การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน

Geographical Information System Data Partitioning for Parallel Processing

ขนกกุล แซ่โค้ว

Kanokgul Saekow

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Science in Management of Information Technology

Prince of Songkla University

2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน
ผู้เขียน นางสาวขนกกุล แซ่โค้ว
สาขาวิชา การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ วณิชโยบล)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิริรัตน์ วณิชโยบล)

.....กรรมการ
(ดร.ลัดดา ปรีชาวีรกุล)

.....กรรมการ
(ดร.เดือนเพ็ญ กชกรจารุพงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน
ผู้เขียน นางสาวขนกกุล แซ่โค้ว
สาขาวิชา การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง (Contour line) ของพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน โดยวิธีดังกล่าวประกอบด้วย คอมพิวเตอร์แม่ข่ายสำหรับการแบ่งข้อมูล และคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ไม่จำเป็นต้องมีสมรรถนะเท่ากัน ใช้สำหรับการประมวลผลแบบขนาน โดยการแบ่งข้อมูลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลข้อมูลได้เต็มศักยภาพของคอมพิวเตอร์ ทำให้ลดเวลาในการประมวลผล ข้อมูลถูกแบ่งโดยการเลือกใช้ขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมสำหรับลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์ช่วยลดเวลาในการประมวลผลลง วิธีการแบ่งข้อมูลมี 2 วิธี คือ วิธี *Tree Partitioning Algorithm* ที่ใช้เส้นชั้นความสูงเป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล เหมาะสำหรับลักษณะภูมิประเทศแบบเขตภูเขา ภูมิประเทศแบบเขตที่ราบสูง และภูมิประเทศแบบเขตที่ราบ และวิธี *Coordinate Partitioning Algorithm* ที่ใช้พิกัด x, y เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล เหมาะสำหรับลักษณะภูมิประเทศแบบเขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา โดยวิธี *Tree Partitioning Algorithm* เหมาะสมสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายประมาณ 5 เครื่อง และใช้เวลาในการประมวลผลลดลงโดยเฉลี่ยคิดเป็น 3 เท่าของการประมวลผลในเครื่องเดียว และวิธี *Coordinate Partitioning Algorithm* เหมาะสมสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายประมาณ 6 เครื่อง และใช้เวลาในการประมวลผลลดลงโดยเฉลี่ยคิดเป็น 2 เท่าของการประมวลผลในเครื่องเดียว

คำสำคัญ: การแบ่งข้อมูล, เส้นชั้นความสูง, การประมวลผลแบบขนาน, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Thesis Title	Geographical Information System Data Partitioning for Parallel Processing
Author	Miss. Kanokgul Saekow
Major Program	Management of Information Technology
Academic Year	2009

ABSTRACT

This thesis presents the contour lines partitioning algorithms for different types of geographical data areas. The algorithms require a computer server for data partitioning and not necessary identical client computers for parallel data processing. This method will help the client computers to process data at their full performances and reduce processing time. The contour lines can be partitioned using the suitable algorithms depending on the characteristics of geographical data. It is found that increasing number of computers can reduce data processing time significantly. Two algorithms were designed and developed. The first algorithm, *Tree Partitioning Algorithm*, partitions data by considering contour lines. It is suitable for mountains, plateaus and plains. The second algorithm, *Coordinate Partitioning Algorithm*, partitions data by considering the x, y coordinates. It is suitable for mountains and plateaus. For *Tree Partitioning Algorithm*, five client computers running the algorithm can reduce the processing time by approximately 3 times the time required to perform on a single client computer. For *Coordinate Partitioning Algorithm*, six client computers running the algorithm can reduce the processing time by approximately 2 times the time required to perform on a single client computer.

Keywords: Data partitioning, Contour line, parallel processing, Geographical Information System

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ……..... (3)

Abstract……..... (4)

กิตติกรรมประกาศ……..... (5)

สารบัญ……..... (6)

รายการตาราง……..... (9)

รายการภาพประกอบ……..... (14)

บทที่ 1 บทนำ……... 1

1.1 ความสำคัญและที่มา……..…... 1

1.2 การตรวจสอบเอกสาร…….…… 4

1.3 วัตถุประสงค์……..…... 5

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ…….…. 6

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย……..…... 6

1.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย……..…… 7

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ……..……..…….…… 8

2.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์……..……..……..……... 8

2.1.1 นิยาม และความหมาย……..……..……..……... 8

2.1.2 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์……..……..... 10

2.1.3 ระบบพิกัดบนแผนที่……..……..……... 11

2.1.4 รูปแบบข้อมูล……..…….……... 12

2.1.5 ข้อมูลเส้นชั้นความสูง……..……..... 14

2.1.6 เครื่องมือภูมิสารสนเทศในการทำวิจัย……..…….. 18

2.1.7 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์……..…..…… 19

2.2 การประมวลผลแบบขนาน…..……..……..…..…….. 20

2.2.1 นิยาม และความหมายของการประมวลแบบขนาน……..…….. 20

2.2.2 สถาปัตยกรรมเครื่องคอมพิวเตอร์แบบขนาน……..…….……... 21

2.2.3 ลักษณะของการประมวลผลข้อมูล……..…….…….…….. 21

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.2.4 มิติในการประมวลผลแบบขนาน…… 26

2.3 การแบ่งข้อมูล……... 26

2.4 เทคโนโลยีการรับ-ส่งข้อมูล……... 27

บทที่ 3 เครื่องมือ และวิธีการดำเนินการวิจัย…….. 29

3.1 ข้อมูลและลักษณะข้อมูล……... 29

3.2 แนวคิดการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ…… 31

3.3 การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลแบบขนาน……... 34

3.3.1 สถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน…… 34

3.3.2 กระบวนการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ…….. 35

3.3.3 รูปแบบการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ……. 37

3.3.4 วิธีการกำหนดตัวชี้วัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์…… 40

3.4 การออกแบบวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ..... 43

3.4.1 วิธี Tree Partitioning Algorithm…… 43

3.4.2 วิธี Coordinate Partitioning Algorithm…….. 45

3.5 การออกแบบวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ……. 47

3.6 ปัจจัย และเวลาในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ……. 48

3.6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ…….. 48

3.6.2 เวลาในการประมวลข้อมูล…….. 49

3.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ …… 50

3.7.1 ฮาร์ดแวร์…….. 50

3.7.2 ซอฟต์แวร์…….. 51

3.7.3 ข้อมูลทดสอบ…….. 52

3.7.4 กระบวนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในระบบ…….. 53

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล…….. 55

4.1 ผลการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ……. 55

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.1.1 ผลการประมวลผลข้อมูล วิธี Tree Partitioning Algorithm……. 55

4.1.2 ผลการประมวลผลข้อมูล วิธี Coordinate Partitioning Algorithm……... 57

4.2 สรุปผลการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ…..……..… 59

4.2.1 สรุปผลการแบ่งข้อมูล วิธี Tree Partitioning Algorithm……..... 60

4.2.2 สรุปผลการแบ่งข้อมูล วิธี Coordinate Partitioning Algorithm……... 61

บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ……..……..... 62

5.1 สรุปผลการวิจัย……..……..……..……..……... 62

5.2 อุปสรรคและปัญหา……..…… 65

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับวิจัยครั้งต่อไป……...…….…….. 65

เอกสารอ้างอิง……..……..……..…… 67

ภาคผนวก ก……..……..……... 70

ภาคผนวก ข……..……..…... 81

ภาคผนวก ค……..…… 83

ภาคผนวก ง……..…..... 99

ภาคผนวก จ……..…..... 115

ประวัติผู้เขียน……. 122

รายการตาราง

ตาราง หน้า

3-1 ตัวอย่างการแบ่งข้อมูลภูมิศาสตร์ตามสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย…….. 41

3-2 สมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ……... 50

3-3 ขนาดของข้อมูลเชิงพื้นที่แต่เขตข้อมูล …… 53

4-1 ผลรวมของเวลาในการประมวลผลวิธีTree Partitioning Algorithm……..…….. 55

4-2 แสดงผลรวมของเวลาในการประมวลผลวิธี Coordinate Partitioning Algorithm…… 57

4-3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ…….. 60

ค-1 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 1 เครื่อง…….. 84

ค-1(ก) เขตภูเขา……..……..... 84

ค-1(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา……..… 84

ค-1(ค) เขตที่ราบสูง……..... 84

ค-1(ง) เขตที่ราบ……..… 84

ค-2 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 2 เครื่อง…….. 85

ค-2(ก) เขตภูเขา……..……..... 85

ค-2(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา……..…… 85

ค-2(ค) เขตที่ราบสูง…….……... 85

ค-2(ง) เขตที่ราบ…….…… 85

ค-3 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 3 เครื่อง……..… 86

ค-3(ก) เขตภูเขา……..……..... 86

ค-3(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา……..…… 86

ค-3(ค) เขตที่ราบสูง…….……... 86

ค-3(ง) เขตที่ราบ…….…… 86

ค-4 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 4 เครื่อง……..…. 87

ค-4(ก) เขตภูเขา……..……..... 87

ค-4(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา……..…… 87

ค-4(ค) เขตที่ราบสูง…….……... 87

ค-4(ง) เขตที่ราบ…….…… 88

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ค-5 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง……	88
ค-5(ก) เขตภูเขา……	88
ค-5(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา……	88
ค-5(ค) เขตที่ราบสูง……	89
ค-5(ง) เขตที่ราบ……	89
ค-6 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 6 เครื่อง……	89
ค-6(ก) เขตภูเขา……	89
ค-6(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา……	90
ค-6(ค) เขตที่ราบสูง…….....	90
ค-6(ง) เขตที่ราบ…….....	90
ค-7 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 7 เครื่อง…….....	91
ค-7(ก) เขตภูเขา…….....	91
ค-7(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา…….....	91
ค-7(ค) เขตที่ราบสูง…….....	92
ค-7(ง) เขตที่ราบ…….....	92
ค-8 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 8 เครื่อง…….....	93
ค-8(ก) เขตภูเขา…….....	93
ค-8(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา…….....	93
ค-8(ค) เขตที่ราบสูง…….....	94
ค-8(ง) เขตที่ราบ…….....	94
ค-9 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 9 เครื่อง…….....	95
ค-9(ก) เขตภูเขา…….....	95
ค-9(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา…….....	95
ค-9(ค) เขตที่ราบสูง…….....	96
ค-9(ง) เขตที่ราบ…….....	96
ค–10 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง….....	97

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ค-10(ก) เขตภูเขา..... 97

ค-10(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา..... 97

ค-10(ค) เขตที่ราบสูง..... 98

ค-10(ง) เขตที่ราบ..... 98

ง-1 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 1 เครื่อง..... 100

ง-1(ก) เขตภูเขา..... 100

ง-1(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา..... 100

ง-1(ค) เขตที่ราบสูง..... 100

ง-1(ง) เขตที่ราบ..... 100

ง-2 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 2 เครื่อง..... 101

ง-2(ก) เขตภูเขา..... 101

ง-2(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา..... 101

ง-2(ค) เขตที่ราบสูง..... 101

ง-2(ง) เขตที่ราบ..... 101

ง-3 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 3 เครื่อง..... 102

ง-3(ก) เขตภูเขา..... 102

ง-3(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา..... 102

ง-3(ค) เขตที่ราบสูง..... 102

ง-3(ง) เขตที่ราบ..... 102

ง-4 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 4 เครื่อง..... 103

ง-4(ก) เขตภูเขา..... 103

ง-4(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา..... 103

ง-4(ค) เขตที่ราบสูง..... 103

ง-4(ง) เขตที่ราบ..... 104

ง-5 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง..... 104

ง-5(ก) เขตภูเขา..... 104

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ง-5(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา……..…. 104

ง-5(ค) เขตที่ราบสูง…….....…….... 105

ง-5(ง) เขตที่ราบ…….....…… 105

ง-6 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 6 เครื่อง…..... 105

ง-6(ก) เขตภูเขา…….....……... 105

ง-6(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา…….....…… 106

ง-6(ค) เขตที่ราบสูง…….....……... 106

ง-6(ง) เขตที่ราบ…….....…… 106

ง-7 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 7 เครื่อง…..... 107

ง-7(ก) เขตภูเขา…….....……... 107

ง-7(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา…….....…… 107

ง-7(ค) เขตที่ราบสูง…….....……... 108

ง-7(ง) เขตที่ราบ…….....…… 108

ง-8 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 8 เครื่อง…..... 109

ง-8(ก) เขตภูเขา…….....……... 109

ง-8(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา…….....…… 109

ง-8(ค) เขตที่ราบสูง…….....……... 110

ง-8(ง) เขตที่ราบ…….....…… 110

ง-9 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 9 เครื่อง…..... 111

ง-9(ก) เขตภูเขา…….....……... 111

ง-9(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา…….....…… 111

ง-9(ค) เขตที่ราบสูง…….....……. 112

ง-9(ง) เขตที่ราบ…….....…… 112

ง–10 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง…..... 113

ง-10(ก) เขตภูเขา…….....…… 113

ง-10(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา…….....…….. 113

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ง-10(ค) เขตที่ราบสูง……..……. 114

ง-10(ง) เขตที่ราบ……..…….. 114

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 2-1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์…….....	10
รูปที่ 2-2 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ และระบบพิกัดกริด UTM…….……..	12
รูปที่ 2-3 ลักษณะข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์……..	13
รูปที่ 2-4 ลักษณะข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (a) และข้อมูลเส้นชั้นความสูง (b) และส่วนย่อยของเส้นชั้นความสูง(c) ……..	15
รูปที่ 2-5 ลักษณะเส้นชั้นความสูง……..……..……...	15
รูปที่ 2-6 ลักษณะเส้นชั้นความสูงหลัก……..….	16
รูปที่ 2-7 ลักษณะเส้นชั้นความสูงรอง…….....	17
รูปที่ 2-8 ลักษณะเส้นชั้นความสูงแทรก…….....	17
รูปที่ 2-9 ลักษณะเส้นชั้นความสูงที่มีวงบรรจบกันแนว……..……..….	18
รูปที่ 2-10 ลักษณะการแบ่งข้อมูล ของการประมวลผลแบบขนาน…….....	25
รูปที่ 3-1 ลักษณะภูมิประเทศของไทย……...…	31
รูปที่ 3-2 ลักษณะข้อมูลเขตเขาภูเขา……...……	32
รูปที่ 3-3 ลักษณะข้อมูลเขตเขาภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา…….……	32
รูปที่ 3-4 ลักษณะข้อมูลเขตที่ราบสูง…….…….……	33
รูปที่ 3-5 ลักษณะข้อมูลเขตที่ราบ……..…..…	33
รูปที่ 3-6 สถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลแบบขนาน.....	34
รูปที่ 3-7 ลำดับกระบวนการในการทำงานของระบบ……....…...	36
รูปที่ 3-8 กระบวนการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ…….…….....…..	38
รูปที่ 3-9 กระบวนการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ…….....…	39
รูปที่ 3-10 กระบวนการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ……..	40
รูปที่ 3-11 การแบ่งข้อมูลวิธี Tree Partitioning Algorithm…….……	43
รูปที่ 3-12 การแบ่งข้อมูลวิธี Coordinate Partitioning Algorithm……...	45
รูปที่ 3-13 วิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ……...…….	47
รูปที่ 3-14 ลำดับกระบวนการในการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในระบบ……..	53
รูปที่ 4-1 กราฟแสดงเวลาในการประมวลผลของวิธี Tree Partitioning Algorithm……	56

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
รูปที่ 4-2 กราฟแสดงเวลาในการประมวลผลของวิธี Coordinate Partitioning Algorithm….	58
รูปที่ ก-1 หน้าหลักการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ…….……..	71
รูปที่ ก-2 หน้าเลือกเขตข้อมูลเชิงพื้นที่……..……..	72
รูปที่ ก-3 ข้อมูลที่ได้จัดสรรจากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย……..……..……....	72
รูปที่ ก-4 เวลาในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ……..	73
รูปที่ ก-5 ข้อมูลเชิงพื้นที่จำนวน 1 พื้นที่……..……..	73
รูปที่ ก-6 การเลือกข้อมูลจากการจัดสรร…….....	74
รูปที่ ก-7 การแบ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ จำนวน 10 พื้นที่…….....	74
รูปที่ ก-8 ข้อมูลเชิงพื้นที่ตามสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย…….……	75
รูปที่ ก-9 โปรแกรมการส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์…….....	76
รูปที่ ก-10 เวลาในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์…….…...	76
รูปที่ ก-11 โปรแกรมการรับข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์…….……	76
รูปที่ ก-12 ข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง = 100 เมตร…….....	77
รูปที่ ก-13 การเลือกข้อมูลสำหรับการประมวลผลข้อมูล…….……..	77
รูปที่ ก-14 เวลาในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากเส้นชั้นความสูง เป็น Surface (TIN)…….....	78
รูปที่ ก-15 ข้อมูล Surface (TIN)……..……...	78
รูปที่ ก-16 การรับค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง…….….....	79
รูปที่ ก-17 เวลาในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจาก Surface (TIN) เป็นเส้นชั้นความสูง…….....	79
รูปที่ ก-18 ข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง = 10 เมตร……..…	79
รูปที่ ก-19 การรับข้อมูลเชิงพื้นที่ สำหรับการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ……..…....	80
รูปที่ ก-20 ผลของข้อมูลภูมิสารสนเทศ……..……	80

บทที่ 1
บทนำ

สำหรับในบทที่ 1 เป็นการนำเสนอภาพรวมของการทำวิทยานิพนธ์ ซึ่งกล่าวถึงความสำคัญและที่มา การตรวจสอบเอกสารของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ขอบเขตของการวิจัย รวมทั้งขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ความสำคัญและที่มา

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System: GIS เป็นระบบการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ประกอบไปด้วย ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เป็นการจัดการข้อมูลของระบบสารสนเทศ ประกอบด้วย ข้อมูลเวกเตอร์ ได้แก่ จุด(point) เส้น(line) รวมทั้งรูปหลายเหลี่ยม(polygon) และข้อมูลราสเตอร์ ได้แก่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น ซึ่งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ามามีบทบาทสำคัญทั้งในสถาบันการศึกษา หน่วยงานของทั้งภาครัฐและเอกชน ในการนำข้อมูลเข้ามาประยุกต์ใช้ จัดเก็บ และวิเคราะห์ข้อมูลที่หน่วยงานนั้นๆ มีหน้าที่รับผิดชอบ ยกตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้งานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์กับงานปฏิรูปที่ดิน โดยที่สำนักงานการปฏิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม เป็นองค์กรระดับกรมในสังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ามาประยุกต์ ในการจัดการทรัพยากรที่ดิน [1] ซึ่งเป็นข้อมูลด้านภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของสิ่งต่างๆ บนพื้นดิน จึงมีความจำเป็นต้องนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ามาประยุกต์ใช้กับงานการปฏิรูปที่ดิน อีกทั้งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการนำข้อมูลทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ามาประยุกต์ใช้ในองค์กร ข้อมูลที่ใช้เป็นลักษณะภูมิประเทศมีคุณสมบัติเป็นแผนที่ที่ระบุสิ่งสำคัญไว้หลายประการ เช่น ระบุตำแหน่งที่ตั้งหมู่บ้าน ตำบล อำเภอ และจังหวัด ระบบตำแหน่งเส้นทางการไหลของน้ำ ระบุเส้นทางคมนาคม เป็นต้น หากนำข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีปริมาณ

มาก ไปประมวลผลทำให้เวลาในการประมวลผลจะใช้เวลานาน ซึ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ของแต่ละพื้นที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน ในส่วนนี้ทำให้ลักษณะของข้อมูลมีขนาด และลักษณะแตกต่างกันด้วย กรณีเช่นนี้ เป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้การประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ใช้เวลานาน จึงต้องใช้คอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะสูงในการประมวลผลข้อมูล

ในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ด้วยสมรรถนะและความสามารถในหลายๆ ด้าน จึงทำให้คอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงาน องค์กร หรือแม้กระทั่งการใช้งานส่วนบุคคล ได้มีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้กันมากขึ้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบสมรรถนะระหว่างเครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จะเห็นว่าเครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์มีสมรรถนะสูง มีความเร็วมาก ราคาแพง และมีขนาดใหญ่ เมื่อเทคโนโลยีนี้ล้าสมัย ทำให้การเพิ่มความสามารถของซูเปอร์คอมพิวเตอร์นี้เป็นไปได้ยาก และค่าใช้จ่ายสูง ส่วนไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก และในปัจจุบันนี้ไมโครคอมพิวเตอร์มีราคาถูกและมีขนาดกะทัดรัด จึงเหมาะสำหรับการใช้ส่วนตัวเท่านั้น หากนำไมโครคอมพิวเตอร์หลายๆ เครื่องเข้ามาเชื่อมต่อกัน เพื่อให้มีการทำงานแบบช่วยกันประมวลผล [2] ในส่วนนี้จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะเพิ่มความสามารถของไมโครคอมพิวเตอร์ โดยการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกัน ง่ายต่อการขยายขนาดของเทคโนโลยี ทำให้ได้ระบบที่มีสมรรถนะสูง เพื่อใช้ในการคำนวณทรัพยากร และการเข้าถึงข้อมูลที่อยู่อย่างกระจัดกระจาย ได้อย่างรวดเร็ว เพิ่มประสิทธิภาพ และลดเวลาในการประมวลผลข้อมูล

เมื่อนำคอมพิวเตอร์หลายเครื่องเข้ามาร่วมกันประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่จำเป็นต้องมีสมรรถนะเท่ากัน มีส่วนให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้รับการจัดสรรข้อมูลภูมิสารสนเทศที่นำมาประมวลผลแตกต่างกัน ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์บางเครื่องต้องประมวลข้อมูลที่มีปริมาณมาก ในทางกลับกันคอมพิวเตอร์บางเครื่องอาจจะไม่มีข้อมูลรอการประมวล ด้วยเหตุนี้จำเป็นต้องหาวิธีในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างๆ ตามสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นๆ โดยที่จะมีเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจำนวน 1 เครื่องมีหน้าที่ในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่มีสมรรถนะแตกต่างกัน สำหรับการประมวลผลแบบขนาน และทำหน้าที่ในการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศที่เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายดำเนินการประมวลผลสิ้นสุดแล้ว ข้อดีของการให้

คอมพิวเตอร์ลูกข่ายร่วมกันประมวลผลข้อมูล ได้แก่ ลดเวลาในการประมวลผลข้อมูล และให้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายสามารถประมวลผลข้อมูลได้เต็มสมรรถนะของตัวเอง

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงเกิดแนวคิดที่นำคอมพิวเตอร์เข้ามาร่วมกันประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ ได้แก่ ข้อมูลเส้นชั้นความสูง ที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงจากเดิม 100 เมตร เป็นเส้นชั้นความสูงใหม่ 10 เมตร เพื่อให้ได้รายละเอียดชั้นความสูงมากขึ้น สำหรับการคำนวณศักยภาพพลังงานลม เพื่อใช้ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลม เป็นต้น ศักยภาพพลังงานลมมีองค์ประกอบหลายตัว ได้แก่ ความเร็วลมเฉลี่ย กำลังลมเฉลี่ย และสุดท้ายความสม่ำเสมอของกำลังลม ซึ่งศักยภาพพลังงานลมขึ้นอยู่กับ ลักษณะภูมิประเทศ ที่ควรเป็นที่ราบโล่ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้วิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ เพื่อให้พื้นที่เส้นชั้นความสูงมีความละเอียดขึ้น เพื่อให้สามารถคำนวณศักยภาพพลังงานลม

ปัจจัยทางด้านภูมิประเทศที่มีผลต่อศักยภาพพลังงานลมสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ลักษณะของพื้นผิว สิ่งกีดขวาง พื้นที่ภูเขาหรือพื้นที่สูง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ [3]

1. ลักษณะของพื้นผิว เนื่องจากลักษณะของภูมิประเทศแต่ละเขตพื้นที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งมีผลทำให้ศักยภาพพลังงานลมมีความแตกต่างกัน ได้แก่ พื้นผิวของภูมิประเทศมีความขรุขระ พื้นที่ราบเรียบ ความหยาบของพื้นผิว เป็นต้น

2. สิ่งกีดขวาง มีผลทำให้ศักยภาพพลังงานลมมีความแตกต่างกัน ได้แก่ พื้นที่โล่ง พื้นที่แถบทะเล ชายฝั่ง หรือหุบเขา เป็นต้น

3. พื้นที่ภูเขาหรือพื้นที่สูง ลักษณะภูมิประเทศที่เป็นภูเขามีผลต่อศักยภาพพลังงานลมเป็นอย่างมาก เนื่องจากความสูงของพื้นที่แต่ละช่วงชั้นของภูเขา ทำให้ศักยภาพพลังงานมีความแตกต่างกัน เช่น พื้นที่สูงชัน แนวภูเขาที่มีการยกตัวขึ้น เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น เห็นว่าลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันมีผลต่อการศักยภาพพลังงานลม ทั้งลักษณะของพื้นผิว สิ่งกีดขวาง และพื้นที่ภูเขาหรือพื้นที่สูง ซึ่งในส่วนนี้การคำนวณลักษณะพื้นที่โดยใช้เส้นชั้นความสูงมีผลต่อศักยภาพพลังงานลม เนื่องจากหากค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงที่มีความแตกต่างกัน ทำให้ศักยภาพพลังงานลมมีความแตกต่างกันด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการออกแบบขั้นตอนวิธีของการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน เพื่อจัดสรรข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะแตกต่างกัน และออกแบบขั้นตอนวิธีในการรวมข้อมูลที่สิ้นสุดการประมวลผลแล้ว ซึ่งขั้นตอนวิธีที่ได้ออกแบบนั้นเป็นวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายประมวลผลข้อมูลได้ตามสมรรถนะของแต่ละเครื่อง เพื่อลดเวลาในการประมวลผล และเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายประมวลผลได้ตามศักยภาพของคอมพิวเตอร์

จากที่ได้กล่าวมา ดังนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายต้องมีวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ไม่จำเป็นต้องมีสมรรถนะเท่ากัน ให้สามารถประมวลผลข้อมูลร่วมกัน ตามสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายแต่ละเครื่อง ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ต้องออกแบบขั้นตอนวิธีในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยการนำข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีลักษณะแตกต่างกันโดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูง เป็นข้อมูลในการทดสอบการแบ่งข้อมูล โดยเลือกข้อมูลภูมิประเทศ 4 เขต ได้แก่ เขตภูเขา เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา เขตที่ราบสูง และเขตที่ราบ และออกแบบขั้นตอนวิธีการรวมข้อมูลเมื่อคอมพิวเตอร์ลูกข่ายสิ้นสุดการประมวลผลแล้ว

1.2 การตรวจสอบเอกสาร

การตรวจสอบเอกสารสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ มุ่งเน้นขั้นตอนการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และการประมวลผลแบบขนาน

งานวิจัยที่นำเสนอแนวคิดการแบ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ งานวิจัยของ Terence M. Cronin [4] ได้นำเสนอ วิธีการแบ่งข้อมูลโดยการใช้ตัวเลขของเส้นชั้นความสูง ที่มีลักษณะข้อมูลที่มีส่วนเว้า ส่วนโค้งของข้อมูล โดยการแยกข้อมูลที่มีส่วนเว้า ส่วนโค้ง ที่ไม่เข้าพวกออกจากข้อมูลแต่ละส่วนที่ต้องการ ส่วนข้อมูลที่ต้องการให้คงที่ไว้ แล้วแบ่งตามค่าพารามิเตอร์ที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้เวลา และพื้นที่ในการทดสอบการแบ่งข้อมูล

งานวิจัยของ Hamish Carr และคณะ [5] ได้กล่าวถึงเส้นชั้นความสูงโดยใช้ลักษณะแบบต้นไม้ มีรูปร่างเป็นฟิลด์ Scalar ที่สัมพันธ์กับโครงสร้างข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้ เป็นข้อมูลรูปแบบ

เรขาคณิตตามโครงสร้างของต้นไม้ เพื่อลดขนาดของรูปแบบต้นไม้ และทำให้ง่าย ในการแสดงรูปแบบตามฟิลด์ scalar

งานวิจัยของ Meng Ling Kui และคณะ [6] ได้กล่าวถึง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่จัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งมีรูปแบบข้อมูลแบบเวคเตอร์ และแบบที่มีความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่าง ลักษณะของเชิงภูมิศาสตร์ และแบบทั่วไป การวิเคราะห์ขอบเขตของข้อมูลภูมิศาสตร์ โดยกล่าวถึงลักษณะของการพัฒนา และประสิทธิภาพของ ขั้นตอนวิธีของการแบ่งข้อมูลแบบขนาน สำหรับการนำเข้าข้อมูล มาจัดเรียง และการนำข้อมูลมารวมกันของข้อมูลลักษณะเวคเตอร์ในการประมวลผลแบบขนาน

สำหรับงานวิจัยของ Xiao Fang Zhou และคณะ [7] ได้กล่าวถึง วิธี และเทคนิคการแบ่งข้อมูลเชิงพื้นที่มีขนาดใหญ่ จึงจำเป็นต้องมีการแบ่งข้อมูลที่นำไปประมวลผลและการนำข้อมูลมารวมกัน ซึ่งการแบ่งข้อมูล ทำให้ลดต้นทุนทางด้านหน่วยประมวลผลและลดต้นทุนด้านการติดต่อสื่อสาร

สำหรับบทความนี้เป็นขั้นตอนวิธีการแบ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูง ที่มีลักษณะข้อมูลเขตภูมิประเทศที่แตกต่างกัน โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไม่จำเป็นต้องมีสมรรถนะเท่ากันจำนวน 10 เครื่องในการประมวลผล แทนการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว เพื่อให้คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องร่วมกันประมวลผลข้อมูลได้ประสิทธิภาพสูงสุด และลดเวลาในการประมวลผล ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [4-7] ยังไม่ครอบคลุมลักษณะการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง โดยใช้พื้นที่ที่มีลักษณะแตกต่างกัน 4 เขตข้อมูล ได้แก่ เขตภูเขา เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา เขตที่ราบสูง และเขตที่ราบ ในการแบ่งข้อมูลลักษณะดังกล่าว

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน

2. พัฒนาวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศที่เหมาะสม สำหรับการประมวลผลแบบขนาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้วิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน

2. ได้แนวทางการประยุกต์การใช้งาน สำหรับการประมวลผลแบบขนาน

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน

2. พัฒนาวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีของการรวมข้อมูลภูมิ-สารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน ที่เหมาะสมกับลักษณะข้อมูล 4 เขต ได้แก่ เขตภูเขา เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา เขตที่ราบสูง และเขตที่ราบ

3. ทดสอบประมวลผลข้อมูลการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน

4. จำนวนคอมพิวเตอร์ที่ไม่จำเป็นต้องมีสมรรถนะเท่ากันไม่เกิน 10 เครื่อง และระบบปฏิบัติการที่เลือกใช้ คือ Microsoft Windows XP Professional Service Pack 2 และ Microsoft Windows 7 Enterprise

5. โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสาร เพื่อให้สามารถใช้สื่อสารจากต้นทางข้ามเครือข่ายไปยังปลายทางได้ใช้ TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

6. ประเภทของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ ข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีลักษณะ 4 เขตข้อมูล ได้แก่ เขตภูเขา เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา เขตที่ราบสูง และเขตที่ราบ ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทเวกเตอร์

7. การทดสอบอยู่ภายใต้สภาวะการติดต่อสื่อสาร และฮาร์ดแวร์ ไม่มีปัญหาใดๆ ในขณะทำการรับ-ส่งข้อมูล และการประมวลผลข้อมูล

1.6 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษางานการประยุกต์ใช้ ลักษณะการทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ วิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน

2. ศึกษาเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง ที่จำเป็นต้องใช้ในการทำวิจัย ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบที่เหมาะสม

3. ออกแบบวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน

4. พัฒนาวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน

5. ทดสอบ และแก้ไขวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิ-สารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน

6. สรุปผลและจัดทำเอกสารฉบับสมบูรณ์

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

สำหรับในบทที่ 2 เป็นการนำเสนอทฤษฎีและหลักการในการทำวิทยานิพนธ์ กล่าวถึง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย นิยามและความหมาย องค์ประกอบ ระบบพิกัดแผนที่ รูปแบบข้อมูล ข้อมูลเส้นชั้นความสูง เครื่องมือภูมิสารสนเทศที่ใช้ในการทำวิจัย และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง ในส่วนต่อมากล่าวถึงการประมวลผลแบบขนาน ประกอบด้วย นิยามและความหมาย มิติในการประมวลผลแบบขนาน และลักษณะของการประมวลผลข้อมูล การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ในส่วนสุดท้ายกล่าวถึงเทคโนโลยีการรับ-ส่งข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบที่เข้ามามีบทบาทมากในปัจจุบัน ทำให้ผู้สนใจเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มีมากขึ้น ทั้งด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านภูมิศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งในส่วนนี้ได้นำเสนอรายละเอียดของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังนี้

2.1.1 นิยาม และความหมาย

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Geographic Information System มีผู้ให้ นิยาม และความหมายในหลายมุมมอง ขึ้นอยู่กับบริบทของผู้นิยาม เช่น

สวรรค์ใจ กลิ่นดาว [1] ให้ความหมายว่า “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบสารสนเทศที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้รวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ข้อมูลภูมิศาสตร์ รวมทั้งการค้นคืนข้อมูล และการแสดงผลข้อสนเทศ หรืออีกนัยหนึ่ง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นทั้งระบบฐานข้อมูลที่มีความสามารถในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่โดยอยู่ในรูปของแผนที่เชิงเลข ข้อมูลเชิงลักษณะ และระบบปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นได้ผลออกมาเป็นข้อสนเทศ แล้วนำไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจต่อไป”

บานเย็น แซ่หลี [8] ให้ความหมายว่า “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานกับข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่มีการอ้างอิงถึงระบบพิกัดภูมิศาสตร์ และใน

ปัจจุบันมีการนำระบบคอมพิวเตอร์มาอำนวยความสะดวกในการนำเข้า จัดเก็บ วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย”

