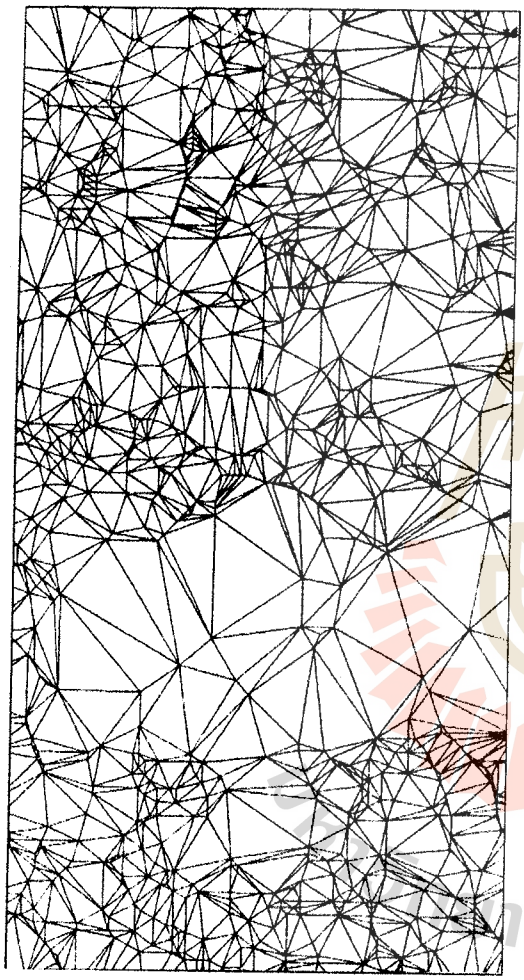
รูปที่ 5.8 การแปลงโครงสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่จากเวกเตอร์ไปเป็นราสเตอร์(A) จากราสเตอร์ไปเป็นเวกเตอร์(B) และตัวอย่างความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากการแปลงโครงสร้าง(C)(Bernhardsen, 2002, p.85)

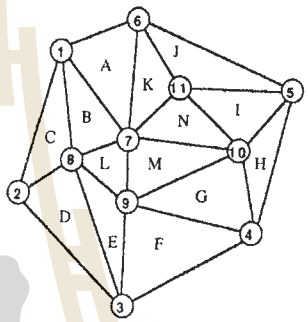
5.2.5 TIN

ในตำราบางเล่มได้กำหนดข้อมูลที่มีโครงสร้างแบบ TIN (Triangulated Irregular Network) ให้เป็นโครงสร้างแบบราสเตอร์ซึ่งมีการต่อเนื่องของโครงข่ายแบบไม่ปกติ (irregular tessellation) โดยหน่วยย่อย

จะมีรูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีขนาดต่างๆ ซึ่งแตกต่างจาก cell ของราสเตอร์แบบธรรมดา(regular tessellation) ซึ่งมีรูปร่างเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดเดียวกันหมดในหนึ่งชั้นข้อมูล

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีโครงสร้างแบบ TIN จึงเป็นรูปแบบหนึ่งของโครงสร้างราสเตอร์ที่มี topology (รูปที่ 5.9) ที่ค่อนข้างคล้ายคลึงกับโครงสร้างแบบเวกเตอร์ จุดยอด(node)ทุกจุดของสามเหลี่ยมทุกรูปจะมีค่าพิกัด xy กำกับพร้อมๆกับมีค่า z กำกับอยู่ด้วย ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลเวกเตอร์และราสเตอร์แบบธรรมดา ค่า z ในที่นี้หมายถึงข้อมูลคุณลักษณะแบบต่อเนื่อง เช่น อุณหภูมิ ความดันและความสูงเป็นต้น





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

Δ	adjacent Δ
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

Δ	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 5.9 ตัวอย่างข้อมูลพื้นผิว (surface)แบบ TIN ซึ่งมี topology (Aronoff, 1989, p.178-179)

การใช้ประโยชน์ของโครงสร้างแบบ TIN จึงเหมาะสมสำหรับใช้กับข้อมูลพื้นผิวแบบต่อเนื่องที่มีค่าเป็นตัวเลขกำกับได้เช่นเดียวกับโครงสร้างราสเตอร์แบบธรรมดา แต่ใช้งานด้านการวิเคราะห์แบบซ้อนทับที่มีปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์ได้ยากกว่าข้อมูลโครงสร้างราสเตอร์แบบกริดธรรมดา เพราะมีโครงสร้างที่ซับซ้อนกว่า ข้อมูลพื้นผิวที่มีโครงสร้างแบบ TIN นำไปใช้ในการหาค่าความลาดชัน(slope) และค่าทิศทางลาดเอียง(aspect)ได้สะดวกเช่นกัน โดยค่าที่คำนวณได้จะเป็นค่าประจำรูปสามเหลี่ยมแต่ละรูป

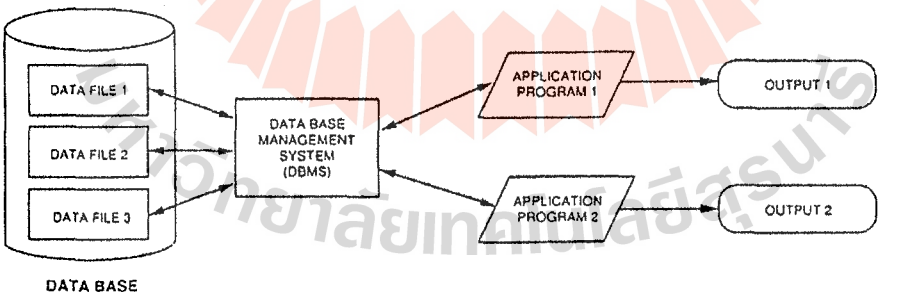
เช่นเดียวกับข้อมูลโครงสร้างราสเตอร์แบบกริดธรรมดา ข้อมูลพื้นผิวที่มีโครงสร้างแบบ TIN ถูกใช้แสดงคุณสมบัติพื้นผิวในรูปที่มีมิติในแนวดิ่งได้ดีเช่นกัน

5.3 แบบจำลองข้อมูลเชิงอรรถ

ข้อมูลเชิงอรรถมีวิวัฒนาการการจัดเก็บเป็นฐานข้อมูล (database) อย่างชัดเจนมานานก่อนข้อมูลเชิงพื้นที่ แบบจำลองหรือโครงสร้างของข้อมูลเชิงอรรถจึงมีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีโครงสร้างหลายชนิด เช่น แบบจำลองเชิงลำดับชั้น แบบโครงข่ายและแบบเชิงสัมพันธ์ ปัจจุบันแบบจำลองข้อมูลเชิงสัมพันธ์ได้รับความนิยมสูงสุด เพราะในทางปฏิบัติทำงานได้ดีกว่า มีความยืดหยุ่นมากกว่า

5.3.1 การจัดเก็บข้อมูล (data approaches)

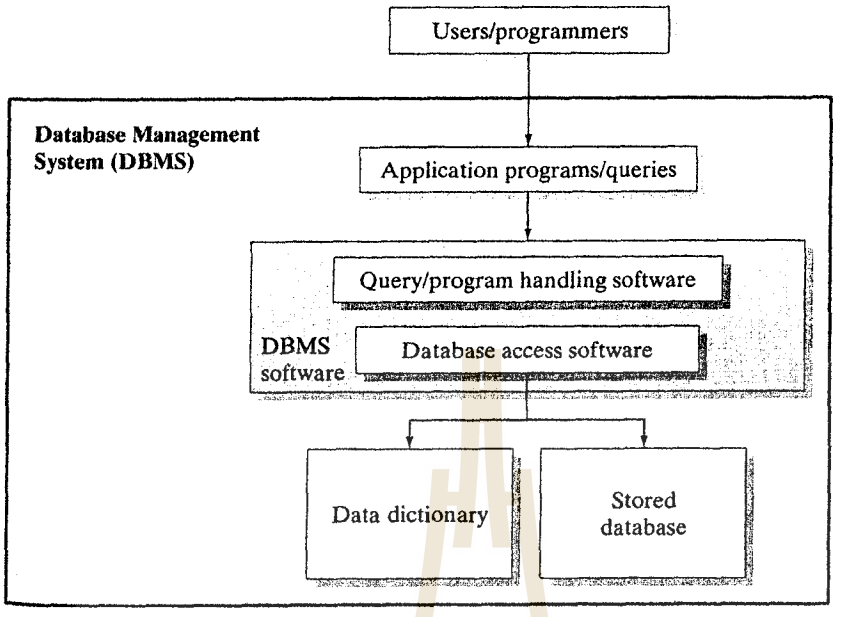
การจัดเก็บข้อมูลเชิงอรรถสามารถทำได้ทั้งแบบเป็นแฟ้มข้อมูลและเป็นฐานข้อมูล แบบเป็นแฟ้มข้อมูลมีข้อจำกัดที่สามารถเรียกใช้ด้วยโปรแกรมประยุกต์เฉพาะ เรียกใช้ได้ทีละคน แต่ผู้ใช้สามารถควบคุมข้อมูลได้ทั้งหมดด้วยตัวเอง ในรูปของฐานข้อมูลสามารถใช้ได้กับโปรแกรมประยุกต์หลากหลาย เพราะมีความเป็นสากล(รูปที่ 5.10) ที่เอื้อให้มีผู้ใช้ผ่านทางโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ ได้ครั้งละหลายคนและได้ผลลัพธ์ในแบบที่ต้องการ โดยมีระบบการจัดการฐานข้อมูล(Data Base Management System - DBMS)เป็นโปรแกรมช่วยจัดการ DBMS(รูปที่ 5.11) มีองค์ประกอบตั้งแต่ตัวฐานข้อมูล พจนานุกรมข้อมูล (data dictionary) ซึ่งบอกให้ทราบถึงโครงสร้างและความสัมพันธ์ของตารางข้อมูล รวมถึงโปรแกรมประยุกต์สำหรับ นำเข้า สืบค้นและค้นคืนข้อมูลจากฐานข้อมูล นอกจากนี้ DBMS ยังสามารถทำงานได้อย่างมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ โดยมี window ได้หลาย window (multi-views) ช่วยให้ทำงานได้อย่างสะดวก



รูปที่ 5.10 การใช้ DBMS ช่วยจัดการให้ผู้ใช้หลายคนเข้ามาใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลเดียวกันได้ (Aronoff, 1989, p.152)

การใช้ DBMS ช่วยในการเก็บข้อมูลในรูปของฐานข้อมูลที่ส่งผลดีหลายอย่าง เช่น

- เป็นการช่วยลดความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บ
- มีการใช้ข้อมูล(share) ร่วมกันได้ในเวลาเดียวกัน
- มีมาตรฐานช่วยขจัดความไม่สอดคล้องของรูปแบบในการจัดเก็บ



รูปที่ 5.11 องค์ประกอบของระบบการจัดการฐานข้อมูล (DBMS)(Lo and Yeung2002, p.77)

- มี interfaces ช่วยอำนวยความสะดวกให้ง่ายขึ้นสำหรับผู้ใช้ทุกระดับ
- มีระบบจัดการด้านความปลอดภัยของฐานข้อมูลตามสิทธิประโยชน์ของผู้ใช้แต่ละประเภท
- มีระบบสำรองข้อมูลเพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่ก่อให้เกิดการสูญเสียของข้อมูล
- สามารถตั้งเงื่อนไขเพื่อตรวจสอบประเภทและลักษณะของข้อมูลในการนำเข้า ซึ่งช่วยให้มีการนำเข้าที่ถูกต้องแม่นยำ และสอดคล้องกันทั้งฐานข้อมูล
- สามารถเก็บข้อมูลได้ครบถ้วนครอบคลุมเนื้อหาทุกด้าน เป็นการประสานประโยชน์ให้กับผู้ใช้ทุกประเภท ทุกระดับ นำไปสู่การพัฒนาระบบฐานข้อมูลแบบ enterprise system

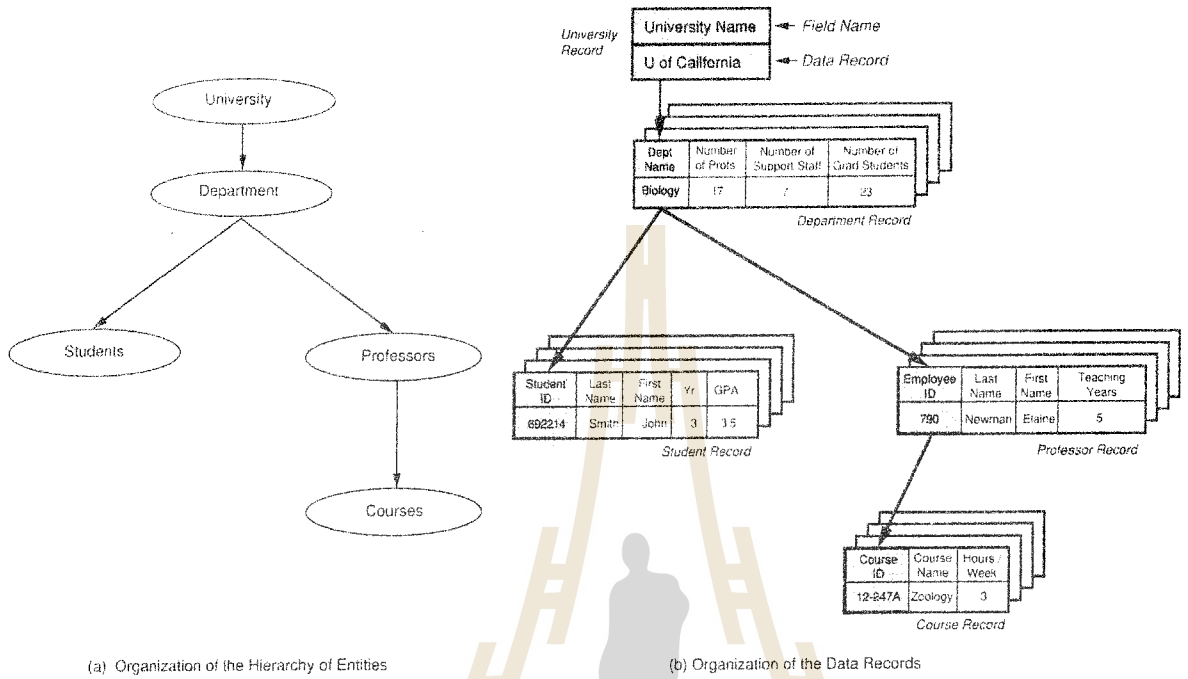
5.3.2 แบบจำลองข้อมูลเชิงอรรถแบบลำดับชั้น(hierarchical data model)

มีโครงสร้างการจัดเก็บแบบต้นไม้ (tree structure) ที่แตกกิ่งก้านออกจากกิ่งก้านเดิมอย่างมีลำดับขั้น โดยหนึ่ง parent มีได้ หนึ่ง child เท่านั้น(รูปที่ 5.12) ความสัมพันธ์เป็นแบบ many-to-one และ one-to-one จากในรูปด้านที่เป็น many จะมีลูกศร ด้านที่เป็น one จะไม่มีลูกศร โครงสร้างแบบนี้ทำให้มีข้อจำกัดในการสืบค้น ในกรณีที่สดมภ์(field) ที่ต้องการสืบค้นไม่ใช่ key หลัก แต่ข้อดีคือโครงสร้างแบบนี้เข้าใจได้ง่าย สามารถทำให้เป็นปัจจุบันได้ง่าย

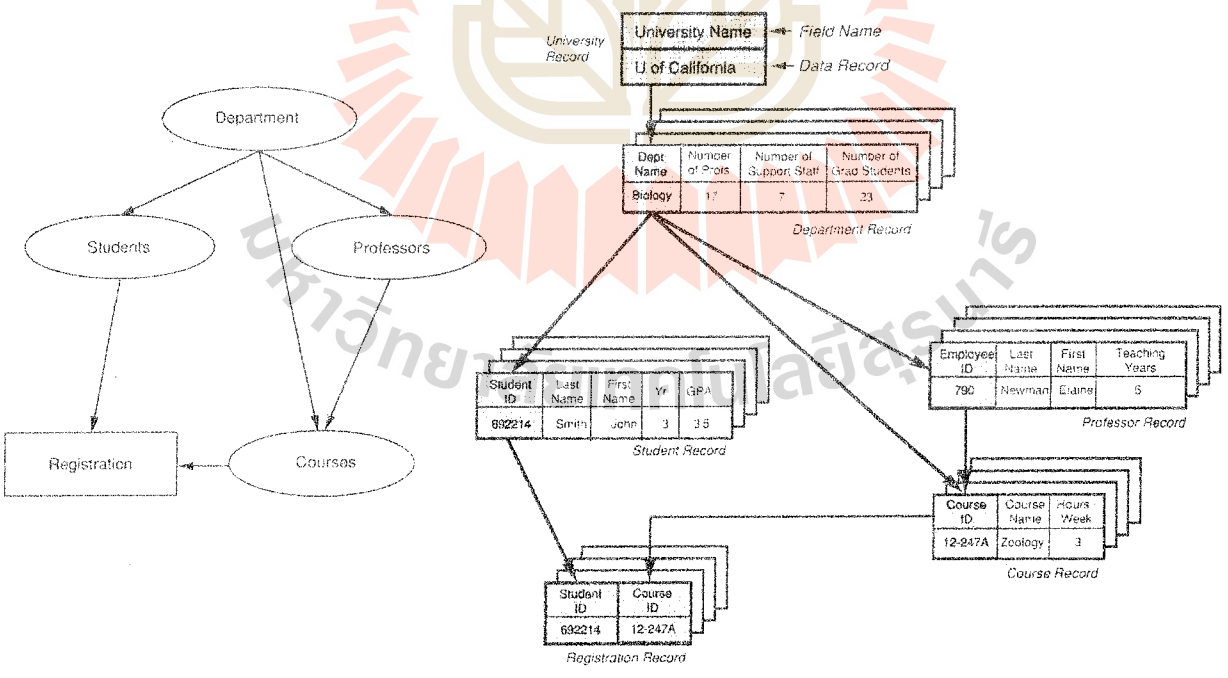
5.3.3 แบบจำลองข้อมูลเชิงอรรถแบบโครงข่าย(network data model)

โครงสร้างข้อมูลเชิงอรรถแบบโครงข่าย(รูปที่ 5.13) ช่วยลดข้อเสียของโครงสร้างแบบมีลำดับขั้น โดยมีความสัมพันธ์แบบหนึ่ง parent มีได้มากกว่าหนึ่ง child และ หนึ่ง child มีได้มากกว่าหนึ่ง parent ทำ

ให้การสืบค้นทำได้รวดเร็วกว่า เพราะไม่ต้องสืบค้นขึ้นลงทีละลำดับชั้น อย่างไรก็ดี โครงสร้างแบบนี้ก็ยังมีข้อจำกัด โดยไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์แบบ many-to-many แบบตรงๆได้ จากรูปที่ 5.13 จะเห็นได้ว่า



รูปที่ 5.12 แบบจำลองโครงสร้างข้อมูลเชิงอรรถแบบมีลำดับชั้น (hierarchical data model)(Aronoff, 1989, p.156)



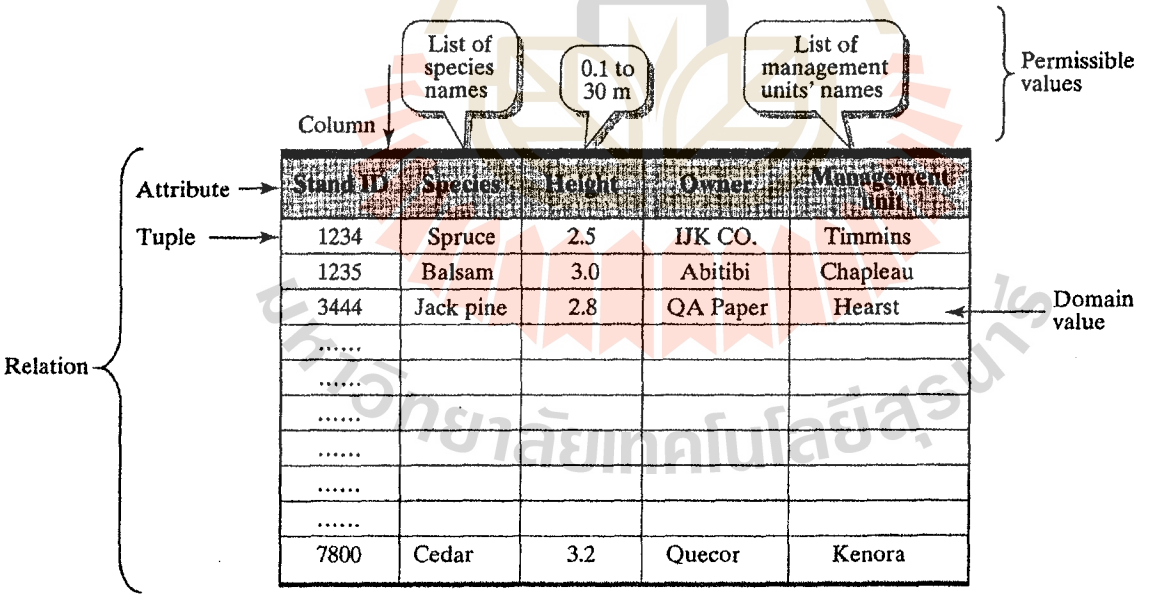
รูปที่ 5.13 แบบจำลองโครงสร้างข้อมูลเชิงอรรถแบบโครงข่าย (network data model)(Aronoff, 1989, p.158)

ความสัมพันธ์ของ student-course แท้จริงแล้วเป็นแบบ many-to-many หมายความว่า student หนึ่งคนลงทะเบียนได้มากกว่าหนึ่ง course และในหนึ่ง course มี student ได้มากกว่าหนึ่งคน แต่โครงสร้างแบบนี้ไม่เอื้อให้สร้างความสัมพันธ์ได้โดยตรง จึงต้องมี intersection record ขึ้นเป็นตัวเชื่อม ในที่นี้คือ student ID และ course ID โดยระเบียนที่แสดงคู่ของ student-course จะต้องไม่ซ้ำกันเลย

ข้อดีของโครงสร้างแบบโครงข่ายคือมีการเก็บข้อมูลที่ซ้ำซ้อนน้อยกว่าแบบลำดับชั้น แต่ต้องมี "ตัวเชื่อม" เพิ่มขึ้น ซึ่งในฐานข้อมูลที่ยุ่งยากตัวเชื่อมจะมีมากขึ้น และต้องมีการ update ในตัวเชื่อมมากขึ้นเมื่อข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง แต่โครงสร้างแบบนี้ยุ่งยากกว่าแบบลำดับชั้น และไม่ยืดหยุ่นเท่าโครงสร้างข้อมูลเชิงสัมพันธ์

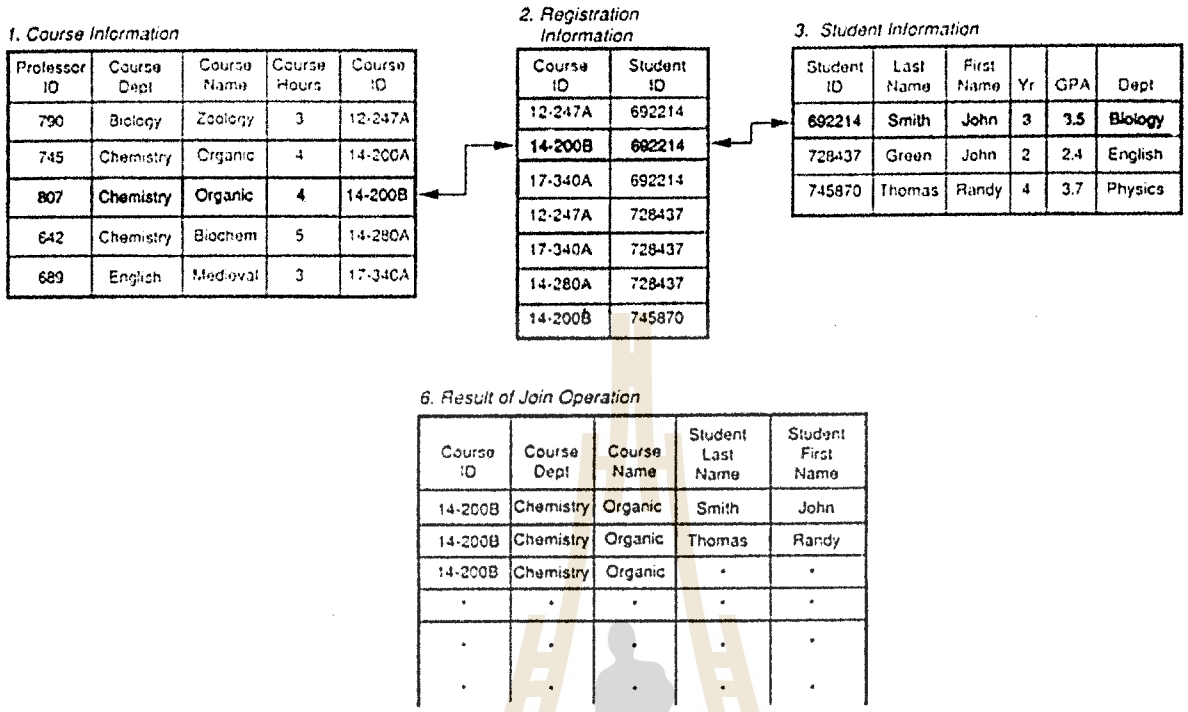
5.3.4 แบบจำลองข้อมูลเชิงอรรถแบบสัมพันธ์ (Relational data model)

โครงสร้างแบบนี้เป็นแบบที่ยืดหยุ่นมากกว่า โดยเก็บข้อมูลในรูปตารางที่มีองค์ประกอบดังแสดงในรูปที่ 5.14 ทุก field ของตารางสามารถใช้เป็น key สัมพันธ์กับ field แบบเดียวกันของตารางอื่นได้ (รูปที่ 5.15) โครงสร้างแบบนี้เอื้อให้การสืบค้นทำได้ง่าย



รูปที่ 5.14 องค์ประกอบของตารางที่มีโครงสร้างแบบสัมพันธ์ โดยแต่ละ field สามารถกำหนดประเภทและขนาดของข้อมูลที่จะจัดเก็บได้(Lo and Yeung, 2002, p.79)

ตารางข้อมูลแบบนี้ สามารถทำการสืบค้นข้ามตารางข้อมูลที่กำหนดความสัมพันธ์ของ field ไว้แล้วด้วยวิธี link หรือทำการรวมตารางข้อมูลมากกว่าหนึ่งตารางเข้าด้วยกันด้วยวิธี join เสียก่อนแล้วจึงทำการ



1. Course Information

Professor ID	Course Dept	Course Name	Course Hours	Course ID
790	Biology	Zoology	3	12-247A
745	Chemistry	Organic	4	14-200A
807	**Chemistry**	**Organic**	**4**	**14-200B**
642	Chemistry	Biochem	5	14-280A
689	English	Medieval	3	17-340A

2. Registration Information

Course ID	Student ID
12-247A	692214
14-200B	**692214**
17-340A	692214
12-247A	728437
17-340A	728437
14-280A	728437
14-200B	745870

3. Student Information

Student ID	Last Name	First Name	Yr	GPA	Dept
692214	**Smith**	**John**	**3**	**3.5**	**Biology**
728437	Green	John	2	2.4	English
745870	Thomas	Randy	4	3.7	Physics

6. Result of Join Operation

Course ID	Course Dept	Course Name	Student Last Name	Student First Name
14-200B	Chemistry	Organic	Smith	John
14-200B	Chemistry	Organic	Thomas	Randy
14-200B	Chemistry	Organic	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.

