การศึกษา ออกแบบ และพัฒนาระบบจัดการชุดข้อมูลภาพขนาดใหญ่ สนับสนุนการเผยแพร่ข้อมูลปริภูมิออนไลน์

นางสาว อรวินท์ จันทร์คำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE STUDY, DESIGN AND DEVELOPMENT OF TERABYTE IMAGERY DATASET MANAGEMENT SYSTEM SUPPORTING ONLINE SPATIAL DATA DISSEMINATION

Miss Orawin Chankham

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Spatial Information System in Engineering

Department of Survey Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษา ออกแบบ และพัฒนาระบบจัดการชุดข้อมูลขนาดใหญ่ สนับสนุนการเผยแพร่ข้อมูลปริภูมิออนไลน์
โดย	นางสาวอรวินท์ จันทร์คำ
สาขาวิชา	ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ชัย เกรียงไกรเพชร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.บรรเจิด พละการ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อรวินท์ จันทร์คำ : การศึกษา ออกแบบ และพัฒนาระบบจัดการชุดข้อมูลขนาดใหญ่สนับสนุนการเผยแพร่ข้อมูลปริภูมิออนไลน์. (THE STUDY, DESIGN AND DEVELOPMENT OF TERABYTE IMAGERY DATASET MANAGEMENT SYSTEM SUPPORTING ONLINE SPATIAL DATA DISSEMINATION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล, 95 หน้า.

การจัดการโครงสร้างข้อมูลแผนที่ภาพมีความจำเป็นสำหรับระบบให้บริการข้อมูลแผนที่ภาพขนาดใหญ่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในด้านความเร็วของการให้บริการ เช่น NASA, Microsoft และ Google แต่เทคนิคการจัดการโครงสร้างของผู้ให้บริการเหล่านี้ไม่เป็นที่เผยแพร่ ขณะที่โปรแกรม Map Server ให้บริการทั้งเชิงพาณิชย์และรหัสเปิดไม่มีเทคนิคเฉพาะสำหรับจัดการกับข้อมูลแผนที่ภาพขนาดใหญ่

วิทยานิพนธ์นี้เป็นการนำเสนอผลการศึกษาและวิจัย วิธีการออกแบบโครงสร้าง การบริหารจัดการชุดข้อมูลแผนที่ภาพโดยวิธีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ นอกจากนี้ได้ใช้วิธีการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพรูปแบบทั่วไปอีก 3 รูปแบบ คือ การสร้างพีรามิดภายใน การสร้างพีรามิดภายนอก และการแบ่งส่วนข้อมูล พบว่าขนาดของข้อมูลที่ได้จากการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่มีขนาดเล็กกว่าขนาดของข้อมูลภาพต้นฉบับประมาณ 10 เท่า ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลที่ได้จากการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพรูปแบบทั่วไป 3 รูปแบบข้างต้นที่มีขนาดของข้อมูลเพิ่มขึ้น และเมื่อนำข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูลทั้ง 4 รูปแบบ รวมทั้งข้อมูลภาพต้นฉบับมาทดสอบการแสดงผลภาพด้วย Map Server ได้แก่ Minnesota Mapserver, ArcIMS และ Geoserver เพื่อทำการวัดประสิทธิภาพเปรียบเทียบการเผยแพร่ผ่านเครือข่าย ปรากฏผลอย่างชัดเจนว่าความเร็วเฉลี่ยในการแสดงผลภาพของข้อมูลภาพที่ผ่านการจัดเตรียมตามวิธีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ มีความเร็วกว่าข้อมูลต้นฉบับและข้อมูลภาพที่ถูกจัดเตรียมโดยวิธีการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพรูปแบบทั่วไปทั้ง 3 รูปแบบ และใช้ได้ดีกับ Minnesota Mapserver และ ArcIMS ในทุกความละเอียดจุดภาพเมื่อเปรียบเทียบกับ Geoserver

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2551

4870561021 : MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING

KEYWORDS : RASTER / IMAGERY / PYRAMID / TILING / INDEXING

ORAWIN CHANKHAM : THE STUDY, DESIGN AND DEVELOPMENT OF TERABYTE IMAGERY DATASET MANAGEMENT SYSTEM SUPPORTING ONLINE SPATIAL DATA DISSEMINATION. ADVISOR : ASST. PROF SANPHET CHUNITHIPAISAN, Ph.D, 95 pp.

Imagery data handling and data preparation for online publishing datasets are important and necessary in order to increase the efficiency of data distribution. Apart from typical map server solution, These can be seen in large international organizations that worldwide publish a huge amount of imagery dataset e.g. NASA, Microsoft and Google.

This thesis presents the results of study and research in the methodology to prepare large imagery datasets by designing data structure and resampling data using pyramidal tiling concept. The data structures of internal pyramid, external pyramid and internal tile are also used and tested in this research to compare with such designed resampling data structure. The size of designed resampling dataset is about 10 times smaller than original dataset, whereas other solutions are larger. These prepared datasets are tested with map servers, including Minnesota Mapserver, ArcIMS and Geoserver, to measure the performance of data distribution. The result shows that the speed of map response from designed resampling dataset is faster than the original dataset and others, such dataset is better supported in Minnesota Mapserver or ArcIMS rather than Geoserver

Department : Survey Engineering Student's Signature .....

Field of Study : Spatial Information System in Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year : 2008

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา อย่างสูงสำหรับการสนับสนุนและความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบ รศ.สวัสดิ์ชัย เกรียงไกรเพชร ประธานกรรมการ รศ.ดร.บรรเจิด พละการ และรศ.ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ กรรมการการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์ ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆ ที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญภาพ.....ฐ

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....4
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....4

บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....5
2.1 เทคนิคการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ.....5
2.1.1 การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ (Pyramid).....5
2.1.2 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Tiling).....6
2.1.3 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ (Indexing).....8
2.1.4 เทคนิคการแบ่งส่วนข้อมูลภาพร่วมกับการสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ (Pyramidal Tiling).....11
2.1.5 เทคนิคไทล์แคชชิง.....14
2.2 การอ้างอิงตำแหน่งของโลกของข้อมูลภาพ (Georeference).....14
2.3 แม่ข่ายแผนที่ (Map Server).....17

หน้า

2.4 มินเนโซตา แมพเซิร์ฟเวอร์ (Minnesota Map Server) 17
2.5 ArcIMS 20
2.5.1 ส่วนที่ใช้สำหรับแสดงผลข้อมูล (Presentation tier) 20
2.5.2 ส่วนจัดการข้อมูล (Business logic tier) 21
2.5.3 เครื่องแม่ข่าย (Server) 21
2.6 จีโอเซิร์ฟเวอร์ (Geoserver) 23
2.7 โอเพนเลเยอร์ (Openlayers) 24
2.8 Web Map Service (WMS) 25
2.9 Web Map Tiling Service (WMTS) 26
2.10 ชุดคำสั่งจีดาล (GDAL) 31

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 33

3.1 การสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ (Internal Pyramid) 34
3.2 การสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ (External Pyramid) 35
3.3 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Internal Tile) 35
3.4 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพและสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ (Pyramidal Tiling) 36
3.5 การพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการจัดการข้อมูลภาพ 38
3.6 การสร้างเวิลด์ไฟล์ 40
3.7 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ 41
3.7.1 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพในรูปแบบ Shapefile 41
3.7.2 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพในรูปแบบ Database File 42
3.8 การให้บริการข้อมูลใน Mapserver 44
3.8.1 แม่ข่ายแผนที่ Minnesota Mapserver 44
3.8.2 แม่ข่ายแผนที่ ArcIMS 45
3.8.3 แม่ข่ายแผนที่ Geoserver 46
3.9 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อแสดงข้อมูลภาพผ่านเครือข่าย 46

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดสอบ.....50

4.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมข้อมูล.....51

4.2 ขนาดหน่วยความจำสำหรับจัดเก็บข้อมูลภาพ 53

4.3 การทดสอบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพ 54

4.3.1 ผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพของ Minnesota Mapserver 55

4.3.2 ผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพของ ArcIMS 59

4.3.3 ผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพของ Geoserver.....63

4.3.4 การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่าง Map Server 68

บทที่ 5 บทสรุป.....78

5.1 สรุปผล 78

5.1.1 การจัดเตรียมข้อมูลภาพ.....78

5.1.2 การแสดงผลข้อมูลภาพ 79

5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....82

5.3 ข้อเสนอแนะ.....82

รายการอ้างอิง.....83

ภาคผนวก.....85

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....95

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงระบบอ้างอิงตำแหน่งโลกและรหัส EPSG ทีมีการใช้งานในประเทศไทย	16
2.2	แสดงรายละเอียดของข้อมูลเวิลด์ไฟล์	16
2.3	แสดงรูปแบบไฟล์ของข้อมูลภาพที่สามารถใช้งานบน ArcIMS (14 กุมภาพันธ์ 2552)	22
2.4	แสดงรูปแบบไฟล์ของข้อมูลภาพที่สามารถใช้งานบน Geoserver	24
2.5	แสดงรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการ GetTile	28
2.6	แสดงรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการ GetFeatureInfo	29
2.7	แสดงชุดคำสั่งหลักที่ใช้จัดการกับข้อมูลภาพ	32
3.1	แสดงระบบของไทล์และพีรามิดที่ใช้ในการวิจัย	37
3.2	แสดงรายละเอียดจุดภาพของข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดสอบ	38
4.1	แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ	52
4.2	แสดงขนาดหน่วยความจำของข้อมูลภาพ	54
4.3	แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 61.52 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)	55
4.4	แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 30.76 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)	55
4.5	แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 15.38 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)	56
4.6	แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 7.69 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)	57
4.7	แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 3.85 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)	57
4.8	แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 1.92 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)	58
4.9	แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.96 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)	58

ตารางที่ หน้า

4.10 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.48 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver).....59
4.11 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 61.52 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS) 59
4.12 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 30.76 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS) 60
4.13 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 15.38 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS) 60
4.14 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 7.69 เมตรต่อจุดภาพ.....61
4.15 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 3.85 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS) 61
4.16 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 1.92 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS) 62
4.17 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.96 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS) 62
4.18 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.48 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS) 63
4.19 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 61.52 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver) 63
4.20 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 30.76 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver) 64
4.21 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 15.38 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver) 65
4.22 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 7.69 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver) 65

ตารางที่ หน้า

4.23 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 3.85 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver) 66
4.24 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 1.92 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver) 67
4.25 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.96 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver) 67
4.26 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.48 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver) 68
4.27 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 61.52 เมตร 68
4.28 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 30.76 เมตร 69
4.29 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 15.38 เมตร 70
4.30 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 7.69 เมตร 71
4.31 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 3.85 เมตร 72
4.32 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 1.92 เมตร 73
4.33 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 0.96 เมตร 74
4.34 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 0.48 เมตร 75

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงการทำงานของระบบการจัดการข้อมูล	2
2.1	ขั้นตอนการสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ (Adelson, 1983)	6
2.2	การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	8
2.3	ตัวอย่างดัชนีข้อมูลภาพแบบเวกเตอร์ (Shapefile)	9
2.4	ลักษณะข้อมูลไฟล์ .properties	9
2.5	ตัวอย่างดัชนีข้อมูลภาพแบบ Database File	10
2.6	ตัวอย่างดัชนีข้อมูลภาพแบบไฟล์ข้อมูล	10
2.7	ลักษณะการจัดการโครงสร้างข้อมูลแบบ Pyramidal Tiling (Matt Mills, 2006)	11
2.8	การอ่านค่าพิกัด (Matt Mills, 2006)	11
2.9	โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลภาพของเวิลด์วินด์ (Matt Mills, 2006)	12
2.10	การแบ่งข้อมูลภาพของ Terraserver (Barclay ,Gray, 2006)	13
2.11	พีรามิดข้อมูลภาพของ Terraserver (Barclay, Gray, 2006)	13
2.12	รายละเอียดข้อมูลการปรับยืดเชิงปริภูมิในส่วนของหัวเรื่องของข้อมูลภาพ	15
2.13	ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลเวิลด์ไฟล์	17
2.14	รูปแบบการทำงานของ Map Server	17
2.15	รูปแบบสถาปัตยกรรมของ Minnesota Mapserver (ชัยภัทร เนื่องคำมา, 2549)	19
2.16	องค์ประกอบของ ArcIMS	20
2.17	สถาปัตยกรรมการทำงานร่วมกันของ ArcIMS Application,	22
2.18	ตัวอย่างการแสดงข้อมูลแผนที่ด้วย Openlayers	25
2.19	ชุดคำสั่งในการทำงานของ WMS	26
2.20	ชุดคำสั่งในการทำงานของ WMTS	27
2.21	ลักษณะของ Tile Matrix (Masó et al., 2009)	30
2.22	ลักษณะของ Tile Matrix Set (Masó et al., 2009)	30
3.1	ข้อมูลภาพบริเวณพื้นที่ศึกษา	34
3.2	ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง gdaladdo	34
3.3	ตัวอย่างรายละเอียดชั้นข้อมูลภาพจำนวน 7 ชั้น	35

รูปที่ หน้า

3.4 ไวยากรณ์และตัวอย่างการสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพโดยใช้โปรแกรม ArcGIS 9.2 35
3.5 ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง gdal_translate 36
3.6 รายละเอียดการแบ่งส่วนข้อมูลภาพขนาด 512 x 512 จุดภาพ 37
3.7 ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมประยุกต์ dstile 37
3.8 เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้ 39
3.9 ตัวอย่าง Tile_in.bat 40
3.10 ตัวอย่าง Pyramid_in.bat 40
3.11 ตัวอย่าง Pyramid_ex.bat 40
3.12 ตัวอย่าง pyramid_tile.bat 40
3.13 ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง gdaltindex 41
3.14 ลักษณะข้อมูลไฟล์ .properties 42
3.15 ลักษณะดัชนีข้อมูลภาพแบบ Database File 42
3.16 โปรแกรมประยุกต์ Coordinate Transfer Utility 43
3.17 พื้นที่ครอบคลุมภาพที่ได้จากโปรแกรมประยุกต์ Coordinate Transfer Utility 44
3.18 ตัวอย่าง Map File ที่ควบคุมการทำงานของ Minnesota Mapserver ของชุดข้อมูลการสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ 45
3.19 ตัวอย่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Map File ที่ควบคุมการทำงานของ ArcIMS Service ของชุดข้อมูลการสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ 46
3.20 กำหนดกรอบแผนที่ที่ใช้แสดงข้อมูลภาพ 47
3.21 กำหนดพิกัดควบคุม, ตำแหน่งกึ่งกลางภาพและระดับชั้นเริ่มต้น 47
3.22 รายละเอียดเพิ่มเติมสำหรับการเรียกดูแผนที่ภาพ 47
3.23 URL สำหรับเรียกดูข้อมูลภาพของแต่ละ Map Server 48
3.24 ตัวอย่าการกำหนดค่าการทำงานให้กับชั้นข้อมูล 49
3.25 โปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น 49
4.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างพีรามิดข้อมูลข้อมูลภาพให้กับข้อมูลที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 51
4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งส่วนข้อมูลขนาด 512x512 จุดภาพ ให้กับข้อมูลที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 52

รูปที่ หน้า

4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งส่วนข้อมูลและสร้างพีรามิดให้กับข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 52
4.4 ระยะเวลาการสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพโดยใช้โปรแกรม ArcGIS 9.2 53
4.5 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 61.52 เมตร 69
4.6 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 30.76 เมตร 70
4.7 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 15.38 เมตร 71
4.8 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 7.69 เมตร 72
4.9 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 3.85 เมตร 73
4.10 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 1.92 เมตร 74
4.11 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 0.96 เมตร 75
4.12 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 0.48 เมตร 76
5.1 การเปรียบเทียบเวลา (นาที) ที่ใช้ในการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ 78
5.2 การเปรียบเทียบขนาดข้อมูลภาพ (กิกะไบท์) ที่ได้จากการจัดการโครงสร้าง 79
5.3 เปรียบเทียบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพด้วย Minnesota Mapserver 80
5.4 เปรียบเทียบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพด้วย ArcIMS 80
5.5 เปรียบเทียบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพด้วย Geoserver 81
ก. 1 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 61.52 เมตรต่อจุดภาพ 87
ก. 2 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 30.76 เมตรต่อจุดภาพ 88
ก. 3 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ15.38 เมตรต่อจุดภาพ 89
ก. 4 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 7.69 เมตรต่อจุดภาพ 90
ก. 5 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 3.85 เมตรต่อจุดภาพ 91

รูปที่ หน้า

ก. 6 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 1.92 เมตรต่อจุดภาพ.....92
ก. 7 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 0.96 เมตรต่อจุดภาพ.....93
ก. 8 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 0.48 เมตรต่อจุดภาพ.....94

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

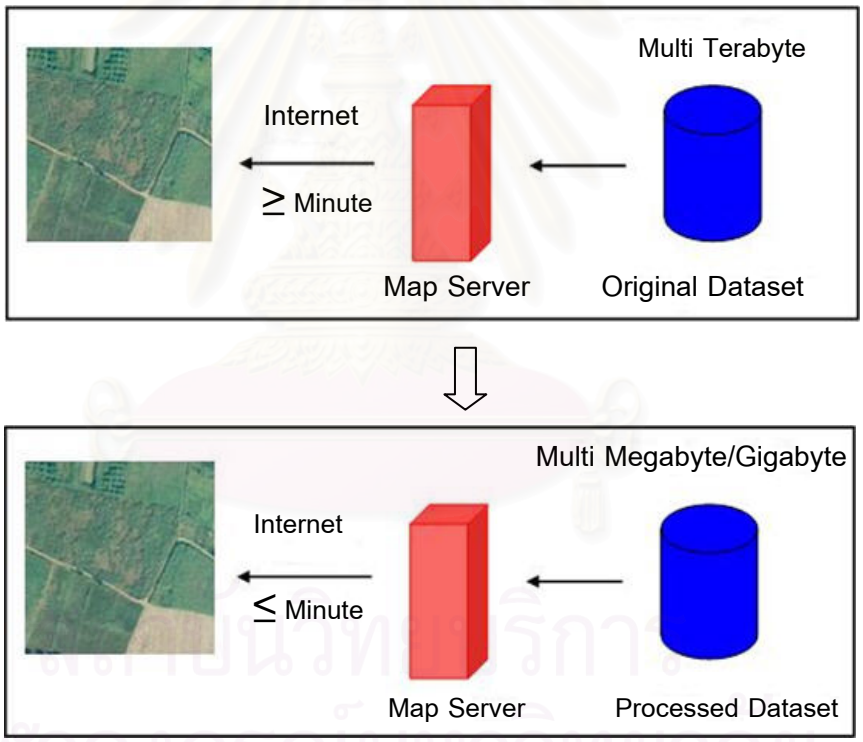
ปัจจุบันประเทศไทยมีข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายรายละเอียดสูง ทั้งที่เป็นภาพถ่ายทางอากาศ ภาพแผนที่ภูมิประเทศ และภาพถ่ายรายละเอียดสูง ครอบคลุมพื้นที่ทั้งประเทศ ปริมาณข้อมูลจึงมีขนาดใหญ่มากระดับเทอระไบต์ขึ้นไป เช่น ชุดแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ 1:4,000 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่าทั้งประเทศประกอบด้วยจำนวนภาพถ่ายทั้งหมด 136,945 ระวาง แต่ละระวางมีขนาดประมาณ 105 MB ดังนั้นขนาดข้อมูลรวมของชุดข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ 1:4,000 จึงมีขนาดประมาณ 14.4 TB (14,380 GB) สำหรับชุดข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:25,000 จะมีจำนวน 3,254 ระวาง แต่ละระวางมีขนาดประมาณ 1.1 GB ดังนั้นขนาดข้อมูลรวมของชุดข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ 1:25,000 มีขนาดประมาณ 3.6 TB (3,579 GB) (สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548)

วิธีการในการเตรียมข้อมูลเพื่อเผยแพร่ข้อมูลแผนที่ภาพทางอินเตอร์เน็ตขององค์กรต่างๆ ในประเทศไทยในปัจจุบันมักจะกระทำโดยการจัดการกับชุดข้อมูลต้นฉบับซึ่งมีขนาดหลายเทอระ-ไบต์ แล้วนำเสนอโดยใช้เทคโนโลยี Map Server สำหรับการเผยแพร่ข้อมูลแผนที่ภาพผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ตัวอย่างเช่น การทำพีรามิดให้กับข้อมูลภาพต้นฉบับ โดยการใช้เครื่องมือที่มีในโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะให้ผลในการนำเสนอที่รวดเร็วกว่าการใช้ภาพต้นฉบับโดยตรง แต่ขนาดของข้อมูลที่ได้ก็มีขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก เช่น การสร้างพีรามิดให้กับข้อมูลภาพ 1:4,000 ที่มีขนาด 6001x6001 พิกเซล โดยโปรแกรม ArcGIS จะทำการสร้างไฟล์พีรามิด (ไฟล์ .rrd) ที่มีขนาดประมาณ 9.17 MB ต่อภาพ เพิ่มขึ้นมาอีกหนึ่งไฟล์ ซึ่งเมื่อจำนวนข้อมูลภาพมีปริมาณเพิ่มขึ้น ก็จะยิ่งทำให้ขนาดของไฟล์ข้อมูลโดยรวมเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก และในการแสดงผลข้อมูลภาพ ถึงแม้ว่าจะมีการแก้ปัญหาด้วยการใช้วิธีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพให้กับภาพต้นฉบับ ที่ทำให้การทำงานเร็วขึ้นและใช้ทรัพยากรระบบน้อยลงในการอ่านข้อมูล แต่ขนาดของข้อมูลโดยรวมซึ่งเป็นข้อมูลต้นฉบับก็ยังคงมีปริมาณมากอยู่เช่นเดิม

สวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข (2549) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของโครงสร้างข้อมูลภาพเพื่อการเผยแพร่ผ่านเครือข่าย โดยใช้ชุดข้อมูลภาพดาวเทียมแลนด์แซต 7 มีขนาดข้อมูลประมาณ 45 กิกะไบท์ ทำการศึกษาการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ 2 รูปแบบ คือ การสร้างพีรามิดภายใน และการแบ่งส่วนข้อมูล โดยการแสดงผลภาพผ่าน Minnesota Mapserver ซึ่งพบว่าเทคนิคการสร้างพีรามิดภายในและการแบ่งส่วนข้อมูลภาพช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้ดี อย่างไรก็ตาม การจัดการ

โครงสร้างข้อมูลภาพอาจมีมากกว่า 2 รูปแบบและโครงสร้างข้อมูลแต่ละแบบอาจรองรับการทำงานของ Map Server ที่แตกต่างกัน

ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงมุ่งที่จะศึกษาเทคนิคในการจัดการโครงสร้างเพิ่มเติมจากการศึกษาข้างต้นกับข้อมูลภาพที่มีขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น ทำการวัดความสามารถของ Map Server ที่สนับสนุนการจัดการข้อมูลในรูปแบบต่างๆ ด้วยซอฟต์แวร์ Minnesota Mapserver, ArcIMS และ Geoserver โดยมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงอยู่ 3 ประการ คือ ขนาดของไฟล์ข้อมูล (Data Storage) ที่เล็กกว่าไฟล์ต้นฉบับ การมองเห็น (Visualization) ซึ่งให้ความสำคัญอยู่ที่รายละเอียดของภาพต้องไม่เสียไป และความเร็ว (Speed) ในการดึงข้อมูลมาใช้ในการนำเสนอข้อมูล แสดงลักษณะการทำงานดังรูปที่ 1.1 และทำการพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการจัดเตรียมชุดข้อมูลแผนที่ภาพขนาดใหญ่ดังกล่าว



รูปที่ 1.1 แสดงการทำงานของระบบการจัดการข้อมูล

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) ศึกษาเทคนิคและออกแบบการจัดการโครงสร้างฐานข้อมูลภาพแผนที่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผยแพร่ฐานข้อมูลภาพแผนที่ขนาดใหญ่บนระบบเครือข่าย

2) พัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการจัดการข้อมูลภาพตามโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้

3) เปรียบเทียบประสิทธิภาพการเผยแพร่ข้อมูลผ่านเครือข่ายด้วยวิธีการจัดการชุดข้อมูลภาพตามที่ออกแบบ กับชุดข้อมูลภาพที่ได้จากการจัดเตรียมด้วยวิธีการ Pyramid, Tiling และ Indexing แบบปกติ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1) ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ได้แก่ ข้อมูลภายใต้โครงการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข มาตราส่วน1:4,000 และมาตราส่วน 1:25,000 ของโครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ บินถ่ายภาพล่าสุดในปี พ.ศ. 2545 บริเวณจังหวัดขอนแก่น ขนาดข้อมูลรวมประมาณ 96 GB

2) รูปแบบโครงสร้างข้อมูลภาพที่จะใช้ในการทดสอบประกอบด้วย
   - ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ
   - การทำพีรามิดภายในข้อมูลภาพ (Internal Pyramid)
   - การทำพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ (External Pyramid)
   - การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Internal Tiling)
   - การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Pyramidal Tiling)

3) ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือเพื่อสนับสนุนการจัดการข้อมูลภาพที่มีขนาดใหญ่

4) อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
   - คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล สำหรับทำหน้าที่เป็นเครื่องแม่ข่ายและลูกข่าย
   - ซอฟต์แวร์สำหรับการแสดงผลแผนที่ผ่านเครือข่าย ในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้โปรแกรม Minnesota Mapserver 5.0.2, ArcIMS 9.2 และโปรแกรม Geoserver 1.7.0
   - ใช้ Http แบบ Get เพื่อดึงข้อมูลภาพ
   - ใช้โปรแกรมประยุกต์จาก Geospatial Data Abstraction Library : GDAL สำหรับการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ
   - ระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นระบบปฏิบัติการแบบวินโดว์ ซอฟต์แวร์ทุกชนิดที่เลือกใช้ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดว์

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาแนวความคิดและเทคนิคการจัดการข้อมูลภาพ คือ Pyramid, Tiling และ Indexing
2) พัฒนาเครื่องมือเพื่อใช้ในการประมวลผลและจัดเตรียมชุดข้อมูลตามโครงสร้างที่ได้ออกแบบไว้
3) เตรียมข้อมูลภาพ โดยมีขั้นตอนดังนี้
   - การสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ
   - การสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ
   - การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ
   - การแบ่งส่วนและสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ
   - การสร้างเวิลด์ไฟล์
   - การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ
4) ติดตั้งการให้บริการข้อมูลใน Map Server
5) พัฒนาเครื่องมือเพื่อเรียกดูข้อมูลภาพ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1) ทราบถึงแนวทางและวิธีการในการจัดการและข้อจำกัดของเทคนิคการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพแบบต่างๆ
2) เข้าใจถึงการจัดการโครงสร้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเผยแพร่ข้อมูลผ่านเครือข่าย
3) ได้เครื่องมือสนับสนุนการจัดการข้อมูลภาพขนาดใหญ่
4) ได้ข้อมูลในการตัดสินใจที่จะใช้คัดเลือกการเลือกใช้การจัดการโครงสร้างข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการเผยแพร่ผ่านเครือข่าย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

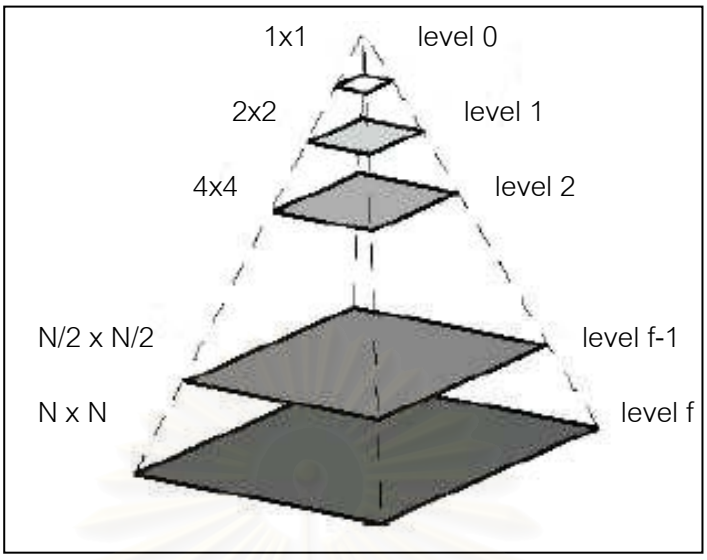
2.1 เทคนิคการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ

การทำงานของ Map Server กับข้อมูลภาพที่มีปริมาณมาก จะทำให้เกิดปัญหาในการใช้งาน ดังนั้น เพื่อช่วยลดภาระในการทำงานของ Map Server ซึ่งมีทรัพยากรในการทำงานที่จำกัด ประกอบกับการใช้งานพร้อมกันของผู้ใช้จำนวนมาก อาจมีผลทำให้ระบบรับภาระไม่ไหวจนถึงกับล่มได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพให้มีความเหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้กับ Map Server โดยเทคนิคสำคัญ 3 ประการในการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพประกอบด้วย การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ และการทำดัชนีข้อมูลภาพ

2.1.1 การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ (Pyramid)

คือ กระบวนจัดเก็บข้อมูลภาพที่ถูกลดรายละเอียดจุดภาพลงในรูปแบบของพีรามิด โดยที่ชั้นฐานของพีรามิดคือข้อมูลที่มีความละเอียดจุดภาพมาก ส่วนชั้นที่อยู่เหนือกว่าจะมีขนาดและความละเอียดจุดภาพลดลง (Gonzalez and Woods, 2002) โดยรายละเอียดของจุดภาพในแต่ละชั้นข้อมูลจะมีความสอดคล้องกับมาตราส่วนในการแสดงผลข้อมูล (Adelson, E. H., C. H. Anderson, J. R. Bergen, P. J. Burt and J. M. Ogden, 1984)

การทำพีรามิดอาศัยหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่ว่า ไม่ว่าข้อมูลจะมีขนาดใหญ่แค่ไหนการ แสดงผลยังคงอยู่บนจอภาพที่มีขนาดคงที่ หากข้อมูลมีขนาดใหญ่กว่าจอภาพคอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลเพื่อย่อภาพให้สามารถแสดงผลได้บนหน้าจอที่กำหนด นั่นคือต้องอ่านข้อมูลทั้งหมดก่อนจึงค่อยประมวลผลขนาดการแสดงผลหน้าจอแล้วทำการย่อขนาดภาพ หากมีการเตรียมข้อมูลภาพให้มีขนาดลดหลั่นกันลงมา เมื่อต้องการแสดงผลภาพรวมก็ให้อ่านข้อมูลที่มีขนาดเล็กกว่า แทนที่จะอ่านข้อมูลขนาดใหญ่ทั้งหมดทำให้ประหยัดเวลาในการอ่านข้อมูล การจำลองการลดขนาดของข้อมูลภาพ โดยการลดทอนขนาดข้อมูลภาพจะใช้วิธีลดทอนโดยมาตราส่วน ตัวอย่างเช่นข้อมูลภาพ มีมาตราส่วนเท่ากับ 1:10,000 เมื่อทำการลดทอนข้อมูลเป็น 1 : 50,000 และ 1 : 100,000 ตามลำดับ ลักษณะการลดทอนข้อมูลเป็นลำดับนี้มีลักษณะคล้ายพีรามิด จึงเป็นที่มาของชื่อเทคนิคการลดทอนข้อมูลภาพ โดยไฟล์ข้อมูลภาพทั้ง 3 มาตราส่วนที่ทำนั้น จะรวมกันอยู่ในไฟล์เดียวกัน (ภาณุ อุทัยศรี, 2546)



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ (Adelson, 1983)

การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ สามารถทำได้โดยโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ เช่น gdal_translate จากชุดคำสั่ง GDAL หรือโปรแกรม Erdas Imagine โปรแกรม ArcGIS เป็นต้น

2.1.2 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Tiling)

เป็นกระบวนการแบ่งโครงสร้างของข้อมูลภาพทั้งหมดออกเป็นสี่เหลี่ยมย่อยๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้หลายขนาด และภาพที่ถูกแบ่งจะมีขนาดความกว้างยาวเท่ากันโดยภาพที่ถูกแบ่งจะเรียงชิดติดกัน โดยแต่ละภาพที่ถูกแบ่งนั้นจะไม่มีส่วนที่ซ้อนทับกัน