อุทัย สุขสิงห์ [9] ให้ความหมายว่า “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) หมายถึง ระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ทำหน้าที่จัดการข้อมูลของสรรพสิ่งต่างๆ บนโลกให้อยู่ในระบบข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลแต่ละชนิดมีการอ้างอิงพิกัดตำแหน่ง และอยู่ในรูปข้อมูลดิจิทัล ซึ่งเป็นการผสมผสานกระบวนการวิเคราะห์ร่วมกันระหว่างเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับระบบข้อมูลแผนที่ (geographic information) และระบบฐานข้อมูล (database system) ดังนั้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จึงเป็นฐานข้อมูลที่อ้างอิงพิกัดตำแหน่งบนแผนที่แบบดิจิทัล (digital map)”

สุเพชร จิรขจรกุล [10] ให้ความหมายว่า “ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ เป็นศาสตร์และศิลป์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวโลก (Geospatial data) โดยใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องคือ การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (จีพีเอส)(Golbal Positioning System) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล อันประกอบไปด้วย การรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ (Geospatial Information) ที่นำไปใช้ประกอบการวางแผน และการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นระบบ และมีประสิทธิภาพ”

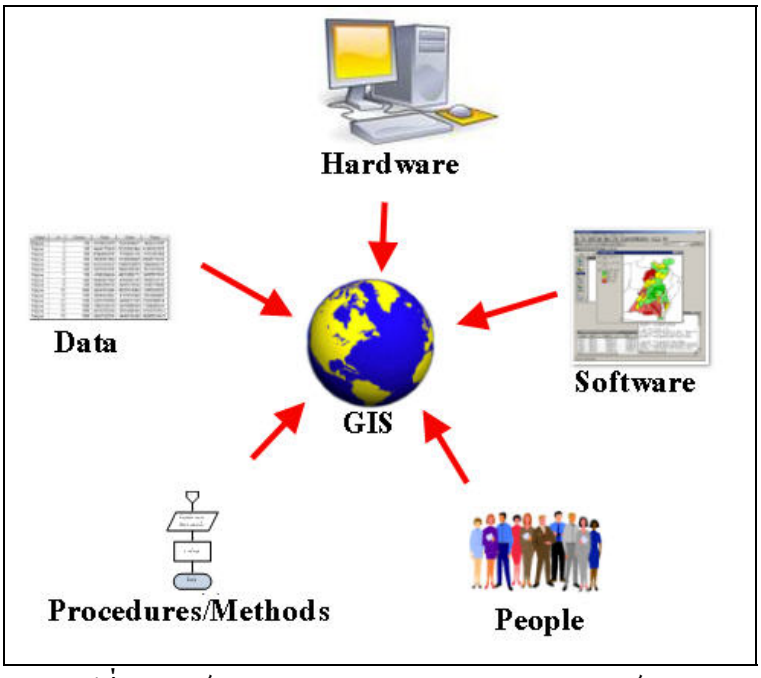
ศูนย์วิจัยภูมิศาสตร์ เพื่อทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมของประเทศ [11] ให้ความหมายว่า “ระบบสารสนเทศ คือ กระบวนการการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ เส้นรุ้ง เส้นแวง”

จากที่ได้กล่าวมา ดังนั้น สรุปได้ว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นระบบที่มีการรวบรวมข้อมูลจากการนำเข้าข้อมูลอาจจะเป็น แผนที่ ภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น แล้วนำมาผ่านกระบวนการ โดยประกอบไปด้วย ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ที่สนับสนุนระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น คอมพิวเตอร์ โปรแกรมต่างๆ เช่น ArcView [12] ArcInfo [13] Quantum GIS [14] เป็นต้น โปรแกรมระบบฐานข้อมูล เช่น Spatial Oracle [15] MA4W [16] PostgreSQL[17] เป็นต้น เพื่อนำมาจัดเก็บ วิเคราะห์ และการแสดงผลข้อมูลที่ได้มา และขาดไม่ได้ที่จะต้องมีบุคคลากรที่มี

ความรู้ ความสามารถ ผ่านกระบวนการตามขั้นตอน และมีการถ่ายโอนข้อมูลโดยเทคโนโลยีการสื่อสาร ระหว่างผู้ใช้และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.1.2 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ต้องคำนึงถึงการเตรียมข้อมูลพื้นฐานให้ครอบคลุมถึงองค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบไปด้วย 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ข้อมูล บุคลากร วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน [10] ดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [18]

1. **ฮาร์ดแวร์ (Hardware)** คือ เครื่องมืออุปกรณ์ ที่เป็นองค์ประกอบที่สนับสนุนกระบวนการจัดการระบบสารสนเทศของหน่วยงาน ได้แก่ ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฐานข้อมูลไปจนถึงการจัดเก็บข้อมูล เช่น ตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ จอภาพ จีพีเอส ดิจิไทเซอร์ เครื่องกราดภาพ และเครื่องพิมพ์ เป็นต้น
2. **ซอฟต์แวร์ (Software)** คือ โปรแกรมหรือชุดคำสั่ง ที่สั่งให้คอมพิวเตอร์ทำงาน

ตามรูปแบบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อจัดการข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ให้ได้ตามที่วัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับโปรแกรมระบบปฏิบัติการ โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ArcView[12], Quantum GIS[13], Mapwindows GIS [19] และโปรแกรมสนับสนุนด้านเอกสาร และการจัดการรูปภาพ

3. ข้อมูล (Data) คือ ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นที่ได้จากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ หรือทุติยภูมิที่เกี่ยวข้องหรือเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทั้งในรูปแบบแผนที่ และข้อมูลสถิติที่เกี่ยวข้อง แล้วนำมาจัดเป็นระบบ เพื่อป้อนเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ ให้ทำการประมวลผลเป็นผลลัพธ์ออกมา เช่น ชื่อ-สกุล ผู้ตอบแบบสอบถาม ข้อมูลทางเศรษฐกิจสังคม

4. บุคลากร (People) คือ ผู้มีหน้าที่จัดการให้องค์ประกอบทั้ง 5 ส่วน สามารถทำงานประสานกันจนได้ผลลัพธ์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในรูปแบบของข้อมูล และผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสนับสนุนงานที่จำเป็นในหน่วยงาน

5. วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน (Methodology หรือ Procedure) คือ ขั้นตอนการทำงานในด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เกี่ยวข้องกับวิธีการในการจัดเตรียมฐานข้อมูล การนำเข้าสู่ระบบ การจัดเก็บบันทึกข้อมูล การแสดงผลแผนที่ และการวิเคราะห์ข้อมูล ของแต่ละหน่วยงานในการปฏิบัติการส่วนของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานร่วมกับโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จัดการข้อมูล เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ของการทำงานในหน่วยงานนั้น

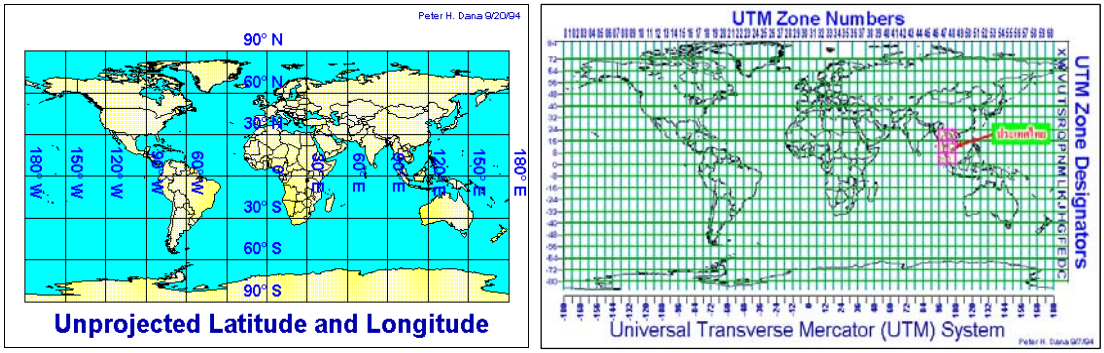
2.1.3 ระบบพิกัดบนแผนที่

ระบบพิกัด (Coordinate System) เป็นระบบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้อ้างอิงตำแหน่ง วัตถุบนพื้นโลกได้ ซึ่งจะถูกอ้างอิงเป็นตัวเลขแนวตั้งและแนวนอนตามระบบหรือหน่วยที่ใช้วัดระยะ ระบบพิกัดที่ใช้อ้างอิงกำหนดตำแหน่งบนแผนที่นิยมใช้ 2 ระบบ [9, 19] ได้แก่

1. ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate) เป็นมาตราส่วนเล็ก ที่กำหนดตั้ง (location) ของสิ่งต่างๆ ในแผนที่ด้วยค่าของเส้นขนานกับเส้นศูนย์สูตรหรือเส้นรุ้ง และเส้นยาวที่ตัดขวางเส้นศูนย์สูตร หรือเส้นแวง โดยมีเส้นศูนย์สูตรและเส้นเมริเดียนเริ่มแรกเป็นหลักในการกำหนดตำแหน่ง

2. ระบบพิกัดตารางกริด (Grid Coordinate) ใช้พิกัดตารางกริดแบบ UTM (Universal Transverse Mercator Coordinate system) มีการบอกตำแหน่งเป็น Northing หรือตามแกน y และ Easting หรือตามแกน x เป็นเส้นโครงแผนที่ชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ โดยได้แบ่งภูมิลักษณ์

ทางพื้นที่ออกเป็นโซน จำนวน 60 โซน แต่ละโซนกว้าง 6 องศาตามแนว E-W และใช้หน่วยวัดเป็นเมตร ดังรูป 2-2



รูปที่ 2-2 ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ และระบบพิกัดกริด UTM [20]

2.1.4 รูปแบบข้อมูล

รูปแบบข้อมูลของระบบสารสนเทศ เป็นข้อมูลที่ประกอบไปด้วย 2 รูปแบบ ได้แก่ ข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ซึ่งข้อมูลทั้ง 2 แบบนี้ทำงานสัมพันธ์กันในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หากขาดส่วนใดส่วนหนึ่งทำให้การดำเนินการวิเคราะห์ในระบบไม่สมบูรณ์หรือไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพได้ ดังรูปที่ 2-3 แสดงลักษณะข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ [9, 10]

1. ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data)

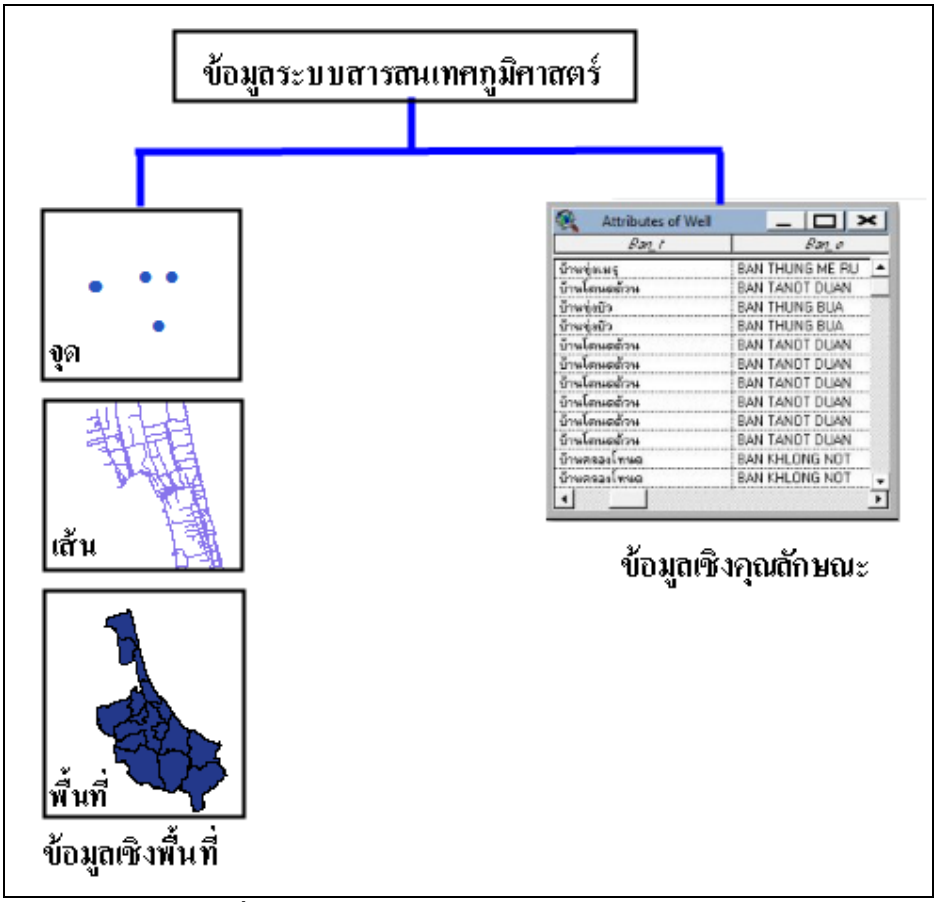
1. ข้อมูลเวกเตอร์ (vector data) เป็นโครงสร้างข้อมูลที่ใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ของเวกเตอร์ ข้อมูลจะถูกแทนที่ด้วยพิกัดตำแหน่ง (x, y) ซึ่งมีจุดเริ่มต้น ขนาด และทิศทาง โดยการเก็บค่าตัวเลขแต่ละตำแหน่ง ข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่

- จุด (Point) เป็นการแสดงข้อมูลภูมิศาสตร์ที่ง่ายที่สุด โดยเฉพาะในแผนที่มาตราส่วนเล็ก และมาตราส่วนปานกลาง โดยที่จุด ไม่มีมิติ แต่มีตำแหน่งในภูมิประเทศเป็นพิกัดตำแหน่ง (x, y) ตัวอย่างของข้อมูลภูมิศาสตร์ที่ใช้จุด เป็นสัญลักษณ์แทนในแผนที่ ตัวอย่างเช่น จุดอำเภอ บ่อน้ำ เป็นต้น
- เส้น (Line) เป็นการเชื่อมต่อจุดอย่างน้อย 2 จุดขึ้นไป เส้นจะใช้แสดงแทนวัตถุที่มีเพียง 1 มิติ กล่าวคือ สามารถแสดงขนาดของความยาว ไม่มีความกว้าง โดยที่จุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของเส้น เรียกว่า Node หรือ End point และจุดเปลี่ยนทิศทางของของเส้น

เรียกว่า Vertex หรือ Vertices เช่น ท่อน้ำประปา ถนน แม่น้ำ เป็นต้น

● พื้นที่ หรือรูปหลายเหลี่ยม (area, polygon) จะใช้แสดงแทนวัตถุที่มี 2 มิติ ทั้งความกว้าง และความยาว มักใช้แสดงอาณาเขตการปกครอง หรือวัตถุที่มีขอบเขตอาจจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ หรือมนุษย์ เป็นผู้กำหนดขึ้น ตัวอย่างเช่น ขอบเขตจังหวัด ขอบเขตตำบล เป็นต้น

2. ข้อมูลราสเตอร์ (Raster data) เป็นข้อมูลแบบตารางกริด ประกอบด้วยข้อมูลทางแนวนอน (row) และแนวตั้ง (column) แต่ละช่อง (cell หรือ pixel) มีขนาดเท่ากัน และมีการแทนค่าตัวเลขแสดงผลเป็นค่าความเข้มของสีเพื่อใช้แทนวัสดุต่างๆ



รูปที่ 2-3 ลักษณะข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2. ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data)

ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ หมายถึง ลักษณะประจำตัวหรือ ลักษณะที่มีความแปรผันในการชี้วัดปรากฏการณ์ต่างๆ ตามธรรมชาติ โดยจะระบุถึงสถานที่ที่ทำการศึกษา ในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ ลักษณะข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute) อาจมีลักษณะที่ต่อเนื่องกัน เช่น เส้นชั้นระดับความสูง (Terrain Elevation) หรือเป็นลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง เช่น จำนวนพลเมือง (Number of Inhabitants) และชนิดของสิ่งปกคลุมดิน (Land Cover Type) เป็นต้น ค่าความแปรผันของลักษณะข้อมูลเชิงคุณลักษณะนี้ จะทำการชี้วัดออกมาในรูปของตัวเลข (Numeric) โดยกำหนดเกณฑ์การวัดออกเป็น 3 ระดับคือ

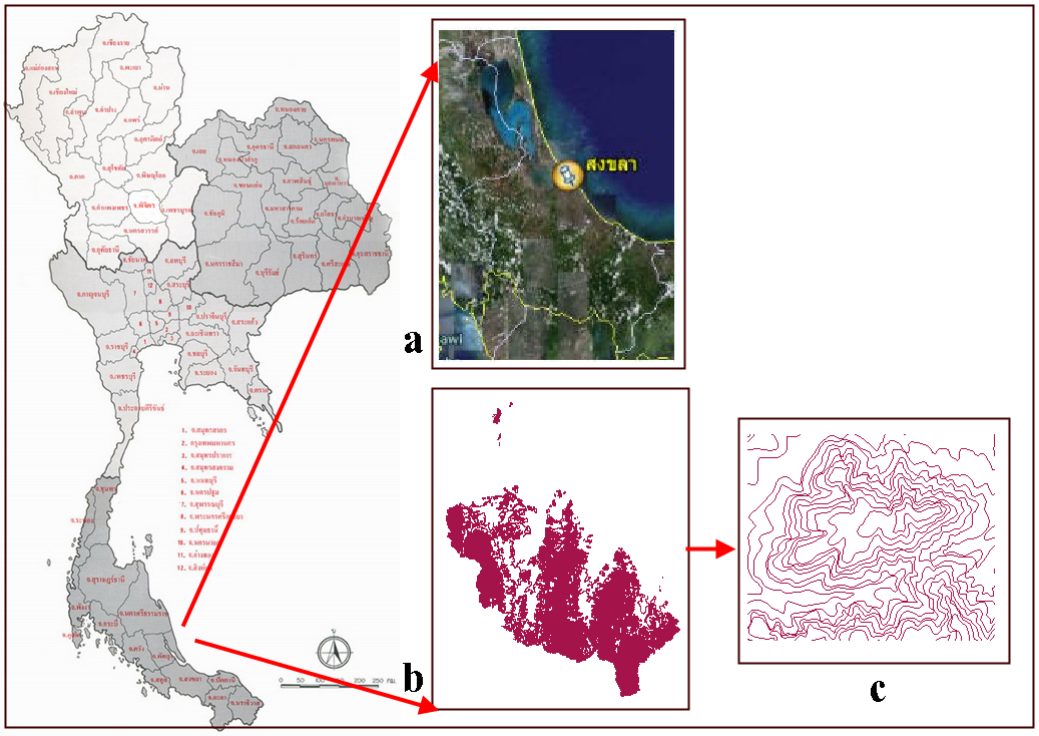
1. Nominal Level เป็นระดับที่มีการวัดข้อมูลอย่างหยาบ โดยจะกำหนดตัวเลขหรือสัญลักษณ์ เพื่อจำแนกลักษณะของสิ่งต่างๆ เท่านั้น เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่หนึ่ง ลักษณะเหล่านี้อาจจะแทนค่าโดยตัวเลขจำแนกได้ เช่น หมายเลข 1 หมายถึง ป่าไม้ หมายเลข 2 หมายถึง ทุ่งหญ้า และหมายเลข 3 หมายถึง แหล่งน้ำ เป็นต้น

2. Ordinal Level หรือ Ranking Level เป็นการเปรียบเทียบลักษณะในแต่ละปัจจัยว่ามีขนาดเล็กกว่า เท่ากัน หรือ ใหญ่กว่า เช่น พื้นที่ป่าไม้มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ทุ่งหญ้า แต่บอกไม่ได้ว่าเป็นปริมาณเท่าใด

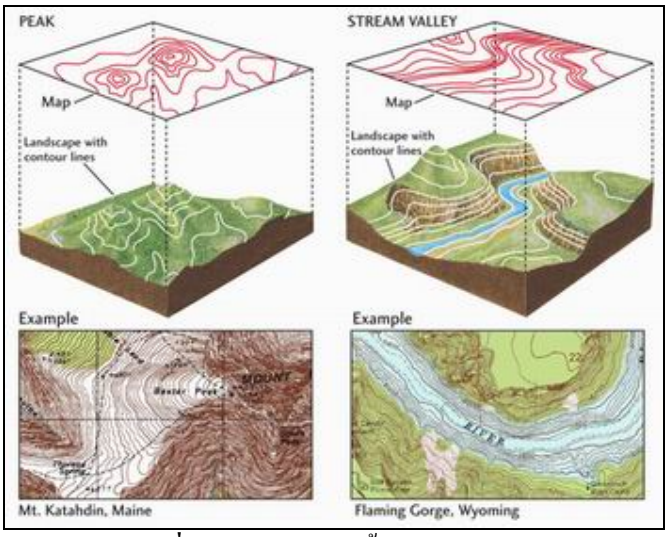
3. Interval - Ratio Level เป็นการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ในระหว่างแต่ละปัจจัยของ Ordinal Level ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด เช่น พื้นที่ป่าไม้มีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ทุ่งหญ้า 2 เท่า หรือเส้นชั้นความสูงที่ระดับ 500 เมตร สูงกว่าที่ระดับ 400 เมตรอยู่ 100 เมตร เป็นต้น

2.1.5 ข้อมูลเส้นชั้นความสูง

เส้นชั้นความสูง (Contour Line) เป็นเส้นที่ได้จากการลากเส้นคงที่ผ่านจุดต่างๆ บนพื้นที่มีค่าระดับเท่ากัน และค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง (Contour Interval) เป็นเส้นที่กำหนดในแนวดิ่ง ถ้าพื้นที่มีความลาดชันมากค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงจะมีค่ามาก แต่ถ้าพื้นที่ราบ ค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงจะมีค่าน้อย [21, 22] ดังรูปที่ 2-4 แสดงภาพถ่ายดาวเทียมและลักษณะของเส้นชั้นความสูงของจังหวัดสงขลา และรูปที่ 2-5 แสดงลักษณะเส้นชั้นความสูง



รูปที่ 2-4 ลักษณะข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (a) และข้อมูลเส้นชั้นความสูง (b) และส่วนย่อยของเส้นชั้นความสูง(c) [23]

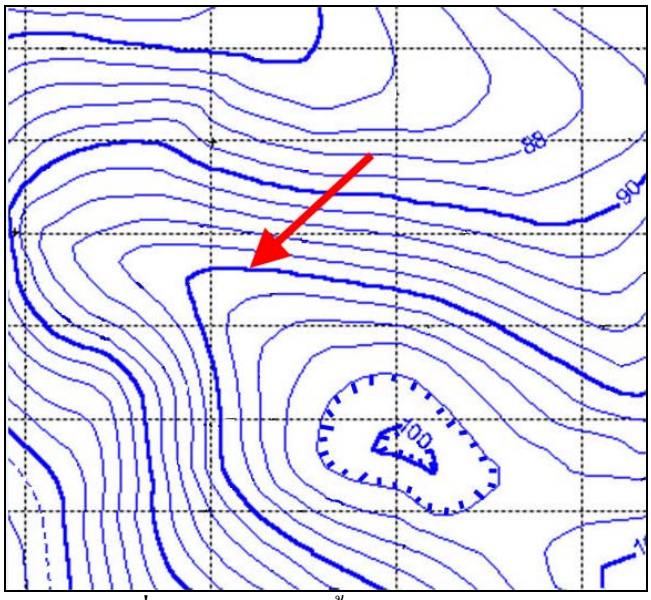


รูปที่ 2-5 ลักษณะเส้นชั้นความสูง [24]

ประเภทข้อมูลเส้นชั้นความสูง

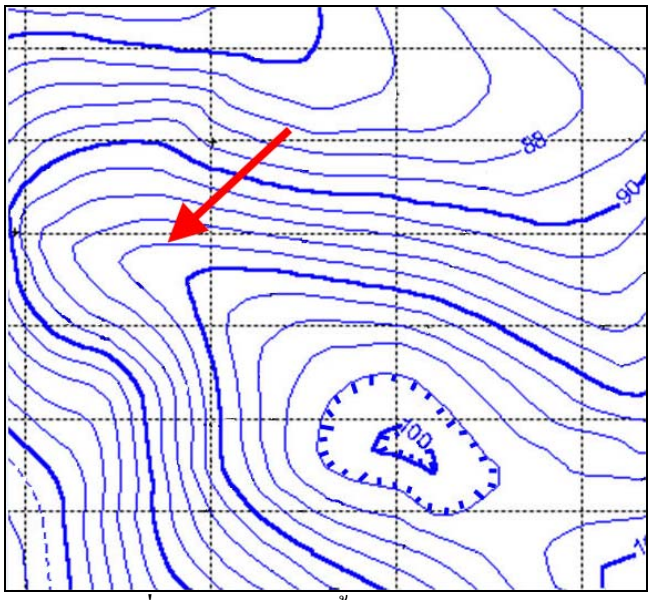
ประเภทข้อมูลเส้นชั้นความสูงเป็นลักษณะเส้นข้อมูลที่แสดงรายละเอียดเส้นชั้นความสูงนั้นๆ ซึ่งประกอบไปด้วยเส้นชั้นความสูงหลัก เส้นชั้นความสูงรอง เส้นชั้นความสูงแทรก และเส้นชั้นความสูงที่มีวงบรรจบกัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ [21, 24]

1. เส้นชั้นความสูงหลัก (Index contour) มีลักษณะเป็นเส้นที่มีขนาดหนากว่าเส้นชั้นความสูงธรรมดา (เส้นชั้นความสูงรอง) โดยจะพบเส้นชั้นความสูงรองจำนวน 5 เส้นจะพบเส้นชั้นความสูงหลัก 1 เส้น ส่วนมากค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงปรากฏอยู่บนเส้นชั้นความสูงนี้ ดังรูปที่ 2-6



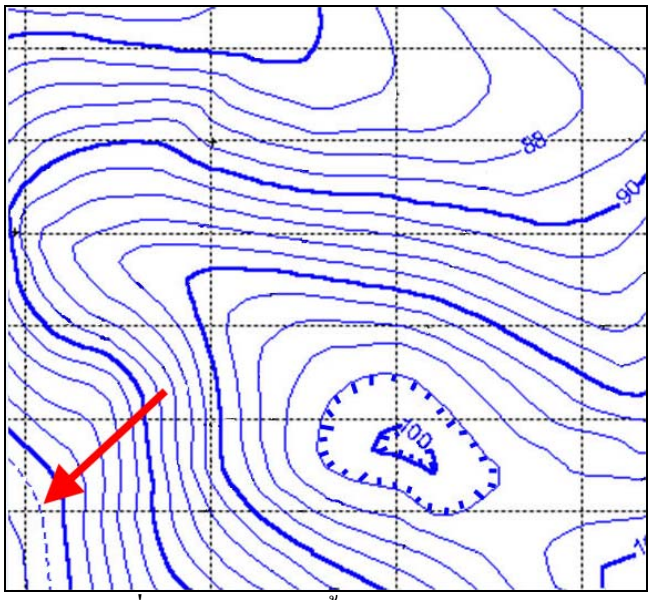
รูปที่ 2-6 ลักษณะเส้นชั้นความสูงหลัก [25]

2. เส้นชั้นความสูงรอง (Intermediate contour) มีลักษณะเล็กกว่าเส้นชั้นความสูงหลัก โดยจะพบอยู่ระหว่างเส้นชั้นความสูงหลัก จะเป็นเส้นชั้นความสูงย่อยที่ แยกมาจากเส้นชั้นความสูงหลัก ทำให้ง่ายในการหาค่าระดับความสูงมากขึ้น เนื่องจาก ช่วงในการพิจารณาค่าระดับสูงนั้นลดแคบลง ดังรูปที่ 2-7



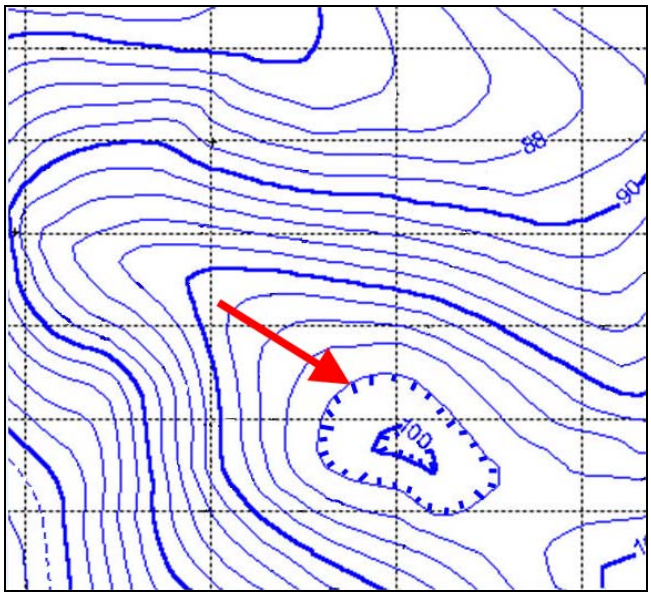
รูปที่ 2-7 ลักษณะเส้นชั้นความสูงรอง [25]

3. เส้นชั้นความสูงแทรก (Supplementary contour) ลักษณะเป็นเส้นประสีน้ำตาลอยู่ระหว่างเส้นชั้นความสูงรอง โดยจะมีค่าครึ่งหนึ่งของช่วงชั้นความสูงรอง (ช่วง 10 เมตร ในแผนที่ 1:50000) จะพบมากในบริเวณที่เป็นพื้นราบ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงมีน้อย ทำให้ต้องมีเส้นชั้นความสูงแทรก เพื่อจะสังเกตลักษณะความสูงต่ำของภูมิประเทศ ดังรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 ลักษณะเส้นชั้นความสูงแทรก [25]

4. เส้นชั้นความสูงที่มีวงบรรจบกัน (Depression Contour) มีลักษณะเป็นเส้นที่วงบรรจบกันและมีท่อนสั้นๆ ขีดไว้แนวตั้งฉาก ใช้แสดงลักษณะที่เป็นหน้าผา ปลายท่อนจะชี้ไปยังจุดที่ต่ำกว่า ดังรูปที่ 2-9



รูปที่ 2-9 ลักษณะเส้นชั้นความสูงที่มีวงบรรจบกันแนว [25]

2.1.6 เครื่องมือภูมิสารสนเทศที่ใช้ในการทำวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยนี้ ได้แก่ โปรแกรม ArcView 3.2a โดยใช้ภาษา Script Avenue สำหรับการเขียนคำสั่งในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศและฟังก์ชันเสริม (Extension) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ [9]

1. ArcView 3.2a เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อใช้งานด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พัฒนาโดย Environmental System Research Institue, Inc. (ESRI) [12] ซึ่งสามารถแสดงผลทางกราฟิกหรือแผนที่ได้ ทำให้สามารถมองเห็นและเข้าใจความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ต่างๆ สามารถจัดเก็บข้อมูล ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลเชิงคุณลักษณะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ตามเงื่อนไขที่กำหนด

2. Script Avenue เป็นภาษาที่ใช้ให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานอย่างมีขั้นตอน (Script) มีหลักการทำงานแบบเชิงวัตถุ (Object Oriented Script) ซึ่งเป็นส่วนเสริมประสิทธิภาพของโปรแกรม ArcView สามารถทำการปรับปรุงหรือดัดแปลงรูปแบบของหน้าต่าง (GUI=Graphic

User Interface) เช่น เมนูคำสั่ง (Menu) ไอคอนคำสั่งและปุ่มเครื่องมือต่างๆ ที่อยู่ในส่วนของหน้าต่าง เช่น Project, Views, Tables, Charts, Layouts และ Script ให้สามารถออกแบบรูปแบบใช้งานได้ ซึ่งการเขียนคำสั่งและกระบวนการทำงานจะเหมือนกับการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ

3.ฟังก์ชันเสริม เป็นตัวเริ่มการทำงานที่ประยุกต์ใช้งานต่างๆ ในโปรแกรม ArcView ซึ่งพัฒนาโดยการเขียน Script Avenue เพื่อให้สะดวกแก่การใช้งาน เช่น 3D Analysis เป็นต้น

2.1.7 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การจัดทำแผนที่ภูมิศาสตร์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น โดยปกติจะต้องใช้เทคโนโลยีหรือศาสตร์อื่นๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องและมีความแม่นยำมากขึ้น [10, 26] ได้แก่

1. วิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ (Computer Science) เป็นเทคโนโลยีและองค์ความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพสูง สามารถทำงานได้รวดเร็วมากขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ อุปกรณ์และวิธีการหรือโปรแกรมในการนำเข้าข้อมูล ระบบการบันทึกหรือจัดเก็บสำรองข้อมูล ตลอดจนการแสดงผลหรือการส่งออกข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งผลกระทบของความก้าวหน้าทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ จะทำให้เกิดผลโดยตรงต่อการใช้และการพัฒนาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ นอกจากนี้ได้แก่ ความรู้ทางด้านการจัดการฐานข้อมูล (Database Management) ซึ่งจะต้องเกี่ยวข้องกับการออกแบบฐานข้อมูลให้เป็นระบบมากขึ้น

2. การสำรวจและการทำแผนที่ (Survey and Mapping) เป็นศาสตร์ในการทำแผนที่โดยการสำรวจภาคสนาม โดยอาศัยความรู้เชิงวิศวกรรมในการใช้เครื่องมือในการสำรวจ เช่น กล้องวัดมุมในการจัดทำวงรอบของพื้นที่ศึกษา กล้องวัดระดับในการจัดทำระดับความสูงในพื้นที่ศึกษา และการคำนวณโครงร่างอิงพิกัดภูมิศาสตร์ การถ่ายค่าพิกัดหมุดหลักฐานอ้างอิงไปยังจุดสำรวจต่างๆ และวาดสัญลักษณ์ เส้น และคำอธิบายชื่อเฉพาะนั้น ดังนั้นวิชาการสำรวจและการทำแผนที่จึงมีผลสำคัญต่อการพัฒนาการผลิตแผนที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์อย่างมาก

3. ระบบการจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) เป็นส่วนหนึ่งของความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์แต่เป็นการศึกษาถึงโครงสร้างและการจัดเก็บจัดการฐานข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ซึ่งทำให้การจัดนำเข้าข้อมูล และควบคุมการกระทำกับข้อมูลเป็นไปได้อย่างเป็นระบบ ความสัมพันธ์ในฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลในสื่อ (media) ต่างๆ ซึ่งจะทำให้การจัดเก็บข้อมูลขนาดใหญ่เสียค่าใช้จ่ายน้อยลง ซึ่งทำให้การบันทึกและจัดการ

กับข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นไปได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น

4. การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เป็นศาสตร์ในการสำรวจข้อมูลพื้นที่ผิวโลก ปรากฏการณ์ต่างๆ ในโลก โดยใช้อุปกรณ์ในการบันทึกภาพ (sensor) ในการตรวจวัดการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุเหล่านั้นขึ้นไปกระทบอุปกรณ์ในการบันทึกภาพ โดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุโดยตรง ซึ่งทำให้เราสามารถวิเคราะห์และแปลภาพที่ได้ออกเป็นสภาพการใช้ที่ดินบนพื้นผิวโลก หรือทรัพยากรต่างๆ ในโลก ข้อมูลที่ได้เหล่านี้จะเป็นข้อมูลนำเข้าที่สำคัญในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

5. ระบบการกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System) เป็นระบบการค้นหาตำแหน่งและนำทางด้วยดาวเทียม โดยใช้คลื่นความถี่สูง ความยาวคลื่นสั้นจึงมีความเที่ยงตรงสูง และมีดาวเทียมสำรวจพิกัดเชิงภูมิศาสตร์ที่โคจรอยู่รอบโลก ทำให้สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์บนพื้นโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งสามารถใช้บอกตำแหน่งโดยอัตโนมัติ ในระดับความถูกต้อง 10-20 เมตร เป็นระบบที่ต้องอาศัยสัญญาณดาวเทียมสำรวจพิกัดเชิงภูมิศาสตร์ในการทราบถึงค่าพิกัดบนพื้นผิวโลกอย่างถูกต้อง ซึ่งสามารถนำมาเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้โดยตรง หรืออาจจะนำระบบการกำหนดตำแหน่งบนโลกเข้ามาประยุกต์ใช้กับการสำรวจและการทำแผนที่ หรือการสำรวจระยะไกล ในการตรึงหมุดหรือตรึงพิกัดแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ หรือภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อนำไปเป็นข้อมูลนำเข้าในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.2 การประมวลผลแบบขนาน

การประมวลผลแบบขนาน (Parallel Processing) คือ การแบ่งงานออกเป็นชิ้นเล็กๆ ให้สามารถทำงานหลายๆ อย่างในเวลาเดียวกัน เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพความเร็วของการประมวลผลข้อมูล ข้อมูลอาจมีขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นการประมวลผลหลายๆ โปรแกรมพร้อมกันในเวลาเดียวกัน และมีความละเอียดสูงที่จะต้องแบ่งภาระงานกันทำระหว่าง หลายหน่วยประมวลผลที่อยู่คนละหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำ อาจใช้คนละระบบปฏิบัติการ ซึ่งอาจเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์คนละตัวกัน ตั้งอยู่ทุกที่บนโลก

2.2.1 นิยาม และความหมายของการประมวลแบบขนาน

ศุภศิษฏ์ กาจกำแหง และภุชงค์ อุทโยภาศ [27] ให้ความหมายว่า “การคำนวณแบบขนาน (Parallel Computing) เป็นกระบวนการแก้ปัญหาโดยการแบ่งปัญหาออกเป็นส่วนๆ ให้มีขนาดเล็กลง แล้วนำปัญหาแต่ละชิ้นที่ได้จากการแบ่ง ไปคำนวณยังหน่วยประมวลผลหลายๆ ตัว

ในเวลาเดียวกัน เพื่อลดเวลาในการแก้ปัญหาลง”

ธีรณี อจลากุล และราชวิชช์ สโรชวิกสิต [2] ให้ความหมายการประมวลผลแบบขนานว่า “การประมวลผลแบบขนาน คือ การใช้เครื่องประมวลผลกลุ่มหนึ่งในการคำนวณหรือแก้ปัญหาจากโจทย์เดียวกัน เพื่อให้คำตอบที่เร็วขึ้นกว่าการคำนวณบนเครื่องประมวลผลเครื่องเดียว” ได้ให้ความหมายเครื่องประมวลผลแบบขนานว่า “เครื่องประมวลผลแบบขนาน คือ เครื่องประมวลผลที่มีหน่วยประมวลผลมากกว่า 1 หน่วย และสามารถรองรับการประมวลมากกว่า 1 หน่วยและสามารถรองรับการประมวลได้อย่างชัดเจน” และให้ความหมายการพัฒนาโปรแกรมแบบขนานว่า “การพัฒนาโปรแกรมแบบขนาน คือการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาที่สามารถรองรับการทำงานแบบขนานได้อย่างชัดเจน”

2.2.2 สถาปัตยกรรมเครื่องคอมพิวเตอร์แบบขนาน

สถาปัตยกรรมของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบขนานสามารถแบ่งโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยประมวลผลมากกว่า 1 ชุดออกเป็น 2 กลุ่ม [2] ได้แก่

1. Uniform Memory Access (UMA) คือ กลุ่มที่ใช้หน่วยความจำร่วมกัน (Shared Memory) กล่าวคือ หน่วยประมวลผลทุกหน่วยจะสามารถเข้าถึงหน่วยความจำทุกโมดูลผ่านเครือข่ายต่อเชื่อมของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น บัส หรือครอสบาร์ โดยใช้เวลาเท่ากัน

2. Non-uniform Memory Access (NUMA) คือ กลุ่มที่มีหน่วยความจำแบบกระจาย (Distributed Memory) กล่าวคือ หน่วยประมวลผลแต่ละหน่วยจะมีหน่วยความจำของตัวเอง (Local Memory) การเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำประเภทดังกล่าว สามารถทำได้เร็วกว่าการเข้าถึงหน่วยความจำที่เป็นของหน่วยประมวลผลอื่น หรือที่เรียกว่าหน่วยความจำแบบรีโมต (Remote Memory)

2.2.3 ลักษณะของการประมวลผลข้อมูล

ลักษณะของการประมวลผลข้อมูล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกัน และให้มีการประมวลผลข้อมูลจำนวนมากในเวลาเดียวกัน มีหลายวิธีการที่กระบวนการทำงานมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ได้แก่

1. Parallel Processing เป็นเทคโนโลยีการประมวลผลข้อมูล ที่มีการแบ่งงานออกเป็นชิ้นเล็กให้แต่ละงานย่อยสามารถประมวลผลข้อมูลจากหลายเครื่องคอมพิวเตอร์ในเวลา

เดียวกัน [2, 28]

ข้อดี

- เพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากมีการแบ่งงานเป็นชิ้นเล็กๆ ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถช่วยกันประมวลผลได้
- ลดเวลาในการประมวลผล เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องร่วมกันประมวลผลข้อมูล ทำให้ลดเวลาในการประมวลโดยใช้คอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว
- ลดค่าใช้จ่าย เนื่องจากเป็นการนำคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ มาช่วยกันประมวลผลแทนการใช้ซูเปอร์คอมพิวเตอร์
- มีความปลอดภัยของข้อมูลสูง เนื่องจากเป็นการประมวลผลข้อมูลภายในเครือข่ายเดียวกัน

ข้อเสีย

- ต้องมีโปรแกรมที่มีการเชื่อมต่อ จัดการระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันได้
- ขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เนื่องจากการทำงานในลักษณะนี้จะมีความซับซ้อนกว่าการประมวลผลข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว

2. Cluster Computer เป็นเทคโนโลยีการประมวลผลข้อมูล ที่ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์มากกว่า 1 เครื่องเชื่อมต่อกัน และแต่ละเครื่องอาจจะมีหน่วยประมวลผลมากกว่า 1 หน่วย โดยสามารถจัดสรรให้ใช้กับ CPU, RAM, ROM ร่วมกันได้ [28]

ข้อดี

- สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถแบ่งปันทรัพยากรของแต่ละเครื่องให้สามารถใช้งานได้อย่างเต็มที่
- ลดเวลาในการประมวลผลข้อมูล เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องร่วมกันประมวลผลข้อมูล
- ลดค่าใช้จ่าย เนื่องจากเป็นการนำคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ มาช่วยกันประมวลผลแทนการใช้ซูเปอร์คอมพิวเตอร์
- ระบบมีประสิทธิภาพสูง และง่ายต่อการขยายขนาด
- การคำนวณทรัพยากรและเข้าถึงข้อมูล ที่อยู่กระจัดกระจาย อย่างมี

ประสิทธิภาพและรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์

ข้อเสีย

- เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ต้องอยู่ภายในแพลตฟอร์ม (Platform) เดียวกัน และอยู่ในพื้นที่จำกัด
- ต้องมีโปรแกรมที่มีการเชื่อมต่อ จัดการระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้สามารถให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานได้
- ขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เนื่องจากการทำงานในลักษณะนี้จะมีความซับซ้อนกว่าการประมวลผลข้อมูลแบบเครื่องเดียว

3. Grid Computing เป็นเทคโนโลยีการประมวลผลข้อมูลที่รวบรวมทรัพยากรจากคอมพิวเตอร์หลายๆ หน่วยเข้าด้วยกัน ทำการคำนวณหรือประมวลผลข้อมูลจำนวนมากที่มีความซับซ้อนพร้อมกันในเวลาเดียวกัน ทำงานเสมือนเป็นซูเปอร์คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่เครื่องเดียว ที่มีราคาต้นทุนต่ำ ซึ่งแนวคิดนี้นำทรัพยากรที่สูญเปล่า มาใช้ให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ เนื่องจากโดยปกติแล้ว การทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องนั้นไม่ได้ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่ ซึ่งหากมีการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์จำนวนมากเข้าด้วยกัน ก็สามารถรวบรวมและดึงทรัพยากรที่ไม่ใช้อยู่ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ [28, 29]

ข้อดี

- เพิ่มสมรรถนะการคำนวณ สามารถรวบรวมใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในระบบให้ร่วมกันประมวลผลได้
- เพิ่มขนาดและความเร็วการเก็บข้อมูลขนาดใหญ่มาก เป็นแหล่งเก็บข้อมูล ที่สามารถบันทึกข้อมูลความเร็วสูง และมีขนาดใหญ่
- เพิ่มการสื่อสารระหว่างกลุ่มคนจำนวนมากเพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารระหวางกลุ่มหลายๆ กลุ่มพร้อมกันได้
- เพิ่มประสิทธิภาพในด้านการประมวลผล เป็นการเพิ่มศักยภาพในการแบ่งปันทรัพยากรและสามารถดำเนินงานได้อย่างรวดเร็ว มีความยืดหยุ่น และคล่องตัว
- เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์สามารถใช้งานได้หลายแพลตฟอร์ม (Platform)
- ลดค่าใช้จ่าย เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องร่วมกันประมวลผลข้อมูล

- ลดเวลาในการประมวลผลข้อมูล

ข้อเสีย

- ขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้าน เนื่องจากการทำงานในลักษณะนี้จะมีความซับซ้อนกว่าการประมวลผลข้อมูลแบบเครื่องเดียว
- ต้องมีโปรแกรมเชื่อมต่อเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถทำงานร่วมกันได้ เนื่องจากระบบกริด เป็นการนำคอมพิวเตอร์ที่มีหลายแพลตฟอร์มมาใช้งานร่วมกันได้

4. Distributed Computing เป็นเทคโนโลยีการประมวลผลข้อมูลโดยมีการแบ่งหน้าที่การประมวลผลให้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกันในเครือข่ายของระบบ และนำผลลัพธ์ที่ได้มารวมกัน ซึ่งวิธีการประมวลผลแบบนี้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการตอบสนองงานและสามารถประมวลผลข้อมูลพร้อมกันในเวลาเดียวกัน [28, 30] ดังรูปที่ 2-10

ข้อดี

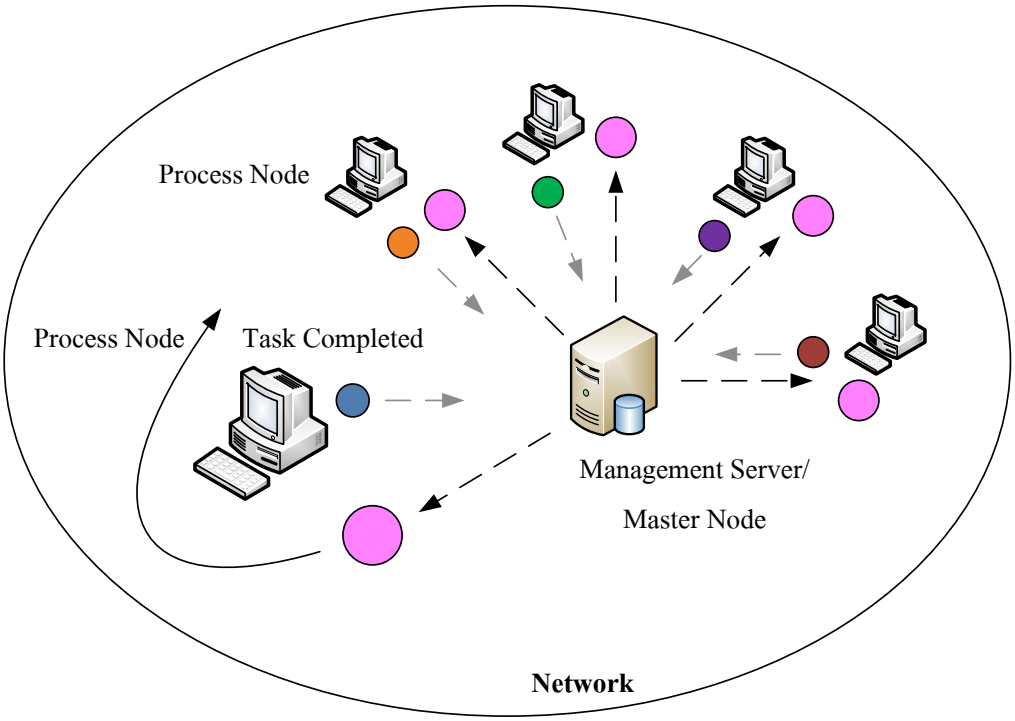
- ใช้เวลาตอบสนองได้เร็ว เป็นระบบที่ตอบสนองได้ดีกว่าแบบรวมศูนย์(Centralized Systems) เมื่อมีการทำงานหลายอย่างพร้อมกัน
- ลดค่าใช้จ่าย สามารถลดปัญหาด้านปริมาณของข้อมูลที่ส่งไปในระยะไกลๆ
- ความถูกต้องของข้อมูล สามารถตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลได้รวดเร็ว ภายใต้พื้นที่ที่รับผิดชอบของหน่วยต่างๆ
- ลดเวลาในการประมวลผล ใช้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกัน
- การใช้ทรัพยากรร่วมกัน เพื่อให้จัดสรรทรัพยากรร่วมกันโดยใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์

ข้อเสีย

- การขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญ ปัจจุบันความต้องการระบบในลักษณะการกระจายการประมวลผลเพิ่มมากขึ้น และผู้เชี่ยวชาญในด้านนี้มีจำนวนน้อยไม่เพียงพอกับความต้องการ
- มาตรฐานของระบบ เมื่อนำทรัพยากรคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกันต้องมีมาตรฐานเดียวกัน เพื่อให้ระบบสามารถทำการประมวลผลได้
- ความถูกต้องของข้อมูล เนื่องจากเป็นการกระจายกระบวนการทำงานซึ่งหากมีการเพิ่ม แก้ไข และลบข้อมูล ต้องมีกระบวนการทำอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งอาจจะทำให้เกิด

ความผิดพลาดได้

- ความปลอดภัยของระบบ เนื่องจากมีผู้ใช้อยู่อย่างกระจายจากหน่วยต่างๆ ซึ่งอาจจะทำให้ข้อมูลมีความไม่ปลอดภัยจากผู้ไม่หวังดี หรือเข้ามาโดยไม่ได้รับอนุญาต เป็นต้น



รูปที่ 2-10 ลักษณะการแบ่งข้อมูล ของการประมวลผลแบบขนาน [31]

จะเห็นได้ว่าลักษณะการประมวลผลข้อมูลที่มีหลักการประมวลผลข้อมูลพร้อมกันมีชื่อเรียกได้หลากหลาย ซึ่งแต่ละวิธีก็มีลักษณะเด่นที่แตกต่างกันไป สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้ จะเรียกวิธีการประมวลผลลักษณะนี้ว่า “การประมวลผลแบบขนาน” โดยสามารถทำงานได้กับหน่วยประมวลผลหลายๆตัว พร้อมกัน ลดปริมาณอุปกรณ์ในการแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กัน ลดคำสั่งในการประมวลผลได้ในเวลาเดียวกัน อีกทั้งยังสามารถใช้ได้กับงานในอีกหลายลักษณะเหตุการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ การคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางการพาณิชย์ ซึ่งการคำนวณผลแบบขนานนั้นสามารถใช้งานได้หลากหลาย

2.2.4 มิติในการประมวลผลแบบขนาน

มิติในการประมวลผล มี 2 ลักษณะ [2] ได้แก่ การประมวลผลขนานเชิงข้อมูล และการประมวลผลขนานแบบฟังก์ชัน ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. การประมวลผลขนานเชิงข้อมูล (Data Parallelism) การประมวลผลข้อมูลที่สามารถแบ่งออกเป็นหลายๆ ส่วนย่อย โดยที่แต่ละส่วนสามารถคำนวณไปพร้อมกันด้วยฟังก์ชั่นการคำนวณเดียวกันได้ เช่น การประมวลผลภาพ (Image Processing) เป็นกลุ่มโปรแกรมประยุกต์ที่มักจะใช้หลักการประมวลผลขนาดเชิงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถแบ่งภาพออกเป็นส่วนๆ และใช้หน่วยประมวลผลจำนวนมากกว่าหนึ่งหน่วยในการคำนวณแต่ละส่วนของภาพได้ ซึ่งการประมวลผลสามารถทำขนานกันได้เลย

2. การประมวลผลขนานเชิงฟังก์ชั่น (Functional parallelism) การประมวลผลขนานเชิงฟังก์ชั่นจะเกิดขึ้นในกรณีที่โปรแกรมสามารถแบ่งออกเป็นหลายๆ งานย่อย โดยให้แต่ละงานทำการประมวลผลบนข้อมูลคนละชุดกัน อีกทั้งฟังก์ชันการคำนวณในแต่ละงานก็ยังแตกต่างกันอีกด้วย ตัวอย่างของการแบ่งงานเชิงฟังก์ชั่น คือการทำงานของคอมไพเลอร์ในการแปลงโค้ดที่ผู้พัฒนาโปรแกรมเขียน (Source Code) ให้เป็นภาษาไบนารี่ที่เครื่องสามารถเข้าใจได้ (Binary Code)

สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้เป็นการประมวลผลเชิงข้อมูล โดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทเวกเตอร์ ได้แก่ ข้อมูลเส้นชั้นความสูงเป็นข้อมูลในการทดสอบการประมวลผล

2.3 การแบ่งข้อมูล

การแบ่งข้อมูล (Data Partitioning) เป็นกระบวนการทำงานที่ข้อมูลมีขนาดใหญ่ข้อมูลอยู่อย่างกระจัดกระจาย ยากต่อการนำมาประมวลผลในจุดเดียว ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในวิธีการแบ่งข้อมูลสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ เป็นข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งข้อมูลมีจำนวนมากและข้อมูลมีขนาดใหญ่ จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะหาวิธีในการแบ่งข้อมูลให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อนำไปประมวลผล ซึ่งต้องออกแบบขั้นตอนวิธีในการแบ่งข้อมูลที่เหมาะสมกับข้อมูลของทางภูมิศาสตร์

มาตรฐานของการแบ่งข้อมูล [32]

1. Random Partitioning เป็นการสุ่มข้อมูลตัวอย่างมาทดลอง ซึ่งจะแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูล จากฐานข้อมูลหลัก แล้วนำข้อมูลมาเพื่อสุ่มการแบ่ง ซึ่งในกรณีนี้ จะเป็นการแบ่งข้อมูลโดยไม่ได้สนใจว่า ข้อมูลจะมีขนาดหรือปริมาณเท่ากันหรือไม่ โดยจะวนแบ่งเซตข้อมูล เป็นเซตย่อยๆ ไปเรื่อยจนหมดข้อมูลของฐานข้อมูลหลัก

2. User-defined Partitioning เป็นการแบ่งที่ชัดเจน โดยที่สามารถระบุรายละเอียดของข้อมูล และระบุรายละเอียดของวิธีการแบ่งข้อมูล ซึ่งกระบวนการตามตัวแปรที่ผู้ใช้ต้องการของเซตข้อมูล ซึ่งวิธีนี้ จะทำให้ข้อมูลที่ได้รับจากการแบ่งนั้น จะอยู่ในลักษณะที่ผู้ใช้ต้องการ

2.4 เทคโนโลยีการรับ-ส่งข้อมูล

เทคโนโลยีการรับ-ส่งข้อมูล เป็นการกระบวนการให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อสื่อสาร โดยที่ใช้การสื่อสารด้วยโปรโตคอลที่มีชื่อว่า TCP/IP และใช้โปรแกรมในการติดต่อสื่อสารด้วยเทคโนโลยีของ Socket Programming ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถใช้สื่อสารจากต้นทางข้ามเครือข่ายไปยังปลายทางได้ จะใช้โปรโตคอล TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

2. โปรแกรมสำหรับการสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย โดยใช้เทคโนโลยีของ Socket Programming เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่งไปสู่เครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งในระบบเครือข่าย [33, 34]

- **หลักการทำงาน**

การส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์จากเครื่องหนึ่งไปสู่อีกเครื่องหนึ่งประกอบไปด้วยผู้ส่ง (Sender) ต้องนำข้อมูลที่ถูกส่งมาตัดออกเป็นส่วนย่อย แล้วบรรจุลงในกลุ่มข้อมูลเดียวกัน (Packet) แต่ละกลุ่มข้อมูลจะมีส่วนประกอบ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนหัว (Header) เป็นข้อมูลเกี่ยวกับที่อยู่ (Address) และพอร์ต (Port) ของผู้รับและผู้ส่ง รวมทั้งข้อมูลที่จำเป็นการนำข้อมูลมาประกอบเป็นข้อมูลดั้งเดิม และอีกส่วนเรียกว่าเพย์โหลด (Payload) เป็นข้อมูลย่อยที่ถูกส่งโดยผู้ส่งและผู้รับ ต้องทราบวิธีสร้างชุดข้อมูลและส่งชุดข้อมูลผ่านชั้นของโปรแกรมลงไปสู่ชั้นตัวกลางเพื่อเดินทางไปในระบบเครือข่าย ที่ด้านผู้รับต้องทราบวิธีรับชุดข้อมูลจากระบบเครือข่ายขึ้นมาประกอบเป็นลำดับที่ถูกต้องแล้วจึงดึงข้อมูลออกมา

- **การใช้งาน Socket**

เมื่อมีการสร้าง Socket ระบบปฏิบัติการจะทำการจองพื้นที่ในหน่วยความจำเพื่อสร้างโครงสร้างข้อมูล (Data Structure) สำหรับเก็บข้อมูลที่ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูล โดยโครงสร้างข้อมูลนี้ประกอบด้วยฟิลด์หลายๆ ฟิลด์ เมื่อ Socket ถูกสร้างขึ้นฟิลด์ต่างๆที่อยู่ใน

โครงสร้างข้อมูลนี้จะถูกทำให้ว่างไว้ และโปรแกรมที่สร้าง Socket จะต้องเรียกใช้งาน ฟังก์ชัน สำหรับใส่ข้อมูลต่างๆที่เว้นว่างไว้ในฟิลด์เหล่านี้

- **หน้าที่ของ Socket ประกอบด้วย 2 อย่าง ได้แก่**

1. การรอรับการเชื่อมต่อ เป็น Socket ที่ใช้เป็น Server Application ซึ่งเรียกว่า Passive Socket
2. การเชื่อมต่อไปยังเครื่องปลายทาง เป็น Socket ที่เชื่อมต่อไปยังเครื่องปลายทางจะถูกใช้ในเป็น Client Application หรือเรียกว่า Active Socket

บทที่ 3
เครื่องมือ และวิธีการดำเนินการวิจัย

สำหรับในบทที่ 3 เป็นการนำเสนอเครื่องมือ และวิธีการดำเนินการวิจัย ของการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน ในส่วนนี้ได้กล่าวถึง ข้อมูลและลักษณะข้อมูล แนวคิดการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน วิธีการกำหนดตัวบ่งชี้สมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายแต่ละเครื่อง ที่ร่วมกันประมวลผลแบบขนาน การออกแบบวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ วิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ การวัดเวลาในการประมวลผลข้อมูลโดยรวม รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลและลักษณะข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ เมื่อนำข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีปริมาณมากไปประมวลผล จะใช้เวลานานในการประมวลผลข้อมูล ข้อมูลเชิงพื้นที่ประกอบไปด้วย ข้อมูลเวกเตอร์ ได้แก่ ข้อมูลประเภท จุด เส้น รวมทั้งรูปหลายเหลี่ยม และข้อมูลราสเตอร์ เช่น ข้อมูลประเภทภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น แต่สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ มุ่งเน้นการประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทเส้น ได้แก่ เส้นชั้นความสูง

การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูง เป็นข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะที่มีความแตกต่างกับข้อมูลเชิงพื้นที่ประเภทเส้นอื่นๆ ดังนั้นต้องออกแบบขั้นตอนวิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีลักษณะแตกต่างกัน โดยใช้ลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทยเป็นหลัก แบ่งออกเป็น 6 เขต ดังนี้ [35]

1. **เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขาภาคเหนือ** มีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสูง ภูเขา หุบเขาและแอ่งแผ่นดินระหว่างภูเขามีความสูงชันจากบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือแล้วค่อยๆ ลาดต่ำลงมาสู่ที่ราบต่ำ บริเวณตะวันออกเฉียงใต้และตอนกลางแล้วค่อยๆ สูงขึ้นอีกทางบริเวณตะวันออกและตะวันออก เฉียงเหนือ ดังรูปที่ 3-1 (b)

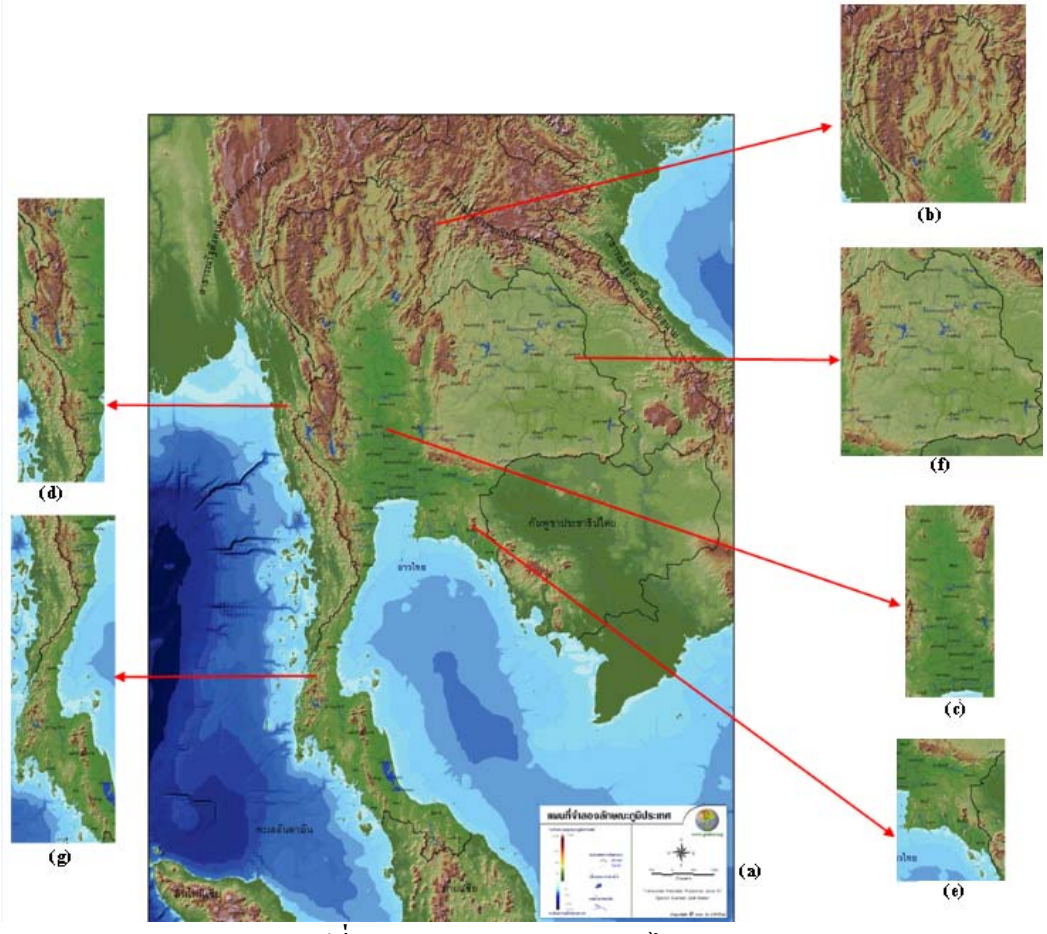
2. **เขตที่ราบภาคกลาง** มีลักษณะภูมิประเทศทั่วไปเป็นที่ดินราบตะกอนที่หนาจากแม่น้ำพัดพามาทับถม และบริเวณที่ราบนี้มีภูเขาโดดๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นภูเขาหินปูนกระจายอยู่ทั่วไป และมีลักษณะเป็นที่ราบลูกฟูกเป็นที่สูงๆ ต่ำๆ ดังรูปที่ 3-1 (c)

3. **เขตภูเขาสูงภาคตะวันตก** มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูง หุบเขา เป็นแนวภูเขาที่ซับซ้อน มีที่ราบแคบๆ ในเขตหุบเขาเป็นแห่งๆ และมีที่ราบเชิงเขาต่อเนื่องกันเป็นเทือกเขา ดังรูปที่ 3-1 (d)

4. **เขตภูเขาและที่ราบชายฝั่งภาคตะวันออก** มีลักษณะภูมิประเทศจะเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ ทางตอนเหนือ เป็นทิวเขาและที่ราบลูกฟูกทางตอนกลางและมีที่ราบ ชายฝั่งทะเลทางใต้ โดยมีแม่น้ำสายสั้นๆ ไหลจากทิศเหนือไปทางใต้ลงสู่อ่าวไทย ชายฝั่งทะเลของเขตนี้ เป็นชายฝั่งที่มีลักษณะเว้าแหว่งและเต็มไปด้วยเกาะ ดังรูปที่ 3-1 (e)

5. เขตที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีภูมิประเทศทั่วไปมีลักษณะเป็นแอ่งคล้ายจาน ลาดเอียงไปทางตะวันออกเฉียงใต้มีขอบเป็นภูเขาสูงทางตะวันตกและทางใต้ ทำให้เกิดขอบสูงชันตามแนวเทือกเข้าด้านตะวันตก และทางใต้ก็เป็นขอบสูงชันตามแนวทิวเขา พื้นที่ราบสูงจะยกตัวสูงทางบริเวณตะวันตกและทางใต้ และลาดเอียงไปทางตะวันออกเฉียงใต้ลงสู่แม่น้ำโขง ดังรูปที่ 3-1 (f)

6. **เขตภูเขาที่ราบชายฝั่งคาบสมุทรภาคใต้** มีภูมิประเทศทั่วไปมีลักษณะเป็นคาบสมุทรแคบและยาว ถูกขนาบด้วยทะเลทั้งสองด้านทางด้านตะวันตก ประกอบด้วยทิวเขาที่เป็นแกนของคาบสมุทรและที่ราบชายฝั่งทะเลที่ลาดลงสู่ทะเลทั้งสองด้าน โดยที่ราบด้านชายฝั่งตะวันออกเป็นชายฝั่งที่ราบเรียบและยกตัวสูง ดังรูปที่ 3-1 (g)

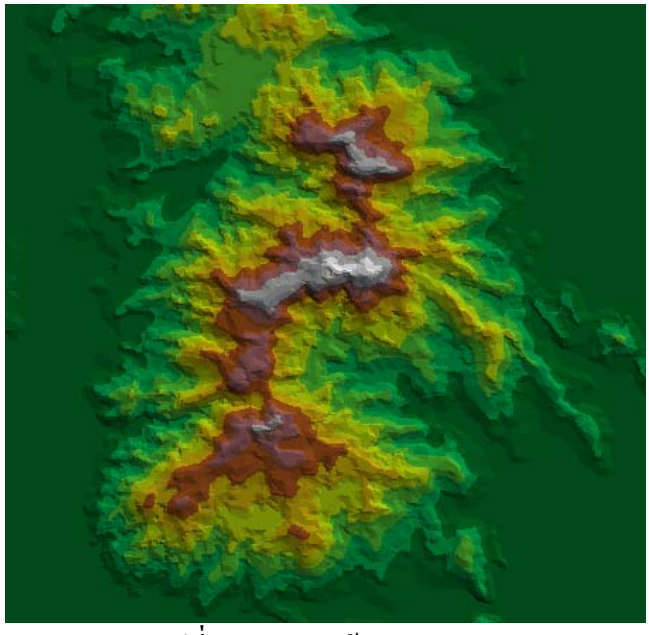


รูปที่ 3-1 ลักษณะภูมิประเทศของไทย [36]

3.2 แนวคิดในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

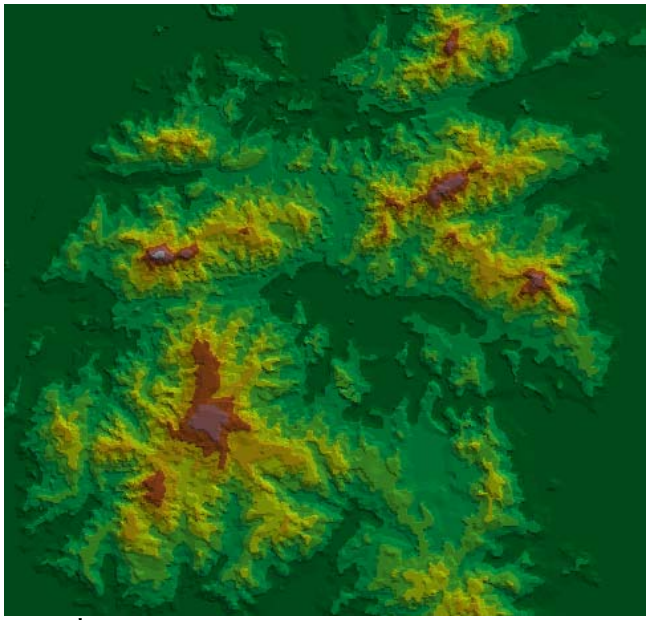
จากลักษณะภูมิประเทศที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่า ลักษณะภูมิประเทศของไทยมีลักษณะที่แตกต่างกัน ซึ่งในส่วนนี้ทำให้ลักษณะของเส้นชั้นความสูงของแต่ละลักษณะข้อมูลมีความแตกต่างกันด้วย สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้สนใจลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศที่มีความสูงต่ำแตกต่างกัน ทำให้วิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูงมีข้อจำกัดกว่าการแบ่งข้อมูลทั่วไป และข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ ที่มีลักษณะเป็น Area-based Partitioning เป็นการแบ่งข้อมูลที่คำนึงถึงพื้นที่เป็นหลัก แต่สำหรับการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีลักษณะเป็น Object-based Partitioning เป็นการแบ่งข้อมูลในลักษณะที่เป็นวัตถุซึ่งจำเป็นจะต้องคำนึงถึง กลุ่มของเส้นชั้นความสูง เพื่อนำไปประมวลผลแล้ว ทำให้ง่ายต่อการแบ่งข้อมูล และรวมข้อมูลลักษณะภูมิประเทศสำหรับทดสอบออกเป็น 4 เขต ดังนี้