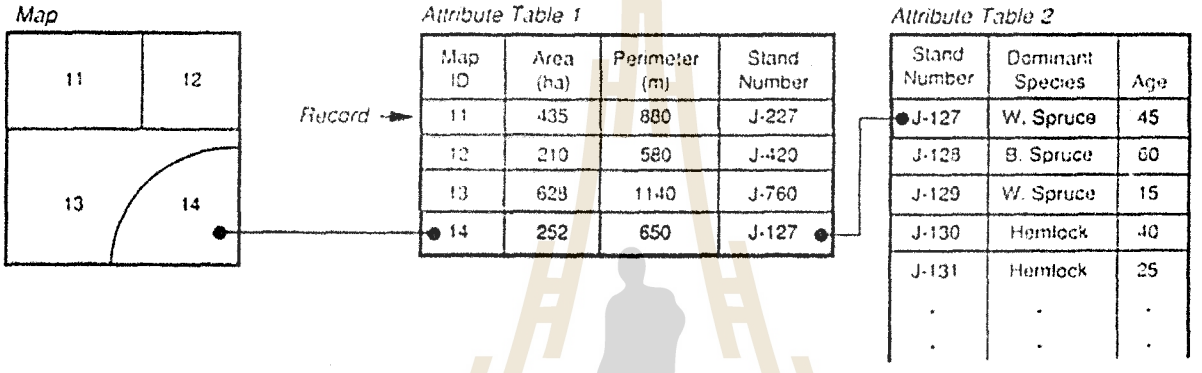
รูปที่ 5.15 แบบจำลองโครงสร้างข้อมูลเชิงอรรถแบบสัมพันธ์ (relational data model) (Aronoff, 1989, p.159)

สืบค้น ภาษาที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 5.16 เป็นรูปแบบของภาษา SQL (Structure Query Language) ซึ่งหมายถึงการคัดเลือก / ค้นหา (SELECT) ระเบียน (records) จาก (FROM) ตารางชื่อ customers โดยมีเงื่อนไข (WHERE)ว่า ใน field ที่ชื่อ state จะต้องมีข้อมูล “GA” และ ใน field ที่ชื่อ “income” จะต้องมีค่ามากกว่า 50000 และ ใน field ที่ชื่อ “city” จะต้องเป็น “ATHENS” โดยระเบียนที่เป็นผลของการสืบค้นจะแสดงเฉพาะ fields ที่ชื่อ “name” และ “address” เท่านั้น กล่าวง่ายๆคือค้นหาชื่อและที่อยู่ของลูกค้าทั้งหมดในรัฐจอร์เจีย ที่มีรายได้มากกว่า 50000 เหรียญต่อปี และอาศัยอยู่ในเมือง ATHENS

```
SELECT customers.name, customers.address
    FROM customers
        WHERE customers.state = 'GA' AND customers.income > 50000 AND
                customers.city = 'ATHENS'
```

รูปที่ 5.16 รูปแบบภาษา SQL ที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลเชิงอรรถแบบมีสัมพันธ์

ความสัมพันธ์ของข้อมูล GIS ที่มีโครงสร้างแบบนี้ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่ไปยังตาราง attribute ของข้อมูลเชิงพื้นที่หรือ actual data table โดยใช้ field ที่เป็น feature ID เป็น key เชื่อมต่อ(รูปที่ 5.17) สำหรับข้อมูลที่เป็นรูปปิด ตาราง attribute จะประกอบด้วย feature ID ของข้อมูลเชิงพื้นที่และความยาวเส้นรอบรูปของรูปปิด หรือมี field ที่บอกความยาวของเส้นเมื่อข้อมูลเป็นข้อมูลเส้น จากนั้นจึงเป็น field ของ class ID ซึ่งจะเชื่อมต่อไปยังตารางข้อมูลเชิงอรรถอีกทีหนึ่ง ซึ่งมักจะเป็น Look Up Table (LUT) หรือส่วนหนึ่งของ actual data table ก็ได้



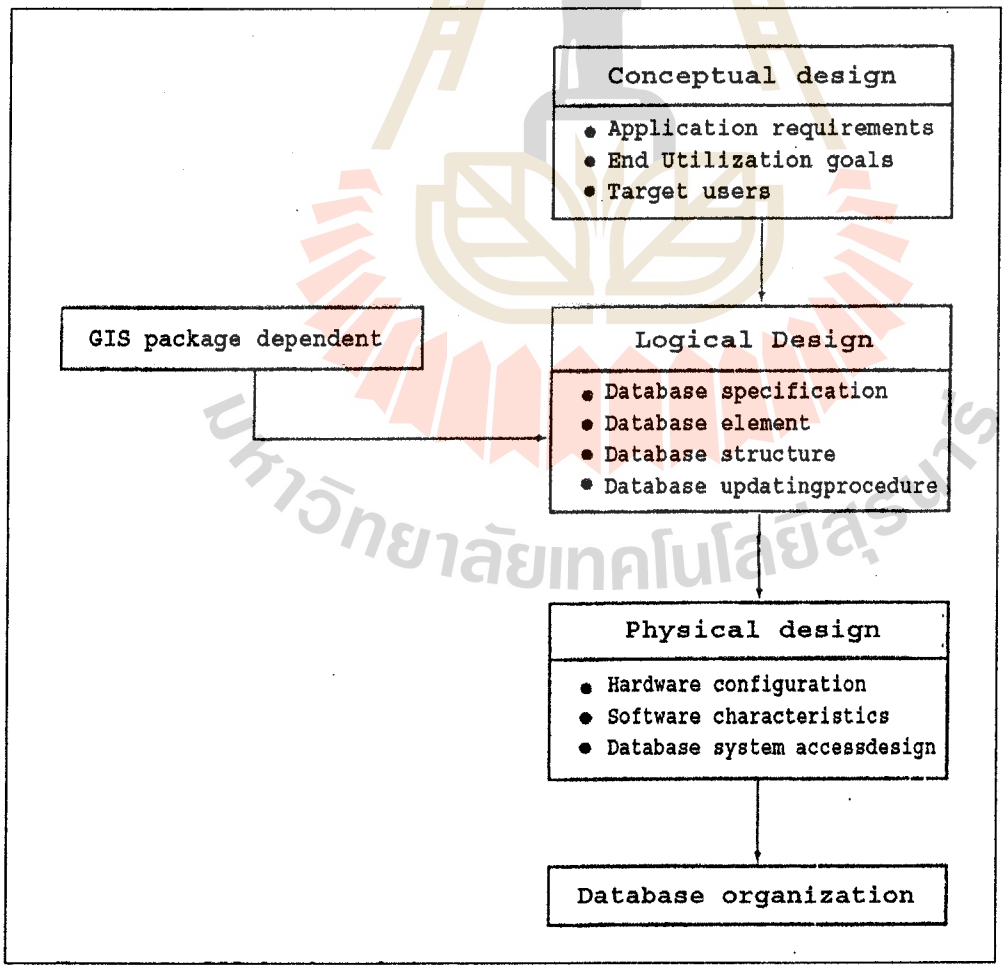
รูปที่ 5.17 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถ (Aronoff, 1989, p.160)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 6
การออกแบบฐานข้อมูล GIS

การออกแบบฐานข้อมูล GIS มีหลายขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 6.1 เริ่มจากขั้นตอนที่เป็นการกำหนดหลักการ การออกแบบคุณสมบัติและโครงสร้างฐานข้อมูล จนถึงการเลือกใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ที่เหมาะสม ก่อนที่จะนำไปสู่การจัดระเบียบและจัดเก็บฐานข้อมูล GIS ในรูปแบบต่างๆ

ฐานข้อมูลที่ดีควรได้รับการออกแบบที่ตอบสนองผู้ใช้จำนวนมากที่มีความต้องการหลากหลาย มีการนำเข้าและการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันในรูปแบบที่มาตรฐาน และควบคุมได้โดยผู้ดูแลระบบ ฐานข้อมูลควรได้รับการออกแบบที่มีโครงสร้างที่สอดคล้องเป็นไปในรูปแบบเดียวกันทั้งหมด และสามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะในขั้นตอนของการนำเข้า มีการจัดระบบความปลอดภัยให้ตัวระบบเป็นอย่างดี เพื่อป้องกันไม่ให้ข้อมูลสูญหายหรือมีโอกาสเสียหายน้อยที่สุด ถ้าฐานข้อมูล GIS ได้รับการออกแบบเป็นอย่างดีแล้วจะสามารถลดความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บของข้อมูล และสามารถตอบสนองความต้องการการใช้งานของผู้ใช้ทุกระดับได้ดีเช่นกัน

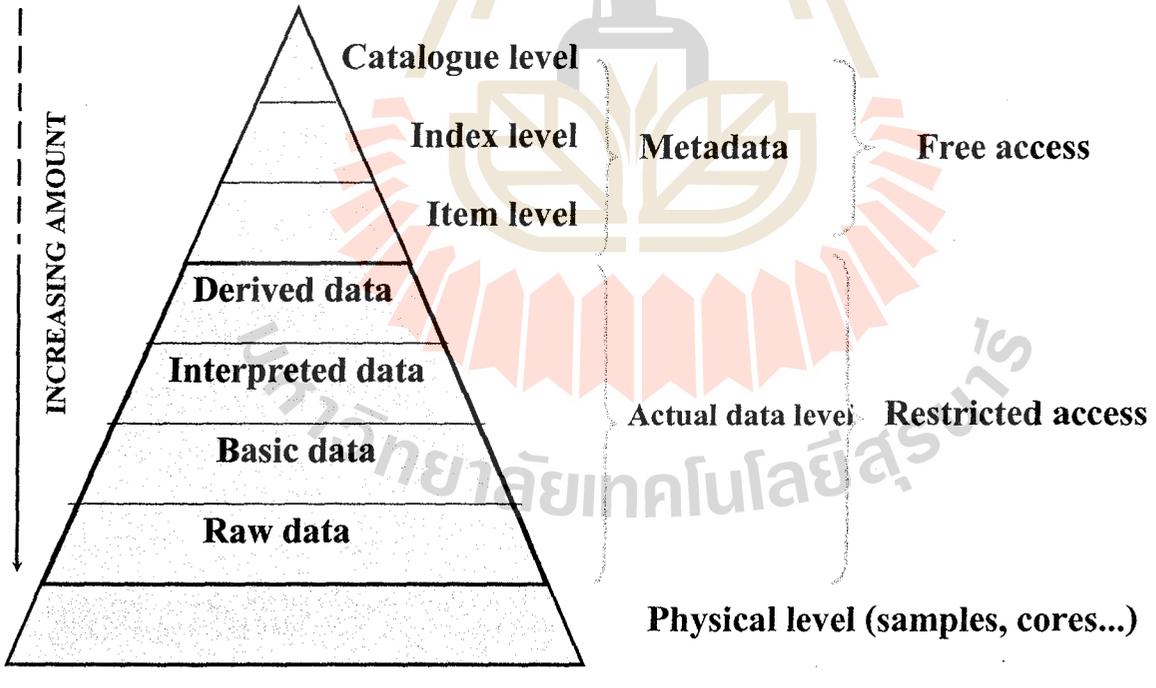


รูปที่ 6.1 ขั้นตอนต่างๆของการออกแบบฐานข้อมูล GIS (ESCAP, 1996, p.54)

ดังที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 3 ว่าข้อมูลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งของ GIS ในองค์กรหนึ่งๆจะมีข้อมูลอยู่หลายระดับ และยากต่อการจัดการให้ถูกต้องกับความสำคัญของข้อมูล ดังนั้นการจำแนกข้อมูลให้ชัดเจนตามลักษณะและวิธีการได้มาของข้อมูล จะทำให้การพัฒนาฐานข้อมูล GIS สามารถตอบสนองความต้องการของผู้พัฒนาและผู้ใช้ในระดับต่างๆได้ดี ช่วยให้การกำหนดนโยบายด้านข้อมูลโดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการผลิตและเผยแพร่สามารถทำได้อย่างชัดเจนและสมเหตุผล สามเหลี่ยมข้อมูลที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ จึงเป็นการจำแนกข้อมูลตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว ก่อนที่จะได้บรรยายถึงการออกแบบฐานข้อมูลต่อไป

6.1 **สามเหลี่ยมข้อมูล** (data triangle)

David Ovada นักวิชาการของกรมทรัพยากรธรณีแห่งสหราชอาณาจักรอังกฤษได้จัดทำสามเหลี่ยมข้อมูลขึ้นเพื่อทำการจำแนกข้อมูลที่ควรจะมีในองค์กรต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการกำหนดนโยบายด้านการบริหารจัดการ (รูปที่ 6.2) โดยทำการจำแนกข้อมูลตามความแตกต่างกันของลักษณะข้อมูลและวิธีการที่ได้มา รวมถึงจุดประสงค์ของการนำเสนอ การจำแนกลักษณะนี้ทำให้เข้าใจถึงลำดับการได้มาของข้อมูลและความเหมาะสมในการนำไปใช้งานต่อเนื่อง



รูปที่ 6.2 สามเหลี่ยมข้อมูล (data triangle) เป็นการจำแนกข้อมูลตามลักษณะและวิธีการที่ได้มา

การจำแนกเริ่มจาก physical level หรือระดับล่างสุดที่มีตัวอย่างที่จับต้องได้ เช่น ตัวอย่างดิน หิน และเนื้อเยื่อใบไม้ที่ได้จากปฏิบัติการภาคสนาม เป็นต้น การพรรณนาข้อมูลทั้งตำแหน่งและคุณลักษณะของตัวอย่างเหล่านี้เป็น raw data เป็นการพรรณนาที่ไม่มีรูปแบบแน่นอนและแปรเปลี่ยนไปแม้ว่าจะเป็น

ตัวอย่างประเภทเดียวกัน ต่อเมื่อทำการกำหนดโครงสร้างของข้อมูลที่ทำการจัดเก็บแล้ว เช่น เก็บในรูปของตารางที่มีสดมภ์กำกับเนื้อหาและประเภทของข้อมูลที่แน่นอน ข้อมูลที่มาจากตัวอย่างในหมวดเดียวกันจะมีรูปแบบสอดคล้องกันโดยตลอด อาจเป็นการเก็บข้อมูลหมวดหินหลายๆหมวดหิน หรือชุดดินหลายๆชุดดินที่มีหัวข้อกำกับในสาระแบบเดียวกัน เช่น ชื่อ ความหนา การลำดับชั้น ลักษณะบรรยาย แร่สำคัญ ขนาดของผลึกหรือเม็ดดินเม็ดตะกอน การคัดขนาด เป็นต้น ข้อมูลในระดับนี้จัดเป็น basic data มีข้อมูลเชิงพื้นที่อยู่ในรูปของข้อมูลจุดที่ได้จากการตรวจสอบภาคสนามเป็นหลัก ต่อเมื่อนำข้อมูลจุดเหล่านี้มาประมวลและแปลความหมายทำให้สามารถจัดทำเป็นแผนที่ที่มีขอบเขตหรือเป็นรูปปิดได้ ตัวอย่างเช่น แผนที่ธรณีวิทยาที่มีการจำแนกของหมวดหินต่างๆเป็นรูปปิด แผนที่ชุดดินแสดงขอบเขตของชุดดินเป็นรูปปิด ข้อมูลแผนที่แบบนี้เป็นผลของการแปลความหมายและสังเคราะห์จากข้อมูลจุดจำนวนหนึ่ง จึงจัดเป็น interpreted data .ในการลากขอบเขตของรูปปิดเหล่านี้อาจใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียม ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลพื้นผิว digital elevation model แบบเส้นชั้นความสูงและแบบกริดเป็นตัวช่วย เพราะสามารถเห็นหรือคาดคะเนขอบเขตได้ง่ายขึ้น โดยอาศัย photographic elements หรือลักษณะทางธรณีสัณฐานที่แตกต่างเป็นตัวกำหนดขอบเขต

ชั้นข้อมูล interpreted data ที่ได้ เมื่อนำมาสังเคราะห์ต่อ โดยอาจใช้พิจารณาร่วมกับชั้นข้อมูลอื่นๆ สามารถกำหนดเป็นแผนที่และชั้นข้อมูลแบบใหม่ ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้สะดวกขึ้น โดยเฉพาะกับผู้ใช้ที่ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางเทคนิคมากนัก แผนที่แบบนี้ ได้แก่ แผนที่แสดงพื้นที่ที่เหมาะสมกับกิจการต่างๆ อาทิ การเพาะปลูกพืชแต่ละชนิด การเลือกพื้นที่ที่อยู่อาศัย พื้นที่อุตสาหกรรม แผนที่พื้นที่ศักยภาพสำหรับการกลบฝังขยะ เป็นต้น แผนที่ลักษณะนี้จัดเป็น derived data ในสามเหลี่ยมข้อมูล ตั้งแต่ raw data ขึ้นมาจนถึง derived data จัดเป็นระดับที่เป็นข้อมูลจริง (actual data level) การเผยแพร่ข้อมูลมีข้อจำกัดหรือมีเงื่อนไขมากกว่าในระดับของ metadata ซึ่งสามารถเข้าถึงโดยไม่มีข้อจำกัด

ในระดับของ metadata อาจประกอบด้วยข้อมูลในระดับย่อยของ catalogue, index และ item ในข้อมูลเหล่านี้ไม่มีตัวข้อมูลจริง แต่เป็นเพียงข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลตัวจริง ที่บอกถึงประเภทของข้อมูลตัวจริง จำนวนชั้นข้อมูล มีการจัดทำและแก้ไขเมื่อใด โดยใคร ใช้ระบบพิกัดแบบใด อาจมี index แสดงขอบเขตเชิงพื้นที่กำกับ เช่น แผนที่ index ของกรมแผนที่ทหารสำหรับมาตราส่วน 1:250k และ 1:50k เป็นต้น แผนที่ index เหล่านี้ใช้อำนวยความสะดวกในการคัดเลือกข้อมูลแผนที่ตัวจริง ใน metadata จะมีการระบุรายละเอียดลงไปถึงจำนวน fields หรือ items ของตารางข้อมูลเชิงอรรถประจำชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ รวมถึงชื่อของ fields ต่างๆ และความหมายของแต่ละ field ประเภทของข้อมูลที่จัดเก็บในแต่ละ field

เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณของข้อมูลจะเพิ่มมากขึ้น หรือมีรายละเอียดมากขึ้นตามแนวดิ่งลงมาทางฐานของสามเหลี่ยม ซึ่งข้อมูลในระดับล่างๆจะมีข้อจำกัดในการเผยแพร่มากขึ้นเช่นกัน ข้อมูลในระดับต้นๆ มุมยอดของสามเหลี่ยมอาจหาดูได้จากการเผยแพร่ผ่านทาง website ของหน่วยงานเจ้าของข้อมูล ตัวข้อมูลในระดับ derived data หน่วยงานเจ้าของข้อมูลอาจจะยินดีหรือสนับสนุนให้ผู้ใช้ภายนอกหน่วยงาน

นำไปใช้เพื่อเป็นการทดสอบข้อมูล แต่ในระดับ interpreted data อาจจะมีการจำหน่าย หรือต้องมีการทำเรื่องขออย่างเป็นทางการระหว่างหน่วยงานต่อหน่วยงาน ข้อมูลตั้งแต่ basic data ลงมาปกติจะมีการสงวนใช้กันเฉพาะในองค์กรเป็นหลัก

เมื่อมีความกระจ่างในระดับต่างๆของข้อมูลเหล่านี้ชัดเจนแล้ว อาจช่วยให้การออกแบบฐานข้อมูลและการใช้งานทำได้อย่างมีขั้นตอนชัดเจนขึ้น

6.2 **การออกแบบเชิงแนวคิด** (Conceptual design)

ESCAP(1996) ระบุว่าในการออกแบบเชิงแนวคิดจะต้องทำการกำหนดความชัดเจนถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากฐานข้อมูลที่จะพัฒนา เช่น กำหนดให้ชัดเจนว่าจะพัฒนาฐานข้อมูล GIS เพื่อการพัฒนาชุมชนเมือง หรือเพื่อการจัดการทรัพยากรน้ำผิวดิน หรือเพื่อการจำแนกเขตการให้บริการทางการศึกษา หรือเพื่อการกำหนดเขตเลือกตั้ง เป็นต้น ใครเป็นผู้ใช้หรือผู้ได้รับประโยชน์ ใช้หรือได้ประโยชน์ในระดับใด มีความต้องการหรืออยากให้ฐานข้อมูลสามารถประยุกต์ใช้งานอะไรได้บ้าง ข้อมูลที่มีอยู่มีลักษณะอย่างไร สิ่งเหล่านี้จะนำไปสู่การออกแบบเชิงแนวคิดที่เป็นรูปธรรม และสามารถกำหนดคุณสมบัติเบื้องต้นของฐานข้อมูล ดังนี้

1) รายละเอียดของฐานข้อมูล (Level or detail of GIS database) ซึ่งหมายถึงมาตราส่วนของข้อมูลเชิงพื้นที่ มาตราส่วนใหญ่จะมีเนื้อหาของข้อมูลที่ละเอียดกว่า แต่ละมาตราส่วนจะเหมาะกับการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงอรรถในขนาดของพื้นที่และระดับที่แตกต่างกัน ตามตารางที่ 6.1 จะเห็นว่าข้อมูลเชิงพื้นที่ในมาตราส่วน 1:1M เหมาะกับการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ทั้งประเทศ โดยแสดงข้อมูลรายละเอียดเชิงพื้นที่และเชิงอรรถได้ถึงระดับอำเภอ แต่สำหรับมาตราส่วน 1:10k–1:25k จะเหมาะกับข้อมูลเชิงพื้นที่ในระดับเทศบาล ที่แสดงรายละเอียดได้ถึงระดับหมู่บ้าน

ตารางที่ 6.1 ฐานข้อมูลในระดับต่างๆที่มีความเหมาะสมกับขอบเขตและรายละเอียดเชิงอรรถแตกต่างกันไปตามมาตราส่วน (ESCAP,1996, p. 44)

Application	Extent	Spatial	Non-spatial
Micro-level	Micro-watersheds/ cluster of villages/ municipalities	1:25,000/ 1:10,000+	Village/plot level
Meso-level	District/ cities/urban areas	1:50,000/ 1:25,000+	Village
Macro-level	State/region metro. region	1:250,000	Sub-counties
National	Entire country	1:1,000,000	Counties/district

2) องค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ในชั้นข้อมูล (Spatial elements of GIS database) สามารถจำแนกได้ว่าในแต่ละ theme จะแยกได้เป็นชั้นข้อมูลอะไรบ้าง แต่ละชั้นข้อมูลมีองค์ประกอบเป็นจุด หรือเส้น หรือรูปปิด ตัวอย่างการจำแนกชั้นข้อมูลและองค์ประกอบเชิงพื้นที่ แสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ตัวอย่างการจำแนกชั้นข้อมูล องค์ประกอบเชิงพื้นที่ และ fields ต่างๆ ของข้อมูลเชิงอรรถในแต่ละประเภทของข้อมูลเฉพาะทาง (theme) (Sarapirome *et al.*, 2001).

Thematic data	**Data layer**	**Spatial element**	**Non-spatial element**
Geology	rock unit	polygon	formation ID formation name group ID group name lithology, age
	structure	line/point	structure ID, structure group, structure type
Geohydrology	aquifer	polygon	aquifer ID, aquifer name (if any), lithology, yield capacity, water quality, related potential problem
	high productive zone	polygon	zone ID, zone name (if any), properties
	depth to bedrock	line	contour ID, contour type, elevation value
	groundwater well	point	well ID, total thickness, water quality, layer ID, depth at the top of layer, depth at the base of layer, layer thickness, lithology, type of layer base boundary
Shallow groundwater	dug wells	point	well ID water level well depth water quality
	water table contour	line	contour ID water level from MSL
Other geoscience	Potential area for construction materials	polygon	area ID type of material, material properties
	Surface water body	polygon	body ID depth, volume, water quality

3) องค์ประกอบของข้อมูลเชิงอรรถ (Non-spatial elements) เป็นการจำแนกเนื้อหาสาระของข้อมูลเชิงอรรถว่า ในแต่ละชั้นข้อมูลควรมีข้อมูลเชิงอรรถอยู่กี่ fields/items จึงจะทำให้การจัดเก็บได้เนื้อหาข้อมูลที่ครบถ้วนและมีรูปแบบสอดคล้องกัน (consistency) ตัวอย่างแสดงในตารางที่ 6.2

4) ที่มาของข้อมูล (Source of spatial and non-spatial data) จะช่วยให้ทราบถึงวิธีการได้มาซึ่งข้อมูลที่จะใช้ในการจัดทำฐานข้อมูลอย่างต่อเนื่อง และอัตราการเพิ่มขึ้นของข้อมูลในฐาน

5) อายุการใช้งานของข้อมูล (Age of data) เป็นการกำหนดว่าชั้นข้อมูลใดสามารถใช้ประโยชน์ได้ยาวนานเพียงใด จะยึดครองเนื้อที่ในฐานข้อมูลยาวนานเพียงใด ซึ่งจะช่วยในการจัดการและจัดเก็บข้อมูลได้ตามความเหมาะสม

6) ขอบเขตพื้นที่ศึกษา (Impact of study area extent) เป็นการกำหนดขอบเขตเชิงพื้นที่สำหรับฐานข้อมูลที่จะทำการพัฒนา เพื่อให้ตรวจสอบได้ว่ามีชั้นข้อมูลต่างๆในพื้นที่ศึกษาครบถ้วน สามารถคาดคะเนปริมาตรข้อมูลเชิงเปรียบเทียบได้

7) กรอบข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial framework) เป็นการกำหนดแผนที่ฐานที่จะใช้ เช่น สำหรับมาตราส่วน 1:50k ในปัจจุบันนิยมใช้ชุดแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารเป็นแผนที่ฐาน ดังนั้นกรอบของแผนที่แต่ละระวางจึงถูกนำมาใช้เป็นกรอบย่อยของพื้นที่ในฐานข้อมูลโดยปริยาย กรอบของข้อมูลยังรวมถึงชุดของจุดที่ใช้ในการควบคุมการกำหนดค่าพิกัด (set of registration points) ให้กับชั้นข้อมูลต่างๆ ซึ่งควรใช้ชุดเดียวกันทั้งหมดในแต่ละระวาง เพราะจะทำให้การซ้อนทับข้อมูลทำได้อย่างสอดคล้องกัน

8) กรอบข้อมูลเชิงอรรถ (Non-spatial domain) ระดับรายละเอียดของข้อมูลเชิงอรรถควรกำหนดให้มีเนื้อหาของการจำแนกลงสู่ระดับที่ละเอียดเท่าที่จะทำได้ จึงจะสามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุด โดยระดับที่หยาบขึ้นมาสามารถจัดกลุ่มหรือรวมกลุ่มได้จากระดับที่ละเอียดกว่า

6.3 **การออกแบบเชิงตรรกะ** (Logical design)

การออกแบบในขั้นตอนนี้มีรายละเอียดด้านคุณสมบัติที่จะช่วยให้การจัดทำฐานข้อมูล GIS เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ คุณสมบัติบางด้านอาจจะไปผูกอยู่กับ GIS package ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาฐานข้อมูล การกำหนดคุณสมบัติในขั้นตอนนี้ครอบคลุมถึง

1) ระบบพิกัด (Coordinate system for the database) ระบบพิกัดที่ใช้กับฐานข้อมูล GIS จะรับมาจากแผนที่ฐานโดยปริยาย เช่น สำหรับมาตราส่วน 1:50k ในปัจจุบันนิยมใช้แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารเป็นแผนที่ฐาน จึงใช้ระบบพิกัด UTM ที่มีมูลฐาน WGS84 เป็นระบบพิกัดของฐานข้อมูล พิกัดชนิดนี้แบ่งเป็นโซน ในประเทศไทยมีสองโซน คือโซนที่ 47 และ 48 บ่อยครั้งที่มีปัญหาในพื้นที่รอยต่อระหว่างโซน เพื่อเป็นการขจัดปัญหาจึงต้องเลือกใช้โซนใดโซนหนึ่งทั้งประเทศ ถ้าเป็นมาตราส่วน 1:250k ก็จะใช้ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (ละจิจูด-ลองจิจูด) ระบบพิกัดชนิดนี้เหมาะที่จะใช้กับข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้ง