Murray and vanRyper (1996) ได้กล่าวถึงรูปแบบของการแบ่งส่วนข้อมูลภาพของไฟล์ JPEG โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1) Simple Tiling เป็นการแบ่งภาพเป็นส่วนย่อย ภาพที่ถูกแบ่งจะมีการเรียงลำดับจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่างอย่างต่อเนื่องและไม่ซ้อนทับกัน ทุกภาพมีขนาดเท่ากัน
2) Pyramidal Tiling เป็นการแบ่งส่วนข้อมูลภาพเป็นส่วนย่อย แต่ภาพที่ถูกแบ่งจะมีระดับความละเอียดแตกต่างกัน ส่วนยอดของพีรามิดจะเป็นภาพที่มีความละเอียดของภาพต่ำสุด ชั้นถัดลงมาจะมีความละเอียดของภาพเพิ่มมากขึ้นจนถึงชั้นฐานของพีรามิดซึ่งเป็นภาพต้นฉบับ ทำการลดทอนขนาดข้อมูลโดยมาตราส่วนลดหลั่นกันลงมา Pyramidal Tiling มีวิธีการทำงาน 2 วิธี คือ การทำพีรามิดและการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

3) Composite Tiling เป็นการแบ่งส่วนข้อมูลภาพเป็นส่วนย่อยที่มีรายละเอียดหลายระดับแตกต่างกัน และแสดงเป็นโมเสก ภาพที่ได้จากการแบ่งสามารถมีการซ้อนทับกันได้ โดยภาพที่ได้อาจมีขนาด มาตราส่วน และพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันได้ แต่ละไทล์จะถูก encode แยกจากกัน หรืออาจรวมเข้ากับไทล์อื่น

การแบ่งส่วนข้อมูลภาพจะทำการประมวลผลเฉพาะส่วนที่เลือก ทำให้การทำงานเร็วขึ้นและใช้ทรัพยากรน้อยลงในการอ่านข้อมูล แต่หากต้องการแสดงข้อมูลทั้งหมด แล้วยังคงต้องทำการอ่านข้อมูลทั้งหมดก่อน หลังจากนั้นจึงทำการย่อให้เหมาะสำหรับแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ หากต้องการให้การทำงานในลักษณะย่อขยายให้ได้ผลที่รวดเร็วและใช้ทรัพยากรน้อย ต้องอาศัยเทคนิคอื่นเข้าช่วย ในการใช้งานไฟล์ข้อมูลภาพขนาดใหญ่โดยเฉพาะภาพข้อมูลดาวเทียมส่วนใหญ่การใช้งานมักต้องการแสดงภาพเพียงบางส่วน แต่เครื่องคอมพิวเตอร์ต้องอ่านข้อมูลทั้งหมดของภาพก่อนแล้วจึงแสดงผลบริเวณที่ต้องการทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรระบบและเวลา เพื่อสนับสนุนการใช้งานสามารถทำการแบ่งส่วนบนข้อมูลภาพได้ การแบ่งส่วนข้อมูลภาพเป็นเทคโนโลยีในการประหยัดเวลาและทรัพยากรในการเรียกใช้งานข้อมูลภาพโดยการแบ่งย่อยข้อมูลภาพออกเป็นส่วนๆ และทำดัชนีแต่ละส่วนไว้ การเรียกใช้งานจะเรียกผ่านดัชนี เพื่อเรียกข้อมูลภาพส่วนย่อยอีกที วิธีนี้อาศัยหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่ว่า เมื่อเราต้องการแสดงผลข้อมูลภาพเพียงบางส่วนคอมพิวเตอร์ยังคงต้องอ่านข้อมูลภาพทั้งหมดก่อนแล้วประมวลผลให้แสดงเฉพาะบางส่วนที่เลือกบนจอภาพ ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เสียเวลาในการอ่านข้อมูลภาพทั้งหมดก่อน ถ้าหากทำการแบ่งข้อมูลภาพออกเป็นส่วนย่อยๆ หากต้องการแสดงข้อมูลในส่วนใดก็อ่านข้อมูลเฉพาะในส่วนนั้น หากต้องการอ่านข้อมูลที่อยู่คร่อมหลายไฟล์ ด้วยเทคนิคนี้จะทำให้การทำงานเร็วขึ้นและใช้ทรัพยากรระบบน้อยลงในการอ่านข้อมูล

เราสามารถแบ่งส่วนข้อมูลภาพออกเป็นหลายขนาดตามความต้องการ เช่น ขนาด 128x128 จุดภาพ หรือ 256x256 เป็นต้น จากการเตรียมข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ เช่น gdal_translate จากชุดคำสั่ง GDAL

รูปที่ 2.2 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

2.1.3 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ (Indexing)

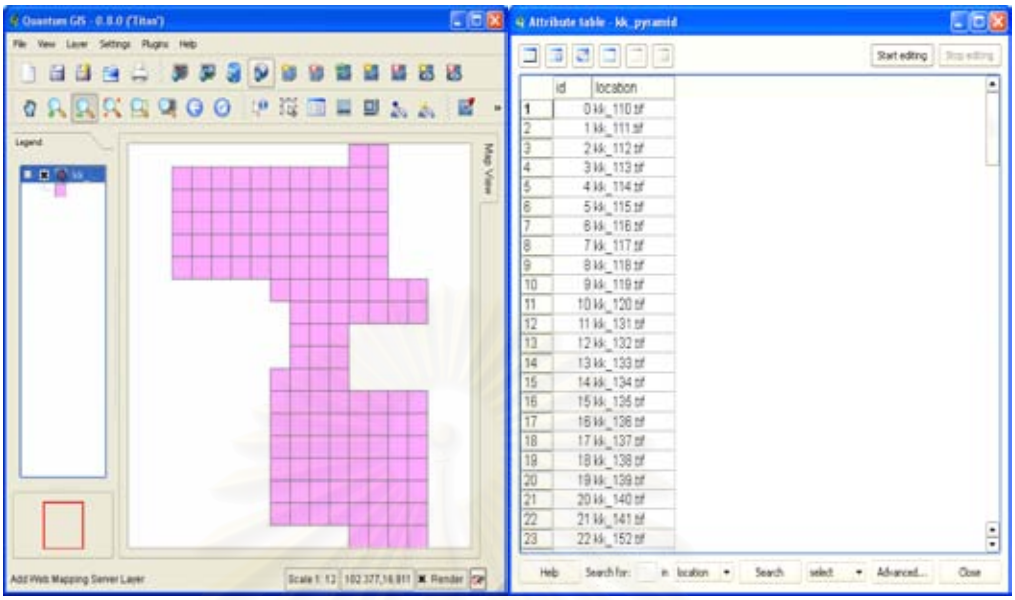
เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลภาพให้แก่ Map Server เพื่อความสะดวกในการค้นหาและเข้าถึงข้อมูลภาพ ซึ่งดัชนีข้อมูลภาพสามารถสร้างขึ้นได้หลายวิธี ตัวอย่างการสร้างดัชนีข้อมูลภาพ ได้แก่

1) การสร้างดัชนีข้อมูลภาพแบบเวกเตอร์ เป็นการสร้างดัชนีภาพแบบกราฟฟิกที่มี Attribute บอกตำแหน่งของภาพ Map Server ที่มีการใช้งานดัชนีข้อมูลภาพแบบเวกเตอร์ เช่น Minnesota Mapserver, Geoserver เป็นต้น ตัวอย่างรูป 2.4 เป็นการสร้าง Shapefile ข้อมูลภาพที่จำเป็นต้องประกอบด้วยไฟล์ 3 ประเภท จึงจะทำงานได้สมบูรณ์ คือ

- File.shp เป็นไฟล์ที่ระบุตำแหน่งของข้อมูลภาพที่ฟิลด์ Location แสดงดังรูปที่ 2.3
- File.prj เป็นไฟล์ที่ระบุพิกัดของไฟล์ .shp
- File.properties เป็นไฟล์ซึ่งระบุถึงคุณลักษณะต่างๆ ของ Shapefile ได้แก่

Name	ใช้ชื่อเดียวกับ Shapefile
Level	คือ pixel size
LevelsNum	คือ ระดับชั้นของข้อมูลภาพ
Envelope2D	คือ Extent ของข้อมูลภาพทั้งหมด
NumFiles	คือ จำนวน tile ที่ถูกสร้างขึ้น

ตัวอย่าง File.properties แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างดัชนีข้อมูลภาพแบบเวกเตอร์ (Shapefile)

```
Name=kk_pyramid_in
Levels=0.000004549839489, 0.000004549839489
LevelsNum=1
Envelope2D=102,15.6484 102.914,16.8141
NumFiles=134
```

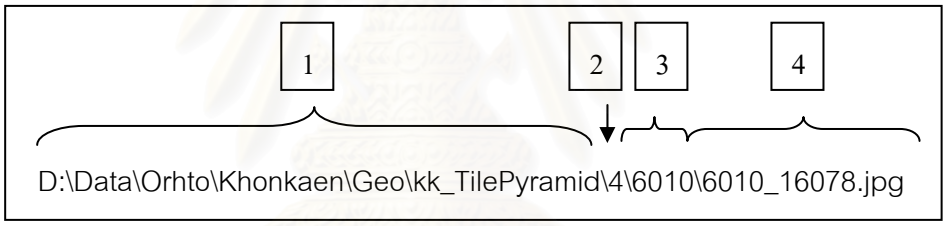
รูปที่ 2.4 ลักษณะข้อมูลไฟล์ .properties

2) การสร้าง Database File เป็นการสร้างดัชนีเพื่อเก็บค่าที่ทำการระบุที่อยู่ (Path) ของข้อมูลภาพและข้อมูลขนาดครอบคลุมของข้อมูลภาพ (Bounding Box) ค่าพิกัดทางแกน x ที่น้อยที่สุดและมากที่สุด (min x and max x) และค่าพิกัดทางแกน y น้อยที่สุดและมากที่สุด (min y and max y) ดังรูปที่ 2.5 โดยเก็บอยู่ในรูปของฐานข้อมูล เช่น DBF เป็นต้น Map Server ที่มีการใช้งานกับดัชนีข้อมูลภาพแบบ Database File เช่น ArcIMS เป็นต้น

IMAGE	XMIN	YMIN	XMAX	YMAX
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0380\0380_1005.jpg	102.65625000	16.87500000	102.93750000	17.15625000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0380\0380_1004.jpg	102.37500000	16.87500000	102.65625000	17.15625000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0379\0379_1005.jpg	102.65625000	16.59375000	102.93750000	16.87500000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0379\0379_1004.jpg	102.37500000	16.59375000	102.65625000	16.87500000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0379\0379_1003.jpg	102.09375000	16.59375000	102.37500000	16.87500000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0379\0379_1002.jpg	101.81250000	16.59375000	102.09375000	16.87500000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0378\0378_1005.jpg	102.65625000	16.31250000	102.93750000	16.59375000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0378\0378_1004.jpg	102.37500000	16.31250000	102.65625000	16.59375000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0378\0378_1003.jpg	102.09375000	16.31250000	102.37500000	16.59375000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0378\0378_1002.jpg	101.81250000	16.31250000	102.09375000	16.59375000

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างดัชนีข้อมูลภาพแบบ Database File

3) ดัชนีข้อมูลภาพแบบโครงสร้างไฟล์ข้อมูล อาศัยการสร้างข้อมูลเป็นตัวกำหนด ซึ่งถูกใช้ในหลายโปรแกรม เป็นการจัดเก็บข้อมูลภาพที่สามารถระบุพิกัดของภาพจากโครงสร้างของการจัดเก็บไฟล์ Map Server ที่ใช้วิธีการสร้างดัชนีข้อมูลภาพแบบไฟล์ข้อมูล เช่น เวิลด์วินด์ เป็นต้น ตัวอย่างหนึ่งของลักษณะของดัชนีข้อมูลภาพแบบนี้ แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างดัชนีข้อมูลภาพแบบไฟล์ข้อมูล

โดยแต่ละตำแหน่งมีความหมายดังนี้

1 ตำแหน่งที่ทำการเก็บข้อมูลภาพ

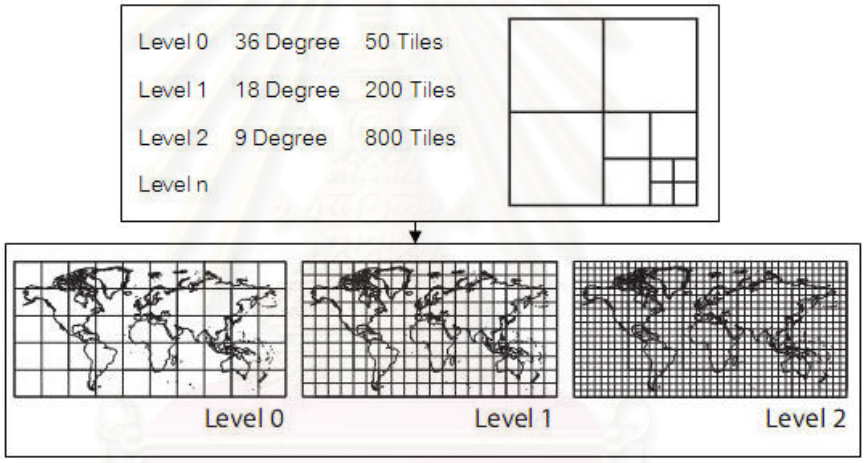
2 ระดับความละเอียด

3 ตำแหน่งที่ระบุค่าพิกัดทางแกน Y ของข้อมูลภาพ

4 ไฟล์ที่ระบุค่าพิกัดทางแกน X ของข้อมูลภาพ ตามด้วยค่าพิกัดทางแกน X โดยคั่นด้วยเครื่องหมาย underscore (_) แล้วระบุนามสกุลของไฟล์ภาพนั้น เช่น .jpg, .dds เป็นต้น

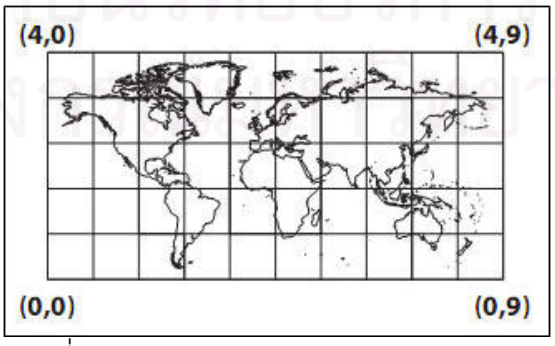
2.1.4 **เทคนิคการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่** (Pyramidal Tiling)

มีหลักการทำงานโดยทำมีการแบ่งข้อมูลเป็นระดับชั้น (Level) และแต่ละชั้นมีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ รวมเรียกว่า Pyramidal Tiling โดยในแต่ละไทล์มีขนาดเท่ากับ 512x512 จุดภาพ ระดับชั้นแรกซึ่งอยู่ที่ส่วนยอดของพีรามิด เรียกว่าเป็นระดับชั้นที่0 จะถูกแบ่งส่วนข้อมูลให้มีขนาดใหญ่กว่าระดับชั้นที่หนึ่งที่อยู่ถัดลงมาเป็นสองเท่า และชั้นที่อยู่ถัดลงมาจะถูกแบ่งส่วนให้เล็กลงเป็นสองเท่าของชั้นที่อยู่ถัดลงมาเป็นลำดับ ตัวอย่างเช่น ในระดับชั้นที่ 0 ข้อมูลจะถูกแบ่งเป็น 50 ส่วน แต่ละส่วนมีขนาดเท่ากับ 36x36 องศา ระดับชั้นลงมามีขนาดเป็น 18x18 องศา มีจำนวนไทล์เท่ากับ 200 และชั้นลงมา 9x9 องศา มีจำนวนไทล์เท่ากับ 800 ตามลำดับ ลักษณะการจัดการโครงสร้างข้อมูลแบบการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ ดังรูปที่ 2.7 โปรแกรมเวิลด์วินด์ (Worldwind) เป็นตัวอย่างหนึ่งของการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพลักษณะนี้



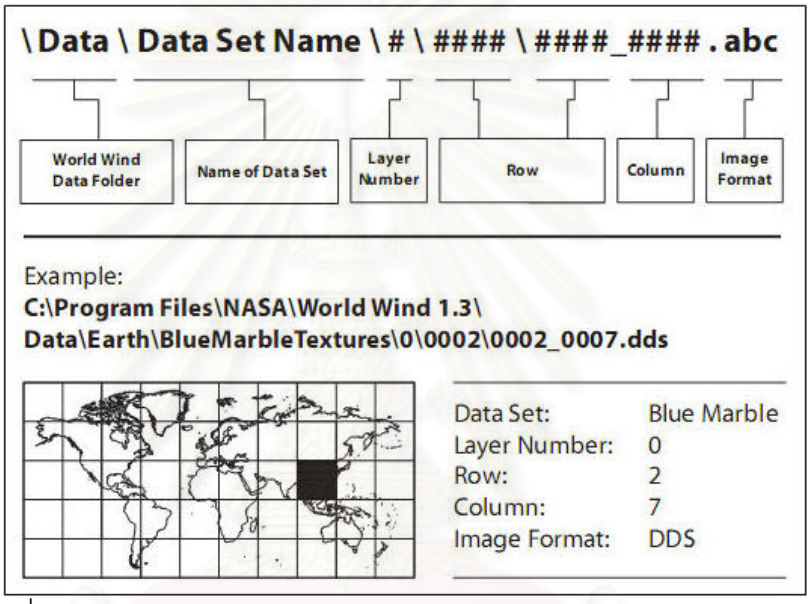
รูปที่ 2.7 ลักษณะการจัดการโครงสร้างข้อมูลแบบการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Matt Mills, 2006)

ทั้งนี้มีการจัดการข้อมูลในระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ข้อมูลที่ทำการแบ่งส่วนแล้ว จะถูกโปรแกรมเรียกใช้งานโดยอาศัยการอ่านค่าพิกัดจากมุมล่างซ้าย ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การอ่านค่าพิกัด (Matt Mills, 2006)

การเรียกไฟล์ข้อมูลภาพจะอาศัยชื่อของไฟล์ข้อมูลที่มีระบบการอ้างอิงที่เป็นมาตรฐานของโปรแกรม คือ ไฟล์ข้อมูลจะเป็นไฟล์ภาพที่ประกอบไปด้วย ค่าพิกัดทางแกน Y คั่นด้วยเครื่องหมาย underschore (_) แล้วตามด้วยค่าพิกัดทางแกน X ตัวอย่างเช่น yyyy_xxxx.dds เป็นต้น และถูกเก็บในโฟล์เดอร์ย่อยที่มีชื่อเป็นค่าพิกัดทางแกน Y เหมือนกับชื่อไฟล์ จากนั้นถูกเก็บอยู่โฟล์เดอร์ใหญ่ขึ้นอีกระดับหนึ่งซึ่งมีชื่อเป็นระดับชั้นของข้อมูลภาพ ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง n โฟล์เดอร์ชื่อของชุดข้อมูลภาพ ดังรูปที่ 2.9



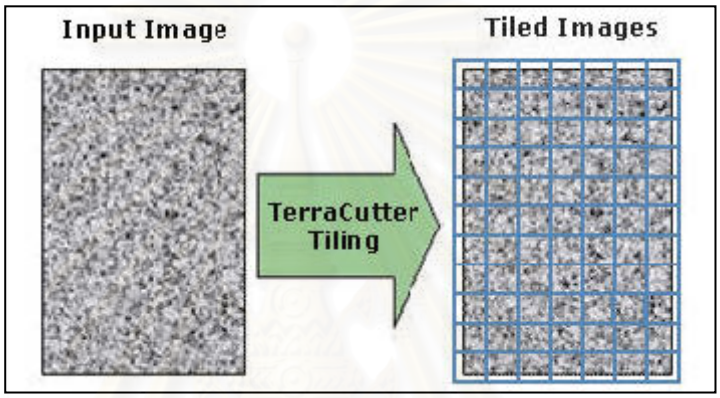
รูปที่ 2.9 โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลภาพของเวิลด์วินด์ (Matt Mills, 2006)

อีกตัวอย่างหนึ่งที่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูลแบบ Pyramidal Tiling ได้แก่ Microsoft TerraServer ซึ่งเป็นเว็บไซต์ที่ให้ผู้ใช้สามารถเรียกดูและดาวน์โหลดข้อมูลภาพผ่านทางเว็บบราวเซอร์ ทั้งภาพถ่ายรายละเอียดสูง ภาพถ่ายดาวเทียม และภาพแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลภาพที่ได้จาก USGS (United States Geological Survey) และ SPIN-2 โดยมีเป้าหมายในการให้บริการที่รวดเร็วแก่ผู้ใช้บริการ ได้มีการพัฒนาโปรแกรมในการจัดการข้อมูลภาพจำนวนมากเหล่านี้ โดยโปรแกรมจะทำการแบ่งส่วนข้อมูลภาพให้มีขนาด 200x200 จุดภาพและมีรูปแบบเป็นไฟล์ JPEG มีทำการสร้างพีรามิดข้อมูลภาพขึ้น 7 ชั้น จากความละเอียดจุดภาพ 1 เมตร ไปจนถึง 64 เมตร แล้วนำเข้าสู่ฐานข้อมูลภาพ ทำการสร้างดัชนีข้อมูลภาพที่จะเป็นตัวบ่งบอกข้อมูลในแต่ละภาพนั้น ซึ่งจะมีพารามิเตอร์ต่างๆ ประกอบด้วย

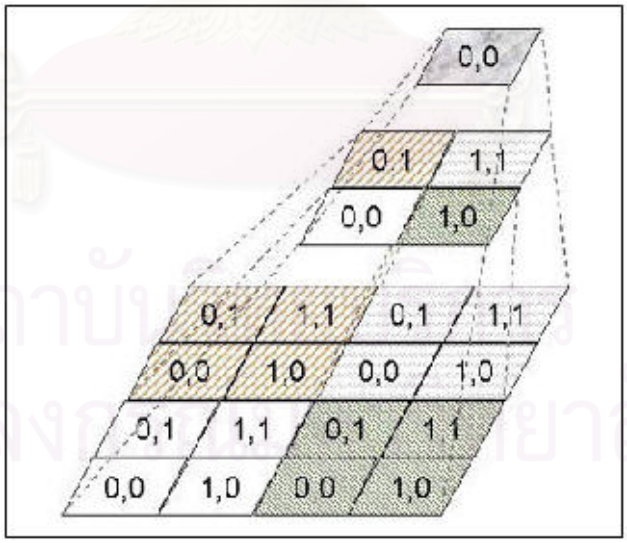
- Theme แสดงถึงการได้มาของข้อมูลภาพ เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศหรือจากการวาดขึ้นมา และประเภทของข้อมูลภาพ

- Scale ความละเอียดจุดภาพเป็น เมตรต่อจุดภาพ
- X, Y มีค่าเริ่มต้นที่มุมล่างซ้ายของภาพ
- Z แสดงพิกัด UTM
- Scene เป็นตัวบ่งชี้ว่าแต่ละไทล์ภาพนั้นได้มาจากแหล่งข้อมูลใด

ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เหล่านี้บรรจุอยู่ในตาราง html และเป็นส่วนหนึ่งของ URL ใน web application ของ Terraserver ที่ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลภาพผ่านทาง URL นี้ได้



รูปที่ 2.10 การแบ่งข้อมูลภาพของ Terraserver (Barclay ,Gray, 2006)



รูปที่ 2.11 พีรามิดข้อมูลภาพของ Terraserver (Barclay, Gray, 2006)

2.1.5 **เทคนิคไทล์แคชชิง**

เทคนิคการทำไทล์แคช ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเผยแพร่ข้อมูลภาพผ่านเครือข่าย โดยเริ่มมีการอภิปรายครั้งแรกในงาน FOSS4G ปี พ.ศ.2549 ที่เมืองโลซานประเทศสวิสเซอร์แลนด์ ได้มีการเสนอต่อ OGC หรือ Open Geospatial Consortium เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐาน โดยใช้ชื่อว่า WMS-C แต่ในขั้นตอนการนำเสนอพบว่าเทคนิคนี้มีอุปสรรคอยู่ 2 ประการ คือ การให้รายละเอียดของข้อมูลแคชหรือข้อมูลที่เตรียมไว้ล่วงหน้าสำหรับเครื่องลูกข่าย และวิธีการเรียกข้อมูลอย่างถูกต้อง ซึ่งเป็นรายละเอียดข้อมูลของขนาดไทล์ ข้อมูลขนาดพื้นที่ครอบคลุม หรือมาตราส่วน ปัจจุบันเทคนิคนี้มีการประยุกต์ใช้งานในหลายโปรแกรม เช่น Google Earth, Google Map, Ka-map เป็นต้น สามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมที่ http://tilecache.org/

เทคนิคไทล์แคชชิงแบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วน คือ การทำงานฝั่งแม่ข่าย (Server) และการทำงานฝั่งลูกข่าย (Client) ข้อมูลที่เตรียมไว้จะถูกสร้างและดาวน์โหลดบริเวณที่มีค่าพิกัดใกล้เคียงกับข้อมูลภาพที่มีการเรียกดูบนโปรแกรมขณะทำงานก่อนเสมอ จากนั้นจึงทำการดาวน์โหลดข้อมูลบริเวณใกล้เคียงแบบสุ่มจาก Map Server มาเก็บไว้บนลูกข่ายเพื่อเตรียมสำหรับการใช้งานของโปรแกรมต่อไป

ในการทำงานกับข้อมูลที่ผ่านการทำไทล์แคช ถ้าข้อมูลเปลี่ยนแปลงบางส่วน ต้องสร้าง cache ใหม่ทั้งผืนทุก zoom level อีกทั้งข้อมูลที่ได้รับการจัดการด้วยเทคนิคไทล์แคชชิงมีขนาดใหญ่กว่าต้นฉบับ

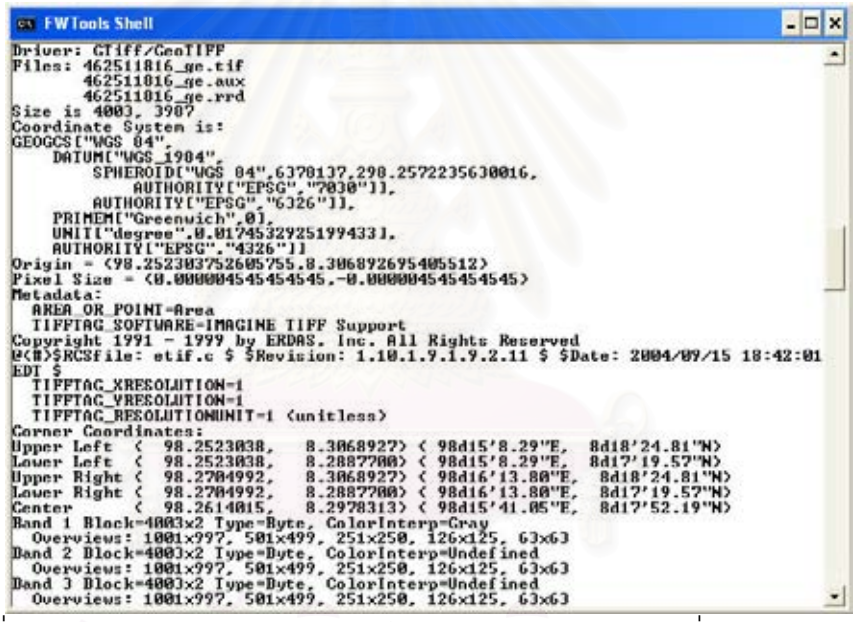
2.2 **การอ้างอิงตำแหน่งของโลกของข้อมูลภาพ** (Georeference)

การอ้างอิงตำแหน่งโลก (Georeference) คือ การอ้างอิงตำแหน่งของชุดข้อมูลกับตำแหน่งบนพื้นโลก (Kresse and Fadaie, 2004) ทั้งทิศทางและระยะทางซึ่งสามารถใช้ในงานรังวัด สำรวจและการทำแผนที่ได้ การอ้างอิงตำแหน่งโลกของข้อมูลภาพสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การอ้างอิงโดยภาพ (Image reference) และการอ้างอิงโดยตัวรับรู้ (Sensor reference)

การอ้างอิงโดยภาพ คือ การอ้างอิงที่อาศัยข้อมูลภาพและจุดควบคุมเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องใช้แบบจำลองเรขาคณิตของตัวรับรู้ที่ใช้ในการถ่ายภาพ วิธีการนี้ใช้สมการพหุนามแบบ 2 มิติ (2-Dimension Polynomial) ทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งบนข้อมูลภาพกับตำแหน่งบนพื้นโลก โดยอาศัยจุดต่างๆ ที่ปรากฏบนข้อมูลภาพและมีค่าตำแหน่งบนพื้นโลกโดยเรียกจุดเหล่านี้ว่า จุดควบคุม (Control Point)

การอ้างอิงโดยตัวรับรู้ คือ การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับค่าที่ใช้ในการถ่ายภาพตัวรับรู้ วิธีการนี้ต้องการค่าตัวแปรหลายชนิด เช่น ค่าความยาวโฟกัส (Focal length) ค่าพิกัดตำแหน่งและค่าความสูงของอุปกรณ์ตรวจวัดขณะถ่ายภาพ เป็นต้น โดยวิธีการนี้เป็นการประยุกต์จากการรังวัดด้วยภาพ (Photogrammetry) และการทำแผนที่จากอวกาศ (Mapping from space) (Kresse and Fadaie, 2004)

การอ้างอิงพิกัดโลกของข้อมูลภาพที่นิยมใช้กันทั่วไป เช่น การอ้างอิงตำแหน่งโลกโดยอาศัยข้อมูลการปรับยึดเชิงปริภูมิที่จัดเก็บไว้ในส่วนของหัวเรื่อง (Header) ของข้อมูลภาพ และการอ้างอิงตำแหน่งโลกโดยอาศัยแฟ้มข้อมูลโลก (Worldfile) ซึ่งมีรายละเอียดสำหรับการอ้างอิงที่สำคัญ ได้แก่ พื้นหลักฐาน (Datum) การฉายแผนที่ (Map projection) การแยกต่างเชิงปริภูมิ (Spatial resolution) เป็นต้น



รูปที่ 2.12 รายละเอียดข้อมูลการปรับยึดเชิงปริภูมิในส่วนของหัวเรื่องของข้อมูลภาพ

การอ้างอิงตำแหน่งโลกที่นิยมใช้ในการทำแผนที่ของประเทศไทยมี 2 ประเภท คือ การอ้างอิงโดยใช้ระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) ซึ่งเป็นการบอกตำแหน่งของจุดใดๆ บนพื้นโลกโดยใช้ตำแหน่งที่ตัดกันของเส้นลองจิจูด (Longitude) กับเส้นละติจูด (Latitude) และการอ้างอิงโดยใช้กริดยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator Grid) ซึ่งนิยมใช้ทางการทหารและการรังวัดทั่วไป ส่วนในงานด้านการสำรวจรังวัดและทำแผนที่ในปัจจุบันได้มีการใช้รหัสเพื่อใช้แทนข้อมูลในการอ้างอิงตำแหน่งโลกซึ่งได้มีการกำหนดขึ้นโดยกลุ่มสำรวจปิโตรเลียมแห่งสหภาพยุโรป (European Petroleum Survey Group) ที่มีการใช้ตัวเลขจำนวนไม่

เกิน 5 ตัวเพื่อให้สะดวกในการอธิบาย ตัวอย่างเช่น ข้อมูลภาพที่มีระบบการอ้างอิงตำแหน่งโลก พิกัดยูทีเอ็ม บนพื้นหลักฐาน WGS84 โซน 47 แทนด้วยรหัส EPSG:32647

ต่อมาในปี 2005 กลุ่มสำรวจปิโตรเลียมแห่งสหภาพยุโรป ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นคณะกรรมการด้านการกำหนดตำแหน่งและการสำรวจ (The Surveying and Positioning Committee) ของสมาคมระหว่างประเทศผู้ผลิตน้ำมันและแก๊ส (International Association of Oil and Gas producers) หรือ OGP สามารถศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมที่ http://www.epsg.org/

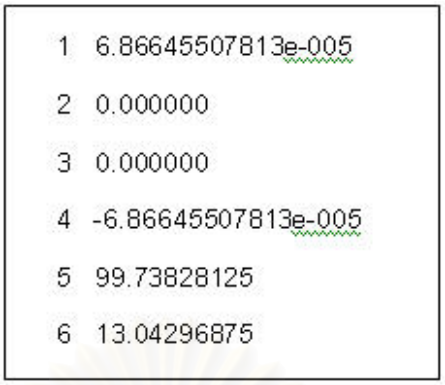
ตารางที่ 2.1 แสดงระบบอ้างอิงตำแหน่งโลกและรหัส EPSG ที่มีการใช้งานในประเทศไทย