1. เขตภูเขา พื้นที่เขตนี้มีลักษณะเป็นภูเขาสูงชัน โดยมีพื้นที่บริเวณเนินเขาเดียวกัน และมียอดภูเขาสูงชันหลายๆ ยอดเขาในเนินเขาเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 3-2



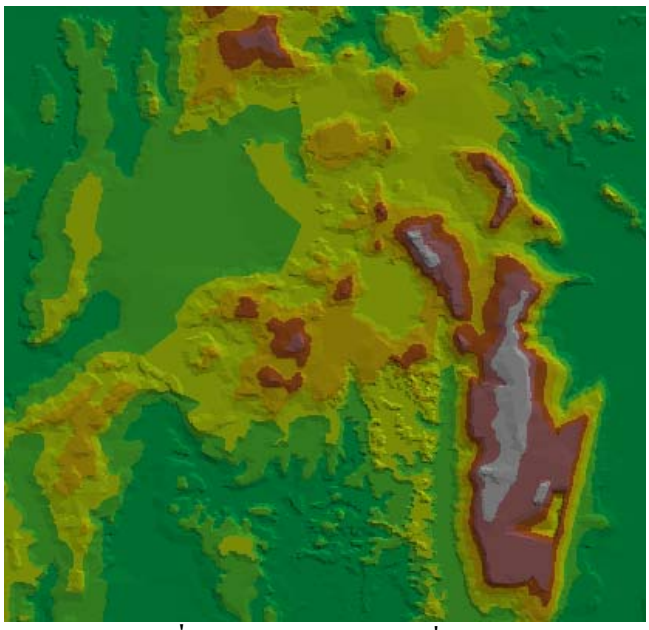
รูปที่ 3-2 ลักษณะข้อมูลเขตภูเขา

2. เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา มีลักษณะเป็นทิวเขา หุบเขา มีความสูงชัน และแอ่งแผ่นดิน ที่ราบระหว่างภูเขา ดังแสดงในรูปที่ 3-3



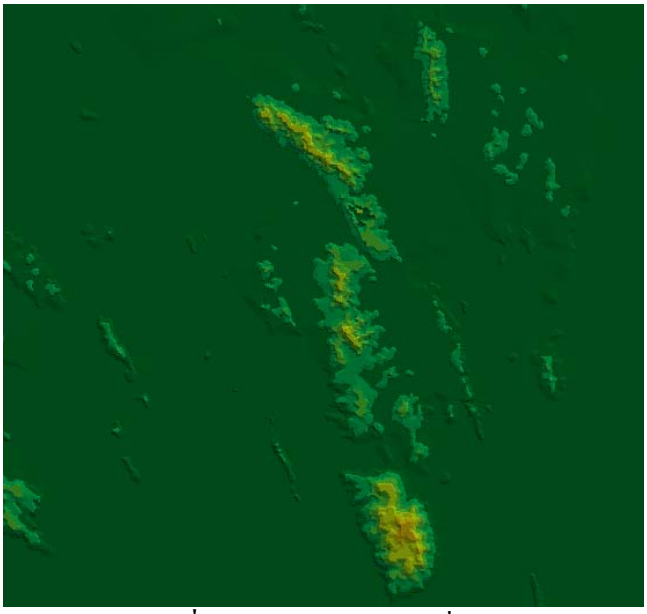
รูปที่ 3-3 ลักษณะข้อมูลเขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

3. เขตที่ราบสูง มีลักษณะเป็นที่ราบที่มีระดับความสูงเป็นเนินขึ้นเรื่อย หรือมีแนวทิวเขายกตัวขึ้นมา ด้านใด ด้านหนึ่งของพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 ลักษณะข้อมูลเขตที่ราบสูง

4. เขตที่ราบ มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่ง ราบเรียบ ที่ราบลูกฟูก และภูเขาโดด ดังแสดงในรูปที่ 3-5



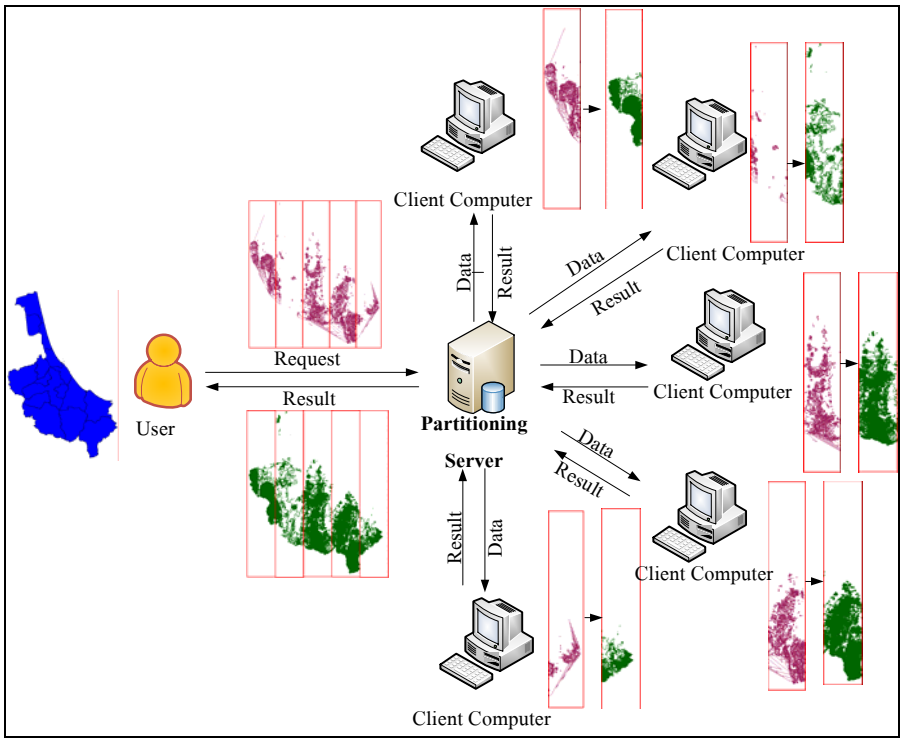
รูปที่ 3-5 ลักษณะข้อมูลเขตที่ราบ

3.3 การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน

การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ มีจุดประสงค์หลักเพื่อลดเวลาในการประมวลผลข้อมูล โดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูง ส่วนนี้จะกล่าวถึง สถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน กระบวนการในการทำงานของการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ รูปแบบการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการกำหนดตัวชี้วัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 สถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน

สถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลแบบขนาน (รูปที่ 3-6) แสดงถึงภาพรวมขององค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ ผู้ใช้ (User) เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสำหรับการแบ่งข้อมูล (Data Partitioning Server) เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client Computer) และข้อมูล (Data) ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3-6 สถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน

1. ผู้ใช้

ผู้ใช้ ทำหน้าที่ส่งความต้องการไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ได้แก่ ส่งจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ตัวบ่งชี้สมรรถนะของแต่ละเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย เขตข้อมูลเชิงพื้นที่ และวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ผู้ใช้จะได้รับข้อมูลภูมิสารสนเทศจากเครื่องแม่ข่ายเมื่อสิ้นสุดการประมวลผล

2. เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสำหรับการแบ่งข้อมูล

เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสำหรับการแบ่งข้อมูล ทำหน้าที่รับความต้องการจากผู้ใช้ แบ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ตามจำนวนคอมพิวเตอร์ลูกข่าย รวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ จากเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายเมื่อสิ้นสุดการประมวลผล และดำเนินการส่งข้อมูลกลับไปยังผู้ใช้

3. เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

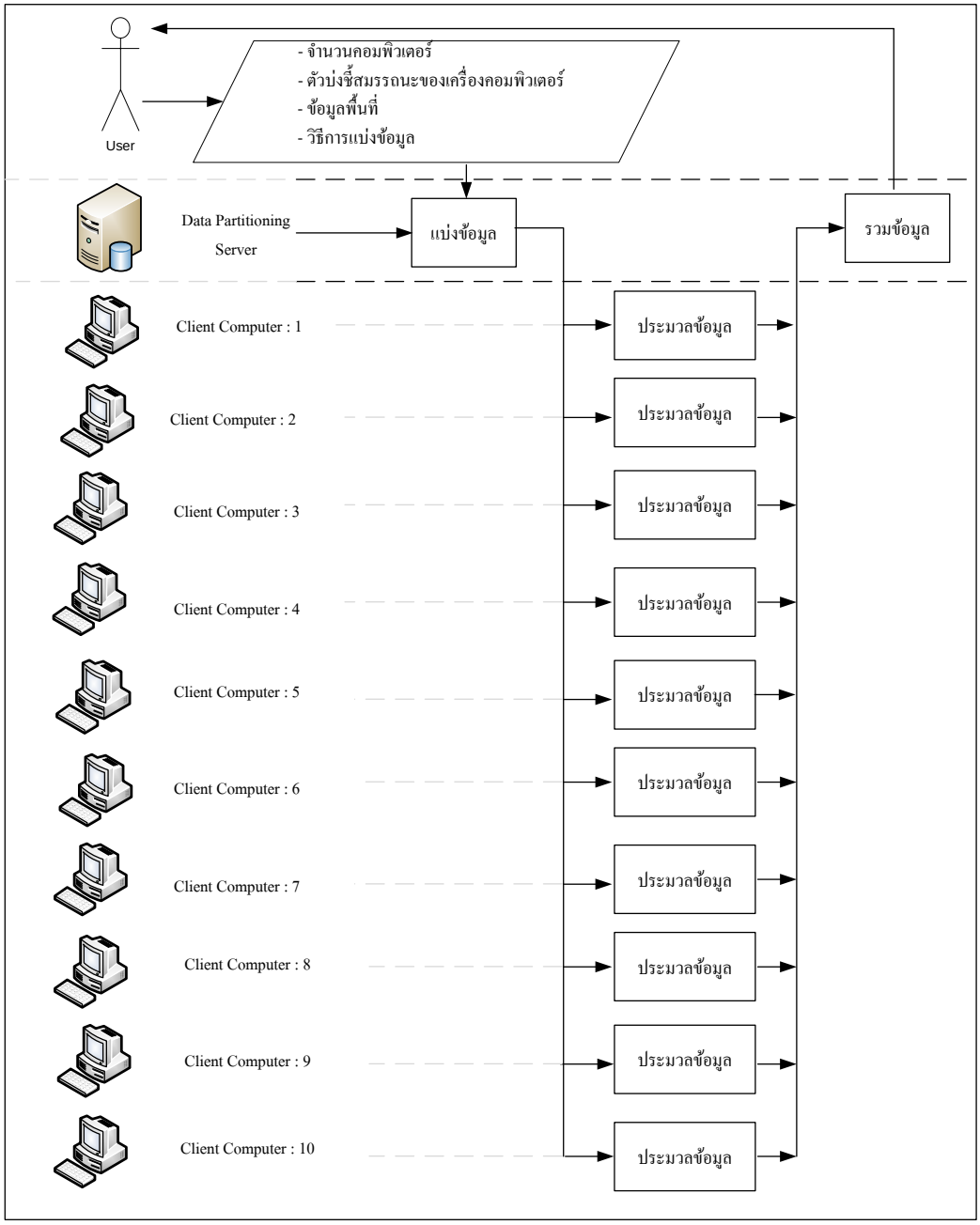
เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ทำหน้าที่รับคำสั่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้รับจากหน่วยเก็บข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เพื่อประมวลผลข้อมูล และทำหน้าที่ส่งข้อมูลที่สิ้นสุดการประมวลผล กลับไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

4. ข้อมูล

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการประมวลผล ได้แก่ ข้อมูลเส้นชั้นความสูง โดยใช้ชุดข้อมูลที่มีลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน 4 เขต ได้แก่ เขตภูเขา เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา เขตที่ราบสูง และเขตที่ราบ เป็นข้อมูลในการทดสอบสำหรับใช้ในการแบ่งข้อมูล การประมวลผลข้อมูล และการรวมข้อมูล สำหรับการประมวลผลแบบขนาน

3.3.2 กระบวนการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

กระบวนการทำงานของการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ประกอบด้วยกระบวนการย่อย 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นกระบวนการทำงานของผู้ใช้ ส่วนที่ 2 เป็นกระบวนการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสำหรับการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ ส่วนสุดท้ายเป็นกระบวนการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย สำหรับการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ ดังรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-7 ลำดับกระบวนการในการทำงานของระบบ

1. กระบวนการทำงานของผู้ใช้

ผู้ใช้ ทำหน้าที่ส่งความต้องการไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ได้แก่ จำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ตัวบ่งชี้สมรรถนะของแต่ละเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ที่ใช้ในการ

ประมวลผลข้อมูล เลือกเขตข้อมูลเชิงพื้นที่ และวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ผู้ใช้รอรับข้อมูลประมวลผลเมื่อสิ้นสุดการรวมจากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

2. กระบวนการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสำหรับแบ่งข้อมูล ทำหน้าที่รับความต้องการจากผู้ใช้ ได้แก่ จำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ตัวบ่งชี้สมรรถนะของแต่ละเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล เขตข้อมูลเชิงพื้น และวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยเครื่องแม่ข่ายดำเนินการอ่านข้อมูลเชิงพื้นที่จากหน่วยเก็บข้อมูลภายในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ทำการแบ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ตามจำนวนของหน่วยประมวลผล โดยคำนึงถึงตัวบ่งชี้สมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย โดยใช้ขั้นตอนวิธีที่ได้นำเสนอ 2 วิธี ได้แก่ วิธี Tree Partitioning Algorithm (TPA) และวิธี Coordinate Partitioning Algorithm (CPA) เมื่อดำเนินการแบ่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายทำการส่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย เพื่อทำการประมวลผลข้อมูล และรอรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่สิ้นสุดการประมวลผล เพื่อทำการรวมข้อมูลสุดท้ายเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายดำเนินการส่งข้อมูลกลับไปยังผู้ใช้

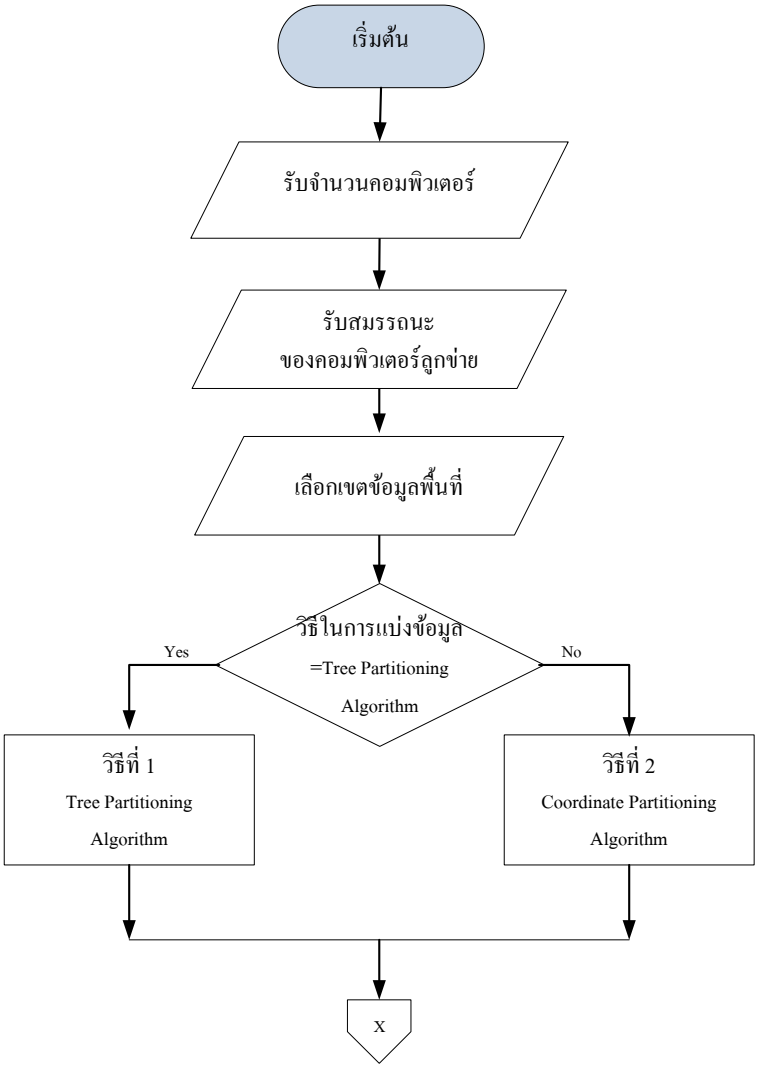
3. กระบวนการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ไม่จำเป็นต้องมีสมรรถนะเท่ากัน จำนวน 10 เครื่อง ทำหน้าที่รับข้อมูลเชิงพื้นที่จากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ เมื่อสิ้นสุดการประมวลผลแล้ว เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายดำเนินการส่งผลการประมวลผลข้อมูลกลับไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ซึ่งได้มีการทดสอบการประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่มีสมรรถนะเท่ากัน จำนวน 5 เครื่อง ซึ่งมีผลของเวลาในการประมวลผล ดังภาคผนวก จ

3.3.3 รูปแบบการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

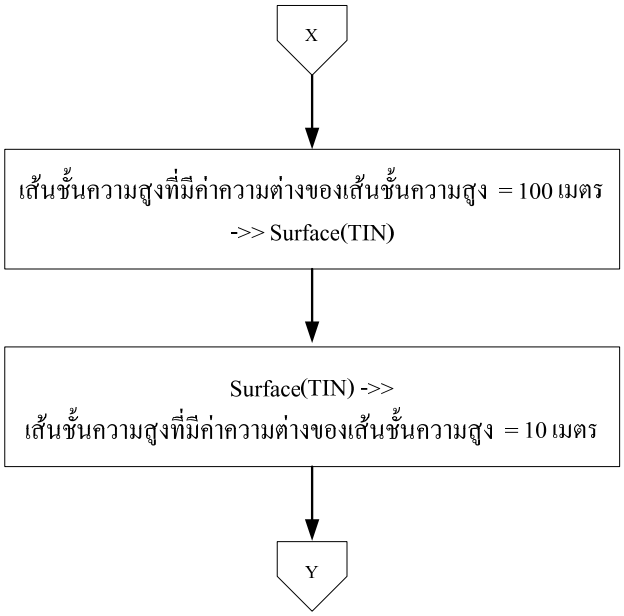
รูปแบบการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นกระบวนการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ เป็นกระบวนการทำงานในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ส่วนที่ 2 เป็นกระบวนการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ เป็นกระบวนการทำงานในเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย และส่วนที่ 3 เป็นกระบวนการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ เป็นกระบวนการทำงานในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ส่วนที่ 1 การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ เป็นกระบวนการเริ่มต้น ส่วนนี้เป็นกระบวนการในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยการรับค่าจำนวนคอมพิวเตอร์ลูกข่ายในการประมวลผล และตัวชี้วัดสมรรถนะของคอมพิวเตอร์ลูกข่ายแต่ละเครื่อง เขตข้อมูลพื้นที่ที่ต้องการแบ่งข้อมูล และวิธีการแบ่งข้อมูล จากผู้ใช้ เพื่อทำการแบ่งข้อมูลให้เครื่องคอมพิวเตอร์ต่างๆ ร่วมกันประมวลผลตามตัวบ่งชี้สมรรถนะของแต่ละเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ดังแสดงในรูปที่ 3-8



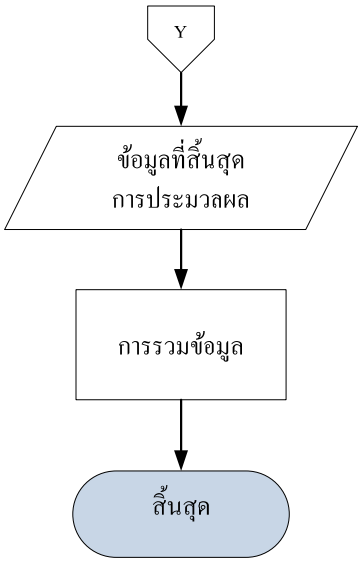
รูปที่ 3-8 กระบวนการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ส่วนที่ 2 การประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ เป็นกระบวนการในเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ที่ได้รับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย การประมวลผลข้อมูลในส่วนนี้เป็นการประมวลผลค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงจากเดิม 100 เมตร เป็นเส้นชั้นความสูงใหม่ 10 เมตร โดยในส่วนนี้ เป็นการเปลี่ยนแปลง จากเส้นชั้นความสูง ให้เป็นข้อมูล Surface (TIN) แล้วดำเนินการแบ่งค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงที่มีความละเอียดขึ้น โดยการประมวลผลข้อมูล Surface (TIN) เป็นข้อมูลเส้นชั้นความสูง ดังแสดงในรูปที่ 3-9



รูปที่ 3-9 กระบวนการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ส่วนที่ 3 การรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ เป็นกระบวนการทำงานในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยรับข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่ผ่านการประมวลผลเรียบร้อยแล้วจากเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย แล้วทำการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ ดังรูปที่ 3-10



รูปที่ 3-10 กระบวนการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ

3.3.4 วิธีการกำหนดตัวชี้วัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์

การประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ เป็นการประมวลผลโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ไม่จำเป็นต้องมีสมรรถนะเท่ากัน เมื่อนำเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายเหล่านี้มาร่วมกันประมวลผลทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายแต่ละเครื่องได้รับข้อมูลที่มีปริมาณใกล้เคียงกัน ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่มีสมรรถนะสูงประมวลผลข้อมูลเสร็จเร็ว ส่วนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่มีสมรรถนะต่ำ ทำให้ใช้เวลานานในการประมวลผล ในส่วนนี้ทำให้เกิดแนวคิดที่ให้มีการวัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย และการแบ่งข้อมูลตามสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายสามารถประมวลผลข้อมูลได้เต็มศักยภาพของคอมพิวเตอร์ และลดเวลาในการประมวลผล

1. ตัวอย่างการแบ่งข้อมูลตามสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

การแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีจำนวน 5000 เรคคอร์ด และคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวน 5 เครื่อง ซึ่งถ้าไม่มีการวัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ทำให้คอมพิวเตอร์ลูกข่ายแต่ละเครื่องได้รับข้อมูลจำนวน 1000 เรคคอร์ด ซึ่งถ้าสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายแตกต่างกัน ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่มีสมรรถนะต่ำใช้เวลาในการประมวลผลนานที่สุด

ดังนั้นในส่วนนี้ได้นำเสนอวิธีการวัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างการแบ่งข้อมูลภูมิศาสตร์ตามสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

หมายเลขของเครื่องคอมพิวเตอร์ (i)	เวลาในการประมวลผลข้อมูลทดสอบ (วินาที) (T)	ดัชนีชี้วัดความสามารถในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ (I)	เปอร์เซ็นต์ภาระงานที่ได้รับการจัดสรร (L)	จำนวนเรคคอร์ดของข้อมูลที่ได้รับ (R)
1	46	1.72	20.11	864.32
2	30	2.63	21.80	1321.61
3	79	1	16.60	502.51
4	25	3.16	22.34	1587.94
5	55	1.44	19.15	723.62
รวม (Sum)		9.95	100.00	5,000.00

2. ขั้นตอนวิธีการวัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ดังนี้

- จัดเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย สำหรับการประมวลผลข้อมูล
- จัดเตรียมข้อมูลเชิงพื้นที่ สำหรับใช้ทดสอบเวลาในการประมวลผล
- การวัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย มีรายละเอียดดังนี้
  - นำข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดเดียวกัน ไปประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย
  - จับเวลาในการประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ (วินาที) จำนวน 3 ครั้ง แล้วหาเวลาเฉลี่ยของทุกเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังตารางที่ 3-1 (ค่า T)

- การหาดัชนีชี้วัดความสามารถในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ ดังตารางที่ 3-1 (ค่า I)

$$I_i = T_{max} / T_i$$

โดยที่ i คือ หมายเลขของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ตั้งแต่ i = 1,2,..,n

T_{max} คือ เวลาในการประมวลผลข้อมูลทดสอบที่มากที่สุด

T_i คือ เวลาในการประมวลผลข้อมูลทดสอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

I คือ ดัชนีชี้วัดความสามารถในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

- การคำนวณเปอร์เซ็นต์ของภาระงานที่ได้รับการจัดสรร ดังตารางที่ 3-1 (ค่า L)

$$L_i = ((I_i) * 100) / Sum(I)$$

โดยที่ L_i คือ เปอร์เซ็นต์ภาระงานที่ได้รับการจัดสรร ตั้งแต่ i = 1,2,..,n

- การคำนวณจำนวนเรคคอร์ดของข้อมูลที่ได้รับ ของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

$$R_i = ((L_i) * \text{จำนวนเรคคอร์ดทั้งหมด}) / 100$$

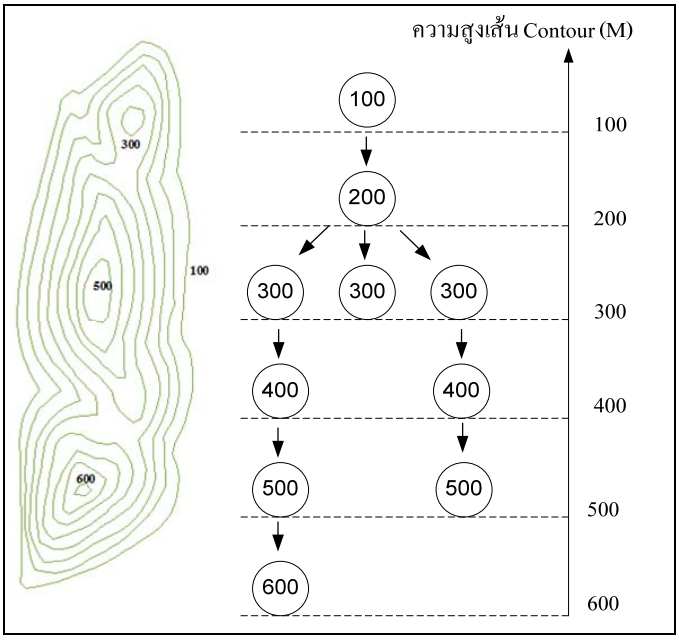
โดยที่ R_i คือ จำนวนเรคคอร์ดของข้อมูลที่ได้รับ ตั้งแต่ i = 1,2,..,n

3.4 การออกแบบวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

การออกแบบวิธีการแบ่งข้อมูล มีวัตถุประสงค์เพื่อให้คอมพิวเตอร์ลูกข่ายประมวลผลข้อมูลได้ตามสมรรถนะของแต่ละเครื่อง และลดเวลาในการประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีปริมาณมาก โดยการใช้ขั้นตอนวิธีในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธี Tree Partitioning Algorithm และวิธี Coordinate Partitioning Algorithm เข้ามาประมวลผลข้อมูลเส้นชั้นความสูง ที่มีลักษณะภูมิประเทศแตกต่างกัน ในการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูงต้องคำนึงปัจจัยในหลายส่วน เช่น ค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง ลักษณะข้อมูลแต่ละเขตพื้นที่ ปริมาณข้อมูล เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการแบ่งข้อมูลทั้งสิ้น

3.4.1 วิธี Tree Partitioning Algorithm

เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง โดยใช้ค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงเป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล หากค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงที่มีระดับเท่ากัน จะส่งข้อมูลไปประมวลผลในเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายเครื่องเดียวกันเท่านั้น ดังรูปที่ 3-11



รูปที่ 3-11 การแบ่งข้อมูลวิธี Tree Partitioning Algorithm

Algorithm : TPA(T*[1..n], Noc, load)

Input : Area of Data, Number of client computers, load

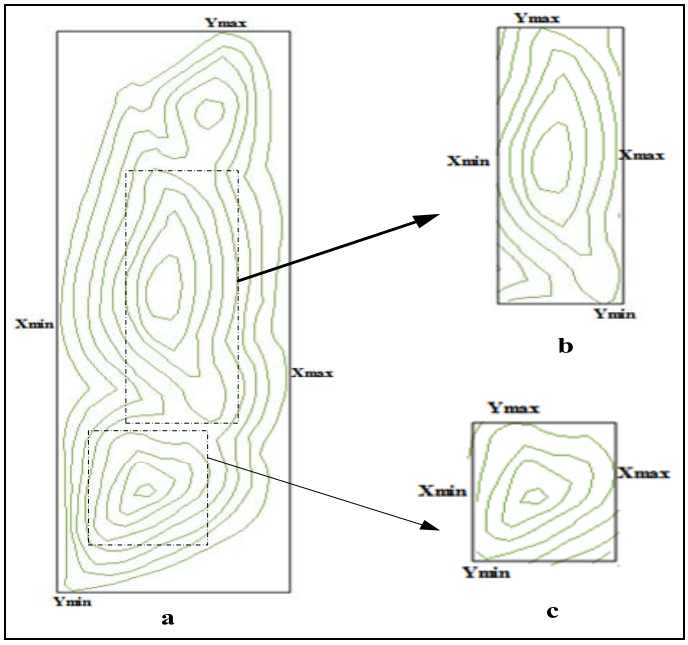
Output : Workload for each computer

```
1. Sort contour lines in ascending order   /* sort T.ContourLine[1..n] */
2. count = 1
3. for(i = 1 to Noc)
4.         {
5.         sum = T.ContourLine[count]
6.         T.Computer[count] = i
7.         count = count + 1
8.         while(count ≤ n)
9.             if((sum < load) or (T.ContourLine[count] = T.ContourLine [count-1]) {
10.                T.Computer[count] = i
11                 sum = sum + T.ContourLine[count]
12.                count = count + 1 }
13.            else  break
14.        }
```

*The Structure of table is T(ContourLine,x_{min},x_{max},y_{min},$y_{max,}$Computer)

3.4.2 วิธี Coordinate Partitioning Algorithm

เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง โดยใช้พิกัด x, y เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มพิกัดเดียวกัน จะแบ่งไปประมวลผลในเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายเครื่องเดียวกัน ดังรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-12 การแบ่งข้อมูลวิธี Coordinate Partitioning Algorithm

Algorithm : CPA(T[1..n], Noc, load)

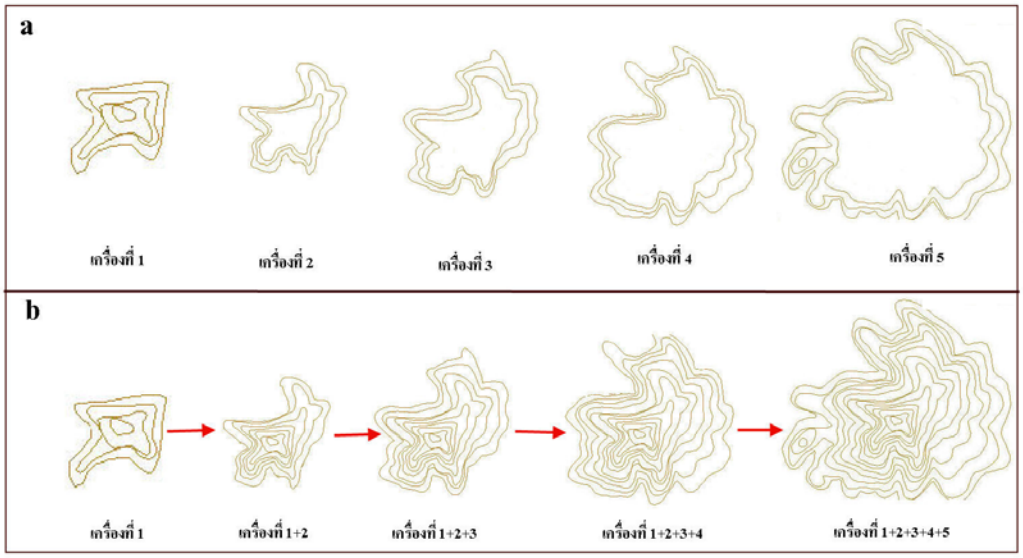
Input : Area of Data, Number of client computers, load

Output : Workload for each computer

1. Sort x_{min} and y_{min} in ascending order /* sort $T.x_{min}[1..n]$ and $T.y_{min}[1..n]$ */
2. Sort x_{max} and y_{max} in descending order /* sort $T.x_{max}[1..n]$ and $T.y_{max}[1..n]$ */
3. count = 1
4. for(i = 1 to Noc)
5. {
6. T.Computer[count] = i
7. sum = T.ContourLine[count]
8. count = count + 1
9. while (count $\leq$ n)
10. if (sum < load)
11. if ($T.x_{min}$[count] = $T.y_{min}$[count] = $T.x_{max}$[count] = $T.y_{max}$[count])
    or ($T.x_{min}$[count] = $T.y_{min}$[count] = $T.y_{max}$[count])
    or ($T.x_{min}$[count] = $T.y_{min}$[count])
    or ($T.x_{min}$[count] = $T.y_{max}$[count]) {
12. T.Computer[count] = i
13 sum = sum + T.ContourLine[count]
14. count = count + 1 }
15. else break
16. }

3.5 การออกแบบวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ

การออกแบบวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์แม่ข่ายเป็นตัวกลางในการรวมข้อมูลเชิงพื้นที่จากเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย วิธีการรวมข้อมูลภูมิ-สารสนเทศ เป็นการนำข้อมูลเชิงพื้นที่กลุ่มย่อยๆ ที่รับมาจากเครื่องลูกข่าย ทำการรวมข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นกลุ่มข้อมูลชุดเดียวกัน ใช้พิกัดของพื้นที่เป็นตัวกำหนดในการรวมข้อมูล โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายทำการอ่านข้อมูลขึ้นมาทีละพื้นที่ และรวมข้อมูลเชิงพื้นที่จนครบตามจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ดังรูปที่ 3-13



รูปที่ 3-13 วิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ

```
Algorithm : JoinData
Output : Area of Data
1. Read data of T.Computer[1] = Temp
2.      for(i = 2 to Noc)
3.      {
4.              Read data of T.Computer[i]
5.              Join (Temp, T.Computer[i])
6.      }
```

3.6 ปัจจัย และเวลาในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

เวลารวมในการประมวลผลข้อมูล สำหรับการประมวลผลแบบขนานได้มาจากเวลาในการแบ่งข้อมูล เวลาในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย เวลาในการประมวลผลข้อมูล และเวลาในการรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

3.6.1 ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ปัจจัยที่มีผลต่อเวลารวมในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ ได้แก่ ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ และปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ มีรายละเอียดดังนี้

1. ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

- จำนวนของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ที่ใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูล
- ข้อมูลเชิงพื้นที่ 4 เขต ที่ใช้สำหรับการแบ่งข้อมูล
- วิธีการแบ่งข้อมูล 2 วิธี ได้แก่ วิธี Tree Partitioning Algorithm หรือวิธี Coordinate Partitioning Algorithm

2. ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

- ขนาดของเขตข้อมูล ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความสูง
- อัตราการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

3. ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

- สมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ
- ขนาดของข้อมูล ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความสูง

4. ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ

- จำนวนของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ที่ใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ
- ขนาดของข้อมูล ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และความสูง

3.6.2 เวลาในการประมวลข้อมูล

ในส่วนของการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ เป็นการรวมเวลาทั้งหมดที่ใช้ในระบบ โดยแบ่งเวลาออกเป็น 5 ส่วน เวลาในการประมวลผลข้อมูลมีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

$$T_{total} = T_{par} + T_{com1} + T_{process} + T_{com2} + T_{join}$$

T_{total} คือ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในระบบ

T_{par} คือ เวลาในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

T_{com1} คือ เวลาในการส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และเครื่อง

คอมพิวเตอร์ลูกข่าย

$T_{process}$ คือ เวลาในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

T_{com2} คือ เวลาในการส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย และเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

T_{join} คือ เวลาในการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ

3.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

3.7.1 ฮาร์ดแวร์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย สำหรับแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ จำนวน 1 เครื่อง โดยมีสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่

Processer : Intel(R) Core(TM) 2 Duo CPU T8300 @ 2.40 GHz.