ประเทศจนถึงในระดับนานาชาติ ระบบพิกัดที่กำหนดจะใช้กับชั้นข้อมูลทุกชั้นในฐาน ช่วยให้เกิดความเป็นเอกภาพ และเป็นการขจัดปัญหาเมื่อมีการใช้ประโยชน์ชั้นข้อมูลแบบบูรณาการ

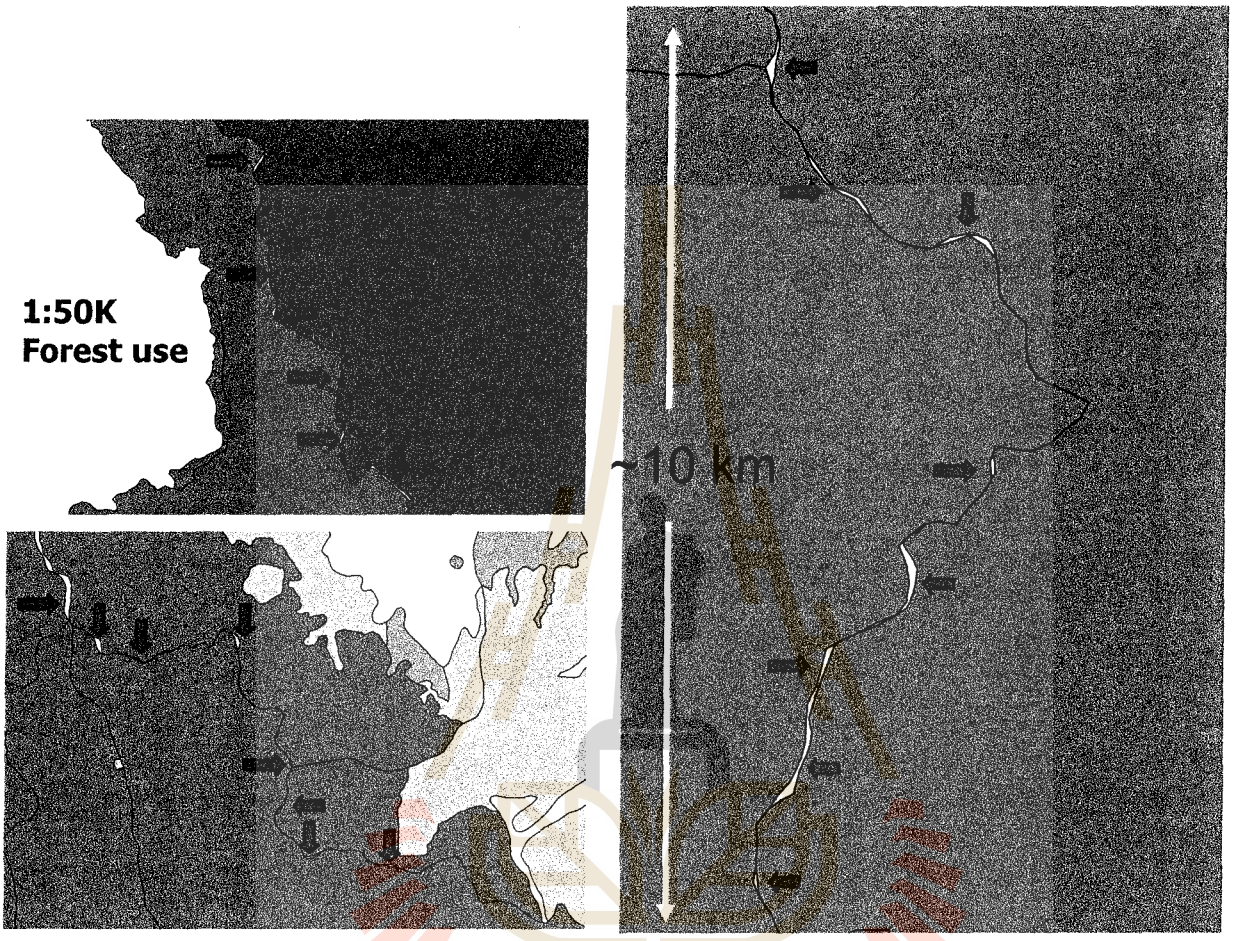
2) ขอบเขตพื้นที่หน่วยย่อย (Spatial tile design) เป็นการกำหนดขอบเขตย่อยเพื่อแบ่งพื้นที่เป็นให้สัดส่วน และแยกกันนำเข้าให้มีกรอบคุณสมบัติในทุกๆด้านเป็นเช่นเดียวกันตามที่ได้รับการออกแบบไว้ เมื่อแล้วเสร็จในแต่ละส่วน สามารถนำมารวมเป็นชั้นข้อมูลร่วมกันได้ในภายหลัง ตัวอย่างเช่น การแบ่งพื้นที่การจัดทำชั้นข้อมูลเป็นภาค เป็นจังหวัด หรือเป็นระวางตามแผนที่ฐาน **ข้อที่ควรระวังคือ** ในการกำหนดขอบเขตย่อยควรมีชั้นข้อมูลต้นแบบครอบคลุมพื้นที่ทุกเขตในชั้นข้อมูลเดียว ขอบเขตย่อยที่ใช้แยกกันไปนำเข้าจะได้จากการ copy ออกมาจากชั้นข้อมูลดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อเป็นการประกันว่าเมื่อนำมาต่อกันในภายหลังจะเข้ากันได้สนิท มีขอบเขตเป็นแบบเดียวกันทั้งหมดในทุกชั้นข้อมูลในฐาน

3) ออกแบบพจนานุกรมข้อมูลเชิงอรรถ (Defining attribute data dictionary) ในปัจจุบันนิยมออกแบบเป็นฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (relational database) โดยออกแบบให้มีความสัมพันธ์กันระหว่างองค์ประกอบของข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถในรูปของระเบียนในตารางข้อมูลจริง (actual data table) ซึ่งจะเชื่อมต่อไปยังระเบียนในตารางค้นหา (look up table) อีกต่อหนึ่งหากมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันตามที่ออกแบบไว้ โดยใช้ค่าในสดมภ์ที่เป็นกุญแจหลัก (primary key) และกุญแจนอก(foreign key) เป็นค่ากำกับการเชื่อม ซึ่งมักจะเป็นค่า IDs ขององค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะ (class) นอกจากนี้ ในแต่ละสดมภ์ของตารางควรได้รับการออกแบบอย่างชัดเจนว่าจะจัดเก็บข้อมูลประเภทใด มีความกว้างของสดมภ์เท่าใด ด้วยเหตุนี้การให้ ID จึงควรจัดทำเป็นระบบแบบอย่างเดียวกันทั้งชนิดของข้อมูล(เช่น text หรือ ตัวเลขจำนวนเต็ม)และความกว้างของข้อมูล ตัวอย่างการจัดทำพจนานุกรมข้อมูลดูได้จาก Geological Survey Division (1998) และ สัญญา สราภิรมย์และคณะ (2548)

4) การปรับข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าสู่มาตรฐาน (spatial data normalization) เป็นการจัดทำชั้นข้อมูลต้นแบบ (master template) โดยรวบรวมว่ามีองค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่หรือบางส่วนขององค์ประกอบ เช่น เส้นขอบเขตแหล่งน้ำและขอบเขตการใช้ที่ดิน เส้นรอยเลื่อนผิดวิสัยและขอบเขตหน่วยหินในข้อมูลธรณีวิทยา เส้นทางน้ำกับขอบเขตการปกครอง เหล่านี้เป็นตัวอย่างข้อมูลเส้นและรูปปิดที่ใช้ร่วมกันในระหว่างชั้นข้อมูลต่างๆ ซึ่งควรจะได้ทำการนำเข้าและจัดทำเป็นชั้นข้อมูลต้นแบบแล้วจึงสำเนาไปใช้นำเข้าข้อมูลด้านต่างๆที่มีองค์ประกอบเชิงพื้นที่ร่วมกัน ทั้งนี้เพื่อขจัดปัญหาการนำเข้าซ้ำซ้อนและปัญหาที่จะเกิดขึ้นในขณะนำชั้นข้อมูลมาต่อกันหรือเมื่อใช้งานแบบซ้อนทับชั้นข้อมูลต่างๆเข้าด้วยกัน ซึ่งไม่จัดทำตามขั้นตอนนี้จะทำให้เกิด sliver (รูปปิดเล็กๆที่ไม่มีความหมายเกิดขึ้นมากมาย) ดังรูปที่ 6.3

5) เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Tolerance definition) เป็นคุณสมบัติส่วนสำคัญของฐานข้อมูลที่กำหนดว่าความผิดพลาดในแบบต่างๆที่เกิดจากการสร้างชั้นข้อมูลจะต้องไม่เกินระดับที่ยอมรับได้ ความผิดพลาดที่ใช้ในการจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่มีอยู่หลายค่า (Sarapirome *et al.*, 2001) ที่สำคัญ ได้แก่

CMT(coordinate movement tolerances) MSU(minimum spatial unit) RMSE(root mean square error)



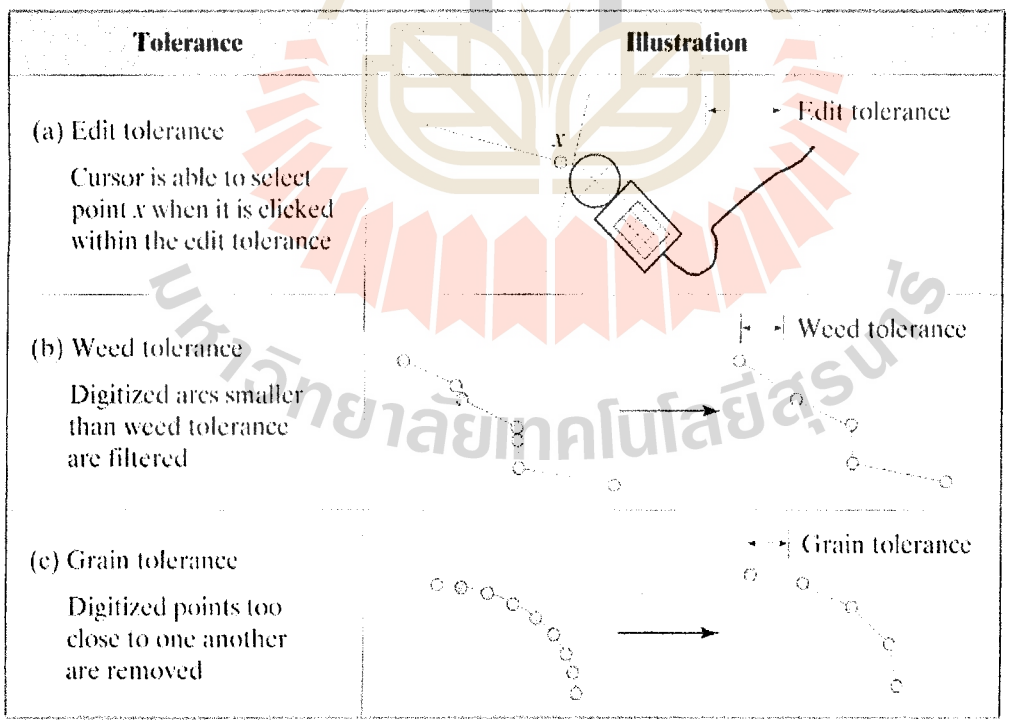
รูปที่ 6.3 slivers ซึ่งเป็นรูปปิดที่ไม่มีความหมายเกิดจากการ digitize ซ้ำซ้อน ทำให้การซ้อนทับหรือต่อกันไม่สนิท

CMT เป็นค่าความแตกต่างของพิกัดที่อ่านได้ที่จุดๆหนึ่งในชั้นข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบกับค่าพิกัดจริง ณ จุดนั้นบนผิวโลก ค่าความคลาดเคลื่อน CMT ที่ยอมรับได้จะแปรเปลี่ยนไปตามมาตราส่วนของข้อมูล เช่น สำหรับแผนที่มาตราส่วน 1:150k ควรมีค่า CMT ไม่เกิน 12.5 เมตร (Committee for Specifications and Standards of the American Society of Photogrammetry, 1983)

ค่า SMU เป็นขนาดของรูปปิดที่เล็กที่สุดที่สามารถปรากฏอยู่ในแผนที่แต่ละมาตราส่วนและมีข้อมูลเชิงอรรถกำกับได้อย่างถูกต้องและสื่อความหมายได้อย่างชัดเจน Lillesand and Kiefer (1979) แนะนำว่าในแต่ละมาตราส่วนควรมีขนาดไม่เล็กกว่า 2.5x2.5 มม. โดยประมาณเท่ากันทุกมาตราส่วน ทว่า ESCAP(1996) แนะนำว่าขนาดของ SMU ควรจะลดลงได้ถึง 1x1 มม. ซึ่งเป็นข้อดีของการใช้เทคโนโลยี GIS ที่สามารถขยายและย่อได้ตามต้องการเมื่อนำเข้าและแสดงผล

RMSE เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้สำหรับการกำหนดพิกัดลงในชั้นข้อมูลผ่านทางจุดควบคุม (control points) โดยเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้มาจากความแตกต่างของค่า x และ y ณ จุดที่ใช้ควบคุมที่เป็นค่าจริงกับค่าที่คำนวณได้จากสมการที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงจากชุดของพิกัดหนึ่งไปยังอีกชุดหนึ่ง เช่น เป็นการถ่ายโอนจากพิกัดของโต๊ะสำหรับการนำเข้าข้อมูลด้วยวิธีการ digitization มาเป็นพิกัดบนพื้นโลกจริงๆในชั้นข้อมูล ค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์ของสมการที่ใช้ในการถ่ายโอนคำนวณได้จากค่า x และ y ที่เป็นคู่เทียบซึ่งปกติจะใช้ 4 จุด ซึ่งเป็นการเทียบความสัมพันธ์ค่า x และ y จากระบบพิกัดของโต๊ะนำเข้าหรือจากข้อมูลที่ scan ได้จากแผนที่ต้นแบบ กับค่า x และ y ของระบบพิกัดที่ใช้จริงบนพื้นโลก โดยความสัมพันธ์นี้อาจจะเป็นสมการแบบเส้นตรงหรือ polynomial ก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม ค่า RMSE เป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จาก $((x_{org}-x_{est})^2 + (y_{org}-y_{est})^2)^{1/2}$ ณ จุดควบคุมทั้ง 4 จุด x_{org} และ y_{org} เป็นค่าพิกัดจากโต๊ะนำเข้าหรือจากข้อมูลที่ scan ได้จากแผนที่ต้นแบบ ส่วน x_{est} และ y_{est} เป็นค่าที่คำนวณได้จากสมการการถ่ายโอน โดยจุดที่ใช้เทียบเป็นจุดเดียวกัน (ESRI,1994a; Jensen,1986)

นอกจากที่กล่าวแล้ว ยังมีเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้อีกหลายค่าที่ใช้ในขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ (digitization) ดังตัวอย่างในรูปที่ 6.4 ซึ่งสามารถปรับได้ตามความเหมาะสมในขณะทำการนำเข้าและการปรับแก้ไข เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ตัวอื่นๆ เช่น fuzzy tolerance, dangle length, และ snap distance สามารถดูรายละเอียดดูได้จาก ESRI(1994)



รูปที่ 6.4 ตัวอย่างเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ใช้ในขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ (Lo and Yeung, 2002, p.196)

6) การเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถ (Spatial and non-spatial data linkage) เป็นการเชื่อมต่อความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่และตารางข้อมูลจริง (actual data table) ของข้อมูลเชิงอรรถโดยใช้ feature ID ของข้อมูลเชิงพื้นที่เป็น key ในการเชื่อม และยังเป็นการเชื่อมโยงระหว่างระเบียนของตารางข้อมูลจริงกับตารางข้อมูลค้นหา (LUT) หรือเชื่อมต่อระหว่างตารางข้อมูลค้นหาด้วยกันอีกต่อหนึ่ง โดยกำหนดชนิดของความสัมพันธ์ในการเชื่อมโยงไว้ว่าเป็น one-to-one, one-to-many, many-to-one, และ many-to-many

6.4 การออกแบบเชิงกายภาพ (Physical design)

การออกแบบในขั้นตอนนี้เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของฮาร์ดแวร์ ซอฟท์แวร์ และ operating system โดยตรงที่ควรจะได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับฐานข้อมูลที่จะพัฒนาขึ้น โดยดูจากปริมาณข้อมูล ความถี่ของการใช้งาน จำนวนผู้ใช้ อัตราการเติบโตของข้อมูลและการใช้งาน การสร้างเครือข่ายภายในและภายนอกองค์กร

1) ความจุของสื่อสำหรับจัดเก็บข้อมูล (Disk space) ในปัจจุบันปัญหาด้านนี้ไม่เป็นเช่นในอดีต เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าในการผลิตฮาร์ดแวร์ โดยเฉพาะฮาร์ดดิสค์ สามารถทำให้มีความจุได้สูงมาก และราคาไม่แพง ถึงแม้จะเป็นที่ทราบกันดีว่าฐานข้อมูล GIS จะมีการพัฒนาไม่จบสิ้น แต่การจัดหาสื่อสำหรับจัดเก็บข้อมูลให้เหมาะสมกับปริมาณข้อมูลที่จะมีในการพัฒนาฐานข้อมูล GIS ก็ไม่ใช่ปัญหาใหญ่เมื่อเทียบกับที่ต้องจัดเตรียมไว้สำหรับข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลที่มีเพิ่มขึ้นทุกวัน ทุกสัปดาห์และเดือน ฐานข้อมูล GIS จะมีขนาดใหญ่ขึ้นตามมาตราส่วนของข้อมูลที่ใหญ่ขึ้น จำนวน features ในพื้นที่ขนาดเท่าเดิมจะมากขึ้น ชั้นข้อมูลที่สร้างขึ้นระหว่างการพัฒนาหรือที่ได้จากการวิเคราะห์ให้เกิดชั้นข้อมูลใหม่ (derivatives) จะมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยอาจมีจำนวนมากกว่าชั้นข้อมูลจริงได้ถึง 3-4 เท่า จำนวนผู้ใช้และเนื้อที่สำรองสำหรับผู้ใช้ภายในองค์กรเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึง อย่างไรก็ตามหน่วยงานต่างๆ ในปัจจุบันมักจะจัดสรรสถานีงานที่มีเนื้อที่จัดเก็บข้อมูลอย่างเพียงพอให้กับผู้ใช้ภายในองค์กร

2) ปริมาณข้อมูล (Load of database) ในฐานข้อมูลจะมาจากจำนวนชั้นข้อมูลในฐานข้อมูล มีจำนวน feature ในแต่ละชั้นข้อมูลเป็น feature แบบใด จุดหรือเส้นหรือรูปปิด เหล่านี้เป็นสิ่งที่คาดคะเนได้ไม่ง่าย แต่อาจจะเปรียบเทียบกับขนาดของฐานข้อมูลที่เคยมีการพัฒนามาแล้วโดยเฉพาะฐานข้อมูลที่มีชนิดของข้อมูลที่ไม่แตกต่างกัน

3) การเข้าถึงและความเร็วในการประมวลผล (Access and speed) ในการประมวลผลและแสดงผลสำหรับชั้นข้อมูล GIS โดยทั่วไปจะไม่ให้ผลแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นเมื่อทำกับชั้นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่มากๆ เช่น ชั้นข้อมูลเส้นชั้นความสูงในมาตราส่วน 1:50k ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ หน่วยความจำและความเร็วของการประมวลผลจึงเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษสำหรับการทำงานกับฐานข้อมูล GIS

4) การจัดระเบียบข้อมูลและแฟ้มข้อมูล (File and data organization) GIS package แต่ละ package จะมีรูปแบบและโครงสร้างภายในไฟล์ที่จัดเก็บข้อมูลของตัวเอง ทำให้ความต้องการใช้เนื้อที่ในการจัดเก็บอาจจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญได้เมื่อใช้ GIS package ที่ต่างกัน รูปแบบการจัดเก็บสำหรับหนึ่งชั้นข้อมูลอาจจะเป็นไฟล์เดียวหรือชุดของไฟล์ก็ได้ โดยผู้ใช้อาจจะเห็นโครงสร้างเหล่านั้นหรือไม่ก็ได้

5) รูปแบบข้อมูลเพื่อการแลกเปลี่ยน (Gateway format) ระหว่างข้อมูลต่างฐานที่ใช้ GIS package ต่างกันเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกใช้ GIS package สำหรับการพัฒนาฐานข้อมูล แต่เดิมการแลกเปลี่ยนมักจะต้องส่งแฟ้มข้อมูลออกมาในลักษณะของ "flat file" ซึ่งเมื่อจะนำไปใช้งานต่อสำหรับ GIS package ต่างชนิด ก็จะมีการแปลงรูปแบบข้อมูลให้เป็นของ package นั้นๆอีกต่อหนึ่ง แต่ในปัจจุบันสำหรับ GIS package ที่มีชื่อเสียงอยู่ในตลาดมานานและลูกค้าหรือผู้ใช้มีความเชื่อในการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจะได้รับการยอมรับจาก package อื่นๆ จึงมีการส่งออกด้วยการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของ package นั้นโดยตรง เพื่อเป็นการให้ความสะดวกกับผู้ใช้

6) Platform ที่ใช้ (Platform-related aspect) ในอดีตถ้าจะทำการพัฒนาฐานข้อมูล GIS ให้กับองค์กร มักจะมุ่งเป้าไปที่ระบบปฏิบัติการ UNIX บน workstation ซึ่งทำหน้าที่เป็นแม่ข่าย และสำหรับในระดับโครงการธรรมดาให้ใช้ระบบปฏิบัติการ Windows บน PC ที่มีประสิทธิภาพ (high end) แต่ปัจจุบันนี้ช่องว่างระหว่างสองระบบแคบเข้ามามากแล้ว ทำให้ระบบปฏิบัติการ Windows บน PC ที่มีประสิทธิภาพมากๆ จะสามารถรองรับฐานข้อมูล GIS ขององค์กรได้ในระดับหนึ่งและมีข้อดีคือเป็นระบบที่สามารถควบคุมดูแลได้ง่ายกว่า ซึ่งช่วยขจัดปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนผู้ดูแลระบบที่มีความสามารถสูงๆซึ่งมักจะเกิดขึ้นเป็นประจำกับระบบปฏิบัติการ UNIX

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการออกแบบฐานข้อมูล GIS แต่ละประเภทมีหลายขั้นตอน ตำราแต่ละเล่มอาจมีการจัดขั้นตอนต่างๆเหล่านี้ไว้ในการออกแบบแต่ละประเภทแตกต่างกันไปบ้าง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 7
การนำเข้าข้อมูล GIS

เมื่อจะทำการสร้างฐานข้อมูล GIS ตามที่ออกแบบไว้ ข้อมูลจากแหล่งต่างๆจะถูกนำมาใช้ในการนำเข้าเพื่อสร้างเป็นชั้นข้อมูล ที่ประกอบไปด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถ ข้อมูลทั้งสองประเภทนี้สามารถสร้างขึ้นเป็นฐานข้อมูล ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกันได้เพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลเมื่อใช้งาน หลังจากนั้นอาจมีการจัดการฐานข้อมูล GIS เพื่อให้สะดวกในการจัดเก็บและเรียกใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

7.1 แหล่งที่มาของข้อมูล

แหล่งที่มาของข้อมูลที่ดีสามารถใช้สำหรับการนำเข้าสู่ฐานข้อมูล GIS มีหลายชนิด ได้แก่

- *สิ่งพิมพ์ที่อยู่ในรูปของเอกสารรายงาน* และแผนที่กระดาษที่มีมาตราส่วนแน่นอน มีจุดพิกัดอ้างอิง ผลิตขึ้นมาจากกระบวนการทาง cartography จากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ ใช้กับโต๊ะนำเข้าข้อมูลโดยตรง หรือทำการกราดภาพให้เป็นข้อมูลดิจิทัลก่อนแล้วจึงใช้สำหรับการนำเข้า ถ้าผ่านทางโต๊ะนำเข้าข้อมูลโดยตรงจะต้องผ่านกระบวนการกำหนดพิกัดด้วยจุดควบคุมก่อน เพื่อให้ชั้นข้อมูล GIS ที่ digitize ได้ มีพิกัด
- *ข้อมูลกราดภาพ(scanned data)* ที่ได้ในรูปดิจิทัลเหมาะที่จะใช้เป็นพื้นในการ digitize จากจอคอมพิวเตอร์โดยตรง ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่นิยมมากกว่าการนำเข้าผ่านทางโต๊ะ digitizer ซึ่งใช้เวลานานและมีขั้นตอนยุ่งยากกว่า ตลอดจนการเสียค่าบำรุงรักษาเพิ่มมากขึ้นโดยไม่จำเป็น เรามักจะกำหนดพิกัดให้กับข้อมูลกราดภาพก่อนแล้วจึงทำการ digitize เพื่อที่จะได้ชั้นข้อมูล GIS ที่มีพิกัดกำกับ การ digitize บนจอภาพโดยใช้ซอฟท์แวร์ GIS หรือซอฟท์แวร์เฉพาะเพื่อการนี้โดยตรง จะเปิดโอกาสให้เลือกทำการ digitize แบบ tracing หรือแบบ manual ก็ได้ ช่วยในการประหยัดเวลาได้มาก
- *ข้อมูลสำรวจระยะไกล* เป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญ ข้อมูลเฉพาะทางหลายด้านเราสามารถสกัดได้จากข้อมูลสำรวจระยะไกล อาจจะใช้ซอฟท์แวร์สกัดได้แบบอัตโนมัติ (automate classification) หรือโดยการ digitize ด้วยมือจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ สำหรับข้อมูลสำรวจระยะไกลที่มีพิกัดแล้ว ชั้นข้อมูล GIS ที่สกัดได้จะรับพิกัดจากข้อมูลสำรวจระยะไกลโดยตรง
- *ข้อมูลภาคสนามและ GPS* จะเป็นข้อมูลจุดหรือเส้นที่มีพิกัดกำกับพร้อมด้วยข้อมูลเชิงอรรถที่สำรวจได้จากสนาม ข้อมูลเหล่านี้เราสามารถแปลงให้เป็นชั้นข้อมูล GIS ได้ แต่จะต้องทำการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่ซอฟท์แวร์ที่ใช้ต้องการเสียก่อน
- *ข้อมูลจากเว็บไซต์* ในอนาคตคาดว่าข้อมูลจากแหล่งนี้จะได้รับความสนใจมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเราสามารถ download มาใช้งานได้เลยหรืออาจจะต้องปรับแต่งให้เข้ากับลักษณะโดยรวมของฐานข้อมูลที่กำลังพัฒนา ถ้าข้อมูลอยู่ในรูปของ image ที่ไม่มีพิกัดกำกับ หรือไม่ใช่ในรูปของชั้น

ข้อมูล GIS ที่มี features ต่างๆแยกออกจากกันได้ จะต้องทำการแปลงใหม่ให้เป็นชั้นข้อมูล GIS ที่ใช้ในงานวิเคราะห์ต่อเนื่องได้ โดยจะต้องผ่านกระบวนการเช่นเดียวกับที่ใช้กับข้อมูลกราดภาพ