ระบบอ้างอิง	โซน	พื้นหลักฐาน	รหัส EPSG
พิกัดยูทีเอ็ม	47	Indian 1975	24047
พิกัดยูทีเอ็ม	48	Indian 1975	24048
พิกัดยูทีเอ็ม	47	WGS84	32647
พิกัดยูทีเอ็ม	48	WGS84	32648
พิกัดภูมิศาสตร์	-	Indian 1975	4240
พิกัดภูมิศาสตร์	-	WGS84	4326

การอ้างอิงตำแหน่งโลกโดยอาศัยแฟ้มข้อมูลโลก เป็นไฟล์ข้อความซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่อธิบายว่าข้อมูลภาพจะแสดงตำแหน่งจริงบนพื้นผิวโลกที่ใด (อรรถวุฒิ เกียรติวัฒน์, 2550) มีการริเริ่มพัฒนาโดยบริษัท Environment Systems Research Institute หรือ ESRI มีการอ้างอิงตำแหน่งของจุดภาพกับตำแหน่งบนระบบพิกัด ผลของข้อมูลอยู่ในรูปแบบตัวเลขจำนวน 6 บรรทัด โดยใช้การแปลงเชิงตำแหน่งของภาพ (Affine transformation) เพื่อทำการคำนวณหาค่าพิกัดของตำแหน่งต่างๆ บนข้อมูลภาพ สำหรับความหมายของชุดตัวเลขทั้ง 6 บรรทัด แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของข้อมูลเวิลด์ไฟล์

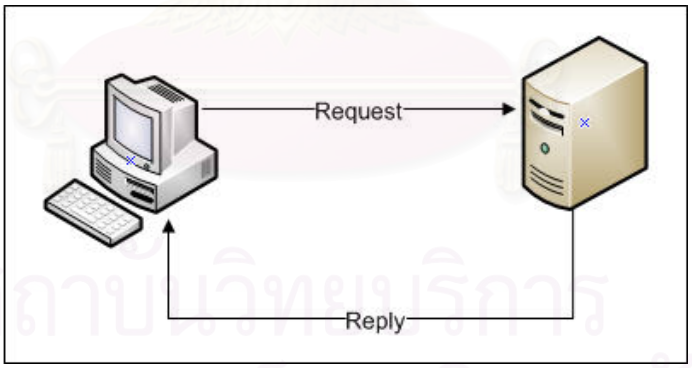
บรรทัดที่	ความหมาย
1	ขนาดของจุดภาพทางแกน X เมื่อเทียบกับหน่วยแผนที่
2	สัมประสิทธิ์ทางแกน X
3	สัมประสิทธิ์ทางแกน Y
4	ขนาดของจุดภาพทางแกน Y เมื่อเทียบกับหน่วยแผนที่ (มักมีค่าเป็น ลบ)
5	ค่าพิกัดทางแกน X ของกึ่งกลางจุดภาพที่มุมซ้ายบนของข้อมูลภาพ
6	ค่าพิกัดทางแกน Y ของกึ่งกลางจุดภาพที่มุมซ้ายบนของข้อมูลภาพ



รูปที่ 2.13 ตัวอย่างรายละเอียดข้อมูลเวิลด์ไฟล์

2.3 Map Server

Map Server เป็นการให้บริการผ่านเครือข่าย (Web Service) มีการทำงานแบบเครือข่าย (Server) - ลูกข่าย (Client) คือเมื่อมีการร้องขอข้อมูลหรือบริการจากเครื่องลูกข่าย ตามค่าต่างๆ ที่กำหนด เช่น ขอบเขตและชั้นข้อมูลที่ต้องการมายังแม่ข่าย จากนั้นเครื่องแม่ข่ายนำคำร้องขอมาตีความและทำการสร้างข้อมูลหรือบริการตามคำร้องขอแล้วจึงส่งผลลัพธ์กลับไปยังลูกข่ายที่ร้องขอ ซึ่งลักษณะข้อมูลที่ให้บริการนั้น สามารถเป็นได้ทั้งข้อมูลแบบเวกเตอร์และข้อมูลแบบภาพ



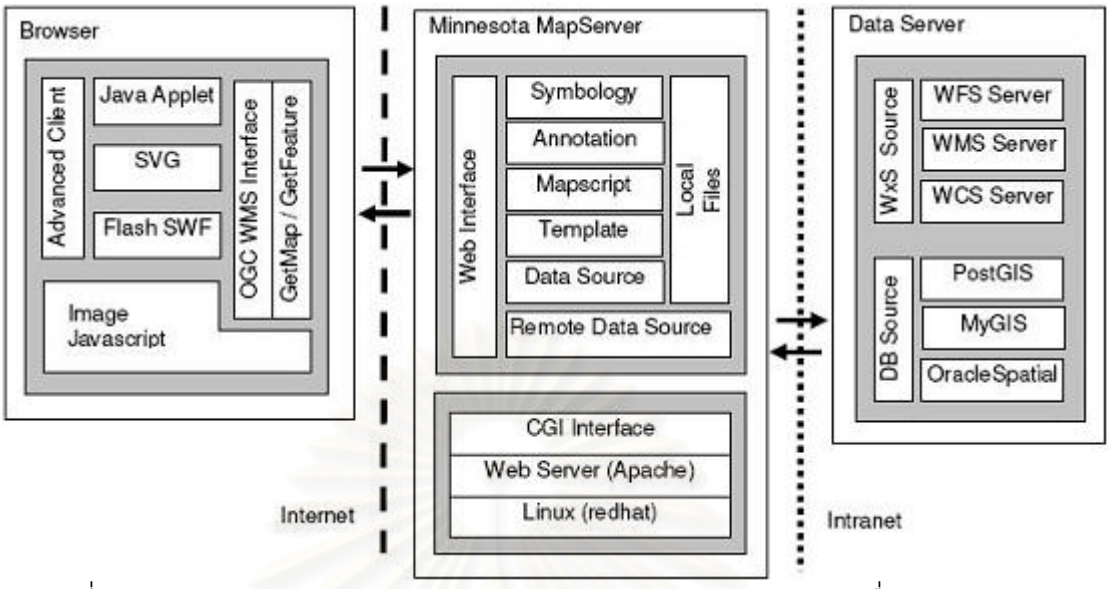
รูปที่ 2.14 รูปแบบการทำงานของ Map Server

2.4 **มินเนโซตา แมพเซิร์ฟเวอร์** (Minnesota Map Server)

เป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open Source Software) สามารถดาวน์โหลดโปรแกรมสำหรับใช้งานและซอร์สโคดได้ทางอินเตอร์เน็ตที่ http://mapserver.gis.umn.edu/ มีการพัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัยมินเนโซตา ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยความร่วมมือขององค์การพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศของสหรัฐอเมริกาหรือ นาซา และหน่วยงานที่ดูแลทรัพยากรธรรมชาติของรัฐมินเนโซตา

(Department of Natural Resource : MNDNR) ภายใต้ชื่อโครงการ Fornet ด้วยแนวความคิดที่จะเผยแพร่ข้อมูลปริภูมิ และข้อสนเทศเกี่ยวกับแหล่งน้ำในรัฐมินเนโซตาผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ต จึงได้พัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นด้วยภาษาซี โดยการทำงานจะใช้ Map File สำหรับการกำหนดและปรับตั้งค่าการทำงานของซอฟต์แวร์ทั้งหมด อาศัยแม่ข่ายอินเตอร์เน็ตในการใช้งาน CGI Script และอาศัยไลบรารี่ของซอฟต์แวร์รหัสเปิดอื่นๆ อีกหลายซอฟต์แวร์ในการทำงาน ตั้งแต่การติดต่อข้อมูลปริภูมิในรูปแบบต่างๆ การติดต่อฐานข้อมูล รวมไปถึงการแสดงผลเป็นรูปภาพและตัวอักษรในไฟล์รูปแบบต่างๆ ผู้วิจัยเลือกใช้ซอฟต์แวร์นี้ เนื่องจากสามารถนำมาปรับแต่งหรือแก้ไขคุณสมบัติได้ตามที่ต้องการ ปัจจุบัน Minnesota Mapserver ได้ พัฒนามาจนถึงเวอร์ชัน 5.0.2 (28 มกราคม 2551) มีลักษณะดังนี้

- ทำงานในรูปแบบ CGI Script
- ใช้งานได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการลีนุก และวินโดว์
- รองรับการทำงานแบบ หลายผู้ใช้งาน
- สามารถใช้งานร่วมกับ ภาษา HTML สำหรับเขียนเว็บเพจ
- ปรับปรุงการทำงานบนเว็บเพจได้ด้วย ภาษา JAVA หรือ JAVA Script
- สามารถใช้งานร่วมกับภาษา PHP, Perl, Python
- ให้ผลลัพธ์โดยการสร้างเป็นภาพ Bitmapที่มีขนาดคงที่ตามที่กำหนด
- อาศัยไลบรารี่ GD ในการสร้างเป็นภาพในรูปแบบต่างๆ เช่น GIF, PNG, JPEG
- รองรับการทำงานร่วมกับข้อมูลปริภูมิท้งข้อมูลแบบเวกเตอร์ และข้อมูลภาพ
- รองรับข้อมูลเวกเตอร์มาตรฐานแบบ TIFF/GeoTIFF, GIF, PNG
- สามารถแปลงหน่วยโดยอัตโนมัติ
- สามารถแปลงเส้นโครงแผนที่โดยอัตโนมัติ
- รองรับตัวอักษรแบบ Truetype Font



รูปที่ 2.15 รูปแบบสถาปัตยกรรมของ Minnesota Mapserver (ชัยภัทร เนื่องคำมา, 2549)

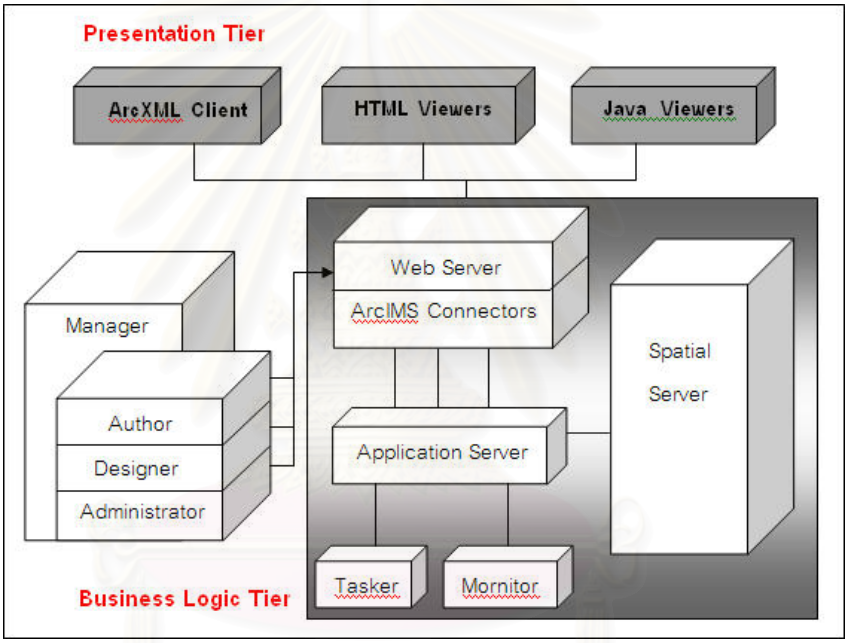
Minnesota Mapserver สามารถแสดงข้อมูลภาพหลากหลายรูปแบบบนแผนที่ที่สร้างขึ้น รูปแบบไฟล์ของข้อมูลภาพที่สามารถใช้งานบน Minnesota Mapserver มีดังนี้

- TIFF หรือ GeoTIFF รองรับไฟล์ TIFF หรือ GeoTIFF มาตรฐานหลัก แต่มีข้อจำกัด คือ ตามมาตรฐานหลักจะมีรองรับการทำ Tile บนไฟล์รูปแบบ TIFF หรือ GeoTIFF ในรูปแบบ 8 บิต ไม่รองรับในรูปแบบ 16 บิต รวมทั้งบันทึกค่าสีในแบบ RGB นี้ยังรองรับการอ่านไฟล์รูปแบบ TIFF หรือ GeoTIFF ที่มีค่าพิกัดอ้างอิงทางภูมิศาสตร์
- GIF สามารถเรียกใช้งานได้ และยังต้องอาศัยเวิลด์ไฟล์ สำหรับอ้างอิงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์
- PNG สามารถเรียกใช้งานได้ และยังต้องอาศัยเวิลด์ไฟล์ สำหรับอ้างอิงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์
- ไฟล์รูปภาพของโปรแกรม ERDAS นามสกุล (.LAN/.GIS) ไฟล์ที่สามารถอ่านและแสดงผลได้จะเป็นแบบ ข้อมูล ERDAS 1 ช่วงคลื่น ขนาดข้อมูลแบบ 8 บิต และอาศัยไฟล์นามสกุล .trl
- การเทียบสีของภาพสามารถอ่านค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ได้จากไฟล์โดยตรง

2.5 ArcIMS

ArcIMS เป็นซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ที่พัฒนาโดยบริษัท Environment Systems Research Institute หรือรู้จักกันทั่วไปในชื่อบริษัท ESRI ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นโปรแกรมเพื่อใช้ในการแสดงผลข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ แผนที่ ข้อมูล และคำอธิบายข้อมูล ผ่านทางเครือข่าย ปัจจุบันพัฒนาถึงเวอร์ชัน 9.3 (1 สิงหาคม 2551)

สถาปัตยกรรมระบบของ ArcIMS เป็นแบบ multi-tier คือประกอบด้วยการทำงานเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนแสดงผลข้อมูล (Presentation tier) ส่วนจัดการข้อมูล (Business logic tier) และส่วนเก็บข้อมูล (Data Storage Tier) โดยที่ ArcIMS ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 องค์ประกอบของ ArcIMS

2.5.1 **ส่วนที่ใช้สำหรับแสดงผลข้อมูล** (Presentation tier)

ทำหน้าที่ในการแสดงผลผ่านโปรแกรมแสดงผล เช่น Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox หรือ Opera โดยระบบได้พัฒนาโปรแกรมสำหรับแสดงผลในรูปแบบต่างๆ ไว้หลายรูปแบบ ได้แก่ ArcXml Clients, HTML Viewer และ Java Viewer ซึ่งมีรูปแบบการแสดงผลที่แตกต่างกัน คือ

1) ArcXml Clients ใช้สำหรับการเรียกใช้ข้อมูลโดยผ่านเครื่องลูกข่าย
2) HTML Viewer แสดงผลข้อมูลในลักษณะ Web Page หรือแสดงข้อมูลที่มีการแก้ไขน้อยหรือไม่มีการแก้ไขในระหว่างการแสดงผล

3) Java Viewer มีรูปแบบการแสดงผลที่ผู้ใช้สามารถทำงานโต้ตอบหรือจัดการข้อมูลได้

2.5.2 ส่วนจัดการข้อมูล (Business logic tier)

การจัดการข้อมูลจะอยู่ในเครื่องแม่ข่าย (Server) ซึ่งส่วนที่ใช้ในการจัดการข้อมูล (Manage) ทำหน้าที่หลัก 3 อย่าง คือ

1) ออกแบบเว็บเพจ (Designer) ทำหน้าที่ในการสร้างเว็บเพจตามรูปแบบที่กำหนด เช่น มีเครื่องมือสำหรับย่อ ขยาย หรือเลื่อนภาพ เป็นต้น

2) ทำหน้าที่เกี่ยวกับข้อมูลและการจัดการโครงการ (Author) ทำหน้าที่ในการแสดงผลข้อมูลและสร้างองค์ประกอบของแผนที่

3) บริหารการใช้ทรัพยากรต่างๆ (Administrator) ทำหน้าที่จัดการเซิร์ฟเวอร์และโฟลเดอร์ต่างๆ กำหนดค่าต่างๆ แก่ config

2.5.3 เครื่องแม่ข่าย (Server)

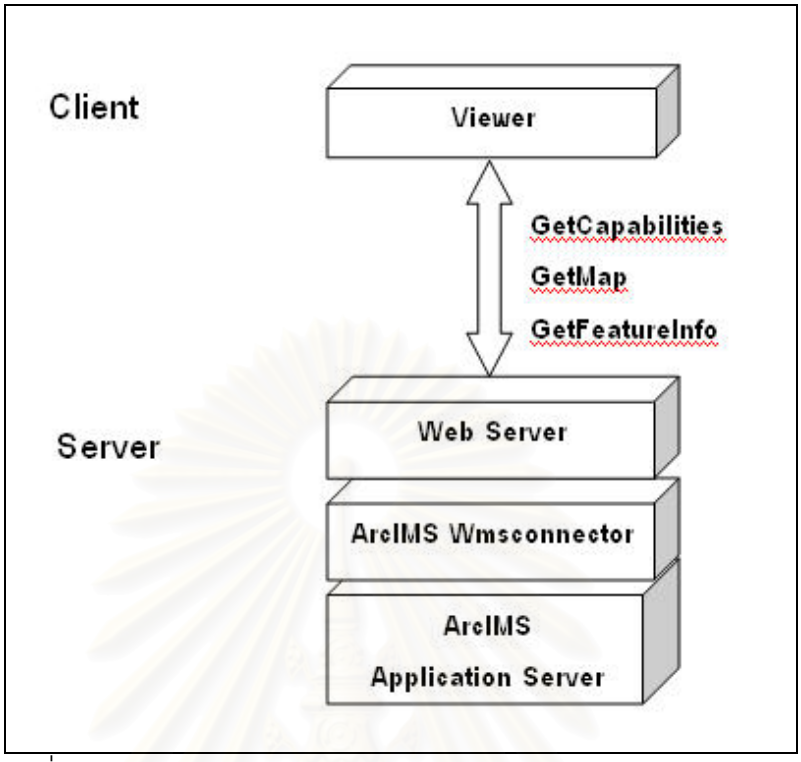
ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ได้แก่

1) Spatial Server ทำหน้าที่ในการสร้างไฟล์รูปภาพ เพื่อแสดงผลในรูปของ html การสืบค้น (query) การคำนวณระยะทางต่างๆ รวมไปถึงการสกัดคำอธิบายข้อมูลออกมา

2) Web Server ทำหน้าที่เชื่อมโยง ArcIMS กับแม่ข่าย เพื่อให้โปรแกรม ArcIMS สามารถใช้งานร่วมกับแม่ข่ายได้อย่างถูกต้อง มีการกำหนดค่าต่างๆ เช่น แหล่งที่เก็บข้อมูลเว็บเพจ การกำหนดค่าหมายเลข DSN IP ต่างๆ โดยเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ Apache

3) Application Server ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างแม่ข่ายกับฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีตัวเชื่อมโยง คือ ArcIMS Application Server Connectors ในที่นี้คือ JAVA

หน่วยประมวลผลที่ทำให้ ArcIMS สามารถเข้าใจคำร้องขอจาก Viewer ในรูปของ WMS ได้นั้นเรียกว่า ArcIMS WmsConnector ดังแสดงในรูปที่ 2.17 โดย Viewer ในที่นี้อาจเป็นลูกข่ายหรือแม่ข่ายก็ได้ ทำการร้องบริการมายัง ArcIMS Wmsconnector ซึ่งมี 3 ลักษณะ คือ GetCapabilities, GetMap และ GetFeatureInfo



รูปที่ 2.17 สถาปัตยกรรมการทำงานร่วมกันของ ArcIMS Application, ArcIMS Wmsconnector และ Viewer

ArcIMS ที่ทำงานบนปฏิบัติการวินโดว์มีความสามารถรองรับข้อมูลภาพหลากหลายรูปแบบ ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงรูปแบบไฟล์ของข้อมูลภาพที่สามารถใช้งานบน ArcIMS (14 กุมภาพันธ์ 2552)

รูปแบบ	คำอธิบาย	Image file extensions	World file extensions	แสดงใน Author
ADRG	ARC Digitized Raster Graphics	*.img, *ovr, *.l		No
ASRP		*.img, *ovr, *.l		No
BIL	Band Interleaved by Pixel	*.bil	*.blw	No
BIP	Band Interleaved by Line	*.bip	*.bpw	No
BMP	Windows Bitmap	*.bmp	*.bpw	Yes
BSQ	Band Sequential	*.bsq	*.bqw	No
CADRG	Compressed ARC Digitized Raster Graphics	*.* (no standard)	*.* (no standard)	No
ERDAS	ERDAS GIS or LAN	*.gis, *.lan	*.gsw, *.lnw	No

ตารางที่ 2.3 แสดงรูปแบบไฟล์ของข้อมูลภาพที่สามารถใช้งานบน AcrIMS (14 กุมภาพันธ์ 2552) (ต่อ)

CIB	Controlled Image Base	*.* (no standard)		No
GeoTIFF	TIFF with Geo Header	*.tif		Yes
GIF	Graphics Interchange Format	*.gif	*.gfw	Yes
IMAGINE	ERDAS IMAGINE	*.img		No
IMPELL	Impell Bitmap	*.rlc	*.rlw	No
JFIF, JPG	JPEG	*.jpg	*.jgw	Yes
MrSID	Multiresolution Seamless Image Database	*.sid	*.sdw	No
MrSID G3	Multiresolution Seamless Image Database Generation 3	*.sid	*.sdw	No
NITF	National Imagery Transfer Format	*.ntf	*.nfw	No
PNG	Portable Network Graphics	*.png	*.pgw	Yes
SUN	SunRaster File	*.sun, *.ras	*.snw, *.rsw	No
TIFF	Tag Image File Format	*.tif, *.tff	*.tfw	Yes
USRP	DIGEST UTM/UPS Standardized Raster Product	*.img, *.ovr		No

2.6 **จีโอเซิร์ฟเวอร์** (Geoserver)

Geoserver เป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิด (Open Source Software) เริ่มพัฒนาตั้งแต่ปี 1998 โดย The Open Planning Project (TOPP) ซึ่งเป็นองค์กรที่ร่วมส่งเสริมการวางผังเมืองของเมืองนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา และมีส่วนส่งเสริมการพัฒนาโดยใช้เทคโนโลยีซอฟต์แวร์เปิด ซึ่งรวมถึง Geoserver ด้วย ปัจจุบันโปรแกรม Geoserver พัฒนาถึงเวอร์ชัน 1.7.0 (ตุลาคม 2008) โดยบุคคลทั่วไปสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมและพัฒนาซอร์สโคดเพื่อนำไปใช้งานและแก้ไขปรับปรุงได้อย่างเสรีที่ www.geoserver.org

ลักษณะการทำงานของโปรแกรมสามารถให้ผู้ใช้ทำการแสดงและแก้ไขข้อมูลปริภูมิ ถือได้ว่าเป็นโปรแกรมทางระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์อย่างสมบูรณ์ มีคุณสมบัติหลักที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

- เป็น Map Server ที่รองรับมาตรฐาน ISO/OGC ทั้ง WMS WFS และ WCS
- รองรับการกำหนดการแสดงผลด้วย Style Layer Descriptor (SLD) และการคัดกรองการเข้าถึงข้อมูลด้วยมาตรฐาน Filter Encoding
- พัฒนาขึ้นด้วยภาษา JAVA ดังนั้นจึงเป็น Servlets การใช้งาน เช่น การเลือกข้อมูลเวกเตอร์ ภาพ ได้แก่ shapefile หรือ GeoTIFF
- สามารถเชื่อมต่อกับ Geospatial Database เช่น PostgresSQL/PostGIS และ Oracle Spatial
- การเรียกใช้และปรับแต่ง Mapservice โดยใช้ Geoserver สามารถทำงานผ่านทางเว็บบราวเซอร์ได้

Geoserver สนับสนุนการเก็บข้อมูลภาพหลายประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 แสดงรูปแบบไฟล์ของข้อมูลภาพที่สามารถใช้งานบน Geoserver

รูปแบบ	คำอธิบาย	File extension use for UI
ArcGrid	รูปแบบข้อมูล Arc Grid Coverage	.asc
WorldImage	ข้อมูลภาพที่มาพร้อมข้อมูล spatial	.png
ImageMosaic	Image mosaicking plugin	.shp
ImagePyramid	Image pyramidal plugin	pyramid properties
GeoTIFF	ข้อมูลภาพที่มาพร้อม Geographic Information	.tiff
Gtopo30	รูปแบบข้อมูล Gtopo30 Coverage	.dem

2.7 โอเพนเลเยอร์ (Openlayers)

โอเพนเลเยอร์ เป็นซอฟต์แวร์เปิดสำหรับแสดงข้อมูลแผนที่ มีการควบคุมการแสดงผลแผนที่ด้วยชุดคำสั่ง JavaScript สามารถรองรับมาตรฐาน ISO/OGC ทั้ง WMS และ WFS ปัจจุบันพัฒนาถึงเวอร์ชัน Openlayers 2.7 (ตุลาคม 2551) สามารถดาวน์โหลดโปรแกรมและซอร์สโคดได้ที่ http://openlayers.org/

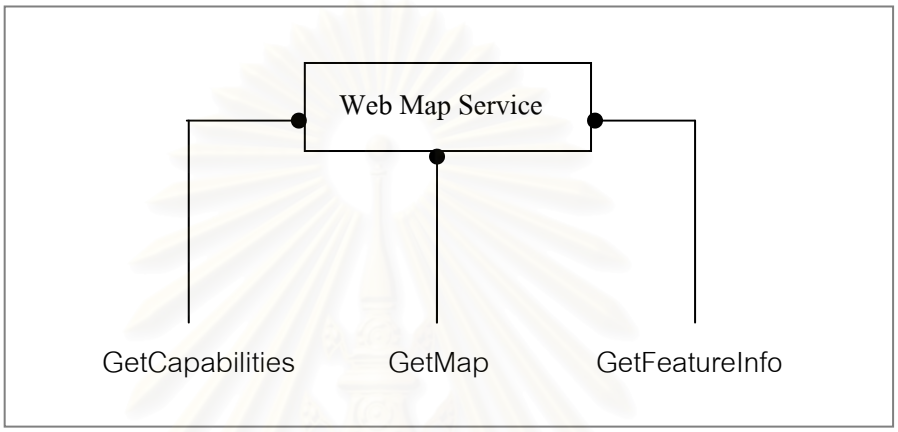
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการแสดงข้อมูลแผนที่ด้วย Openlayers

2.8 Web Map Service (WMS)

เป็นข้อกำหนดหรือมาตรฐานคำร้องขอ (Request) เพื่อใช้สำหรับการเรียกดูข้อมูลแผนที่และข้อมูลอรรถาธิบาย (attribute) จากแม่ข่ายที่ให้บริการข้อมูลแผนที่บนเครือข่าย โดย WMS จะสร้างแผนที่ในรูปของข้อมูลภาพ เช่น PNG, GIF หรือ JPEG และเอกสาร XML บางครั้งก็สามารถสร้างแผนที่ในรูปของข้อมูลเวกเตอร์ เช่น Scalable Vector Graphic (SVG) หรือ Web Computer Graphics Metafile (WebCGM) ปัจจุบันมาตรฐาน WMS ได้พัฒนามาถึงเวอร์ชัน 1.3 (ตุลาคม 2551) การใช้ WMS มีประโยชน์ คือ สามารถทำให้ซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่มีการทำงานที่ต่างกันสามารถทำงานร่วมกันได้ ดังนั้นในปัจจุบันแต่ละซอฟต์แวร์จึงได้สร้างให้มีโหมดการทำงานบนโปรโตคอลมาตรฐานของ OGC โดยมาตรฐาน WMS มีการแบ่งการทำงานเป็น 3 กระบวนการ แสดงดังรูปที่ 2.19

1) GetCapabilities เป็นกระบวนการร้องขอข้อมูลรายละเอียดการให้บริการและคำอธิบายข้อมูลของชุดข้อมูลที่มี
2) GetMap เป็นกระบวนการร้องขอภาพแผนที่ โดยผู้ใช้ทำการระบุพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับข้อมูลแผนที่ภาพหรือข้อมูลภูมิศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เช่น ชื่อชั้นข้อมูล ขอบเขตภูมิศาสตร์ ขนาดภาพเป็นจุดภาพ รูปแบบภาพ จากนั้นแม่ข่าย WMS จะตอบสนองด้วยภาพแผนที่ที่เว็บบราวน์เซอร์ทั่วไปอ่านได้ เช่น GIF, PNG, JPEG, TIFF และอื่นๆ

3) GetFeatureInfo เป็นกระบวนการการรายงานผลเกี่ยวกับสารสนเทศปลีกย่อยที่ปรากฏอยู่บนแผนที่ (เป็นทางเลือก หมายถึงจะมีหรือไม่มีกระบวนการนี้ก็ได้) โดยผู้ใช้จะทำการระบุพิกัด x,y ของจุด แล้วแม่ข่ายตอบกลับด้วยข้อมูลอรรถาธิบายในรูปแบบ HTML, GML หรือรูปแบบ ASCII อย่างง่าย



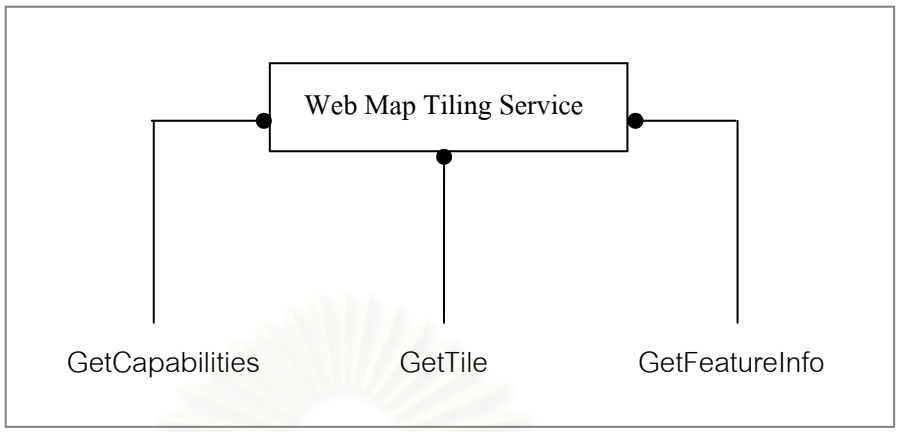
รูปที่ 2.19 ชุดคำสั่งในการทำงานของ WMS

จุดเด่นของมาตรฐาน WMS คือ เครื่องแม่ข่ายใดๆ ถูกร้องขอให้ผลิตแผนที่ เราสามารถนำผลลัพธ์ (แผนที่) ที่ได้มาทำการซ้อนทับกันได้มากกว่าหนึ่งชั้นข้อมูลเพื่อสร้างเป็น Composited map ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า รูปแบบของข้อมูลภาพนั้นต้องสนับสนุนการทำงานของพื้นหลังแบบโปร่งใส (Background Transparency) เช่น GIF หรือ PNG นอกจากนี้ยังสามารถร้องขอได้พร้อมกันจากหลาย Map Server เพื่อนำมาสร้างแผนที่ นอกจากนี้ WMS ยังสามารถสร้างและตกแต่งลักษณะของแผนที่ได้ตามความต้องการอีกด้วย

2.9 Web Map Tiling Service (WMTS)

เป็นข้อกำหนดหรือมาตรฐานคำร้องขอ (Request) เพื่อใช้สำหรับการเรียกดูข้อมูลแผนที่ที่มีลักษณะเป็นไทล์ซึ่งถูกกำหนดมาตราส่วนไว้ล่วงหน้าเพื่อให้ลูกข่ายทำการร้องขอตามมาตราส่วนที่กำหนดไว้เท่านั้น ปัจจุบันมาตรฐาน WMTS ได้พัฒนาถึงเวอร์ชัน 1.0.0 (มีนาคม 2552)

มาตรฐาน WMTS ประกอบไปด้วยการทำงาน 3 กระบวนการ แสดงดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 ชุดคำสั่งในการทำงานของ WMTS

1) GetCapabilities เป็นกระบวนการร้องขอข้อมูลรายละเอียดการให้บริการและคำอธิบายข้อมูลของชุดข้อมูล (Service Metadata) ตัวอย่าง HTTP GET Protocal และค่าพารามิเตอร์ในการ GetCapabilities เช่น

```
http://www.maps.cat/maps.cgi?service=WMTS&version=1.0.0&request=GetCapabilities
```