RAM : 2 GB

Hard Disk : 100 GB

System type : Microsoft Windows 7 Enterprise

2. เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายสำหรับการประมวลผลข้อมูล จำนวน 10 เครื่อง โดยมีสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 สมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

คอมพิวเตอร์เครื่องที่	OS	CPU	RAM (GB)	Hard disk (GB)
1	W7	Intel(R) Core(TM) 2 Duo CPU T8300 @ 2.40GHz.	2	100
2	XP	Intel(R) Core(TM) 2 CPU T55500 @ 1.66GHz.	1.5	60
3	XP	Intel(R) Pentium(R) D CPU 2.80 GHz.	1	60
4	XP	Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 2.60GHz.	1	60

คอมพิวเตอร์เครื่องที่	OS	CPU	RAM (GB)	Hard disk (GB)
5	XP	Intel(R) Core(TM) 2 Duo CPU E4600 @ 2.40GHz.	1	120
6	XP	Intel(R) Pentium(R) 4 CPU 3.06 GHz.	1	80
7	XP	Intel(R) Celeron(R) M CPU 420 @ 160GHz.	0.5	60
8	XP	Intel(R) Pentium(R) M Processor 1.60GHz.	0.75	60
9	XP	Intel(R) Core(TM) 2 CPU 6320 @ 1.86GHz.	0.5	80
10	XP	Intel(R) Pentium(R) Dual CPU E2200 @ 2.20GHz.	0.875	80

หมายเหตุ ในคอลัมน์ OS

XP = Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 2

W7 = Microsoft Windows 7 Enterprise

3.7.2 ซอฟต์แวร์

1. ระบบปฏิบัติการ : Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 2 หรือ Microsoft Windows 7 Enterprise

2. ซอฟต์แวร์สำหรับการพัฒนาระบบ

- ArcView 3.2a สำหรับใช้ในการแสดงข้อมูลในรูปของแผนที่ ในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ การประมวลผลข้อมูล และการรวมข้อมูลรวมภูมิสารสนเทศ โดยใช้ร่วมกับ Script Avenue และฟังก์ชันเสริมใน ArcView
- Script Avenue เป็นภาษาที่ใช้ในโปรแกรม ArcView 3.2a ซึ่งมีลักษณะการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ ใช้สำหรับพัฒนาวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ การประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยใช้ชุดฟังก์ชันเสริม ได้แก่

- Dialog Designer ใช้สำหรับการออกแบบหน้าจอสำหรับรับค่าข้อมูลจำนวนคอมพิวเตอร์ลูกข่าย รับค่าสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย เลือกเขตข้อมูลเชิงพื้นที่ และเลือกวิธีในการประมวลผลข้อมูล
- Coordinate Utility v.1.0 ใช้สำหรับการคำนวณค่าพิกัดของข้อมูลเชิงพื้นที่
- Split Shapefile v.1.4 ใช้สำหรับการแบ่งข้อมูลจากข้อมูลเชิงพื้นที่ 1 ชุด แบ่งออกเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ตามจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย
- 3D Analyst ใช้สำหรับการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง 100 เมตร เป็น Surface (TIN) และการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจาก Surface (TIN) เป็นข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง 10 เมตร
- MapJoin ใช้สำหรับการรวมข้อมูลเชิงพื้นที่หลายๆ พื้นที่เข้าเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ชุดเดียวกัน โดยใช้พิกัดบนข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นๆ ในการรวม

3. โปรแกรมสำหรับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

- โปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถใช้สื่อสารจากต้นทางข้ามเครือข่ายไปยังปลายทางได้ จะใช้โปรโตคอล TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ซึ่งมีอัตราเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลเป็น 100 Mb/s
- โปรแกรมสำหรับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย โดยใช้เทคโนโลยีของ Socket Programming เป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์หนึ่งไปสู่เครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งในระบบเครือข่าย

3.7.3 ข้อมูลทดสอบ

การทดสอบการประมวลผลข้อมูล การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน โดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูง จากเขตภูมิประเทศของประเทศไทยที่มีลักษณะแตกต่างกัน 4 เขต โดยการประมวลผลข้อมูลเป็นการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงจากเดิม 100 เมตร เป็น Surface (TIN) และการเปลี่ยนแปลงจาก Surface (TIN) เป็นข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงใหม่ 10 เมตร

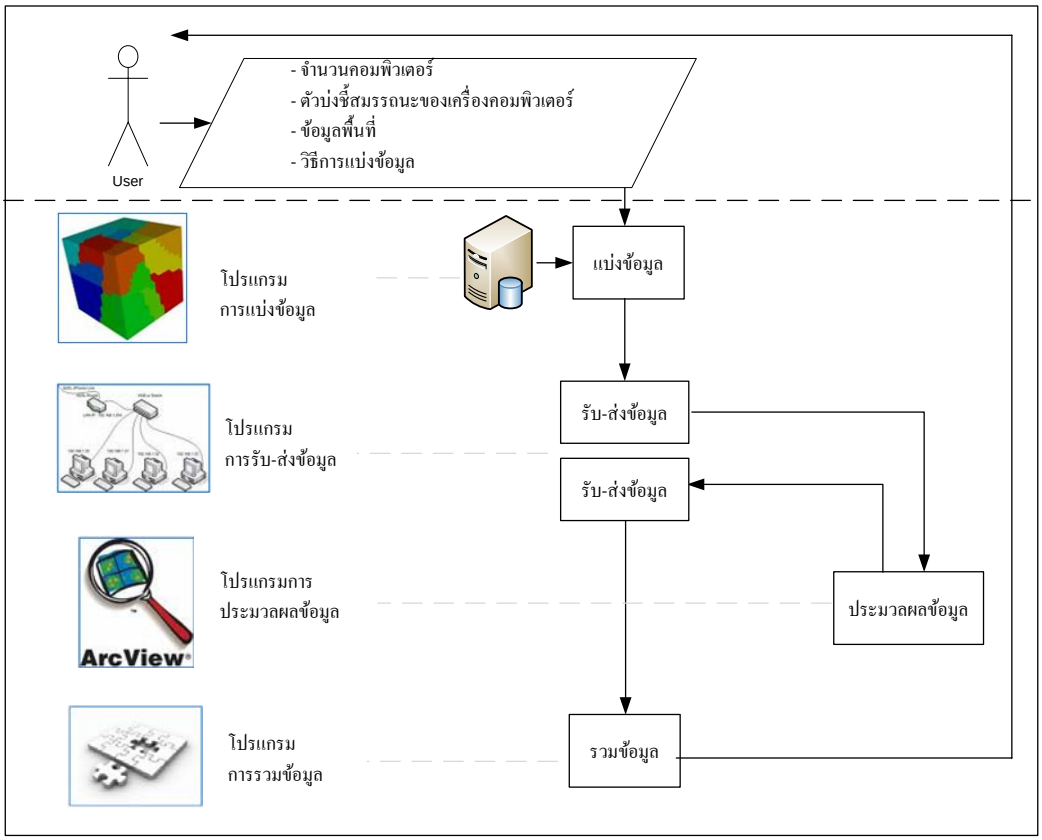
ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบวิธีการแบ่งข้อมูล เป็นข้อมูลที่สังเคราะห์แบ่งออกเป็น 4 เขตข้อมูล ซึ่งมีขนาดของพื้นที่ และรายละเอียดดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ขนาดของข้อมูลเชิงพื้นที่แต่เขตข้อมูล

ลักษณะภูมิประเทศ	ขนาดข้อมูลเชิงพื้นที่		
	กว้าง (เมตร)	ยาว (เมตร)	สูง (เมตร)
เขตภูเขา	152,971.69	267,973.62	25,000
เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา	152,971.69	267,973.62	20,000
เขตที่ราบสูง	152,971.69	267,973.62	5,000
เขตที่ราบ	152,971.69	267,973.62	3,000

3.7.4 กระบวนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในระบบ

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เห็นว่าโปรแกรมที่ใช้ในระบบมีส่วนหลักๆ 4 ส่วน ได้แก่ โปรแกรมการแบ่งข้อมูล โปรแกรมการรับ-ส่งข้อมูล โปรแกรมการประมวลผลข้อมูล และโปรแกรมการรวมข้อมูล ซึ่งมีลำดับกระบวนการในการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในระบบ ดังรูปที่ 3-14



รูปที่ 3-14 ลำดับกระบวนการในการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในระบบ

1. โปรแกรมการแบ่งข้อมูล เป็นการพัฒนาโดยโปรแกรม ArcView 3.2a และพัฒนาเครื่องมือโดยใช้ Script Avenue และฟังก์ชันเสริม ได้แก่ Dialog Designer, Coordinate Utility v.1.0 และ Split Shapefile v.1.4 ซึ่งการแบ่งข้อมูลเป็นการ รับความต้องการผู้ใช้งาน ได้แก่ จำนวนคอมพิวเตอร์ ข้อมูลเขตพื้นที่ และวิธีการแบ่งข้อมูล แล้วดำเนินการแบ่งข้อมูล สำหรับการประมวลผลแบบขนาน

2. โปรแกรมการรับ-ส่งข้อมูล เป็นโปรแกรมที่พัฒนาโดย Socket Programming ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย โดยเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายส่งข้อมูลที่ต้องการประมวลผลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย และเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายส่งข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลเรียบร้อยแล้วกลับมายังเครื่องคอมพิวเตอร์แม่-ข่าย

3. โปรแกรมการประมวลผลข้อมูล เป็นการพัฒนาโดยโปรแกรม ArcView 3.2a และพัฒนาเครื่องมือโดยใช้ Script Avenue และฟังก์ชันเสริม ได้แก่ 3D Analyst ในส่วนของการประมวลผลข้อมูล เป็นการประมวลผลข้อมูล 2 ส่วนได้แก่ การเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง 100 เมตร เป็น Surface (TIN) และการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจาก Surface (TIN) เป็นเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง 10 เมตร

4. โปรแกรมการรวมข้อมูล เป็นการพัฒนาโดยโปรแกรม ArcView 3.2a และพัฒนาเครื่องมือโดยใช้ Script Avenue และฟังก์ชันเสริม ได้แก่ MapJoin โดยการรวมข้อมูล เป็นการรับข้อมูลมาจาเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายเมื่อสิ้นสุดประมวลผลข้อมูล แล้วทำการรวมข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายทั้งหมด เพื่อส่งกลับไปยังผู้ใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

สำหรับในบทที่ 4 เป็นการนำเสนอผลการวิจัยและการอภิปรายผล ซึ่งในส่วนนี้ได้กล่าวถึง ผลการประมวลข้อมูลสารสนเทศที่มีลักษณะแตกต่างกัน 4 เขตข้อมูล ได้แก่ เขตภูเขา เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา เขตที่ราบสูง และเขตที่ราบ โดยใช้วิธีการแบ่งข้อมูล 2 วิธี ได้แก่ Tree Partitioning Algorithm ซึ่งเป็นวิธีการแบ่งข้อมูลโดยใช้กลุ่มเส้นชั้นความสูงเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง และ Coordinate Partitioning Algorithm ซึ่งเป็นวิธีการแบ่งข้อมูลโดยใช้พื้นที่เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล โดยรวมทั้งสรุปผลการทดสอบการแบ่งข้อมูล รวมทั้งข้อดี และข้อเสียของการแบ่งข้อมูลทั้ง 2 วิธี ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

4.1.1 ผลการประมวลผลข้อมูล วิธี Tree Partitioning Algorithm

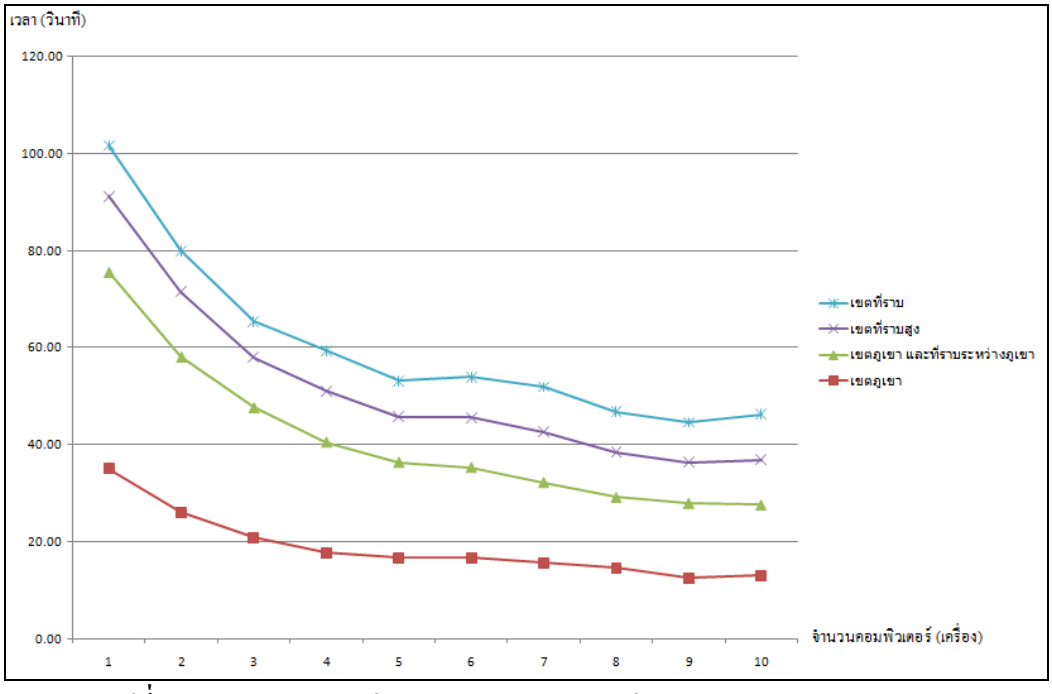
การประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ วิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูงโดยใช้วิธี Tree Partitioning Algorithm โดยใช้กลุ่มของเส้นชั้นความสูง เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล หากค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงเท่ากัน วิธีนี้จะส่งข้อมูลไปประมวลผลในเครื่องเดียวกันเท่านั้น โดยมีผลรวมของเวลาในการประมวลผล ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลรวมของเวลาในการประมวลผลวิธี Tree Partitioning Algorithm (วินาที)

ลักษณะภูมิประเทศ / จำนวนคอมพิวเตอร์ (เครื่อง)	เขตภูเขา	เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา	เขตที่ราบสูง	เขตที่ราบ
1	35.05	40.43	15.64	10.51
2	26.01	32.03	13.44	8.45

ลักษณะภูมิประเทศ / จำนวนคอมพิวเตอร์ (เครื่อง)	เขตภูเขา	เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา	เขตที่ราบสูง	เขตที่ราบ
3	20.82	26.78	10.29	7.43
4	17.73	22.77	10.48	8.35
5	16.65	19.71	9.28	7.41
6	16.60	18.69	10.25	8.38
7	15.63	16.58	10.38	9.30
8	14.54	14.55	9.37	8.30
9	12.45	15.44	8.39	8.31
10	12.97	14.56	9.32	9.36

สีแดง คือ เวลาในการประมวลผลที่น้อยที่สุด



รูปที่ 4-1 กราฟแสดงเวลาในการประมวลผลของวิธี Tree Partitioning Algorithm

ผลการประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ 4 เขต โดยใช้วิธีการแบ่งข้อมูลแบบ Tree Partitioning Algorithm และคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลจำนวน 10 เครื่องที่มีสมรรถนะแตกต่างกัน ได้ผลการประมวลผลดังตารางที่ 4-1 ซึ่งจะเห็นว่าเวลารวมของการประมวลผลมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะเขตข้อมูล และจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

จากรูปที่ 4-1 กราฟแสดงเวลาในการประมวลผลของวิธี Tree Partitioning Algorithm ซึ่งในส่วนนี้จะเห็นว่าการเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์ลูกข่ายมีผลทำให้เวลาในการประมวลผลลดลง และความเหมาะสมของจำนวนของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลของพื้นที่แต่ละเขต ดังนี้

1. พื้นที่เขตภูเขา เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา และเขตที่ราบสูง มีความเหมาะสมที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ในการประมวลผลแบบขนานจำนวน 5 เครื่อง เนื่องจากเมื่อนำคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวนมากกว่า 5 เครื่องมาร่วมกันประมวลผล ทำให้ลดเวลาในการประมวลผลไม่เกิน 10%

2. พื้นที่เขตที่ราบ มีความเหมาะสมที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ในการประมวลผลแบบขนานจำนวน 3 เครื่อง เนื่องจากเมื่อนำคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวนมากกว่า 3 เครื่องมาร่วมกันประมวลผลทำให้ลดเวลาในการประมวลผลไม่เกิน 10%

4.1.2 ผลการประมวลผลข้อมูล วิธี Coordinate Partitioning Algorithm

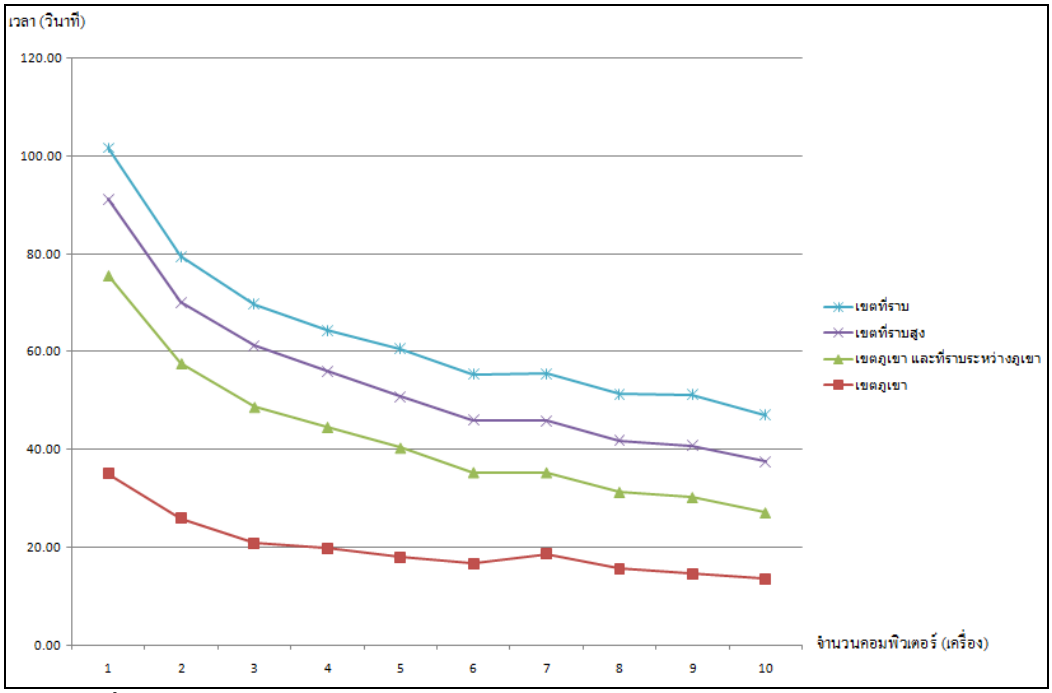
การประมวลผลข้อมูล เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง โดยใช้พิกัด x, y เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มพิกัดเดียวกัน จะแบ่งไปประมวลผลในเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายเดียวกัน โดยมีผลรวมของเวลาในการประมวลผล ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลรวมของเวลาในการประมวลผลวิธี Coordinate Partitioning Algorithm (วินาที)

ลักษณะภูมิประเทศ / (เครื่อง) จำนวนคอมพิวเตอร์	เขตภูเขา	เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา	เขตที่ราบสูง	เขตที่ราบ
1	35.05	40.43	15.64	10.51
2	25.91	31.65	12.45	9.39
3	20.79	27.86	12.58	8.38

ลักษณะภูมิประเทศ / (เครื่อง) จำนวนคอมพิวเตอร์	เขตภูเขา	เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา	เขตที่ราบสูง	เขตที่ราบ
4	19.82	24.75	11.40	8.34
5	17.93	22.37	10.42	9.77
6	16.66	18.68	10.60	9.37
7	18.66	16.62	10.49	9.71
8	15.61	15.69	10.53	9.42
9	14.55	15.67	10.54	10.37
10	13.53	13.55	10.39	9.48

สีแดง คือ เวลาในการประมวลผลที่น้อยที่สุด



รูปที่ 4-2 กราฟแสดงเวลาในการประมวลผลของวิธี Coordinate Partitioning Algorithm

ผลการประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ 4 เขต โดยใช้วิธีการแบ่งข้อมูลวิธี Coordinate Partitioning Algorithm และคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลจำนวน 10 เครื่องที่มีสมรรถนะแตกต่างกัน ได้ผลการประมวลผลดังตารางที่ 4-2 ซึ่งจะเห็นว่าเวลารวมของการประมวลผลมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะเขตข้อมูล และจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

จากรูปที่ 4-2 กราฟแสดงเวลาในการประมวลผลของวิธี Coordinate Partitioning Algorithm ซึ่งในส่วนนี้จะเห็นว่าการเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์ลูกข่ายมีผลทำให้เวลาในการประมวลผลลดลง และความเหมาะสมของจำนวนของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลของพื้นที่แต่ละเขต ดังนี้

1. พื้นที่เขตภูเขา เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา และเขตที่ราบสูง มีความเหมาะสมที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ในการประมวลผลแบบขนานจำนวน 6 เครื่อง เนื่องจากเมื่อนำคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวนมากกว่า 6 เครื่องมาร่วมกันประมวลผลทำให้ลดเวลาในการประมวลผลไม่เกิน 10%

2. เขตที่ราบ มีความเหมาะสมที่ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ในการประมวลผลแบบขนานจำนวน 3 เครื่อง เนื่องจากเมื่อนำคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวนมากกว่า 3 เครื่องมาร่วมกันประมวลผลทำให้ลดเวลาในการประมวลผลไม่เกิน 10%

4.2 สรุปผลการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

จากการประมวลข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีลักษณะข้อมูล 4 เขตที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธีการแบ่งข้อมูลที่แตกต่างกัน 2 วิธี ได้แก่ วิธี Tree Partitioning Algorithm และวิธี Coordinate Partitioning Algorithm ทำให้เวลาในการประมวลผลข้อมูลมีความแตกต่างกันด้วย ซึ่งจากการทดสอบการประมวลผลสามารถสรุปผลได้จากตารางที่ 4-1 และตารางที่ 4-2 โดยการเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลที่น้อยที่สุดของวิธีการแบ่งข้อมูล และลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการแบ่งข้อมูล ซึ่งจะกล่าวได้ว่า วิธีการแบ่งข้อมูล และลักษณะข้อมูลที่แตกต่างกันทำให้เวลาในการประมวลแตกต่างกันด้วย ดังแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

วิธีการ / ลักษณะภูมิประเทศ	วิธี Tree Partitioning Algorithm	วิธี Coordinate Partitioning Algorithm
เขตภูเขา	✓	-
เขตภูเขา และที่ราบระหว่างภูเขา	-	✓
เขตที่ราบสูง	✓	-
เขตที่ราบ	✓	-

หมายเหตุ ✓ คือ วิธีการที่เหมาะสม

จากตารางแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยใช้วิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ 2 วิธี ได้แก่ วิธี Tree Partitioning Algorithm และวิธี Coordinate Partitioning Algorithm ลักษณะภูมิประเทศในการประมวลผล 4 เขต ได้แก่ เขตภูเขา เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา เขตที่ราบสูง และเขตที่ราบ และจำนวนคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่มีสมรรถนะแตกต่างกันจำนวน 10 เครื่องในการประมวลผล จะเห็นว่าการเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์ลูกข่ายช่วยลดเวลาในการประมวลผล โดยวิธี Tree Partitioning Algorithm ใช้ความต่างของเส้นชั้นความสูงเป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล เหมาะสำหรับลักษณะภูมิประเทศแบบเขตภูเขา เขตที่ราบสูง และเขตที่ราบ และวิธี Coordinate Partitioning Algorithm ใช้กลุ่มพิกัดเป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล เหมาะสำหรับลักษณะภูมิประเทศแบบเขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

สำหรับความเหมาะสมของการประมวลผลข้อมูลแต่ละพื้นที่ ขึ้นอยู่กับจำนวนคอมพิวเตอร์และลักษณะเขตข้อมูลของพื้นที่นั้นๆ

4.2.1 สรุปผลการแบ่งข้อมูล วิธี Tree Partitioning Algorithm

วิธีการแบ่งข้อมูลแบบ Tree Partitioning Algorithm เป็นวิธีที่ใช้ความต่างของเส้นชั้นความสูงเป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล สามารถสรุปได้ดังนี้

ข้อดี

1. เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลภูมิประเทศที่มีเนินภูเขาเดียวกัน เป็นระดับความสูงขึ้นเรื่อยๆ เช่น ภูเขาที่มีลักษณะแบบเทือกเขาที่มีทิวเขาที่เป็นแนวเดียวกัน เป็นต้น

2. เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงแตกต่างกันน้อย เช่น ลักษณะข้อมูลแบบที่ราบ

3. เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีปริมาณน้อย

ข้อเสีย

1. เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ที่ไม่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะที่มีความชันมาก เช่น ลักษณะพื้นที่แบบหน้าผา เพราะวิธีการนี้เป็นการแบ่งข้อมูลไปประมวลผลเพียงเครื่องเดียว ทำให้ภาระงานตกอยู่ในเครื่องใดเครื่องหนึ่งมีปริมาณมาก

2. เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ที่ไม่เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะเป็นภูเขาหลายลูก เนื่องจากวิธีการนี้จะกำหนดค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง ทำให้แบ่งข้อมูลของภูเขาทุกลูก เมื่อนำไปประมวลผลจะใช้เวลานาน

4.2.2 สรุปผลการแบ่งข้อมูล วิธี Coordinate Partitioning Algorithm

วิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศแบบ Coordinate Partitioning Algorithm เป็นการแบ่งข้อมูลโดยใช้กลุ่มพิกัดเป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล สามารถสรุปได้ดังนี้

ข้อดี

1. เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่เป็นลักษณะภูเขาสูงชันหลายลูก เนื่องจากวิธีนี้เป็นการแบ่งข้อมูลภายใต้กลุ่มพิกัดเดียวกันไปประมวลผลในเครื่องเดียวกัน เช่น ข้อมูลลักษณะเขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา เป็นต้น

2. เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีจำนวนมาก และความถี่ของความต่างของเส้นชั้นความสูง

ข้อเสีย

1. เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศที่มีความซับซ้อน เนื่องจากการใช้พื้นที่โดยมีพิกัด x, y เป็นส่วนในการแบ่งข้อมูล ซึ่งต้องมีการตรวจสอบข้อมูลที่มีความซับซ้อน

2. ถ้าข้อมูลเส้นชั้นความสูงมีจำนวนมาก จะทำให้การแบ่งข้อมูลใช้เวลานาน

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สำหรับในบทนี้เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะของผลการทำวิทยานิพนธ์ โดยกล่าวถึง สรุปผลในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลแบบขนาน อุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ และสุดท้ายกล่าวถึงข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ครั้งต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน โดยการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะแตกต่างกัน มาเชื่อมต่อกันเพื่อช่วยในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ ในส่วนของการออกแบบวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และวิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ ซึ่งมีสถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ ผู้ใช้ เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย และข้อมูล ในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจะจัดสรรข้อมูลเพื่อส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายดำเนินการประมวลผลข้อมูล โดยที่เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ร่วมกันประมวลผลข้อมูลมีสมรรถนะที่แตกต่างกัน ดังนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายต้องจัดสรรข้อมูลภูมิสารสนเทศตามสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายแต่ละเครื่อง และเครื่องแม่ข่ายต้องดำเนินการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ เมื่อเครื่องลูกข่ายสิ้นสุดการประมวลผล ข้อดีของการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ และการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ คือ ลดเวลาในการประมวลข้อมูลที่มีปริมาณมาก และให้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายสามารถประมวลผลข้อมูลได้เต็มศักยภาพของตัวเอง

สำหรับผลของการพัฒนาวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน ประกอบด้วยขั้นตอนวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยมีวิธีการแบ่งข้อมูล 2 วิธี ได้แก่ วิธี Tree Partitioning Algorithm เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลโดยใช้ค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงเป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล ข้อดี คือ เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงที่มีความถี่น้อย ข้อเสีย คือ ไม่เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีความชันมาก เพราะการแบ่งข้อมูลวิธีนี้จะแบ่งข้อมูลไปประมวลผลในเครื่องคอมพิวเตอร์เดียวกัน และวิธี Coordinate Partitioning Algorithm เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลโดยใช้กลุ่มพื้นที่เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล ข้อดี คือ เหมาะสำหรับข้อมูลที่มีลักษณะเขตภูเขามีความสูงชัน ค่าความต่างของเส้นชั้นความสูงมีความถี่มาก ข้อเสีย มีความซับซ้อนในการกระบวนการแบ่งข้อมูล

วิธีการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลผลแบบขนาน เป็นวิธีการที่ใช้ค่าพิกัดของพื้นที่เป็นการระบุตำแหน่งในพื้นที่ในการรวมข้อมูล โดยเวลาในการรวมข้อมูลขึ้นอยู่กับจำนวนคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ใช้ในการประมวลผลร่วมกัน

เวลารวมในการประมวลผลของระบบ ขึ้นอยู่กับ เวลาในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ เวลาในการรับ-ส่งระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย เวลาในการประมวลผล และเวลาในการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ ซึ่งในแต่ละส่วนก็มีปัจจัยทำให้เวลามีความแตกต่างกัน สามารถสรุปผลเวลารวมในการประมวลผลของระบบได้ดังต่อไปนี้

- การแบ่งข้อมูลโดยใช้วิธี Tree Partitioning Algorithm สามารถสรุปผลการทดลองได้ ดังต่อไปนี้

  - เขตภูเขา เหมาะสำหรับการประมวลผลข้อมูล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวน 5 เครื่อง เวลาที่น้อยที่สุดในการประมวลผลเท่ากับ 12.45 วินาที และลดเวลาในการประมวลผลคิดเป็น 2.82 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการประมวลผลเพียง 1 เครื่อง ที่ใช้เวลา 35.05 วินาที

  - เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา เหมาะสำหรับการประมวลผลข้อมูลโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวน 5 เครื่อง และเวลาที่น้อยที่สุดในการประมวลผลเท่ากับ 14.55 วินาที และลดเวลาในการประมวลผลคิดเป็น 2.78 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการประมวลผลเพียง 1 เครื่อง ที่ใช้เวลา 40.43วินาที

O เขตที่ราบสูง เหมาะสำหรับการประมวลผลข้อมูล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวน 5 เครื่อง และเวลาที่น้อยที่สุดในการประมวลผลเท่ากับ 8.39 วินาที และลดเวลาในการประมวลผลคิดเป็น 1.86 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการประมวลผลเพียง 1 เครื่อง ที่ใช้เวลา 15.64 วินาที

O เขตที่ราบ เหมาะสำหรับการประมวลผลข้อมูล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวน 3 เครื่อง และเวลาที่น้อยที่สุดในการประมวลผลเท่ากับ 7.41 วินาที และลดเวลาในการประมวลผลคิดเป็น 1.42 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการประมวลผลเพียง 1 เครื่อง ที่ใช้เวลา 10.51 วินาที

- การแบ่งข้อมูลโดยใช้วิธี Coordinate Partitioning Algorithm สามารถสรุปผลการทดลองได้ ดังต่อไปนี้

O เขตภูเขา เหมาะสำหรับการประมวลผลข้อมูล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวน 6 เครื่อง และเวลาที่น้อยที่สุดในการประมวลผลเท่ากับ 13.53 วินาที และลดเวลาในการประมวลผลคิดเป็น 2.59 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการประมวลผลเพียง 1 เครื่อง ที่ใช้เวลา 35.05 วินาที

O เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา เหมาะสำหรับการประมวลผลข้อมูล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวน 8 เครื่อง และเวลาที่น้อยที่สุดในการประมวลผลเท่ากับ 13.55 วินาที และลดเวลาในการประมวลผลคิดเป็น 2.98 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการประมวลผลเพียง 1 เครื่อง ที่ใช้เวลา 40.43 วินาที

O เขตที่ราบสูง เหมาะสำหรับการประมวลผลข้อมูล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวน 6 เครื่อง และเวลาที่น้อยที่สุดในการประมวลผลเท่ากับ 10.39 วินาที และลดเวลาในการประมวลผลคิดเป็น 1.50 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการประมวลผลเพียง 1 เครื่อง ที่ใช้เวลา 15.64 วินาที

O เขตที่ราบ เหมาะสำหรับการประมวลผลข้อมูล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายจำนวน 3 เครื่อง และเวลาที่น้อยที่สุดในการประมวลผลเท่ากับ 8.34 วินาที และลดเวลาในการประมวลผลคิดเป็น 1.26 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการประมวลผลเพียง 1 เครื่อง ที่ใช้เวลา 10.51 วินาที

จากที่กล่าวมาข้างต้น เห็นว่าวิธีการ Tree Partitioning Algorithm เหมาะสำหรับข้อมูลเขตภูเขา เขตที่ราบสูง และเขตที่ราบ และวิธี Coordinate Partitioning Algorithm เหมาะสำหรับข้อมูลเขตภูเขาและที่ราบสูง

5.2 อุปสรรคและปัญหา

1. วิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ เป็นวิธีการที่มีลักษณะเฉพาะ ทั้งลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่ และเครื่องมือในการดำเนินการ ซึ่งผู้วิจัยไม่มีความรู้ในด้านนี้มาก่อน ทำให้ต้องใช้เวลานานในการศึกษาและทำความเข้าใจ

2. ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ เป็นข้อมูลเส้นชั้นความสูง ซึ่งกระบวนการในการแบ่งข้อมูลต้องคำนึงถึงความถูกต้องของข้อมูลเมื่อผ่านกระบวนการในการประมวลผล ซึ่งเป็นการประมวลผลโดยใช้ลักษณะข้อมูลแบบ Object-based Partitioning

3. ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ เป็นข้อมูลที่สังเคราะห์ขึ้น สำหรับเป็นตัวแทนของข้อมูลแต่ละเขตพื้นที่ จึงทำให้ลักษณะข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลจริง เช่น รอยหยักของเส้นชั้นความสูง ความชัน ลักษณะพื้นผิว เป็นต้น

4. การพัฒนาวิธีการแบ่งข้อมูลโดยใช้โปรแกรม ArcView 3.2a และ Script Avenue ซึ่งในส่วนของ Script Avenue ไม่เป็นที่นิยมทำให้วิธีการเขียนคำสั่ง หรือเอกสารในการศึกษาค้นคว้ามีจำนวนน้อย และกระบวนการในการพัฒนาก็มีความซับซ้อน

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับวิจัยครั้งต่อไป

1. ข้อมูลที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์นี้เป็นข้อมูลที่สังเคราะห์ขึ้น เพื่อใช้ในการทดสอบวิธีการแบ่งข้อมูล และรวมข้อมูล เป็นข้อมูลสังเคราะห์ เพื่อให้เห็นจุดเด่น จุดด้อยของขั้นตอนวิธีที่ออกแบบ อย่างไรก็ตาม ถ้าต้องการประยุกต์ใช้กับข้อมูลเชิงพื้นที่จริง ต้องทำการคัดเลือกพื้นที่ ที่จะมาทดสอบให้เหมาะสมกับเขตข้อมูล และต้องมั่นใจว่าข้อมูลเส้นชั้นความสูงมีความถูกต้อง และสมบูรณ์

2. ข้อมูลที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยได้กล่าวถึงข้อมูล 4 เขต ได้แก่ เขตภูเขา เขตภูเขาและที่ราบสูง เขตที่ราบสูง และเขตที่ราบ ซึ่งลักษณะจริงอาจมีลักษณะข้อมูลที่แตกต่างมากกว่านี้ ซึ่งลักษณะข้อมูลดังกล่าวมีผลต่อกระบวนการแบ่งข้อมูล

3. วิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง มีปัจจัยหลายส่วนที่มีผลต่อการแบ่งข้อมูล ได้แก่ ลักษณะเส้นชั้นความสูงที่มีความชันชิดกันมากเป็นหน้าผา ความลาดชันไม่สม่ำเสมอ และลักษณะพื้นที่ราบเรียบ เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้เวลาในการประมวลผลใช้เวลาแตกต่าง ซึ่งหากต้องการนำข้อมูลที่มีปัจจัยดังกล่าว ต้องมีการคำนึงถึงเวลาในการประมวลผลในเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายด้วย

4. ระบบควรดำเนินการให้เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายสอบถามสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย และแบ่งภาระงานตามสภาพแวดล้อมของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่เป็นจริง แทนการให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

5. ควรดำเนินการให้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย สามารถประมวลผลข้อมูลได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งผู้ใช้ไม่ต้องดำเนินการประมวลผลข้อมูลด้วยตนเอง

เอกสารอ้างอิง

[1] สวรรค์ใจ กลิ่นดาว. 2542. “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: หลักการเบื้องต้น”. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

[2] ธีรณี อจลากุล, ราชวิชช์ สโรชวิกสิต. 2551. “เทคโนโลยีการประมวลผลแบบขนาน และแบบกระจาย”. บริษัท สำนักพิมพ์ท้อป จำกัด, กรุงเทพฯ.

[3] Erik L. Retersen, Niels G. Mortensen, Lars Landberg, Jorgen hojstrup and Helmut P.Frank. 1997. “Wind Power Meteorology”. Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark December 1997

[4] Terence M. Cronin . 2003. “Visualizing concave and convex partitioning of 2D contours”. Patten Recognition Letters 24 (2003), March. 18, 2002, pp. 429-443

[5] Hamish Carr, Jack Snoeyink, and Michiel van de Panne. 2004. “Contour Tree Simplification With Local Geometric Measures”. 14th Annual Fall Workshop on Computational Geometry, Nov 19-20, 2004, MIT.

[6] Meng Ling Kui, Huang Changqing, Zhao Chunyu. 2007. “An Improved Hilbert Curve for Parallel Spatial Data Partitioning”. Geo-spatial Information Science 10(4), December 2007. pp 282-286

[7] Xiao Fang Zhou, David J. Abel, David Truffet. 1998. “Data Partitioning for Parallel Spatial Join Processing”. Kluwer Academic Publishers, Boston. Manufactured in The Netherlands, GeoInformatica 2:2. 1998

[8] บานเย็น แซ่หลี. 2549. “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แผนที่ภาษีและทะเบียนทรัพย์สินขององค์การบริหารส่วนตำบล”. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

[9] อุทัย สุขสิงห์. 2547. “การจัดการระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ด้วยโปรแกรม ArcView 3.2a-3.3”. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

[10] สุเพชร จิรขจรกุล. 2553. “เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศ ด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1”. ปทุมธานี: ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

[11] ศูนย์วิจัยภูมิศาสตร์ เพื่อทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมของประเทศ. http://www.gisthai.org/ [Available online มกราคม, 2553]

[12] ArcView. http://www.esri.com/software/arcview/index.html. [Available online มกราคม, 2553]

[13] ArcInfo. http://www.esri.com/software/arcgis/arcinfo/index.html. [Available online มกราคม, 2553]

[14] Quantum GIS. http://www.qgis.org/. [Available online มกราคม, 2553]

[15] Spatial Oracle. http://www.oracle.com/technology/products/spatial/index.html. [Available online มกราคม, 2553]

[16] MA4W. http://www.maptools.org/ms4w/. [Available online มกราคม, 2553]

[17] PostgreSQL. http://www.postgresql.org/. [Available online มกราคม, 2553]

[18] องค์ประกอบของระบบสารสเทศ. http://202.28.94.55/web/322103/2551/work1/g139/nick2.html [Available online มกราคม, 2553]

[19] Mapwindows GIS. http://www.mapwindow.org/. [Available online มกราคม, 2553]

[20] ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ และระบบพิกัดกริด UTM. http://www.rmutphysics.com/sciencefac/artic/map/map.htm [Available online สิงหาคม, 2551]

[21] เส้นชั้นความสูง. http://resgat.net/contour/democon.htm. [Available online มกราคม, 2553]

[22] An ESRI White Paper. 1998. “ESRI Shapefile Technical Description. Environmental System Research Institute, Inc”. http://www.esri.com/library/whilepaper/fdfs/shapefile.pdf. [Available online สิงหาคม, 2551]

[23] http://www.99bayresort.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=139126&Ntype=5 [Available online มกราคม, 2553]

[24] ลักษณะเส้นชั้นความสูง. http://survey.werthai.com/contouring.htm. [Available online มกราคม, 2553]

[25] http://www.thedigitalmap.com/EasyDEM/ejemplo_en. [Available online มกราคม, 2553]

[26] เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ http://pirun.ku.ac.th/~cpcntp/douc/GIS_3000_1305.htm. [Available online ธันวาคม, 2552]

[27] ศุภศิษฏ์ กาจกำแหง และภุชงค์ อุทโยภาศ.การประยุกต์ใช้เทคนิคมัลติเทรดและเว็บเซอร์วิส ในการพัฒนาโปรแกรมแบบขนาน .สืบค้นเมื่อวันที่ 10 สิงหาคม 2551

[28] http://www.vcharkarn.com/. [Available online มกราคม, 2553]

[29] Grid Computing: เทคโนโลยี IT ของโลกอนาคต. http://www.vcharkarn.com/include/vcafe/showkratoo.php?Pid=40307. [Available online ธันวาคม, 2552]

[30] เทคโนโลยีการประมวลผลแบบกระจาย. http://www.vcharkarn.com/vblog/34994 distributed computing. [Available online ธันวาคม, 2552]

[31] ลักษณะการแบ่งข้อมูล ของการประมวลผลแบบขนาน. http://www.naccq.ac.nz/bacit/0203/2004Caukill_OffPeakGrid.htm. [Available online สิงหาคม, 2551]

[32] มาตรฐานของการแบ่งข้อมูล. http://www.resample.com/xlminer/help/Partition/Partition.htm. [Available online สิงหาคม, 2551]

[33] Socket Programming. http://cpe.kmutt.ac.th/previousproject/2006/30/index_files/Page394.htm. [Available online ธันวาคม, 2552]

[34] Socket Programming Tutorial. http://www.slideshare.net/jignesh/socket-programming-tutorial. [Available online ธันวาคม, 2552]

[35] ลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทย. http://www.baanmaha.com/community. [Available online ตุลาคม, 2552]

[36] http://www.gisthai.org/research/flood_pasak/images/thairiver/thai_river.html. [Available online กุมภาพันธ์, 2553]

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างขั้นตอนการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

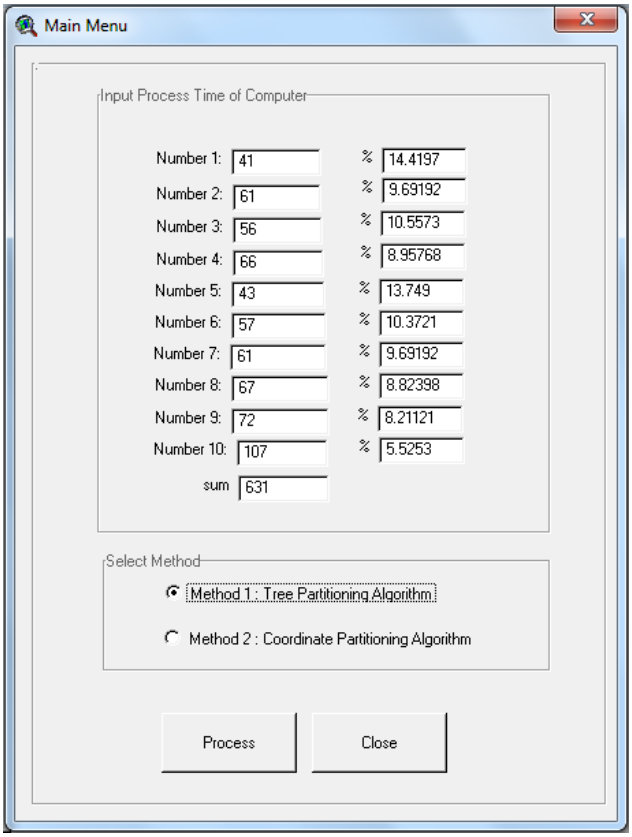
สำหรับการประมวลผลแบบขนาน

ภาคผนวก ก: ตัวอย่างขั้นตอนการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน

เป็นตัวอย่างขั้นตอนการทำงานทั้งระบบ ได้แก่ การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายกับเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย การประมวลผลข้อมูล รวมทั้งการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ ซึ่งมีกระบวนการทำงาน ดังต่อไปนี้

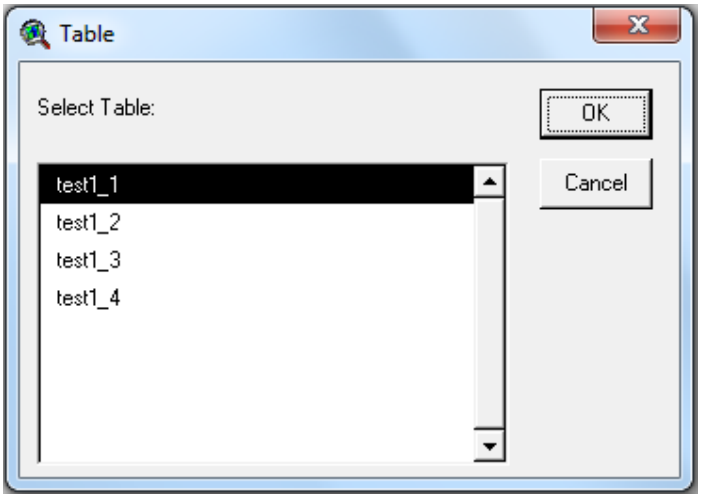
1. การแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ตามตัวชี้วัดสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

ในส่วนนี้เป็นการทำงานในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย โดยผู้ใช้ต้องระบุสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ต้องการนำมาประมวลผลในช่อง Number ตามจำนวนของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ระบบจะแสดงเปอร์เซ็นต์ของภาระงานที่ได้รับการจัดสรร และเลือกวิธีการแบ่งข้อมูลจาก 2 วิธี ได้แก่ วิธี Tree Partitioning Algorithm และวิธี Coordinate Partitioning Algorithm ดังรูปที่ ก-1



รูปที่ ก-1 หน้าจอหลักการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ผู้ใช้ เลือกเขตพื้นที่ในการแบ่งข้อมูล ดังรูปที่ ก-2 ในส่วนนี้เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และดำเนินการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยการจัดสรรข้อมูลตามสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ดังรูปที่ ก-3 และแสดงเวลาในการแบ่งข้อมูลภูมิศาสตร์ดังรูปที่ ก-4

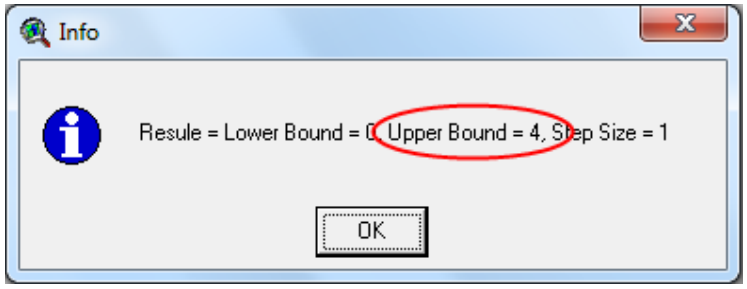


รูปที่ ก-2 หน้าจอเลือกเขตข้อมูลเชิงพื้นที่

Attributes of Test1-1.shp

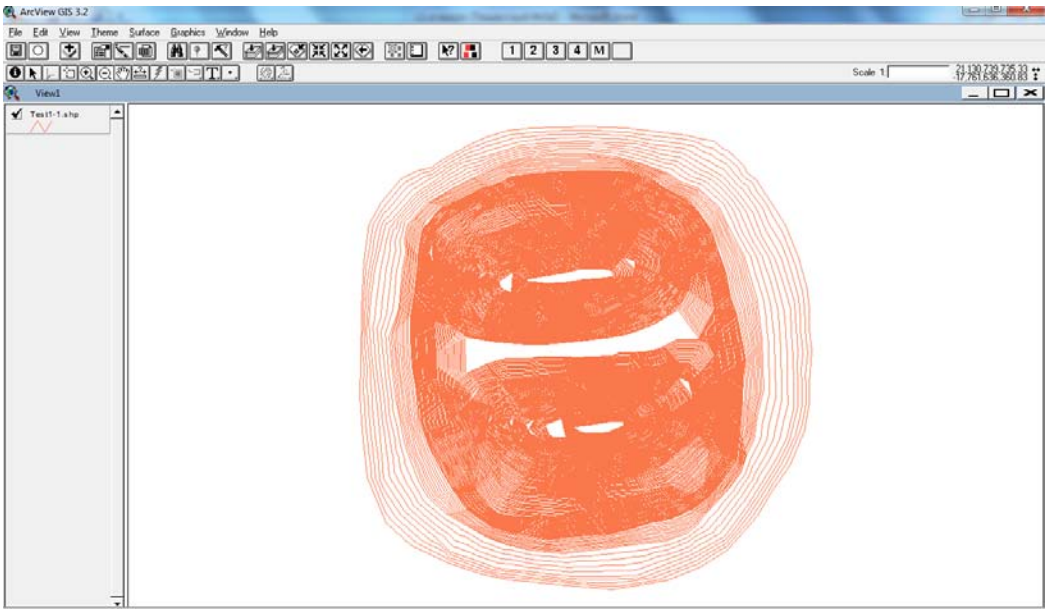
Shape	Id	Contour	Pxmin	Pymin	Pxmax	Pymax	Number1	Number2
PolyLine	130	10000	-27936462308	-903046235.2	18290973181.	23567110344.	3	2
PolyLine	131	10000	-23270312716	-31450048794	23119895432.	-8444846156.	3	1
PolyLine	132	10100	-27860501733	-827085660.4	18220438361.	23469446748.	3	2
PolyLine	133	10100	-23150946099	-31352385198	23043934858.	-8553361263.	3	1
PolyLine	134	10200	-27784541158	-751125085.7	18149903542.	23371783152.	4	2
PolyLine	135	10200	-23031579481	-31254721602	22967974283.	-8661876370.	4	1
PolyLine	136	10300	-27708580584	-675164510.9	18079368722.	23274119555.	4	2
PolyLine	137	10300	-22912212864	-31157058006	22892013708.	-8770391476.	4	1
PolyLine	138	10400	-27632620009	-599203936.2	18008833903.	23176455959.	4	2
PolyLine	139	10400	-22792846246	-31059394410	22816053133.	-8878906583.	4	1
PolyLine	140	10500	-27556659434	-523243361.4	17938299084.	23078792363.	4	2
PolyLine	141	10500	-22673479629	-30961730813	22740092559.	-8987421690.	4	1
PolyLine	142	10600	-27480698859	-447282786.7	17867764264.	22981128767.	4	2
PolyLine	143	10600	-22554113011	-30864067217	22664131984.	-9095936797.	4	1
PolyLine	144	10700	-27404738285	-371322211.9	17797229445.	22883465171.	4	2

รูปที่ ก-3 ข้อมูลที่ได้จัดสรรจากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

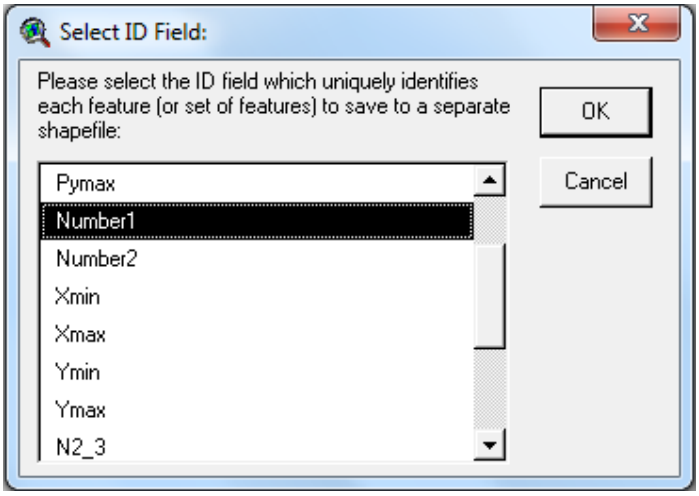


รูปที่ ก-4 เวลาในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

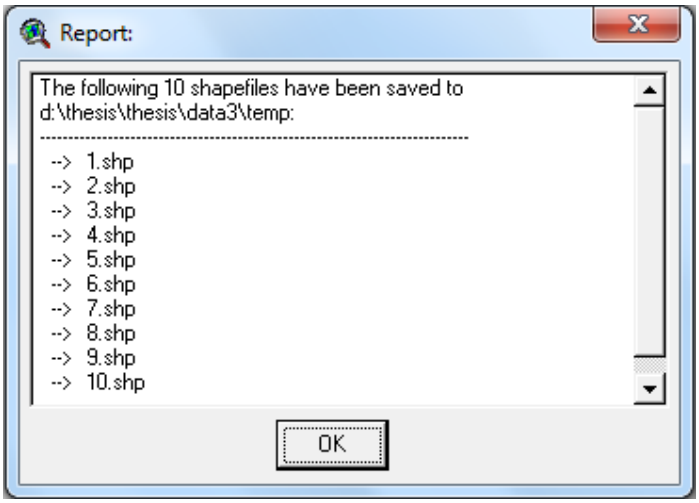
เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ดำเนินการอ่านข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้สำหรับการแบ่งข้อมูล ดังรูปที่ ก-5โดยใช้ฟังก์ชันเสริม ได้แก่ Split shapefile v.1.4 ในการแบ่งข้อมูลพื้นที่ออกเป็นส่วนย่อยตามสมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ดังรูปที่ ก-6 และแสดงผลการสิ้นสุดการแบ่งข้อมูล ดังรูปที่ ก-7 และรูปที่ ก-8 เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่จำนวน 10 พื้นที่ เพื่อแบ่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย 10 เครื่อง ร่วมกันประมวลผลข้อมูล



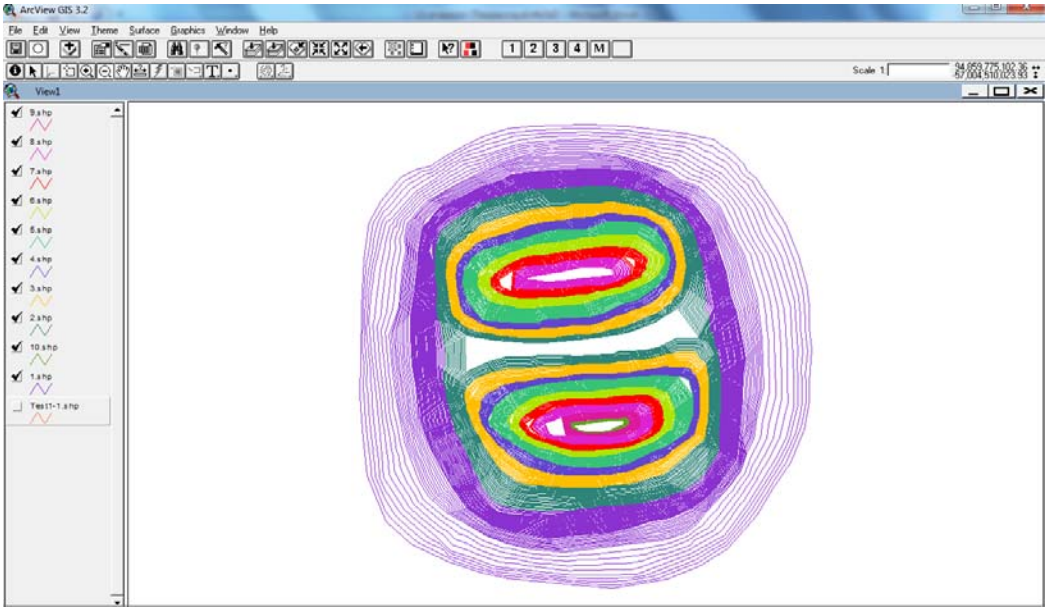
รูปที่ ก-5 ข้อมูลเชิงพื้นที่จำนวน 1 พื้นที่



รูปที่ ก-6 การเลือกข้อมูลจากการจัดสรร



รูปที่ ก-7 การแบ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ จำนวน 10 พื้นที่



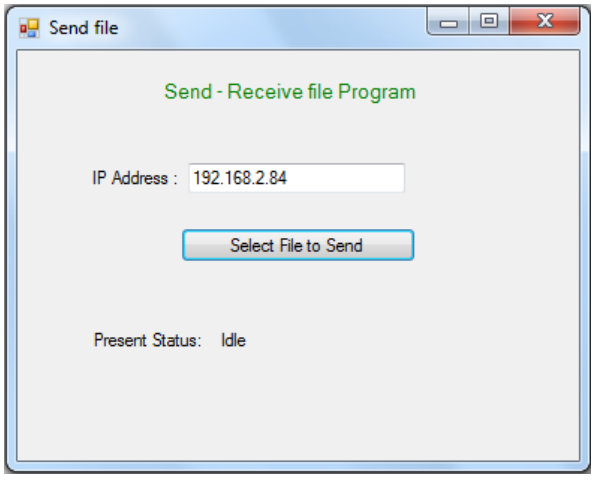
รูปที่ ก-8 ข้อมูลเชิงพื้นที่ตามสมรรถนะเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

2. การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

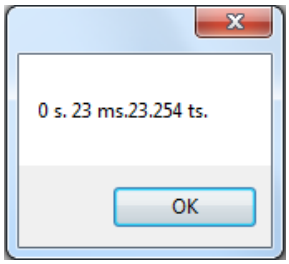
การรับ-ส่งข้อมูล ใช้เทคโนโลยีของ TCP/IP โดยใช้โปรแกรม Socket Programming ในการพัฒนา เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้

2.1. การส่งข้อมูล

เป็นการทำงานในส่วนของผู้ส่งข้อมูล โดยที่ต้องระบุ IP Address ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่รับข้อมูล ดังรูปที่ ก-9 และแสดงเวลาในการส่งข้อมูล เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่รับข้อมูลสิ้นสุด ดังรูปที่ ก-10



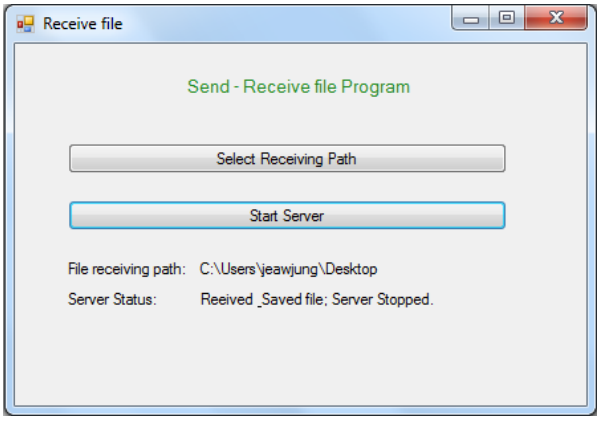
รูปที่ ก-9 โปรแกรมการส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ ก-10 เวลาในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

2.2. การรับข้อมูล

เป็นการทำงานในส่วนของผู้รับข้อมูล ทำหน้าที่รับสัญญาณจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ส่งข้อมูล และรับข้อมูล ดังรูปที่ ก-11

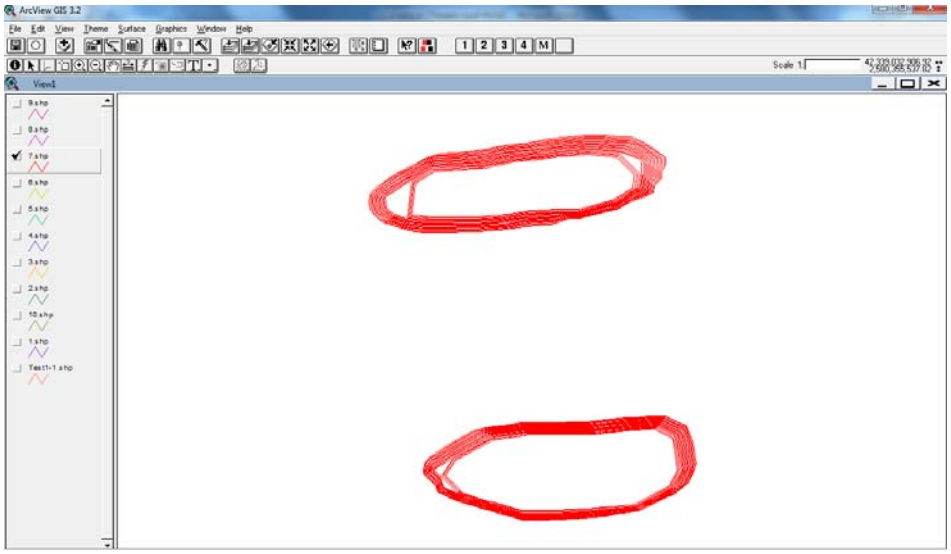


รูปที่ ก-11 โปรแกรมการรับข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์

3. การประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

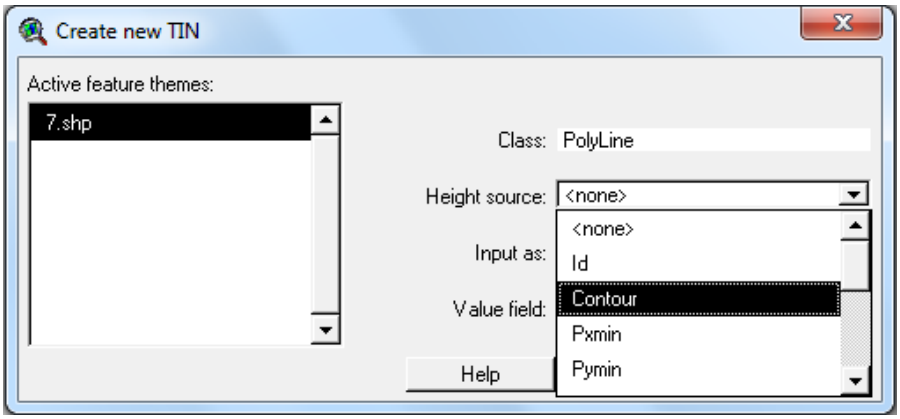
3.1. การเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากเส้นชั้นความสูง เป็น Surface (TIN)

เป็นการทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ทำการอ่านข้อมูลที่รับมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงจากข้อมูลเส้นชั้นความสูง 100 เมตร เป็น Surface (TIN) ดังรูปที่ ก-12

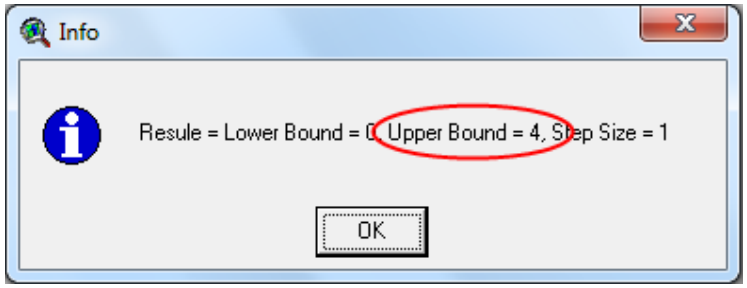


รูปที่ ก-12 ข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง = 100 เมตร

ทำการเลือกข้อมูลที่ต้องการใช้ในการประมวลผล ในส่วนนี้เลือกข้อมูลเส้นชั้นความสูง สำหรับใช้ในการเปลี่ยนแปลงข้อมูล ดังรูปที่ ก-13 และเมื่อสิ้นสุดการเปลี่ยนแปลงข้อมูลระบบจะแสดงเวลาในกระบวนการ ดังรูปที่ ก-14



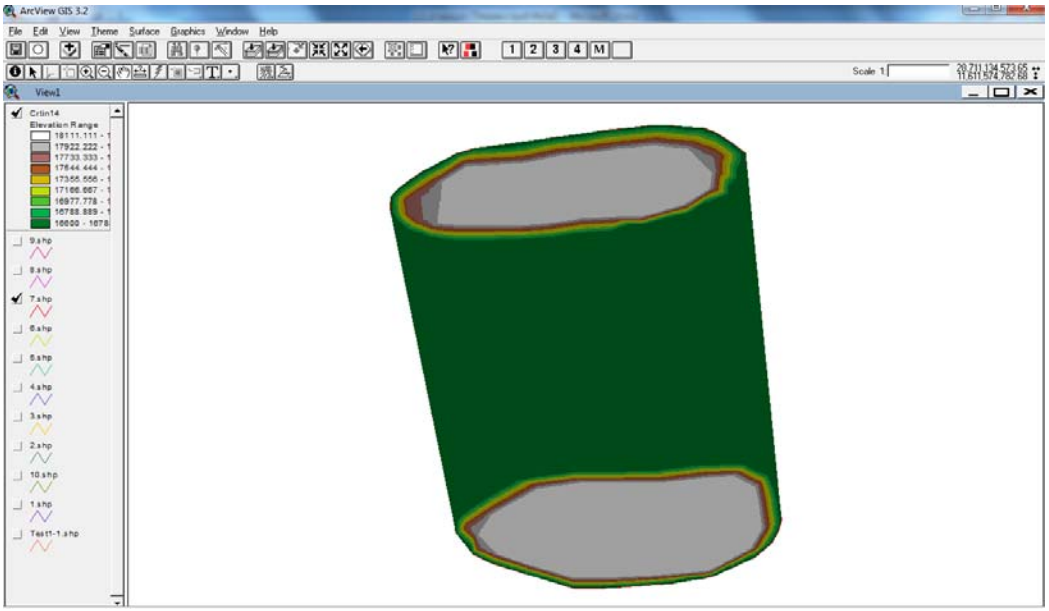
รูปที่ ก-13 การเลือกข้อมูลสำหรับการประมวลผลข้อมูล



รูปที่ ก-14 เวลาในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากเส้นชั้นความสูง เป็น Surface (TIN)