7.2 การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่

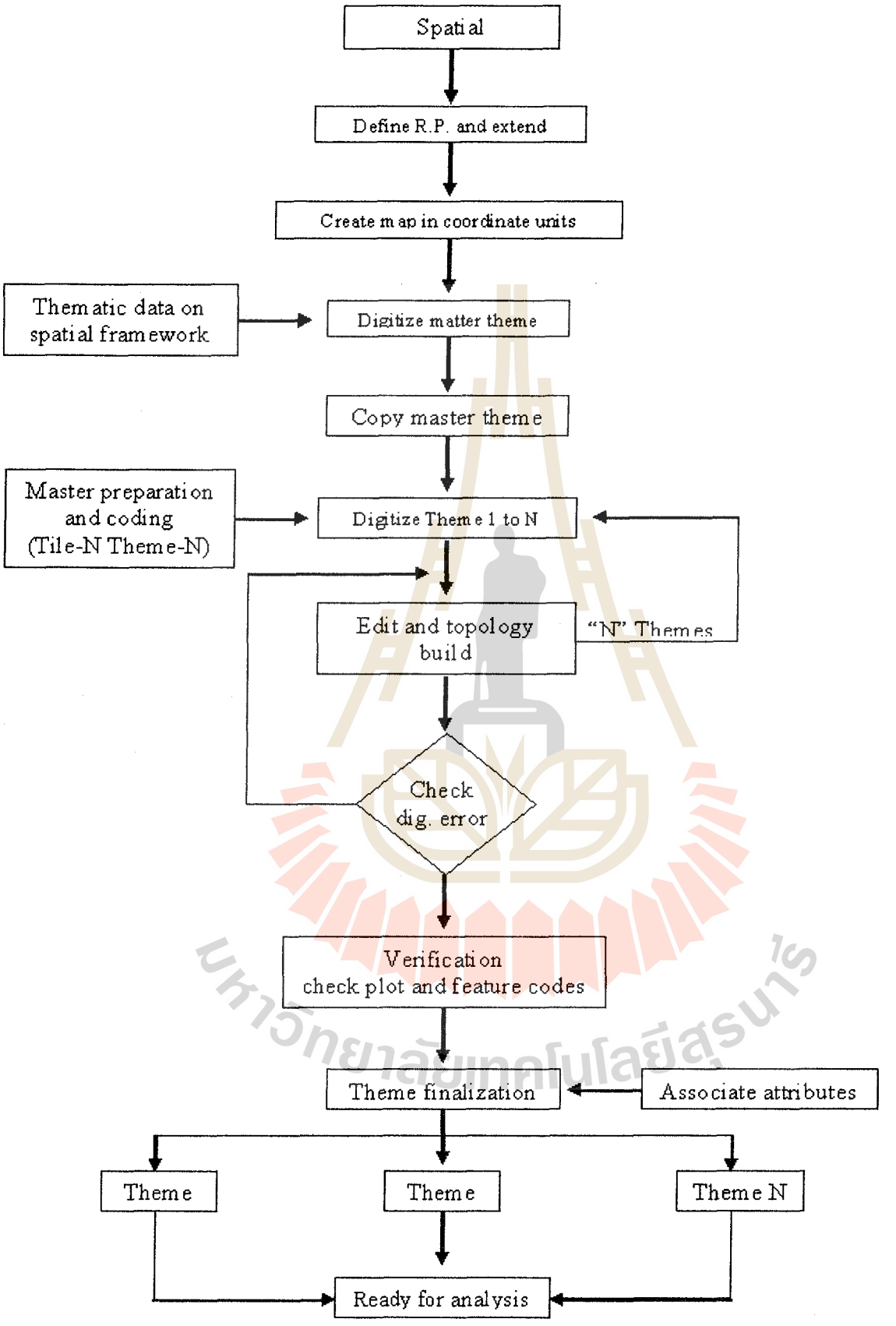
จากที่กล่าวข้างต้น จะเห็นว่ากระบวนการนำเข้าข้อมูล GIS จะมีความแตกต่างกันไปตามแหล่งที่มาของข้อมูล ในหลายกรณีจะมีขั้นตอนบางขั้นตอนที่จะต้องทำแบบเดียวกัน เช่น กระบวนการกำหนดพิกัดด้วยจุดควบคุมให้กับข้อมูลต้นแบบ (registration) ในที่นี้จะกล่าวเน้นถึงขั้นตอนต่างๆในการนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีแหล่งข้อมูลมาจากแผนที่สิ่งพิมพ์ (รูปที่ 7.1) ซึ่งอาจจะมีข้อมูลจากแหล่งอื่นที่จะต้องผ่านกระบวนการบางขั้นตอนในการนำเข้าเป็นเช่นเดียวกัน ปะปนอยู่บ้าง

1) การสร้างกรอบข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data frame creation) โดยการกำหนดชุดของจุดที่ใช้ในการควบคุมการกำหนดค่าพิกัดของฐานข้อมูล กำหนดระบบพิกัดที่จะใช้ กำหนดขอบเขตของพื้นที่ เช่น ขอบเขตประเทศหรือภูมิภาค เป็นต้น ตลอดจนทำการจำแนกองค์ประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่ออกเป็นชั้นข้อมูลตามลักษณะขององค์ประกอบ (ดูข้อ 2) หัวข้อ 6.2)

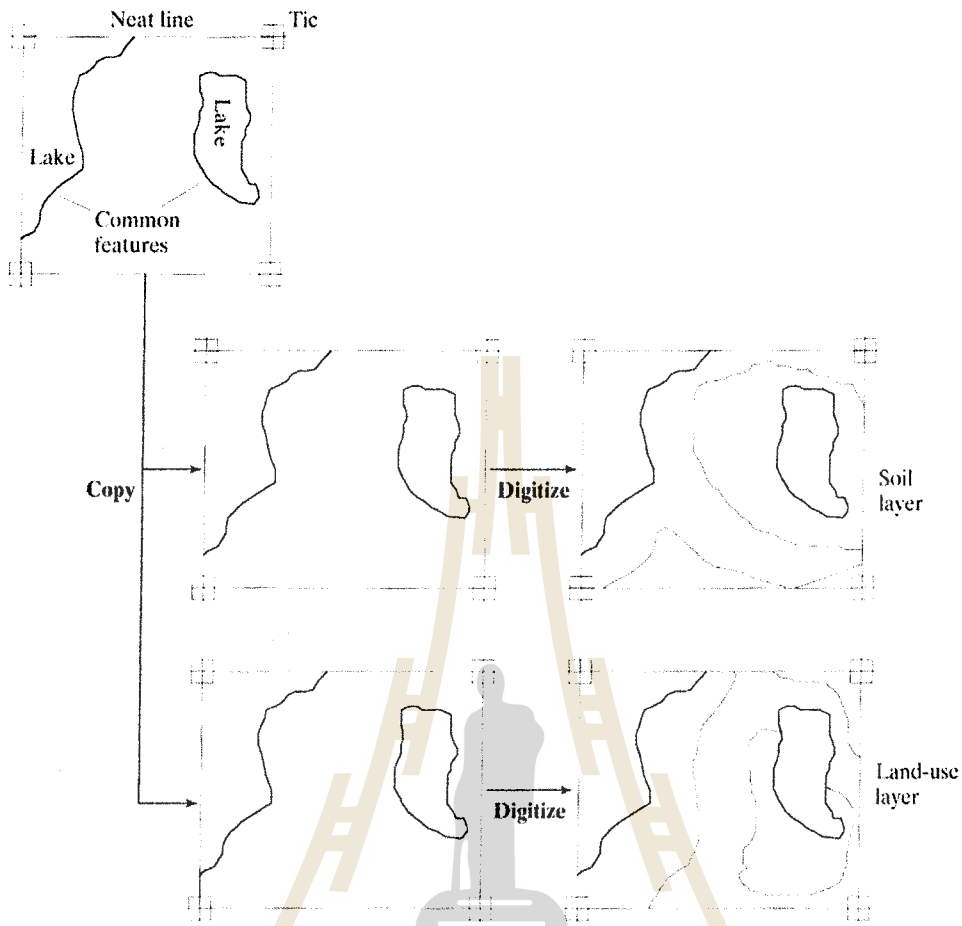
2) การจัดทำชั้นข้อมูลต้นแบบ (Master template creation) หรือชั้นข้อมูลอ้างอิงที่ได้จากการตรวจชั้นข้อมูลทั้งหมดว่ามีข้อมูลจุด เส้น หรือ รูปปิดใดบ้างที่ซ้ำกัน อาจจะทั้ง feature หรือเป็นเพียงบางส่วนก็ได้ นำส่วนที่ซ้ำกันมาจัดทำเป็นชั้นข้อมูลอ้างอิง แล้วจึงสำเนาไปสร้างเป็นชั้นข้อมูลต่างๆ (รูปที่ 7.2) ต่อไป ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าจะไม่มีการ digitize ซ้ำซ้อนมากกว่าหนึ่งครั้งในกรณีดังกล่าว ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้อ 4) หัวข้อ 6.3

3) การจัดตรียมแผนที่ต้นแบบของแต่ละชั้นข้อมูล (Thematic map manuscript preparation) ในอดีตจะทำการเตรียมแผนที่ต้นแบบพร้อมด้วยชุดของจุดที่ใช้ในการควบคุมการกำหนดค่าพิกัด แบบแผ่นต่อแผ่นบนแผ่นใส (mylars) เพื่อนำเข้าด้วยวิธี digitization ให้ได้เป็นชั้นข้อมูล GIS แต่ละชั้นข้อมูล ในขั้นตอนนี้ควรเตรียมวิธีการกำหนด ID หรือ label ให้กับ features เชิงพื้นที่ที่จะนำเข้าด้วย

4) การแปลงข้อมูลเป็นดิจิทัล (Digitization features) จากแผนที่ต้นแบบ ทำได้โดยการวางแผนที่ต้นแบบที่เตรียมไว้บนโต๊ะนำเข้า(digitizing table)ดังรูปที่ 3.7 จากนั้นจึงทำการกำหนดจุดควบคุมพิกัดและจัดเตรียมสมการการถ่ายโอนค่าพิกัด เพื่อรองรับข้อมูลที่จะนำเข้า โดยจะทำการถ่ายโอนจากระบบพิกัดของโต๊ะหรือของข้อมูลกราดภาพจากแผนที่ต้นแบบมาเป็นระบบพิกัดของชั้นข้อมูล GIS ที่จะได้จากการ digitize เราสามารถเลือกระบบพิกัดได้ตามต้องการ เช่น ระบบ UTM โซน 47 ที่มีมูลฐานเป็น WGS84 ในการจัดเตรียมสมการ จะต้องทำการทดสอบเกณฑ์ความคลาดเคลื่อนให้ได้ค่า RMSE ที่ยอมรับได้(ดูในข้อ 5) หัวข้อ 6.3) แล้วจึงทำการนำเข้าข้อมูลด้วยการ digitize ข้อมูลทีละ feature พร้อมกำหนด ID ของแต่ละ feature (labeling)



รูปที่ 7.1 ขั้นตอนต่างๆในการนำเข้าข้อมูลจากแผนที่สิ่งพิมพ์ให้เป็นชั้นข้อมูล GIS (~~Escape~~ ESCAP, 1996, p. 57)



รูปที่ 7.2 การจัดทำชั้นข้อมูลต้นแบบ (Lo and Yeung, 2002, p.191)

สมการที่นิยมใช้ในการแปลงพิกัด เป็นสมการเส้นตรงแบบ multivariates (สมการ 7.1 และ 7.2) ซึ่งเหมาะที่จะใช้กับพื้นที่ที่มีสัณฐานค่อนข้างราบเพียงอย่างเดียว หรือ เป็นพื้นที่ที่ความสูงต่ำซับซ้อนเพียงอย่างเดียว จากสมการจะเห็นว่าเราต้องการจุดควบคุมการกำหนดพิกัดอย่างน้อย 3 คู่ สมการ polynomial เหมาะกับพื้นที่ที่มีสัณฐานหลายๆแบบปะปนกันอยู่ อย่างไรก็ตาม ซอฟท์แวร์ GIS โดยทั่วไปนิยมใช้สมการเส้นตรงในการแปลงพิกัด และมักจะไม่มีสมการแบบอื่นให้เลือก

$$x' = a_0 + a_1x + a_2y \qquad (7.1)$$

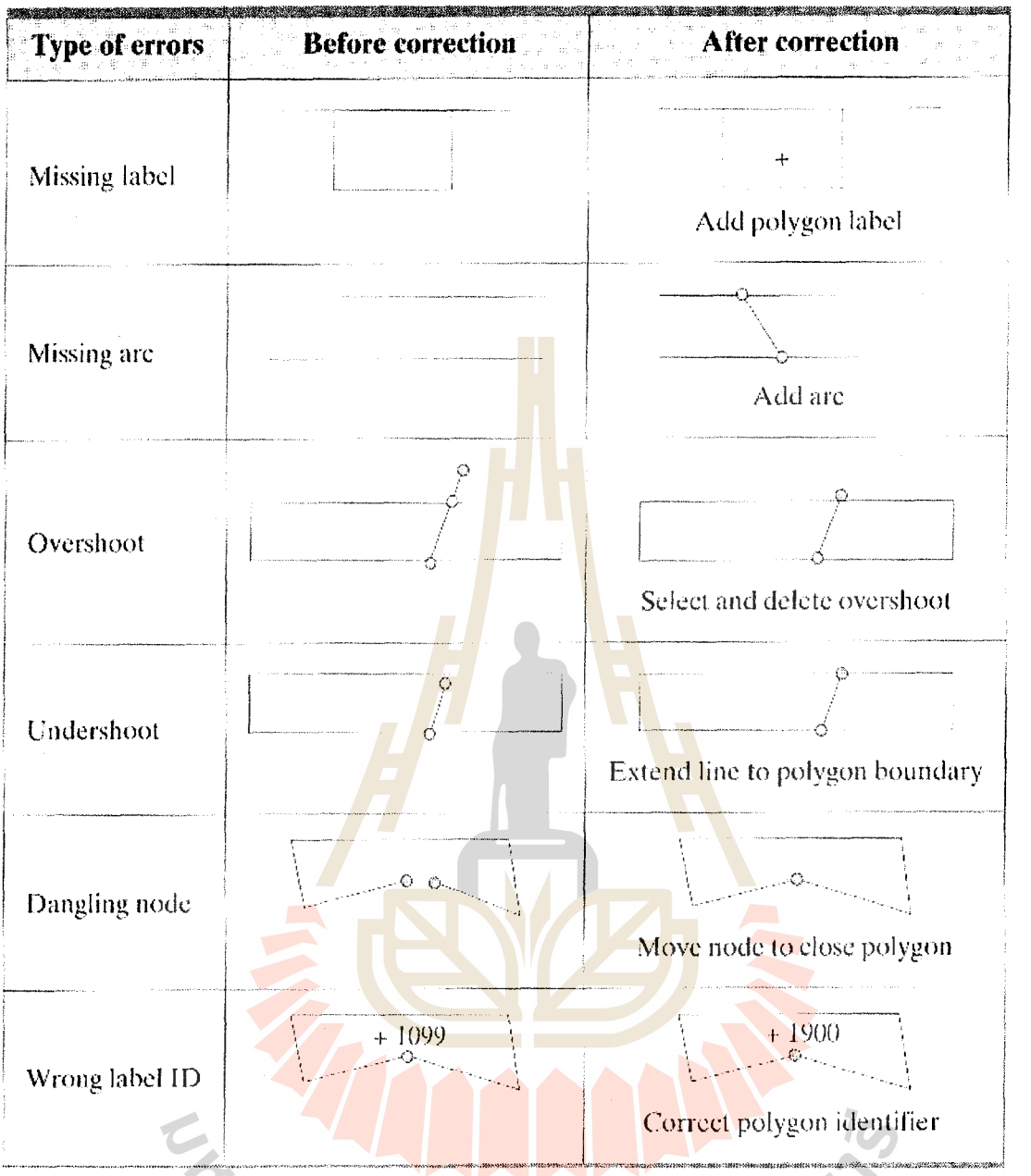
$$y' = b_0 + b_1x + b_2y \qquad (7.2)$$

x' และ y' เป็นค่าพิกัดของแผนที่หรือของชั้นข้อมูล GIS ที่ได้จากการ digitize

x และ y เป็นพิกัดของโต๊ะนำเข้าหรือข้อมูลกราดภาพหรือภาพถ่ายทางอากาศและดาวเทียม

a_0, a_1, a_2, b_0, b_1 และ b_2 เป็นค่าคงที่และค่าสัมประสิทธิ์

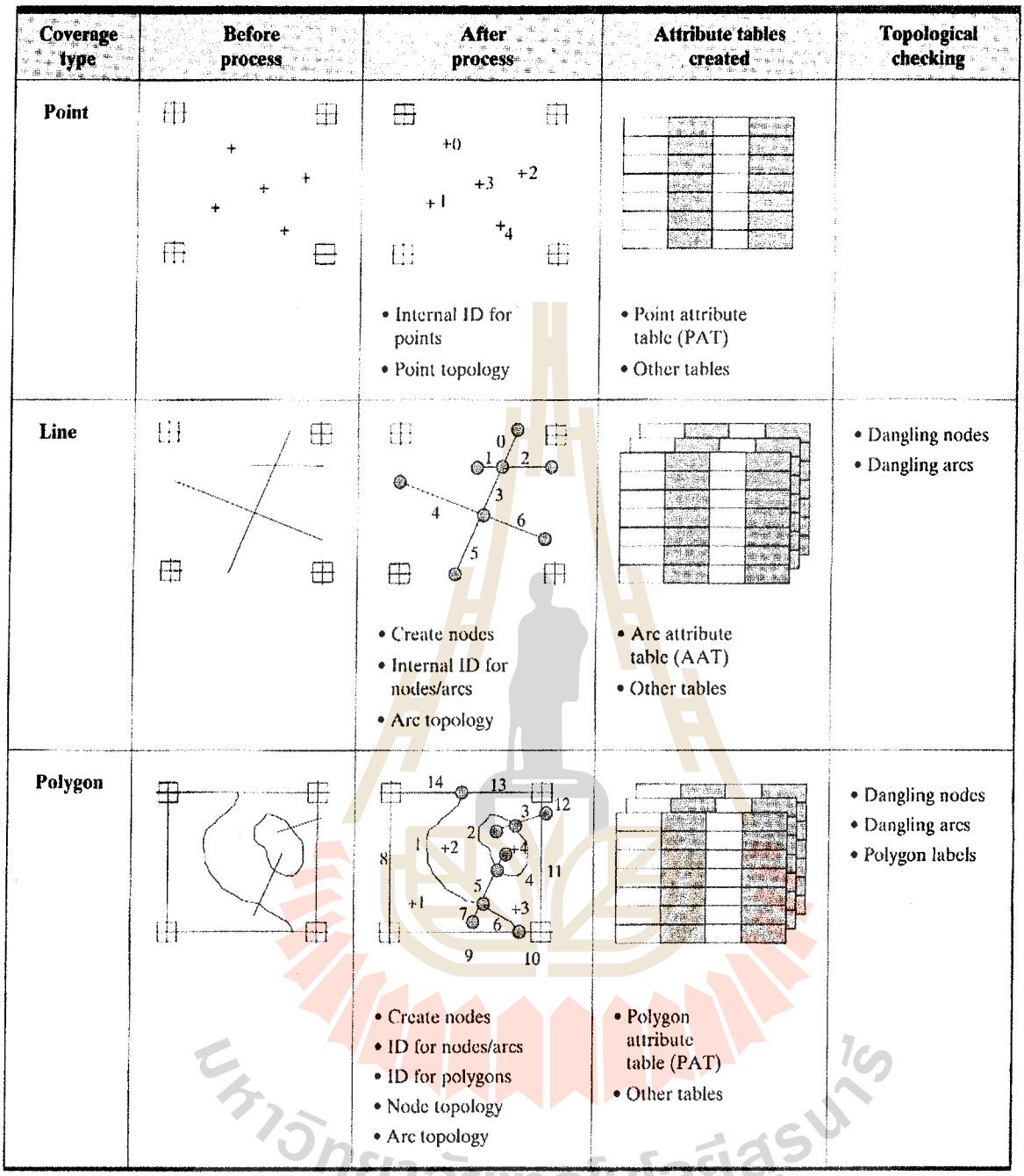
5) การปรับแก้ข้อมูล (Data editing) เป็นขั้นตอนการปรับแก้ความผิดพลาดที่เกิดจากการ digitize ซึ่งมีได้หลายแบบ ดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 7.3 เมื่อทำการปรับแก้เสร็จแล้วจึงทำการสร้าง topology ให้กับข้อมูลดิจิทัลในรูปเวกเตอร์ที่ได้ ดังรูป 7.4



รูปที่ 7.3 ตัวอย่างการปรับแก้ความผิดพลาดจากการ digitize (Lo and Yeung, 2002, p. 198)

7.3 การนำเข้าข้อมูลเชิงอรรถ

การกำหนดองค์ประกอบของข้อมูลเชิงอรรถและการออกแบบพจนานุกรมข้อมูลเชิงอรรถได้กล่าวไว้แล้วในข้อ 3) หัวข้อ 6.2 และ ข้อ 3) หัวข้อ 6.3 ในการจะเชื่อมต่อข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถให้เข้าด้วยกันได้ ID ของ features เชิงพื้นที่ ที่จะใช้เป็นตัวเชื่อมจะต้องตรงกันและเป็นประเภทของข้อมูลแบบเดียวกันทั้งในตารางข้อมูลเชิงพื้นที่และตารางข้อมูลเชิงอรรถ เช่น ต้องเป็น text เหมือนกันหรือเป็น integer เหมือนกัน ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือการตรวจสอบ class หรือ category ที่กำกับอยู่กับ features เชิงพื้นที่ ในการสร้างตารางข้อมูลเชิงอรรถตารางแรกถัดจากการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่มักจะประกอบไปด้วย field ของ ID ของ feature เชิงพื้นที่และ field ของ class ซึ่งในบางครั้งอาจบรรจุไว้ในตารางข้อมูลเชิงพื้นที่เลยก็ได้



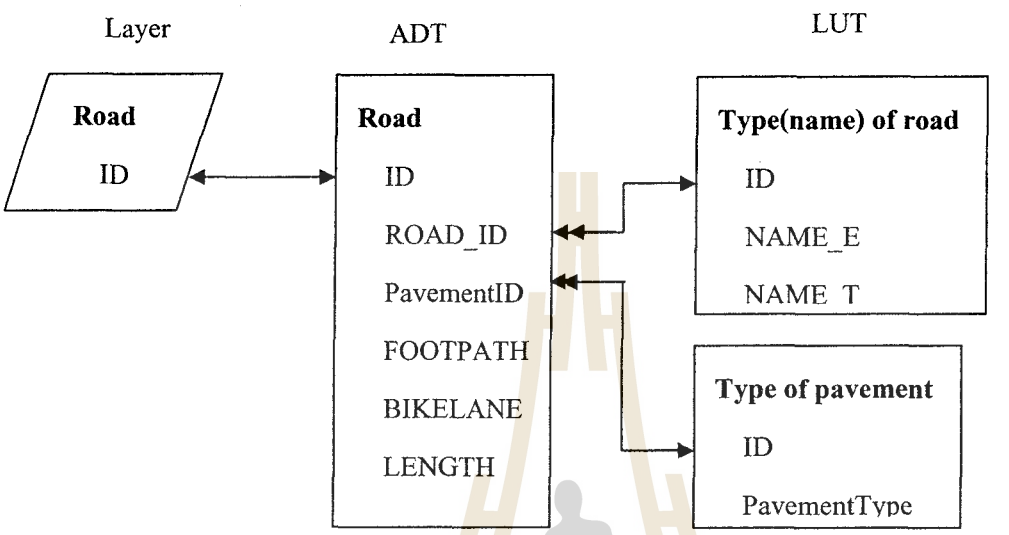
รูปที่ 7.4 ตัวอย่างการสร้าง topology ให้กับชั้นข้อมูล (Lo and Yeung, 2002, p.197)

ในการนำเข้าข้อมูลเชิงอรรถ จึงเป็นการนำเอาผลของการออกแบบเชิงตรรกะทั้งที่เป็นตารางข้อมูลจริงและตารางข้อมูลค้นหา มาสร้างให้มีโครงสร้างซึ่งประกอบไปด้วย จำนวน field ชื่อของ field ความกว้างของ field และประเภทของข้อมูลในแต่ละ field ตามที่ออกแบบไว้ จากนั้นจึงทำการนำเข้า ตัวอย่างการออกแบบตารางข้อมูลเชิงอรรถสำหรับชั้นข้อมูล Road ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีแสดงในรูปที่ 7.5 ตารางที่มีข้อมูลจริง (รูปที่ 7.6)และตารางข้อมูลค้นหา Type of pavement (รูปที่ 7.7) (สัญญา สราภิรมย์และคณะ, 2548)

Layer name: Road (ถนน)

Feature type: line

Table name: Road



Field name	Type	Width	Key
ID	Integer	5	Primary
ROAD_ID	Integer	5	Foreign
PavementID	Integer	5	Foreign
FOOTPATH	Yes/No		
BIKELANE	Yes/No		
LENGTH	Double	15,2	

Field description

Field name	Description
ID	รหัส line ถนน
ROAD_ID	รหัสชื่อถนน
PavementID	รหัสชนิดของวัสดุผิวถนน
FOOTPATH	มีทางเดินเท้า
BIKELANE	มีทางจักรยาน/มอเตอร์ไซค์
LENGTH	ความยาวของถนน(เมตร)

รูปที่ 7.5 ตัวอย่างการออกแบบตารางข้อมูลเชิงอรรถชั้นข้อมูล Road ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Attributes of Road.shp

Shape	Id	Road_id	Length	Bikelane	Footpath	Pavement
PolyLine	324	727	292.692000000	no	no	2
PolyLine	313	726	60.0501000000	no	no	2
PolyLine	315	726	207.092000000	no	no	2
PolyLine	316	726	7.05224000000	no	no	2
PolyLine	317	726	101.019000000	no	no	1
PolyLine	318	726	173.545000000	no	no	1
PolyLine	325	727	21.3971000000	no	no	1
PolyLine	326	727	29.3887000000	no	no	1
PolyLine	327	727	62.0619000000	no	no	1
PolyLine	328	727	202.080000000	no	no	1
PolyLine	1	703	397.187000000	no	no	2
PolyLine	85	718	149.413000000	no	no	2
PolyLine	86	718	113.284000000	no	no	2

รูปที่ 7.6 ตัวอย่างตารางข้อมูลเชิงอรรถชั้นข้อมูล Road ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Look up table name: Type of pavement

Field name	Type	Width	Key
ID	Integer	5	Primary
PavementType	Text	50	

Field description

Field name	Description
ID	รหัสชนิดของวัสดุพื้นผิวทาง
PavementType	ชนิดของวัสดุพื้นผิวทาง

ตารางข้อมูลค้นหา Type of pavement

ID	PavementType
1	Concrete
2	Asphalt
3	Compacted Soil
4	Mixed-size crushed rock
5	CEPAC

รูปที่ 7.7 การออกแบบตารางข้อมูลค้นหา Type of pavement พร้อมรายการชนิดของ pavement

การนำเข้าข้อมูลเชิงอรรถลงในรูปแบบของตารางอาจมีได้หลายวิธี ถ้าข้อมูลเดิมเป็นสิ่งพิมพ์ การนำเข้าจะต้องทำด้วยมือ (manually) ซึ่งใช้เวลามาก ถ้าข้อมูลเป็นดิจิทัลที่ไม่ได้อยู่ในรูปของตารางฐานข้อมูลอาจจะต้องใช้วิธีนำเข้าด้วยมือเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ format ของแฟ้มข้อมูลและ format ข้อมูลของ GIS package ว่าเอื้อให้มีการ import โดยมีฟังก์ชันสำเร็จในการแปลง format อยู่หรือไม่