2) GetTile เป็นกระบวนการร้องขอข้อมูลภาพที่เป็นไทล์ โดยผู้ใช้ทำการระบุพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับข้อมูลไทล์ที่ต้องการ เช่น TileMatrixSet, TileMatrix, TileRow, TileCol รูปแบบข้อมูลภาพแผนที่ที่ต้องการ เช่น PNG จากนั้นแม่ข่าย WMTS จะตอบสนองด้วยภาพแผนที่ที่เว็บบราวน์เซอร์ ตัวอย่าง URL และค่าพารามิเตอร์ในการ GetTile เช่น

```
http://www.maps.cat/maps.cgi?service=WMTS&request=GetTile&version=1.0.0&
layer=etopo2&style=default&format=image/png&TileMatrixSet=WholeWorld_CRS_84&
TileMatrix=10m&TileRow=1&TileCol=3
```

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการ GetTile

ค่าพารามิเตอร์ที่ร้องขอ	ลักษณะ ต้องมี/ทางเลือก	คำอธิบาย
service=WMTS	ต้องมี	ชื่อบริการ
request=GetTile	ต้องมี	ประเภทคำร้องขอ
version=1.0.0	ต้องมี	เวอร์ชันที่ร้องขอ
Layer	ต้องมี	รายการชั้นข้อมูลที่ต้องการสืบค้น
Format	ต้องมี	รูปแบบของผลลัพธ์
TileMatrixSet	ต้องมี	ชื่อชุดข้อมูลที่ต้องการสืบค้น
TileMatrix	ต้องมี	ชั้นข้อมูล
TileRow	ต้องมี	แถวของ TileMatrix
TileCol	ต้องมี	คอลัมภ์ของ TileMatrix

3) GetFeatureInfo เป็นกระบวนการร้องขอรายละเอียดของจุดภาพ โดยผู้ใช้จะทำการระบุพิกัด x,y ของจุดภาพ โดยจุดภาพที่ต้องการทราบรายละเอียดข้อมูลนี้ต้องเกี่ยวโยงกับ spatial feature ที่ได้จากกระบวนการ GetTile ทั้งนี้แม่ข่ายจะตอบกลับด้วยข้อมูลอรรถาธิบายในรูปของ TXT และ XML เป็นต้น ตัวอย่าง URL และค่าพารามิเตอร์ในการ GetFeatureInfo เช่น

```
http://www.maps.cat/maps.cgi?service=WMTS&request=GetFeatureInfo&version=1.0.0
&layer=coastlines&style=default&format=image/png&TileMatrixSet=WholeWorld_CRS
_84&TileMatrix=10m&TileRow=1&TileCol=3&J=86&I=132&InfoFormat=text/xml
```

ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการ GetFeatureInfo

ค่าพารามิเตอร์ที่ร้องขอ	ลักษณะ ต้องมี/ทางเลือก	คำอธิบาย
service=WMTS	ต้องมี	ชื่อบริการ
request=GetFeatureInfo	ต้องมี	ประเภทคำร้องขอ
version=1.0.0	ต้องมี	เวอร์ชันที่ร้องขอ
layer, style, format, TileMatrixSet, TileMatrix, TileRow, and TileCol	ต้องมี/ ทางเลือก	ค่าของพารามิเตอร์ที่ร้องขอต้องสอดคล้องกับคำร้องขอ GetTile
J	ต้องมี	ค่าพิกัดจุดภาพทางแกน y ของไทล์
I	ต้องมี	ค่าพิกัดจุดภาพทางแกน x ของไทล์
InfoFormat	ต้องมี	รูปแบบของข้อมูลที่ต้องการให้แสดงผล เช่น TXT, XML เป็นต้น

มาตรฐาน WMTS แตกต่างจากมาตรฐาน WMS คือ ทำการให้บริการผลของข้อมูลเป็นไทล์ซึ่งเป็นเพียงส่วนหนึ่งของข้อมูลแผนที่ นอกจากนี้ค่าพิกัดและมาตราส่วนของข้อมูลในแต่ละไทล์นั้นได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า (Fixed)

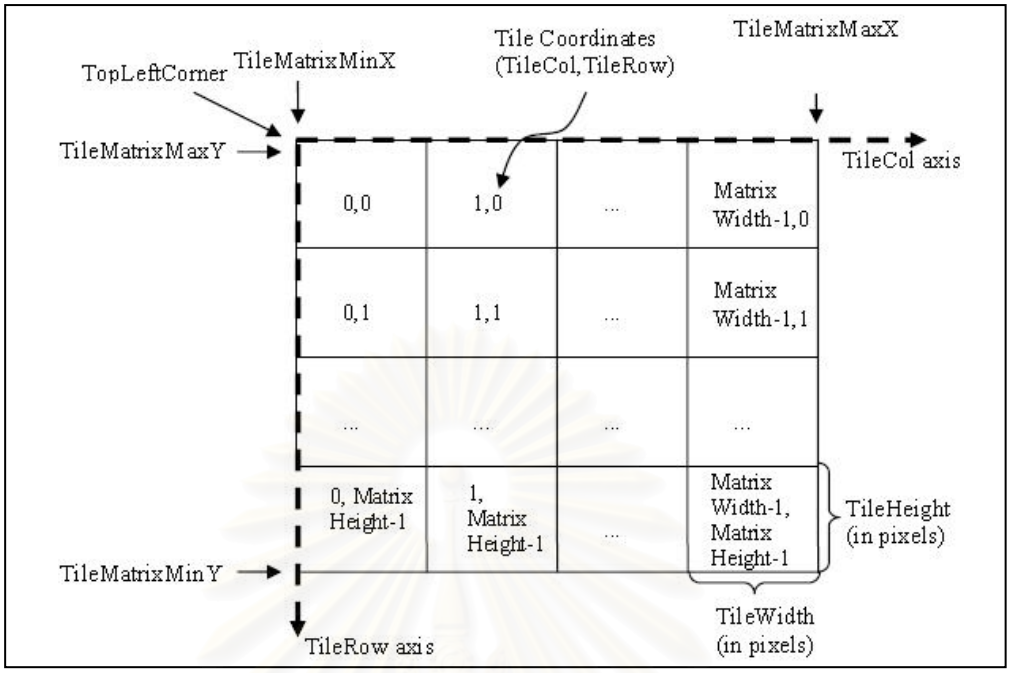
รูปแบบข้อมูลที่ถูกทำการร้องขอต้องมีลักษณะถูกแบ่งเป็นไทล์ (Tile Matrix) มีหลายระดับชั้น โดยในแต่ละระดับชั้น (รูปที่ 2.21) ทำให้ทราบค่าพารามิเตอร์ของแต่ละไทล์ซึ่งประกอบด้วย

1) Scale แสดงถึง มาตราส่วนของชั้นข้อมูล

2) Width and Height แสดงถึง ความกว้าง-ยาว ของแต่ละไทล์

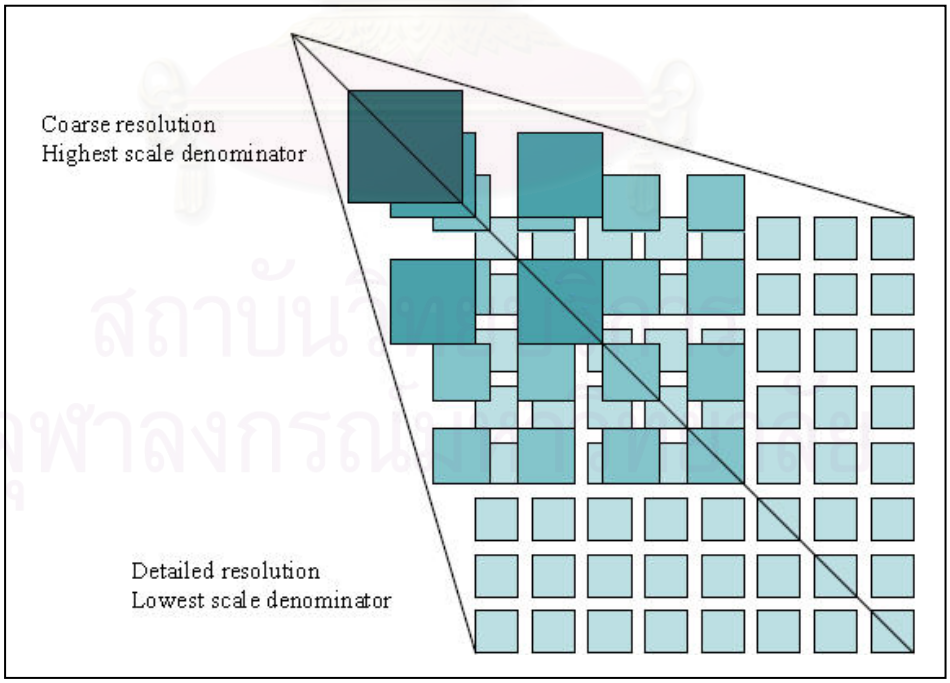
3) the top left แสดงถึง ค่าพิกัดทางแกน x น้อยที่สุดและค่าพิกัดทางแกน y น้อยที่สุด

4) the width and height of the tile matrix in tile units แสดงถึง จำนวนไทล์ในแต่ละด้าน (กว้าง-ยาว)



รูปที่ 2.21 ลักษณะของ Tile Matrix (Masó et al., 2009)

ชุดข้อมูลที่ถูกทำการแบ่งไทล์เป็นระดับชั้นตามมาตราส่วนลดหลั่นกันลงมานั้นเรียกว่า Tile Matrix Set แสดงดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ลักษณะของ Tile Matrix Set (Masó et al., 2009)

2.10 ชุดคำสั่งจีดาล (GDAL)

ชุดคำสั่ง Geospatial Data Abstraction Library : GDAL เป็นชุดคำสั่งสำหรับแปลงรูปแบบและอ่านเขียนข้อมูล GIS ที่เป็นมาตรฐานต่างๆ ซึ่งทำให้การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทำได้ง่ายและตรงตามมาตรฐานที่ใช้ทำงานกับข้อมูลปริภูมิ คือ ข้อมูลภาพและเวกเตอร์ GDAL มีลักษณะเป็น Open Source มีการทำงานในลักษณะ Command line โดยผู้ใช้ต้องระบุพารามิเตอร์และที่อยู่ของข้อมูลรวมถึงระบุที่จัดเก็บผลลัพธ์หลังการประมวลผล ปัจจุบันพัฒนาถึงเวอร์ชัน GDAL1.4.4 (ธันวาคม 2550) สามารถดาวน์โหลดโปรแกรมสำหรับใช้งานและซอร์สโคดได้ที่ http://www.gdal.org/ ชุดคำสั่งหลักของ GDAL ที่ใช้จัดการกับข้อมูลภาพ สรุปได้ดังตาราง 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงชุดคำสั่งหลักที่ใช้จัดการกับข้อมูลภาพ

ชุดคำสั่ง	การใช้งาน
gdalinfo	แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับไฟล์
gdal_translate	คัดลอกข้อมูลภาพแบบมีการกำหนดรูปแบบข้อมูลผลลัพธ์
gdaladdo	สร้างพีรามิดข้อมูลภาพ
gdalwarp	การดัดแก้ข้อมูลภาพ โดยการตรึงพิกัดภาพ
gdaltindex	สร้างดัชนีข้อมูลภาพเพื่อการทำงานร่วมกับ Geoserver, UMN Mapserver
gdal_contour	สร้างเส้นชั้นความสูงจากข้อมูลแบบจำลองระดับ
rgb2pct.py	แปลงข้อมูลจากแบบ 24 บิตไปเป็นข้อมูล 8 บิตแบบใช้จานสี
pct2rgb.py	แปลงข้อมูลจาก 8 บิตแบบใช้จานสีไปเป็นข้อมูลแบบ 24 บิต
gdal_merge.py	สร้างการเชื่อมต่อข้อมูลภาพจากชุดข้อมูลภาพ
gdal2tiles.py	จัดการโครงสร้างข้อมูลภาพขนาดใหญ่ โดยจัดโครงสร้างให้เป็น Pyramid และ Tiling
gdal_rasterize	แปลงข้อมูลจากเวกเตอร์ไปเป็นข้อมูลภาพ
gdaltransform	แปลงระบบพิกัดให้กับข้อมูลภาพ
nearblack	เปลี่ยนขอบของข้อมูลที่เกือบเป็นสีดำ/ขาว ให้เป็นค่าที่ถูกต้อง
gdal_grid	สร้างข้อมูลกริดจากข้อมูลสุ่ม หรือข้อมูลที่ไม่สม่ำเสมอ
gdal-config	เรียกดูรายละเอียดที่จำเป็นสำหรับการใช้งานชุดคำสั่ง GDAL

ชุดคำสั่ง GDAL รองรับมาตรฐานรูปแบบข้อมูลภาพที่หลากหลาย ทั้งแบบมาตรฐาน เช่น PNG, TIFF, HDF, JPEG, JPEG2000 หรือ CEOS และข้อมูลภาพที่มีรูปแบบเฉพาะ เช่น Arc/Info Binary Grid, Erdas Imagine, PCI Geomatics Database file และ MrSID เป็นต้น สามารถค้นหารูปแบบข้อมูลภาพที่สนับสนุนได้ที่ http://www.gdal.org/

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

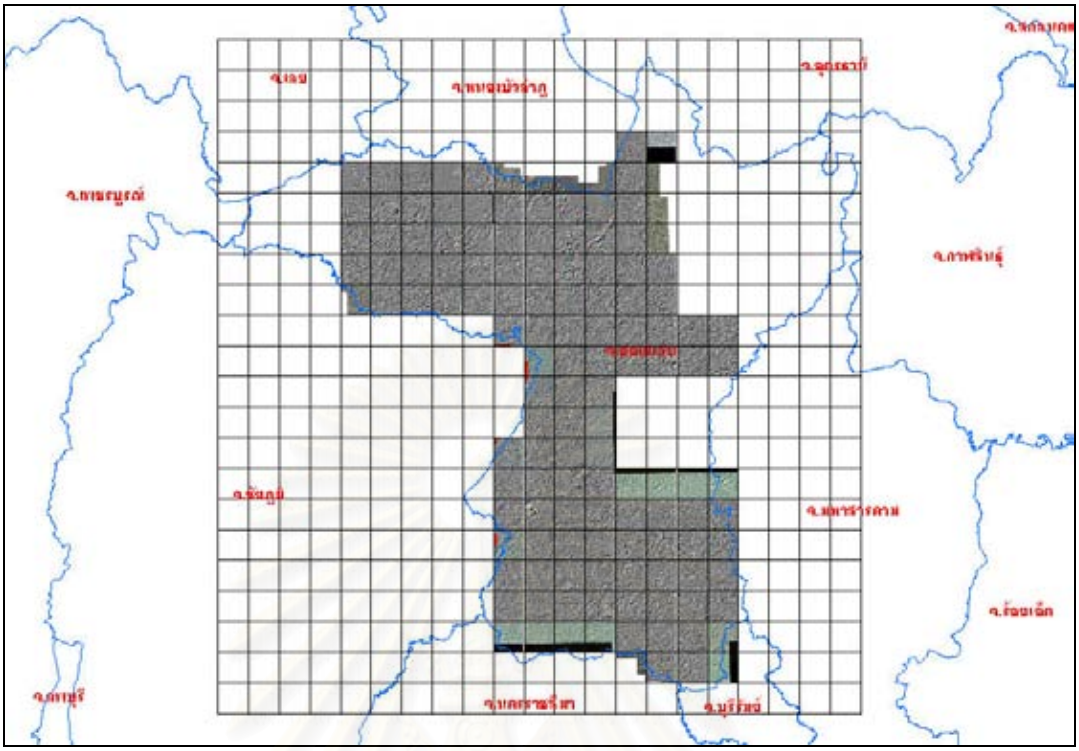
จากวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเผยแพร่ข้อมูลผ่านเครือข่ายด้วยวิธีการจัดการข้อมูลภาพตามที่ออกแบบ จึงกำหนดโครงสร้างรูปแบบข้อมูลที่ใช้ทดสอบเป็น 5 รูปแบบ คือ

1) ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ
2) การสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ (Internal Pyramid)
3) การสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ (External Pyramid)
4) การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Internal Tile)
5) การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Pyramidal Tiling)

ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทำการวิจัยครั้งนี้ คือข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ บริเวณพื้นที่บางส่วนของจังหวัดขอนแก่น พื้นที่ดำเนินการอยู่ระหว่างละติจูดที่ 15.65 - 16.91 องศาเหนือ ลองจิจูด 101.99 - 102.91 องศาตะวันออก บนพื้นหลักฐาน WGS84

ข้อมูลภาพต้นฉบับที่นำมาใช้ทำการทดสอบเป็นไฟล์ข้อมูลขนาดใหญ่ที่ถูกนำไฟล์ภาพขนาดเล็กมารวมกันเป็น 5 ไฟล์ภาพขนาดใหญ่ที่แต่ละภาพมีขนาดประมาณ 20 กิ๊กกะไบต์ ดังนั้นจึงต้องทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของภาพเพื่อนำมาใช้ในการทดสอบ โดยนำภาพมารวมกัน (Mosaic) ด้วยโปรแกรม Erdas และไม่ทำการเปลี่ยนแปลงความละเอียดจุดภาพของภาพต้นฉบับ ทั้งนี้เมื่อทำการรวมข้อมูลภาพทั้งหมดแล้ว พื้นที่ภาพทั้งหมดมีขนาดประมาณ 141.12x103.04 ตารางกิโลเมตร จากนั้นทำการตัดแบ่งให้มีข้อมูลภาพที่มีขนาดเท่ากับ 7.5x7.5 ตารางกิโลเมตร ได้ข้อมูลภาพสำหรับใช้ในการทดสอบจำนวนทั้งสิ้น 134 ภาพ แสดงดังรูปที่ 3.1

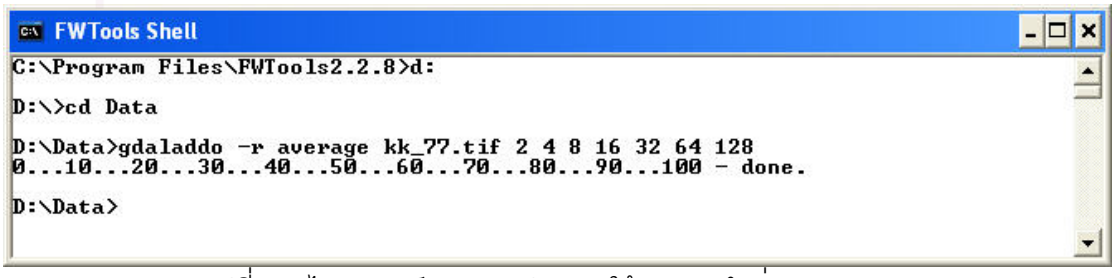
ข้อมูลทั้ง 134 ภาพที่ได้จากการเตรียมนี้ ในงานวิจัยนี้จะใช้เป็นข้อมูลภาพต้นฉบับที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ โดยรูปแบบข้อมูลภาพที่ใช้เป็น GeoTiff ไม่มีการบีบอัดภาพ นำมาใช้ทดสอบการแสดงผลเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพในรูปแบบข้อมูลอีก 4 รูปแบบดังกล่าวข้างต้นซึ่งต้องมีการจัดเตรียมใหม่ เมื่อดำเนินการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพตามที่กำหนดแล้วจึงนำไปติดตั้งและปรับตั้งค่าการทำงานใน Map Server ได้แก่ Minnesota Mapserver, ArcIMS และ Geoserver หลังจากนั้นพัฒนา Map Viewer เพื่อเรียกดูการตอบสนอง



รูปที่ 3.1 ข้อมูลภาพบริเวณพื้นที่ศึกษา

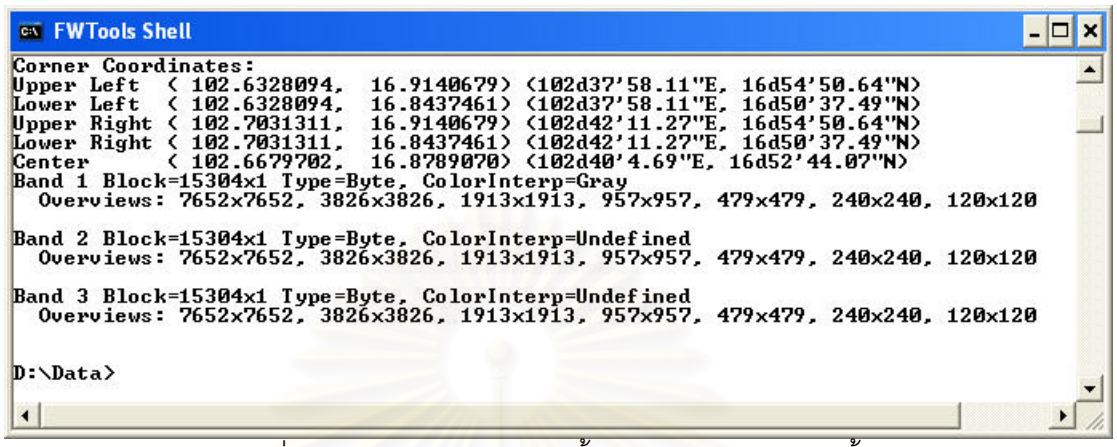
3.1 การสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ (Internal Pyramid)

การสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ สามารถทำได้โดยอาศัยชุดคำสั่ง gdaladdo จากชุดคำสั่ง GDAL จำนวนชั้นพีรามิดของข้อมูลภาพจะถูกกำหนดด้วยจำนวนเท่าของการลดทอน Spatial Resolution เช่น การลดทอน 2, 4, 8, 16, 32, 64 และ128 แสดงถึงชั้นข้อมูลต้นฉบับมีขนาด Resolution เท่ากับ 1 ชั้นข้อมูลที่ 2 มีขนาด Resolution เท่ากับ 2 ตามลำดับที่กำหนดข้างต้น จะได้ชั้นข้อมูลของพีรามิดข้อมูลจำนวน 7 ชั้น เมื่อรวมกับชั้นเดิมที่เป็นต้นฉบับทำให้ข้อมูลภาพมีจำนวนทั้งหมด 8 ชั้น ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ข้อมูลมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีรูปแบบเป็น GeoTiff ซึ่งไม่มีการบีบอัดภาพ ตัวอย่างไวยากรณ์และการใช้งานคำสั่ง gdaladdo แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง gdaladdo

ตัวอย่างรายละเอียดชั้นข้อมูลภาพจำนวน 7 ชั้นที่ได้จากการใช้คำสั่ง gdalinfo แสดงดังรูปที่ 3.3

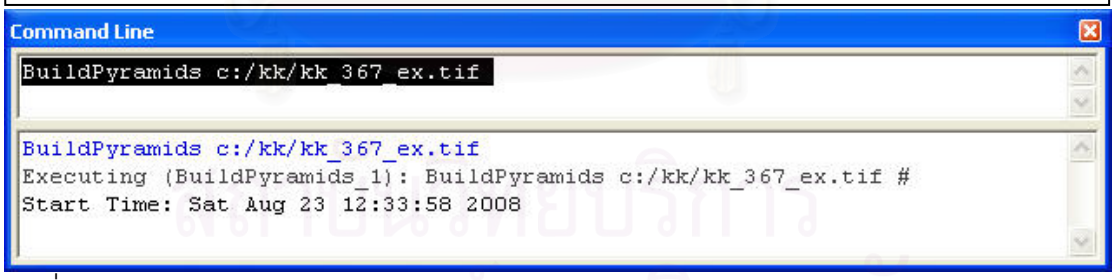


รูปที่ 3.3 ตัวอย่างรายละเอียดชั้นข้อมูลภาพจำนวน 7 ชั้น

3.2 การสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ (External Pyramid)

การสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ ทำโดยใช้คำสั่ง BuildPyramids ที่อยู่ในโปรแกรม ArcGIS 9.2 โดยมีรูปแบบการใช้งาน ดังรูปที่ 3.4 ผลลัพธ์ที่ได้คือ มีการสร้างข้อมูลที่มีนามสกุล .rrd เพิ่มขึ้นมา ซึ่งมีขนาดประมาณ 47.6 เมกกะไบต์ ข้อมูลภาพยังคงมีรูปแบบเป็น GeoTiff ซึ่งไม่มีการบีบอัดภาพ

BuildPyramids <in_raster_dataset>

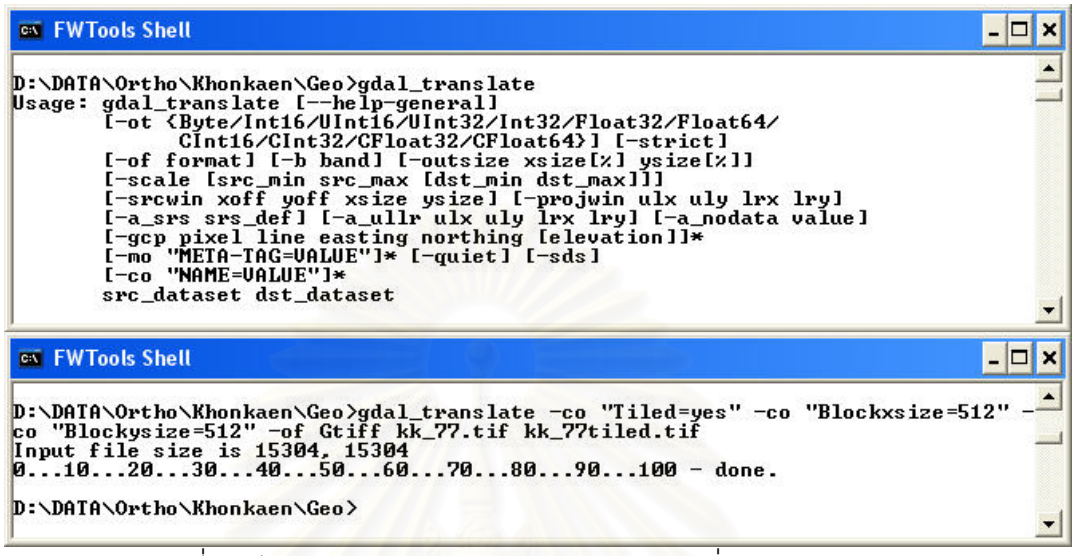


รูปที่ 3.4 ไวยากรณ์และตัวอย่างการสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพโดยใช้โปรแกรม ArcGIS 9.2

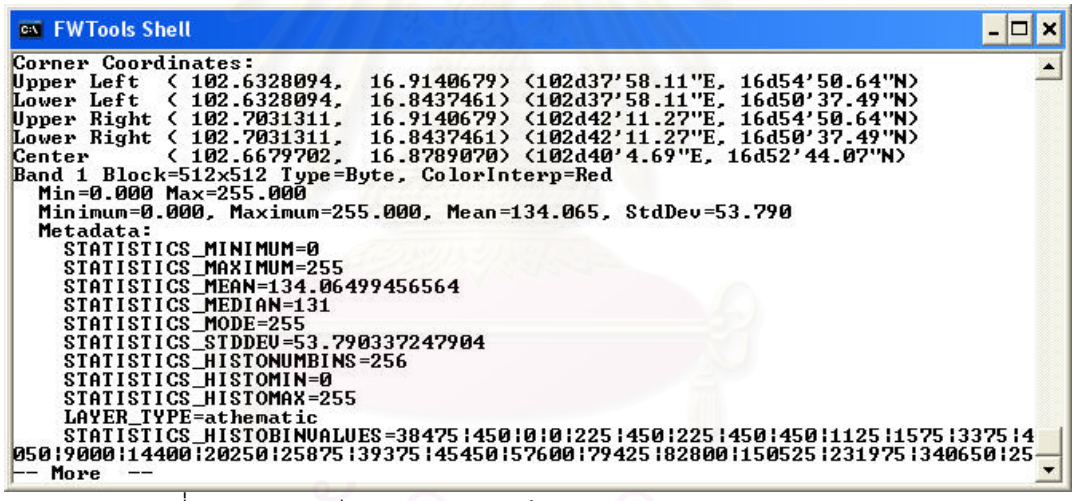
3.3 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Internal Tile)

การแบ่งส่วนข้อมูลภาพในการทดลองนี้ ทำโดยออกแบบขนาดไว้ที่ 512x512 จุดภาพ เนื่องจากต้องการให้สอดคล้องกับโครงสร้างในรูปแบบของการแบ่งส่วนและสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพของโปรแกรมเวิลด์วินด์ที่ได้นำมาศึกษาเปรียบเทียบ โดยการแบ่งส่วนข้อมูลภาพสามารถทำได้โดยอาศัยคำสั่ง gdal_translate จากชุดคำสั่ง GDAL เพื่อให้ได้ขนาดของไทล์ตามความต้องการ โดยมีรูปแบบการใช้งาน ดังรูปที่ 3.5 ข้อมูลภาพยังคงมีรูปแบบเป็น GeoTiff ซึ่งไม่มี

การบีบอัดภาพ ข้อมูลแสดงรายละเอียดการแบ่งส่วนข้อมูลภาพขนาด 512 x 512 จุดภาพที่ได้จากการใช้คำสั่ง gdalinfo แสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง gdal_translate

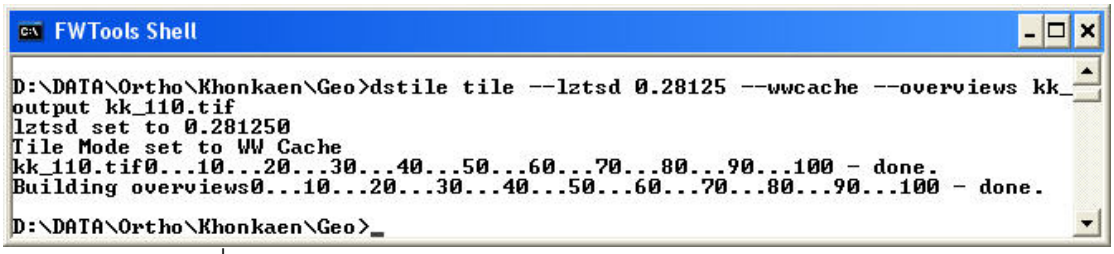


รูปที่ 3.6 รายละเอียดการแบ่งส่วนข้อมูลภาพขนาด 512 x 512 จุดภาพ

3.4 การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Pyramidal Tiling)

จากหลักการของการตัดแบ่งแบบ Pyramidal Tiling ซึ่งมีการจัดการในหลายรูปแบบ เช่น โปรแกรมเวิลด์วินด์และTerraserver ในงานวิจัยนี้ได้เรียกใช้การจัดแบ่งของโปรแกรมเวิลด์วินด์สำหรับเป็นตัวอย่างในการทดสอบ

ในการทำ Pyramidal Tiling ใช้เครื่องมือที่เรียกว่า dstile.exe ซึ่งเป็นเครื่องมือในการจัดการข้อมูลภาพของโปรแกรมเวิลด์วินด์ (ดังแสดงในบทที่ 2 หัวข้อ 2.1.4) โดยมีลักษณะการทำงาน ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมประยุกต์ dstile

โดยมีคำอธิบายรายละเอียดของพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

tile คือ การกำหนดให้มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

Lztsd (Level zero tile size) คือ ขนาดของไทล์ชั้นแรก (ระดับชั้น 0)

wwcache คือ การกำหนดให้ข้อมูลภาพที่ได้มีโครงสร้างชื่อไฟล์ที่สามารถนำไปใช้กับโปรแกรมเวิลด์วินด์ได้

overviews คือ การกำหนดให้มีการสร้างชั้นข้อมูลภาพ

output_directory คือ ตำแหน่งเก็บข้อมูลภาพที่ได้

georeference_image_file คือ ข้อมูลภาพต้นฉบับที่ได้มีการทำ georeference แล้ว

ในการจัดการข้อมูลรูปแบบนี้ ต้องกำหนดให้มีการจัดทำชุดภาพตามโครงสร้างแบบพีรามิด ซึ่งจำนวนชั้นที่ได้ออกแบบไว้คือ 8 ชั้น โดยชั้นที่ละเอียดที่สุดมีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 4.29153E-06 ดีกรี ซึ่งมีความใกล้เคียงกับความละเอียดจุดภาพของข้อมูลภาพต้นฉบับของพื้นที่ จ.ขอนแก่น ที่มีขนาดความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 4.54983E06 ดีกรี ผลลัพธ์ที่ได้ คือ ข้อมูลภาพที่มีรูปแบบ JPEG โดยมีระบบการทำงานของ Pyramidal Tiling แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงระบบของไทล์และพีรามิดที่ใช้ในการวิจัย