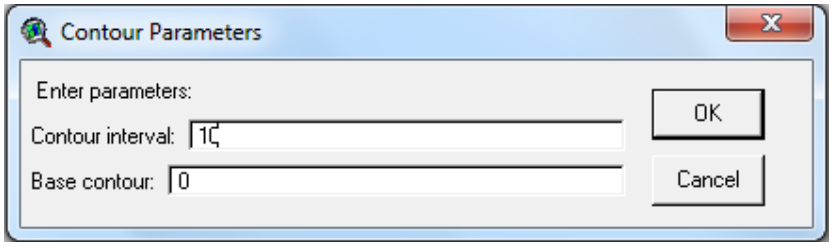
3.2. การเปลี่ยนแปลงข้อมูลจาก Surface (TIN) เป็นข้อมูลเส้นชั้นความสูง

เป็นการทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ทำการอ่านข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงจากข้อมูลเส้นชั้นความสูง 100 เมตร เป็น Surface (TIN) และในส่วนนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจาก Surface (TIN) เป็น ข้อมูลเส้นชั้นความสูง 10 เมตร ที่ดังรูปที่ ก-15

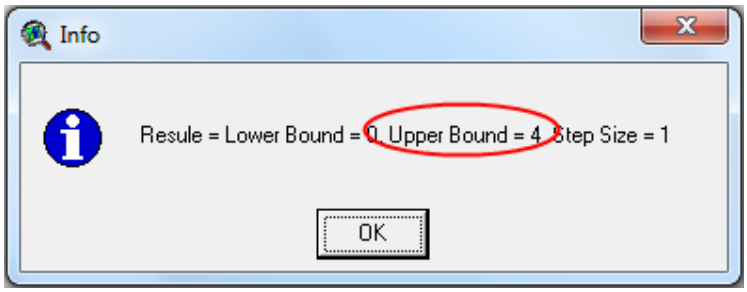


รูปที่ ก-15 ข้อมูล Surface (TIN)

ในส่วนนี้เป็นกระบวนการเลือกข้อมูลในการประมวลผล โดยใส่ค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง สำหรับใช้ในการเปลี่ยนแปลงข้อมูล ดังรูปที่ ก-16 และเมื่อสิ้นสุดการเปลี่ยนแปลงข้อมูลระบบจะแสดงเวลาในกระบวนการ ดังรูปที่ ก-17

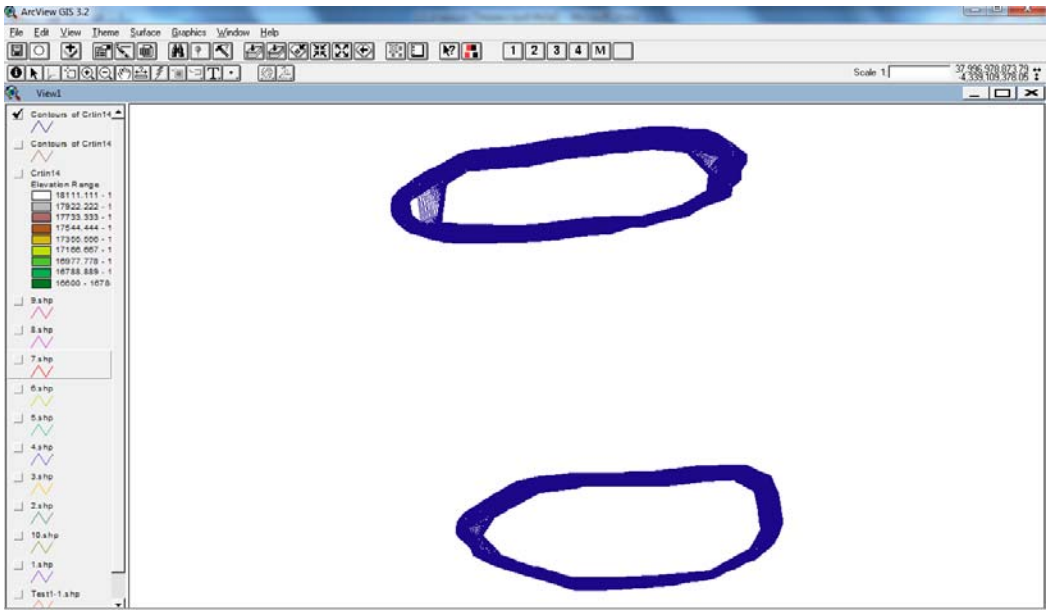


รูปที่ ก-16 การรับค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง



รูปที่ ก-17 เวลาในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจาก Surface (TIN) เป็นเส้นชั้นความสูง

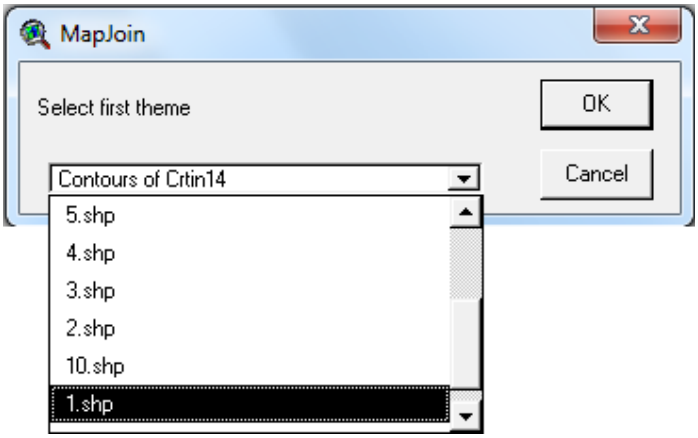
ผลของการเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่ที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง = 100 เมตร เป็นข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง = 10 เมตร ดังรูปที่ ก-18



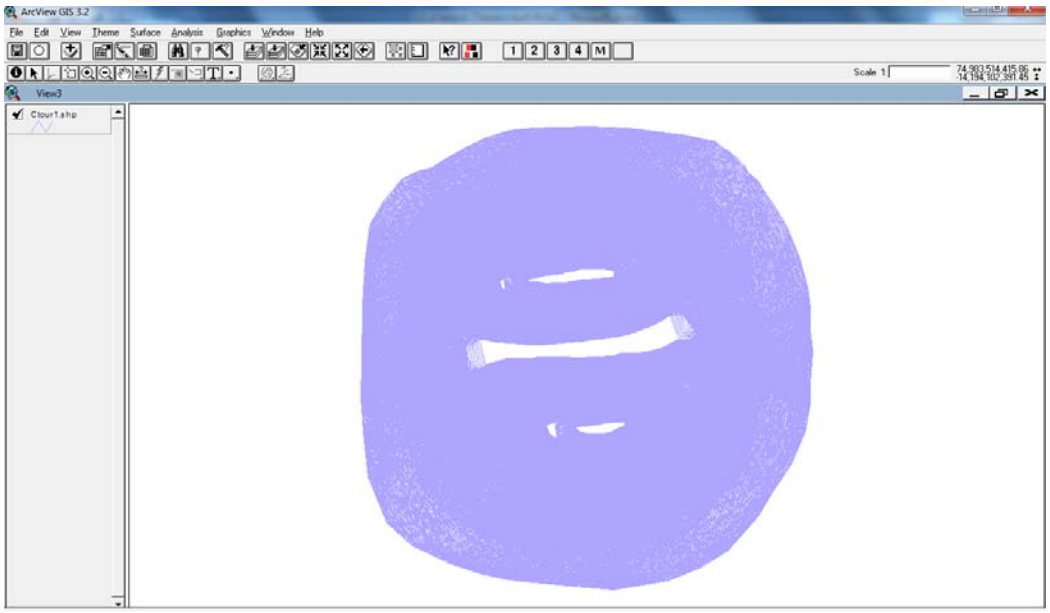
รูปที่ ก-18 ข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่มีค่าความต่างของเส้นชั้นความสูง = 10 เมตร

4. การรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ในส่วนนี้เป็นกระบวนการของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ที่ได้รับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่ร่วมกันประมวลผลข้อมูล ทำการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศเมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายสิ้นสุดการประมวลผล ทำการรับค่าพื้นที่แต่ละพื้นที่ ดังรูปที่ ก-19 และส่งข้อมูลที่ทำการรวมเรียบร้อยแล้วกลับไปยังผู้ใช้ ดังรูปที่ ก-20



รูปที่ ก-19 การรับข้อมูลเชิงพื้นที่ สำหรับการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ



รูปที่ ก-20 ผลของข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ภาคผนวก ข

เวลารวมในการประมวลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ภาคผนวก ข : เวลารวมในการประมวลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ ได้แก่ ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายและเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ และปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ มีรายละเอียดดังนี้

$$T_{total} = T_{par} + T_{com1} + T_{process} + T_{com2} + T_{join}$$

T_{total} คือ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในระบบ

T_{par} คือ เวลาในการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

T_{com1} คือ เวลาในการส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย และเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย

$T_{process}$ คือ เวลาในการประมวลผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ

T_{com2} คือ เวลาในการส่งข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย และเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย

T_{join} คือ เวลาในการรวมข้อมูลภูมิสารสนเทศ

ภาคผนวก ค

ผลการประมวลผลโดยใช้วิธี Tree Partitioning Algorithm: TPA

ภาคผนวก ค: ผลการประมวลผลโดยใช้วิธี Tree Partitioning Algorithm: TPA

ตารางที่ ค -1 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 1 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ค -1(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	0	0.45	12	22	0.60	0	35.05

ตารางที่ ค -1(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	0	0.59	15	24	0.84	0	40.43

ตารางที่ ค -1(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	0	0.22	6	9	0.42	0	15.64

ตารางที่ ค -1(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	0	0.16	4	6	0.34	0	10.51

ตารางที่ ค -2 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 2 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ค -2(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.41	8	15	0.60	1	26.01
2	1	0.18	7	12	0.36	1	21.54

ตารางที่ ค -2(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.41	11	18	0.62	1	32.03
2	1	0.20	7	12	0.38	1	21.58

ตารางที่ ค -2(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.17	2	4	0.3378	1	8.50
2	1	0.14	4	7	0.3044	1	13.44

ตารางที่ ค -2(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.15	2	4	0.3048	1	8.45
2	1	0.11	2	4	0.2864	1	8.39

ตารางที่ ค -3 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 3 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ค -3(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.33	6	12	0.50	1	20.82
2	1	0.17	6	10	0.30	1	18.47
3	1	0.15	6	8	0.37	1	16.52

ตารางที่ ค -3(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.30	9	15	0.48	1	26.78
2	1	0.19	6	9	0.37	1	17.56
3	1	0.16	4	8	0.34	1	14.51

ตารางที่ ค -3(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.16	2	5	0.4139	1	9.57
2	1	0.11	3	4	0.3368	1	9.45
3	1	0.09	3	5	0.1958	1	10.29

ตารางที่ ค -3(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.14	2	3	0.2924	1	7.43
2	1	0.09	1	4	0.256	1	7.35
3	1	0.10	1	3	0.2676	1	6.37

ตารางที่ที่ ค -4 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 4 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ค -4(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.28	6	9	0.45	1	17.73
2	1	0.17	4	9	0.33	1	15.50
3	1	0.17	4	8	0.33	1	14.50
4	1	0.12	4	9	0.29	1	15.41

ตารางที่ ค -4(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.29	7	13	0.48	1	22.77
2	1	0.20	5	8	0.36	1	15.56
3	1	0.17	5	8	0.35	1	15.52
4	1	0.14	3	8	0.30	1	13.44

ตารางที่ ค -4(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.15	3	5	0.33	1	10.48
2	1	0.10	2	3	0.30	1	7.40
3	1	0.08	3	5	0.18	1	10.26
4	1	0.08	2	5	0.21	1	9.29

ตารางที่ ค -4(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.11	2	4	0.24	1	8.35
2	1	0.07	1	3	0.17	1	6.24
3	1	0.07	1	2	0.23	1	5.30
4	1	0.09	2	4	0.24	1	8.32

ตารางที่ที่ ค -5 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ค -5(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.24	5	9	0.41	1	16.65
2	1	0.18	5	7	0.34	1	14.52
3	1	0.16	3	7	0.32	1	12.47
4	1	0.13	4	6	0.31	1	12.44
5	1	0.14	3	6	0.30	1	11.44

ตารางที่ ค -5(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.27	6	11	0.45	1	19.71
2	1	0.18	6	8	0.34	1	16.52
3	1	0.16	2	6	0.33	1	10.49
4	1	0.13	4	6	0.30	1	12.42
5	1	0.15	3	7	0.34	1	12.48

ตารางที่ ค -5(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.14	2	4	0.30	1	8.43
2	1	0.10	2	2	0.25	1	6.35
3	1	0.10	1	3	0.26	1	6.37
4	1	0.12	2	4	0.27	1	8.39
5	1	0.08	2	5	0.21	1	9.28

ตารางที่ ค -5(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.13	1	4	0.28	1	7.41
2	1	0.07	1	2	0.17	1	5.24
3	1	0.06	1	3	0.16	1	6.23
4	1	0.08	1	2	0.61	1	5.70
5	1	0.09	1	3	0.23	1	6.32

ตารางที่ ค -6 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 6 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ค -6(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.22	4	9	0.39	2	16.60
2	1	0.15	3	6	0.31	2	12.46
3	1	0.15	3	6	0.42	2	12.58
4	1	0.12	3	5	0.28	2	11.40
5	1	0.16	2	5	0.32	2	10.48
6	1	0.11	2	6	0.29	2	11.40

ตารางที่ ค -6(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.25	5	10	0.44	2	18.69
2	1	0.16	4	7	0.29	2	14.45
3	1	0.16	4	6	0.33	2	13.49
4	1	0.11	2	6	0.26	2	11.38
5	1	0.14	3	7	0.30	2	13.45
6	1	0.09	2	5	0.20	2	10.29

ตารางที่ ค -6(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.10	1	3	0.22	2	7.32
2	1	0.12	1	3	0.24	2	7.35
3	1	0.07	2	3	0.17	2	8.24
4	1	0.06	1	4	0.16	2	8.22
5	1	0.08	2	5	0.17	2	10.25
6	1	0.07	2	3	0.19	2	8.26

ตารางที่ ค -6(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.11	2	3	0.26	2	8.38
2	1	0.09	1	2	0.25	2	6.34
3	1	0.09	2	2	0.24	2	7.33
4	1	0.08	1	3	0.24	2	7.32
5	1	0.08	1	2	0.22	2	6.30
6	1	0.08	1	2	0.22	2	6.30

ตารางที่ ค -7 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 7 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ค -7(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.19	5	7	0.43	2	15.63
2	1	0.13	3	5	0.28	2	11.41
3	1	0.25	3	7	0.41	2	13.67
4	1	0.13	3	5	0.28	2	11.41
5	1	0.14	3	5	0.31	2	11.46
6	1	0.13	2	4	0.29	2	9.42
7	1	0.10	4	6	0.24	2	13.34

ตารางที่ ค -7(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.20	5	8	0.38	2	16.58
2	1	0.15	4	6	0.33	2	13.48
3	1	0.15	4	9	0.30	2	16.46
4	1	0.15	3	4	0.30	2	10.44
5	1	0.12	3	5	0.28	2	11.40
6	1	0.13	3	4	0.30	2	10.43
7	1	0.14	2	9	0.31	2	14.45

ตารางที่ ค -7(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.13	2	4	0.29	2	9.42
2	1	0.18	2	2	0.32	2	7.50
3	1	0.12	1	3	0.27	2	7.39
4	1	0.10	1	3	0.27	2	7.38
5	1	0.11	1	6	0.27	2	10.38
6	1	0.12	2	4	0.26	2	9.39
7	1	0.17	1	4	0.31	2	8.48

ตารางที่ ค -7(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.14	2	3	0.29	2	8.43
2	1	0.09	2	2	0.25	2	7.34
3	1	0.08	2	2	0.22	2	7.30
4	1	0.09	1	2	0.24	2	6.33
5	1	0.08	2	2	0.27	2	7.35
6	1	0.08	1	2	0.23	2	6.31
7	1	0.08	1	5	0.22	2	9.30

ตารางที่ ค -8 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 8 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ค -8(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.19	3	8	0.35	2	14.54
2	1	0.15	2	5	0.33	2	10.47
3	1	0.14	4	6	0.30	2	13.45
4	1	0.12	3	5	0.33	2	11.46
5	1	0.15	3	6	0.30	2	12.44
6	1	0.11	2	4	0.28	2	9.40
7	1	0.11	2	5	0.28	2	10.39
8	1	0.16	3	7	0.32	2	13.48

ตารางที่ ค -8(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.20	4	7	0.35	2	14.55
2	1	0.14	4	6	0.30	2	13.44
3	1	0.18	3	6	0.34	2	12.52
4	1	0.12	2	4	0.26	2	9.37
5	1	0.13	3	4	0.28	2	10.41
6	1	0.12	2	5	0.29	2	10.40
7	1	0.11	3	5	0.27	2	11.38
8	1	0.12	2	5	0.28	2	10.39

ตารางที่ ค -8(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.14	1	3	0.28	2	7.42
2	1	0.10	2	3	0.24	2	8.33
3	1	0.09	1	3	0.25	2	7.35
4	1	0.09	1	2	0.32	2	6.41
5	1	0.11	2	4	0.27	2	9.37
6	1	0.11	1	3	0.26	2	7.37
7	1	0.09	1	4	0.22	2	8.31
8	1	0.08	1	5	0.23	2	9.31

ตารางที่ ค -8(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.10	1	3	0.26	2	7.36
2	1	0.06	1	2	0.22	2	6.28
3	1	0.08	1	2	0.17	2	6.25
4	1	0.06	1	2	0.16	2	6.23
5	1	0.08	1	2	0.21	2	6.29
6	1	0.08	1	2	0.24	2	6.32
7	1	0.08	1	4	0.22	2	8.30
8	1	0.08	1	2	0.23	2	6.32

ตารางที่ ค -9 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 9 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ค -9(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.18	3	6	0.28	2	12.45
2	1	0.13	3	6	0.24	2	12.37
3	1	0.14	3	5	0.30	2	11.44
4	1	0.12	3	5	0.27	2	11.40
5	1	0.25	2	6	0.43	2	11.68
6	1	0.11	2	5	0.22	2	10.32
7	1	0.09	1	4	0.20	2	8.29
8	1	0.09	2	7	0.22	2	12.32
9	1	0.07	2	4	0.18	2	9.25

ตารางที่ ค -9(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.16	5	7	0.28	2	15.44
2	1	0.12	5	6	0.22	2	14.34
3	1	0.12	3	6	0.27	2	12.39
4	1	0.15	2	5	0.30	2	10.45
5	1	0.11	3	4	0.22	2	10.33
6	1	0.09	2	4	0.20	2	9.28
7	1	0.12	3	5	0.28	2	11.40
8	1	0.11	2	5	0.27	2	10.38
9	1	0.09	1	4	0.26	2	8.35

ตารางที่ ค -9(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.11	1	3	0.25	2	7.35
2	1	0.12	2	3	0.28	2	8.39
3	1	0.09	1	2	0.24	2	6.33
4	1	0.16	1	2	0.41	2	6.57
5	1	0.08	2	3	0.21	2	8.29
6	1	0.14	1	3	0.25	2	7.39
7	1	0.07	1	4	0.17	2	8.24
8	1	0.07	1	3	0.18	2	7.24
9	1	0.10	1	2	0.25	2	6.35

ตารางที่ ค -9(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.09	2	3	0.19	2	8.28
2	1	0.06	1	2	0.15	2	6.21
3	1	0.07	1	2	0.16	2	6.22
4	1	0.07	1	2	0.17	2	6.24
5	1	0.08	1	2	0.23	2	6.31
6	1	0.08	1	2	0.24	2	6.32
7	1	0.08	1	2	0.23	2	6.31
8	1	0.08	2	3	0.23	2	8.31
9	1	0.08	1	2	0.24	2	6.32

ตารางที่ ค -10 เวลารวมในการประมวลผลวิธี TPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ค -10(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.40	3	6	0.57	2	12.97
2	1	0.13	3	6	0.32	2	12.45
3	1	0.15	3	4	0.30	2	10.45
4	1	0.12	2	5	0.28	2	10.40
5	1	0.14	2	6	0.30	2	11.44
6	1	0.11	2	4	0.30	2	9.41
7	1	0.11	2	4	0.26	2	9.38
8	1	0.19	2	4	0.34	2	9.53
9	1	0.09	2	4	0.25	2	9.34
10	1	0.08	3	4	0.25	2	10.33

ตารางที่ ค -10(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.20	4	7	0.36	2	14.56
2	1	0.15	4	6	0.31	2	13.46
3	1	0.14	3	5	0.30	2	11.44
4	1	0.13	3	5	0.28	2	11.41
5	1	0.14	2	4	0.30	2	9.44
6	1	0.12	2	5	0.27	2	10.40
7	1	0.11	2	5	0.27	2	10.38
8	1	0.13	2	4	0.29	2	9.42
9	1	0.11	2	4	0.26	2	9.37
10	1	0.09	3	4	0.25	2	10.35

ตารางที่ ค -10(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.13	2	3	0.30	2	8.42
2	1	0.10	1	3	0.26	2	7.36
3	1	0.09	1	3	0.24	2	7.33
4	1	0.10	1	3	0.25	2	7.35
5	1	0.11	1	2	0.27	2	6.38
6	1	0.09	2	4	0.23	2	9.32
7	1	0.10	1	3	0.24	2	7.35
8	1	0.09	1	4	0.25	2	8.34
9	1	0.08	1	3	0.23	2	7.31
10	1	0.07	2	3	0.22	2	8.29

ตารางที่ ค -10(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	1	0.11	1	3	0.28	2	7.39
2	1	0.15	1	2	0.31	2	6.46
3	1	0.09	1	2	0.23	2	6.32
4	1	0.09	1	2	0.27	2	6.36
5	1	0.10	1	2	0.25	2	6.35
6	1	0.08	1	2	0.18	2	6.26
7	1	0.07	1	1	0.22	2	5.29
8	1	0.10	1	5	0.25	2	9.36
9	1	0.09	1	2	0.24	2	6.33
10	1	0.07	2	3	0.21	2	8.28

ภาคผนวก ง

ผลการประมวลผลโดยใช้วิธี Coordinate Partitioning Algorithm: CPA

ภาคผนวก ง: ผลการประมวลผลโดยใช้วิธี Coordinate Partitioning Algorithm: CPA

ตารางที่ ง -1 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 1 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ง -1(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	0	0.45	12	22	0.60	0	35.05

ตารางที่ ง -1(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	0	0.59	15	24	0.84	0	40.43

ตารางที่ ง -1(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	0	0.22	6	9	0.42	0	15.64

ตารางที่ ง -1(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	0	0.16	4	6	0.34	0	10.51

ตารางที่ ง -2 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 2 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ง -2(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.37	8	14	0.54	1	25.91
2	2	0.24	7	13	0.42	1	23.66

ตารางที่ ง -2(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.37	8	15	0.64	1	27.02
2	2	0.24	10	18	0.41	1	31.65

ตารางที่ ง -2(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.16	3	6	0.29	1	12.45
2	2	0.08	2	4	0.19	1	9.27

ตารางที่ ง -2(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.12	2	4	0.26	1	9.38
2	2	0.12	2	4	0.27	1	9.39

ตารางที่ ง -3 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 3 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ง -3(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.31	6	11	0.48	1	20.79
2	2	0.15	5	10	0.34	1	18.49
3	2	0.18	5	11	0.45	1	19.63

ตารางที่ ง -3(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.32	9	15	0.54	1	27.86
2	2	0.18	4	8	0.36	1	15.54
3	2	0.18	5	9	0.44	1	17.62

ตารางที่ ง -3(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.16	2	4	0.35	1	9.51
2	2	0.20	3	6	0.38	1	12.58
3	2	0.10	2	4	0.29	1	9.39

ตารางที่ ง -3(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.11	1	4	0.28	1	8.38
2	2	0.08	1	3	0.24	1	7.32
3	2	0.08	1	4	0.22	1	8.30

ตารางที่ ง -4 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 4 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ง -4(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.29	6	10	0.53	1	19.82
2	2	0.16	5	8	0.37	1	16.52
3	2	0.15	5	8	0.33	1	16.48
4	2	0.14	3	8	0.34	1	14.48

ตารางที่ ง -4(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.27	7	14	0.48	1	24.75
2	2	0.02	5	9	0.21	1	17.23
3	2	0.15	4	9	0.31	1	16.46
4	2	0.11	3	7	0.23	1	13.34

ตารางที่ ง -4(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.10	2	4	0.26	1	9.37
2	2	0.14	2	5	0.27	1	10.41
3	2	0.14	3	5	0.26	1	11.40
4	2	0.07	1	3	0.17	1	7.24

ตารางที่ ง -4(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.09	2	3	0.24	1	8.34
2	2	0.07	1	4	0.19	1	8.26
3	2	0.08	1	3	0.19	1	7.27
4	2	0.07	1	3	0.20	1	7.27

ตารางที่ ง -5 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ง -5(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.38	5	9	0.55	1	17.93
2	2	0.12	3	6	0.23	1	12.35
3	2	0.13	3	7	0.26	1	13.40
4	2	0.11	4	7	0.23	1	14.33
5	2	0.13	3	7	0.27	1	13.40

ตารางที่ ง -5(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.20	6	10	0.41	1	19.61
2	2	0.13	5	8	0.25	1	16.38
3	2	0.13	3	7	0.27	1	13.40
4	2	0.11	3	5	0.23	1	11.34
5	2	0.11	7	12	0.26	1	22.37

ตารางที่ ง -5(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.11	1	4	0.26	1	8.38
2	2	0.11	2	3	0.29	1	8.39
3	2	0.11	3	4	0.31	1	10.42
4	2	0.09	2	3	0.42	1	8.51
5	2	0.11	1	4	0.32	1	8.43

ตารางที่ ง -5(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.14	2	3	0.30	1	8.43
2	2	0.08	1	3	0.29	1	7.37
3	2	0.30	2	4	0.47	1	9.77
4	2	0.12	2	3	0.28	1	8.39
5	2	0.09	1	4	0.28	1	8.37

ตารางที่ ง -6 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 6 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ง -6(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.24	4	8	0.42	2	16.66
2	2	0.15	4	6	0.35	2	14.50
3	2	0.15	3	7	0.32	2	14.47
4	2	0.11	3	7	0.30	2	14.42
5	2	0.18	4	8	0.36	2	16.54
6	2	0.13	2	2	0.29	2	8.42

ตารางที่ ง -6(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.23	5	9	0.45	2	18.68
2	2	0.15	5	7	0.39	2	16.54
3	2	0.12	3	6	0.30	2	13.43
4	2	0.22	4	5	0.34	2	13.56
5	2	0.21	3	7	0.35	2	14.56
6	2	0.13	2	5	0.31	2	11.44

ตารางที่ ง -6(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.10	2	4	0.22	2	10.32
2	2	0.13	2	3	0.25	2	9.38
3	2	0.07	2	4	0.24	2	10.32
4	2	0.08	3	3	0.21	2	10.28
5	2	0.13	1	5	0.47	2	10.60
6	2	0.11	1	3	0.27	2	8.38

ตารางที่ ง -6(ค) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.12	2	3	0.25	2	9.37
2	2	0.07	1	3	0.22	2	8.29
3	2	0.08	1	4	0.19	2	9.27
4	2	0.06	1	2	0.17	2	7.23
5	2	0.07	1	4	0.19	2	9.26
6	2	0.06	1	3	0.17	2	8.23

ตารางที่ ง -7 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 7 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ง -7(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.08	4	7	0.58	2	15.65
2	2	0.08	3	6	0.32	2	13.40
3	2	0.07	2	6	0.39	2	12.47
4	2	0.12	2	6	0.30	2	12.42
5	2	0.25	3	11	0.41	2	18.66
6	2	0.13	3	6	0.32	2	13.45
7	2	0.14	1	6	0.38	2	11.52

ตารางที่ ง -7(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.22	5	7	0.40	2	16.62
2	2	0.15	4	6	0.39	2	14.54
3	2	0.16	4	6	0.51	2	14.67
4	2	0.14	2	5	0.37	2	11.51
5	2	0.15	3	5	0.40	2	12.54
6	2	0.13	3	5	0.39	2	12.52
7	2	0.15	1	5	0.35	2	10.50

ตารางที่ ง -7(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.13	2	3	0.30	2	9.44
2	2	0.10	1	4	0.42	2	9.53
3	2	0.10	2	3	0.31	2	9.41
4	2	0.11	2	4	0.38	2	10.49
5	2	0.11	1	5	0.34	2	10.45
6	2	0.10	1	2	0.26	2	7.35
7	2	0.09	1	4	0.25	2	9.33

ตารางที่ ง -7(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.11	1	3	0.29	2	8.40
2	2	0.10	2	3	0.31	2	9.41
3	2	0.10	1	3	0.26	2	8.36
4	2	0.09	1	2	0.37	2	7.46
5	2	0.08	1	4	0.27	2	9.35
6	2	0.09	1	3	0.36	2	8.45
7	2	0.06	1	4	0.66	2	9.71

ตารางที่ ง -8 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 8 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ง -8(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.21	4	7	0.40	2	15.61
2	2	0.16	3	5	0.36	2	12.52
3	2	0.12	3	5	0.30	2	12.42
4	2	0.20	4	5	0.40	2	13.60
5	2	0.12	2	6	0.29	2	12.41
6	2	0.14	2	4	0.43	2	10.57
7	2	0.13	3	6	0.31	2	13.44
8	2	0.19	1	5	0.37	2	10.56

ตารางที่ ง -8(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.22	4	7	0.47	2	15.69
2	2	0.14	4	7	0.33	2	15.47
3	2	0.15	4	6	0.32	2	14.47
4	2	0.14	3	5	0.31	2	12.45
5	2	0.15	2	5	0.43	2	11.58
6	2	0.13	2	5	0.31	2	11.45
7	2	0.13	2	5	0.37	2	11.50
8	2	0.20	2	5	0.38	2	11.58

ตารางที่ ง -8(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.23	2	3	0.46	2	9.69
2	2	0.12	1	3	0.28	2	8.39
3	2	0.11	1	5	0.35	2	10.46
4	2	0.18	2	4	0.36	2	10.53
5	2	0.11	1	4	0.28	2	9.38
6	2	0.17	1	3	0.32	2	8.49
7	2	0.10	1	4	0.27	2	9.37
8	2	0.09	1	4	0.26	2	9.35

ตารางที่ ง -8(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.13	2	3	0.30	2	9.42
2	2	0.09	1	2	0.25	2	7.34
3	2	0.09	1	3	0.26	2	8.35
4	2	0.10	2	3	0.27	2	9.37
5	2	0.09	1	3	0.40	2	8.50
6	2	0.16	1	2	0.33	2	7.49
7	2	0.09	1	3	0.31	2	8.41
8	2	0.08	2	3	0.34	2	9.42

ตารางที่ ง -9 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 9 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ง -9(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.19	4	6	0.37	2	14.55
2	2	0.15	3	5	0.43	2	12.59
3	2	0.17	3	6	0.32	2	13.49
4	2	0.12	3	6	0.30	2	13.42
5	2	0.13	2	5	0.30	2	11.43
6	2	0.13	2	5	0.91	2	12.04
7	2	0.13	2	5	0.31	2	11.45
8	2	0.13	2	5	0.31	2	11.44
9	2	0.10	2	4	0.28	2	10.39

ตารางที่ ง -9(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.19	4	7	0.48	2	15.67
2	2	0.13	4	7	0.31	2	15.44
3	2	0.13	2	7	0.31	2	13.44
4	2	0.14	3	6	0.40	2	13.55
5	2	0.14	1	4	0.38	2	9.51
6	2	0.11	2	4	0.42	2	10.53
7	2	0.10	2	5	0.26	2	11.35
8	2	0.26	2	6	0.42	2	12.69
9	2	0.14	2	3	0.31	2	9.45

ตารางที่ ง -9(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.12	2	2	0.30	2	8.43
2	2	0.11	2	3	0.30	2	9.41
3	2	0.11	1	3	0.30	2	8.40
4	2	0.17	2	3	0.34	2	9.51
5	2	0.11	1	4	0.32	2	9.43
6	2	0.10	1	3	0.28	2	8.38
7	2	0.12	1	3	0.32	2	8.45
8	2	0.16	2	4	0.39	2	10.54
9	2	0.09	1	3	0.26	2	8.35

ตารางที่ ง -9(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.13	1	3	0.32	2	8.44
2	2	0.09	1	2	0.33	2	7.42
3	2	0.09	2	3	0.29	2	9.38
4	2	0.10	2	3	0.26	2	9.37
5	2	0.10	1	2	0.26	2	7.37
6	2	0.16	1	2	0.33	2	7.50
7	2	0.09	1	4	0.26	2	9.36
8	2	0.10	2	4	0.27	2	10.37
9	2	0.09	1	2	0.26	2	7.35

ตารางที่ ง -10 เวลารวมในการประมวลผลวิธี CPA โดยใช้คอมพิวเตอร์จำนวน 10 เครื่อง (วินาที)

ตารางที่ ง -10(ก) เขตภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.18	4	5	0.35	2	13.53
2	2	0.14	2	5	0.27	2	11.41
3	2	0.12	2	6	0.25	2	12.37
4	2	0.11	2	5	0.22	2	11.33
5	2	0.11	3	5	0.28	2	12.39
6	2	0.17	2	4	0.30	2	10.47
7	2	0.14	2	6	0.32	2	12.47
8	2	0.12	3	5	0.29	2	12.41
9	2	0.11	2	3	0.30	2	9.40
10	2	0.10	3	4	0.26	2	11.36

ตารางที่ ง -10(ข) เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.21	3	6	0.39	2	13.60
2	2	0.14	3	6	0.40	2	13.55
3	2	0.15	3	6	0.40	2	13.55
4	2	0.13	3	5	0.34	2	12.47
5	2	0.15	2	4	0.33	2	10.47
6	2	0.13	2	5	0.41	2	11.53
7	2	0.12	2	5	0.29	2	11.40
8	2	0.10	2	5	0.29	2	11.40
9	2	0.12	1	4	0.29	2	9.41
10	2	0.11	2	4	0.29	2	10.40

ตารางที่ ง -10(ค) เขตที่ราบสูง

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.12	1	3	0.27	2	8.39
2	2	0.12	1	3	0.28	2	8.40
3	2	0.09	1	3	0.39	2	8.49
4	2	0.09	1	3	0.27	2	8.36
5	2	0.19	1	3	0.39	2	8.58
6	2	0.11	2	4	0.28	2	10.39
7	2	0.09	1	2	0.24	2	7.34
8	2	0.09	1	4	0.25	2	9.34
9	2	0.14	1	2	0.29	2	7.43
10	2	0.09	2	2	0.28	2	8.36

ตารางที่ ง -10(ง) เขตที่ราบ

เครื่องที่	T_{par}	T_{com1}	$T_{process}$		T_{com2}	T_{join}	Time
			P_1	P_2			
1	2	0.11	2	3	0.29	2	9.40
2	2	0.12	1	3	0.28	2	8.40
3	2	0.09	1	3	0.25	2	8.33
4	2	0.09	1	2	0.26	2	7.35
5	2	0.11	1	3	0.27	2	8.38
6	2	0.09	1	2	0.25	2	7.34
7	2	0.09	1	3	0.26	2	8.35
8	2	0.13	1	3	0.36	2	8.49
9	2	0.09	1	2	0.24	2	7.33
10	2	0.13	2	3	0.35	2	9.48

ภาคผนวก จ
ขั้นตอนวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ
สำหรับการประมวลผลแบบขนาน

ขั้นตอนวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน

Geographical Information System Data Partitioning Algorithms for Parallel Processing

ขนกกุล แซ่โค้ว[1*] เกริกชัย ทองหนู[2] ศิริรัตน์ วณิชโยบล[3]
[1]หลักสูตรมหาบัณฑิตจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
[2]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
[3]ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112
E-mail: kanokgul.s@psu.ac.th[*]

Kanokgul Saekow[1*] Krerkchai Thongnoo[2] Sirirut Vanichayobon[3]
[1]Graduate Office of Management of Information Technology, Faculty of Engineering,
Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112
[2]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112
[3]Department of Computer Science, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112
E-mail: kanokgul.s@psu.ac.th[*]

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง (Contour line) ของพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน โดยวิธีดังกล่าวประกอบด้วย คอมพิวเตอร์แม่ข่ายสำหรับการแบ่งข้อมูล และคอมพิวเตอร์ลูกข่ายที่มีประสิทธิภาพเหมือนกันใช้สำหรับการประมวลผลแบบขนาน โดยการแบ่งข้อมูลเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลข้อมูลได้เต็มประสิทธิภาพ ลดเวลาในการประมวลผล ซึ่งข้อมูลถูกแบ่งโดยการเลือกใช้ขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมสำหรับลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์ช่วยลดเวลาในการประมวลผลลง และวิธีที่ 1 ที่ใช้เส้นชั้นความสูงเป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล (TPA) เหมาะสำหรับลักษณะภูมิประเทศแบบเขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา ภูมิประเทศแบบเขตที่ราบสูง และภูมิประเทศแบบเขตที่ราบ และวิธีที่ 2 ที่ใช้พิกัด X, Y เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล (CPA) เหมาะสำหรับลักษณะภูมิประเทศแบบเขตภูเขา

คำหลัก การแบ่งข้อมูล, เส้นชั้นความสูง, การประมวลผลแบบขนาน, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Abstract

This paper presents the contour lines partitioning algorithms for different types of geographical areas. The algorithms require a computer server for data partitioning and client computers having the same performances for parallel data processing. This method will help computers to process data at full performance and reduce processing time. Additionally, data can be partitioned using the suitable algorithms depending on geographical data that information each geography zone characteristics way to data partitioning with different characteristics. It is found that increasing number of computers can reduce data processing time. The first algorithm, where the data is partitioned by considering the contour line (TPA), is suitable for mountains and valleys, plateaus and plains. The Second algorithm, a partition data by considering the X, Y coordinates (CPA), is suitable mainly for mountains.

Keywords: Data partitioning, Contour line, parallel processing, Geographical Information System

1. บทนำ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เป็นระบบที่มีบทบาทในปัจจุบัน เป็นการทำงานกับข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน เช่น เขต

ภูเขาสูง เขตที่ราบสูง เขตที่ราบลุ่ม เป็นต้น ทำให้ข้อมูลมีขนาดและลักษณะที่แตกต่างกัน เมื่อนำข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งมีขนาดใหญ่ปริมาณมากไปประมวลผลข้อมูล ทำให้การประมวลผลใช้เวลานาน

จากปัญหาที่กล่าว ได้มีผู้เสนอหาแนวทางการแก้ไขปัญหาโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น ซูเปอร์คอมพิวเตอร์มาใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยหน่วยประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูง มีความเร็ว ราคาแพง และมีขนาดใหญ่ เมื่อเทคโนโลยีนั้นเก่า หรือล้าสมัย ทำให้การเพิ่มความสามารถของเทคโนโลยีนี้เป็นไปได้ยาก และค่าใช้จ่ายสูง [1] จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะลดเวลาในการประมวลผล โดยการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกัน ทำให้ระบบที่มีประสิทธิภาพสูงและง่ายต่อการเปรียบเทียบเทคโนโลยี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผล

เมื่อนำคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพเหมือนกัน เข้ามาร่วมกันประมวลผล ข้อมูลที่ได้รับการแบ่งแตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้จำเป็นต้องหาวิธีการแบ่งข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างๆ เพื่อให้คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องใช้เวลาในการประมวลผลใกล้เคียงกันที่สุด เพื่อลดเวลาในการประมวลผลข้อมูล และให้เครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ

บทความนี้นำเสนอวิธีการออกแบบขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยใช้เส้นชั้นความสูง (Contour line) ที่มีลักษณะเขตภูมิประเทศแตกต่างกัน เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผลข้อมูลได้ประสิทธิภาพสูงสุด และลดเวลาในการประมวลผล โดยในส่วนที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการ ส่วนที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบวิธีการการแบ่งข้อมูล ในส่วนที่ 4 เป็นส่วนของผลการวิจัยและการอภิปรายผล และสรุปผลการวิจัย ในส่วนที่ 5

2. ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การประมวลผลแบบขนาน (Parallel Processing)

การประมวลผลแบบขนาน คือ “การใช้เครื่องประมวลผลกลุ่มหนึ่งในการคำนวณหรือแก้ปัญหาจากโจทย์เดียวกัน เพื่อให้คำตอบที่เร็วขึ้นกว่าการคำนวณบนเครื่องประมวลผลเครื่องเดียว” [1] โดยวิธีการประมวลผล โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์มาเชื่อมต่อกัน และให้มีการประมวลผลในเวลาเดียวกัน มีหลายวิธีการที่กระบวนการทำงานที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ได้แก่

Grid Computing เป็นเทคโนโลยี ที่ทำการคำนวณหรือประมวลผลข้อมูลที่ซับซ้อน ด้วยสมรรถนะสูง ทำการคำนวณ หรือประมวลผลข้อมูลพร้อมกันในเวลาเดียวกัน โอนถ่ายข้อมูลระหว่างกัน โดยระบบเครือข่ายนี้ ทำงานเสมือนเป็น ซูเปอร์คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่เครื่องเดียว ที่มีราคาต้นทุนต่ำ เป็นการประมวลผลแบบขนาน เพื่อให้ทำงานพร้อมกัน หากส่วนใดในระบบขัดข้องหรือไม่ทำงาน ระบบก็ยังทำงานต่อไปได้ เพราะมีซอฟต์แวร์กลางพิเศษซึ่งเรียกว่า Middleware ช่วยจัดการดูแลตรวจสอบสถานะของระบบตลอดเวลา [2]

Distributed computing เป็นระบบที่แบ่งหน้าที่การประมวลผลให้แก่คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่เชื่อมต่ออยู่ในเครือข่ายของระบบ ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการตอบสนองงานที่ทำอยู่ [3]

จะเห็นได้ว่าลักษณะการประมวลผลที่ประมวลผลข้อมูลพร้อมกันในเวลาเดียว มีชื่อเรียกได้หลากหลาย ซึ่งแต่ละวิธีก็มีลักษณะเด่นที่แตกต่างกันไป สำหรับในบทความนี้ จะเรียกวิธีการประมวลผลลักษณะนี้ว่า “การประมวลผลแบบขนาน”

มิติในการประมวลผล มี 2 ลักษณะ ได้แก่ การประมวลผลขนานเชิงข้อมูล เป็นการแบ่งข้อมูลออกเป็นหลายๆ ส่วนย่อย โดยที่แต่ละส่วนสามารถคำนวณไปพร้อมกัน ด้วยฟังก์ชั่นเดียวกันได้ เช่น การประมวลผลภาพ (Image Processing) อีกลักษณะ ได้แก่ การประมวลผลขนานเชิงฟังก์ชั่น เป็นการประมวลผลสามารถแบ่งออกเป็นหลายๆ งานย่อย โดยแต่ละงานประมวลผลข้อมูลคนละชุดกัน อีกทั้งฟังก์ชันการคำนวณในแต่ละงานก็แตกต่างกันด้วย [1] สำหรับในบทความนี้เป็นการประมวลผลขนานเชิงข้อมูล

2.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ ข้อมูลภูมิศาสตร์ และบุคลากร ที่ถูกใช้เพื่อออกแบบให้สามารถรวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ข้อมูลภูมิศาสตร์ รวมทั้งการค้นคืนข้อมูล และการแสดงผลข้อสนเทศ หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นทั้งระบบฐานข้อมูลที่มีความสามารถในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่โดยอยู่ในรูปของแผนที่เชิงเลข ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ และระบบปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นได้ผลออกมาเป็นข้อสนเทศ แล้วนำไปใช้ประโยชน์ในการตัดสินใจ [4]

2.3 การแบ่งข้อมูล (Data Partitioning)

สำหรับงานวิจัยที่นำเสนอแนวคิดการแบ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่งานวิจัยของ Terence M. Cronin [5] ได้นำเสนอ วิธีการแบ่งข้อมูลโดยการใช้ตัวเลขของเส้นชั้นความสูง ที่มีลักษณะข้อมูลที่มีส่วนเว้า ส่วนโค้งของข้อมูล โดยการแยกข้อมูลที่มีส่วนเว้า ส่วนโค้งที่ไม่เข้าพวกออกจากข้อมูลแต่ละส่วนที่ต้องการ ส่วนข้อมูลที่ต้องการให้คงที่ไว้ แล้วแบ่งตามค่าพารามิเตอร์ที่ได้กำหนดไว้ โดยใช้เวลา และพื้นที่ในการทดสอบการแบ่งข้อมูล

งานวิจัยของ Hamish Carr และคณะ [6] ได้กล่าวถึงเส้นชั้นความสูงโดยใช้ลักษณะแบบต้นไม้ มีรูปร่างเป็นฟิลด์ Scalar ที่สัมพันธ์กับโครงสร้างข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้ เป็นข้อมูลรูปแบบเรขาคณิตตามโครงสร้างของต้นไม้ เพื่อลดขนาดของรูปแบบต้นไม้และทำให้ง่าย ในการแสดงรูปแบบตามฟิลด์ scalar

งานวิจัยของ Meng Ling Kui และคณะ [7] ได้กล่าวถึงระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่จัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งมีรูปแบบข้อมูลแบบเวคเตอร์ และแบบที่มีความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างลักษณะของเชิงภูมิศาสตร์ และแบบทั่วไป การวิเคราะห์ขอบเขตของข้อมูลภูมิศาสตร์ โดยกล่าวถึงลักษณะของการพัฒนา และประสิทธิภาพของ ขั้นตอนวิธีของการแบ่งข้อมูลแบบขนาน สำหรับการนำเข้าข้อมูล มาจัดเรียง และการนำข้อมูลมารวมกันของข้อมูลลักษณะเวคเตอร์ในการประมวลผลแบบขนาน

สำหรับงานวิจัยของ Xiao Fang Zhou และคณะ [8] ได้กล่าวถึง วิธี และเทคนิคการแบ่งข้อมูลเชิงพื้นที่มีขนาดใหญ่ จึงจำเป็นต้องมีการแบ่งข้อมูลที่นำไปประมวลผลและการนำข้อมูลมารวมกัน ซึ่งการแบ่งข้อมูล ทำให้ลดต้นทุนทางด้าน CPU และลดต้นทุนด้านการติดต่อสื่อสาร

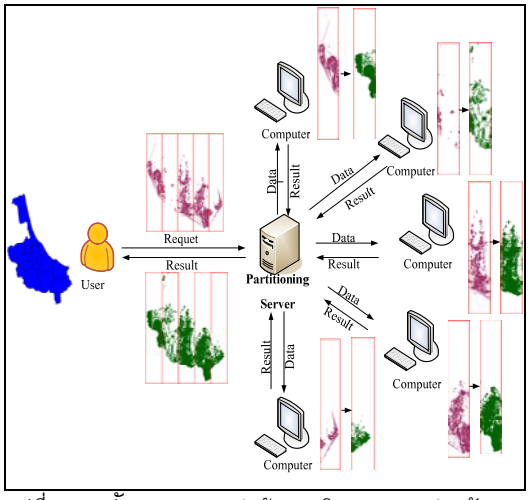
สำหรับบทความนี้เป็นขั้นตอนวิธีการแบ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูง ที่มีลักษณะข้อมูลเขตภูมิประเทศที่แตกต่างกัน โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพเหมือนกันในการประมวลผล แทนการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว เพื่อประมวลผลข้อมูลได้ประสิทธิภาพสูงสุด และลดเวลาในการประมวลผล ซึ่งงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [5], [6], [7], [8] ยังไม่ครอบคลุมลักษณะการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง โดยใช้พื้นที่ที่มีลักษณะแตกต่างกัน ในการแบ่งข้อมูลลักษณะดังกล่าว

3. การออกแบบวิธีการการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ

การออกแบบวิธีการแบ่งข้อมูล มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลได้เต็มประสิทธิภาพ และลดเวลาในการประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ ที่มีขนาดใหญ่ ปริมาณมาก โดยการใช้ขั้นตอนวิธีในการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ Tree Partitioning Algorithm (TPA) และ Coordinate Partitioning Algorithm (CPA) เข้ามาประมวลผลข้อมูลเส้นชั้นความสูง ที่มีลักษณะภูมิประเทศแตกต่างกัน ได้แก่ เขตภูเขาสูง เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา เขตที่ราบสูง และเขตที่ราบ

3.1 สถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลแบบขนาน

สำหรับบทความนี้ได้ทดสอบวิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง ซึ่งสถาปัตยกรรมที่ใช้ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลแบบขนาน

จากสถาปัตยกรรมการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศ สำหรับการประมวลแบบขนานดังกล่าว สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. เครื่องแม่ข่ายสำหรับแบ่งข้อมูล (Data Partitioning Server)
2. เครื่องลูกข่าย (Client)
3. ข้อมูลทดสอบ (Test Data)

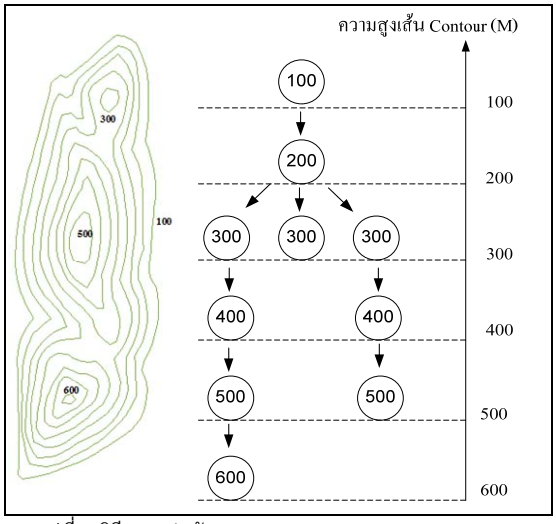
3.1.1 เครื่องแม่ข่ายสำหรับแบ่งข้อมูล (Data Partitioning Server)

เครื่องแม่ข่ายทำหน้าที่รับความต้องการจากผู้ใช้ ดำเนินการเรียกข้อมูลเชิงพื้นที่จากหน่วยเก็บข้อมูล และรับจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ตามที่ผู้ใช้ต้องการ

ทำการแบ่งข้อมูลเชิงพื้นที่ ตามจำนวนของหน่วยประมวลผล โดยการคำนวณ ข้อมูลและหน่วยประมวลผลของคอมพิวเตอร์ ตามขั้นตอนวิธีที่ได้นำเสนอ 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 Tree Partitioning Algorithm และวิธีที่ 2 Coordinate Partitioning Algorithm [9], [10]

และสุดท้ายทำการรวบรวมข้อมูล จากเครื่องลูกข่ายที่ร่วมกันประมวลผลข้อมูลเรียบร้อยแล้ว และส่งข้อมูลกลับไปยังผู้ใช้

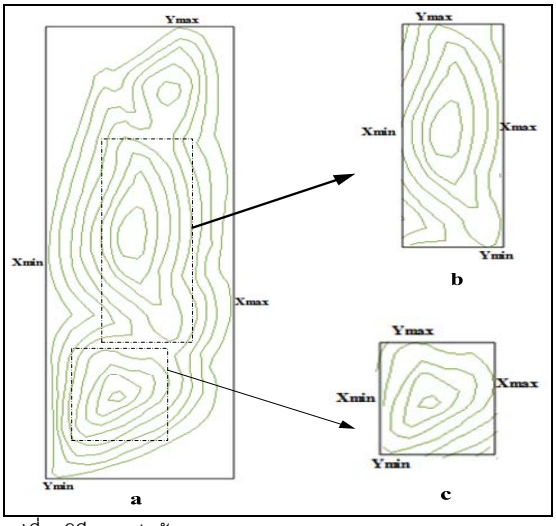
วิธีที่ 1: Tree Partitioning Algorithm: TPA เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง โดยใช้ความสูงของเส้นชั้นความสูงเป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล หากเส้นชั้นความสูงเท่ากัน จะส่งข้อมูลไปประมวลผลในเครื่องเดียวกันเท่านั้น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วิธีการแบ่งข้อมูลแบบ Tree Partitioning Algorithm

Input: เส้นชั้นความสูง ที่มีช่วงชั้นความสูง = m เมตร
Output: เส้นชั้นความสูง ที่มีช่วงชั้นความสูง = n เมตร
เรียงข้อมูลเส้นชั้นความสูงจากน้อยไปหามาก
Loop ตามจำนวนคอมพิวเตอร์
Loop ตามจำนวนระเบียน
ตรวจสอบ (ระเบียนที่ได้รับ) <= (ระเบียน/คอมพิวเตอร์)
กำหนดให้ประมวลผลเครื่องเดียวกัน
ตรวจสอบ contour ปัจจุบัน = contour ก่อนหน้า
กำหนดให้ประมวลผลเครื่องเดียวกัน
Result: แบ่งข้อมูลตามจำนวนคอมพิวเตอร์

วิธีที่ 2: Coordinate Partitioning Algorithm: CPA เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง โดยใช้พิกัด X, Y เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่อยู่ในพิกัด X, Y เดียวกัน จะแบ่งไปประมวลผลในเครื่องเดียวกัน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วิธีการแบ่งข้อมูลแบบ Coordinate Partitioning Algorithm

Input: เส้นชั้นความสูง ที่มีช่วงชั้นความสูง = m เมตร
Output: เส้นชั้นความสูง ที่มีช่วงชั้นความสูง = n เมตร
หาค่าน้อยสุดของ Xmin, Ymin
หาค่ามากสุดของ Xmax, Ymax
Loop ตามจำนวนคอมพิวเตอร์
Loop ตามจำนวนระเบียน
ตรวจสอบ (ระเบียนที่ได้รับ) <= (ระเบียน/คอมพิวเตอร์)
ตรวจสอบ พิกัด Xmin=Ymin=Xmax=Ymax
กำหนดให้ประมวลผลเครื่องเดียวกัน
ตรวจสอบ พิกัด Xmin =Ymin= Ymax
กำหนดให้ประมวลผลเครื่องเดียวกัน
ตรวจสอบ พิกัด Xmin = Ymin
กำหนดให้ประมวลผลเครื่องเดียวกัน
ตรวจสอบ พิกัด Xmin = Ymax
กำหนดให้ประมวลผลเครื่องเดียวกัน
Result: แบ่งข้อมูลตามจำนวนคอมพิวเตอร์

3.1.2 เครื่องลูกข่าย (Client)

ทำหน้าที่รับคำสั่งจากเครื่องแม่ข่าย และทำการประมวลผลข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้รับจากหน่วยเก็บข้อมูลในเครื่องแม่ข่าย เพื่อประมวลผลข้อมูล และทำหน้าที่ส่งผลการประมวลผลกลับไปยังเครื่องแม่ข่าย

สำหรับบทความนี้ ได้ใช้เวลาในการประมวลผลข้อมูลตามรูปแบบการประมวลผล ดังต่อไปนี้

$$Time = T_{par} + T_{com1} + T_{process} + T_{com2} + T_{join}$$

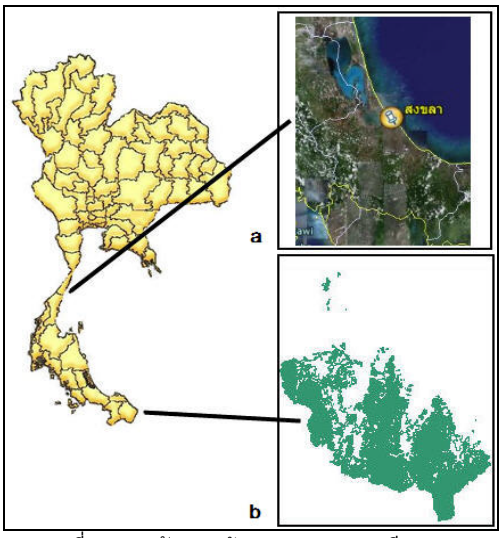
Time คือ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในระบบ
T_{par} คือ เวลาในการแบ่งข้อมูล
T_{com1} คือ เวลาในการสื่อสารระหว่างเครื่อง Server กับเครื่อง Client
$T_{process}$ คือ เวลาในการประมวลผลข้อมูล
T_{com2} คือ เวลาในการสื่อสารระหว่างเครื่อง Client กับเครื่อง Server
T_{join} คือ เวลาในการรวมข้อมูล

3.1.3 ข้อมูลทดสอบ (Test Data)

ประเทศไทย ตั้งอยู่บนคาบสมุทรอินโดจีนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีลักษณะภูมิประเทศแบ่งออกเป็น 6 เขต ดังนี้ เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขาภาคเหนือ เขตที่ราบภาคกลาง เขตภูเขาสูงภาคตะวันตก เขตภูเขาและที่ราบชายฝั่งภาคตะวันออก เขตที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเขตภูเขาที่ราบชายฝั่งคาบสมุทรภาคใต้ [10]

สำหรับการบทความนี้ ได้สนใจลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความสูงต่ำแตกต่างกัน จึงได้แบ่งลักษณะภูมิประเทศสำหรับบทความนี้ออกเป็น 4 เขต ดังนี้

1. เขตภูเขา มีลักษณะเป็นภูเขาสูงชัน
2. เขตภูเขา และที่ราบระหว่างภูเขา มีลักษณะเป็นทิวเขา หุบเขา และแอ่งแผ่นดินระหว่างภูเขา มีความสูงชัน
3. เขตที่ราบสูง มีลักษณะเป็นเขาสูงชัน ตามแนวทิวเขา
4. เขตที่ราบ มีลักษณะเป็นที่ราบลูกฟูก และภูเขาโดด



รูปที่ 4 แสดงลักษณะข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (a) และข้อมูลเส้นชั้นความสูง (b)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้เส้นชั้นความสูงของพื้นที่ทั้ง 4 เขตที่กล่าวมาเป็นข้อมูลในการทดสอบในการประมวลผล โดยมีขนาดความกว้าง 152,971.69 เมตร และความยาว 267,973.62 เมตร

โดยลักษณะข้อมูลเส้นชั้นความสูง ซึ่งได้จากการลากเส้น

คงที่ผ่านจุดต่างๆ บนพื้นดินที่มีค่าระดับเท่ากัน [11] โดยที่ข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่นำมาแบ่งต้องคำนึงถึง ความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ความสมบูรณ์ของการจำแนก และความสมบูรณ์ของการตรวจสอบข้อเท็จจริง [12] ซึ่งหากข้อมูลเส้นชั้นความสูงไม่สมบูรณ์ทำให้ผลการประมวลผลมีความผิดพลาด

4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

สำหรับบทความนี้ ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับเป็นเครื่อง Server และเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผล จำนวนคอมพิวเตอร์ทั้งหมด 5 เครื่อง โดยมีประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่

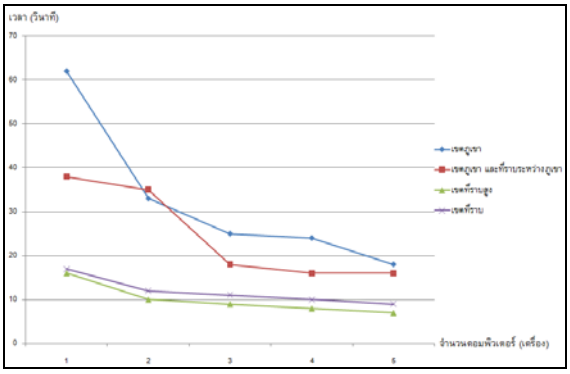
1. Processer: Intel(R) CPU T2400 @ 1.83GHz.
2. Installed memory (RAM): 2.5 GB
3. System type: Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 2

ข้อมูลที่ใช้ เป็นลักษณะข้อมูลเส้นชั้นความสูง ที่มีลักษณะภูมิประเทศ 4 เขต โดยกำหนดค่าเส้นชั้นความสูงจากช่วงชั้นความสูง 100 เมตร เป็น ช่วงชั้นความสูง 10 เมตร เพื่อให้ได้รายละเอียดชั้นความสูงมากขึ้น สำหรับการคำนวณศักยภาพพลังงานลม เป็นต้น

โปรโตคอลที่ใช้การสื่อสารได้แก่ TCP/IP สำหรับการส่งถ่ายข้อมูล โดยมีอัตราในการส่งถ่ายข้อมูลเป็น 1 GB

ตารางที่ 1 แสดงเวลาในการประมวลผลโดยใช้วิธีที่ 1:TPA (วินาที)

จำนวนคอมพิวเตอร์ / ลักษณะภูมิประเทศ	1 เครื่อง	2 เครื่อง	3 เครื่อง	4 เครื่อง	5 เครื่อง
เขตภูเขา	62	33	25	24	18
เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา	38	35	18	16	16
เขตที่ราบสูง	16	10	9	8	7
เขตที่ราบ	17	12	11	10	9

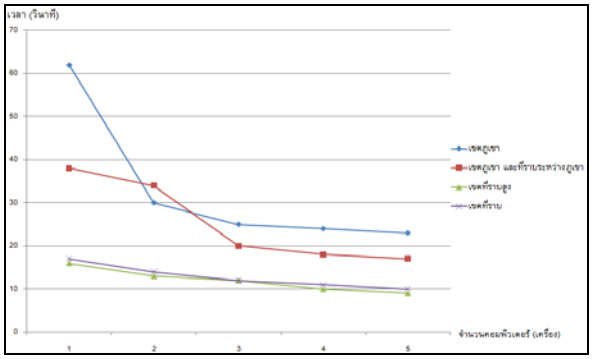


รูปที่ 5 กราฟแสดงเวลาในการประมวลผลของวิธีที่ 1: TPA

จากตารางที่ 1 แสดงเวลาในการประมวลผล โดยใช้วิธีการแบ่งข้อมูลแบบ CPA ซึ่งมีคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลจำนวน 1 2 3 4 และ 5 เครื่องตามลำดับ และรูปที่ 5 กราฟแสดงเวลากับจำนวนคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเห็นว่าการเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์มีผลทำให้เวลาในการประมวลผลลดลง

ตารางที่ 2 แสดงเวลาในการประมวลผลโดยใช้วิธีที่ 2:CPA (วินาที)

จำนวนคอมพิวเตอร์ / ลักษณะภูมิประเทศ	1 เครื่อง	2 เครื่อง	3 เครื่อง	4 เครื่อง	5 เครื่อง
เขตภูเขา	62	30	25	24	23
เขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา	38	34	20	18	17
เขตที่ราบสูง	16	13	12	10	9
เขตที่ราบ	17	14	12	11	10



รูปที่ 6 กราฟแสดงเวลาในการประมวลผลของวิธีที่ 2: CPA

จากตารางที่ 2 แสดงเวลาในการประมวลผล โดยใช้วิธีการแบ่งข้อมูลแบบ CPA ซึ่งมีคอมพิวเตอร์ในการประมวลผลจำนวน 1 2 3 4 และ 5 เครื่องตามลำดับ และรูปที่ 6 กราฟแสดงเวลากับจำนวนคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะเห็นว่าการเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์มีผลทำให้เวลาในการประมวลผลลดลง

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการแบ่งข้อมูล ที่มีลักษณะข้อมูลแตกต่างกัน

วิธีการ / ลักษณะภูมิประเทศ	วิธีที่ 1 TPA	วิธีที่ 2 CPA
เขตภูเขา		✓
เขตภูเขา และที่ราบระหว่างภูเขา	✓	
เขตที่ราบสูง	✓	
เขตที่ราบ	✓	

จากตารางที่ 3 เป็นตารางผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเวลาในการประมวลผลที่น้อยที่สุด เมื่อนำคอมพิวเตอร์จำนวน 5 เครื่องเข้ามาร่วมกันประมวลผล โดยใช้วิธีการแบ่งข้อมูลที่แตกต่างกัน 2 วิธี และลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน 4 เขตซึ่งผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มจำนวนคอมพิวเตอร์ช่วยลดเวลาในการประมวลผลลง โดยวิธีที่ 1: ใช้เส้นชั้นความสูงเป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล (TPA) เหมาะสำหรับลักษณะภูมิประเทศแบบเขตภูเขาและที่ราบระหว่างภูเขา ภูมิประเทศแบบเขตที่ราบสูง และภูมิประเทศแบบเขตที่ราบ ส่วนวิธีที่ 2: ใช้พิกัด X, Y เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล (CPA) เหมาะสำหรับลักษณะภูมิประเทศแบบเขตภูเขา

5. สรุป

ขั้นตอนวิธีการแบ่งข้อมูลเส้นชั้นความสูง ต้องคำนึงถึง ข้อมูลความกว้าง (พิกัด X) ความยาว (พิกัด Y) และความสูง (เส้นชั้นความสูง) และข้อมูลลักษณะภูมิประเทศที่มีความแตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นว่า เวลาในการประมวลขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายส่วน ได้แก่ เวลาในการแบ่งข้อมูล เวลาในการสื่อสารระหว่างเครื่อง Server กับเครื่อง Client เวลาในการประมวลผล เวลาในการรวมข้อมูล ซึ่งเวลาในการประมวลผล ขึ้นอยู่กับลักษณะเส้นชั้นความสูงของแต่ละเขตข้อมูล ขนาดเส้นชั้นความสูง ช่วงชั้นความสูง และความถี่เส้นชั้นความสูง ซึ่งปัจจัยหลักที่มีผลทำให้เวลาในการประมวลผลใช้เวลานาน ได้แก่ ลักษณะเขตข้อมูลเส้นชั้นความสูงของแต่ละพื้นที่และความถี่เส้นชั้นความสูงของแต่ละเขตข้อมูล

6. ข้อเสนอแนะ

สำหรับบทความนี้ เป็นวิธีการแบ่งข้อมูลที่ใช้ลักษณะข้อมูลตัวอย่าง 4 เขตในการทดสอบการประมวลผล ถ้าลักษณะข้อมูลที่มีความแตกต่างจากข้อมูลดังกล่าว เช่น ลักษณะเส้นชั้นความสูงที่มีความชันชิดกันมากเป็นหน้าผา ความลาดชันไม่สม่ำเสมอ และลักษณะพื้นที่ราบเรียบ เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูล ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้เวลาในการประมวลผลใช้เวลาแตกต่าง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้เงินทุนสนับสนุนในการทำวิจัยนี้ และศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (ภาคใต้) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลแผนที่ดิจิตอล

เอกสารอ้างอิง

[1] ธีรณี อจลากุล, ราชวิชช์ สโรชวิกสิต.2551.เทคโนโลยีการประมวลผลแบบขนาน และแบบกระจาย, บริษัท สำนักพิมพ์ ท้อป จำกัด, กรุงเทพฯ, หน้า 19-20.

[2] Grid Computing: เทคโนโลยี IT ของโลกอนาคต. http://www.vcharkarn.com/include/vcafe/showkratoo.php?Pid=40307.[Available online December, 2009]

[3] เทคโนโลยีการประมวลผลแบบกระจาย (Distributed Computing) http://www.vcharkarn.com/vblog/34994 distributed computing.[Available online December, 2009]

[4] ESRI. 2005. The Guide to Geographic Information System (online). [Available online December, 2009]

[5] Terence M. Cronin .2003.Visualizing concave and convex partitioning of 2D contours. Patten Recognition Letters 24 (2003), March. 18, 2002: 429-443

[6] Hamish Carr, Jack Snoeyink, and Michiel van de Panne.2004.Contour Tree Simplification With Local Geometric Measures. 14th Annual Fall Workshop on Computational *Geometry*, Nov 19-20, 2004, MIT.

[7] Meng Ling Kui, Huang Changqing, Zhao Chunyu, “An Improved Hilbert Curve for Parallel Spatial Data Partitioning”, Geo-spatial Information Science 10(4),2007 : 282-286.

[8] Xiao Fang Zhou, David J. Abel, David Truffet. 1998. “Data Partitioning for Parallel Spatial Join Processing”, Kluwer Academic Publishers, Boston. Manufactured in The Netherlands, GeoInformatica 2:2, 1998: 175-204.

[9] อุทัย สุขสิงห์. 2547.การจัดการระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ด้วยโปรแกรม ArcView 3.2a-3.3, ส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) สนพ.สมาคม, กรุงเทพฯ

[10] Kelly Chan.1998.DIGEST A primer for the International GIS Standard.Lewis Publishers,New York, Washington D.C.

[11] ประเทศไทย.http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A8%E0%B9%84%E0%B8%97%E0%B8%A2. [Available online December, 2009]

[12] เส้นชั้นความสูง (Contouring) .http://survey.werthai.com/contouring.htm [Available online December, 2009]

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวขนกกุล แซ่โค้ว

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5010121006

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต(วิทยาการคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยทักษิณ	2550

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

นักวิทยาศาสตร์ ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ขนกกุล แซ่โค้ว, เกริกชัย ทองหนู และ ศิริรัตน์ วณิชโยบล. 2553. "ขั้นตอนวิธีการแบ่งข้อมูลภูมิสารสนเทศสำหรับการประมวลผลแบบขนาน" การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 8. PEC-8, 22-23 เมษายน 2553, สงขลา, ประเทศไทย.