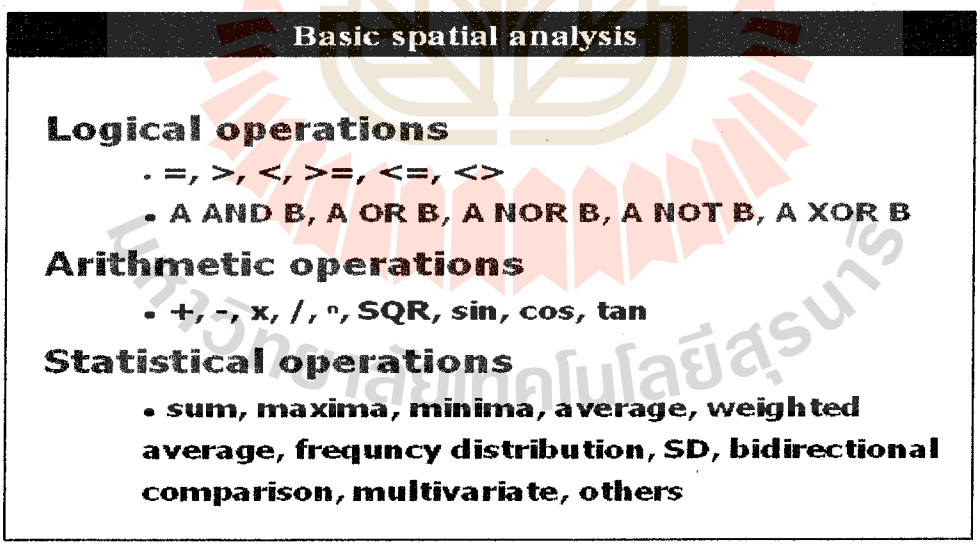
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 8
การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบเวกเตอร์

8.1 การวิเคราะห์ข้อมูล GIS

การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แตกต่างจากการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอื่นๆ เพราะว่าข้อมูล GIS มีทั้งข้อมูลเชิงอรรถเช่นเดียวกับข้อมูลอื่น ผนวกด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ ผลการวิเคราะห์ที่ได้จึงประกอบไปด้วยข้อมูลทั้งสองประเภท ซึ่งทำให้การวิเคราะห์แบบนี้มีความเด่นเหนือการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วๆไป การวิเคราะห์ข้อมูล GIS มีหลายระดับพอสรุปได้ดังนี้

1) ทำการจัดเรียง(sort)ข้อมูลเชิงอรรถเพื่อนำเสนอในรายงาน หรือนำไปใช้งานต่อเนื่องได้เช่นเดียวกับข้อมูลอื่นๆ
2) ทำการสืบค้น(search)และค้นคืน(query) features ต่างๆในข้อมูลเชิงพื้นที่ผ่านทางข้อมูลคุณสมบัติของมันในตารางข้อมูลเชิงอรรถ features ที่ได้จะมีข้อมูลเชิงอรรถทั้งหมดหรือตามต้องการติดมาด้วย
3) คำนวณหาขนาด ความยาว และระยะทางหรือระยะห่างของ features ต่างๆได้
4) ทำการทดสอบแบบบูลิน คำนวณเลขคณิตและสถิติกับข้อมูลในตารางข้อมูลเชิงอรรถได้(รูปที่ 8.1)

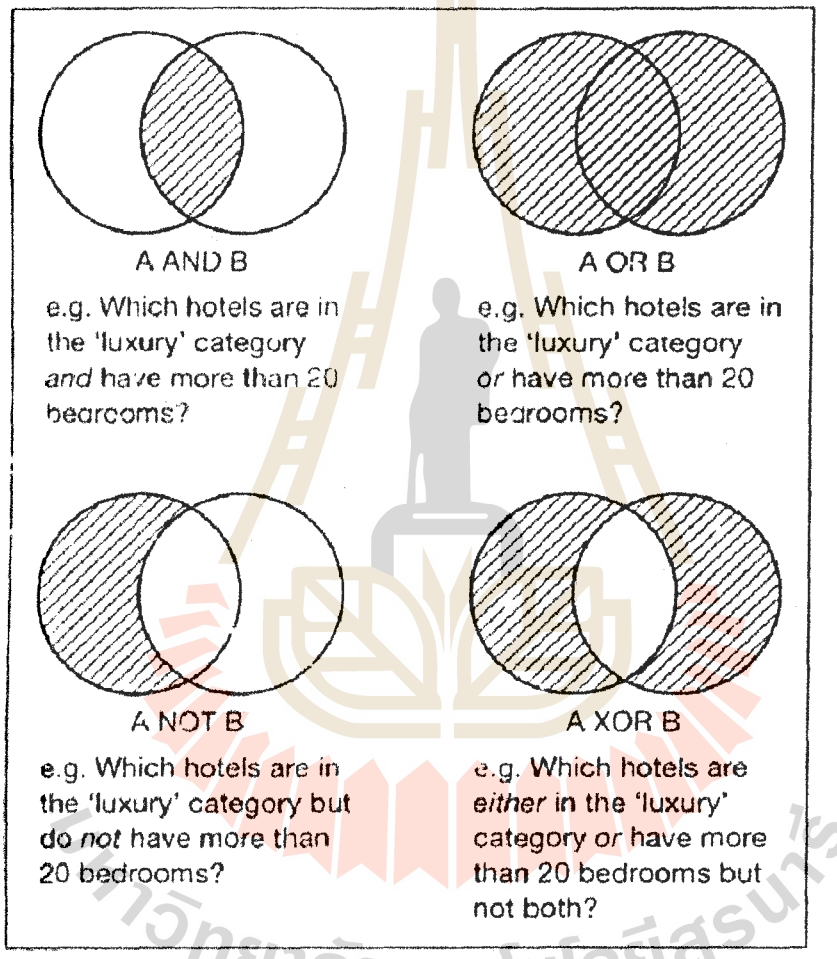


รูปที่ 8.1 การวิเคราะห์ขั้นพื้นฐานของข้อมูล GIS

5) ทำการวิเคราะห์ร่วมกัน/พร้อมกันทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถได้โดยมีผลเป็น
   - ชุดชั้นข้อมูลที่รวบรวม(compiled)ขึ้นใหม่บนฐานการใช้ข้อมูลเชิงอรรถเดิม และข้อมูลเชิงอรรถที่แปลงขึ้น(derived)ใหม่

- ชุดชั้นข้อมูลที่รวบรวม(compiled)ขึ้นใหม่บนฐานความสัมพันธ์ระหว่าง features และคุณสมบัติของมันในชั้นข้อมูลเดียวกันและในระหว่างชั้นข้อมูลด้วยการกำหนดเงื่อนไขแบบต่างๆ

การวิเคราะห์ทดสอบข้อมูลแบบบูลินอาจแสดงให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นด้วย Venn diagrams ดังแสดงในรูปที่ 8.2 ซึ่งเงื่อนไขเหล่านี้จะใช้มากในกระบวนการการค้นคืน (query)



รูปที่ 8.2 การทดสอบแบบบูลิน (Boolean operator)(Heywood et al., 2002, p. 114)

จากที่กล่าวข้างต้นจะเห็นว่าโดยความจริงแล้ว GIS ถูกสร้างขึ้นมาให้มีฟังก์ชันที่ตอบคำถามได้หลายรูปแบบ คำตอบทั้งหมดที่ได้ต้องผ่านกระบวนการในแบบต่างๆ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8.1 คำถามบางรูปแบบอาจจะใช้กระบวนการวิเคราะห์หลายๆอย่างก็ได้ เช่น ต้องการทราบว่ามีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ในจังหวัดหนึ่งๆเป็นอย่างไร คำตอบที่ได้คือมีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ที่ใดบ้าง เปลี่ยนจากการใช้พื้นที่แบบใดเป็นแบบใด ครอบคลุมพื้นที่เท่าใด บริเวณใดมีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุด การจะได้มาซึ่งคำตอบเหล่านี้จะต้องใช้กระบวนการวิเคราะห์แบบซ้อนทับ ซึ่งนอกเหนือจากการวิเคราะห์

topology ของข้อมูลเชิงพื้นที่แล้ว จะต้องใช้กระบวนการวิเคราะห์พื้นฐานแบบบูลิน เลขคณิตและสถิติมาเกี่ยวข้องด้วย

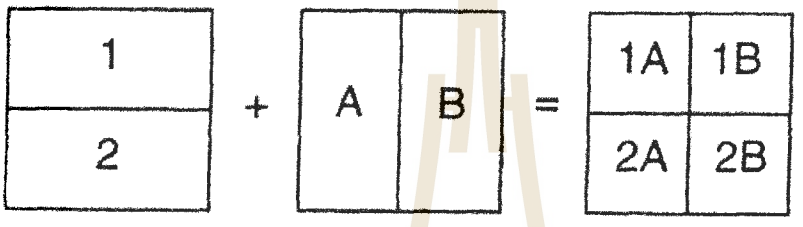
ตารางที่ 8.1 กระบวนการทาง GIS ที่ใช้ในการตอบคำถามแบบต่างๆ

รูปแบบคำถาม	กระบวนการที่ใช้ให้ได้มาซึ่งคำตอบ
1. สิ่งนั้นคืออะไร (What is at?)	1. Identify
2. สิ่งที่กำลังมองหาอยู่ที่ไหน (Where is it?)	2. Search
3. features ที่มีความสัมพันธ์ตามเงื่อนไขที่กำหนดอยู่ที่ใดบ้าง หรือ features เหล่านี้มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่อย่างไร (According to condition(s), where are they?, which data are related? and how are they related?)	3. Query with condition(s)
4. สิ่งนั้นมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลง จะเปลี่ยนอย่างไร (How has it changed?)	4. Map overlay analysis
5. ถ้าปัจจัยนี้หรือบางปัจจัยเกิดการเปลี่ยนแปลง จะเกิดอะไรขึ้น หรือถ้าสิ่งนี้จะเกิดขึ้น ปัจจัยต่างๆ จะต้องเป็นอย่างไร (What if.....?)	5. Modeling

Identify และ search เป็นกระบวนการทำงานแบบธรรมดาของการเชื่อมต่อกันระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถ โดยอาจมีคำถามว่าสิ่งนั้นในข้อมูลเชิงพื้นที่คืออะไรและมีข้อมูลเชิงอรรถเป็นคำตอบ หรือในทางกลับกันอาจถามด้วยข้อมูลเชิงอรรถว่าสิ่งนั้นอยู่ที่ใดและแสดงคำตอบได้ด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่

การค้นคืน(query) เป็นการกำหนดเงื่อนไขในข้อมูลเชิงอรรถเพื่อใช้ในการคัดเลือก features ของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ต้องการ เงื่อนไขเหล่านี้เป็นเงื่อนไขเชิงตรรกะ(logical expression) ซึ่งประกอบไปด้วย operands, logical operator และ Boolean connectors เช่น ให้ทำการคัดเลือกถนนในชั้นข้อมูล Road ที่มี pavementType = 1 AND FOOTPATH = yes หมายถึงให้ทำการคัดเลือกข้อมูลเส้นถนนที่มี field ชื่อ 'pavementType' ในตารางข้อมูลเชิงอรรถเป็นถนนที่มีพื้นทางเป็นประเภทที่ 1 ซึ่งหมายถึงพื้นทางแบบคอนกรีต (ดูรายละเอียดในรูปที่ 7.5, 7.6 และ 7.7) และใน field ชื่อ 'FOOTPATH' มีข้อมูลเป็น 'yes' หมายความว่าเส้นถนนที่ถูกเลือกจะต้องมีฟุตปาทด้วย ในกรณีเช่นนี้ 'pavementType', '1', 'FOOTPATH' และ 'yes' เป็น operands เครื่องหมาย '=' เป็น logical operator และ 'AND' เป็น Boolean connector

การวิเคราะห์แบบซ้อนทับข้อมูล(overlay analysis) เป็นการประสมข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงอรรถสองชั้นข้อมูลเข้าด้วยกันซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นชั้นข้อมูลใหม่ที่มี features เปลี่ยนแปลงไปในเชิงพื้นที่มีข้อมูลเชิงอรรถใหม่ที่ครอบคลุมข้อมูลเดิมจากทั้งสองชั้นข้อมูลและแตกต่างจาก feature ข้างเคียง (รูปที่ 8.3) การวิเคราะห์ลักษณะนี้ถ้าเป็นการซ้อนทับของชั้นข้อมูล theme เดียวกัน เช่น การใช้พื้นที่หรือการใช้ที่ดิน โดยข้อมูลที่ซ้อนทับต่างกันที่เวลาได้มาซึ่งข้อมูล จะเห็นชัดเจนว่าในแต่ละรูปปิดใหม่ที่เกิดขึ้นใหม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมอย่างไรทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงอรรถ



รูปที่ 8.3 การซ้อนทับชั้นข้อมูลทำให้ได้รูปปิดใหม่ที่มีข้อมูลเชิงอรรถเกิดจากการผสม(Chang, 2002, p.187)

การวิเคราะห์ด้วยการสร้างแบบจำลอง(GIS modeling) มีหลายรูปแบบ แต่ที่กล่าวถึงในตารางที่ 8.1 เน้นแบบจำลองที่เป็นการทำนายผลที่จะเกิดขึ้นว่าถ้าปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองเปลี่ยนแปลงไปจะได้ผลลัพธ์จากแบบจำลองเป็นอย่างไร โดยจำลองจากข้อมูลจริงที่เคยเกิดขึ้นมาแล้วในอดีต เช่น การทำนายผลผลิตของพืช การทำนายแผ่นดินถล่ม เป็นต้น หลักการที่ใช้ในการทำนายจะใช้เหตุการณ์ที่เราทราบมาแล้วจากอดีตเป็นตัวกำหนดแบบจำลองหรืออาจกล่าวได้ว่า ***"เหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นแล้วในอดีตเป็นกุญแจนำไปสู่อนาคต*** *(The past is the key to the future)"* ซึ่งหมายถึงสามารถใช้สิ่งที่เป็นไปในอดีตในการทำนายสิ่งที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นในอนาคต การศึกษาแบบจำลองในลักษณะนี้เสริมกันกับการศึกษาทางด้านธรณีวิทยาตามคำกล่าวที่ว่า ***"สิ่งที่เห็นในปัจจุบันเป็นกุญแจนำไปสู่อดีต*** *(The present is the key to the past)"* หมายถึงว่าให้สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบันว่าให้ผลอย่างไร เช่น เมื่อเกิดแผ่นดินถล่มทำให้เกิดการสะสมของชั้นตะกอนรูปพัดที่เราสังเกตรูปทรงการทับถม ลักษณะการอยู่ร่วมกันของตะกอนและโครงสร้างที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน เมื่อเราไปพบลักษณะดังกล่าวในหินแข็งที่มีรูปทรงการทับถม ลักษณะการอยู่ร่วมกันของตะกอนและโครงสร้างเป็นแบบเดียวกัน เราจะตีความได้ว่าในอดีตหินหน่วยนั้นเกิดขึ้นจากแผ่นดินถล่ม เพียงแต่ว่าโดยทั่วไปเวลาที่ใช้ในทางธรณีวิทยา(ธรณีกาล)สำหรับการเกิดเหตุการณ์หนึ่งๆ จะยาวนานมากเป็นล้านปี หลายสิบล้านปี จนถึงร้อยล้านปี แต่ก็มีบางเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นเช่นที่เกิดในปัจจุบัน และโลกสามารถบันทึกร่องรอยบางอย่างไว้ให้เห็น เช่น การเกิดภูเขาไฟระเบิดใต้ทะเลทำให้มีหินลาวารูปหมอน(pillow lava)ให้พบเห็นได้ถึงปัจจุบัน การเกิดแผ่นดินถล่ม เป็นต้น แต่การทำนายโดยใช้แบบจำลองทาง GIS จะนำเอา *ข้อมูลจากเหตุการณ์ในอดีตช่วงสั้นๆที่เรามีการบันทึกไว้อย่างดีหรืออย่างเป็นระบบ* มาใช้เป็นกุญแจในการสร้างแบบจำลองเพื่อการทำนาย

ดูเหมือนว่า GIS จะเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ มีฟังก์ชันหรือกระบวนการให้ได้มาซึ่งคำตอบตามต้องการได้ในหลายๆแบบ แต่มันยังคงเป็นแค่เครื่องมือเท่านั้น ยังต้องอาศัยผู้ใช้ที่สามารถ รู้จักและเข้าใจในข้อมูลและกระบวนการต่างๆของเครื่องมือ ตลอดจนขั้นตอนต่างๆในการดำเนินการอย่างชัดเจน หากต้องการผลเลิศ ผู้ใช้ต้องเป็นผู้ทำงานหลายๆอย่างที่ GIS ไม่สามารถทำได้ เช่น

- ต้องทำการปรับปรุงข้อมูลดิบเอง
- สามารถบอกได้ว่าการนำเข้าข้อมูลมีจุดอ่อนหรือความผิดพลาด(error)ที่ใด
- สามารถเปรียบเทียบคุณภาพของข้อมูลได้ว่าข้อมูลแบบใดมีความถูกต้อง และมีรายละเอียดตามความต้องการมากกว่ากัน
- สามารถบอกได้ว่าแบบจำลองใดผิดหรือถูก ดีกว่ากันและดีกว่ากันอย่างไร
- บอกได้ว่ามาตรฐานต่างๆของข้อมูลและการแสดงผลในรูปต่างๆควรจะเป็นอย่างไร
- เป็นผู้เชี่ยวชาญในการกำหนดเกณฑ์ เงื่อนไข ปัจจัย น้ำหนัก ขั้นตอนและกระบวนการในการวิเคราะห์

เนื่องจากแบบจำลองข้อมูล GIS มีทั้งแบบเวกเตอร์และราสเตอร์ จึงทำให้รูปแบบกระบวนการวิเคราะห์แตกต่างกันได้มากสำหรับการได้มาซึ่งคำตอบของคำถามเดียวกัน ในบทนี้จึงจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเวกเตอร์ ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลแบบราสเตอร์จะกล่าวถึงในบทต่อไป

8.2 การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบเวกเตอร์

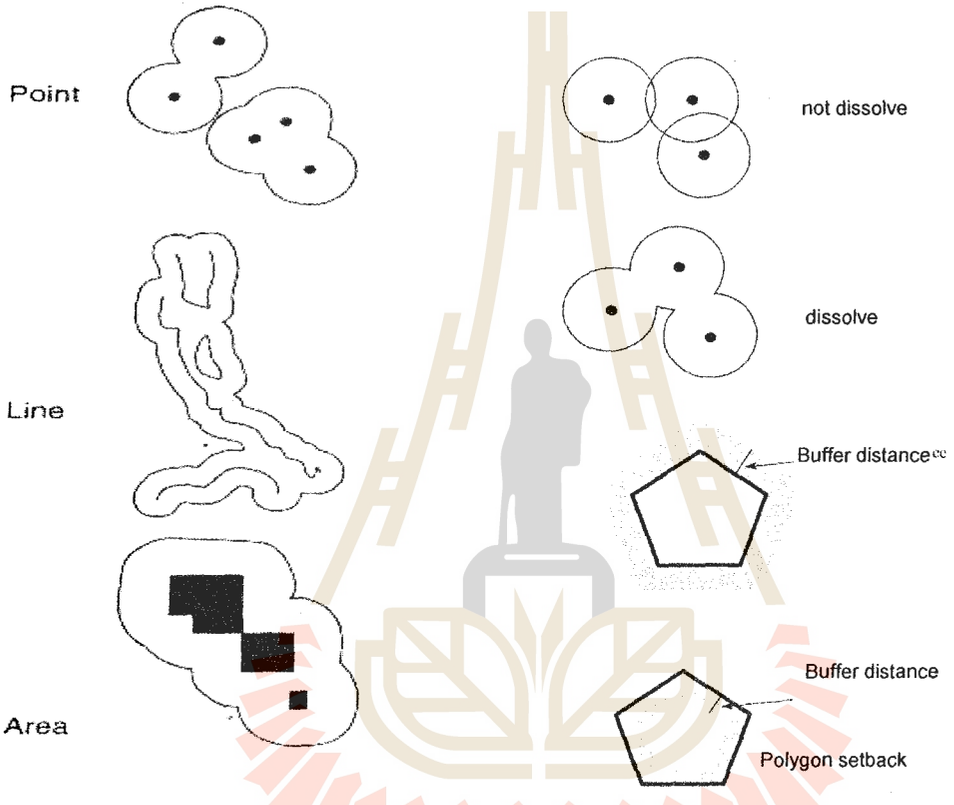
Chang(2002) ได้ทำการจัดกลุ่มฟังก์ชันในการวิเคราะห์ข้อมูล GIS ไว้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ การสร้างพื้นที่กันชน(buffering) การซ้อนทับชั้นข้อมูล(map overlay) การปรับแปลงข้อมูล(manipulation) และการวัดระยะทาง(distance measurement) ซึ่งแต่ละกลุ่มมีฟังก์ชันต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 8.2

ตารางที่ 8.2 ฟังก์ชันการวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบเวกเตอร์ทั้ง 4 กลุ่ม

กลุ่มฟังก์ชันการวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบเวกเตอร์	**ฟังก์ชันการวิเคราะห์**
1. การสร้างพื้นที่กันชน(buffering)	• buffer
2. การซ้อนทับชั้นข้อมูล(map overlay)	• identity, intersect, union
3. การปรับแปลงชั้นข้อมูล(map manipulation)	• eliminate, clip, dissolve, erase cover, mapjoin, update, split
4. การวัดระยะทาง(distance measurement)	• near, point distance

8.2.1 การสร้างพื้นที่กันชน

การสร้างพื้นที่กันชนสามารถทำล้อมรอบจุด เส้นและรูปปิด โดยการกำหนดระยะทางกันชน (buffer distance) เมื่อพื้นที่กันชนซ้อนทับกันก็สามารถ dissolve ให้กลายเป็นโซนกันชนโซนเดียวได้ ทั้งนี้แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการสร้าง การสร้างพื้นที่กันชนสามารถทำได้ทั้งด้านนอกและด้านในรูปปิดแล้วจึง dissolve ให้กลายเป็นพื้นที่เดียวกันได้(รูปที่ 8.4)



รูปที่ 8.4 การสร้างพื้นที่กันชนของ จุด เส้น และรูปปิด แบบ not-dissolve, dissolve และแบบ polygon setback (Chang, 2002, p.183; Lo and Yeung, 2002, p.207)

buffering เป็นการกำหนดโซนที่มักจะใช้กับการควบคุมหรือการให้บริการ เช่น

- กรณีไข้หวัดนก กำหนดให้ทำลายไก่ทุกตัวที่อยู่ในรัศมี 5 กม.โดยรอบจุดที่พบว่ามีไก่ตายด้วยเชื้อไข้หวัดนก ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแพร่ระบาด
- ห้ามประกอบการระเบิดหินก่อสร้างในระยะ 1 กม. สองฝั่งทางหลวงแผ่นดิน
- กำหนดพื้นที่การให้บริการโดยรอบสถานประกอบการ
- กำหนดโซนการควบคุมหรือการให้บริการเป็นชั้นๆวงรอบจุดศูนย์กลาง
- กำหนดโซนเพื่อหาว่ามีสิ่งที่ต้องการอยู่ในรัศมีจากจุดสังเกตมากน้อยเพียงใด เช่น ต้องการทราบว่ามีสถานีให้บริการน้ำมันอยู่กี่แห่งในรัศมี 5 กม. โดยรอบศูนย์การให้บริการยานพาหนะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

8.2.2 การซ้อนทับชั้นข้อมูล

การที่จะทำการวิเคราะห์แบบซ้อนทับข้อมูลให้ได้ผลดี จะต้องเริ่มต้นจากการจัดเตรียมชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่และตารางข้อมูลเชิงอรรถตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 6 และบทที่ 7 เช่น ต้องจัดทำชั้นข้อมูลต้นแบบ (master template creation) ต้องมีระบบพิกัดแบบเดียวกัน ต้องกำหนดจุดควบคุมการกำหนดพิกัดเป็นชุดเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อให้การซ้อนทับเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ก่อให้เกิด sliver หรือรูปปิดเล็กๆที่ไม่มีความหมายขึ้น รูปปิดเล็กๆเหล่านี้ เป็นอุปสรรคในการวิเคราะห์และบ่อยครั้งต้องใช้เวลามากโดยไม่จำเป็น โดยเฉพาะในกรณีที่ชั้นข้อมูลที่เป็นชั้นข้อมูลรูปปิด ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่และมีเนื้อหารายละเอียดมาก การซ้อนทับข้อมูลแบบเวกเตอร์ทำได้ครั้งละสองชั้นข้อมูลให้ได้เป็นชั้นข้อมูลผลลัพธ์ก่อนจึงจะนำไปซ้อนทับกับชั้นข้อมูลอื่นๆได้ต่อไป

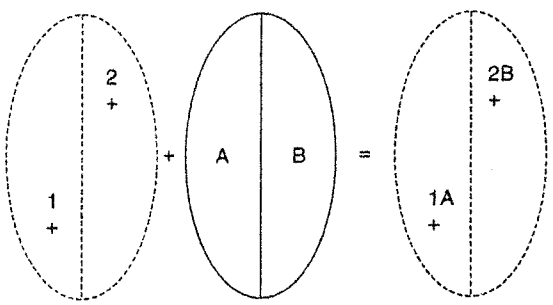
1) กลุ่มของการซ้อนทับข้อมูล การซ้อนทับชั้นข้อมูลอาจจัดกลุ่มตามลักษณะของ features ได้เป็น point-in-polygon, line-in-polygon และ polygon-on-polygon

point-in-polygon เป็นกระบวนการคัดเลือกข้อมูลจุดที่ตกอยู่ในรูปปิดที่ต้องการทราบ เช่น ต้องการทราบว่ามีโรงเรียนอยู่กี่แห่งที่มีตำแหน่งตั้งอยู่ ในเขตอำเภอที่กำหนด กรณีเช่นนี้ แสดงว่าชั้นข้อมูลตำแหน่งโรงเรียนเป็นชั้นข้อมูลเป้าหมาย(รูปที่ 8.5)

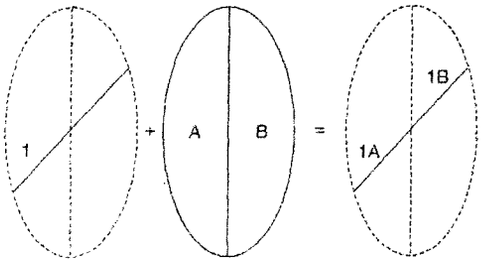
line-in-polygon เป็นกระบวนการคัดเลือกข้อมูลเส้นที่ตกอยู่ในหรือลากผ่านรูปปิดที่กำหนด เช่น ต้องการทราบว่ามีถนนเส้นใดบ้างที่อยู่ในหรือวิ่งผ่านอำเภอที่กำหนด(รูปที่ 8.6) กรณีเช่นนี้อาจจะต้องระวังหรือสังเกตผลลัพธ์ให้ดี ในกรณีที่ต้องการคำนวณหาความยาวของถนนเฉพาะส่วนที่อยู่ภายในอำเภอที่กำหนดเท่านั้น เพราะซอฟท์แวร์บางตัวจะคัดเลือกถนนที่วิ่งผ่านอำเภอโดยไม่ตัดเส้นถนนที่ขอบเขตอำเภอแต่จะเลือกถนนทั้งเส้นขึ้นมา แม้ว่าตัวถนนเส้นนั้นจะมีบางส่วนอยู่นอกเขตอำเภอ

polygon-on-polygon เป็นกระบวนการซ้อนทับชั้นข้อมูลรูปปิดสองชั้นข้อมูล ชั้นข้อมูลผลลัพธ์เกิดเป็นรูปปิดที่มีขอบเขตใหม่และมีข้อมูลเชิงอรรถที่ผสมขึ้นมาจากข้อมูลทั้งสองชั้น(รูปที่ 8.3)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