ระดับชั้น	Degree	Meter	nX	nY	Degree/Pixel	Meters/Pixel
0	0.28125	31500	1280	640	0.000549316	61.52
1	0.140625	15750	2560	1280	0.000274658	30.76
2	0.0703125	7875	5120	2560	0.000137329	15.38
3	0.03515625	3937.5	10240	5120	6.86646E-05	7.69
4	0.017578125	1968.75	20480	10240	3.43323E-05	3.85
5	0.008789063	984.375	40960	20480	1.71661E-05	1.92
6	0.004394531	492.1875	81920	40960	8.58307E-06	0.96
7	0.002197266	246.09375	163840	81920	4.29153E-06	0.48

โดย nX = จำนวนไทล์ทางแกน X

nY = จำนวนไทล์ทางแกน Y

จากข้อมูลภาพที่ได้จากการโครงสร้างข้อมูลภาพ ทำให้ได้ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดสอบที่มีความละเอียดจุดภาพดังแสดงในตารางที่ 3.2

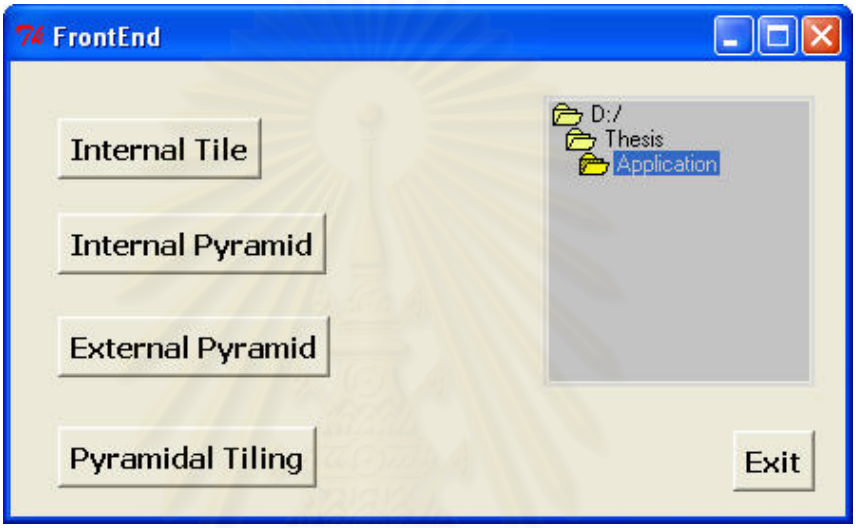
ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดจุดภาพของข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดสอบ

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ความละเอียดจุดภาพ (เมตร/จุดภาพ)
ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ	0.51
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ (Internal Pyramid)	0.51
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ (External Pyramid)	0.51
มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Internal Tile)	0.51
การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Pyramidal Tiling)	
แบ่งเป็น	
- ระดับชั้นที่ 0	61.52
- ระดับชั้นที่ 1	30.76
- ระดับชั้นที่ 2	15.38
- ระดับชั้นที่ 3	7.69
- ระดับชั้นที่ 4	3.85
- ระดับชั้นที่ 5	1.92
- ระดับชั้นที่ 6	0.96
- ระดับชั้นที่ 7	0.48

3.5 การพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการจัดการข้อมูลภาพ

ในการเตรียมข้อมูลภาพทั้ง 3 รูปแบบข้างต้น คือ การจัดการโครงสร้างการสร้างพีรามิดภายใน การสร้างพีรามิดภายนอก และการแบ่งส่วนข้อมูล พบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลเหล่านี้สามารถอาศัยชุดคำสั่งของ GDAL ซึ่งมีเครื่องมือพื้นฐานมาช่วยในการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพได้ ดังอธิบายในหัวข้อ 3.1, 3.2, 3.3 และการเตรียมข้อมูลภาพอีกรูปแบบหนึ่ง คือ การแบ่งส่วนและสร้างพีรามิดข้อมูลนั้น ใช้เครื่องมือจัดการภาพ ดังอธิบายในหัวข้อ 3.4 ที่มี

ลักษณะการทำงานเป็น Command Line โดยทำงานได้ครั้งละ 1 ไฟล์ ดังนั้นในกรณีที่ต้องการจัดการกับข้อมูลปริมาณมากทำให้ใช้เวลานาน จึงได้มีการพัฒนาเครื่องมือเพื่ออ่านลิสต์ไฟล์ข้อมูลภาพแล้วนำมาสร้างเป็น Batch File ในการจัดการข้อมูลปริมาณมากและไม่เป็นการทำงานซ้ำหลายครั้ง เพื่อช่วยในการจัดเตรียม เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในด้านความรวดเร็ว โดยใช้โปรแกรมภาษาไพธอนช่วยในการเขียน เครื่องมือที่พัฒนาขึ้น แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้

ผู้ใช้งานสามารถเลือกไฟล์ข้อมูลภาพจากไดเรคทอรีที่อยู่ทางด้านขวามือ แล้วเลือกประเภทการจัดการโครงสร้างข้อมูลรูปแบบการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Internal Tile) การสร้างพีรา-มิดภายในข้อมูลภาพ (Internal Pyramid) การสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ (External Pyramid) หรือการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Pyramidal Tiling) ซึ่งจะทำให้โปรแกรมสร้าง Batch File โดยอัตโนมัติ ได้แก่

1) การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Internal Tile) คือ Tile_in.bat แสดงตัวอย่างดังรูป 3.9
2) การสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ (Internal Pyramid) คือ pyramid_in.bat แสดงตัวอย่างดังรูป 3.10
3) การสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ (External Pyramid) คือ pyramid_ex.bat แสดงตัวอย่างดังรูป 3.11
4) การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Pyramidal Tiling) คือ pyramid_tile.bat แสดงตัวอย่างดังรูป 3.12

```
gdal_translate -co "Tiled=yes" -co "Blockxsize=512" -co "Blockysize=512" -of Gtiff kk_78.tif kk_78tiled.tif
gdal_translate -co "Tiled=yes" -co "Blockxsize=512" -co "Blockysize=512" -of Gtiff kk_89.tif kk_89tiled.tif
gdal_translate -co "Tiled=yes" -co "Blockxsize=512" -co "Blockysize=512" -of Gtiff kk_90.tif kk_90tiled.tif
gdal_translate -co "Tiled=yes" -co "Blockxsize=512" -co "Blockysize=512" -of Gtiff kk_91.tif kk_91tiled.tif
gdal_translate -co "Tiled=yes" -co "Blockxsize=512" -co "Blockysize=512" -of Gtiff kk_92.tif kk_92tiled.tif
gdal_translate -co "Tiled=yes" -co "Blockxsize=512" -co "Blockysize=512" -of Gtiff kk_93.tif kk_93tiled.tif
gdal_translate -co "Tiled=yes" -co "Blockxsize=512" -co "Blockysize=512" -of Gtiff kk_94.tif kk_94tiled.tif
```

รูปที่ 3.9 ตัวอย่าง Tile_in.bat

```
gdaladdo -r average kk_l10.tif 2 4 8 16 32 64 128
gdaladdo -r average kk_l11.tif 2 4 8 16 32 64 128
gdaladdo -r average kk_l12.tif 2 4 8 16 32 64 128
gdaladdo -r average kk_l13.tif 2 4 8 16 32 64 128
gdaladdo -r average kk_l14.tif 2 4 8 16 32 64 128
gdaladdo -r average kk_l15.tif 2 4 8 16 32 64 128
gdaladdo -r average kk_l16.tif 2 4 8 16 32 64 128
```

รูปที่ 3.10 ตัวอย่าง Pyramid_in.bat

```
BuildPyramids kk_92.tif
BuildPyramids kk_93.tif
BuildPyramids kk_94.tif
BuildPyramids kk_95.tif
BuildPyramids kk_96.tif
BuildPyramids kk_97.tif
```

รูปที่ 3.11 ตัวอย่าง Pyramid_ex.bat

```
dstile tile --lztsd 0.28125 --wwcache --overviews kk_output28125 kk_l15.tif
dstile tile --lztsd 0.28125 --wwcache --overviews kk_output28125 kk_l16.tif
dstile tile --lztsd 0.28125 --wwcache --overviews kk_output28125 kk_l17.tif
dstile tile --lztsd 0.28125 --wwcache --overviews kk_output28125 kk_l18.tif
dstile tile --lztsd 0.28125 --wwcache --overviews kk_output28125 kk_l19.tif
dstile tile --lztsd 0.28125 --wwcache --overviews kk_output28125 kk_l20.tif
dstile tile --lztsd 0.28125 --wwcache --overviews kk_output28125 kk_l31.tif
```

รูปที่ 3.12 ตัวอย่าง pyramid_tile.bat

3.6 การสร้างเวิลด์ไฟล์

เนื่องจากเมื่อทำการเตรียมข้อมูลภาพที่ได้จากการทำ Pyramidal Tiling แล้ว ข้อมูลภาพที่ได้จะเป็นเพียงภาพ JPEG ที่ไม่มีการอ้างอิงตำแหน่งโลก (georeference) เมื่อทำการแสดงภาพทุกภาพก็จะอยู่ที่ตำแหน่งเดิม จึงต้องทำการสร้างเวิลด์ไฟล์ให้กับข้อมูลภาพที่ได้เพื่อที่จะได้นำไปสร้างดัชนีข้อมูลภาพต่อไป โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ scn_GenWorldFile.py ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย ผศ.ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ผลลัพธ์เป็นไฟล์ .jgw ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลที่อธิบายว่าข้อมูลภาพจะแสดงตำแหน่งจริงบนพื้นผิวโลกที่ใด

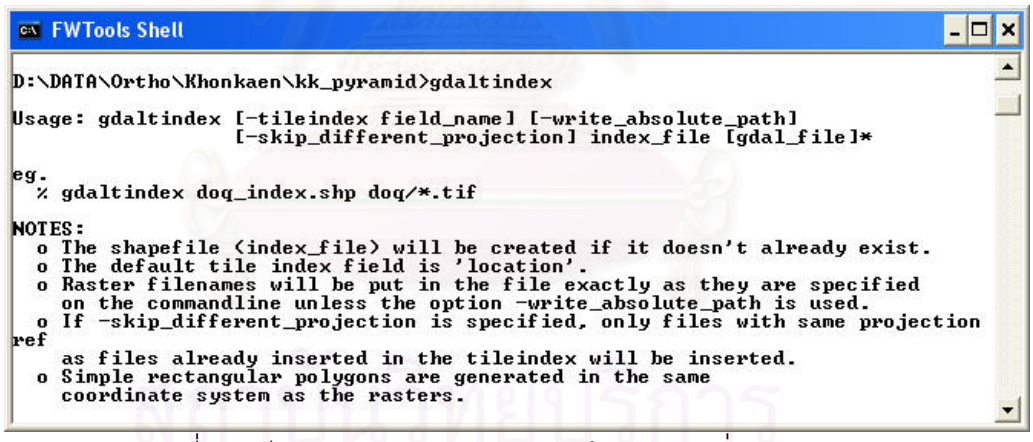
3.7 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ

ข้อมูลที่ได้จากการจัดเตรียมทั้ง 5 รูปแบบข้างต้น เพื่อการแสดงผลภาพผ่านเครือข่ายนั้นมีลักษณะของข้อมูลที่ไม่สามารถเรียกใช้และเข้าถึงได้กับทุก Map Server กล่าวคือ Minnesota Mapserver และ Geoserver ซึ่งสนับสนุนชุดข้อมูลที่มีหลายภาพประกอบกัน สามารถทำได้ด้วยการทำ Shapefile ในขณะที่ ArcIMS นั้น รองรับการเก็บข้อมูลในรูปแบบ Image Catalog เก็บข้อมูลในรูปแบบฐานข้อมูล DBF

3.7.1 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพในรูปแบบ Shapefile

ทำการสร้าง Shapefile ที่เก็บตำแหน่งของข้อมูลภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของข้อมูลภาพที่ได้มีจัดการโครงสร้างไว้แล้ว เพื่อการทำงานร่วมกับ Minnesota MapServer และ Geoserver มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) สร้าง Shapefile โดยใช้ชุดคำสั่ง gdaltindex จากชุดคำสั่ง GDAL โดยการเรียกใช้งานจะต้องระบุชื่อไฟล์ shapefile ที่เป็น output และกำหนดตำแหน่งของไฟล์ข้อมูลภาพในการทำดัชนีข้อมูล แสดงตัวอย่างการทำงานดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง gdaltindex

2) ทำการสร้างไฟล์ .prj ซึ่งเป็นไฟล์ที่ระบุพิกัดของไฟล์ .shp ที่ได้ โดยใช้ชุดคำสั่งจากโปรแกรมภาษา Python ดังนี้

```
Python epsg_tr.py –wkt 4326 > kk_pyramid_in.prj
```

3) สร้างไฟล์ .properties เป็นไฟล์ที่ใช้บอกคุณลักษณะของ Shapefile ที่ได้ มีองค์ประกอบดังรูปที่ 3.14

```
Name=kk_pyramid_in
Levels=0.000004549839489,0.000004549839489
LevelsNum=1
Envelope2D=102,15.6484 102.914,16.9141
NumFiles=134
```

รูปที่ 3.14 ลักษณะข้อมูลไฟล์ .properties

ในการทำ Tileindex จะสร้างดัชนีข้อมูลภาพแบบเวกเตอร์ (Shapefile) ตามจำนวนข้อมูลภาพที่เตรียมเอาไว้ ผลลัพธ์ที่ได้จะได้ทั้งหมด 12 shapefile คือ

- Original.shp ดัชนีข้อมูลภาพของข้อมูลภาพต้นฉบับ
- Pyramid_in.shp ดัชนีข้อมูลภาพของข้อมูลภาพที่ได้จากการสร้างพีรามิดภายใน (Internal Pyramid)
- Pyramid_ex.shp ดัชนีข้อมูลภาพของข้อมูลภาพที่ได้จากการสร้างพีรามิดภายนอก (External Pyramid)
- Tiled.shp ดัชนีข้อมูลภาพของข้อมูลภาพที่ได้จากการแบ่งส่วนข้อมูล
- ดัชนีข้อมูลภาพของข้อมูลภาพที่ได้จากการกระบวนการ Pyramidal Tiling 8 ไฟล์ ได้แก่ Level0.shp, Level1.shp, Level2.shp, Level3.shp, Level4.shp, Level5.shp, Level6.shp, Level7.shp

3.7.2 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพในรูปแบบ Database File

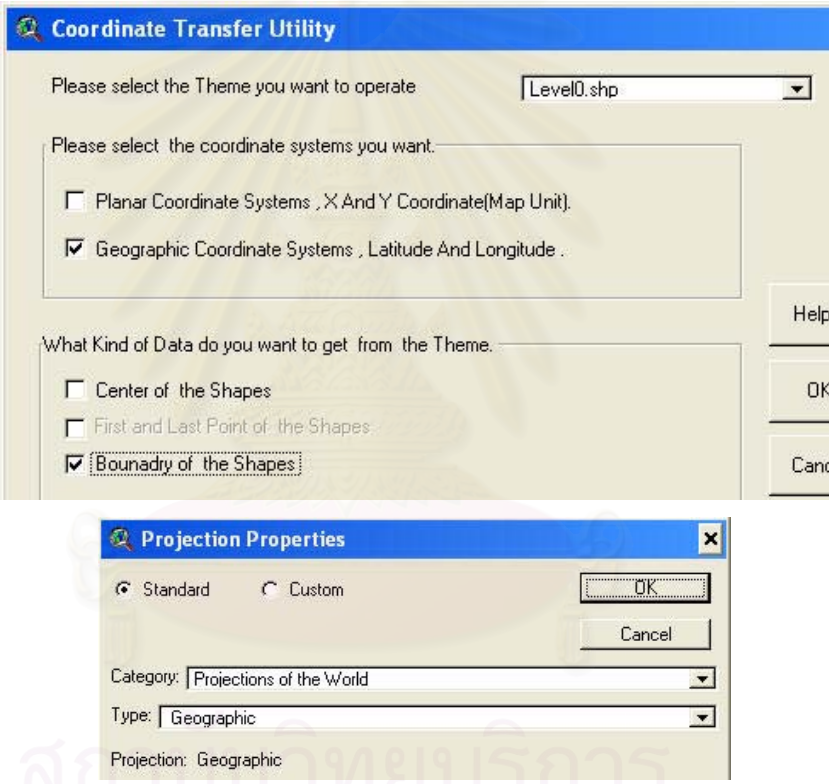
ทำการสร้างฐานข้อมูลภาพที่มีนามสกุลเป็น .dbf โดยมีการระบุที่อยู่ (Path) ของข้อมูลภาพและข้อมูลขนาดครอบคลุมของข้อมูลภาพ เพื่อการทำงานร่วมกับ ArcIMS ซึ่งมีลักษณะฐานข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3.15

IMAGE	XMIN	YMIN	XMAX	YMAX
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0380\0380_1005.jpg	102.65625000	16.87500000	102.93750000	17.15625000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0380\0380_1004.jpg	102.37500000	16.87500000	102.65625000	17.15625000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0379\0379_1005.jpg	102.65625000	16.59375000	102.93750000	16.87500000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0379\0379_1004.jpg	102.37500000	16.59375000	102.65625000	16.87500000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0379\0379_1003.jpg	102.09375000	16.59375000	102.37500000	16.87500000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0379\0379_1002.jpg	101.81250000	16.59375000	102.09375000	16.87500000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0378\0378_1005.jpg	102.65625000	16.31250000	102.93750000	16.59375000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0378\0378_1004.jpg	102.37500000	16.31250000	102.65625000	16.59375000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0378\0378_1003.jpg	102.09375000	16.31250000	102.37500000	16.59375000
d:\data\ortho\khonkaen\geo\kk_tile&pyramid\0\0378\0378_1002.jpg	101.81250000	16.31250000	102.09375000	16.59375000

รูปที่ 3.15 ลักษณะดัชนีข้อมูลภาพแบบ Database File

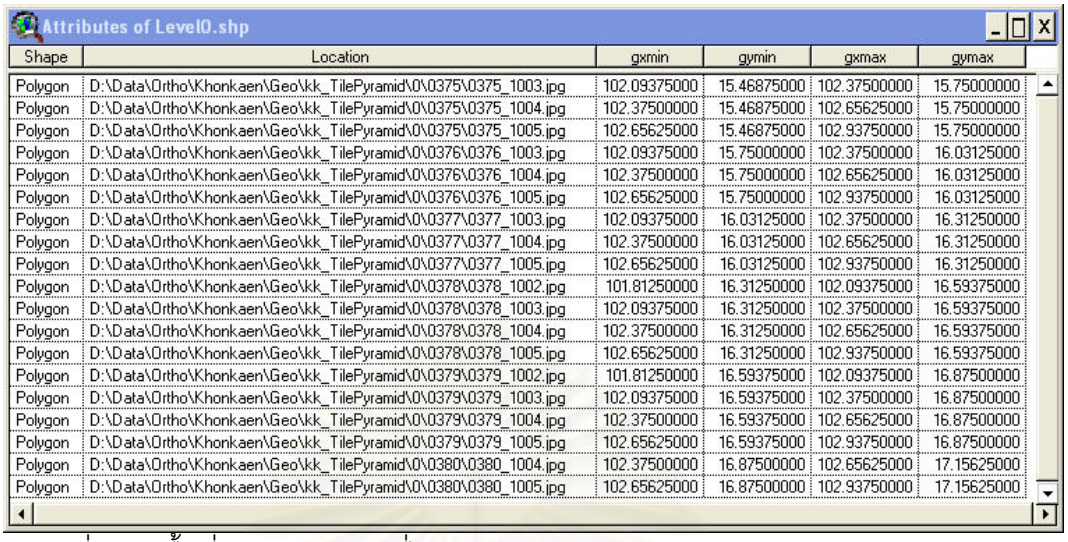
มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) จาก Shapefile ที่ได้จากกระบวนการสร้างดัชนีข้อมูลภาพแบบเวกเตอร์นำมาใส่ค่าพิกัดครอบคลุมของข้อมูลภาพ โดยแสดงค่าพิกัดทางแกนเอกซ์ที่น้อยที่สุดและมากที่สุด (min x and max x) และค่าพิกัดทางแกนวายน้อยที่สุดหรือมากที่สุด (min y and max y) โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ Coordinate Transfer Utility ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Min-Lang Huang (huang@dprc.ncku.edu.tw) เป็นโปรแกรมเสริมการทำงานของโปรแกรม Arcview ช่วยในการสร้างค่าพิกัดครอบคลุมข้อมูลภาพ ลักษณะการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 โปรแกรมประยุกต์ Coordinate Transfer Utility

2) ผลลัพธ์จาก Arcview จะได้ตารางเก็บค่าดัชนีข้อมูลแสดงดังรูปที่ 3.17 แต่เนื่องจาก Image Catalog ของ Arcview มีการโครงสร้างในส่วนของชื่อฟิลด์เอาไว้ จึงต้องมีการเปลี่ยนชื่อฟิลด์ในแต่ละ Image Catalog


Attributes of Level0.shp

Shape	Location	gxmin	gymin	gxmax	gymax
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0375\0375_1003.jpg	102.09375000	15.46875000	102.37500000	15.75000000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0375\0375_1004.jpg	102.37500000	15.46875000	102.65625000	15.75000000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0375\0375_1005.jpg	102.65625000	15.46875000	102.93750000	15.75000000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0376\0376_1003.jpg	102.09375000	15.75000000	102.37500000	16.03125000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0376\0376_1004.jpg	102.37500000	15.75000000	102.65625000	16.03125000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0376\0376_1005.jpg	102.65625000	15.75000000	102.93750000	16.03125000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0377\0377_1003.jpg	102.09375000	16.03125000	102.37500000	16.31250000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0377\0377_1004.jpg	102.37500000	16.03125000	102.65625000	16.31250000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0377\0377_1005.jpg	102.65625000	16.03125000	102.93750000	16.31250000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0378\0378_1002.jpg	101.81250000	16.31250000	102.09375000	16.59375000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0378\0378_1003.jpg	102.09375000	16.31250000	102.37500000	16.59375000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0378\0378_1004.jpg	102.37500000	16.31250000	102.65625000	16.59375000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0378\0378_1005.jpg	102.65625000	16.31250000	102.93750000	16.59375000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0379\0379_1002.jpg	101.81250000	16.59375000	102.09375000	16.87500000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0379\0379_1003.jpg	102.09375000	16.59375000	102.37500000	16.87500000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0379\0379_1004.jpg	102.37500000	16.59375000	102.65625000	16.87500000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0379\0379_1005.jpg	102.65625000	16.59375000	102.93750000	16.87500000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0380\0380_1004.jpg	102.37500000	16.87500000	102.65625000	17.15625000
Polygon	D:\Data\Ortho\Khonkaen\Geo\kk_TilePyramid\0\0380\0380_1005.jpg	102.65625000	16.87500000	102.93750000	17.15625000

รูปที่ 3.17 พื้นที่ครอบคลุมภาพที่ได้จากโปรแกรมประยุกต์ Coordinate Transfer Utility

ผลลัพธ์ที่ได้มีทั้งหมด 12 shapefile คือได้ดัชนีข้อมูลภาพแบบ Database File พร้อมนำไปใช้งาน 12 ไฟล์ คือ

- Original.dbf ดัชนีข้อมูลภาพของข้อมูลภาพต้นฉบับ
- Pyramid_in. dbf ดัชนีข้อมูลภาพของข้อมูลภาพที่ได้จากการสร้างพีรามิดภายใน (Internal Pyramid)
- Pyramid_ex. dbf ดัชนีข้อมูลภาพของข้อมูลภาพที่ได้จากการสร้างพีรามิดภายนอก (External Pyramid)
- Tiled.dbf ดัชนีข้อมูลภาพของข้อมูลภาพที่ได้จากการแบ่งส่วนข้อมูล
- ดัชนีข้อมูลภาพของข้อมูลภาพที่ได้จากการกระบวนการ Pyramidal Tiling จำนวน 8 ไฟล์ ได้แก่ Level0. dbf, Level1. dbf, Level2. dbf, Level3. dbf, Level4. dbf, Level5. dbf, Level6. dbf, Level7. dbf

3.8 การให้บริการข้อมูลใน Map Server

ในการทดลองนี้ใช้ Minnesota Mapserver, ArcIMS และ Geoserver ในการทดสอบ ได้ทำการกำหนดค่าข้อมูลให้กับแต่ละ Map Server เพื่อการใช้งานดังนี้

3.8.1 Minnesota Mapserver

การทำงานของ Minnesota Mapserver จะถูกควบคุมโดย Map File ซึ่งมีนามสกุล .map ที่สามารถสร้างได้ในโปรแกรม Text Editor ทั่วไป เช่น EditPlus

ทำการปรับตั้งค่าการทำงานและกำหนดค่าชั้นข้อมูลที่จะให้บริการผ่าน Map File ทำการระบุชั้นข้อมูลที่จะให้บริการ ที่พารามิเตอร์ชื่อ NAME และมีพารามิเตอร์ชื่อ TILEINDEX ซึ่งทำเป็นชั้นข้อมูล Tileindex โดยมีพารามิเตอร์อื่นๆ ได้แก่ ระบบพิกัด ชนิดข้อมูล เป็นต้น แสดงตัวอย่าง Map File ที่ควบคุมการทำงานของ Minnesota Mapserver ดังรูปที่ 3.18

```
LAYER
  NAME "kk_pyramid_in"
  STATUS ON
  TILEINDEX "D:\Data\Ortho\Khonkaen\kk_pyramid_in\kk_pyramid_in.shp"
  TILEITEM "Location"
  TYPE RASTER
  METADATA
    'wms_title' 'kk_pyramid_in'
    'wms_srs' "EPSG:4326"
  END
  PROJECTION
  'proj=longlat'
  'ellps=WGS84'
  'datum=WGS84'
  'no_defs'
  ''
  END
END
```

รูปที่ 3.18 ตัวอย่าง Map File ที่ควบคุมการทำงานของ Minnesota Mapserver ของชุดข้อมูลการสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ

3.8.2 ArcIMS

ArcIMS มีการทำงานด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Service โดยจะถูกควบคุมการทำงานด้วย Map File ซึ่งเป็นไฟล์ในรูปแบบ XML สามารถสร้างได้ในโปรแกรม Text Editor ทั่วไป เช่น EditPlus แล้วทำการ save เป็นนามสกุล .axl

ทำการปรับตั้งค่าการทำงานและกำหนดค่าชั้นข้อมูลที่จะให้บริการซึ่งประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่สำคัญ คือ ขอบเขตของแผนที่ข้อมูลภาพ (ENVELOPE) ตำแหน่งของข้อมูล Image Catalog แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Map File ที่ควบคุมการทำงานของ ArcIMS Service ดังรูปที่ 3.19

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<ARCXML version="1.1">
  <CONFIG>
    <ENVIRONMENT>
      <LOCALE country="TH" language="th" variant="" />
      <UIFONT color="0,0,0" name="SansSerif" size="12" style="regular" />
      <SCREEN dpi="96" />
    </ENVIRONMENT>
    <MAP>
      <PROPERTIES>
    <ENVELOPE minx="102.54999854085705" miny="16.267421518325726" maxx="102.7115378798093"
    maxy="16.38490467392736" name="Initial_Extent" />
    <MAPUNITS units="decimal_degrees" />
    <FILTERCOORDSYS id="4326" />
    <FEATURECOORDSYS id="4326"/>
      </PROPERTIES>
      <WORKSPACES>
    <IMAGEWORKSPACE name="jai_ws-5" directory="D:\Data\Ortho\Khonkaen\kk_pyramid_ex"  />
      </WORKSPACES>

      <LAYER type="Image" name="pyramid_ex" visible="false" id="11" >
    <DATASET name="pyramid_ex.dbf" type="image" workspace="jai_ws-5" />
    <COORDSYS id="4326" />
      </LAYER>

    </MAP>
  </CONFIG>
</ARCXML>
```

รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Map File ที่ควบคุมการทำงานของ ArcIMS Service ของชุดข้อมูลการสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ

3.8.3 Geoserver

การกำหนดค่าการทำงานและกำหนดค่าชั้นข้อมูลที่จะให้บริการผ่าน Interface ของโปรแกรมโดยการระบุค่าที่ Tileindex ไปยังไฟล์ดัชนีชั้นข้อมูล

3.9 การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อแสดงข้อมูลภาพผ่านเครือข่าย

เมื่อได้ดำเนินการเตรียมชั้นข้อมูลต่างๆ และกำหนดค่าต่างๆ ไปที่ Map Server แล้ว จากนั้นได้ทำการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์เพื่อใช้ทดสอบความเร็วของการแสดงผลข้อมูลภาพ โปรแกรมประยุกต์พัฒนาขึ้นด้วยภาษา HTML และเทคโนโลยี JAVASCRIPT, STYLESHEET, AJAX และ DOM โดยเครื่องมือหลักที่ใช้สำหรับพัฒนาเพื่อแสดงแผนที่ คือ Openlayers

- กรอบแสดงแผนที่ใช้จาก object ของ Openlayers คือ openlayer.map ทำการสร้างกรอบแผนที่ในการแสดงข้อมูลภาพ (Map Viewer) ให้มีขนาดความกว้าง-ยาว เป็น 100% ของจอภาพที่ใช้แสดง ดังแสดงในรูปที่ 3.20

```
<style type="text/css">
    #map {
        width: 100%;
        height: 100%;
        border: 1px solid black;
    }
</style>
```

รูปที่ 3.20 กำหนดกรอบแผนที่ที่ใช้แสดงข้อมูลภาพ

- กำหนดพิกัดควบคุมกรอบแผนที่เป็น EPSG:4326 ให้ทำการแสดงภาพแบบระบุตำแหน่งจุดกึ่งกลางภาพที่ลองจิจูดเท่ากับ 102.575333 และละติจูดเท่ากับ 16.503849 ให้ทำการแสดงภาพเริ่มต้นไปที่ระดับชั้นที่ 0 เสมอ ดังแสดงในรูปที่ 3.21

```
<script src="../lib/OpenLayers.js"></script>
<script type="text/javascript">
    var prj = "EPSG:4326";
    var lon = 102.575333;
    var lat = 16.503849;
    var zoom = 0;
    var map, layer;
```

รูปที่ 3.21 กำหนดพิกัดควบคุม, ตำแหน่งกึ่งกลางภาพและระดับชั้นเริ่มต้น

- กำหนดจำนวนชั้นการย่อ-ขยายแผนที่ (PanZoomBar) 8 ระดับชั้น และกรอบพื้นที่ที่ยอมให้แสดงข้อมูลเป็น 101.900000,15.600000,102.900000,16.500000 (min lat, min lon, max lat, max lon) รายละเอียดแสดงในรูปที่ 3.22

```
function init(){

    options = {

            maxResolution: 0.00000454983,
            maxExtent: new
            OpenLayers.Bounds(101.900000,15.600000,102.900000,16.500000),
            numZoomLevels: 8,
            controls: [new OpenLayers.Control.MouseDefaults()]
              };

    map = new OpenLayers.Map('map',options);

    map.addControl(new OpenLayers.Control.PanZoomBar());
```

รูปที่ 3.22 รายละเอียดเพิ่มเติมสำหรับการเรียกดูแผนที่ภาพ

- ในส่วนของ layer มีการเรียกข้อมูลภาพโดยกำหนด URL เพื่อเรียกดูข้อมูลภาพของแต่ละ Map Server ดังแสดงในรูปที่ 3.23 และตัวอย่างการกำหนดค่าการทำงานให้กับชั้นข้อมูลแสดงดังรูป 3.24

Minnesota Mapserver

http://127.0.0.1/cgi-bin/mapserv.exe?map=/ms4w/apps/ms_ogc_workshop/service/khonkaen.map&

ArcIMS

http://127.0.0.1/wmsconnector/com.esri.wms.Esrimap?& Layers=1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,&version=1.1.1&service=WMS&request=getmap&ServiceName=khonkaen1

Geoserver

http:// 127.0.0.1:80/geoserver/wms

รูปที่ 3.23 URL สำหรับเรียกดูข้อมูลภาพของแต่ละ Map Server

เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมีผลลัพธ์เป็นไฟล์ .html โดยมี Interface ของโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น แสดงดังรูป 3.25 และเพื่อให้การทดสอบประสิทธิภาพของการประมวลผลจากการร้องขอและส่งข้อมูลภาพผลลัพธ์มายัง Map viewer เป็นไปในทิศทางเดียวกัน จึงทำการกำหนดเงื่อนไขสำหรับทดสอบด้วยโปรแกรมประยุกต์ ดังนี้

1) กำหนดให้แสดงความละเอียดจุดภาพเป็นแบบ maxResolution คือเท่ากับค่าความละเอียดจุดภาพที่ได้จากการจัดโครงสร้างข้อมูลภาพตามตารางที่ 3.1 ให้เป็นที่ระดับชั้นที่ 0 เนื่องจากต้องการเปรียบเทียบการแสดงผลภาพที่ระดับจุดภาพที่ละเอียดที่สุด

2) ให้แสดงชั้นข้อมูลตามพิกัดของกรอบแผนที่

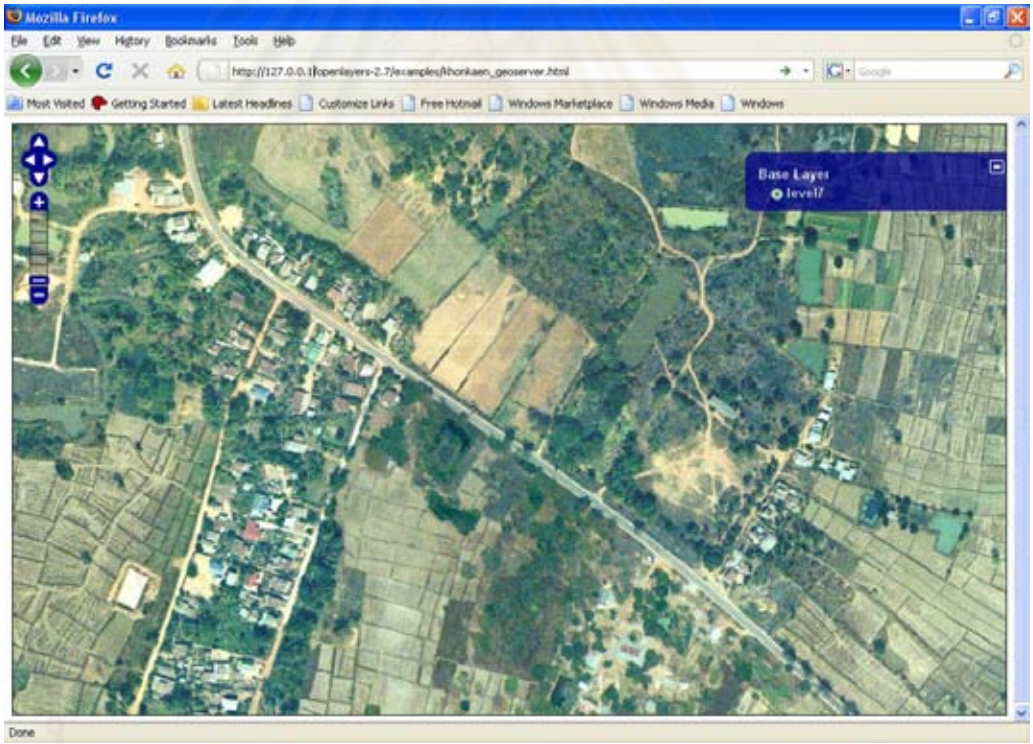
3) กำหนดรูปแบบผลภาพที่แสดงเป็นแบบ JPEG เนื่องจากไม่ว่าจะกำหนดให้แสดงผลเป็นรูปแบบ JPEG หรือ PNG ที่มีขนาดข้อมูลภาพเล็กกว่า แต่ในการแสดงผลผ่านเครือข่ายไม่ทำให้เห็นความแตกต่างของระยะเวลาอย่างเห็นได้ชัดเจน

4) กำหนดให้เป็นการแสดงข้อมูลแบบ Untiled โดยให้ค่า singletile เป็น true เนื่องจาก Openlayers มีฟังก์ชันการทำงานที่สามารถเร่งประสิทธิภาพในการแสดงผลภาพโดยการแบ่งภาพเป็นไทล์ (Tile) แต่ในการวิจัยนี้เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างในรูปแบบต่างๆ

```
    //Degree/Pixel (Res.)=4.29153E-06
    var level7 = new OpenLayers.Layer.WMS("level7",
    "http://orawin/cgi-bin/mapserv.exe?map=/ms4w/apps/ms_ogc_workshop/service/khonkaen.map&",
    {srs: prj,
    layers: 'level7',
     Styles:'',
     format: 'image/jpeg'},
     {singletile: true},
    {isBaseLayer: true}
)
    map.addLayers([level7]);