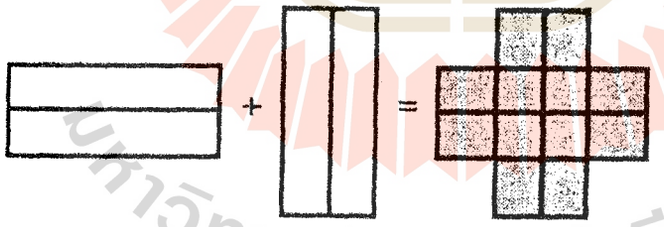
รูปที่ 8.5 การซ้อนทับแบบ point-in-polygon (เส้นประใช้สำหรับการแสดงเท่านั้นไม่ใช่ข้อมูล)(Chang, 2002, p. 186)



รูปที่ 8.6 การซ้อนทับแบบ line-in-polygon (เส้นประใช้สำหรับการแสดงเท่านั้นไม่ใช่ข้อมูล)(Chang, 2002, p.186)

2) วิธีการซ้อนทับชั้นข้อมูล โดยทั่วไปมี 3 กระบวนการ ได้แก่ UNION, INTERSECT, และ IDENTITY ขอบเขตพื้นที่ของชั้นข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์จากกระบวนการเหล่านี้จะขึ้นจะอยู่กับขอบเขตของชั้นข้อมูลที่นำเข้าสู่กระบวนการซ้อนทับและวิธีการซ้อนทับ กระบวนการเหล่านี้ทำงานกับชั้นข้อมูลสองชั้นข้อมูลเป็นชั้นข้อมูล input กับชั้นข้อมูล overlay โดยอาจจะเป็นชั้นข้อมูลจุดกับรูปปิด เส้นกับรูปปิดและรูปปิดกับรูปปิดแล้วแต่ฟังก์ชันที่ใช้

UNION ทำงานกับชั้นข้อมูล input และชั้นข้อมูล union ที่เป็นรูปปิดทั้งคู่ มี Boolean connector คือ 'OR' ผลลัพธ์ของกระบวนการเป็นการรักษารูปปิดเดิม และรูปปิดใหม่ที่เกิดขึ้นจากการผสมขอบเขตเชิงพื้นที่ของรูปปิดจากชั้นข้อมูลทั้งสอง โดยรักษาข้อมูลเชิงอรรถของรูปปิดเดิมที่ไม่มีพื้นที่ซ้ำซ้อนกัน และผสมข้อมูลเชิงอรรถจากชั้นข้อมูลทั้งสองสำหรับรูปปิดใหม่ที่เกิดขึ้นจากการที่ชั้นข้อมูลทั้งสองมีพื้นที่ซ้ำซ้อนกัน (รูปที่ 8.7)

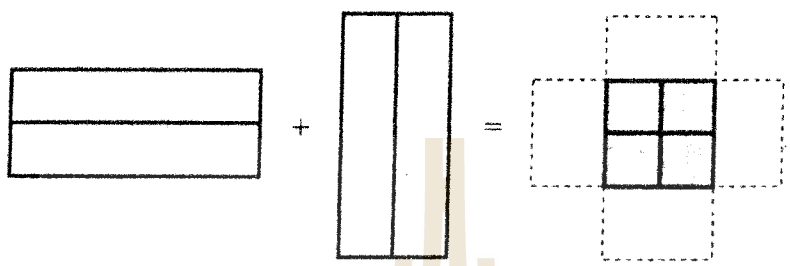


รูปที่ 8.7 การซ้อนทับข้อมูลแบบ UNION (Chang, 2002, p.187)

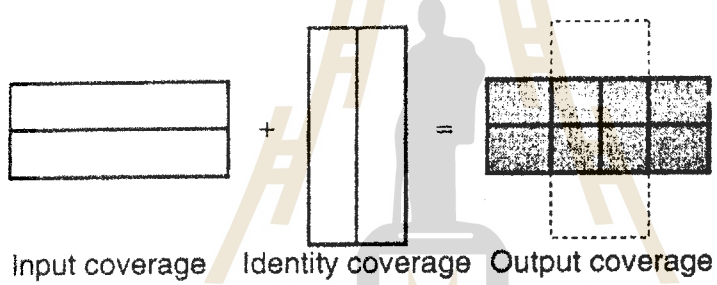
INTERSECT ทำงานกับชั้นข้อมูล input กับชั้นข้อมูล intersect ซึ่งอาจจะเป็นชั้นข้อมูลจุดกับรูปปิด เส้นกับรูปปิดและรูปปิดกับรูปปิด มี Boolean connector คือ 'AND' ผลลัพธ์ที่ได้เป็น features (จุด เส้น หรือรูปปิด ขึ้นอยู่กับชั้นข้อมูล input) ที่มีพื้นที่ซ้อนทับกันของชั้นข้อมูลทั้งสองเท่านั้น (รูปที่ 8.8) ข้อมูลเชิงอรรถที่ได้เป็นการผสมจากชั้นข้อมูลทั้งสอง

IDENTITY ทำงานกับชั้นข้อมูล input และชั้นข้อมูล identity โดยอาจจะเป็นชั้นข้อมูลจุดกับรูปปิด เส้นกับรูปปิดและรูปปิดกับรูปปิด มี Boolean connector คือ '[(input map) AND (identity map)] OR (input map)' ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เป็น features (จุด เส้น หรือรูปปิด ขึ้นอยู่กับชั้นข้อมูล input) ที่ตกอยู่ในพื้นที่

ของชั้นข้อมูล input เป็นเกณฑ์ (รูปที่ 8.9) ในส่วนที่ซ้อนทับกันของชั้นข้อมูลทั้งสอง ข้อมูลเชิงอรรถที่ได้เป็นการผสมจากชั้นข้อมูลทั้งสอง



รูปที่ 8.8 การซ้อนทับข้อมูลแบบ INTERSECT (Chang, 2002, p.187)



รูปที่ 8.9 การซ้อนทับข้อมูลแบบ IDENTITY (Chang, 2002, p.188)

8.2.3 การปรับแปลงชั้นข้อมูล(Map manipulation)

การปรับแปลงชั้นข้อมูล เป็นการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในชั้นข้อมูลให้เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานต่อเนื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ กระบวนการปรับแปลงที่นำมากล่าวในที่นี้เป็นกระบวนการที่มีในซอฟท์แวร์ ArcView ซึ่งได้แก่ ELIMINATE, DISSOLVE, CLIP, ERASE COVER, MAPJOIN/MERGE, SPLIT, และ UPDATE

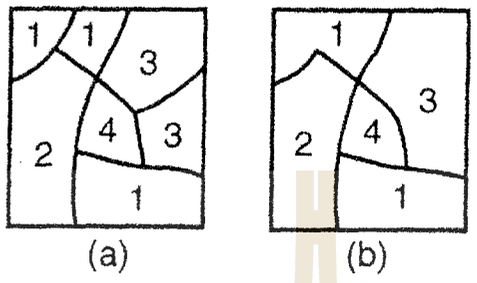
ELIMINATE ใช้สำหรับกำจัด slivers ที่เกิดจากการซ้อนทับชั้นข้อมูลรูปปิดสองชั้นข้อมูล โดยจะเกิดบริเวณที่มีเส้นขอบเขตร่วมซึ่งทับกันไม่สนิท sliver ที่มีขนาดเล็กกว่าที่กำหนดจะถูกขจัดออกไป

DISSOLVE ใช้ในการรวมรูปปิดในกลุ่มที่อยู่ใน class เดียวกันและอยู่ชิดติดกันเข้าเป็นรูปปิดเดียวโดยการลบเส้นขอบเขตที่กั้นระหว่างรูปปิดที่มี class เดียวกันออก(รูปที่ 8.10)

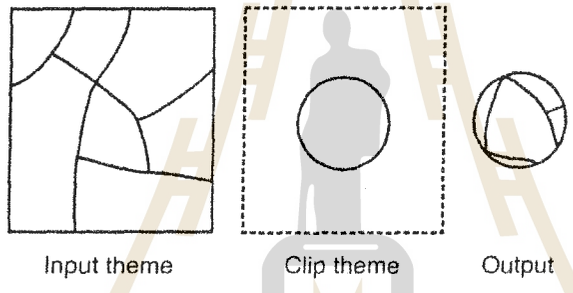
CLIP ใช้สำหรับสร้างชั้นข้อมูลใหม่ให้มีเพียง features เชิงพื้นที่ที่ตกอยู่ในพื้นที่ของชั้นข้อมูล clip (รูปที่ 8.11)

ERASE COVER ใช้งานในทางตรงกันข้ามกับ clip โดยผลลัพธ์ของกระบวนการจะเป็นชั้นข้อมูลที่มีเพียง features เชิงพื้นที่ที่อยู่นอกพื้นที่ของชั้นข้อมูล erase (รูปที่ 8.12)

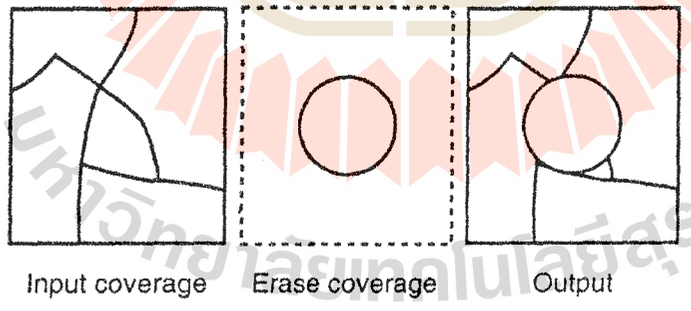
MAPJOIN หรือ MERGE ใช้เชื่อมต่อชั้นข้อมูลมากกว่าหนึ่งชั้นข้อมูลเข้าด้วยกัน โดย features ในชั้นข้อมูลต้องเป็นชนิดเดียวกัน(รูปที่ 8.13)



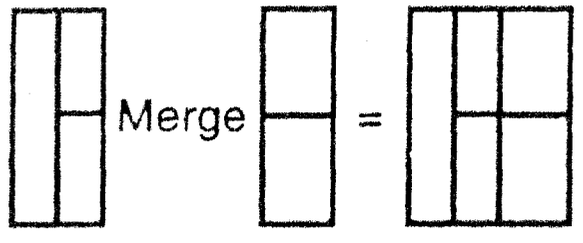
รูปที่ 8.10 การปรับแปลงชั้นข้อมูลด้วย dissolve จาก (a) ไปเป็น (b) โดยการรวมรูปปิดที่อยู่ใน class เดียวกันและอยู่ชิดติดกันเข้าด้วยกัน (Chang, 2002, p.191)



รูปที่ 8.11 การปรับแปลงชั้นข้อมูลด้วย clip (Chang, 2002, p.191)

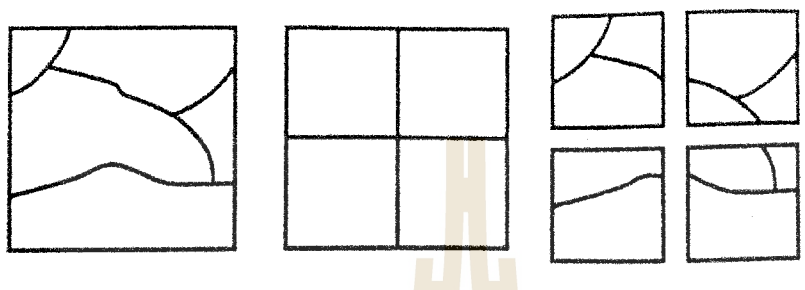


รูปที่ 8.12 การปรับแปลงชั้นข้อมูลด้วย erase cover (Chang, 2002, p.193)



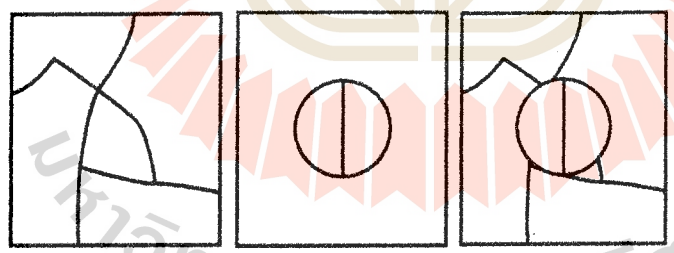
รูปที่ 8.1.3 การปรับแปลงชั้นข้อมูลด้วย mapjoin/merge (Chang, 2002, p.192)

SPLIT ใช้ในทางตรงกันข้ามกับ mapjoin โดยผลลัพธ์ของการ split จะได้เป็นชั้นข้อมูลหลายชั้นข้อมูลที่มีข้อมูลเดิม แต่มีขอบเขตตามชั้นข้อมูล split (รูปที่ 8.14) ตัวอย่างชั้นข้อมูล split เช่น ชั้นข้อมูลรูปปิดแสดงขอบเขตจังหวัด เป็นต้น



รูปที่ 8.1.4 การปรับแปลงชั้นข้อมูลด้วย split (Chang, 2002, p.193)

UPDATE ทำงานกับชั้นข้อมูล input กับชั้นข้อมูล update ที่เป็นรูปปิดทั้งคู่ มี Boolean connector คือ '[(input map) NOT (update map)] OR (update map)' ผลลัพธ์ของกระบวนการเป็นการรักษารูปปิดและข้อมูลเชิงอรรถเดิมของชั้นข้อมูล input ยกเว้นพื้นที่ซ้ำซ้อนกับชั้นข้อมูล update จะได้ผลลัพธ์เป็นรูปปิดและข้อมูลชิงอรรถของชั้นข้อมูล update (รูปที่ 8.15) update ช่วยประหยัดเวลาทำให้ไม่ต้อง digitize ใหม่ทั้งชั้นข้อมูล

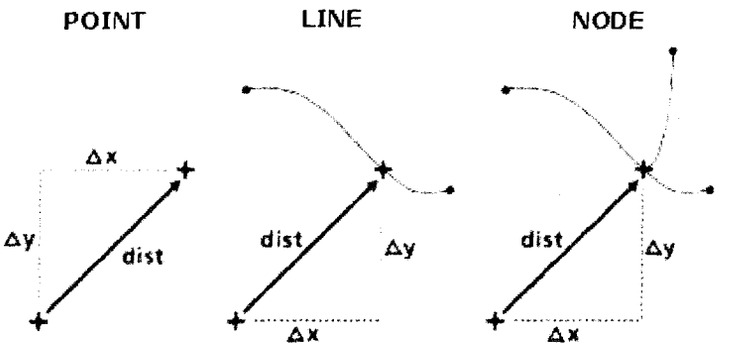


รูปที่ 8.15 การซ้อนทับข้อมูลแบบ update (Chang, 2002, p.193)

8.2.4 การวัดระยะทาง (distance measurement)

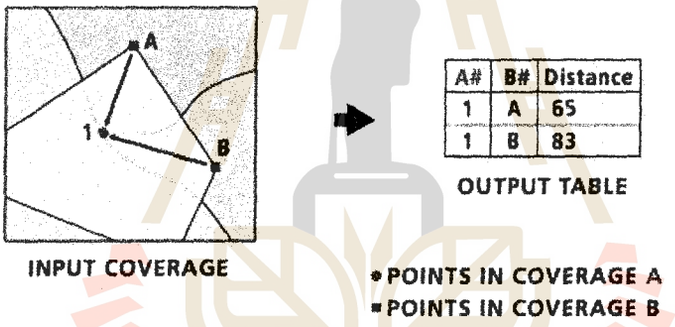
การวัดระยะทางจะวัดเป็นแนวเส้นตรงระหว่างจุด หรือระหว่างจุดและเส้น ระยะทางที่ได้อาจนำไปใช้ใน gravity model เพื่อแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างจุดสองจุด ซึ่งปกติใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการย้ายถิ่นฐาน ฟังก์ชันในซอฟท์แวร์ตระกูล Arc ที่ใช้เกี่ยวกับการวัดระยะทาง ได้แก่ near และ point distance

NEAR ใช้คำนวณระยะทางจากทุกจุดในชั้นข้อมูลหนึ่ง ไปยังจุดหรือเส้นที่ใกล้ที่สุดในอีกชั้นข้อมูลหนึ่ง(รูปที่ 8.16)



รูปที่ 8.16 การวัดระยะทางโดยใช้ near (ใน Help ของซอฟท์แวร์ ArcMap, v. 9.0)

POINT DISTANCE ใช้ในการคำนวณระยะทางระหว่างจุดทุกจุดในชั้นข้อมูลหนึ่งกับจุดทั้งหมดในชั้นข้อมูลเดียวกันหรือในอีกชั้นข้อมูลหนึ่ง ซึ่งตกอยู่ภายในรัศมีที่กำหนด (รูปที่ 8.17)



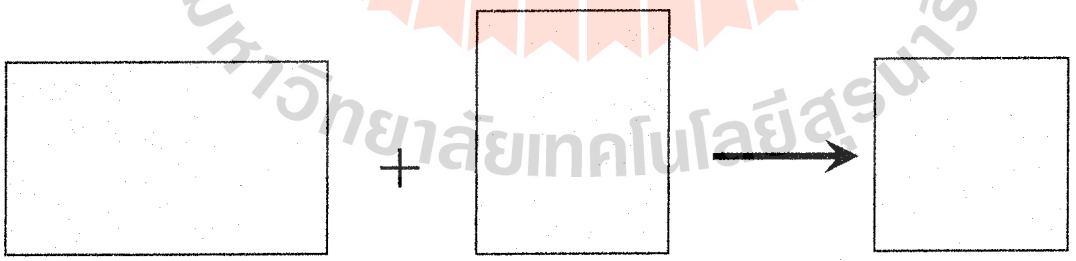
รูปที่ 8.17 การวัดระยะทางโดยใช้ point distance (ใน Help ของซอฟท์แวร์ ArcMap, v. 9.0)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 9
การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบราสเตอร์

การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบราสเตอร์สามารถทำได้ตั้งแต่หนึ่งชั้นข้อมูล (บางครั้งเรียกว่ากริด-grid) ขึ้นไปจนถึงหลายๆชั้นข้อมูล ซึ่ง Chang (2002) ได้กล่าวไว้อย่างชัดเจนถึง operations แบบต่างๆ สำหรับข้อมูลราสเตอร์ โดยต้องทำความเข้าใจกับสภาพแวดล้อมของการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนว่า ชั้นข้อมูลต่างๆที่จะทำการวิเคราะห์ร่วมกันในแต่ละครั้งจะต้องมีคุณสมบัติเหมือนกันดังนี้

- ขอบเขตพื้นที่ศึกษาต้องเป็นขนาดเท่ากัน รูปร่างแบบเดียวกันและอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน มิฉะนั้นแล้วผลที่ได้ของการวิเคราะห์จะให้ผลเพียงพื้นที่ที่ซ้อนทับกันของทุกชั้นข้อมูลเท่านั้น (รูปที่ 9.1)
- ขนาดของเซลล์ในแต่ละชั้นข้อมูลจะต้องเท่ากัน ในกรณีที่ไม่เท่ากันจะต้องทำให้เท่ากันโดยถือขนาดของเซลล์ที่หยาบที่สุดเป็นหลัก เช่น ในชั้นข้อมูล A มีขนาดของเซลล์ 10x10 ในขณะที่ขนาดของเซลล์ในชั้นข้อมูล B เป็น 30x30 ในกรณีเช่นนี้จะต้องเลือกขนาดของเซลล์เป็น 30x30 ทั้งนี้เนื่องจาก การเปลี่ยนขนาดของเซลล์จาก 30x30 ไปเป็น 10x10 จะไม่ทำให้ได้สาระของข้อมูลละเอียดขึ้น แต่ทำให้ขนาดของข้อมูลใหญ่โตขึ้นโดยไม่จำเป็น อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีอาจจะเลือกการทำขนาดของเซลล์ในแต่ละชั้นข้อมูลให้เท่ากัน โดยยึดถือเซลล์ที่ละเอียดเป็นหลัก ทั้งนี้โดยมีเหตุผลว่า ต้องการที่จะคงรายละเอียดข้อมูลของชั้นข้อมูลที่มีขนาดของเซลล์ละเอียดไว้ การทำให้เซลล์ที่มีขนาดละเอียดมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยเซลล์ละเอียดเหล่านั้นมีข้อมูลการแปรเปลี่ยนที่หลากหลายภายในเป็นอย่างสูง จะทำให้เกิดการการสูญเสียในรายละเอียดของข้อมูลเมื่อผ่านกระบวนการ normalize หรือ simplify ข้อมูล
- เซลล์ทุกเซลล์จะต้องมีข้อมูลเชิงอรรถกำกับ



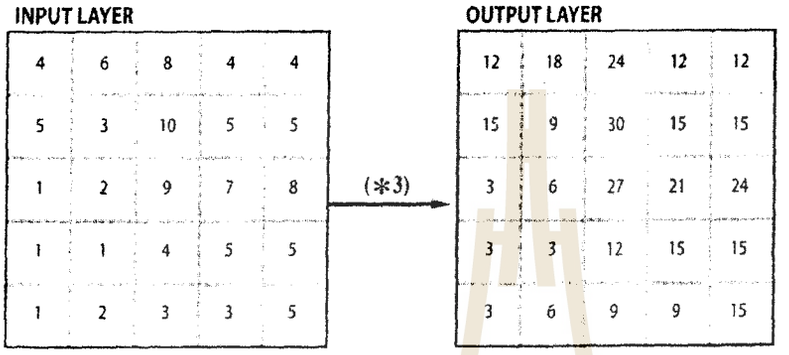
รูปที่ 9.1 การวิเคราะห์ข้อมูลแบบราสเตอร์ของชั้นข้อมูลมากกว่าหนึ่งชั้นข้อมูล จะใช้พื้นที่ที่ซ้อนทับกันเป็นหลักในการแสดงผลลัพธ์

การทำงานในกระบวนการวิเคราะห์ชั้นข้อมูล GIS แบบราสเตอร์สามารถทำได้หลายลักษณะ ได้แก่ แบบ local operation, neighborhood operation, zonal operation, distance measurement operation และ spatial autocorrelation ซึ่งจะกล่าวเป็นสังเขปในแต่ละชนิดของการทำงาน ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

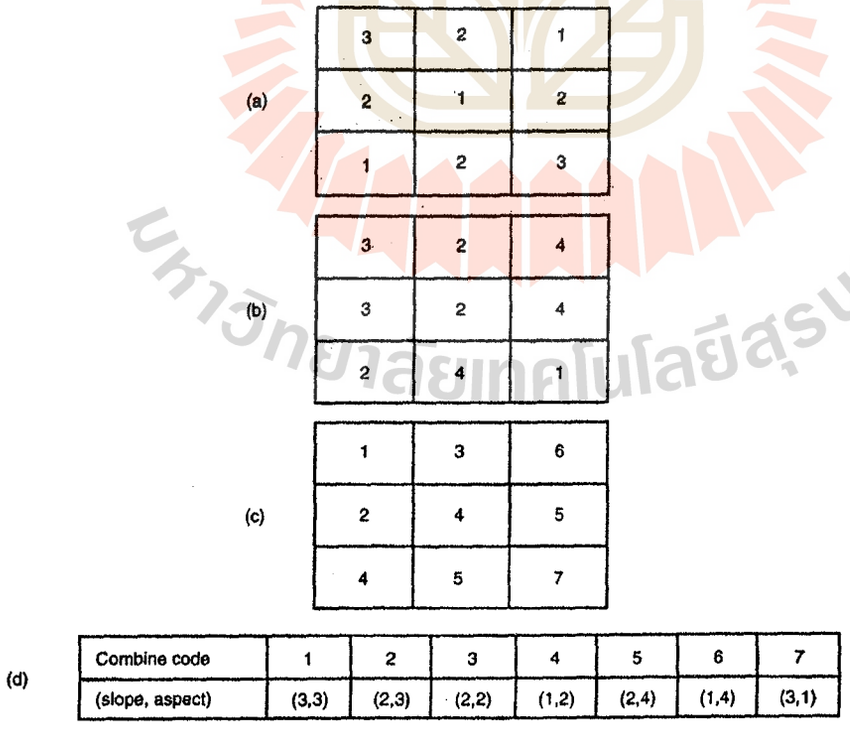
9.1 Local operation

เป็นการทำงานที่ประยุกต์ได้กับกริดเดียวและมากกว่าหนึ่งกริด สำหรับกริดเดียวจะเป็นการทำงานด้านการคำนวณแบบต่างๆ เช่น arithmetic, logarithmic, trigonometric และ power เป็นการทำงานทีละเซลล์จนครบทุกเซลล์ในกริด ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 9.2



รูปที่ 9.2 แสดงการทำงานแบบ local operation ในที่นี้เป็นการคูณค่าในทุกเซลล์ของกริดด้วย 3 (Malczewski, 1999, p.41)

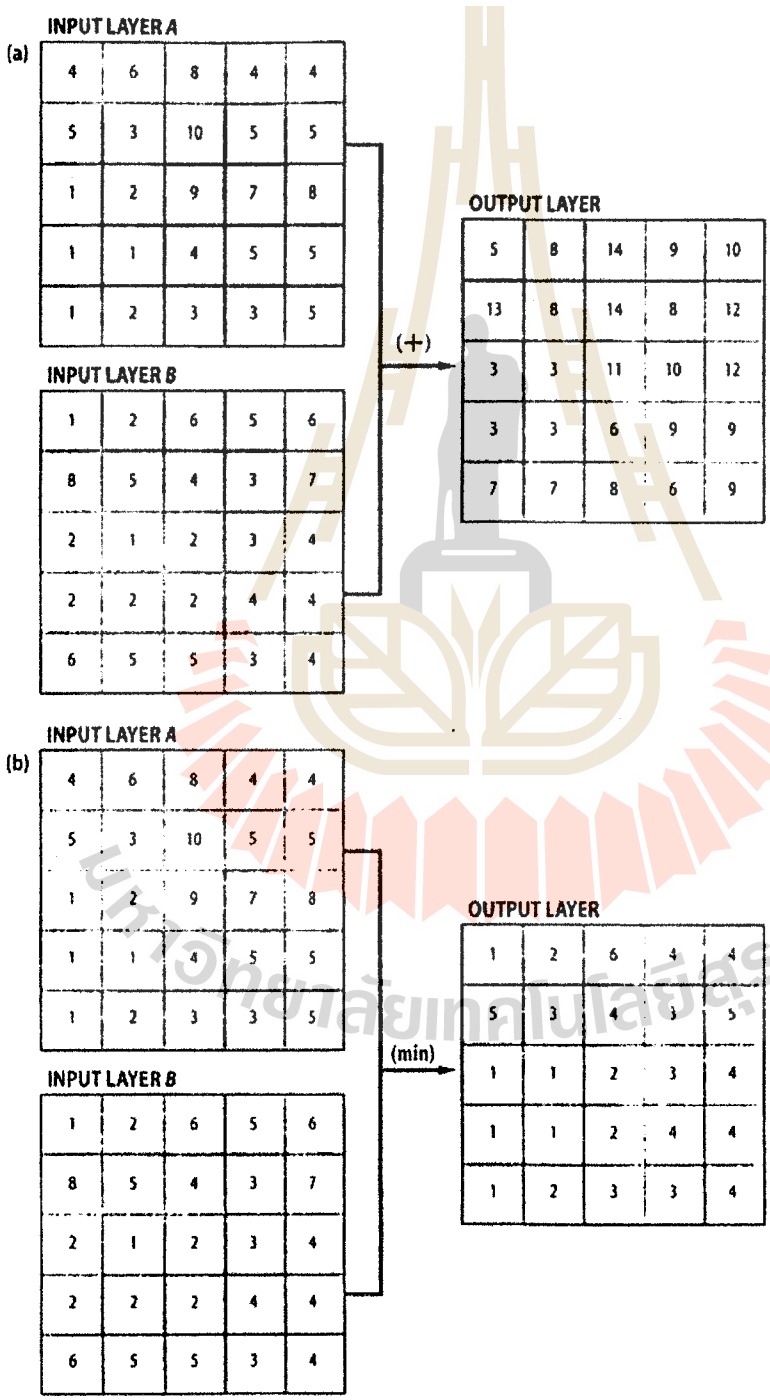
สำหรับการประยุกต์ local operation ในการทำงานร่วมกันมากกว่าหนึ่งกริด ฟังก์ชันที่ใช้อาจเป็นการผสมข้อมูลเชิงอรรถของกริดทำให้ได้ผลลัพธ์เป็นกริดใหม่ ที่มีข้อมูลเชิงอรรถเดิมของแต่ละกริดครบถ้วน แต่ใช้รหัสใหม่ที่เป็น unique สำหรับทุกๆ ผลลัพธ์ของการผสมที่มีโอกาสเกิดขึ้น(รูปที่ 9.3)