    var kk_original = new OpenLayers.Layer.WMS("kk_original",
    "http://orawin/cgi-bin/mapserv.exe?map=/ms4w/apps/ms_ogc_workshop/service/khonkaen.map&",
    {srs: prj,
     layers: 'kk_original',
     Styles:'',
     format: 'image/jpeg'},
     {singletile: true},
     {isBaseLayer: true}
)
    map.addLayers([kk_original]);
```

รูปที่ 3.24 ตัวอย่างการกำหนดค่าการทำงานให้กับชั้นข้อมูล



รูปที่ 3.25 Interface ของโปรแกรมประยุกต์ที่พัฒนาขึ้น

บทที่ 4

ผลการทดสอบ

จากบทที่ 3 ได้อธิบายถึงขั้นตอนและวิธีการจัดเตรียมข้อมูลภาพในรูปแบบต่างๆ ที่จะใช้ในการทดสอบการใช้งานร่วมกับ Map Server โดยรูปแบบข้อมูลที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย

1) ข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ (Original)

2) ข้อมูลภาพที่มีการสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ (Internal Pyramid)

3) ข้อมูลภาพที่มีการสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ (External Pyramid)

4) ข้อมูลที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Internal Tile)

5) ข้อมูลที่มีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Pyramidal Tiling)

โดยข้อมูลทั้ง 5 รูปแบบนี้จะถูกทดสอบร่วมกับ Map Server ได้แก่ Minnesota Mapserver, ArcIMS และ Geoserver เพื่อหาโครงสร้างและรูปแบบข้อมูลที่เหมาะสมที่จะใช้เผยแพร่ผ่านอินเตอร์เน็ตด้วย Map Server ในการทดสอบดังกล่าวจำเป็นต้องนำข้อมูลทั้ง 5 รูปแบบเพิ่มข้อมูลเข้าไปใน Map Server เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการประมวลผลของ Map Server จึงกำหนดพื้นที่ในการเรียกดูข้อมูลภาพจาก Map Server โดยกำหนดให้ตำแหน่งละติจูด 16.503849 องศาเหนือ ลองจิจูด 102.575333 องศาตะวันออก เป็นจุดกึ่งกลางของภาพ และเนื่องจากต้องการวัดการประมวลผลภาพของ Map Server ในแต่ละความละเอียดจุดภาพที่แตกต่างกันว่าโครงสร้างรูปแบบใดที่เหมาะสมกับการแสดงผลภาพผ่าน Map Server ใดจึงได้ทำการกำหนดขนาดความละเอียดจุดภาพในการทดสอบที่ฝั่งลูกข่ายจำนวน 8 ระดับ ได้แก่

1) ระดับชั้นที่ 0 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 61.52 เมตร

2) ระดับชั้นที่ 1 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 30.76 เมตร

3) ระดับชั้นที่ 2 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 15.38 เมตร

4) ระดับชั้นที่ 3 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 7.69 เมตร

5) ระดับชั้นที่ 4 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 3.85 เมตร

6) ระดับชั้นที่ 5 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 1.92 เมตร

7) ระดับชั้นที่ 6 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 0.96 เมตร

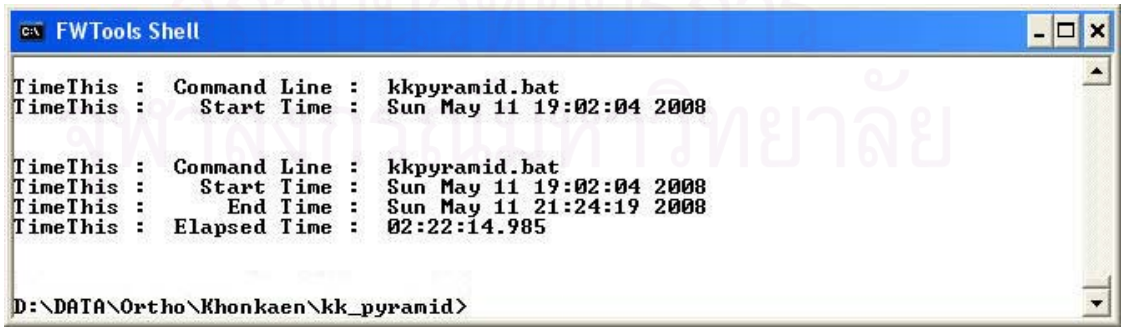
8) ระดับชั้นที่ 7 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 0.48 เมตร

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบเกี่ยวกับระยะเวลาการเตรียมข้อมูลรูปแบบต่างๆ ขนาดของข้อมูลในแต่ละรูปแบบที่ได้จากการเตรียม และผลการทดสอบความเร็วการประมวลผลของ Map Server ต่อรูปแบบข้อมูลทั้ง 5 รูปแบบ

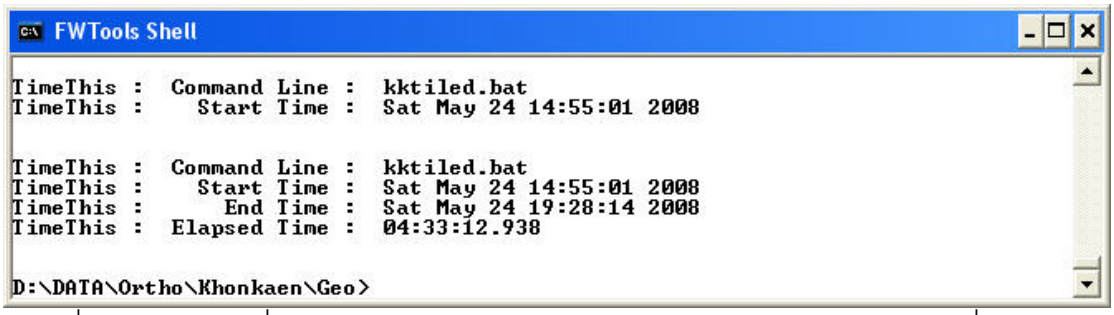
4.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมข้อมูล

การจับเวลาในการเตรียมข้อมูลภาพในรูปแบบต่างๆ ได้ใช้เครื่องมือจับเวลาที่เรียกว่า Timethis.exe ซึ่งเป็นโปรแกรมประยุกต์ของ Mircrosoft Windows สามารถดาวน์โหลดได้ที่ http://www.microsoft.com/DOWNLOADS/details.aspx?familyid=913795CD-7026-4143-AE85-1F5E096F9BE0&displaylang=en จากวิธีการในการจัดเตรียมข้อมูลภาพทั้ง 4 รูปแบบนั้น มีการทำงานผ่าน DOS ดังนั้นจึงเลือกใช้ Timethis เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่สนับสนุนการทำงานบน DOS

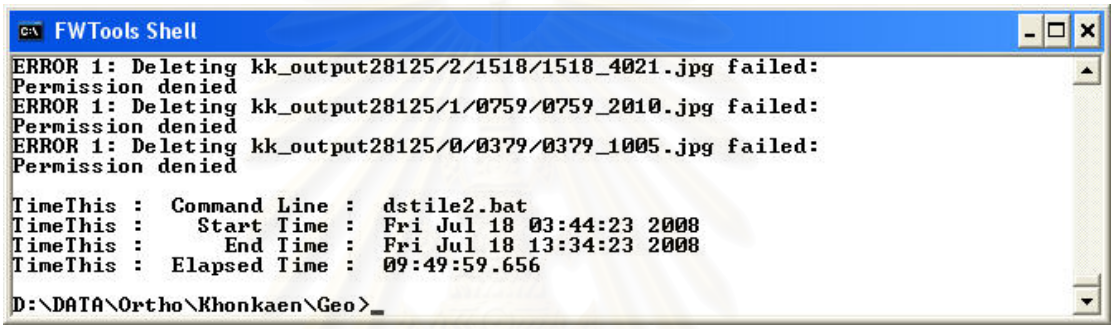
วิธีการทำงานของ Timethis นั้น ทำงานด้วยการคีย์คำสั่ง Timethis ตามด้วยคำสั่งที่จะใช้งาน แสดงผลออกมาเป็นเวลาเริ่มต้น (Start Time) เวลาสิ้นสุด (End Time) และระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ (Elapsed Time) ตัวอย่างของผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของ Timethis แสดงในรูปที่ 4.1-4.3



รูปที่ 4.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างพีรามิดข้อมูลข้อมูลภาพให้กับข้อมูลที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด



รูปที่ 4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการแบ่งส่วนข้อมูลขนาด 512x512 จุดภาพ ให้กับข้อมูลที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด



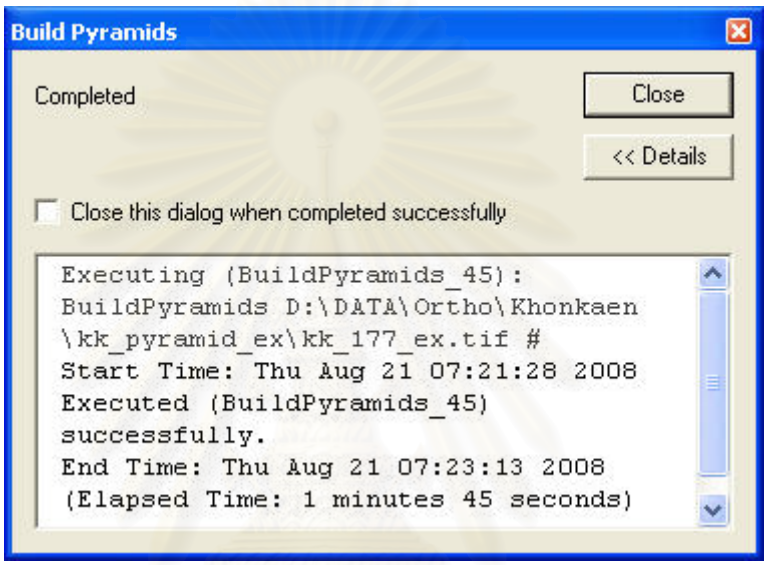
รูปที่ 4.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ให้กับข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด

จากบทที่ 3 มีเครื่องมือในการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพโดยใช้ Batch file ซึ่งการทำงานทั้ง 4 รูปแบบ ประกอบด้วย 4 Batch file ได้ทำการจับเวลาการทำงานของทั้ง 4 Batch file โดยใช้ Timethis เพื่อใช้วัดการประมวลผลการจัดเตรียมข้อมูลภาพ ผลลัพธ์ที่ได้จากการจับเวลาการทำงานของทั้ง 4 Batch file แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ระยะเวลาที่ใช้ (นาที/ภาพ)	รวมระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)
สร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ (.rrd)	1.38	185
สร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	0.53	122
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	1.02	273
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพและสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	3.46	590

ส่วนการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพรูปแบบการสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพที่มีการทำงานผ่านส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface : GUI) ของโปรแกรม ArcGIS ซึ่งการรายงานผลจะมีระบุเวลาเริ่มต้น (Start Time) เวลาสิ้นสุด (End Time) และระยะเวลาการทำงาน (Elapsed Time) ตัวอย่างระยะเวลาการสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพโดยใช้โปรแกรม ArcGIS 9.2 แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ระยะเวลาการสร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพโดยใช้โปรแกรม ArcGIS 9.2

4.2 ขนาดหน่วยความจำสำหรับจัดเก็บข้อมูลภาพ

ผลจากการจัดเตรียมข้อมูลภาพในรูปแบบต่างๆ ทำให้ได้ผลลัพธ์ของรูปแบบข้อมูลที่มีขนาดและจำนวนไฟล์ที่แตกต่างกัน โดยขนาดของหน่วยความจำในการจัดเก็บข้อมูลภาพและจำนวนไฟล์ข้อมูลภาพที่ได้ แสดงดังตารางที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 แสดงขนาดหน่วยความจำของข้อมูลภาพ

โครงสร้างข้อมูลภาพ	จำนวน (ไฟล์)	ขนาดหน่วยความจำ (กิกะไบต์)
ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ	134	96
สร้างพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	134	129
สร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	134	97.3
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	134	101
การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ แบ่งเป็น	181,574	11
- ชั้นที่ 0	19	0.6
- ชั้นที่ 1	49	2.5
- ชั้นที่ 2	171	9.8
- ชั้นที่ 3	599	39
- ชั้นที่ 4	2,248	154
- ชั้นที่ 5	8,701	598
- ชั้นที่ 6	34,212	2,243
- ชั้นที่ 7	135,575	8,390

4.3 การทดสอบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพ

เมื่อมีการนำข้อมูลภาพทั้ง 5 รูปแบบเข้าไปใน Map Sever แล้ว ได้มีการทดสอบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพผ่านโปรแกรมประยุกต์ Map Viewer โดยทำการทดสอบในแต่ละความละเอียดจุดภาพ จำนวน 10 ครั้ง ก่อนทำการทดสอบแต่ละครั้งจะเคลียร์ Browser Cache ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่เว็บบราวน์เซอร์เก็บไว้ เพื่อให้แน่ใจว่ามีการเรียกข้อมูลภาพจาก Map Server ใหม่ในแต่ละครั้ง สำหรับการแสดงผลที่ใช้เวลามากกว่า 120 วินาที จะไม่ทำการบันทึกเวลาเนื่องจากถือว่าเป็นกรณีตัวอย่างที่ไม่เหมาะสม

ผลการทดสอบในแต่ละความละเอียดจุดภาพที่ผ่านโปรแกรมประยุกต์ Map Viewer เป็นดังนี้

4.3.1 ผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพของ Minnesota Mapserver

ผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลของข้อมูลภาพทั้ง 5 รูปแบบ ในแต่ละความละเอียดจุดภาพ แสดงดังตาราง 4.3 - 4.10 (* หมายถึง ข้อมูลภาพที่มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับขนาดจุดภาพที่ทำการทดสอบ)

ตารางที่ 4.3 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 61.52 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 0 *	4	4	2	5	4	4	4	4	4	4	4	0.74
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	6	7	7	7	6	6	7	7	6	6	6	0.53
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 0 ใช้ความเร็วในแสดงข้อมูลภาพใกล้เคียงกับข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน โดยข้อมูลภาพทั้งสองรูปแบบใช้เวลาน้อยกว่าข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างและข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบอื่นซึ่งใช้เวลามากกว่า 120 วินาที

ตารางที่ 4.4 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 30.76 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 1 *	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2.9	0.57
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	5	7	5	5	5	5	5	5	5	6	5.3	0.67
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 1 ใช้ความเร็วในแสดงข้อมูลภาพใกล้เคียงกับข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน โดยข้อมูลภาพทั้งสองรูปแบบใช้เวลาน้อยกว่าข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างและข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบอื่นซึ่งใช้เวลามากกว่า 120 วินาที

ตารางที่ 4.5 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 15.38 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 2 *	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1.9	0.32
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	119	120	118	119	118	120	118	120	-	-	119.4	1.17
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4.1	0.32
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 2 ใช้ความเร็วในแสดงข้อมูลภาพใกล้เคียงกับข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน โดยข้อมูลภาพทั้งสองรูปแบบใช้เวลาน้อยกว่าข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างที่ใช้เวลาประมาณ 120 วินาทีและข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบอื่นซึ่งใช้เวลามากกว่า 120 วินาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 7.69 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 3 *	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2.1	0.32
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	51	52	54	53	52	53	53	53	52	54	52.7	0.95
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3.7	0.48
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	52	54	42	52	51	50	49	51	50	49	50	3.20
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	109	104	105	103	103	103	107	103	103	104	104.4	2.07

จากตารางที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 3 มีแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุดใกล้เคียงกับข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน โดยข้อมูลภาพทั้งสองรูปแบบใช้เวลาประมาณ 2-4 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างและข้อมูลที่มีการจัดการโครงสร้างแบบพีรามิดภายนอก ใช้ความเร็วในการแสดงผลใกล้เคียงกันคือใช้เวลาประมาณ 50 วินาที โดยข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบแบ่งส่วนมีการแสดงผลช้าที่สุด คือใช้เวลาประมาณ 103 วินาที

ตารางที่ 4.7 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 3.85 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 4 *	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.1	0.32
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	24	13	23	24	24	24	21	23	39	24	23.9	6.30
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	3	4	3	3	3	3	3	4	2	3	3.1	0.57
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	24	23	24	25	24	25	25	22	24	24	24	0.94
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	26	25	26	26	25	24	27	26	25	31	26.1	1.91

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 4 มีแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุดใกล้เคียงกับข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน โดยข้อมูลภาพทั้งสองรูปแบบใช้เวลาประมาณ 2-3 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลที่มีการจัดการโครงสร้างแบบพีรามิด

ภายนอก และข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบแบ่งส่วน มีการแสดงผลข้อมูลภาพช้าที่สุด ใช้เวลาประมาณ 24-26 วินาที

ตารางที่ 4.8 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 1.92 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 5 *	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.0	0.00
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	14	14	8	8	8	8	15	8	8	9	10.0	3.02
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2.4	0.52
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	20	21	15	14	14	14	18	15	15	15	16.1	2.60
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	6	2	3	3	3	2	7	2	3	2	3.3	1.77

จากตารางที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 5 ข้อมูลภาพที่มีชั้นพีรามิดภายในและข้อมูลที่มีโครงสร้างแบบแบ่งส่วน มีแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุดใกล้เคียงกับโดยใช้เวลาประมาณ 2-3 วินาที โดยข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างและข้อมูลภาพที่มีพีรามิดภายนอกมีการแสดงผลช้าลงตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.96 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 6 *	4	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3.2	0.42
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.1	0.32
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	6	5	6	6	6	7	6	6	7	6	6.1	0.57
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	7	6	6	6	6	7	7	6	5	6	6.2	0.63
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	1	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	0.47

จากตารางที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างในรูปแบบการแบ่งส่วน มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุดโดยใช้เวลาประมาณ 2 วินาที โดยมีข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 6 มีการแสดงผลช้าลงโดยใช้เวลามากกว่าที่ประมาณ 3.2 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการ

จัดการโครงสร้าง ข้อมูลที่มีการจัดการโครงสร้างแบบพีรามิดภายใน และข้อมูลที่มีการจัดการโครงสร้างแบบพีรามิดภายนอกมีการแสดงผลข้อมูลภาพช้าที่สุด ใช้เวลาประมาณ 6 วินาที

ตารางที่ 4.10 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.48 เมตรต่อจุดภาพ (Minnesota Mapserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 7 *	12	7	8	7	7	7	8	8	8	7	7.0	1.52
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	4	3	4	4	3	3	4	4	4	3	3.6	0.52
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	3	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3.4	0.52
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	3	4	3	4	3	3	4	4	4	4	3.6	0.52
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1.2	0.42

จากตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างในรูปแบบแบ่งส่วนมีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุดโดยใช้เวลาประมาณ 1 วินาที โดยข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลที่มีการจัดการโครงสร้างแบบพีรามิดภายใน และข้อมูลที่มีการจัดการโครงสร้างแบบพีรามิดภายนอกมีการแสดงผลข้อมูลภาพช้าที่สุด ใช้เวลาประมาณ 3-4 วินาที โดยข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 7 มีการแสดงผลช้าที่สุดโดยใช้เวลาประมาณ 7 วินาที

4.3.2 ผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพของ ArcIMS

ผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลของข้อมูลภาพทั้ง 5 รูปแบบ ในแต่ละความละเอียดจุดภาพ แสดงดังตาราง 4.11 – 4.18 (* หมายถึง ข้อมูลภาพที่มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับขนาดจุดภาพที่ทำการทดสอบ)

ตารางที่ 4.11 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 61.52 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD
ระดับชั้นที่ 0 *	10	7	7	8	7	8	8	8	8	8	7.9	0.88
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ที่ระดับชั้นที่ 0 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 7.9 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอกมีการแสดงผลภาพช้ากว่ามาก โดยใช้เวลามากกว่า 120 วินาที

ตารางที่ 4.12 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 30.76 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 1 *	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4.9	0.32
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 1 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 4.9 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอกมีการแสดงผลภาพช้ากว่ามาก โดยใช้เวลามากกว่า 120 วินาที

ตารางที่ 4.13 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 15.38 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 2 *	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2.9	0.32
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.13 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 2 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 2.9 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มี

สร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอกมีการแสดงผลภาพช้ากว่ามาก โดยใช้เวลามากกว่า 120 วินาที

ตารางที่ 4.14 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 7.69 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 3 *	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1.4	0.52
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	57	58	58	58	57	58	58	58	58	58	57.8	0.42
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	86	88	99	92	95	96	98	97	96	96	94.3	4.3

จากตารางที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 3 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 1.4 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอก ข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบแบ่งส่วน มีการแสดงผลภาพช้ากว่าตามลำดับ

ตารางที่ 4.15 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 3.85 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 4 *	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1.2	0.52
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	58	58	58	57	57	57	57	57	58	57	57.4	0.52
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	58	59	57	58	58	57	58	58	57	58	57.8	0.63
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	58	57	58	57	57	58	58	58	57	57	57.5	0.53
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	58	57	57	57	58	58	58	57	57	58	57.5	0.53

จากตารางที่ 4.15 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ที่ระดับชั้นที่ 4 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 1.2 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอก ข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบแบ่งส่วน มีการแสดงผลภาพช้ากว่าโดยใช้เวลาในการแสดงผลใกล้เคียงกัน ประมาณ 57-59 วินาที

ตารางที่ 4.16 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 1.92 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 5 *	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2.1	0.32
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	33	31	31	31	32	31	31	31	31	31	31.3	0.67
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	34	34	34	34	34	33	33	33	33	33	33.5	0.53
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	35	32	41	32	32	31	32	32	32	32	32.1	1.1
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	35	35	35	34	34	34	34	33	34	34	34.2	0.63

จากตารางที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 5 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 2.1 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอก ข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบแบ่งส่วน มีการแสดงผลภาพช้ากว่าโดยใช้เวลาในการแสดงผลใกล้เคียงกัน ประมาณ 31-34 วินาที

ตารางที่ 4.17 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.96 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 6 *	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	6.1	0.32
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	17	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16.1	0.32
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	17	17	17	16	16	16	16	16	16	16	16.4	0.52
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	18	16	16	16	17	16	16	17	16	16	16.4	0.70
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	17	17	17	17	16	16	17	16	16	16	16.5	0.53

จากตารางที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 6 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 6.1 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอก ข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบแบ่งส่วน มีการแสดงผลภาพช้ากว่าโดยใช้เวลาในการแสดงผลใกล้เคียงกัน ประมาณ 16-17 วินาที

ตารางที่ 4.18 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.48 เมตรต่อจุดภาพ (ArcIMS)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 7 *	10	11	12	12	13	11	12	13	12	12	11.9	0.88
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	10.8	0.42
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	9	10	10	10	10	11	11	10	11	10	10.2	0.63
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	11	9	11	11	11	10	10	10	11	11	10.5	0.71
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	9	10	10	10	10	11	11	12	10	10	10.3	0.82

จากตารางที่ 4.18 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอก ข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบแบ่งส่วน มีการแสดงผลภาพใช้เวลาใกล้เคียงกัน ประมาณ 9-11 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 7 แสดงข้อมูลภาพเร็วช้ากว่าเล็กน้อย โดยใช้เวลาประมาณ 11.9 วินาที

4.3.3 ผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพของ Geoserver

ผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลของข้อมูลภาพทั้ง 5 รูปแบบ ในแต่ละความละเอียดจุดภาพ แสดงดังตาราง 4.19 – 4.26 (* หมายถึง ข้อมูลภาพที่มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับขนาดจุดภาพที่ทำการทดสอบ)

ตารางที่ 4.19 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 61.52 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 0 *	5	6	3	4	4	4	5	4	3	4	4	1.15
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	3	4	3	5	4	4	5	3	4	4	3.5	0.71

จากตารางที่ 4.19 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 0 ใช้ความเร็วในแสดงข้อมูลภาพใกล้เคียงกับข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบแบ่งส่วน โดยใช้เวลาประมาณ 3-5 วินาที ส่วนข้อมูลที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลที่มีพีรามิดภายใน และข้อมูลที่มีพีรามิดภายนอกมีการแสดงผลข้อมูลภาพช้ากว่า โดยใช้เวลาในการแสดงผลข้อมูลภาพมากกว่า 120 วินาที

ตารางที่ 4.20 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 30.76 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 1 *	6	5	7	8	7	5	4	5	6	5	5.8	1.23
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.20 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 1 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 5.8 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอกมีการแสดงผลข้อมูลภาพช้ากว่ามาก โดยใช้เวลามากกว่า 120 วินาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 15.38 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 2 *	6	6	4	6	5	6	7	5	6	6	5.7	0.82
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	112	113	110	107	108	109	107	105	107	109	108.7	2.45
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	97	109	110	114	109	106	114	104	102	104	106.9	5.36
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	85	87	91	90	88	83	83	80	82	83	85.2	3.65
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.21 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ที่ระดับชั้นที่ 2 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 5.7 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอก ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างและข้อมูลภาพที่มีโครงสร้างแบบแบ่งส่วนมีการแสดงผลภาพช้ากว่า ตามลำดับ

ตารางที่ 4.22 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 7.69 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 3 *	5	5	6	5	6	6	6	4	5	4	5.2	0.79
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	50	50	51	50	51	54	51	55	53	50	51.5	1.84
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	46	48	48	50	47	47	47	48	49	48	47.8	1.14
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	43	41	41	41	42	42	43	42	42	41	41.8	0.79
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

จากตารางที่ 4.22 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ที่ระดับชั้นที่ 3 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 5.2 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอกใช้ความเร็วในการแสดงผลภาพใกล้เคียงกัน โดยข้อมูลภาพที่มีโครงสร้างแบบแบ่งส่วนมีการแสดงผลภาพช้าที่สุด ซึ่งใช้เวลามากกว่า 120 วินาที

ตารางที่ 4.23 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 3.85 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 4 *	6	5	6	5	6	5	6	5	6	6	5.6	0.52
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	53	56	52	55	54	56	52	53	51	54	53.6	1.71
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	48	49	48	48	44	48	45	47	45	47	46.9	1.66
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	39	40	42	42	41	43	43	42	43	43	41.8	1.40
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	100	104	104	104	104	102	104	100	101	105	102.8	1.87

จากตารางที่ 4.23 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 4 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 5.6 วินาที ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอกใช้ความเร็วในการแสดงผลภาพใกล้เคียงกัน โดยข้อมูลภาพที่มีโครงสร้างแบบแบ่งส่วนมีการแสดงผลภาพช้าที่สุด ซึ่งใช้เวลาประมาณ 100 วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 1.92 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 5 *	11	10	10	10	10	10	10	9	9	9	9.8	0.63
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	83	87	86	85	86	86	82	86	83	86	85.4	1.70
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	82	83	86	85	86	85	86	86	87	88	59.9	1.78
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	62	62	61	60	60	61	59	57	60	57	59.9	1.79
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	27	27	28	28	31	28	29	30	32	31	29.1	1.79

จากตารางที่ 4.24 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 5 มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 9.8 วินาที โดยข้อมูลภาพที่มีโครงสร้างแบบแบ่งส่วนใช้เวลาในการแสดงผลมากกว่า โดยข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายในและข้อมูลภาพที่มีการสร้างพีรามิดภายนอกใช้ความเร็วในการแสดงผลภาพใกล้เคียงกัน ส่วนข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง มีการแสดงผลภาพช้าที่สุด

ตารางที่ 4.25 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.96 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 6 *	30	30	28	30	29	29	30	30	30	30	29.6	0.70
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	95	93	92	93	92	94	96	92	95	94	93.6	1.43
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	115	117	113	115	116	118	113	115	115	116	115.3	1.57
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	114	113	112	113	112	112	113	115	115	116	113.5	1.43
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	13	12	11	13	12	10	11	12	11	9	11.4	1.26

จากตารางที่ 4.25 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างในรูปแบบการแบ่งส่วน มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 11.4 วินาที โดยข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 6 ข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอกและข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายในใช้ความเร็วในการแสดงผลภาพช้ากว่าตามลำดับ

ตารางที่ 4.26 แสดงความเร็ว (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพที่ความละเอียด 0.48 เมตรต่อจุดภาพ (Geoserver)

โครงสร้างข้อมูลภาพ	ครั้งที่ทดสอบ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean	SD.
ระดับชั้นที่ 7 *	53	53	51	52	52	52	53	52	52	52	52.2	0.63
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	44	43	45	47	44	42	44	44	45	45	44.3	1.34
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	44	48	48	48	47	46	46	48	46	48	46.9	1.37
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	23	23	23	24	22	22	24	22	22	22	22.7	0.82
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	4	3	4	3	3	4	5	4	4	4	4.0	0.63

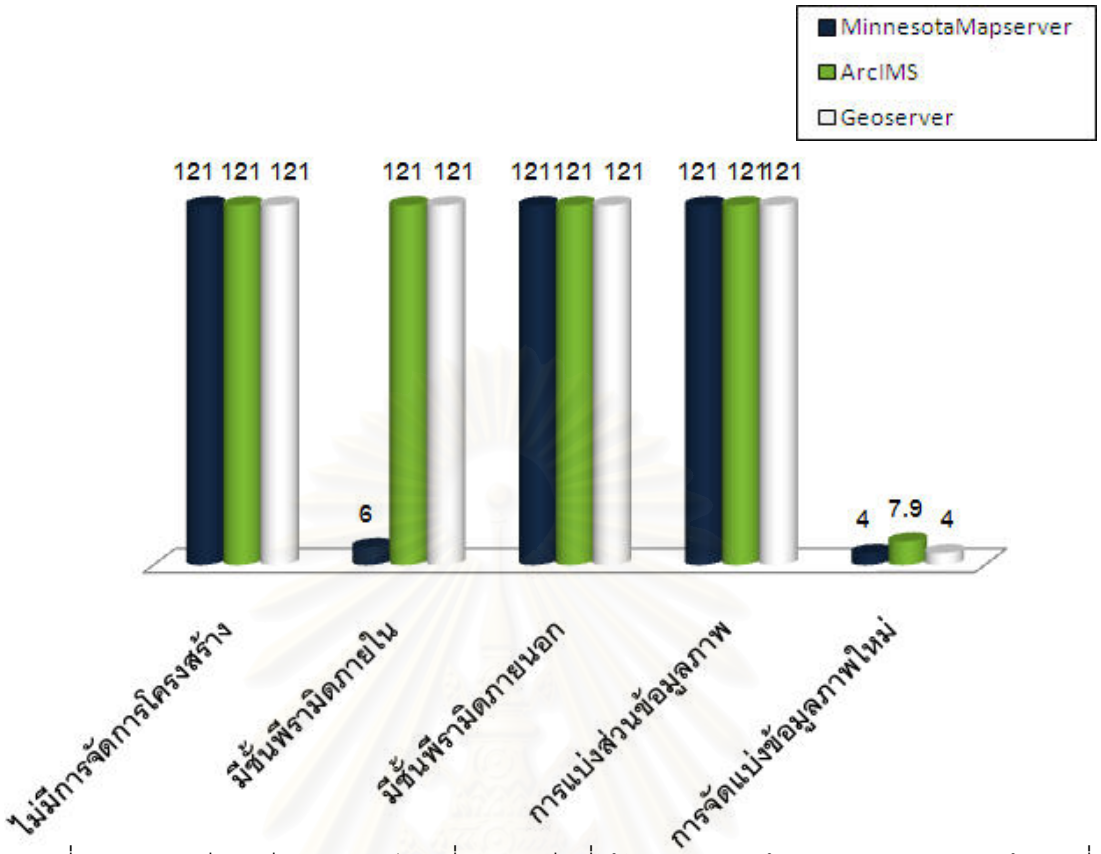
จากตารางที่ 4.26 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างในรูปแบบการแบ่งส่วน มีการแสดงข้อมูลภาพเร็วที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 4 วินาที โดยข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายนอก ข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ข้อมูลภาพที่มีสร้างพีรามิดภายใน และข้อมูลภาพที่ระดับชั้นที่ 7 ใช้ความเร็วในการแสดงผลภาพช้ากว่าตามลำดับ

4.3.4 การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่าง Map Server

จากผลการทดสอบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพด้วย Map Server สามารถแสดงค่าเปรียบเทียบความเร็วที่ความละเอียดจุดภาพของแต่ละ Map Server ซึ่งทำการเปรียบเทียบโดยใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทน แสดงได้ดังตารางที่ 4.27 – 4.34 และรูปที่ 4.5 – 4.12

ตารางที่ 4.27 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 61.52 เมตร

รูปแบบข้อมูล	Map Server		
	Minnesota Mapserver	ArcIMS	Geoserver
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	-	-	-
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	6	-	-
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	-
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-
การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่	4	7.9	4

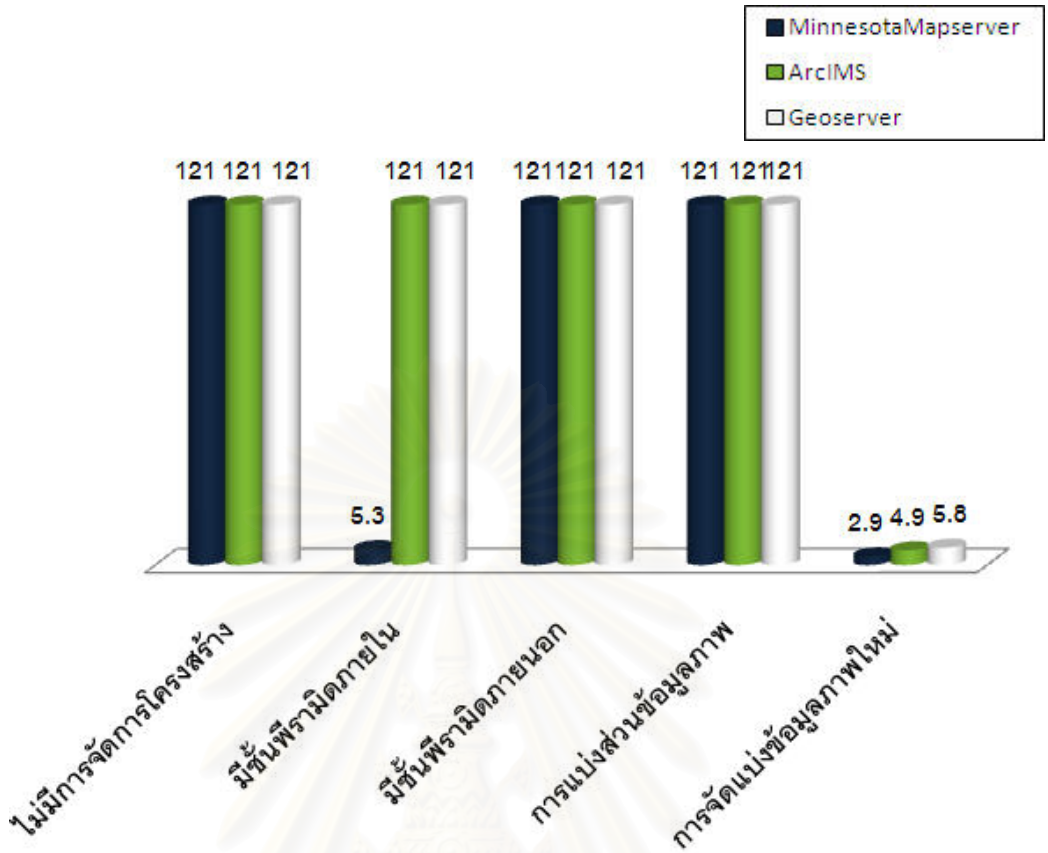


รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 61.52 เมตร

จากตารางที่ 4.27 และรูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ที่ความละเอียดจุดภาพ 61.52 เมตร ใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อนำมาแสดงผลด้วย Map Server ทั้ง 3 ซอฟต์แวร์ อย่างเห็นได้ชัดเจน

ตารางที่ 4.28 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 30.76 เมตร

รูปแบบข้อมูล	Map Server		
	Minnesota Mapserver	ArcIMS	Geoserver
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	-	-	-
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	5.3	-	-
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	-
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-
การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่	2.9	4.9	5.8

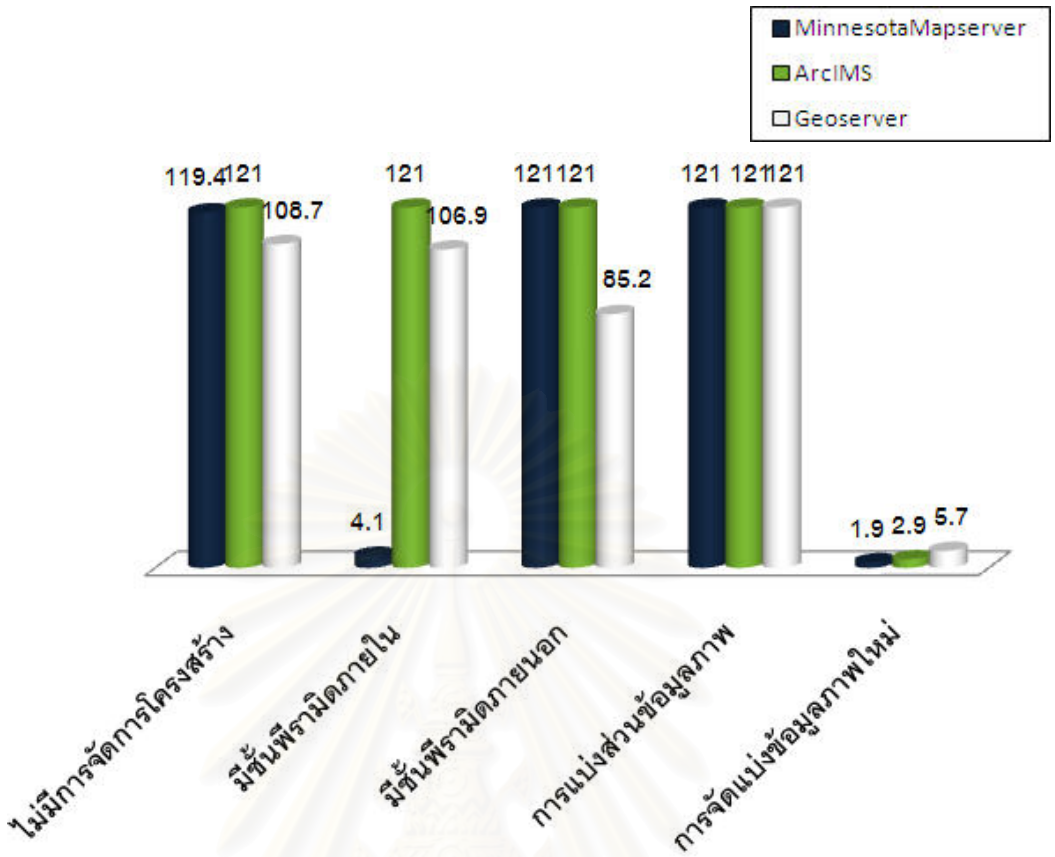


รูปที่ 4.6 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 30.76 เมตร

จากตารางที่ 4.28 และรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ที่ความละเอียดจุดภาพ 30.76 เมตร ใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อนำมาแสดงผลด้วย Map Server ทั้ง 3 ซอฟต์แวร์ อย่างเห็นได้ชัดเจน

ตารางที่ 4.29 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 15.38 เมตร

รูปแบบข้อมูล	Map Server		
	Minnesota Mapserver	ArcIMS	Geoserver
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	-	-	108.7
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	4.1	-	106.9
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	-	-	85.2
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	-	-	-
การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่	1.9	2.9	5.7

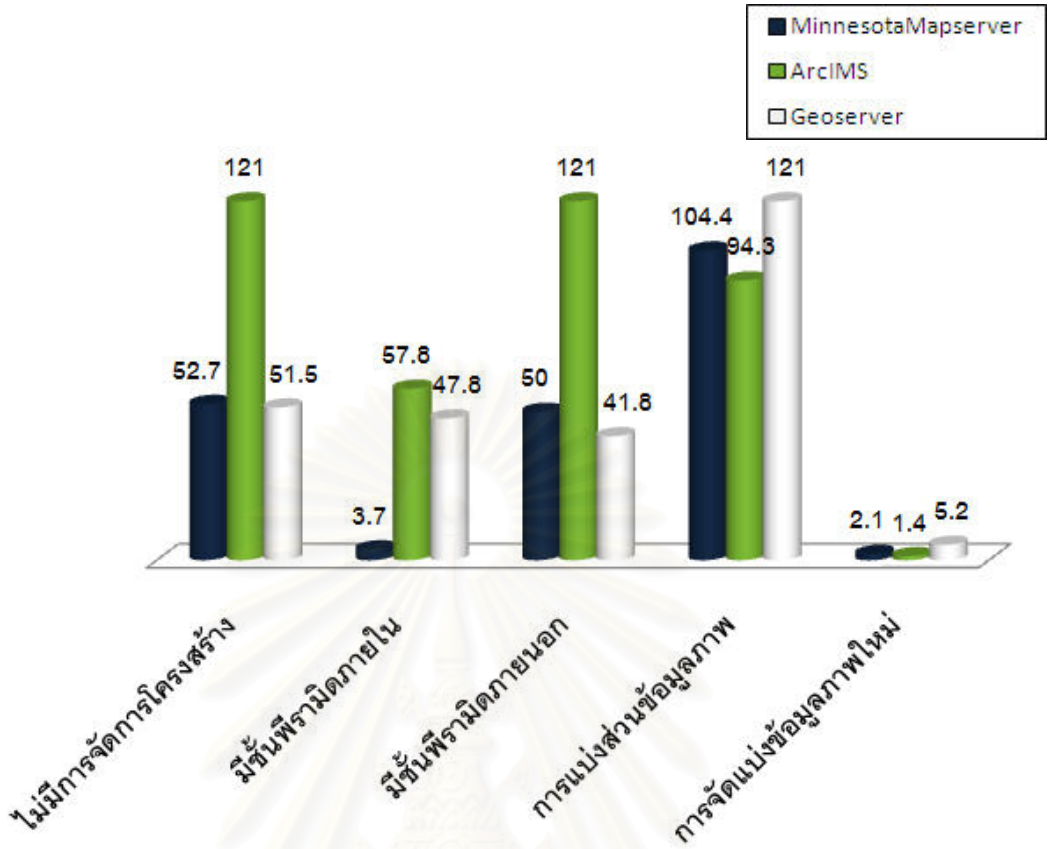


รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 15.38 เมตร

จากตารางที่ 4.29 และรูปที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ที่ความละเอียดจุดภาพ 15.38 เมตร ใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อนำมาแสดงผลด้วย Map Server ทั้ง 3 ซอฟต์แวร์ อย่างเห็นได้ชัดเจน

ตารางที่ 4.30 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 7.69 เมตร

รูปแบบข้อมูล	Map Server		
	Minnesota Mapserver	ArcIMS	Geoserver
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	52.7	539.4	51.5
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	3.7	57.8	47.8
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	50	-	41.8
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	104.4	94.3	-
การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่	2.1	1.4	5.2

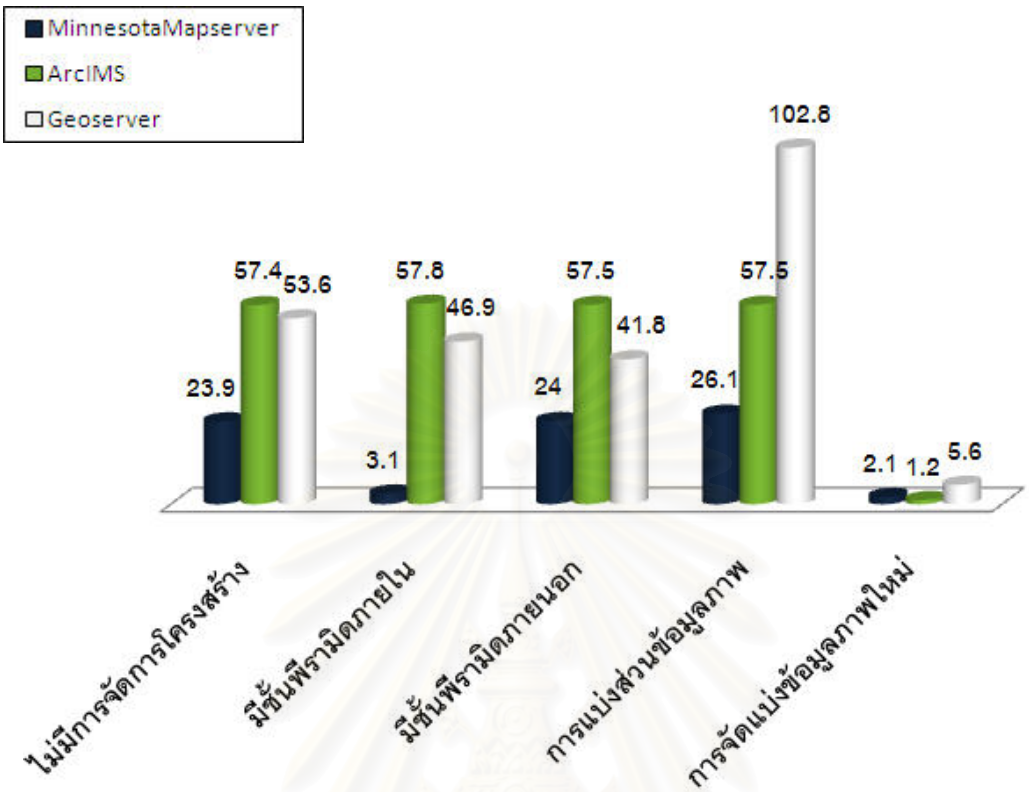


รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 7.69 เมตร

จากตารางที่ 4.30 และรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ที่ความละเอียดจุดภาพ 7.69 เมตร ใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อนำมาแสดงผลด้วย Map Server ทั้ง 3 ซอฟต์แวร์ อย่างเห็นได้ชัดเจน

ตารางที่ 4.31 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 3.85 เมตร

รูปแบบข้อมูล	Map Server		
	Minnesota Mapserver	ArcIMS	Geoserver
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	23.9	57.4	53.6
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	3.1	57.8	46.9
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	24	57.5	41.8
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	26.1	57.5	103
การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่	2.1	1.2	5.6

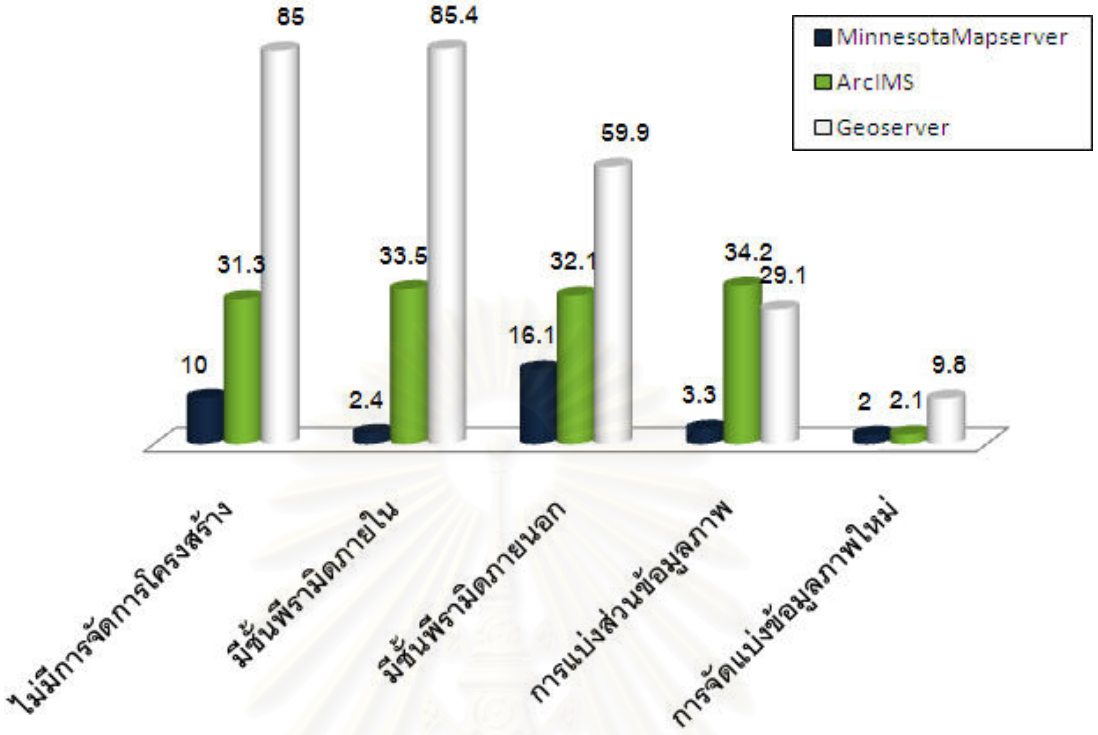


รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 3.85 เมตร

จากตารางที่ 4.31 และรูปที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ที่ความละเอียดจุดภาพ 3.85 เมตร ใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อนำมาแสดงผลด้วย Map Server ทั้ง 3 ซอฟต์แวร์ อย่างเห็นได้ชัดเจน

ตารางที่ 4.32 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 1.92 เมตร

รูปแบบข้อมูล	Map Server		
	Minnesota Mapserver	ArcIMS	Geoserver
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	10	31.3	85
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	2.4	33.5	85.4
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	16.1	32.1	59.9
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	3.3	34.2	29.1
การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่	2	2.1	9.8

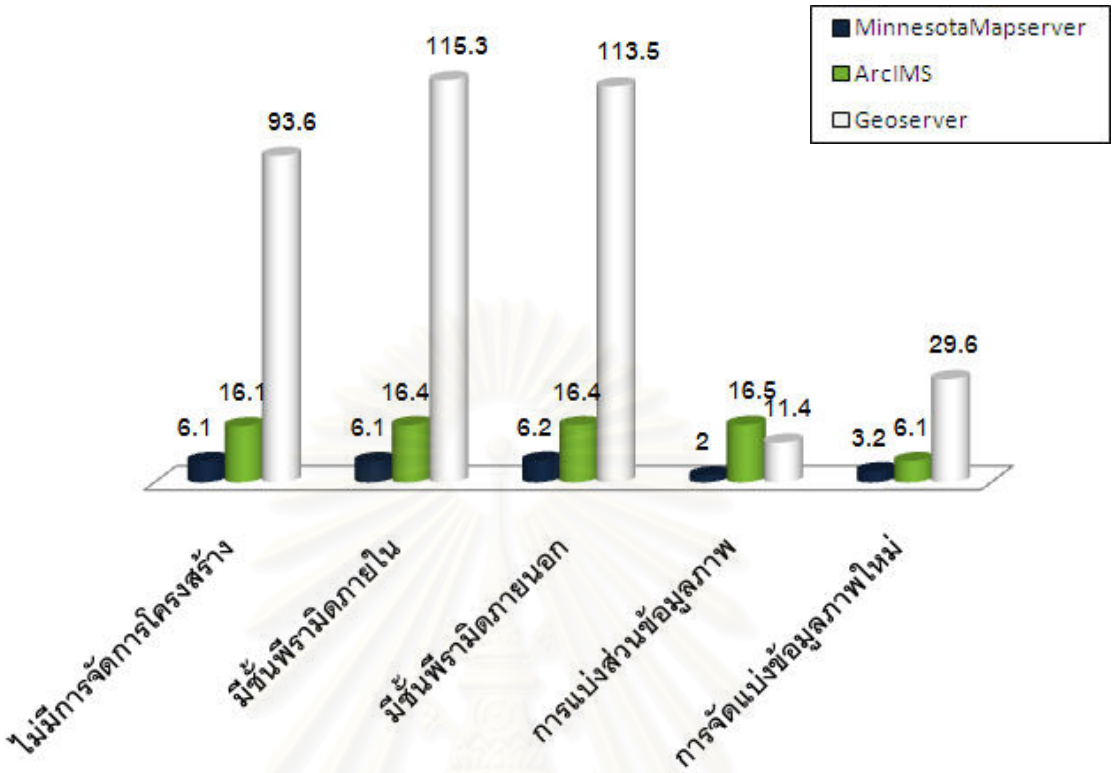


รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 1.92 เมตร

จากตารางที่ 4.32 และรูปที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ที่ความละเอียดจุดภาพ 1.92 เมตร ใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงที่สุด เมื่อนำมาแสดงผลด้วย Map Server ทั้ง 3 ซอฟต์แวร์ อย่างเห็นได้ชัดเจน

ตารางที่ 4.33 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 0.96 เมตร

รูปแบบข้อมูล	Map Server		
	Minnesota Mapserver	ArcIMS	Geoserver
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	6.1	16.1	93.6
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	6.1	16.4	115
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	6.2	16.4	114
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	2	16.5	11.4
การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่	3.2	6.1	29.6

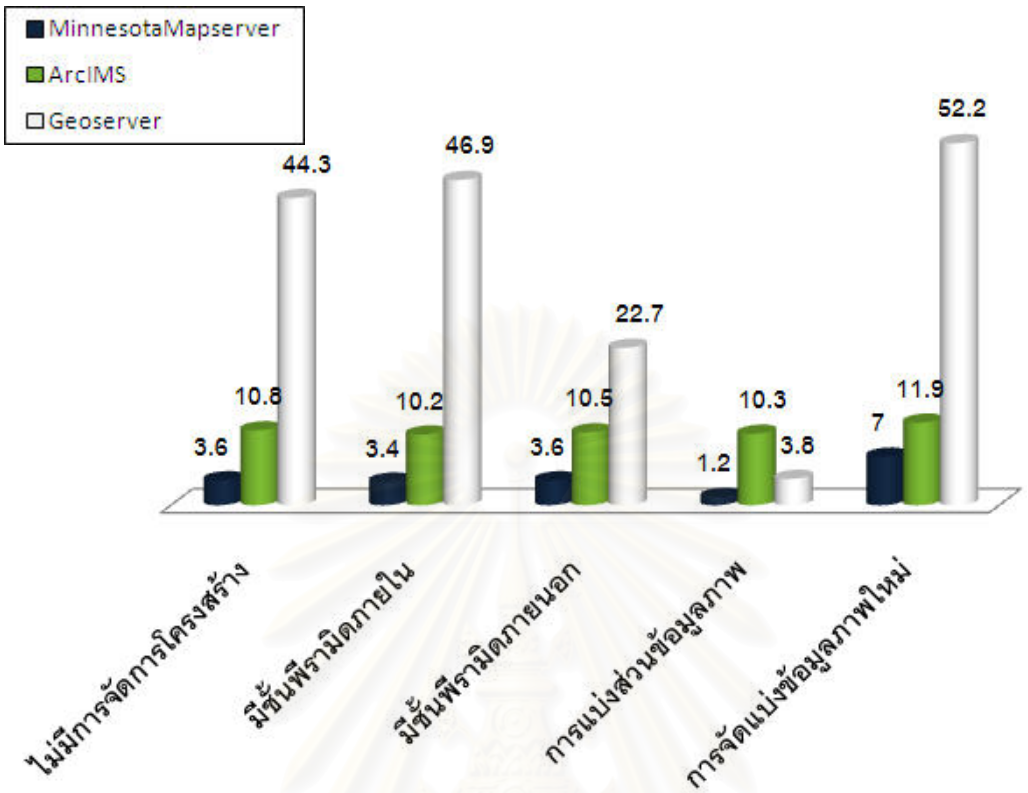


รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 0.96 เมตร

จากตารางที่ 4.33 และรูปที่ 4.11 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบแบ่งส่วนข้อมูล ที่ความละเอียดจุดภาพ 0.96 เมตร ใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อนำมาแสดงผลด้วย Map Server ทั้ง 3 ซอฟต์แวร์

ตารางที่ 4.34 แสดงความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 0.48 เมตร

รูปแบบข้อมูล	Map Server		
	Minnesota Mapserver	ArcIMS	Geoserver
ไม่มีการจัดการโครงสร้าง	3.6	10.8	44.3
มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ	3.4	10.2	46.9
มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ	3.6	10.5	22.7
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ	1.2	10.3	3.8
การจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่	7	11.9	52.2



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบความเร็วเฉลี่ย (วินาที) ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลภาพทุกรูปแบบข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 0.48 เมตร

จากตารางที่ 4.34 และรูปที่ 4.12 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบแบ่งส่วนข้อมูลที่ความละเอียดจุดภาพ 0.48 เมตร ใช้ความเร็วเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อนำมาแสดงผลด้วย Map Server ทั้ง 3 ซอฟต์แวร์

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง จากตารางที่ 4.27 – 4.34 และรูปที่ 4.5 – 4.12 สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) การแสดงผลข้อมูลภาพด้วย Minnesota Mapserver ใช้ความเร็วเฉลี่ยค่อนข้างสูงในทุกรูปแบบข้อมูล
2) ข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง มีการแสดงผลด้วยความเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามข้อมูลภาพที่มีความละเอียดจุดภาพที่เพิ่มขึ้น เมื่อทำการแสดงผลด้วย Minnesota Mapserver และ ArcIMS
3) ข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบพีรามิดภายใน มีการแสดงผลด้วยความเร็วเฉลี่ยสูงกว่าข้อมูลที่มีการจัดการโครงสร้างแบบอื่น เมื่อทำการแสดงผลข้อมูลภาพด้วย Minnesota Mapserver

4) ข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างแบบพีรามิดภายนอก มีการแสดงผลด้วยความเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลมีความละเอียดจุดภาพเพิ่มขึ้น เมื่อทำการแสดงผลข้อมูลภาพในทุก Map Server
5) ข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูลแบบแบ่งส่วน มีการแสดงผลด้วยความเร็วเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อข้อมูลภาพมีความละเอียดจุดภาพเพิ่มขึ้น เมื่อทำการแสดงผลข้อมูลภาพในทุก Map Server
6) ข้อมูลภาพที่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูลในรูปแบบการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Pyramidal Tiling) เมื่อทำการแสดงผลข้อมูลภาพด้วย Geoserver มีความเร็วในการแสดงผลลดลงเมื่อข้อมูลภาพมีความละเอียดจุดภาพเพิ่มขึ้น และแสดงผลข้อมูลภาพด้วยความเร็วค่อนข้างสูงในทุกความละเอียดจุดภาพเมื่อทำการแสดงผลด้วย Minnesota Mapserver และ ArcIMS

นอกจากนี้ ภาพที่ได้จากการแสดงข้อมูลภาพจากการจัดการโครงสร้างทุกรูปแบบ ให้ผลลัพธ์ในด้านการมองเห็น (Visualization) ซึ่งให้ความสำคัญอยู่ที่รายละเอียดของภาพไม่เสียไปทุกความละเอียดจุดภาพในทุก Map Server ในการมองด้วยตาเปล่าไม่แตกต่างกัน ตัวอย่างของภาพที่ได้ ดังแสดงในภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

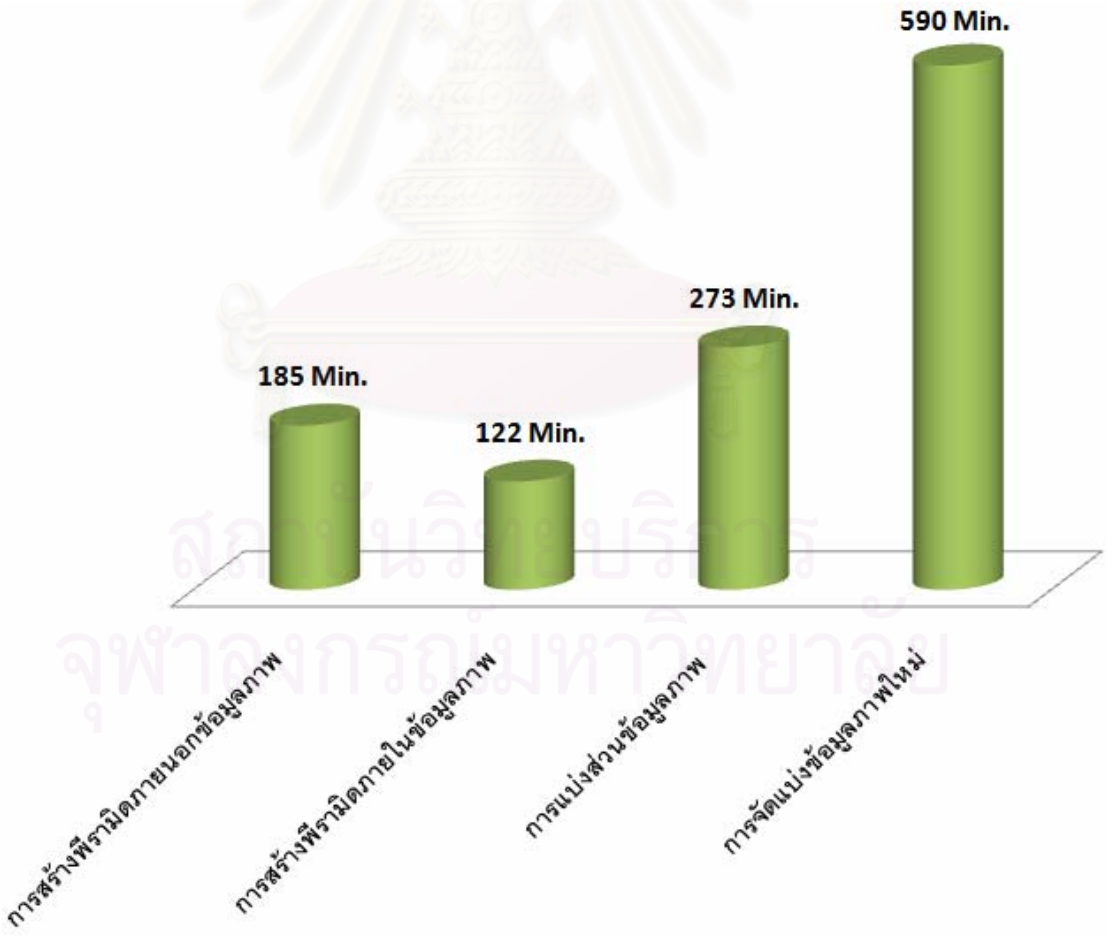
บทสรุป

5.1 สรุปผล

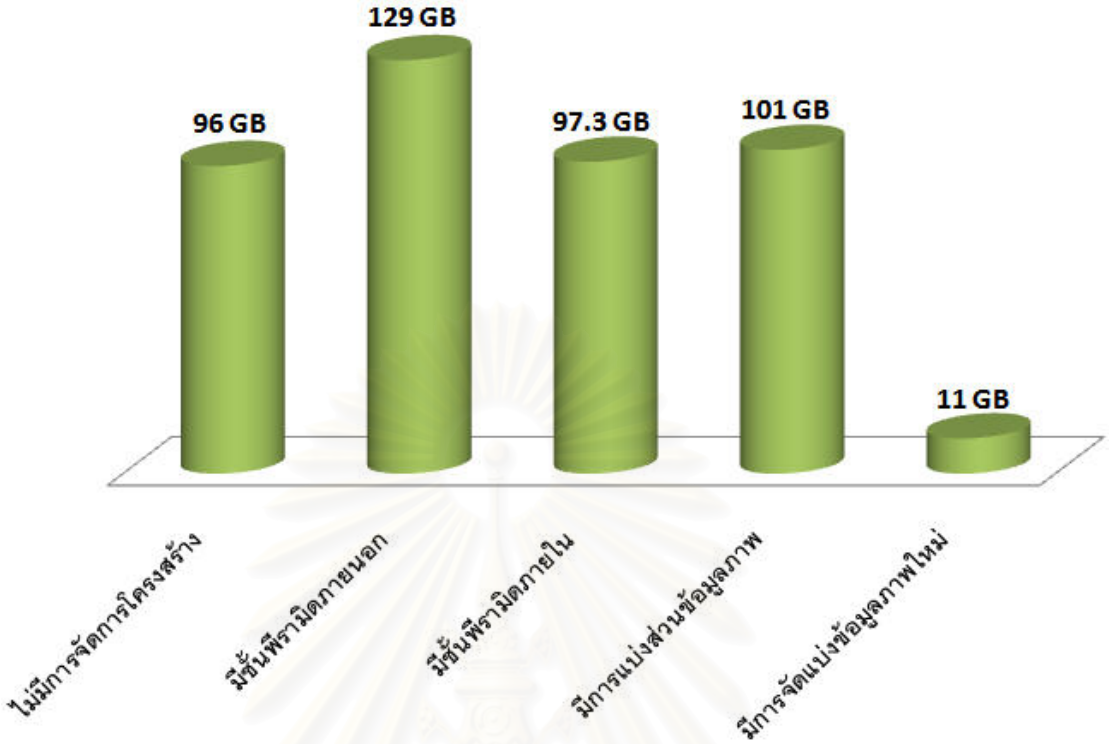
5.1.1 การจัดเตรียมข้อมูลภาพ

จากการจัดเตรียมข้อมูลภาพเพื่อใช้ทดสอบการแสดงผลข้อมูลภาพด้วย Map Server ทำให้ได้ทราบถึงข้อมูล 2 ประเภท คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมข้อมูลภาพและขนาดหน่วยความจำของข้อมูลภาพที่ได้

ผลที่ได้รับจากระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมข้อมูลภาพ แสดงดังรูปที่ 5.1 และขนาดหน่วยหน่วยความจำข้อมูล แสดงดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบเวลา (นาที) ที่ใช้ในการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ



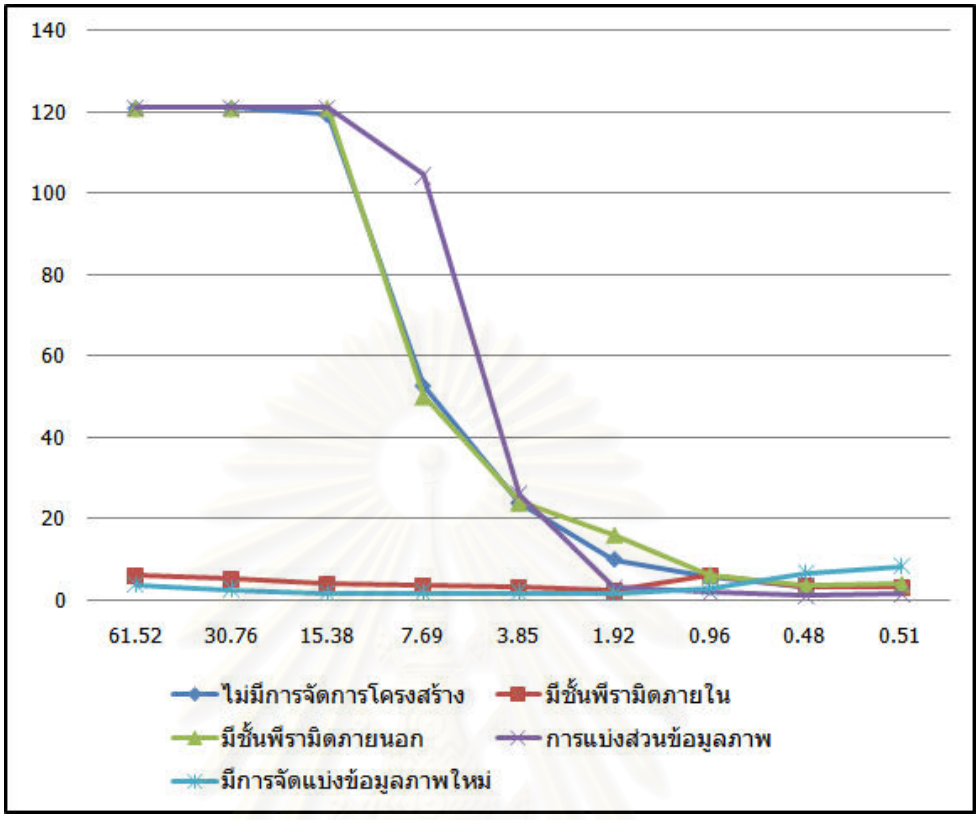
รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบขนาดข้อมูลภาพ (กิกะไบท์) ที่ได้จากการจัดการโครงสร้าง

5.1.2 การแสดงผลข้อมูลภาพ

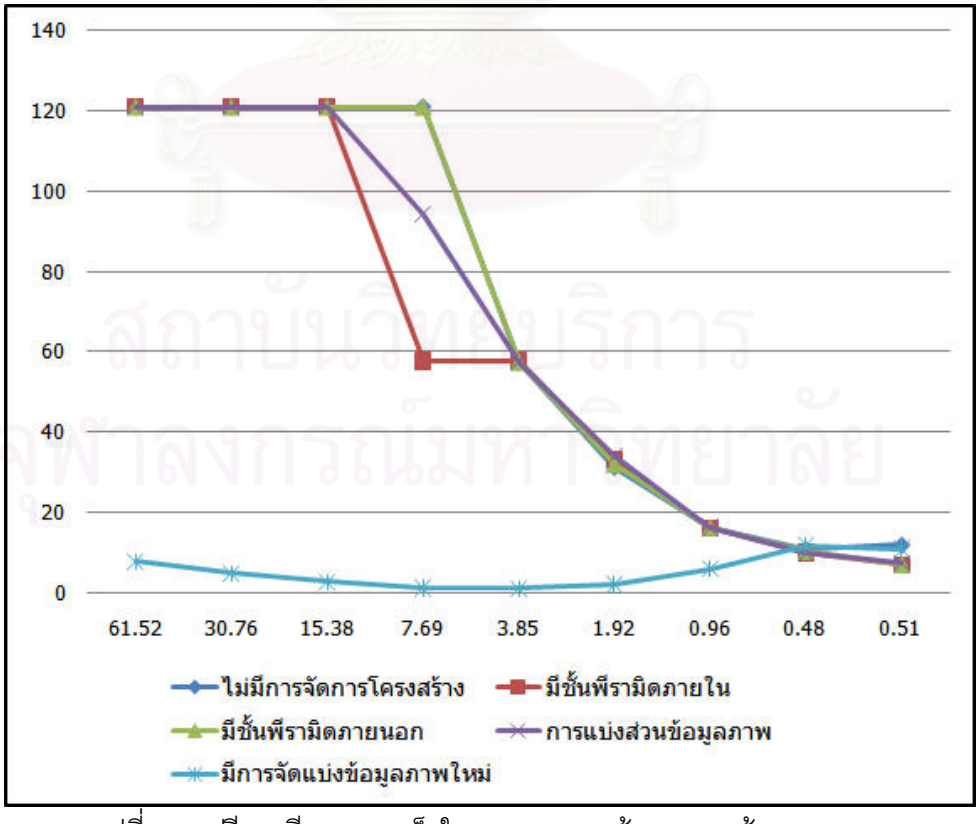
จากผลการทดสอบการแสดงผลข้อมูลภาพที่ได้จากการจัดการโครงสร้างข้อมูลทั้ง 4 รูปแบบได้แก่ ข้อมูลที่มีการสร้างพีรามิดภายใน (Internal Pyramid) ข้อมูลที่มีการสร้างพีรามิดภายนอก (External Pyramid) การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Internal Tiling) และการแบ่งส่วนข้อมูลภาพและสร้างพีรามิดภายในข้อมูลภาพ (Pyramidal Tiling) และข้อมูลต้นฉบับที่ไม่มีการจัดการโครงสร้าง ด้วย Map Server จำนวน 3 ซอฟต์แวร์ คือ Minnesota Mapserver, ArmIMS และ Geoserver สามารถสรุปผลแสดงได้ดังกราฟในรูปที่ 5.3 – 5.5

โดยแกน X แทน ความละเอียดจุดภาพ (เมตรต่อจุดภาพ)

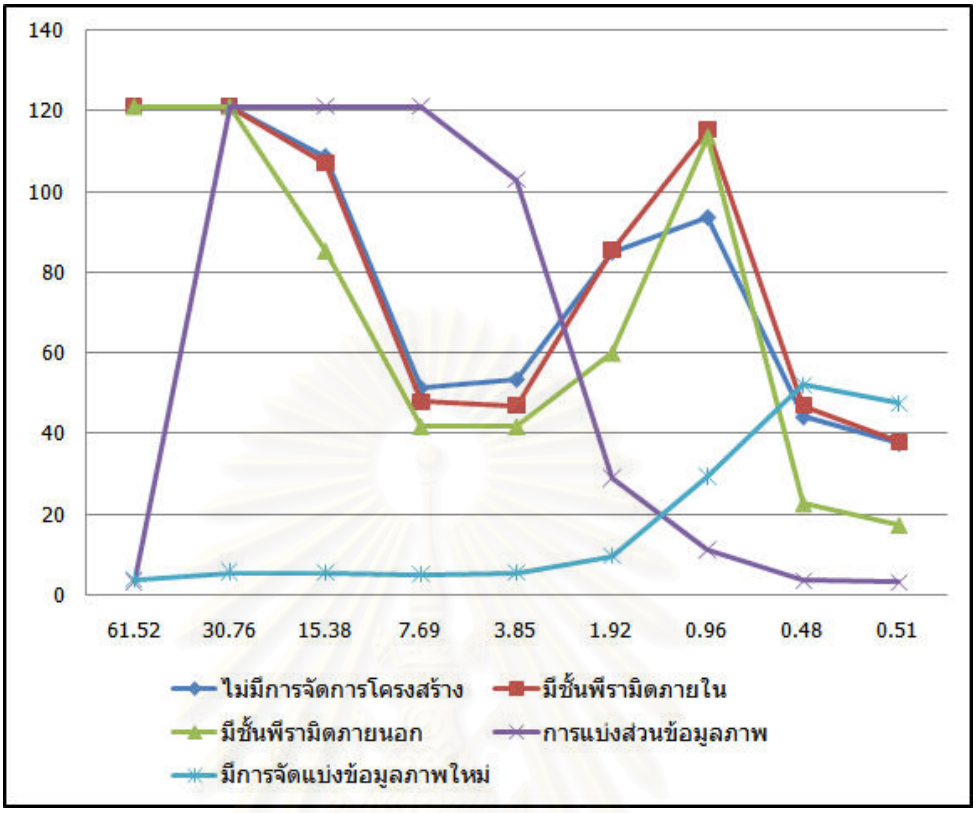
Y แทน เวลาที่ใช้ (วินาที)



รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพด้วย Minnesota Mapserver



รูปที่ 5.4 เปรียบเทียบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพด้วย ArcIMS



รูปที่ 5.5 เปรียบเทียบความเร็วในการแสดงผลข้อมูลภาพด้วย Geoserver

จากกราฟทั้ง 3 ดังกล่าว แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าโครงสร้างที่มีการแบ่งการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Pyramidal Tiling) ให้ประสิทธิภาพดีกว่าโครงสร้างอื่นๆ ในทุก Map Server และเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของข้อมูลที่มีการจัดเตรียมดังรูปที่ 5.2 พบว่าโครงสร้างที่มีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Pyramidal Tiling) มีขนาดน้อยที่สุด และเล็กกว่าข้อมูลต้นฉบับ 10 เท่า ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการลดขนาดความจุของฮาร์ดดิสที่จะใช้ในการบรรจุ

อย่างไรก็ตาม วิธีการจัดเตรียมข้อมูลภาพในรูปแบบดังกล่าวนี้พบว่า ต้องใช้เวลาค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับการจัดเตรียมข้อมูลในรูปแบบอื่นๆ ดังรูปที่ 5.1 เมื่อพิจารณาถึงการใช้งานข้อมูลแผนที่ภาพถ่ายรายละเอียดสูงทั่วไปที่ใช้แสดงบนเครือข่ายแล้ว ความถี่ในการปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายที่เป็นภาพถ่ายรายละเอียดสูง จะมีช่วงระยะเวลาหลายปี ดังนั้น เมื่อพิจารณาประเด็นดังกล่าวแล้ว จากประสิทธิภาพในการทำงานโดยการเผยแพร่ข้อมูลภาพที่ได้จากการจัดเตรียมโครงสร้างที่มีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่ (Pyramidal Tiling) ผ่านเครือข่าย พบว่ามีความสำคัญมากต่อการเผยแพร่ข้อมูลในวงกว้าง

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1) ซอฟต์แวร์แม่ข่ายแผนที่ทั้งสามตัว ไม่สามารถใช้งานร่วมกันได้ในคราวเดียวกัน ทำให้เสียเวลาในการลงโปรแกรมใหม่ทุกครั้งที่ทำการทดสอบ เนื่องมาจากยังไม่สามารถหาวิธีการแก้ไขที่ถูกต้องได้

2) ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ มีจำนวนไฟล์ข้อมูลภาพจำนวนมากทำให้การสร้าง service ให้กับโปรแกรม ArcIMS ซึ่งจะมีการกำหนดระยะเวลาในการสิ้นสุดกระบวนการประมวลผล (timeout) ดังนั้นจึงต้องไปทำการกำหนดเวลาในการจัดการให้นานยิ่งขึ้น ซึ่งไม่มีคู่มือการใช้งานในการกำหนดไว้ว่าจำนวนและขนาดข้อมูลเท่าใดที่เหมาะสมกับระยะเวลาสิ้นสุดการทำงานในกระบวนการดังกล่าวข้างต้น

3) ไม่มีเครื่องมืออัตโนมัติในการช่วยจับเวลาที่ใช้ในการร้องขอการแสดงผลข้อมูลภาพทำให้ต้องใช้เวลามากในการเข้าไปดูรายการกระบวนการทำงานในไฟล์ access ของ Apache

5.3 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมหากต้องการใช้แม่ข่ายแผนที่อื่นๆ เพื่อทำการเผยแพร่ข้อมูลภาพที่อาจมีการพัฒนาขึ้นเพื่อรองรับข้อมูลที่ได้การจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพแบบ Pyramidal Tiling โดยตรง ซึ่งจะยิ่งทำให้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการเผยแพร่ข้อมูลยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ชัยภัทร เนื่องคำมา. 2549. การออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศปริภูมิผ่านเว็บเซอร์วิส. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาณุ อุทัยศรี. 2546. การนำเสนอแผนที่พลวัตผ่านอินเตอร์เน็ตด้วยซอฟแวร์รหัสเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, สำนักงานปลัดกระทรวง. 2548. “โครงการจัดทำแนวเขตและฐานข้อมูลทรัพยากรที่ดินป่าไม้แห่งชาติ,” (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

สวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข. 2549. การศึกษาโครงสร้างข้อมูลแผนที่ภาพสำหรับแม่ข่ายแผนที่ประสิทธิภาพสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรรถวุฒิ เกียรติวัฒน์. 2550. บัญชีคำอธิบายศัพท์ภูมิสารสนเทศ. [Online]. แหล่งที่มา: http://www.rtsd.mi.th/New%202008/03-51/GIS_glossary.pdf [4 มกราคม 2551]

ภาษาอังกฤษ

Adelson, E. H., C. H. Anderson, J. R. Bergen, P. J. Burt and J. M. Ogden. 1984. Pyramid methods in image processing, RCA Engineer. Vol. 29(6), pp. 33-41.

Environmental Systems Research Institute. ArcIMS, version 9.1. [Online]. Available from: http://www.esri.com/software/arcgis/arcims/index.html [2007, June 23]

Environmental Systems Research Institute Support Center. GIS Dictionary. [Online]. Available from: http://support.esri.com/index.cfm?fa=knowledgebase.gisDictionary. Gateway [2007, July 2]

Geospatial Data Abstraction Library. [Online]. Available from: http://www.gdal.org/ [2007, March 19]

Gonzalez, C.R. and Woods, E.R. 2002. Digital Image Processing. 2nd ed. New Jersey: Prentice Hall.

Kresse, W. and Fadaie, K. 2004. ISO Standard for Geographic Information. New York :

Springer.

Masó et.al. 2009. Web Map Tiling Service Implementation Standard (Version 0.6.0) [online]. Available from: http://www.opengeospatial.org/standards/requests/54 [2009, March 27]

Matt Mills. NASA World Wind Tile Structure Technical Documentation. [online]. Available from: http://ceteranet.com/nww-tile-struct.pdf [2006, December 1]

Microsoft. Pyramid. [online]. Available from: http://terraseresearch.microsoft.com/~gray/Papers/MSR_TR_99_29_TerraServer.pdf [2006, Dec 31]

Murray, D. J. and W. vanRyper. 1996. Encyclopedia of Graphic File Formats. 2nd ed. California: O'reilly & Associates.

Open Source Geospatial. WMS Tile Caching. [Online]. Available from: http://wiki.osgeo.org/wiki/WMS_Tile_Caching [2008, February 7].

Steven Y. Hu and Vincent Tao. (eds.). Use Image Streaming Technologies to Present High Resolution Images on the Internet. [Online]. Available from: http://www.isprs.org/istanbul2004/comm4/papers/514.pdf [2008, February 7].

Tom Barclay and Jim Gray (eds.). How TerraServer Works. [Online]. Available from: http://terraserver-usa.com/about.aspx?n=AboutStoryOverview [2006, November 21].

University of Minnesota. MapServer [online]. Available from: http://mapserver.gis.umn.edu/[2007, March 19]

World Wind Tile System. [Online]. Available from: http://www.riacs.edu/research/projects/worldwind/extending/wwtilesystem.pdf [2006, November 21]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

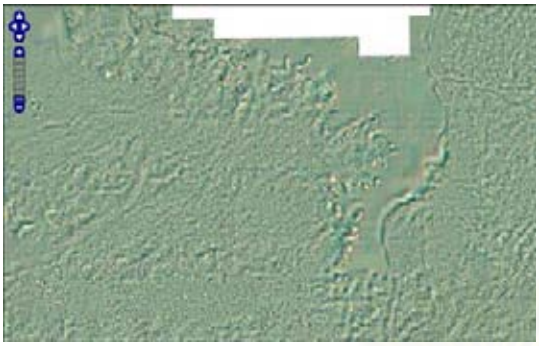
ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

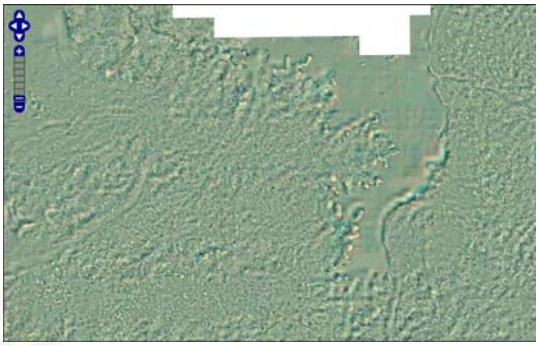
ภาคผนวก ก

ตัวอย่างภาพแผนที่ในการทดสอบด้วยโปรแกรมประยุกต์

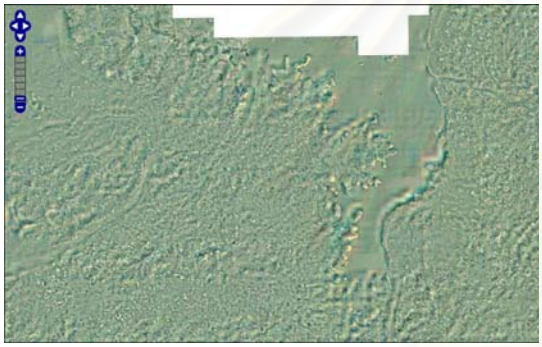
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



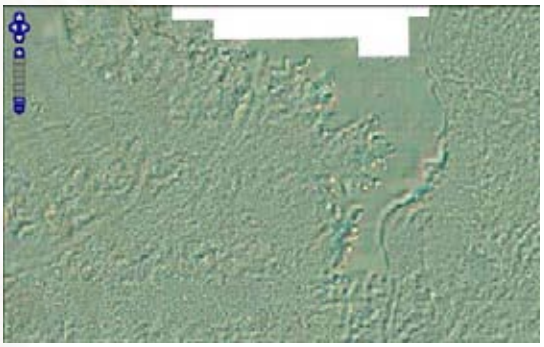
ก) ภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล



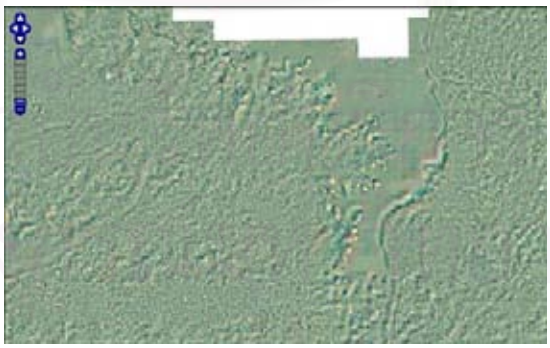
ข) ภาพที่มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ



ค) ภาพที่มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ

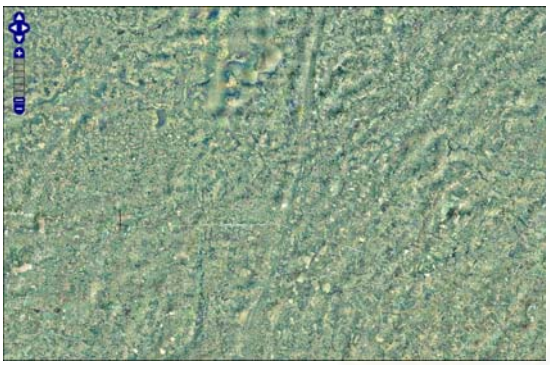


ง) ภาพที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

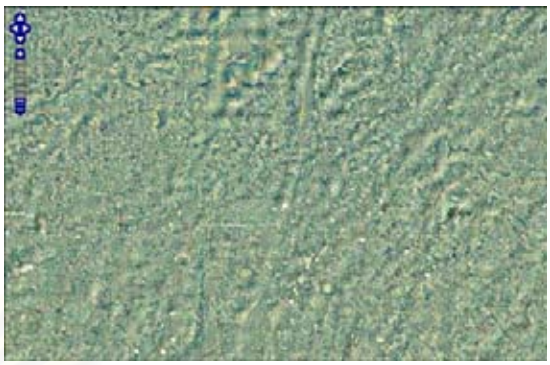


จ) ภาพที่มีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่

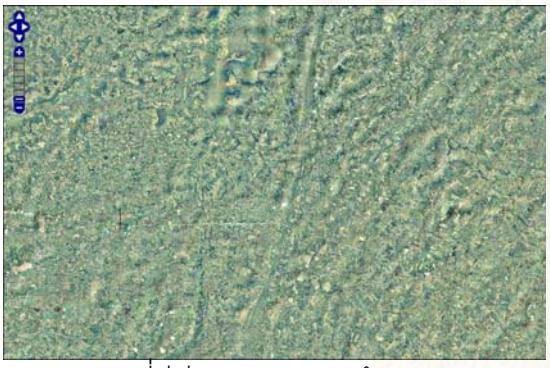
รูปที่ ก. 1 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 61.52 เมตรต่อจุดภาพ



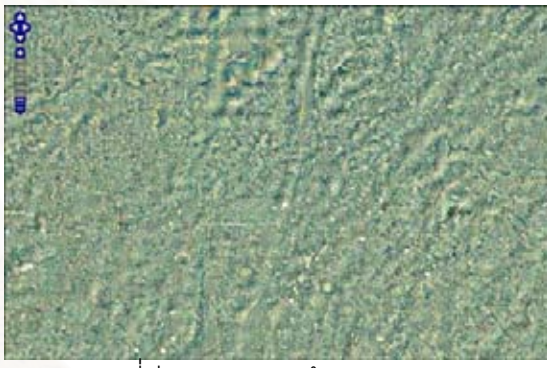
ก) ภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล



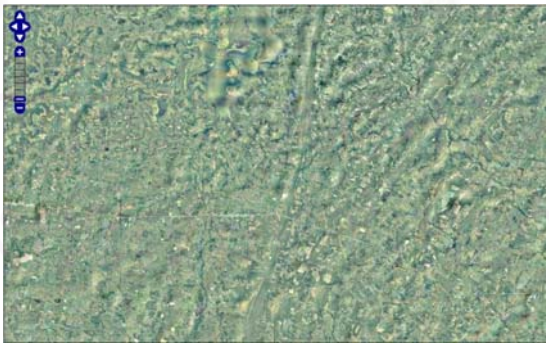
ข) ภาพที่มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ



ค) ภาพที่มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ

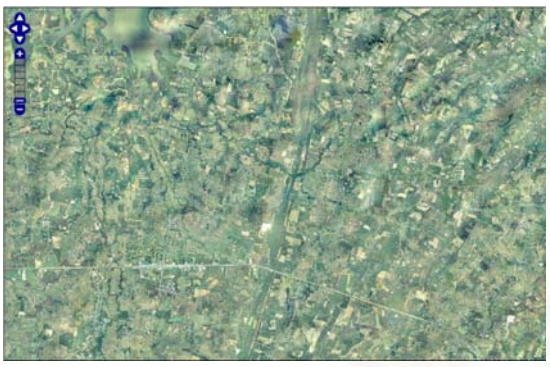


ง) ภาพที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

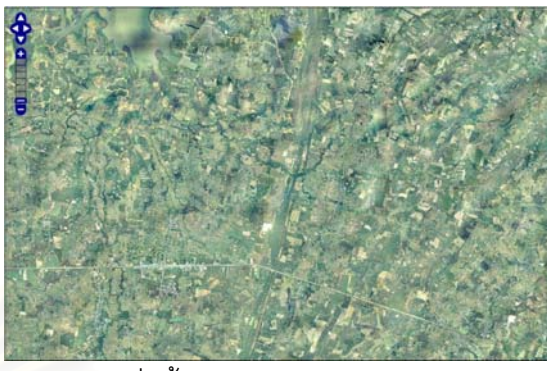


จ) ภาพที่มีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่

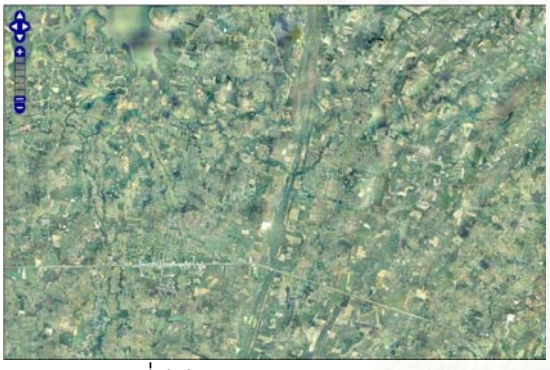
รูปที่ ก. 2 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 30.76 เมตรต่อจุดภาพ



ก) ภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล



ข) ภาพที่มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ



ค) ภาพที่มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ

ง) ภาพที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

จ) ภาพที่มีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่

รูปที่ ก. 3 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ15.38 เมตรต่อจุดภาพ

ก) ภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล

ข) ภาพที่มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ

ค) ภาพที่มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ

ง) ภาพที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

จ) ภาพที่มีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่

รูปที่ ก. 4 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 7.69 เมตรต่อจุดภาพ

ก) ภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล

ข) ภาพที่มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ

ค) ภาพที่มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ

ง) ภาพที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

จ) ภาพที่มีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่

รูปที่ ก. 5 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 3.85 เมตรต่อจุดภาพ

ก) ภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล

ข) ภาพที่มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ

ค) ภาพที่มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ

ง) ภาพที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

จ) ภาพที่มีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่

รูปที่ ก. 6 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 1.92 เมตรต่อจุดภาพ

ก) ภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล

ข) ภาพที่มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ

ค) ภาพที่มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ

ง) ภาพที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

จ) ภาพที่มีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่

รูปที่ ก. 7 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 0.96 เมตรต่อจุดภาพ

ก) ภาพที่ไม่มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล

ข) ภาพที่มีชั้นพีรามิดภายในข้อมูลภาพ

ค) ภาพที่มีพีรามิดภายนอกข้อมูลภาพ

ง) ภาพที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

จ) ภาพที่มีการจัดแบ่งข้อมูลภาพใหม่

รูปที่ ก. 8 ภาพแผนที่ที่ความละเอียดจุดภาพ 0.48 เมตรต่อจุดภาพ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ : นางสาวอรวินท์ จันทร์คำ

เกิด วันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ. 2517

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2536 -2540 อักษรศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2540 -2542 เจ้าหน้าที่นำเข้าข้อมูลแผนที่ด้วยคอมพิวเตอร์ บริษัท จีไอเอส ดาต้า จำกัด

พ.ศ.2543 - 2544 นักวิชาการสิ่งแวดล้อม กองสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี

พ.ศ.2545 - 2548 นักวิชาการด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) บริษัท คอนซัลแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด

พ.ศ.2549 - 2551 ผู้ช่วยนักวิจัย โครงการจัดทำฐานข้อมูลแห่งชาติเพื่อป้องกันภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวและสึนามิ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลงานทางวิชาการ

อรวินท์ จันทร์คำ และไพศาล สันติธรรมนนท์. 2550. การประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลประชากรแลนด์สแกนสำหรับงานป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. การประชุมวิชาการการภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2550. ณ โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ กรุงเทพฯ 28 พฤศจิกายน – 1 ธันวาคม 2550