รูปที่ 9.3 การผสมข้อมูลเชิงอรรถของแต่ละกริด (a และ b)เข้าด้วยกัน ได้เป็นกริดใหม่(c)ที่มีข้อมูลเชิงอรรถใหม่ของแต่ละเซลล์ที่เป็น unique สำหรับการผสมกันที่เป็น unique (d) (Chang, 2002, p.201)

ตามตัวอย่างในรูปที่ 9.3 เป็นการผสมกริดของ slope และ aspect เข้าด้วยกัน เกิดเป็นกริดใหม่ การทำงานแบบเดียวกันนี้อาจประยุกต์ได้กับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ อาทิ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ โดยกำหนดรหัสใหม่ที่จะบอกให้ทราบว่าในแต่ละเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่จากเดิมในแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง แล้วจึงคำนวณการเปลี่ยนแปลงในเชิงสถิติได้ต่อไป

ตัวอย่าง local operation ด้านเลขคณิตและสถิติกับกริดมากกว่าหนึ่งกริด (รูปที่ 9.4)



รูปที่ 9.4 ตัวอย่าง local operation ที่เป็น addition และ minimum (Malczewski, 1999, p.44)

ตัวอย่างการใช้งาน local operation นอกเหนือจากที่กล่าวแล้วข้างต้น ยังมีการใช้งานที่เป็นที่นิยมกันมาก เช่น ใช้ในการหาการสูญเสียหน้าดิน หรือ Universal Soil Loss Equation (USLE)

$$A = RKLsCP$$

- A=Average soil loss in tons
- R=Rain fall intensity
- K=Erodibility of the soil
- Ls=Slope length
- C=Cultivation factor (ploughing pattern)
- P=Supporting practice factor (type of vegetation/canopy cover)

ตัวแปรแต่ละตัว (RKLsCP) จะแสดงได้ด้วยข้อมูลแต่ละกริด นำมาคูณกันแบบเซลล์ต่อเซลล์ ผลที่ได้จะเป็นกริดใหม่ที่มีค่าการสูญเสียหน้าดินประจำเซลล์นั้นๆ

อีกตัวอย่างหนึ่งเป็นตัวอย่างการประยุกต์ใช้ local operation กับ ความเป็นไปได้ (probability) ในการทำนายโอกาสที่จะพบฝูงสุนัขป่า หรืออาจจะประยุกต์ใช้กับสัตว์ป่าชนิดอื่นๆ โดยใช้สมการ

$$\text{Logit}(p) = -6.5988 + 14.6189R$$

$$p = 1/(1+e^{\text{Logit}(p)})$$

p = Probability of occurrence of a wolf pack

R = Road density

e = Natural exponent

จะเห็นได้ว่าในสมการแรกจะต้องมีอินพุทกริดที่แต่ละเซลล์แสดงความหนาแน่นของถนน(R) ซึ่งใช้เข้าไปแทนที่ในสมการ จะได้ผลลัพธ์เป็นกริดที่มีค่าเป็น Logit (p) ของแต่ละเซลล์ ซึ่งค่า Logit (p) ในแต่ละเซลล์ของกริดใหม่ที่ได้จะถูกนำไปใช้ในสมการที่สอง เพื่อคำนวณค่า p ของแต่ละเซลล์ ซึ่งจะบอกให้ทราบถึงโอกาสที่จะพบฝูงสุนัขป่าในเซลล์นั้นๆ จากความสัมพันธ์เหล่านี้จะพบว่า ถ้าค่า R หรือค่าความหนาแน่นของถนนในเซลล์สูงมาก ค่า Logit (p) จะมากตาม ซึ่งจะส่งผลให้ค่า $e^{\text{Logit}(p)}$ สูงตาม และจะทำให้ค่า p หรือโอกาสในการพบฝูงสุนัขป่าในเซลล์นั้นต่ำลง

9.2 Neighborhood operation

การทำงานแบบ neighborhood operation เป็นการทำงานอยู่บนกริดเดียว ได้ผลลัพธ์เป็นอีกกริดหนึ่งหรือชั้นข้อมูลใหม่ แต่ละเซลล์ในอินพุทกริดจะผ่านการเป็นเซลล์ศูนย์กลาง (focus cell) โดยเซลล์ศูนย์กลางเหล่านี้จะได้รับค่าประจำเซลล์ใหม่ ซึ่งได้จากการคำนวณโดยใช้กระบวนการทางสถิติหรือคณิตศาสตร์กับค่าที่มีอยู่ในเซลล์โดยรอบหรือข้างเคียง(neighborhood cells) ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจะถูกนำไปแสดงในกริดผลลัพธ์ หรือเอาท์พุทกริดที่ตำแหน่งเซลล์เดียวกันกับเซลล์ศูนย์กลางใน

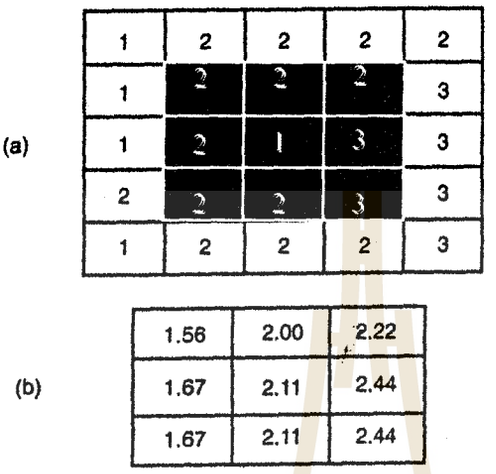
อินพุทกริด รูปแบบของกลุ่มเซลล์ข้างเคียงที่ธรรมดาที่สุดอยู่ในรูปของแมทริกซ์ เช่น แมทริกซ์ 3x3 (รูปที่ 9.5),4x4, 5x5 หรืออาจอยู่ในรูปอื่นก็ได้ เช่น รูปวงกลมที่มีเซลล์ผลลัพธ์อยู่ที่จุดศูนย์กลาง รูปลิ่มที่มีเซลล์ผลลัพธ์อยู่ที่ปลายแหลมของลิ่ม เป็นต้น ความสัมพันธ์ของเซลล์ที่เป็นศูนย์กลางกับเซลล์ข้างเคียงจะอยู่ในรูปของระยะทาง/ความห่างและทิศทาง ในกระบวนการคำนวณอาจจะใช้ค่าจากเซลล์ศูนย์กลางมาคำนวณด้วยหรือไม่ก็ได้แล้วแต่วัตถุประสงค์ เซลล์ศูนย์กลางจะถูกกำหนดให้เคลื่อนที่ไปทำให้เซลล์ข้างเคียงเปลี่ยนแปลงตาม จะมีการคำนวณทุกครั้งเมื่อเซลล์ศูนย์กลางเคลื่อนที่ไป จนกว่าเซลล์ศูนย์กลางจะเคลื่อนผ่านทุกเซลล์ในอินพุท กริด (operation move from one cell to another until all are visited) ผลลัพธ์ของกระบวนการ neighborhood operation ได้เป็นกริดใหม่ที่แต่ละเซลล์มีค่าที่ได้จากการคำนวณที่ถือว่าเซลล์เหล่านี้เป็นเซลล์ศูนย์กลางในอินพุทกริด ตัวอย่างค่าที่ได้จากการคำนวณในกระบวนการทางสถิติ ได้แก่ summary, statistics, max, min, range, sum, mean, median, SD, majority, minority, variety

-1,-1	0,-1	1,-1
-1,0	0,0	1,0
-1,1	0,1	1,1

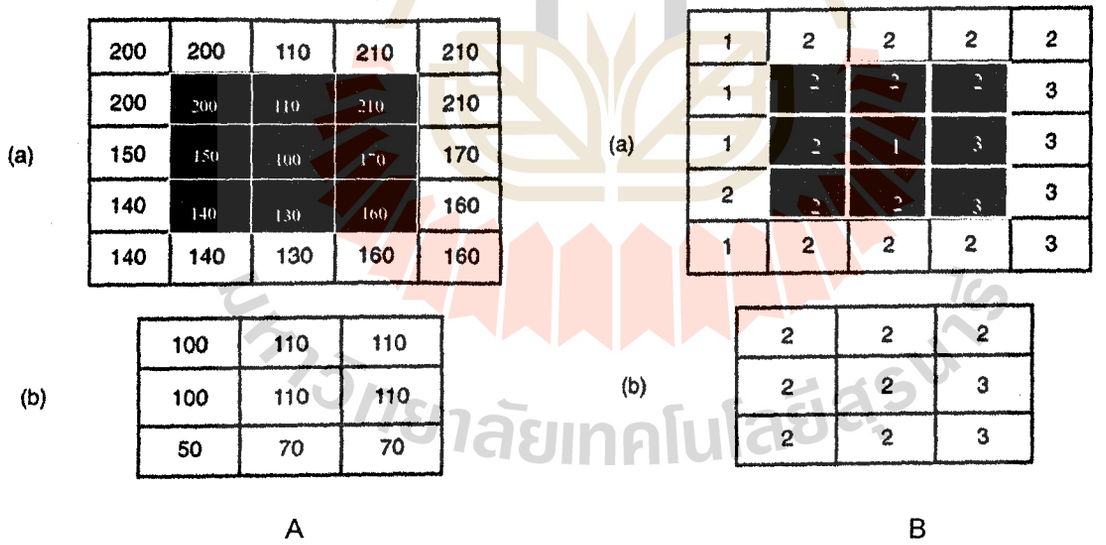
รูปที่ 9.5 ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างเซลล์ศูนย์กลางและเซลล์ข้างเคียงอาจแสดงได้ด้วยความสันพันธ์ในรูปของระเบียน(row) และ สดมภ์(column)

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ neighborhood operation เช่น การหาเฉลี่ยค่าประจำเซลล์ศูนย์กลางด้วยการกำหนดกรอบเซลล์ข้างเคียงเป็น 3x3 หมายถึงจะนำค่าจากทุกเซลล์ใน 3x3 เซลล์ มารวมกันแล้วหารด้วย 9 (รวมค่าที่เซลล์ศูนย์กลาง) ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าประจำเซลล์ในตำแหน่งศูนย์กลาง แต่ค่าที่ได้จะนำไปใส่ในเซลล์ตำแหน่งเดียวกันของเอาท์พุทกริด (รูปที่ 9.6) การทำงานลักษณะนี้เป็นการทำงานไปทีละเซลล์(cell by cell basis) เคลื่อนที่หาค่าเฉลี่ยของเซลล์ในตำแหน่งศูนย์กลาง(moving average) ไปจนหมดทุกเซลล์ในอินพุทกริด ยกเว้นเซลล์ที่อยู่ใน row และ column โดยรอบขอบของพื้นที่ศึกษาซึ่งจะสูญเสียไป ค่าทางสถิติอื่นๆ ก็จะทำแบบเดียวกัน เช่น min ก็จะเลือกค่าที่น้อยที่สุดใน 9 เซลล์ แล้วนำไปใส่ในเซลล์ของเอาท์พุทกริดตำแหน่งเดียวกันกับเซลล์ศูนย์กลาง ค่า range จะเป็นผลต่างของค่าที่มากที่สุดและน้อยที่สุดใน 9 เซลล์ (รูปที่ 9.7A) ถ้าค่า range สูงๆ มาเรียงกันเป็นแถวจะแสดงถึงขอบ(edge)หรือแนวเส้นของกลุ่มค่าในเซลล์ที่แตกต่างจากค่าในเซลล์ข้างเคียง ค่า majority จะเลือกค่าที่ซ้ำกันมากที่สุดใน 9 เซลล์(รูปที่ 9.7B)ผลที่ได้จะเป็นการ smooth ข้อมูล ค่า minority เป็นตรงกันข้ามคือเป็นค่าที่ซ้ำกันน้อยที่สุดหรือไม่ซ้ำกับเซลล์อื่นๆเลยใน 9 เซลล์ ค่า variety จะบอกถึงจำนวนค่าที่แตกต่างกันใน 9 เซลล์นั้น เช่น ใน 9 เซลล์มี

ค่าดังนี้ 2, 3, 3, 4, 2, 5, 5, 1, 1 ค่า variety คือ 5 ค่านี้มักจะใช้แสดงความหลากหลายเชิงพื้นที่ของวัตถุบนภาคพื้นดิน



รูปที่ 9.6 การคำนวณค่าเฉลี่ยในกรอบ 3x3 ที่แสดงด้วยสีเข้มในอินพุทกริด (a) นำค่าที่ได้จากการคำนวณมาใส่ในเซลล์ที่มีตำแหน่งตรงกับเซลล์ศูนย์กลางในเอาท์พุทกริด (b) เมื่อกรอบ 3x3 เคลื่อนที่ไปเซลล์ศูนย์กลางจะเปลี่ยนตำแหน่งไป (Chang, 2002, p.203)



รูปที่ 9.7 ใน A แสดงการคำนวณค่า range จากกรอบ 3x3 ในอินพุทกริด(a) และนำค่าที่ได้แสดงในเอาท์พุทกริด(b) ใน B เป็นการนำค่า majority จากกรอบ 3x3 ในอินพุทกริด(a) มาแสดงในเอาท์พุทกริด(b) (Chang, 2002, p.203)

นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ยังมีการนำเอา neighborhood operation ไปใช้งานในด้านการวิเคราะห์ลักษณะภาคพื้น(terrain characteristics)แบบต่างๆ อีกมากมาย อาทิ การคำนวณหาค่า slope, aspect,

และ surface curvature ค่าเหล่านี้เป็นค่าที่คำนวณได้จากค่าความสูงของภาคพื้น ชั้นข้อมูลต้นแบบของความสูงอาจจะอยู่ในรูปของข้อมูลเส้นชั้นระดับความสูง (contour line) และ/หรือ จุดความสูง (spot height) ก็ได้ ข้อมูลเหล่านี้ถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของราสเตอร์ ซึ่งในบางเซลล์เท่านั้นที่จะได้รับค่าความสูงประจำเซลล์จากข้อมูลเดิม และกริดที่ได้จะถูกนำไปใช้เป็นอินพุทกริดสำหรับทำการ interpolation ซึ่งเป็นกระบวนการคำนวณจากค่าความสูงในบางเซลล์ของอินพุทกริดเพื่อให้ได้ค่าความสูงประจำสำหรับทุกๆ เซลล์ในเอาท์พุทกริด เอาท์พุท กริดที่ได้จึงจะนำไปใช้เป็นอินพุทกริดสำหรับการวิเคราะห์หาคุณลักษณะภาคพื้นตามที่กล่าวในข้างต้น

9.3 Zonal operation

Zonal operation เป็นการทำงานที่มีอินพุทกริดมากกว่าหนึ่งกริด โดยหนึ่งในนั้นจะเป็นกริดแสดงโซน(zonal grid) ที่ใช้เป็นกรอบกำหนดให้ใช้ค่าจากเซลล์ของอินพุทกริดอื่นที่อยู่ในโซนเท่านั้นมาใช้ในการคำนวณ ในแต่ละโซนของอินพุทกริดดังกล่าวจะมีค่าประจำเซลล์เพียงค่าเดียวเหมือนกันทุกเซลล์ และผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ จะถูกแสดงผลในเซลล์ต่างๆของเอาท์พุทกริดที่อยู่ในตำแหน่งโซนเดียวกันของอินพุทกริด ทุกเซลล์ภายในโซนจะแสดงเป็นค่าเดียวเหมือนกันหมด (รูปที่ 9.8)

(a)

1	1	2	2
1	1	2	2
1	1	3	3
3	3	3	3

(b)

1	2	2	1
1	4	5	1
2	3	7	6
1	3	4	4

(c)

2.17	2.17	2.25	2.25
2.17	2.17	2.25	2.25
2.17	2.17	4.17	4.17
4.17	4.17	4.17	4.17

รูปที่ 9.8 อินพุทกริด(a) ที่มีโซน 1, 2, และ 3 ใช้บังคับในการที่จะนำเอาค่าในเซลล์จากอินพุทกริดอื่น(b) มาใช้ในการคำนวณค่าเฉลี่ยประจำโซนซึ่ง ได้แก่ 2.17, 2.25, และ 4.17 ตามลำดับ มาแสดงในแต่ละโซนภายในเอาท์พุทกริด(Chang, 2002, p.204)

กระบวนการการคำนวณหรือการหาค่าในแต่ละโซนเป็นเช่นเดียวกับที่มีในแบบ neighborhood operation เช่นการคำนวณค่าทางสถิติต่างๆ min, max, sum, range, mean, SD, mid, major, minor, variety เป็นต้น

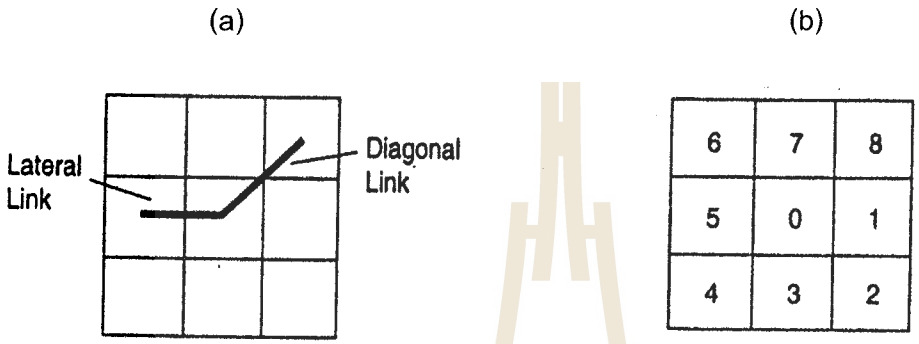
นอกจากนี้ยังมีการคำนวณที่บอกถึงคุณลักษณะทางเรขาคณิตของโซนอีกด้วย เช่น area, perimeter, thickness และ centroid ค่า area ของโซนคำนวณได้จากจำนวนเซลล์ภายในโซนคูณด้วยพื้นที่ในหนึ่งเซลล์ ค่า perimeter หรือความยาวเส้นรอบโซน คำนวณได้จากความกว้างของเซลล์คูณด้วยจำนวนเซลล์ที่ต่อเนื่องกันเป็นขอบเขตของโซน ค่า thickness ของโซนหมายถึง รัศมีของวงกลมที่ใหญ่ที่สุดที่สามารถอยู่ภายในแต่ละโซน รัศมีมีค่าในรูปของจำนวนเซลล์ ค่าต่างๆทางเรขาคณิตเหล่านี้มีประโยชน์สำหรับการศึกษาด้านนิเวศวิทยาตามสภาพภูมิทัศน์ (landscape ecology)

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้ zonal operation ที่น่าสนใจอีกแบบหนึ่งซึ่ง Chang (2002) กล่าวไว้คือ *"To compare topographic characteristic of different soil texture: soil grid (sand, silt, clay) as a zonal grid and slope, aspect and elevation as an input grids, then check relationship of topographic characteristics within different soil texture."* ซึ่งเป็นการใช้ zonal operation เพื่อต้องการทราบว่าชนิดของ texture ของดินมีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิประเทศหรือมีความสัมพันธ์กันอย่างไรหรือไม่ ลักษณะภูมิประเทศในที่นี้คือ ความลาดชัน ทิศทางของด้านลาด และความสูง หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ บริเวณที่มี texture ของดินที่เป็นทรายจะมีลักษณะภูมิประเทศแตกต่างไปจากภูมิประเทศในบริเวณที่มี texture ของดินเป็นดินเหนียวหรือทรายแป้งหรือไม่ ในความเป็นจริง texture ของดิน น่าจะหมายรวมถึงชนิดหิน/ตะกอนด้วย ถ้าพบว่ามีความสัมพันธ์ต่อกัน คำถามที่ตามมาคือ texture ของดินและชนิดหิน/ตะกอน เป็นตัวควบคุมลักษณะภูมิประเทศ หรือลักษณะภูมิประเทศเป็นตัวควบคุม texture ของดินและชนิดหิน/ตะกอน ซึ่งคำตอบที่คาดคิดได้น่าจะเป็นว่าทั้งสองตัวแปรมีอิทธิพลต่อกันและกันแล้วแต่ชนิดของภูมิสัณฐาน ถ้าภูมิสัณฐานเป็นแบบ erosional ซึ่งเกิดจากกระบวนการกัดกร่อนทำลาย เช่น บริเวณที่เป็นภูเขา เนินกรวด ลักษณะภูมิประเทศจะได้รับอิทธิพลจาก texture ของดินและชนิดหิน/ตะกอน รวมถึงโครงสร้างที่มีอยู่ในหินและตะกอน ในทางกลับกันถ้าภูมิสัณฐานเป็นแบบ depositional ซึ่งเกิดจากกระบวนการทับถมตกตะกอน เช่น ในบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงหรือบริเวณน้ำขึ้นน้ำลงชายฝั่ง ลักษณะภูมิประเทศจะมีอิทธิพลต่อ texture ของดินและตะกอน

9.4 Distance measure operation

Distance measure operation เป็นการทำงานที่เกี่ยวข้องกับระยะทางหรือระยะห่างจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง เช่น การคำนวณหาระยะทางที่ใกล้ที่สุดจากเซลล์ต่างๆไปยังเซลล์ที่เป็นลำน้ำ ในรูปของกริด ระยะห่างระหว่างเซลล์ที่อยู่ติดกันจึงมี 2 รูปแบบ (รูปที่ 9.9) ได้แก่ ระยะห่างทางราบในแนวนอน/แนวตั้ง และระยะห่างในแนวแทยง ระยะห่างแบบแรกมีความยาวเท่ากับขนาดของเซลล์ ถ้าเซลล์มีขนาด 10x10

เมตร ระยะห่างจะเท่ากับ 10 เมตร ระยะห่างแบบหลังมีความยาวเท่ากับ 1.4142 คูณด้วยขนาดของเซลล์ ถ้าเซลล์มีขนาด 10x10 เมตร ระยะห่างจะเท่ากับ 14.142 เมตร ดังนั้นในการคำนวณหาระยะทางหรือความยาวที่เชื่อมจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง จึงเป็นการรวมระยะห่างทั้งสองแบบตลอดแนวเชื่อมเข้าด้วยกันแล้วจึงคูณด้วยขนาดของเซลล์



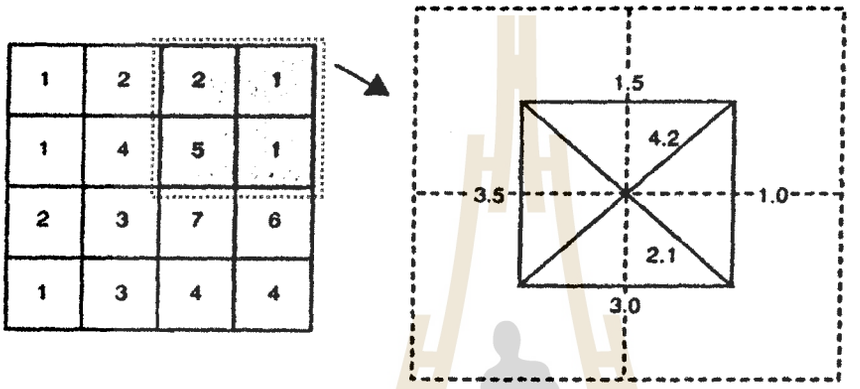
รูปที่ 9.9 ระยะห่างระหว่างเซลล์มี 2 รูปแบบ(a) ระยะห่างทางราบในแนวนอน/แนวตั้ง(lateral link) และในแนวแทยง(diagonal link) ในรูป (b) แสดงตำแหน่งของเซลล์ในทิศทางต่างๆโดยมีเซลล์ที่มีรหัสเป็น 0 เป็นเซลล์ศูนย์ลาง เซลล์ที่มีรหัส 1 ถึง 8 จะอยู่ในตำแหน่งที่มี มุม azimuth เบนจากทิศเหนือตามเข็มนาฬิกาตั้งแต่ 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°, 360° และ 45° ตามลำดับ(Chang, 2002, p.206)

ตัวอย่างการวัดระยะทางจากเซลล์ใดๆในพื้นที่ว่าห่างจากทางน้ำที่ใกล้ที่สุดมีค่าเท่าใด อาจใช้วิธี buffer ทางน้ำออกไปทีละเซลล์ โดยกำหนดให้ค่าประจำเซลล์ที่ buffer เป็นตัวบอกระยะห่างจากทางน้ำที่ใกล้ที่สุด

การประยุกต์ใช้ distance measure operation มีหลายแบบ ที่ใช้กันมาก ได้แก่ การวิเคราะห์หาระยะทางที่สั้นที่สุดหรือที่เหมาะสมที่สุด (minimum/optimum path) ระหว่างเซลล์สองเซลล์ใดๆในพื้นที่ศึกษา การวิเคราะห์หาพื้นที่การให้บริการโดยรอบจุด/ศูนย์บริการที่สามารถให้บริการได้ภายในเวลาที่กำหนด(allocation) เช่น การกำหนดพื้นที่การให้บริการของศูนย์บริการคนเจ็บฉุกเฉินที่ไปถึงยังที่เกิดเหตุได้ภายในเวลาไม่เกิน 15 นาที การกำหนดตำแหน่งการตั้งศูนย์บริการหรือร้านค้าที่เหมาะสมที่สุด(location) ที่การเดินทางจากทุกจุดหรือเซลล์ภายในพื้นที่ที่กำหนด สามารถเข้าถึงตำแหน่งของศูนย์บริการได้อย่างสะดวกหรือรวดเร็วที่สุด ระยะทางหรือเส้นทางที่ใช้ในการคำนวณในกระบวนการวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมเหล่านี้ จะไม่ใช้ระยะทางที่สั้นที่สุดเสมอไป แต่ระยะทางที่ถูกนำมาใช้ในการคำนวณจะอยู่ในรูปของ cost distance

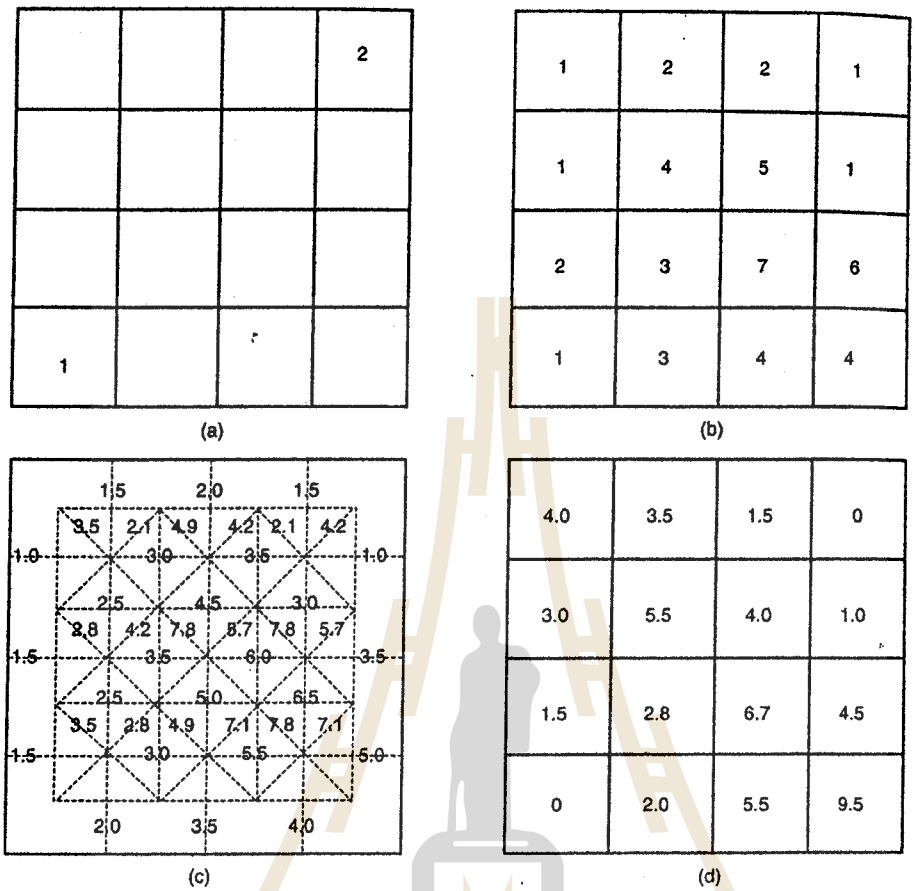
Cost distance เป็นการใส่ค่าต้นทุนลงไปในระยะทาง เช่น เวลาที่ใช้จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในเส้นทาง ระยะทางที่สั้นอาจใช้เวลามากกว่าระยะทางที่ยาวกว่าก็ได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสภาพถนน ความสูงชันของเส้นทาง ความหนาแน่นของปริมาณจราจร หรืออาจจะเป็นค่าใช้จ่ายในการเดินทาง การกำจัด

ความเร็ว เป็นต้น ในรูปของกริดค่าต้นทุนจะถูกใช้เป็นค่าประจำกริด ดังนั้นค่า cost distance ซึ่งเป็นค่าระยะทางคูณด้วยต้นทุน จึงเป็นค่าผลคูณของค่าต้นทุนเฉลี่ยของสองเซลล์ที่อยู่ติดกันคูณด้วยขนาดของเซลล์หากเป็นเซลล์ที่อยู่ติดกันในแนวนอนและแนวตั้ง หรือคูณด้วยขนาดของเซลล์และ 1.4142 เมื่อเป็นเซลล์ที่อยู่ติดกันในแนวแทยง (รูปที่ 9.10) จาก cost grid รูปทางซ้าย เมื่อทำการคำนวณแล้วจะได้เป็น cost-distance grid ดังรูปทางขวามือ

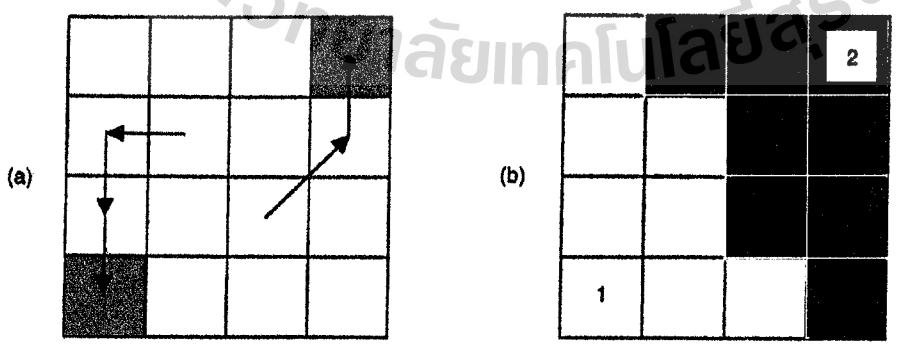


รูปที่ 9.10 ค่า cost distance ของเซลล์ติดกันในแนวนอน/แนวตั้ง เป็นค่าเฉลี่ยต้นทุนคูณด้วยขนาดของเซลล์(ในที่นี้มีค่าเป็น 1) เช่น 1x(2+1)/2 = 1.5 สำหรับเซลล์ติดกันในแนวแทยงเป็นค่าเฉลี่ยต้นทุนคูณด้วยขนาดของเซลล์และคูณด้วย 1.4142 เช่น 1.4142 x (5+1)/2 = 4.2 (Chang, 2002, p.208)

ในการวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดจากจุด/เซลล์หนึ่งไปยังอีกจุด/เซลล์หนึ่ง ในชั้นข้อมูลโครงสร้างแบบกริด จะต้องมีกริดที่กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง กริดที่มีค่าต้นทุนเป็นค่าประจำเซลล์ จากนั้นจึงทำการคำนวณหา cost-distance grid ตามที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ผลที่ได้จะมีค่า cost distance ทุกๆรอยต่อ(link) จากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งทั้งในแนวนอน แนวตั้งและแทยง จากนั้นจึงคำนวณหาค่า accumulative cost distance ซึ่งเป็นค่าสะสมที่มีค่าน้อยที่สุดของค่า cost distance จากทุกเซลล์ในกริดไปยังตำแหน่งเซลล์ต้นทางหรือปลายทาง โดยจากเซลล์ๆหนึ่งจะได้รับการคำนวณว่าจะเดินทางไปยังเซลล์ต้นทางหรือปลายทางจะต้องผ่านเซลล์ใดบ้างที่เมื่อนำค่า cost distance ของทุกรอยต่อมาสะสมรวมกันแล้วจะได้ค่าน้อยที่สุด หมายความว่าจากทุกเซลล์จะเดินทางอย่างไรไปยังเซลล์ต้นทางและปลายทางโดยให้ได้ค่าสะสมน้อยที่สุด แล้วนำสองค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ค่าสะสมที่น้อยกว่าจะได้รับเลือก โดยเส้นทางการเดินทางของแต่ละเซลล์จะถูกบันทึกไว้ ค่าสะสมน้อยที่สุดที่ได้รับเลือกนี้จะถูกใส่ไว้เป็นค่าประจำเซลล์ในกริดที่แสดงค่าสะสมที่น้อยที่สุดของทุกเซลล์ (least accumulative cost distance grid) ตัวอย่างชั้นข้อมูลกริดทั้ง 4 ดังแสดงในรูปที่ 9.11 จากกริด d ในรูปที่ 9.11 ถูกนำมาใช้แสดงในรูปที่ 9.12 เป็นตัวอย่างเส้นทางการเดินทางจากเซลล์ต่างๆ ไปยังตำแหน่งต้นทางและปลายทาง และแสดงโซนที่ระบุว่าเซลล์ใดจะเดินทางไปยังต้นทาง เซลล์ใดจะเดินทางไปยังปลายทาง



รูปที่ 9.11 ขั้นตอนการหาเส้นทางที่ใช้ค่าต้นทุนน้อยที่สุด ต้องมีกริดกำหนดต้นทางและปลายทาง(a) กริดที่แสดงค่าต้นทุนสำหรับทุกเซลล์ (b) กริดที่ได้จากการคำนวณที่ใช้ค่าต้นทุนคูณด้วยระยะทางรอยต่อระหว่างเซลล์ต่อเซลล์(c) กริดที่ทุกเซลล์แสดงค่าสะสมของค่าต้นทุนคูณระยะทางน้อยที่สุด จากเซลล์นั้นๆไปยังต้นทางหรือปลายทาง(d) (Chang, 2002, p.209)



รูปที่ 9.12 ใช้กริด d จากรูปที่ 9.11 แสดงตัวอย่างเส้นทางจากเซลล์ไปยังตำแหน่งต้นทางหรือปลายทางที่มีค่าสะสมน้อยที่สุด(a) และกริดแสดงโซนที่ระบุว่าเซลล์ใดเหมาะสมที่จะเดินทางไปยังต้นทางหรือปลายทาง (b) กริดแบบนี้เรียกว่า allocation grid (Chang, 2002, p.211)

ขั้นตอนรายละเอียดการคิดคำนวณกริด d ในรูปที่ 9.11 แบ่งเป็น 7 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 9.13

Step 1. Activate cells adjacent to the source cells, place the cells in the active list, and compute cost values for the cells. The cost values for the active cells are as follows: 1.0, 1.5, 1.5, 2.0, 2.8, 4.2.

		1.5	0
		4.2	1.0
1.5	2.8		
0	2.0		

Step 2. The active cell with the lowest value is assigned to the output grid, and its adjacent cells are activated. The cell at row 2, column 3, which is already on the active list, must be reevaluated, because a new path has become available. As it turns out, the new path with a lateral link from the chosen cell yields a lower accumulative cost of 4.0 than the previous cost of 4.2. The cost values for the active cells are as follows: 1.5, 1.5, 2.0, 2.8, 4.0, 4.5, 6.7.

		1.5	0
		4.0	1.0
1.5	2.8	6.7	4.5
0	2.0		

Step 3. The two cells with the cost value of 1.5 are chosen, and their adjacent cells are placed in the active list. The cost values for the active cells are as follows: 2.0, 2.8, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.7, 6.7.

	3.5	1.5	0
3.0	5.7	4.0	1.0
1.5	2.8	6.7	4.5
0	2.0		

Step 4. The cell with the cost value of 2.0 is chosen and its adjacent cells are activated. Of the three adjacent cells activated, two have the accumulative cost values of 2.8 and 6.7. The values remain the same because the alternative paths from the chosen cell yield higher cost values (5 and 9.1 respectively). The cost values for the active cells are as follows: 2.8, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.5, 5.7, 6.7.

	3.5	1.5	0
3.0	5.7	4.0	1.0
1.5	2.8	6.7	4.5
0	2.0	5.5	

Step 5. The cell with the cost value of 2.8 is chosen. Its adjacent cells all have accumulative cost values assigned from the previous steps. These values remain unchanged because they are all lower than the values computed from the new paths.

	3.5	1.5	0
3.0	5.7	4.0	1.0
1.5	2.8	6.7	4.5
0	2.0	5.5	

Step 6. The cell with the cost value of 3.0 is chosen. The cell to its right has an assigned cost value of 5.7, which is higher than the cost of 5.5 via a lateral link from the chosen cell.

4.0	3.5	1.5	0
3.0	5.5	4.0	1.0
1.5	2.8	6.7	4.5
0	2.0	5.5	

Step 7. All cells have been assigned with the least accumulative cost values, except the cell at row 4, column 4. The least accumulative cost for the cell is 9.5 from either source.

4.0	3.5	1.5	0
3.0	5.5	4.0	1.0
1.5	2.8	6.7	4.5
0	2.0	5.5	9.5

รูปที่ 9.13 แสดงขั้นตอนการคิดคำนวณ least accumulative cost distance grid ซึ่งเป็นกริด d ในรูปที่ 9.11 (Chang, 2002, p.210)

9.5 Spatial autocorrelation

Spatial autocorrelation หรือสหสัมพันธ์อัตโนมัติเชิงพื้นที่ เป็นการคำนวณหาค่าสถิติแสดงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของค่าประจำเซลล์ต่างๆ ในกริด ซึ่งอาจกล่าวอย่างง่ายๆคือกริดที่มีการจัดตัวของเซลล์ที่มีตำแหน่งใกล้กันให้มีค่าประจำเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมากจะมีค่าสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่สูง ดังนั้นในการทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของตัวแปรใดๆ จึงควรคำนึงถึงการขึ้นอยู่กับกันและกันของค่าประจำเซลล์หรือ

อิทธิพลในเชิงพื้นที่ที่มีต่อกันในระหว่างเซลล์เมื่ออยู่ใกล้กัน ถ้าการกระจายตัวของค่าประจำเซลล์ในตำแหน่งต่างๆ เป็นไปอย่างอิสระไม่มีรูปแบบแน่นอน(random) แสดงว่าการจัดตัวของค่าประจำเซลล์ในกริดมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ต่ำ ในการวิเคราะห์ทางสถิติกับกริดลักษณะนี้ อาจใช้วิธีการทางสถิติมาตรฐานทั่วไปโดยไม่ต้องคำนึงถึงตำแหน่งที่ตั้งของเซลล์ การคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่เป็นที่นิยมกันมากมีอยู่ 2 วิธีได้แก่ วิธีการคำนวณแบบ Moran's I และ Geary's c

การคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่เป็นกระบวนการปฏิบัติการแบบ global operation เนื่องจากเป็นการคำนวณที่ใช้ค่าประจำเซลล์ของทุกเซลล์ในกริดเป็นเซลล์ศูนย์กลาง โดยคำนวณทีละเซลล์จนครบทุกเซลล์ ได้ค่าผลลัพธ์ค่าเดียวซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของผลรวมของผลคูณระหว่างผลต่างของค่าประจำเซลล์ศูนย์กลางกับค่าประจำเซลล์เฉลี่ยทั้งกริด และผลต่างของค่าประจำเซลล์ที่อยู่โดยรอบติดกับเซลล์ศูนย์กลางกับค่าประจำเซลล์เฉลี่ยทั้งกริด เทียบกับค่าเฉลี่ยของผลรวมของผลยกกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าประจำเซลล์ศูนย์กลางกับค่าประจำเซลล์เฉลี่ยทั้งกริด (กรณีของ Moran's I) หรือเป็นค่าเฉลี่ยของผลรวมจากการยกกำลังสอง ของผลต่างระหว่างค่าประจำเซลล์ศูนย์กลางกับค่าประจำเซลล์ที่อยู่โดยรอบติดกับเซลล์ศูนย์กลาง โดยเทียบกับค่าเฉลี่ยของผลรวมของผลยกกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าประจำเซลล์ศูนย์กลางกับค่าเฉลี่ยของค่าประจำเซลล์ทั้งกริด (กรณีของ Geary's c)

One popular spatial autocorrelation measure is **Moran's I**, which can be computed by

$$\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} w_{ij}(x_i - x_m)(x_j - x_m) \Big/ \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} w_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_m)^2 / n} \qquad (11.3)$$

where x_i is the value of cell i, x_j is the value of cell i's neighbor j, x_m is the mean cell value of the grid, w_{ij} is a coefficient, and n is the total number of cells in the grid. The coefficient w_{ij} has a value of 1 if j is one of the four cells directly adjacent to i and a value of 0 for other cells or cells with No Data. Moran's I is positive when nearby areas have similar attribute values, negative when they have dissimilar values, and close to zero when attribute values are arranged randomly. The values Moran's I takes on tend to range between −1 and 1, but are not restricted to the range.

Another popular spatial autocorrelation measure is **Geary's c**, which can be computed by

$$\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} w_{ij}(x_i - x_j)^2 \Big/ \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} w_{ij}}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - x_m)^2 / (n-1)} \qquad (11.4)$$

The notations in the equation are the same as those for Moran's I. Whereas Moran's I uses the covariance, $(x_i - x_m)(x_j - x_m)$, in the computation, Geary's c uses the variance, $(x_i - x_j)^2$. Geary's c has a value of 1 for a random pattern, less than 1 for a positively correlated pattern, and greater than 1 for a negatively correlated pattern.

รูปที่ 9.14 การคำนวณหาค่าสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่แบบ Moran's I และ Geary's c (Chang, 2002, p.212)

ผลจากการคำนวณจะได้ค่าผลลัพธ์เป็นค่าเดียว ที่บอกให้ทราบถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่มีต่อกันระหว่างเซลล์ต่างๆในกริดที่ทำการคำนวณ ในกรณีของ Moran's I ค่าที่คำนวณได้จะมีแนวโน้มอยู่ระหว่าง

-1 ถึง 1 โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่าของตัวแปรนั้นในกริดมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในระหว่างเซลล์มาก หรือมีค่าที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้ชิดกัน ถ้าค่าที่คำนวณได้เข้าใกล้ -1 แสดงว่าค่าของตัวแปรนั้นในกริดมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในระหว่างเซลล์น้อย หรือมีค่าประจำเซลล์ที่อยู่ในตำแหน่งที่ใกล้ชิดกันแตกต่างกัน ถ้าค่าที่คำนวณได้เข้าใกล้ 0 แสดงว่าค่าประจำเซลล์ต่างๆภายในกริดมีการจัดตัวแบบไม่มีรูปแบบแน่นอน(random) ในกรณีของ Geary's c ค่าของตัวแปรนั้นที่ประจำเซลล์ต่างๆภายในกริดจะมีการจัดตัวแบบไม่มีรูปแบบแน่นอน(random)เมื่อค่าที่คำนวณได้เป็น 1 หรือเข้าใกล้ 1 ถ้าค่าที่คำนวณได้น้อยกว่า 1 ค่าของตัวแปรนั้นในกริดมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในระหว่างเซลล์มากหรือมีค่าที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกันอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้ชิดกัน ถ้าค่าที่คำนวณได้มากกว่า 1 ผลที่ได้จะเป็นตรงกันข้าม ตัวอย่างของข้อมูลกริดและผลการคำนวณค่าสหสัมพันธ์อัตโนมัติเชิงพื้นที่แสดงในรูปที่ 9.15

(a)

1	1	2	3
1	1	2	3
2	2	2	3
2	2	3	3

Moran's I = −0.6, Geary's c = 0.48

(b)

3	2	2	1
2	3	1	3
1	3	2	1
1	1	2	1

Moran's I = −0.15, Geary's c = 1.07

(c)

3	1	1	2
2	1	3	1
1	2	1	3
2	1	3	1

Moran's I = −0.65, Geary's c = 1.29

รูปที่ 9.15 ตัวอย่างของข้อมูลกริดที่มีการจัดตัวของค่าประจำเซลล์แบบต่างๆกับค่าสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่คำนวณได้ (a) เป็นแบบมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (b) ไม่มีรูปแบบแน่นอน(random) (c) ไม่มีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Chang, 2002, p.212)

จากสมการการคำนวณค่าสหสัมพันธ์อัตโนมัติเชิงพื้นที่ของ Moran's I จะเห็นว่าถ้าค่าของความแตกต่างระหว่างค่าประจำเซลล์ศูนย์กลางกับค่าประจำเซลล์เฉลี่ยทั้งกริด(x_i-x_m) ใกล้เคียงหรือไม่แตกต่างจากค่าความแตกต่างระหว่างค่าประจำเซลล์ที่อยู่โดยรอบติดกับเซลล์ศูนย์กลาง กับค่าประจำเซลล์เฉลี่ยทั้งกริด(x_j-x_m) ค่าสหสัมพันธ์อัตโนมัติเชิงพื้นที่ที่คำนวณได้จะมีค่าเท่ากับหรือเข้าใกล้ 1 การที่ค่าความแตกต่างทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าค่าประจำเซลล์ที่อยู่ในตำแหน่งใกล้ชิดกันมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันทั้งในเชิงปริมาณและเชิงพื้นที่

ในกรณีของการใช้สมการการคำนวณของ Geary's c จะเห็นว่าถ้าผลรวมของค่าความแตกต่างระหว่างค่าประจำเซลล์ศูนย์กลางกับค่าประจำเซลล์ที่อยู่โดยรอบติดกับเซลล์ศูนย์กลาง(x_i-x_j)เมื่อใช้ทุกเซลล์ในกริดเป็นเซลล์ศูนย์กลางแล้ว มีค่าน้อยกว่าผลรวมของค่าความแตกต่างระหว่างค่าประจำเซลล์ที่ศูนย์กลางกับค่าประจำเซลล์เฉลี่ยทั้งกริด(x_i-x_m)เมื่อใช้ทุกเซลล์ในกริดเป็นเซลล์ศูนย์กลางแล้ว ค่าที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าในแต่ละเซลล์ที่อยู่ติดกันมีค่าประจำแตกต่างกันน้อยกว่า เมื่อเทียบกับความแตกต่างของค่าประจำเซลล์ทุกเซลล์กับค่าประจำเซลล์เฉลี่ยทั้งกริด หรือหมายความว่าเซลล์ที่อยู่ติดๆกันจะมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากกว่าเซลล์ที่อยู่ไกลออกไป ข้อมูลในกริดจึงแสดงนัยสำคัญของการมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

Aronoff, S. (1989). Geographic Information System: A management perspective, WDL publications, Ottawa, 294 p.

Bernhardsen, T. (2002). Geographic information systems: An introduction. 3rd edition. John Wiley & Sons. Inc., 428 p.

Burrough, P.A. and McDonnell, R.A. (1998). Principles of geographic information systems. Oxford University Press. New York, 333 p.

Chang, Kang-tsung. (2002). Introduction Geographic Information Systems, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 348 p.

Committee for Specifications and Standards of the American Society of Photogrammetry. (1983). Accuracy Specification for Large-scale Line Maps, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.51, no.2, p.195-199.

Dana, P.H. (1997). Unit 013 – Coordinate systems overview. *NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science*. p.1-38.

ESCAP. (1996). Manual on GIS for planners and decision makers. United Nations. New York. 153 p.

ESRI. (2000). Understanding map projections, 107 p.

ESRI. (1994). *PC Arc/Info User Guides*, p.3-15 to 3-22.

ESRI. (1994a). *Map Projections: Georeferencing spatial data*, p.4-1 to 4-16.

Geological Survey Division. (1998). Geologic and Geographic Database Design. Technical Geologic Data System Development Project, Report no.3. Contract no. 109/1997 by Department of Mineral Resources and Thailand Environment Institute. 787 p.

Haywood, I., Cornelius, S., and Carver, S. (2002). An introduction to geographic information systems, second edition, Prentice Hall, New York, Boston, 295 p.

Jensen, J.R. (1986). *Introductory Digital Image Processing: A remote sensing perspective*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, p.104-105.

Kirvan, A.P. (1997). Unit 014 - Latitude and Longitude. *NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science*. p.39-55.

Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. (1979). *Remote Sensing and Image Interpretation*, John Wiley & Sons, New York, Toronto, p.122-124.

Lo, C.P. and Yeung, K.W.A.(2002). Concepts and Techniques of Geographic Information Systems, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 492 p.

Malczewski, J. (2002). GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons, Inc. 392 p.

National Committee for Digital Cartographic Data Standard (NCDCDS). (1988). Cartographic Objects, Paper available on the Internet.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Parker, H.D. (ed). (1991). *International GIS Sourcebook (1991-92)*, GIS World, Inc., 597 p.

Sarapirome, S. (1982). Environmental Geology of an Area along the Eastern Coast, Upper Gulf of Thailand, M.Sc.Thesis, Department of Geology, Chulalongkorn University, 259 p.

Sarapirome, S. (1999). Current Status of the Geo-scientific Information Management in Thailand. In Ch. Khantaprab, (ed.-in-chief), *Proceedings of the Symposium on Mineral, Energy and Water Resources of Thailand: Towards the year 2000*, Bangkok, Thailand, p. 64-70.

Sarapirome, S., Trachu, C., and Subtavewang, T. (2001). GIS Database for Land-use Planning in the Phuket Island, Thailand. A paper submitted to the *ITIT Symposium on Geoinformation and GIS Application for the Urban Areas of East and Southeast Asia*, February 14-15, 2000, Tsukuba, Japan, CCOP Technical Bulletin v.30, p.45-61.

Thailand Environment Institute. (1997). Thailand on a disc. Data on a CD with manual, 132 p.

ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล, ชัยยุทธ สุขศรี, สัญญา สราภิรมย์ และ รัศมี สุวรรณวีระกำธร. (2542). การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมและจัดทำแผนที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง, ใน ศรีสอาด ตั้งประเสริฐ (บรรณาธิการ), การจัดการทรัพยากรน้ำในประเทศไทย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 11-1 ถึง 11-42

รัศมี สุวรรณวีระกำธร. (2543). การประยุกต์ใช้ข้อมูลระยะไกลกับการศึกษาสภาพน้ำท่วมในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง, ส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง"อิทธิพลของสัณฐานธรณีวิทยาต่อปัญหาน้ำท่วมและการระบายน้ำในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง" สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (RDG 3/10/2540), หน้า 36-61.

สัญญา สราภิรมย์ สิริลักษณ์ ดีสูงเนิน โชติภา กุลรัตน์ และ ปฏิวัติ สอางชัย. (2548). การพัฒนาฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. รายงานการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 70 หน้า

สัญญา สราภิรมย์. (2543). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับการศึกษาสภาพน้ำท่วมในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง, ส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง"อิทธิพลของสัณฐานธรณีวิทยาต่อปัญหาน้ำท่วมและการระบายน้ำในบริเวณที่ราบภาคกลางตอนล่าง" สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (RDG 3/10/2540), หน้า 62-100.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก
คำถามท้ายบท

บทที่ 1 บทนำ

1. What is '3S' technology?
2. Why is GIS good for integrating data and analyses from multidisciplinary?
3. Why is GIS considered to be the best tool for spatial decision and planning?
4. Why are RS and GIS technologies the next of kin?
5. Give 3 types of GIS applications with examples.

บทที่ 2 ข้อมูลภูมิศาสตร์จากโลกจริงสู่โลกดิจิทัล

1. What are Geodata/GIS data components? Explain with examples.
2. How are GIS data components related with change study?
3. Explain steps to conceptualize from real world to GIS digital database.
4. Explain levels of measurement of non-spatial data.
5. What is data quality?

บทที่ 3 GIS คืออะไร

1. What is GIS? How is it different from other ISs?
2. Explain relationship of data and information.
3. What are GIS components and functions?
4. How important is the maintenance to be one of the GIS components?
5. What is the advantage GIS mapping and analysis compared to the conventional mapping and analysis system?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4 ระบบพิกัดและการฉายแผนที่

1. What is datum? And what properties are used to classy datum?
2. Why is each country more likely to have its own local datum for coordinate system?
3. Why does WGS84 seem to be fit for all countries?
4. What is the difference between coordinate system and datum conversions?
5. How is geographic and UTM coordinate systems different?

บทที่ 5 แบบจำลองข้อมูล GIS

1. List advantage and disadvantage of vector and raster data models.
2. What is topology in vector and raster data models? Are their topologies different?
3. What is the difference between the polygon ID and class ID of the spatial data?
4. Explain with example how spatial relationship can be determined using topology
5. In GIS, what are the DBMS compositions and functions?

บทที่ 6 การออกแบบฐานข้อมูล GIS

1. Explain briefly all three steps of DB design for an organization.
2. Which type of DB design does mention about tolerance definition? Explain that type of DB design for GIS data.
3. List factors that affect the volume of GIS data in the DB.
4. What is Data Triangle?
5. Discuss the use of metadata and actual data.

บทที่ 7 การนำเข้าข้อมูล GIS

1. List sources of GIS data for input.
2. What is RMSE (root mean square error)? What is it used for?
3. List what should do for the data organization.
4. If you separately input soil maps of two connecting provinces without using the template of their boundary, what type of error can be expected when you append them and how can it happen?
5. Explain steps in GIS data input.

บทที่ 8 การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบเวกเตอร์

1. Explain Boolean Analysis of GIS data.
2. In general, what types of questions can GIS be used to answer and which certain procedures are used for specific types of questions?
3. Explain 'eliminate, dissolve, and erasecov' functions of vector-based analysis.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. If you separately input soil maps of two connecting provinces without using the template of their boundary, what type of error can be expected? What functions will you use to join them together and get rid of that error?
5. In spatial analysis functions, which one is opposite to 'clip'? How do they work? Give examples.

บทที่ 9 การวิเคราะห์ข้อมูล GIS แบบราสเตอร์

1. What is spatial autocorrelation? Explain Geary's C or Moran's I measure how it autocorrelates?
2. What is the spatial analysis function that can be used for change detection study? And what type of operation is used?
3. What are difference among local, zonal, and neighborhood operations?
4. Why is spatial autocorrelation considered to be global operation?
5. What is the cost-distance surface?

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี