การพัฒนาระบบให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขสำหรับการแสดงผลบน NASA WORLD WIND

นาย สรัญพงศ์ มุสิแก้ว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE DEVELOPMENT OF DIGITAL ELEVATION MODEL DATA SERVICE SYSTEM FOR RENDERING ON NASA WORLD WIND

Mr. Sarunpong Musikeaw

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 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข สำหรับการแสดงผลบน NASA WORLD WIND
โดย	นาย สรัญพงศ์ มุสิแก้ว
สาขาวิชา	ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.บรรเจิด พละการ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.สุกิจ วิเศษสินธุ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรัญพงศ์ มุสิแก้ว : การพัฒนาระบบให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขสำหรับการแสดงผลบน NASA WORLD WIND (THE DEVELOPMENT OF DIGITAL ELEVATION MODEL DATA SERVICE SYSTEM FOR RENDERING ON NASA WORLD WIND) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ. ดร. สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล, 71 หน้า.

แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) จัดเป็นสารสนเทศปริภูมิที่มีความสำคัญในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีความละเอียดของข้อมูลที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของอุปกรณ์บันทึกข้อมูล แบบจำลองความสูงเชิงเลขมีประโยชน์อย่างยิ่งในการวิเคราะห์สภาพภูมิประเทศ หรือใช้ในการประมวลผลเพื่อหาความลาดชัน ปัจจุบันซอฟต์แวร์แสดงข้อมูลแผนที่ในรูปแบบ 3 มิติ ได้ถูกพัฒนาให้มีขีดความสามารถในการนำเสนอข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายได้ เช่น Google Earth, Virtual Earth 3D และ NASA World Wind โดยเฉพาะ NASA World Wind เป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิด ที่มีความสามารถในการขยายระบบการเชื่อมต่อ กับระบบให้บริการแผนที่อื่นๆผ่านระบบอินเทอร์เน็ต จึงเป็นช่องทางที่สามารถพัฒนาการให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขผ่านเครือข่ายได้ งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องมือสำหรับเผยแพร่ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่สามารถเรียกใช้งานได้ผ่านทางโปรแกรม NASA World Wind

งานวิจัยนี้ได้ใช้สถาปัตยกรรมของ NASA World Wind ช่วยในการเตรียมข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลตรงกับรูปแบบการร้องขอและใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลขของอุทยานแห่งชาติ 15 แห่ง ที่ได้รับผลกระทบจากสึนามิและข้อมูลพื้นที่บางส่วนของจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดสงขลา เพื่อเป็นข้อมูลทดลองเครื่องมือให้บริการข้อมูลดังกล่าวด้วยโปรแกรมพัฒนาภาษา JAVA สำหรับบริการข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเครื่องฝั่งแม่ข่ายจะทำการแปลงรูปแบบการร้องขอข้อมูล เพื่อค้นคืนข้อมูลและส่งกลับไปยังเครื่องลูกข่ายเพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป จากการทดลองพบว่า NASA World Wind สามารถแสดงผลข้อมูล DEM ที่ได้จากระบบให้บริการที่พัฒนาขึ้นซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะจัดทำระบบเผยแพร่ข้อมูล DEM ของประเทศไทยเพื่อให้ใช้งานได้ในวงกว้าง

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่อนิสิต สรัญพงศ์ มุสิแก้ว

สาขาวิชา ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2552

4970619021 : MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING
KEYWORDS : DIGITAL ELEVATION MODEL / INTERNET / JAVA / NASA / WORLD WIND

SARUNPONG MUSIKEAW : THE DEVELOPMENT OF DIGITAL ELEVATION MODEL DATA SERVICE SYSTEM FOR RENDERING ON NASA WORLD WIND. ADVISOR: ASST. PROF. SANPHET CHUNITHIPAISAN,Ph.D, 71 pp.

Digital Elevation Model (DEM) is spatial information which is important in GIS. There are different spatial resolutions depending on capturing survey equipments. DEM has potential benefit for topographic analysis, it has been used to derive slope. Nowadays 3D software is developed to enable to visualize data on network for example, Google Earth, ArcGIS, Virtual Earth 3D and NASA World Wind. NASA World Wind an open source software which it is able to expand connection system with other web map service through the Internet and also develops with other applications to become DEM distribution service on network.

The objective of this research is develop tool to disseminate DEM data over the Internet using NASA World Wind architecture preparing data to have same data request format. DEM of 15 National Parks affected from TSUNAME and some area from Changmai and Songkha provinces are used as study data in this research to develop data service tool using JAVA to serve data over the Internet. The server side converts requesting data format to query data and send back to the client for further process. The results show that NASA World Wind can display DEM from the implemented service system. This obviously shows the possibility to build up online DEM data service system of Thailand to widely serve any GIS user.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Survey Engineering Student's Signature สรัญพงศ์ มุสิแก้ว
Field of Study : Spatial Information System in Engineering Advisor's Signature
Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา อย่างสูงสำหรับการสนับสนุนและความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ รวมทั้งคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ และให้ข้อคิดเห็นในแง่มุมต่างๆ ที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้องภาควิชาวิศวกรรมสำรวจทุกคนสำหรับความช่วยเหลือในทุกๆด้าน

หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่องทั้งหมด และหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจทุกท่าน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

1.5 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 5

บทที่ 2 แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model)..... 7

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับ NASA World Wind..... 9

2.2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของ NASA World Wind..... 9

2.2.2 สถาปัตยกรรมของ NASA World Wind..... 11

2.3 โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลภาพ..... 12

2.4 เทคนิคการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ..... 12

2.4.1 การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ (pyramid image)..... 12

2.4.2 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Tiling)..... 13

2.4.3 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ (Indexing)..... 16

2.4.4 เทคนิคไทล์แคชชิง (tile caching)..... 18

2.5 การอ้างอิงตำแหน่งของโลกของข้อมูลภาพ (Georeference)..... 18

หน้า

2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเครือข่ายและการบริการข้อมูลผ่านเครือข่าย..... 19
2.6.1 Internet GIS..... 19
2.6.2 แม่ข่ายแผนที่ (Map Server)..... 22
2.7 ระบบฐานข้อมูล MySQL..... 22
2.7.1 ประวัติการพัฒนา..... 22
2.7.2 การจัดเก็บข้อมูลปริภูมิ..... 23
2.8 ชุดคำสั่งจีดาล (GDAL)..... 23
2.9 IrfanView..... 24
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 25

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 27
3.1 ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล..... 27
3.1.1 การจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของ NASA World Wind..... 27
3.1.2 การจัดการโครงสร้างของข้อมูลภาพ..... 29
3.1.2.1 การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ..... 30
3.1.2.2 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ..... 31
3.1.2.3 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ..... 33
3.1.2.4 โครงสร้างฐานข้อมูล MySQL..... 34
3.2 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ..... 35
3.2.1 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในจัดเตรียมข้อมูล..... 36
3.2.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดการให้บริการ 39
3.2.3 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเผยแพร่ข้อมูล..... 40
3.3 การให้บริการข้อมูลในNASA World Wind..... 41

บทที่ 4 ผลการศึกษา..... 45
4.1 การจัดเตรียมข้อมูล..... 45
4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในจัดเตรียมข้อมูล..... 45
4.2.1 การจัดการโครงสร้างของข้อมูลภาพ..... 45

หน้า

4.3 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดการให้บริการ..... 52
4.4 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเผยแพร่ข้อมูล..... 53

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา..... 59
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน..... 59
5.1.1 การจัดเตรียมข้อมูล..... 59
5.1.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมข้อมูล..... 59
5.1.3 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดการให้บริการ..... 61
5.1.4 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเผยแพร่ข้อมูล..... 61
5.2 ปัญหาและอุปสรรค..... 62
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 62

รายการอ้างอิง..... 63
ภาคผนวก..... 66
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 71

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างซอฟต์แวร์รหัสปิดและซอฟต์แวร์รหัสเปิด……..	2
2.1	แสดงระบบอ้างอิงตำแหน่งโลกและรหัส EPSG ที่มีการใช้งานในประเทศไทย…	19
2.2	แสดงรายละเอียดชุดคำสั่ง Geospatial Data Abstraction Library……...	24
3.1	แสดงโครงสร้างข้อมูลพื้นที่ให้บริการ……	35
3.2	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของ NASA World Wind……	42
4.1	แสดงขนาดการจัดเก็บข้อมูล…….	45
4.2	แสดงระบบพีรามิดและไทล์ทั้งหมดในงานวิจัย……	48
4.3	แสดงผลจากการจัดโครงสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ……..	49
4.4	แสดงผลค่าพารามิเตอร์ที่ใช้นำทางในการเปรียบเทียบข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข……..…	56
4.5	แสดงการเปรียบเทียบการแสดงผลแบบจำลองความสูงบนโปรแกรม NASA World Wind ที่มีความละเอียดจุดภาพต่างกัน……	56
ก-1	แสดงผลการทำพีรามิดกับข้อมูลแบบจำลองความสูง 8 พื้นที่ศึกษา……	67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ระบบการให้บริการแบบจำลองความสูงเชิงเลข.....	3
1.2	แผนผังวิธีดำเนินงานวิจัย.....	6
2.1	ระบบ Client และ Network Data Server.....	10
2.2	Texture Mapping.....	10
2.3	Request flow process ของโปรแกรม NASA World Wind.....	11
2.4	การจัดเก็บเป็นตัวเลขแต่ละจุดภาพที่ต่อเนื่องกันในรูปแบบ BIL.....	12
2.5	ขั้นตอนการสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ.....	13
2.6	การแบ่งส่วนข้อมูลภาพแบบ Pyramidal Tiling.....	14
2.7	โครงสร้างการแบ่งส่วนข้อมูลภาพของ NASA World Wind.....	15
2.8	โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลภาพของNASA World Wind.....	16
2.9	การแบ่งส่วนข้อมูลภาพตามโครงสร้างของ NASA World Wind.....	16
2.10	ดัชนีข้อมูลภาพแบบเวคเตอร์.....	17
2.11	ดัชนีข้อมูลภาพแบบ Database file.....	17
2.12	ดัชนีข้อมูลภาพแบบไฟล์ข้อมูล.....	18
2.13	โปรแกรม Google Map ซึ่งเป็นประเภท Thin Client.....	20
2.14	โปรแกรม NASA World Wind ซึ่งเป็นประเภท Thick Client.....	21
2.15	ตัวอย่างโปรแกรม IrfanView.....	25
2.16	ตัวอย่างของโปรแกรม TerraServer.....	26
3.1	ข้อมูลภาพบริเวณพื้นที่ศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติสึนามิ.....	28
3.2	ข้อมูลภาพบริเวณพื้นที่ศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดสงขลา.....	29
3.3	การจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ.....	30
3.4	ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง gdal_retile.....	31
3.5	ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง gdalwarp.....	31
3.6	รายละเอียดการแบ่งส่วนข้อมูลภาพโดยการใช้งานชุดคำสั่ง gdalinfo.....	32
3.7	ตัวอย่าง Batch File ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลภาพ.....	33
3.8	กระบวนการอ่านไฟล์ข้อมูลภายในโฟลเดอร์.....	33

รูปที่		หน้า
3.9	รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลของดัชนีข้อมูลภาพ.....	34
3.10	โครงสร้างการจัดเก็บชุดเครื่องมือภายในเครื่องแม่ข่าย.....	35
3.11	การทำงานของโปรแกรมเตรียมข้อมูลภาพ.....	36
3.12	เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการเตรียมข้อมูล.....	37
3.13	การนำเข้าค่าพารามิเตอร์ขอบเขตของภาพ.....	37
3.14	การนำเข้าค่าพารามิเตอร์ความละเอียดจุดภาพ.....	37
3.15	การนำเข้าค่าพารามิเตอร์จำนวนชั้นข้อมูลที่ต้องการสร้างพีรามิด.....	38
3.16	ตัวอย่างการส่งค่าพารามิเตอร์เพื่อทำการประมวลผลภาพ.....	38
3.17	สรุประยะเวลาในการประมวลผลข้อมูลในแต่ละชั้น.....	38
3.18	ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง 7za ในการบีบอัดข้อมูลภาพ.....	39
3.19	กระบวนการสืบค้นเรียกดูคำอธิบายข้อมูล.....	40
3.20	กระบวนการค้นคืนให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข.....	40
3.21	ตัวอย่างค่าพารามิเตอร์ที่ร้องขอมายังเครื่องแม่ข่าย.....	41
3.22	การกำหนดค่าพารามิเตอร์ควบคุมการทำงานของ NASA World Wind.....	43
3.23	Interface ของ NASA World Wind ที่ใช้ในการทดสอบ.....	44
4.1	การคำนวณหาชื่อไฟล์กำกับไทล์ที่ถูกแบ่งส่วนข้อมูลภาพ.....	47
4.2	รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลภาพในโฟลเดอร์ตามข้อกำหนดของ NASA World Wind.....	47
4.3	ผลของการเรียกดูคำอธิบายข้อมูลในรูปแบบของเอกสาร XML.....	53
4.4	การทดสอบการสืบค้นข้อมูลแบบ BIL โดยโปรแกรม Firefox.....	54
4.5	ตัวอย่างการแสดงผลของโปรแกรม Irfanview.....	54
4.6	การทดสอบการสืบค้นข้อมูลแบบ JPG โดยโปรแกรม Firefox.....	55
5.1	การเปรียบเทียบขนาดข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ได้จาการเตรียมข้อมูล.....	59
5.2	เวลาที่ใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข.....	60
5.3	การเปรียบเทียบขนาดข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขเพื่อใช้ในการให้บริการ.	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) จัดได้ว่าเป็นสารสนเทศปริภูมิที่มีความสำคัญและมีการประยุกต์ใช้งานในสาขาต่างๆ อย่างกว้างขวางมาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1950 ได้แก่ งานด้านแผนที่ รีโมทเซนซิ่ง วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเหมืองแร่ วิศวกรรมทางการทหาร ธรณีวิทยา การวางแผนที่ดิน และการติดต่อสื่อสาร (Catlow, D. R., 1986) ทั้งยังพบว่ามีบทบาทสำคัญในด้านการวิเคราะห์สภาพภูมิประเทศ นั่นคือ การนำเอาลักษณะข้อมูลภูมิประเทศอันประกอบด้วย ลักษณะทางกายภาพ สิ่งปลูกสร้าง และสิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติ รวมถึงปัจจัยด้านลมฟ้าอากาศ มาพิจารณาเพื่อดูผลที่จะมีต่อการปฏิบัติการใดๆ นอกจากนี้ DEM ยังใช้ในการประมวลผลเพื่อหาข้อมูลความลาดชัน รวมถึงข้อมูลแสดงทิศทางความลาดชัน ทำให้สามารถจำลองสภาพพื้นผิวโลกบนพื้นผิวแบบสามมิติ เหล่านี้ล้วนเป็นความน่าสนใจในการวิจัยเพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์จากแบบจำลองความสูงเชิงเลข

แบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีใช้กันอยู่โดยทั่วไป มีหลากหลายความละเอียดด้วยกัน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูลที่แตกต่างกันในแต่ละโครงการ สำหรับประเทศไทย พบว่า โครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สามารถผลิต DEM ที่มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 5 เมตร (คณะกรรมการต่อรองราคาการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548) ส่วนต่างประเทศ เช่น โครงการ National Evaluation Dataset (NED) มีการผลิต DEM ที่มีความละเอียดสูง ซึ่งสามารถมองเห็นความแตกต่างของระดับความสูงได้ในพื้นที่เล็กที่สุดประมาณ 10 เมตร และเปิดบริการให้ผู้ใช้ทั่วไปนำไปใช้งานได้ในส่วนพื้นที่ของประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น ในขณะที่ DEM จากโครงการ Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ของ NASA ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ทั่วทั้งโลกรวมทั้งประเทศไทย มีเปิดให้บริการที่ความละเอียด 90 เมตร โดยมีการนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหับแสดงสภาพภูมิประเทศผ่านทั้งทางโปรแกรม Google Earth และ NASA World Wind (Bell et al., 2007)

รูปแบบการใช้งานโปรแกรมประยุกต์ GIS โดยทั่วไปใช้ในการนำเสนอข้อมูลและการแสดงผลในลักษณะ 2 มิติ จนกระทั่งเมื่อเทคโนโลยีและคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น การใช้ข้อมูลและโปรแกรมทางด้าน 3 มิติ จึงเพิ่มขึ้นด้วย ปัจจุบันมีงานที่ใช้ข้อมูล 3 มิติเป็นองค์ประกอบในการทำงานเพิ่มขึ้นในหลายสาขา และสามารถนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการผลิตงาน 3 มิติเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆได้หลากหลาย ทำการใช้ข้อมูลและ

ซอฟต์แวร์ทางด้าน 3 มิติที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีผู้ผลิตซอฟต์แวร์ที่สามารถทำงานเกี่ยวกับการผลิตงาน 3 มิติ ออกมาใช้งานให้เพียงพอต่อความต้องการและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น โดยเฉพาะงานทางด้าน GIS เห็นได้จากซอฟต์แวร์ Desktop GIS มีการสนับสนุนการใช้งานในลักษณะ 3 มิติ โดยส่วนมากเป็นซอฟต์แวร์ที่ออกแบบสำหรับงานเฉพาะด้านจึงจำเป็นต้องมีบุคลากรที่มีความสามารถในการใช้งาน ทำให้ไม่เหมาะสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป นอกจากนี้ยังพบข้อจำกัดและอุปสรรคในการทำงานที่สำคัญ ได้แก่

- การประมวลผลข้อมูล 3 มิติ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง
- ต้องมี server และ storage ขนาดใหญ่ในการจัดเก็บข้อมูล
- ไม่สามารถให้บริการ user ได้จำนวนมาก

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ในปัจจุบันซอฟต์แวร์ทางด้าน 3 มิติ จึงถูกพัฒนาให้มีขีดความสามารถในการนำเสนอข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายได้ โดยมีสถาปัตยกรรมระบบแบบ 3-Teir ที่มีการประมวล ผลอยู่บนเครื่องลูกข่าย (Thick Client) โดยเครื่องแม่ข่ายจะทำการส่งข้อมูลตามที่ผู้ใช้ร้องขอ เครื่องลูกข่ายจะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลและทำการแสดงผลข้อมูล ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าเป็นการเพิ่มความสามารถในการเผยแพร่ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ โดยอาศัยการนำเสนอข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย ซอฟต์แวร์ที่ใช้เพื่อให้บริการเผยแพร่ข้อมูลปริภูมิในลักษณะ 3 มิติผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1) ซอฟต์แวร์รหัสปิด ได้แก่ Google Earth, Google Earth Plus, Google Earth Pro, ArcGIS Explorer, Point Asia และ Virtual Earth 3D เป็นต้น และ 2) ซอฟต์แวร์รหัสเปิด ได้แก่ NASA World Wind ซึ่งซอฟต์แวร์ที่กล่าวมานี้สามารถนำมาเปรียบเทียบข้อแตกต่างได้ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างซอฟต์แวร์รหัสปิดและซอฟต์แวร์รหัสเปิด

ซอฟต์แวร์รหัสปิด		**ซอฟต์แวร์รหัสเปิด**
Google Earth	Virtual Earth 3D	NASA World Wind
เป็นโปรแกรมทางการค้า	เป็นโปรแกรมทางการค้า	เป็นโปรแกรมเผยแพร่เพื่อศึกษา
ไม่เปิดเผย Source Code	ไม่เปิดเผย Source Code	เป็นแบบรหัสเปิด (Open Source)
มีทั้งดาวน์โหลดฟรีและขาย	ดาวน์โหลดฟรี	ดาวน์โหลดฟรี
ขนาด cache 2 GB	ขนาดของ cache ไม่จำกัด	ขนาดของ cache ไม่จำกัด
สามารถเพิ่มตัวเชื่อมต่อได้	-	สามารถเพิ่มตัวเชื่อมต่อได้

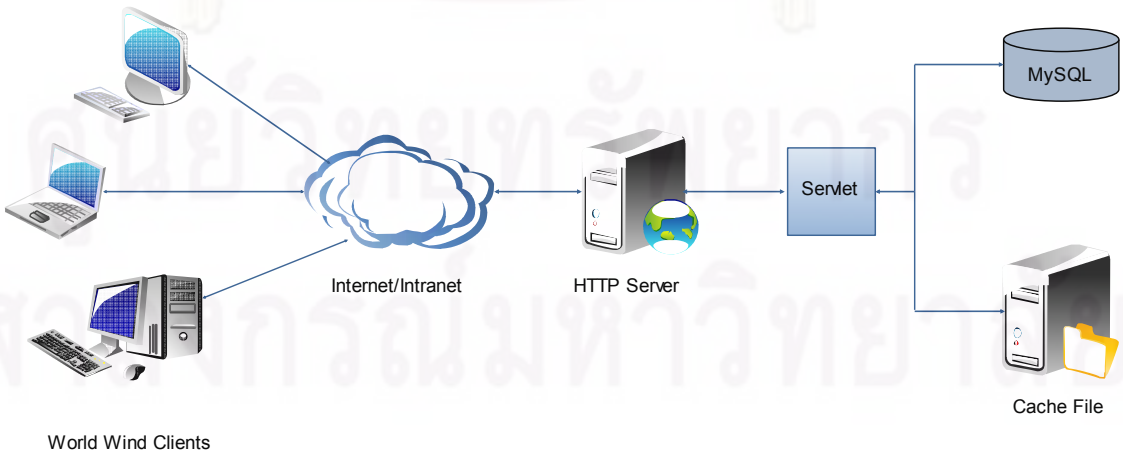
ที่มา: http://www.worldwindcentral.com

สำหรับข้อจำกัดทางด้านการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า นอกจากอุปสรรคและข้อจำกัดทางด้านการใช้งานข้อมูลแล้ว ยังขึ้นอยู่กับซอฟต์แวร์ที่ทำการแสดงผลข้อมูล 3 มิติอีกด้วย เนื่องจากการ

พัฒนาซอฟต์แวร์ที่มีจุดประสงค์ที่แตกต่างกันอีกทั้งในส่วนของซอฟต์แวร์รหัสปิดไม่สามารถทำการปรับแต่ง (customize) เครื่องมือได้เนื่องจากมีลิขสิทธิ์ทางการค้า

NASA World Wind ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ฟรีและรหัสเปิดแจกให้กับผู้ใช้ทั่วโลก โดยให้บริการพร้อมข้อมูลกายภาพของโลกที่หลากหลายความละเอียด และมีความสามารถเชื่อมต่อกับระบบวิเคราะห์ปรากฏการณ์ของโลกชนิดทันกาล (real-time) ร่วมกับการแสดงแผนที่แบบสามมิติอีกทั้งมีความยืดหยุ่นในการขยายระบบการต่อเชื่อมกับระบบให้บริการ OGC WMS ตลอดจนการพัฒนาผนวกรวมกับโปรแกรมประยุกต์บนเว็บที่แพร่หลาย (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2550)

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขแก่ผู้ใช้งานในวงกว้าง โดยอาศัยเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นสื่อกลางในการติดต่อสื่อสาร และเป็นที่รับ/ส่งข้อมูล ร้องของผลลัพธ์ โดยอาศัยซอฟต์แวร์ NASA World Wind เป็นเครื่องมือในการแสดงผล โดยผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบงานสำหรับให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยเน้นที่รูปแบบโครงสร้างข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ใช้ในการให้บริการตามมาตรฐานของ NASA World Wind รวมทั้ง รูปแบบมาตรฐานในการให้บริการข้อมูลผ่านเครือข่าย โดยอาศัยตัวอย่างข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขโครงการสำรวจ วิจัย และศึกษาเพื่อฟื้นฟูบูรณะทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม ของอุทยานแห่งชาติ 15 แห่ง ที่ได้รับผลกระทบจากสึนามิ และ แบบจำลองความสูงเชิงเลข โครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่บางส่วนของจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดสงขลา ส่วนรูปแบบที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลได้มีการออกแบบให้มีความเหมาะสมกับข้อมูลดัชนีของแบบจำลองความสูงเชิงเลข โดยจัดเก็บอยู่ในฐานข้อมูล MySQL เพื่อใช้ในการค้นคืนแสดงรายละเอียดของการให้บริการและคำอธิบายของชุดข้อมูล ส่งผลให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่1.1 ระบบการให้บริการแบบจำลองความสูงเชิงเลข

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษารูปแบบและโครงสร้างข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขสำหรับการให้บริการข้อมูลผ่านเครือข่าย

1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเผยแพร่ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยดำเนินงานตามมาตรฐานการร้องขอข้อมูลของ NASA World Wind

1.2.3 เพื่อพัฒนาระบบงานที่สามารถให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสำหรับการแสดงผลบน NASA World Wind

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 รูปแบบของขอมูลที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ อยู่ในรูปแบบ BIL (Band Interleaved by Line)

1.3.2 จัดการโครงสร้างแบบจำลองความสูงเชิงเลขตามข้อกำหนด การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ (image pyramid) การจัดแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (image tiling) ของ NASA World Wind โดยใช้ Geospatial Data Abstraction Library (GDAL)

1.3.3 ออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดเก็บดัชนีของข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขโดยใช้ฐานข้อมูล MySQL

1.3.4 เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้สามารถให้บริการค้นคืนข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขเพื่อทำการแสดงผลในโปรแกรม NASA World Wind

1.3.5 ข้อมูลแบบจำลองความสูงที่มีรายละเอียดจุดภาพเท่ากับ 5 เมตร โดยอาศัยตัวอย่างข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขโครงการสำรวจ วิจัย และศึกษาเพื่อฟื้นฟูบูรณะทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม ของอุทยานแห่งชาติ 15 แห่ง ที่ได้รับผลกระทบจากสึนามิ และ แบบจำลองความสูงเชิงเลข โครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่บางส่วนของจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดสงขลา

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เป็นแนวทางหนึ่งในการเผยแพร่ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขสู่ผู้ใช้งานในวงกว้าง

1.4.2 เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต้นแบบในการเผยแพร่ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขผ่านเครือข่าย

1.4.3 สามารถให้บริการแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีอยู่ในประเทศไทยได้ โดยเรียกดูผ่านโปรแกรม NASA World Wind

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1.5.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ศึกษาแนวคิดกระบวนการเตรียมข้อมูลให้ตรงตามรูปแบบมาตรฐาน NASA World Wind เช่น การสร้างพีรามิด การจัดแบ่งส่วนข้อมูลภาพ เพื่อใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลให้มีความเหมาะสมและอยู่ในรูปแบบที่กำหนด

- ศึกษารูปแบบข้อกำหนดระบบการทำงาน รวมถึงการร้องขอข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ของโปรแกรม NASA World Wind

1.5.2 จัดเตรียมข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขบริเวณพื้นที่ศึกษา ตามโครงสร้างข้อมูลที่ถูกกำหนด

1.5.3 พัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพตามข้อกำหนดของ NASA World Wind แบ่งได้เป็น 3 ส่วนคือ

- การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ

- การจัดแบ่งส่วนข้อมูลภาพ โดยทำการแบ่งส่วนข้อมูลภาพที่ได้จากการสร้างพีรามิดข้อมูลภาพตามโครงสร้างการแบ่งข้อมูลภาพ (tile structure) ของ NASA World Wind

- การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ (Tile index) เพื่อความสะดวกในการค้นคืนข้อมูลภาพ

1.5.4 ออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล MySQL เพื่อรองรับค่าดัชนีข้อมูลภาพ

1.5.5 นำเข้าดัชนีข้อมูลภาพ เข้าสู่ระบบฐานข้อมูล MySQL

1.5.6 พัฒนาเครื่องมือให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขด้วยโปรแกรม NASA World Wind โดยเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถดังนี้

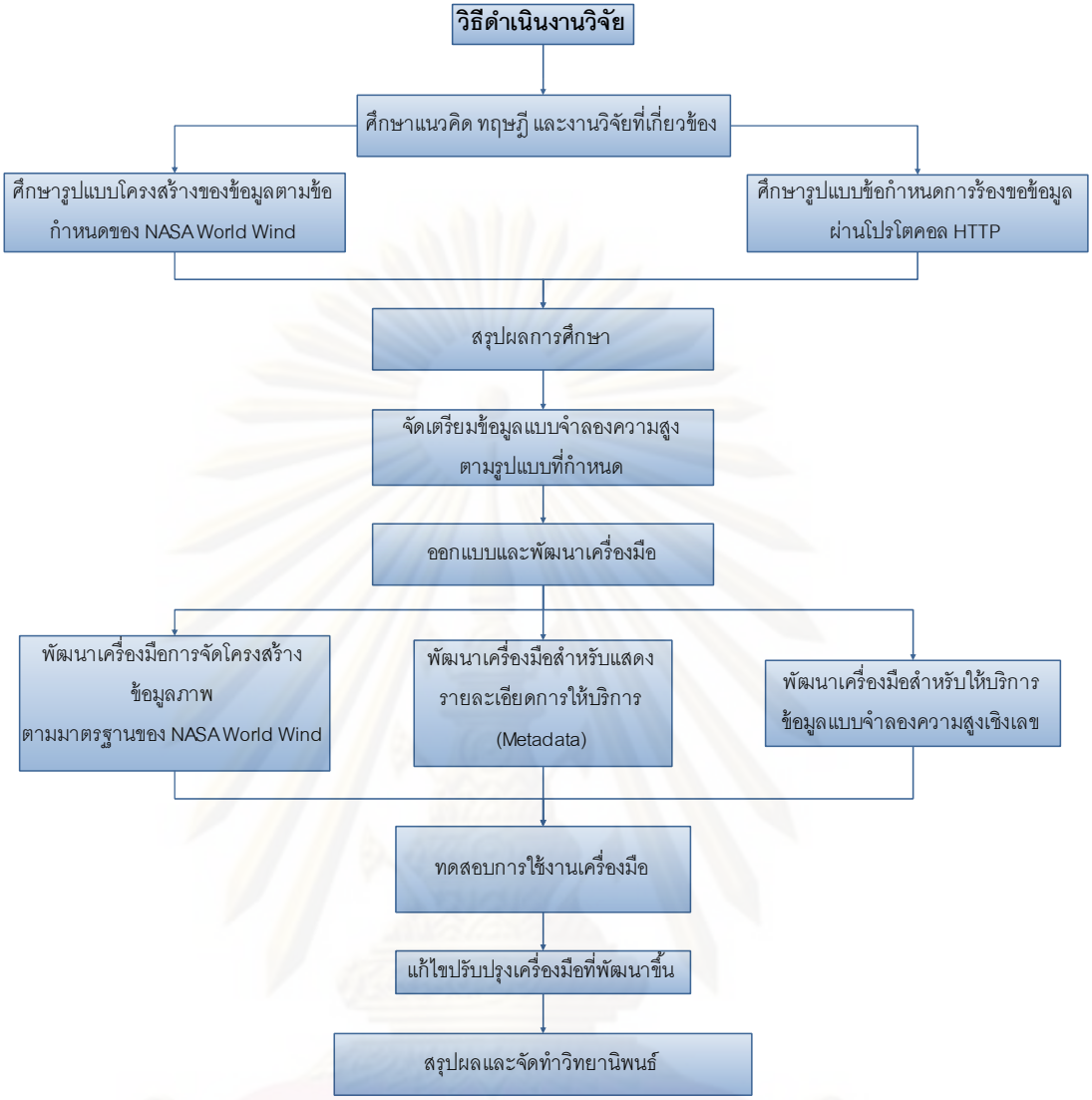
- ให้ข้อมูล Metadata สำหรับรายละเอียดการให้บริการ

- ให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข

1.5.7 ทดสอบระบบการให้บริการข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตด้วยโปรแกรม NASA World Wind

1.5.8 สรุปผลและจัดทำรายงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.2 แผนผังวิธีดำเนินงานวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model)

แบบจำลองความสูงเชิงเลข หรือ DEM หมายถึง แบบจำลองค่าระดับความสูงเชิงเลขของตำแหน่งพื้นผิวที่มีลักษณะรูปร่างเป็นระเบียบ เช่น ตารางกริดสี่เหลี่ยม หกเหลี่ยม หรือ แปดเหลี่ยม เป็นต้น ลักษณะแบบจำลองจะเป็นจุดไม่มีความต่อเนื่อง (discrete points) ของข้อมูล (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2549) คำย่อ DEM เป็นคำที่นิยมใช้กันทั่วไปในประเทศสหรัฐอเมริกาอีกทั้งเป็นข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะภูมิประเทศของโลก หรือพื้นผิวอื่นๆในรูปแบบดิจิตอล โดยมีค่าพิกัดและการแสดงค่าความสูง โดยส่วนมากจะถูกใช้ในระบบภูมิสารสนเทศ และ DEM อาจสามารถใช้งานร่วมกับภาพ เพื่อแสดงรายละเอียดพื้นผิวได้ อีกด้วย

แบบจำลองความสูงเชิงเลข สามารถสร้างได้จากหลายวิธี วิธีการดั้งเดิมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองความสูงเชิงเลขคือการสร้างจากเส้นชั้นความสูง ซึ่งได้จากการสำรวจโดยตรงในสนาม ยังคงมีใช้อยู่บ้าง โดยเฉพาะพื้นที่ภูเขาที่อับสัญญาณ เรดาห์ คุณภาพ ของ DEM จะเป็นการรังวัดความถูกต้องของค่าระดับความสูง ของแต่ละจุดภาพ โดยมีปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของ DEM ได้แก่

- ความขรุขระของภูมิประเทศ (terrain roughness)
- วิธีในการจัดเก็บข้อมูลค่าระดับ (elevation data collection method)
- ความละเอียดของกริดหรือขนาดจุดภาพ (grid resolution or pixel size)
- วิธีการในการ interpolation
- ความละเอียดในทางระดับ (vertical resolution)

ในปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมากขึ้น ส่วนใหญ่มักใช้วิธีการสำรวจจากระยะไกล หรือ วิธีการทางโฟโตแกรมเมตรีมากกว่าการสำรวจในสนามโดยตรง เช่น การใช้เทคนิคการสำรวจด้วย Interferormetric Synthetic Aperture Radar (IFSAR) การสำรวจด้วยภาพคู่ซ้อนจากภาพถ่ายทางอากาศ หรือจากภาพถ่ายดาวเทียม (ได้แก่ ดาวเทียม RADARSAT-1, ASTER, IKONOS) เป็นต้น

แบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ใช้ในการแสดงผลสภาพภูมิประเทศโลกแบบสามมิติของโปรแกรม NASA World Wind มาจาก 2 แหล่งที่สำคัญ คือ

1) National Elevation Dataset (NED) เป็นแบบจำลองความสูงเชิงเลขรายละเอียดสูงที่ใช้ในพื้นที่ของสหรัฐอเมริกา

2) Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ประกอบด้วยข้อมูลที่เกี่ยวกับที่พื้นดินบนโลกถึงร้อยละ 80 โดยครอบคลุมพื้นผิวระหว่างละติจูด 60 องศาเหนือ และละติจูด 54 องศาใต้ โดยมีความละเอียด 90 เมตร (Hensley, S., Rosen, P. and Gurrola, E., 2000)

สำหรับแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีรายละเอียดดังนี้

- แบบจำลองความสูงเชิงเลข โครงการสำรวจ วิจัย และศึกษาเพื่อฟื้นฟูบูรณะทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม ของอุทยานแห่งชาติ 15 แห่ง ที่ได้รับผลกระทบจากสึนามิ

1) มีจำนวนระวางทั้งสิ้น 1,227 ระวาง
2) จัดเก็บแบบจำลองความสูงเชิงเลขเช่นเดียวกับภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข มาตราส่วน 1: 4,000 ขนาดระวาง 2x2 กิโลเมตร
3) มีการจัดเก็บในรูปแบบของราสเตอร์ ความละเอียดจุดภาพ 5 เมตร
4) แบบจำลองความสูงเชิงเลข มาตราส่วน 1: 4,000 มีเกณฑ์ความถูกต้องที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนี้

   - บริเวณพื้นที่ราบ และบริเวณที่มีความลาดชันไม่เกิน 35% มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ 1 เมตร หรือดีกว่า
   - บริเวณพื้นที่สูงชัน มีความลาดชันเกิน 35% มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ 2-4 เมตร หรือดีกว่า

- แบบจำลองความสูงเชิงเลข โครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (คณะกรรมการต่อรองราคาการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548)

1) มีจำนวนระวางทั้งสิ้น 126,036 ระวาง
2) มีขนาดไฟล์ประมาณ 194.09 GB
3) จัดเก็บแบบจำลองความสูงเชิงเลขเช่นเดียวกับภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข มาตราส่วน 1: 4,000 ขนาดระวาง 2x2 กิโลเมตร
4) รูปแบบการจัดเก็บแบบจำลองความสูงเชิงเลข มี 2 รูปแบบ คือ
   4.1) แบบจำลองความสูงเชิงเลข ในรูปแบบของราสเตอร์ ความละเอียดจุดภาพ 5 เมตร
   4.2) แบบจำลองความสูงเชิงเลข ในรูปแบบของเวกเตอร์
5) แบบจำลองความสูงเชิงเลข มาตราส่วน 1: 4,000 มีเกณฑ์ความถูกต้องที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนี้

- บริเวณพื้นที่ราบ และบริเวณที่มีความลาดชันไม่เกิน 35% มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ 1 เมตร หรือดีกว่า

- บริเวณพื้นที่สูงชัน มีความลาดชันเกิน 35% มีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ 2-4 เมตร หรือดีกว่า

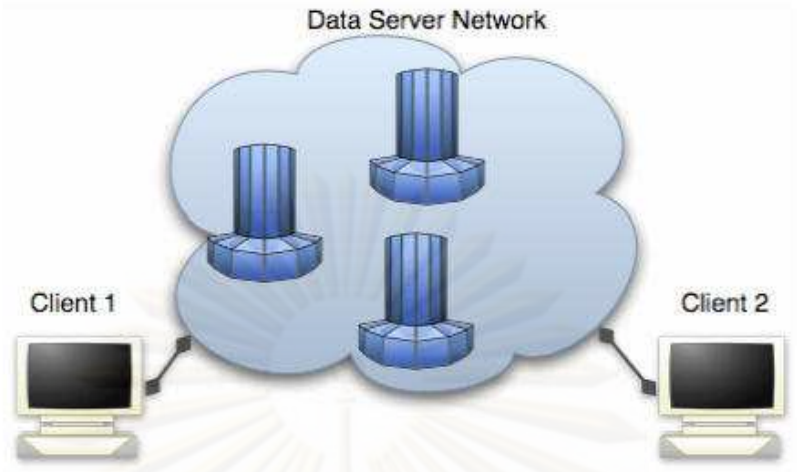
2.2 แนวคิดเกี่ยวกับ NASA World Wind

2.2.1 ลักษณะโดยทั่วไปของ NASA World Wind

NASA World Wind เป็น 3D GeoBrowser ที่ใช้เรียกดูแผนที่ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่นเดียวกับ Google Earth, Microsoft Virtual Earth 3D หรือ PointASIA โดยองค์การ NASA ได้มีการพัฒนาและเผยแพร่ชุดซอฟต์แวร์ World Wind ในรูปแบบซอฟต์แวร์รหัสเปิดแจกให้กับผู้ใช้ทั่วโลกพร้อมกับให้บริการข้อมูลกายภาพของโลกที่หลากหลาย ตลอดจนเชื่อมต่อกับระบบวิเคราะห์ปรากฏการณ์ของโลกชนิดทันกาล (real-time) การแสดงแผนที่เป็นแบบสามมิติและมีประสิทธิภาพสูงพร้อมกับมีความยืดหยุ่นและมีความสามารถในการขยายระบบ การต่อเชื่อมกับระบบให้บริการแผนที่มาตรฐาน OpenGIS/ISO TC-211 ตลอดจนการพัฒนาผนวกรวมกับโปรแกรมประยุกต์เว็บที่แพร่หลาย นอกจากนี้ยังพบว่า World Wind มีศักยภาพสูงมากในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ภูมิสารสนเทศ และนำไปปรับใช้กับภารกิจต่างๆ ขององค์กรชนิดปฏิสัมพันธ์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาถึงเวอร์ชัน 1.4 เพื่อเรียกข้อมูลจากแม่ข่าย Tile Server ของ NASA World Wind โดยตรง (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2550)

นอกจากนี้ NASA World Wind ยังเป็นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นสามมิติ มีความสามารถในการให้บริการภาพที่มีขนาดใหญ่ และแบบจำลองความสูงสำหรับโลกและวัตถุอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถใช้ในการเรียกดูเป็น stand alone computer และผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Bell et al., 2007)

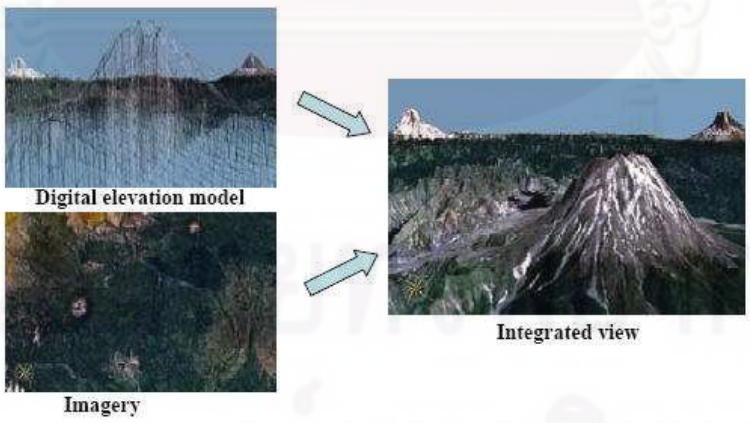
ผู้ใช้สามารถเรียกดูข้อมูลทางภูมิศาสตร์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในรูปแบบของการเรียกดูข้อมูลมีลักษณะคล้ายคลึงกับการเรียกดูข้อความ (text) และภาพ (image) โดยใช้เว็บเบราว์เซอร์ เช่น Firefox, Microsoft Internet Explorer และ Apple Safari เป็นตัวกลางในการเรียกดูข้อมูล และจำเป็นต้องมีส่วนของ client และ data server เป็นส่วนประกอบ ดังแสดงรูปแบบการทำงานในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบ Client และ Network Data Server (Bell et al., 2007)

โดยสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นการอธิบายถึงการรวบรวมข้อมูล ซึ่งสามารถอ้างอิงด้วยละติจูด ลองจิจูด ระยะสูงและเวลา ตัวอย่างของสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยส่วนใหญ่ ได้แก่ แผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม แบบจำลองความสูง ขอบเขตประเทศ และตำแหน่งเมือง (Reed et al., 2006)

ข้อมูลทางด้านภูมิศาสตร์ของโลกเป็นที่ทราบกันดีว่าเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ NASA World Wind จึงได้ทำการสร้าง caching และ advance 3D terrain algorithms เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียกดูข้อมูลขนาดใหญ่ โดยค่าความสูงของ DEM จะขึ้นอยู่กับรัศมีของโลกและเพิ่มขึ้นตามสภาพความสูงของแต่ละพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



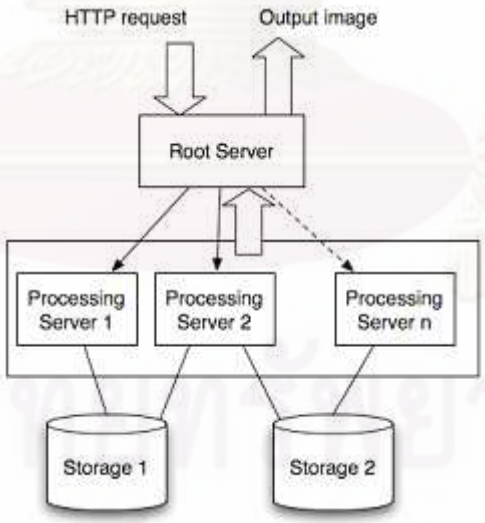
รูปที่2.2 Texture Mapping (Bell et al., 2007)

2.2.2 สถาปัตยกรรมของ NASA World Wind

สถาปัตยกรรมของ NASA World Wind สามารถแยกระบบการทำงานได้เป็น 2 ส่วนคือ สถาปัตยกรรมของเครื่องลูกข่าย ใช้สำหรับร้องขอมายังเครื่องแม่ข่ายและแสดงผลข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องแม่ข่าย ส่วนสถาปัตยกรรมของเครื่องแม่ข่ายนั้นใช้สำหรับการให้บริการข้อมูลมายังเครื่องลูกข่ายที่ทำการร้องขอ กระบวนการทำงานของเครื่องแม่ข่ายสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) High performance architecture เป็นกระบวนการเพิ่มความรวดเร็วในการกระจายการเข้าถึงข้อมูลในเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ในการแสดงผลตามการร้องขอข้อมูลภาพที่มีขนาดใหญ่ เช่น ภาพถ่ายทางอากาศ หรือข้อมูลแบบจำลองความสูง พบว่าข้อมูลมักถูกแบ่งให้มีขนาดไฟล์ที่เล็กลง เพื่อสามารถส่งผ่านได้ทาง disk drive และมีรูปแบบไฟล์ที่หลากหลาย ซึ่งในปัจจุบันสถาปัตยกรรมของ server สามารถรองรับได้ทุกรูปแบบข้อมูลที่อยู่ใน Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) (Bell et al., 2007)

2) Request flow process เป็นกระบวนการร้องขอ (request) ของเครื่องลูกข่ายผ่านทาง http protocol โดยเครื่องลูกข่ายจะออกคำสั่งทาง HTTP request ไปยัง Root Server ที่เก็บข้อมูล โดยรูปแบบการร้องขอจะมีความเฉพาะเจาะจงกับชนิดของชุดข้อมูล นั้นๆ จากนั้น Root Server ก็จะทำการส่งข้อมูลตามที่ร้องขอกลับคืนมายังเครื่องลูกข่าย ดังแสดงในรูปที่ 2.3

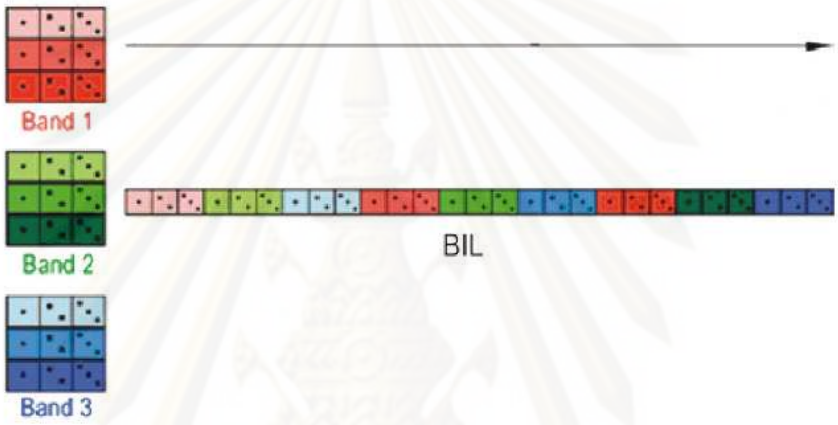


รูปที่ 2.3 Request flow process ของโปรแกรม NASA World Wind

(Bell et al., 2007)

2.3 โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลภาพ

โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลภาพประกอบด้วยจุดภาพจำนวนมากที่มีขนาดเท่ากัน ที่มีการจัดเรียงกันเป็นแถวโดยแต่ละจุดภาพจะมีการบันทึกค่าของของจุดภาพ เป็นจำนวนตัวเลขสามารถแบ่งได้หลายระดับ โดยจะมีการจะเก็บอยู่ในระบบเลขฐานสอง ซึ่งกระบวนการจัดเก็บข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขตามข้อกำหนดของงานวิจัยในครั้งนี้คือ BIL เป็นกระบวนการเก็บข้อมูลเป็น แต่ละแถวสแกน ของแต่ละแบนด์ ข้อมูลแถวหนึ่งๆ ของทุกแบนด์จะถูกเก็บเป็นลำดับต่อเนื่องกันภายในแฟ้มข้อมูล (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ [สทอภ.], 2552) ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การจัดเก็บเป็นตัวเลขแต่ละจุดภาพที่ต่อเนื่องกันในรูปแบบ BIL

2.4 เทคนิคการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ

การให้บริการข้อมูลภาพที่มีปริมาณมาก ประกอบกับระบบต้องสามารถรองรับผู้ใช้จำนวนมากที่อาจจะเข้ามาใช้งานพร้อมกันครั้งละมากๆ เมื่อต้องทำงานกับข้อมูลภาพจำนวนมาก เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลความสูงภูมิประเทศ อาจจะทำให้แม่ข่ายเกิดล่มได้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้กับแม่ข่ายแผนที่ NASA World Wind มีการกำหนดกระบวนการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพที่มีปริมาณมากให้มีความเหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการโดยใช้เทคนิคสำคัญ 2 ประการในการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพประกอบด้วย การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

2.4.1 การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ (pyramid image)

คือกระบวนการจัดเก็บข้อมูลภาพที่ถูกลดความละเอียดจุดภาพลงในรูปแบบของพีรามิด โดยที่ชั้นฐานของพีรามิดคือข้อมูลที่มีความละเอียดจุดภาพมาก ส่วนชั้นที่อยู่เหนือกว่าจะมีขนาดและความละเอียดจุดภาพเล็กลง (Gonzales and Woods, 2002)

การทำพีรามิดอาศัยหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ที่ว่า ไม่ว่าข้อมูลจะมีขนาดใหญ่แค่ไหน การแสดงผลยังคงอยู่บนจอภาพที่มีขนาดคงที่ หากข้อมูลมีขนาดใหญ่กว่าจอภาพ คอมพิวเตอร์จะทำการประมวลผลเพื่อย่อภาพให้สามารถแสดงผลได้บนหน้าจอที่กำหนด นั่นคือต้องอ่านข้อมูลทั้งหมดก่อน จึงค่อยประมวลผลขนาดการแสดงผลหน้าจอ แล้วทำการย่อขนาดภาพ หากมีการเตรียมข้อมูลภาพให้มีขนาดลดหลั่นกันลงมา เมื่อต้องการแสดงผลภาพรวมก็ให้อ่านข้อมูลที่มีขนาดเล็กกว่า แทนการอ่านข้อมูลขนาดใหญ่ทั้งหมด ทำให้ประหยัดเวลาในการอ่านข้อมูล (ภาณุ อุทัยศรี, 2546) ดังแสดงในรูปที่ 2.5

รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ (Potmesil, 1998)

พีรามิดข้อมูลภาพสามารถสร้างได้หลายชั้นขึ้นอยู่กับความต้องการและปริมาณพื้นที่ที่ใช้สำหรับการจัดเก็บ การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพนั้นแม้ว่าจะสร้างจำนวนชั้นมากมายเท่าใดก็ตาม จะใช้พื้นที่สำหรับการจัดเก็บไม่เกินร้อยละ 33 ของขนาดที่ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลภาพชั้นล่างสุด ซึ่งการสร้างพีรามิดข้อมูลภาพสามารถทำได้โดยอาศัยโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ เช่น gdal_translate, gdal_retile จากชุดคำสั่ง GDAL หรือ Erdas Imagine เป็นต้น

2.4.2 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Tiling)

เป็นกระบวนการแบ่งโครงสร้างของข้อมูลภาพออกเป็นสี่เหลี่ยมย่อยๆ จากข้อมูลภาพทั้งหมด ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายขนาด ภาพที่ถูกแบ่งจะเรียงชิดติดกันรวมเป็นภาพเดียว โดยแต่ละภาพที่ถูกแบ่งนั้นจะไม่มีส่วนที่ซ้อนทับกัน (Murray and vanRyper, 1996)

การใช้งานไฟล์ข้อมูลราสเตอร์ส่วนใหญ่ต้องการแสดงผลข้อมูลภาพเพียงบางส่วน แต่เครื่องคอมพิวเตอร์ต้องอ่านข้อมูลทั้งหมดของภาพก่อนแล้วจึงแสดงผลบริเวณที่ต้องการ ทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรระบบและเวลา การแบ่งส่วนข้อมูลภาพเป็นเทคนิคที่ช่วยให้ประหยัดเวลาและทรัพยากรในการเรียกใช้งานข้อมูลราสเตอร์โดยการแบ่งย่อยข้อมูลราสเตอร์ออกเป็นส่วนๆ และทำดัชนีแต่ละส่วนไว้ การเรียกใช้งานจะเรียกผ่านดัชนีเพื่อเรียกข้อมูลภาพส่วนย่อย หรือ เป็นการประมวลผลเฉพาะส่วนที่เลือก ทำให้การทำงานเร็วขึ้นและใช้ทรัพยากรน้อยลงในการอ่านข้อมูล

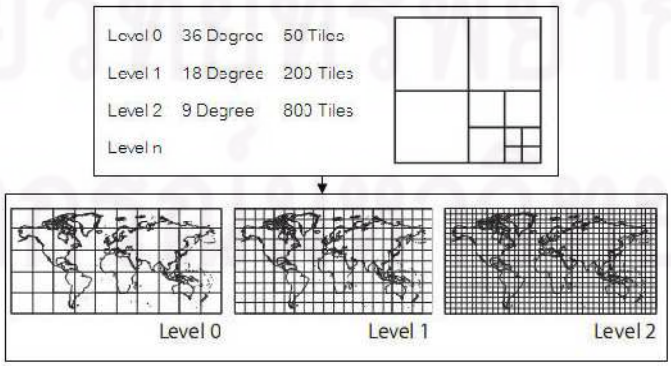
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพสามารถกำหนดได้หลายขนาดตามความต้องการ เช่น ขนาด150x150 จุดภาพ เป็นต้น จากการเตรียมข้อมูลผ่านโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ เช่น gdal_translate จากชุดคำสั่ง GDAL การแบ่งส่วนข้อมูลภาพสามารถจำแนกการจัดการได้เป็น 3 ประเภท

1) Simple Tiling เป็นการแบ่งภาพเป็นส่วนย่อยที่มีขนาดเท่ากันทุกภาพ โดยไม่มีส่วนที่ซ้อนทับกัน การแบ่งภาพจะเริ่มแบ่งภาพเรียงลำดับจากซ้ายไปขวา และบน ลงล่าง

2) Pyramidal Tiling เป็นการแบ่งส่วนข้อมูลภาพเป็นส่วนย่อย โดยภาพที่ถูกแบ่งจะมีระดับความละเอียดต่างกัน ชั้นบนสุดของพีรามิดเป็นภาพที่มีความละเอียดต่ำสุด ซึ่งใช้ในการแสดงผลอย่างรวดเร็ว ชั้นถัดลงมาจะมีความละเอียดเพิ่มมากขึ้นโดย 1 ไทล์ ชั้นบนจะสามารถแบ่งได้เป็น 4 ไทล์ย่อยในชั้นถัดไป จนถึงชั้นฐานของพีรามิด ซึ่งเป็นความละเอียดของภาพต้นฉบับ หลักการของ Pyramidal Tiling มีอยู่ 2 กระบวนการหลักคือ การทำพีรามิด และการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

3) Composite Tiling เป็นการแบ่งส่วนข้อมูลภาพเป็นส่วนย่อยที่มีรายละเอียด หลายระดับแตกต่างกัน ภาพที่ได้จากการแบ่งสามารถมีการซ้อนทับกันได้ โดยภาพที่ได้อาจมีขนาดมาตราส่วน และพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันได้

โครงสร้างไทล์ของ NASA World Wind เป็นไปตามหลักการของ Pyramidal Tiling ที่ให้ประสิทธิภาพของการบริการดีกว่าโครงสร้างอื่นๆ อีกทั้งมีขนาดน้อยที่สุด และเล็กกว่าข้อมูลต้นฉบับ 10 เท่า ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการลดขนาดความจุของฮาร์ดดิสก์ที่จะใช้ในการบรรจุ (อรวินท์ จันทร์คำ,2551) โดยระดับชั้นแรกซึ่งอยู่ที่ส่วนยอดของพีรามิด เรียกว่าเป็นระดับชั้นที่0 จะถูกแบ่งส่วนข้อมูลให้มีขนาดใหญ่กว่าระดับชั้นที่หนึ่งที่อยู่ถัดลงมาเป็นสองเท่า และชั้นที่อยู่ถัดลงมาจะถูกแบ่งส่วนให้เล็กลงเป็นสองเท่าของชั้นที่อยู่ถัดลงมาเป็นลำดับ เช่น มีการแบ่งส่วนระดับ 0 ที่ 36×36 องศาจะได้ทั้งหมด 50 ไทล์ ที่ระดับ 1 ชั้นถัดลงมาจะทำการแบ่งส่วนที่ 18×18 องศา และได้ทั้งหมด 200 ไทล์ ที่ระดับ 2 จะทำการแบ่งส่วนที่ 9×9 องศา และได้ไทล์ทั้งหมด 800 ไทล์ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.6



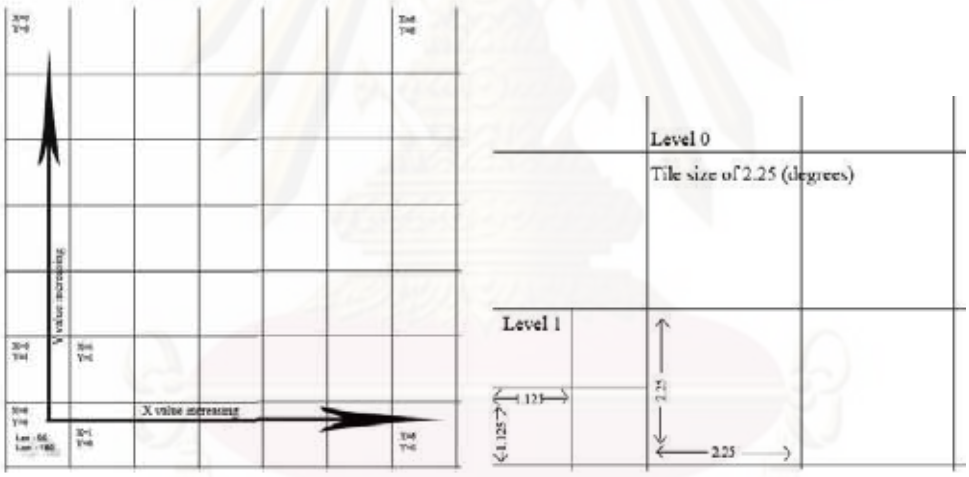
รูปที่ 2.6 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพแบบ Pyramidal Tiling (Mills, 2006)

ในการกำหนดค่าเริ่มต้นของการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่จะทำการกำหนดค่าพิกัดที่อยู่ในรูปแบบ ละติจูด และ ลองจิจูด เปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบการจัดเก็บแบบแถวและสดมภ์ ตามรูปแบบการจัดเก็บค่าพิกัดของ NASA World Wind โดยทำการกำหนดค่าพิกัดเริ่มต้นจากมุมล่างซ้ายเดิมคือ (-90, -180) แปลงเป็น (0, 0) ตามรูปแบบแถวและสดมภ์ ค่าพิกัดที่ได้จะเป็นค่าพิกัดที่มีค่าเป็นบวกทั้งหมด

ดังนั้นการกำหนดขนาดของไทล์ในแต่ละระดับจะทำการกำหนดค่าเริ่มต้นจากมุมล่างซ้ายเช่นเดียวกัน ในการทำไทล์ สามารถทำได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

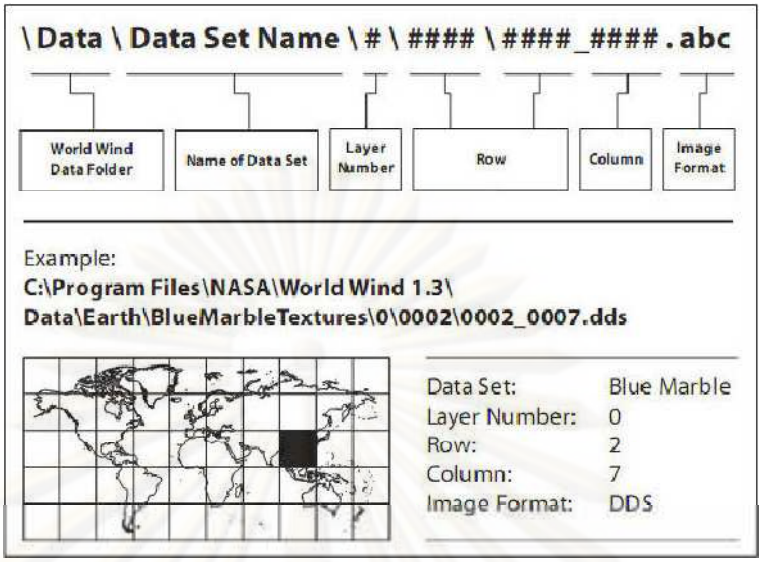
$$\text{Tile size (level n)} = \text{lztsd} * 0.5^{\text{level n}} \quad (1)$$

จากสมการถ้าต้องการทราบขนาดของไทล์ที่ระดับพีรามิดที่ต้องการสามารถทำได้โดยนำขนาดของไทล์ที่ระดับชั้นพีรามิดที่ 0 มาคูณกับ 0.5 ยกกำลังตัวเลขชั้นของพีรามิดที่ต้องการหาขนาดของไทล์

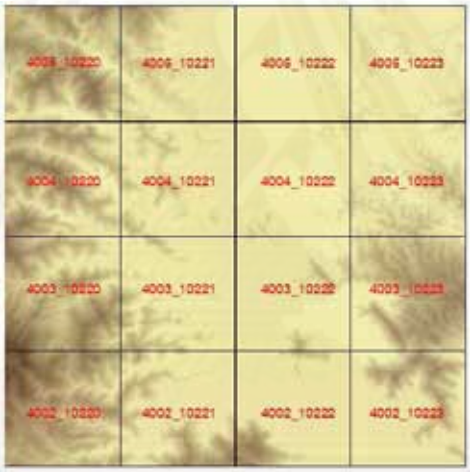


รูปที่ 2.7 โครงสร้างการแบ่งส่วนข้อมูลภาพของ NASA World Wind (Mills, 2006)

การเรียกไฟล์ข้อมูลภาพจะอาศัยชื่อของไฟล์ที่มีระบบการอ้างอิงที่เป็นมาตรฐานของโปรแกรม NASA World Wind คือ ไฟล์ข้อมูลจะเป็นไฟล์ภาพที่ประกอบไปด้วย ค่าพิกัดทางแกน Y คั่นด้วยเครื่องหมาย underschore (_) แล้วตามด้วยค่าพิกัดทางแกน X ตัวอย่างเช่น yyyy_xxxx.dds เป็นต้น และถูกเก็บในโฟล์เดอร์ย่อยที่มีชื่อเป็นค่าพิกัดทางแกน Y เหมือนกับชื่อไฟล์ จากนั้นถูกเก็บอยู่โฟล์เดอร์ใหญ่ขึ้นอีกระดับหนึ่งซึ่งมีชื่อเป็นระดับชั้นของข้อมูลภาพ ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง n โฟล์เดอร์ชื่อของชุดข้อมูลภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และ 2.9



รูปที่ 2.8 โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลภาพของNASA World Wind (Mills, 2006)

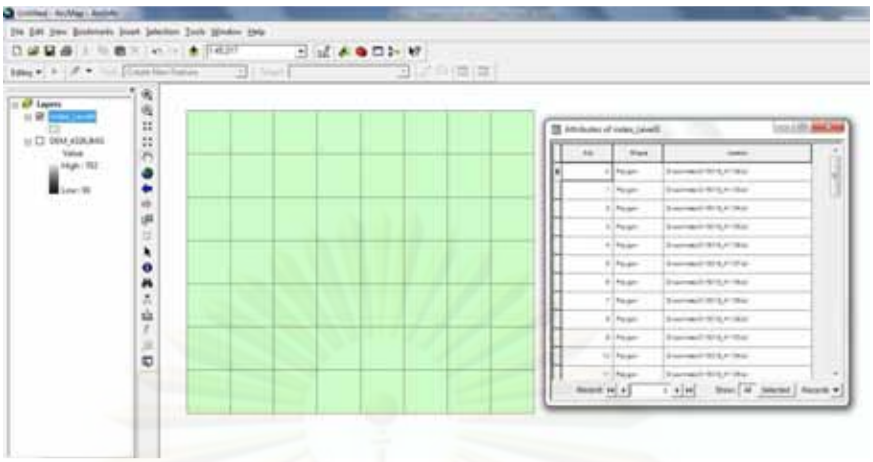


รูปที่ 2.9 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพตามโครงสร้างของ NASA World Wind

2.4.3 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ (Indexing)

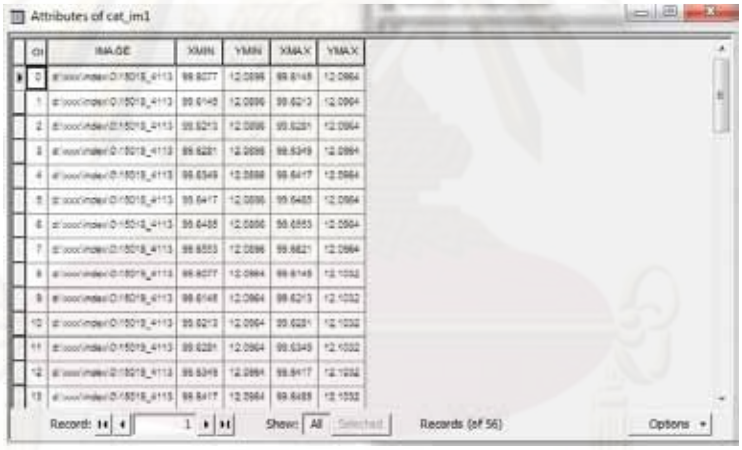
เป็นการเตรียมข้อมูลภาพเพื่อความสะดวกในการค้นคืนเพื่อแสดงรายละเอียดของการให้บริการ และการเข้าถึงข้อมูลภาพ ซึ่งการสร้างดัชนีข้อมูลภาพสามารถทำการสร้างได้หลายวิธี โดยมีตัวอย่างดังนี้

1) การสร้างดัชนีข้อมูลภาพแบบเวกเตอร์ เป็นการสร้างดัชนีภาพแบบกราฟิกที่มีข้อมูลเชิงตำแหน่งของเวคเตอร์ตรงกับข้อมูลภาพ และมี Attribute บอกตำแหน่งการจัดเก็บข้อมูลภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.10



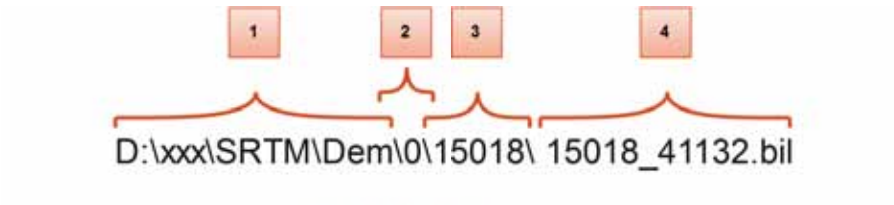
รูปที่ 2.10 ดัชนีข้อมูลภาพแบบเวคเตอร์

2) การสร้าง Database File เป็นการสร้างดัชนีเพื่อเก็บค่าที่ทำการระบุที่อยู่(Path) ของข้อมูลภาพและข้อมูลขนาดครอบคลุมของข้อมูลภาพ (BoundingBox) ค่าพิกัดทางแกน x ที่น้อยที่สุดและมากที่สุด (min x and max x) และค่าพิกัดทางแกน y น้อยที่สุดและมากที่สุด (min y and max y) ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ดัชนีข้อมูลภาพแบบ Database file

3) ดัชนีข้อมูลภาพแบบโครงสร้างไฟล์ข้อมูล อาศัยการสร้างข้อมูลเป็นตัวกำหนดเป็นการจัดเก็บข้อมูลภาพที่สามารถระบุพิกัดของภาพจากโครงสร้างของการจัดเก็บไฟล์ การสร้างดัชนีข้อมูลภาพแบบไฟล์ข้อมูลนี้อยู่ในระบบของ NASA World Wind ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ดัชนีข้อมูลภาพแบบไฟล์ข้อมูล

1	แสดงตำแหน่งของการจัดเก็บข้อมูลภาพ
2	แสดงระดับความละเอียด
3	แสดงตำแหน่งพิกัดทางแกน Y
4	แสดงตำแหน่งพิกัดทางแกน Y และ ตำแหน่งพิกัดทางแกน X

2.4.4 เทคนิคไทล์แคชชิง (tile caching)

คือเทคนิคสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการข้อมูลผ่านเครือข่าย ซึ่งเทคนิคนี้เป็นการกำหนดข้อมูลล่วงหน้าสำหรับการผลิตแผนที่ภาพเพื่อการให้บริการ ในการทำงานของกระบวนการไทล์แคชนั้น จะไม่สามารถเรียกดูเพียงบางส่วนของข้อมูลภาพที่ผ่านการแบ่งส่วนข้อมูลภาพแล้วได้ แต่จะทำการแสดงผลข้อมูลในไฟล์ภาพที่ต้องการและไฟล์ภาพที่อยู่ใกล้เคียงในขอบเขตจอแสดงผลเดียวกัน ในบางกรณีเครื่องแม่ข่ายอาจทำการกำหนดรูปแบบและลักษณะการให้บริการอย่างชัดเจน โดยที่เครื่องลูกข่ายไม่สามารถกำหนดเงื่อนไขของข้อมูลภาพได้เอง เทคนิคนี้ได้มีการเสนอต่อ OGC โดย Open Source Geospatial Foundation (OSGEO) เพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานโดยใช้ชื่อว่า WMS tile caching ในขั้นตอนการนำเสนอต่อ OGC นั้นพบว่าเทคนิคนี้อุปสรรคอยู่ 2 ประการคือ (Open Source Geospatial , 2006)

1) การให้รายละเอียดของข้อมูลแคชหรือข้อมูลที่เตรียมไว้ล่วงหน้าสำหรับเครื่องลูกข่าย

2) วิธีการเรียกข้อมูลอย่างถูกต้อง ทั้งขนาดของไทล์ พื้นที่ครอบคลุม (bounding box) ค่าพิกัด หรือชั้นของข้อมูล

ปัจจุบันเทคนิคนี้ได้มีการประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลายในหลายโปรแกรม เช่น NASA World Wind, Google Earth และGoogle MAP เป็นต้น

2.5 **การอ้างอิงตำแหน่งของโลกของข้อมูลภาพ** (Georeference)

การอ้างอิงตำแหน่งโลกในประเทศไทยที่นิยมใช้มี 2 ประเภท คือ การอ้างอิงโดยใช้ระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinate System) ซึ่งเป็นการบอกตำ แหน่งของจุดใดๆ บนพื้นโลกโดยใช้ตำแหน่งที่ตัดกันของเส้นลองจิจูด (Longitude) กับเส้นละติจูด (Latitude) และการอ้างอิงโดยใช้กริดยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator Grid) ซึ่งนิยมใช้ทางการทหารและ

การรังวัดทั่วไป ส่วนในงานด้านการสำรวจรังวัดและทำแผนที่ในปัจจุบันได้มีการใช้รหัสเพื่อใช้แทนข้อมูลในการอ้างอิงตำแหน่งโลกซึ่งได้มีการกำหนดขึ้นโดยกลุ่มสำรวจปิโตรเลียม แห่งสหภาพยุโรป (European Petroleum Survey Group) ที่มีการใช้ตัวเลขเพื่อสะดวกในการอธิบายความหมาย โดยกำหนดให้แต่ละรหัสมีตัวเลขไม่เกิน 5 ตัวอักษร (สวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข, 2549)

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

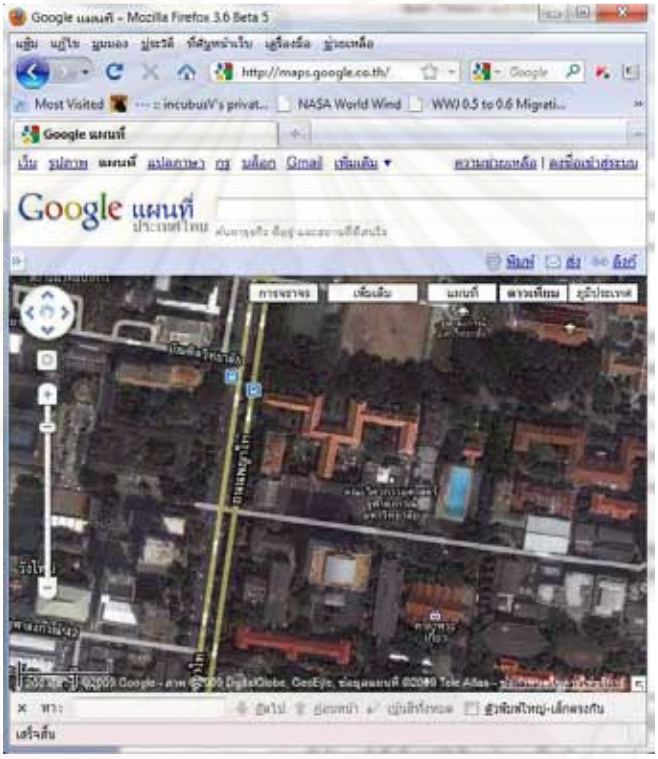
2.6 แนวคิดเกี่ยวกับเครือข่ายและการบริการข้อมูลผ่านเครือข่าย

เครือข่าย เป็นการเชื่อมต่อของคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป สำหรับการแบ่งปันข้อมูลหรือทรัพยากร ปัจจุบันพบว่ารูปแบบการติดต่อสื่อสารและรูปแบบการให้บริการผ่านเครือข่ายได้มีการพัฒนาเป็นอย่างมาก ได้แก่ การติดต่อสื่อสารแบบทางเดียว เช่น การดาวน์โหลดข้อมูลผ่านเครือข่าย และการติดต่อสื่อสารแบบโต้ตอบในปัจจุบัน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้มีการพัฒนาเข้าสู่ยุคอินเทอร์เน็ต ทำให้มีติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่าย เพื่อร้องขอข้อมูล หรือเรียกดูข้อมูล เช่น การให้บริการเรียกดูภาพสามมิติและข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศผ่านทางโปรแกรม Google Earth หรือ NASA World Wind ทั้งนี้สามารถแบ่งประเภทของเครือข่ายตามลักษณะการเชื่อมต่อที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ได้ดังนี้

2.6.1 Internet GIS

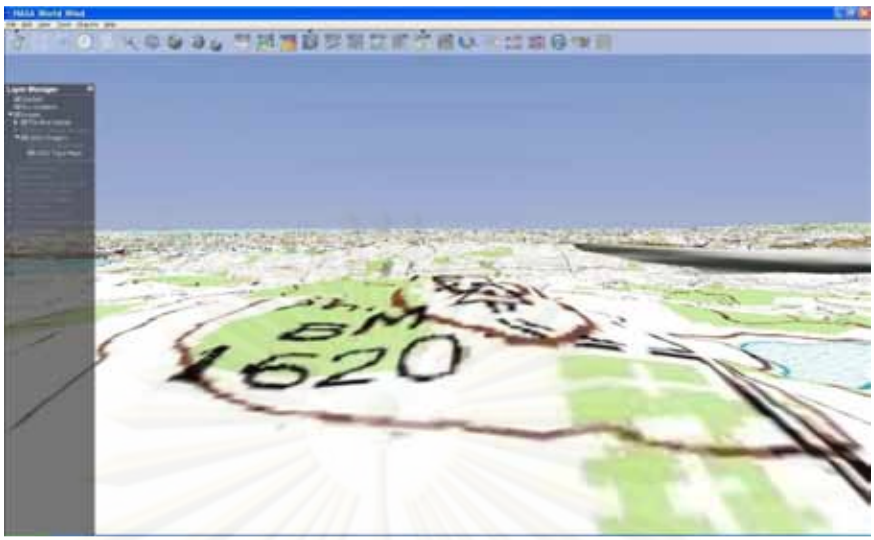
Internet GIS คือระบบสารสนเทศปริภูมิแบบใหม่ที่กำลังได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบัน การทำงานจะอาศัยระบบอินเทอร์เน็ตเป็นหลัก โดยมีรูปแบบสถาปัตยกรรมแบบ 3-teir กล่าวคือ ผู้ใช้จะทำงานอยู่ที่เครื่องคอมพิวเตอร์บนฝั่งลูกข่าย ซึ่งจะทำการส่งคำสั่งไปยัง Application ที่อยู่บนฝั่งแม่ข่าย ผ่านโปรโตคอล HTTP แม่ข่ายจะทำการประมวลผลคำสั่งและส่งผลลัพธ์กลับมายังลูกข่าย โดยสามารถจำแนกตามลักษณะการทำงานบนฝั่งลูกข่ายออกเป็น Thin Client และ Thick Client (Peng and Tsou, 2003)

- Thin Client เป็นระบบ Internet GIS ที่ไม่เกิดการประมวลผลข้อมูลที่ฝั่งลูกข่ายหรืออาจจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย การประมวลผลข้อมูลเกือบทั้งหมดจะเกิดขึ้นที่ฝั่งแม่ข่าย ลูกข่ายจะมีเพียงส่วนโต้ตอบที่ใช้ส่งคำสั่งและส่วนแสดงผลข้อมูลแผนที่ เครื่องลูกข่ายไม่จำเป็นที่จะต้องมีประสิทธิภาพสูงก็สามารถทำงานได้ การทำงานประเภท Thin Client สามารถทำได้บนโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ ธรรมดาทั่วไป โดยที่ผู้ใช้ไม่จะเป็นต้องทำการติดตั้งโปรแกรมหรือ plug-in เพิ่มเติม เช่น Google Map ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 โปรแกรม Google Map ซึ่งเป็นประเภท Thin Client

- Thick Client เป็นระบบ Internet GIS ที่มีการประมวลผลข้อมูลปริภูมิบนเครื่องลูกข่าย แม่ข่ายจะทำการส่งข้อมูลตามคำร้องขอและซอฟต์แวร์ที่เครื่องลูกข่ายจะทำหน้าที่ในการประมวลข้อมูล เช่นการแสดงผลแบบสามมิติ การทำงานในลักษณะนี้จำเป็นต้องมีการติดตั้งโปรแกรมสำหรับประมวลผลข้อมูลลงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่าย ตัวอย่างการทำงานแบบ Thick Client ได้แก่ โปรแกรม NASA World Wind, Google Earth ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 โปรแกรม NASA World Wind ซึ่งเป็นประเภท Thick Client

- โปรโตคอล คือ ข้อกำหนดเพื่อใช้สำหรับการควบคุมดูแลการส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันผ่านเครือข่าย เพื่อให้คอมพิวเตอร์ต่างๆ บนเครือข่ายสามารถสื่อสารกันได้อย่างถูกต้อง ซึ่งโปรโตคอลที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ HTTP, FTP และ TCP/IP โดยมาตรฐานการร้องขอตอบกลับ (Request - Response) ระหว่างเครื่องลูกข่ายและเครื่องแม่ข่าย ในระบบ Internet GIS ส่วนมากทำงานอยู่บน HTTP Protocol รูปแบบการสื่อสารของ HTTP เป็นรูปแบบที่เครื่องลูกข่ายจะทำการเชื่อมต่อกับเครื่องแม่ข่าย จากนั้นก็ส่งคำร้องขอ (Requests) ไปยังเครื่องแม่ข่าย เมื่อเครื่องแม่ข่ายได้รับการร้องขอก็จะประมวลผลและส่งผลลัพธ์ (Response) กลับไปให้เครื่องลูกข่าย แล้วปิดการเชื่อมต่อโดยมี 2 วิธีที่ได้รับความนิยมคือ แบบ GET และ POST

1) HTTP GET การร้องขอด้วย HTTP GET คือ ชุดของตัวอักษรที่เรียบเรียงขึ้นอันประกอบด้วย http://[host]:[port]/[abs-path][? query]

[host] เพื่อระบุเซิร์ฟเวอร์ในรูปแบบ dot decimal เช่น 10.0.0.1

[port] เพื่อระบุ Port ที่ใช้ในการติดต่อ (ค่ามาตรฐานคือพอร์ตหมายเลข 80)

[abs-path] เพื่อระบุว่าต้องการไฟล์ไหนที่อยู่บนเซิร์ฟเวอร์ต้องเป็น Absolute Path และCase-sensitive

[query] เพื่อระบุค่าต่างๆ ในกรณีที่มีการส่งค่าไปประมวลผลฝั่งเซิร์ฟเวอร์

และตามด้วยพารามิเตอร์เฉพาะของแต่ละแม่ข่ายต่อท้ายก็ได้โดยถ้ามีจะต้องมีเครื่องหมายแอมเพอร์แซนด์ (Ampersand) “&” ปิดท้าย โดยทั้งหมดนี้จะเรียกว่า URL Prefix ซึ่งจะเป็นตัวจำแนก Service Instance โดยมาตรฐานของ HTTP CGI จะต้องมีเครื่องหมาย “?” ก่อนที่จะตามมาด้วยชุดของคิวรี่พารามิเตอร์และมีเครื่องหมาย “&” ระหว่างพารามิเตอร์แต่ละตัว

การร้องขอด้วย GET จะทำการเข้ารหัสที่ประกอบเป็น URL ตรงไปยังแม่ข่าย แล้วเราก็จะได้รับผลลัพธ์กลับมาจากแม่ข่าย

2) HTTP POST การร้องขอด้วย HTTP POST จะเป็นการร้องขอแบบเข้ารหัส (encoded) ไปกับตัวเอกสาร POST โดยเอกสารจะส่ง URL ไปพร้อมกับข้อความที่มากกว่าการส่งแบบ HTTP GET ปกติเราจะใช้ POST กับการส่งชุดข้อความที่มีมากไปยังแม่ข่าย เช่น การผู้ใช้กรอกแบบฟอร์มรายละเอียดบนหน้าเว็บเบราว์เซอร์

2.6.2 แม่ข่ายแผนที่ (Map Server)

แม่ข่ายแผนที่ เป็นประเภทหนึ่งของการให้บริการผ่านเครือข่าย (web service) ซึ่งแตกต่างจากการให้บริการผ่านเครือข่ายทั่วไป คือ ข้อมูลหรือสารสนเทศที่ให้บริการนั้นเป็นข้อมูลปริภูมิ (spatial data) หรือข้อมูลเชิงพื้นที่ การให้บริการลักษณะนี้อาศัยการทำงานแบบแม่ข่ายกับลูกข่าย โดยเครื่องลูกข่ายทำการส่งคำร้องขอข้อมูลหรือบริการที่มีการระบุค่าต่างๆ ที่กำหนดที่ต้องการไปยังเครื่องแม่ข่าย จากนั้นเครื่องแม่ข่ายจะนำคำร้องขอมาแปลตีความและทำการสร้างข้อมูลหรือบริการที่เหมาะสมตามคำร้องขอ แล้วจึงส่งกลับไปยังเครื่องลูกข่ายที่ร้องขอมา (Errol, 1996)

แม่ข่ายแผนที่สามารถแบ่งตามลักษณะข้อมูลที่ให้บริการได้ 2 ประเภท คือ แม่ข่ายแผนที่แบบเวกเตอร์ และแม่ข่ายแผนที่แบบราสเตอร์ ซึ่งการทำงานของแม่ข่ายแผนที่ทั้งสองแบบนี้มีลักษณะการทำงานที่เหมือนกัน คือ เครื่องลูกข่ายส่งคำร้องขอข้อมูลหรือบริการไปยังเครื่องแม่ข่ายแผนที่ จากนั้นเครื่องแม่ข่ายแผนที่ก็จะส่งข้อมูลหรือบริการกลับมายังเครื่องลูกข่ายที่ร้องขอ (ภาณุ อุทัยศรี, 2546)

2.7 ระบบฐานข้อมูล MySQL

MySQL เป็น RDBMS (Relational Database Management System) สามารถใช้รูปแบบของภาษา SQL ได้เกือบทั้งหมด อีกทั้งเป็นโปรแกรม Open Source Database ที่มีความสามารถในการประมวลผลอย่างรวดเร็วและใช้ทรัพยากรระบบน้อย

2.7.1 ประวัติการพัฒนา

MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลโดยใช้ภาษา SQL สร้างขึ้นโดยชาวสวีเดน ชื่อ David Axmark, Allan Larsson และชาวฟินแลนด์ชื่อ Michael Monty Widenius. จุดเริ่มต้นของ MySQL เริ่มต้นขึ้นในปี ค.ศ.1979 Michael Widenius ได้พัฒนาเครื่องมือสำหรับจัดทำฐานข้อมูลตัวหนึ่งชื่อ UNIREG เพื่อใช้งานภายในบริษัท TcX ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ.1994 บริษัทต้องการเพิ่มความสามารถของ UNIREG ให้สามารถใช้งานได้ดียิ่งขึ้น แต่เนื่องจากตารางข้อมูลมีขนาดใหญ่

ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลช้า บริษัทจึงมีความคิดที่จะพัฒนาระบบฐานข้อมูลขึ้นใหม่ จึงเป็นจุดเริ่มต้นของ MySQL และในปี ค.ศ.1995 David Axmark หนึ่งในผู้ร่วมก่อตั้งบริษัท MySQL AB ได้ทำการเผยแพร่ MySQL และทำการตลาดไปสู่อินเทอร์เน็ต โดยแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือแบบใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายตามสิทธิบัตร GNU และแบบเชิงพาณิชย์ ซึ่งในที่สุดในปี ค.ศ.1996 MySQL เวอร์ชันแรก 3.11.1 ได้เริ่มเผยแพร่ โดย MySQL สามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการต่างๆ มากมาย และมีการแจกจ่ายซอฟต์แวร์ในแบบไบนารี และแบบซอร์สโค้ด ปัจจุบัน MySQL ถูกขายให้กับบริษัทซันไมโคร ซิสเต็ม และตกอยู่ภายใต้บริษัทออราเคิลในที่สุด (สงกรานต์ ทองสว่าง, 2549)

2.7.2 การจัดเก็บข้อมูลปริภูมิ

MySQL มีการสนับสนุนการจัดเก็บข้อมูลปริภูมิตามมาตรฐานของ OGC สามารถจัดเก็บข้อมูล point, line, polygon, multipoint, multiline, multipolygon และ geometrycollections โดยข้อมูลเหล่านี้สามารถระบุได้ในรูปแบบ WKT (well known text) อีกทั้งยังมี GIS Function ที่เกี่ยวข้องกับการค้นคืนข้อมูล spatial ต่างๆ เช่น Distance, Overlaps, Contains เป็นต้น (Sun Microsystems, 2009)

2.8 ชุดคำสั่งจีดาล (GDAL)

ชุดคำสั่ง Geospatial Data Abstraction Library : GDAL เป็นชุดคำสั่งสำหรับแปลงรูปแบบให้ที่เป็นมาตรฐานต่างๆ ซึ่งทำให้การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ทำได้ง่ายและตรงตามมาตรฐานที่ใช้ทำงานกับข้อมูลปริภูมิ GDAL มีลักษณะเป็น Open Source มีการทำงานในลักษณะ Command line โดยผู้ใช้ต้องระบุพารามิเตอร์และที่อยู่ของข้อมูลรวมถึงระบุที่จัดเก็บผลลัพธ์หลังการประมวลผล ปัจจุบันพัฒนาถึงเวอร์ชัน GDAL1.6.3 (มกราคม 2553) สามารถดาวน์โหลดโปรแกรมสำหรับใช้งานและซอร์สโคดได้ที่ http://www.gdal.org/ ชุดคำสั่งหลักของ GDAL ที่ใช้จัดการกับข้อมูลภาพ สรุปได้ดังตารางที่ 2.2

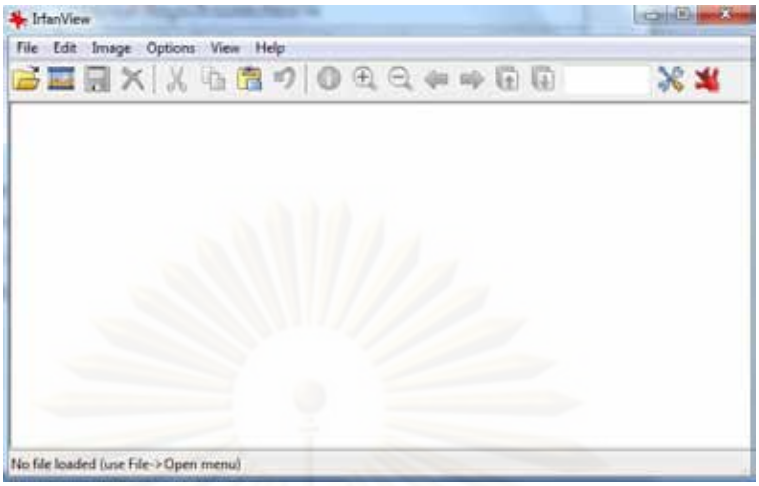
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดชุดคำสั่ง Geospatial Data Abstraction Library

ชุดคำสั่ง	การใช้งาน
gdalinfo	แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับไฟล์
gdal_translate	คัดลอกข้อมูลภาพแบบมีการกำหนดรูปแบบข้อมูลผลลัพธ์
gdaladdo	สร้างพีรามิดข้อมูลภาพ
gdalwarp	การดัดแก้ข้อมูลภาพ โดยการตรึงพิกัดภาพ
gdaltindex	สร้างดัชนีข้อมูลภาพ
gdal_contour	สร้างเส้นชั้นความสูงจากข้อมูลแบบจำลองระดับ
gdaldem	วิเคราะห์สำหรับข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข
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_retile.py	จัดการโครงสร้างข้อมูลภาพโดยจัดโครงสร้างให้เป็น Pyramid และ Tiling
gdal_grid	สร้างข้อมูลกริดจากข้อมูลสุ่ม หรือข้อมูลที่ไม่สม่ำเสมอ
gdal_proximity.py	สร้างข้อมูลภาพจากข้อมูลพิกเซลข้างเคียง
gdal_polygonize.py	สร้างข้อมูลเวคเตอร์โพลีกอนจากข้อมูลภาพ
gdal_sieve.py	กรองข้อมูลภาพและลบตามช่วงที่กำหนด
gdal_fillnodata.py	ประมาณค่าข้อมูลบริเวณขอบของภาพ
gdal-config	เรียกดูรายละเอียดที่จำเป็นสำหรับการใช้งานชุดคำสั่ง GDAL

2.9 IrfanView

IrfanView เป็นโปรแกรมรหัสเปิดที่ใช้ในการเรียกดู ปรับแต่งแก้ไขภาพโดยสามารถสนับสนุนการนำเสนอภาพได้หลายรูปแบบ เช่น JPG, RAW, BMP, GIF, DDS, ECW ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Irfanview version 4.25 เพื่อทดสอบความถูกต้องในการรับส่งข้อมูลและความครบถ้วนของข้อมูลของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อการเผยแพร่ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขจากโปรแกรมประยุกต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างโปรแกรม IrfanView

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

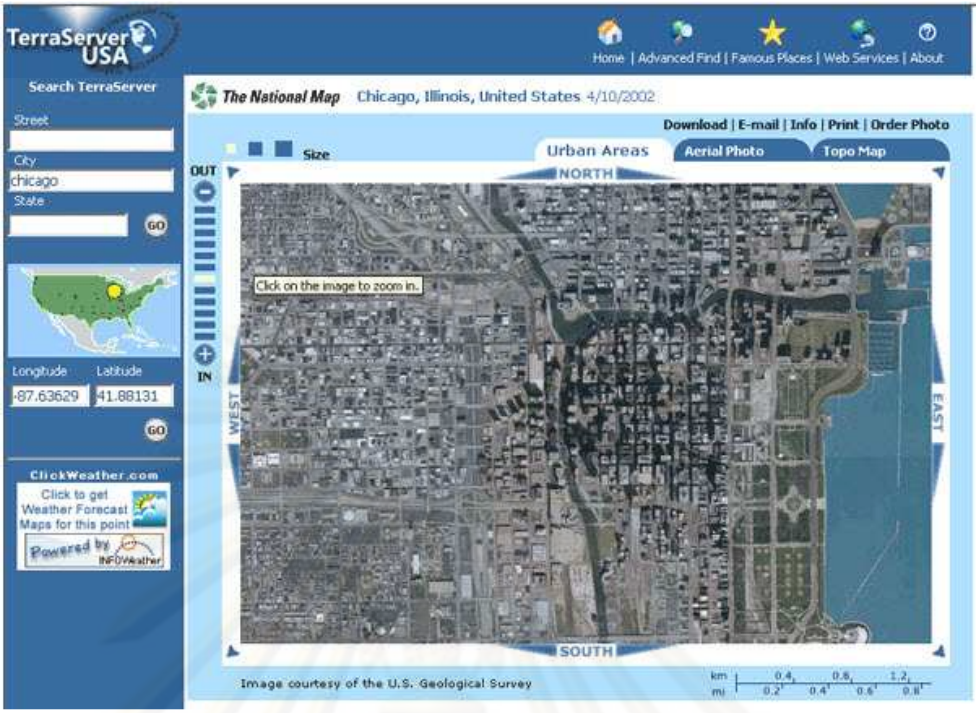
Bell et al. (2007) ได้นำเสนอเกี่ยวกับสถาปัตยกรรมและความสามารถ ของ World Wind ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเรียกดูข้อมูลสภาพภูมิประเทศในรูปแบบ 3 มิติ ที่พัฒนาโดย NASA โดยสามารถใช้งานได้ 2 ระบบ คือ

1) Internet โดยเรียกใช้ผ่านทางโปรโตคอล

2) stand alone โดยทำการโหลดข้อมูลลงใน cache file ของเครื่อง client โดยทางเครื่องแม่ข่าย

ทำการเตรียมข้อมูล ภาพถ่าย และแบบจำลองความสูงเชิงเลข ที่ได้จากดาวเทียมสำรวจ และให้สิทธิแก่ผู้ใช้บริการในการเรียกใช้ข้อมูลที่ให้บริการได้ นอกจากนี้ยังกล่าวถึงระบบจัดการเตรียมข้อมูลเพื่อให้บริการในเครื่องแม่ข่าย และรูปแบบการร้องขอข้อมูลการให้บริการของเครื่องลูกข่าย และสถาปัตยกรรมที่มีความสามารถในการให้บริการเครื่องลูกข่ายได้เป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังสามารถพัฒนา application ซึ่งสามารถเรียกใช้เป็น Add-On ของ World Wind ได้อีกด้วย

Barclay and Gray (2006) ได้นำเสนอเกี่ยวกับการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อให้บริการข้อมูลปริภูมิที่มีขนาดใหญ่และใช้เทคนิคการจัดการข้อมูลเพื่อให้มีความเหมาะสมที่จะเผยแพร่ผ่านทาง Internet โดยใช้ข้อมูล USGS Digital Ortho-Quadrangles (DOQ) และ USGS Digital Raster Graphics (DRG) และมีเทคนิคที่สำคัญคือ Tiling Image ที่ทำการตัดข้อมูลที่ถูกป้อนเข้ามาก่อนที่จะเปรียบเทียบตามเงื่อนไขของ TerraServer ก่อนจัดการนำเข้าสู่ database และใช้เป็น Base Scale ของเทคนิค Scaling Image ที่จะสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ เพื่อประหยัดเวลาในการอ่านและแสดงผลข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างของโปรแกรม TerraServer (Barclay and Gray, 2005)

Steven and Tao (2004) ได้นำเสนอเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่มีการใช้เทคโนโลยี Client/Server เข้ามาใช้ในงานการพัฒนาระบบเว็บเซอร์วิส เนื่องจากเทคโนโลยีเว็บเซอร์วิสที่อยู่บนพื้นฐานการทำงานของภาษา XML ขาดประสิทธิภาพในการนำเสนอข้อมูลอย่างต่อเนื่องและยากในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ในการบริการข้อมูลที่มีความละเอียดสูง โดยในงานวิจัยมีการพัฒนาระบบ GeoServNet (GSN) ซึ่งพัฒนาโดย GeoICT Lab, York University เพื่อสามารถให้บริการข้อมูล ภาพถ่าย แบบจำลองความสูงเชิงเลข และเวคเตอร์ โดยใช้เทคนิคการสร้าง Pyramid และ Image Cutting ในส่วนของสถาปัตยกรรมของแม่ข่ายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้ บริการและ Image Pool ซึ่งทำงานอยู่บนเครื่องลูกข่ายที่จะคอยควบคุมการร้องขอข้อมูลและตรวจ สอบข้อมูล ก่อนที่จะส่งค่าการร้องขอไปยังเครื่องแม่ข่าย รวมถึงเป็นคลังข้อมูลที่ใช้ในการวาดและแสดงผลข้อมูลตอบกลับไปยังผู้ใช้งาน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาและวิจัยครั้งนี้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วนแรกเป็นขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข และส่วนที่สองเป็นการออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ

3.1 ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล

3.1.1 การจัดเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของ NASA World Wind

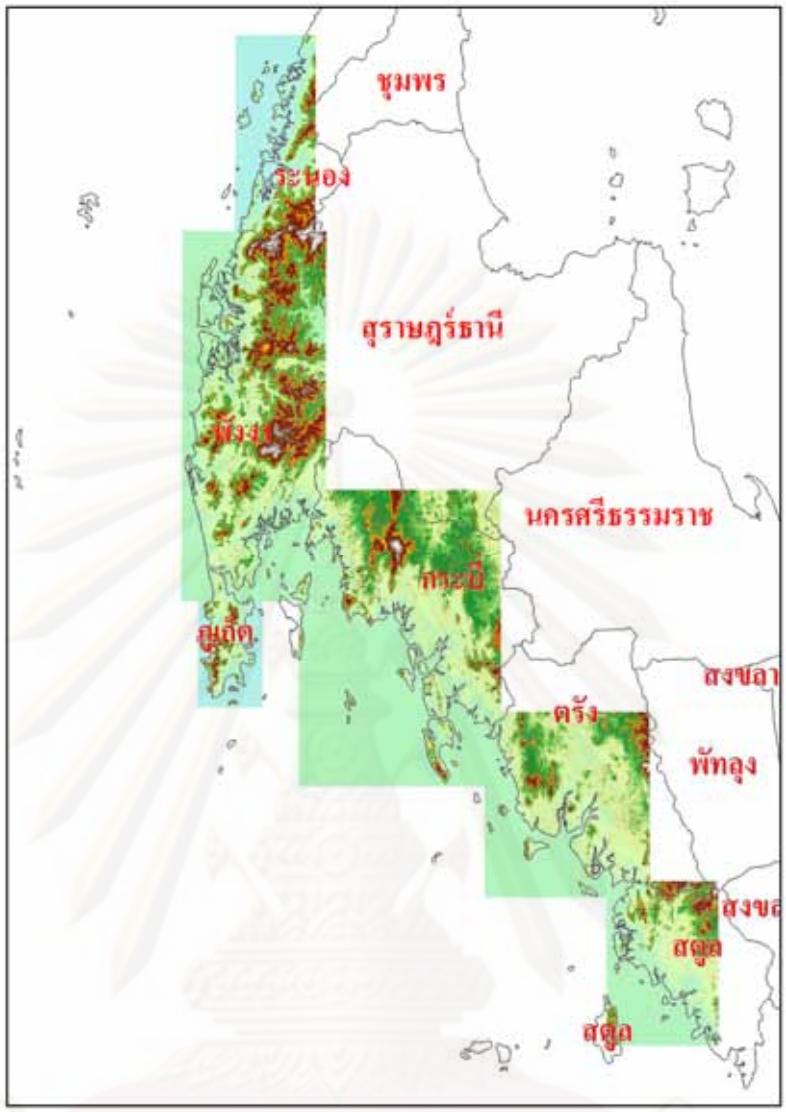
จากการศึกษารูปแบบโครงสร้างข้อมูลตามข้อกำหนดของ NASA World Wind พบว่ารูปแบบของแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่สามารถให้บริการได้จะต้องอยู่ในระบบพื้นหลักฐาน WGS84 (Latitude, Longitude) และรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลภาพเป็นแบบ signed int ขนาด 16 บิต โดยข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขบริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติ 15 แห่งที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติสึนามิ พื้นที่ดำเนินการอยู่ระหว่างละติจูดที่ 6.56 – 10.02 องศาเหนือ ลองจิจูด 98.19 -100.03 องศาตะวันออก

ข้อมูลที่ใช้เป็นเพียงข้อมูลบางส่วนของแต่ละจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติสึนามิ สามารถจำแนกพื้นที่ได้ดังต่อไปนี้

- จังหวัดกระบี่	ข้อมูลครอบคลุมพื้นที่	8,512.94 ตารางกิโลเมตร
- จังหวัดภูเก็ต	ข้อมูลครอบคลุมพื้นที่	1,295.61 ตารางกิโลเมตร
- จังหวัดพังงา	ข้อมูลครอบคลุมพื้นที่	7,559.03 ตารางกิโลเมตร
- จังหวัดระนอง	ข้อมูลครอบคลุมพื้นที่	2,339.46 ตารางกิโลเมตร
- จังหวัดสตูล	ข้อมูลครอบคลุมพื้นที่	2,603.48 ตารางกิโลเมตร
- จังหวัดตรัง	ข้อมูลครอบคลุมพื้นที่	4,339.34 ตารางกิโลเมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



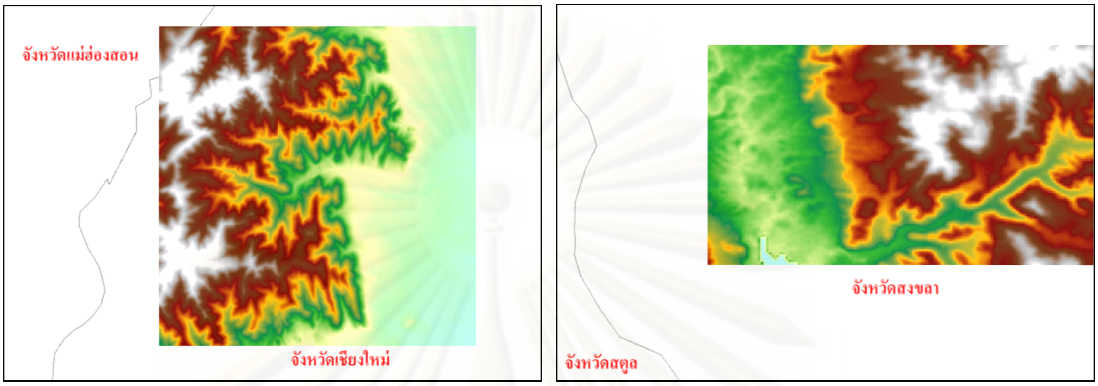
รูปที่ 3.1 ข้อมูลภาพบริเวณพื้นที่ศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภัยพิบัติสึนามิ

ข้อมูลต้นฉบับที่นำมาทดสอบเป็นไฟล์ขนาดใหญ่โดยจัดเก็บข้อมูลภาพเป็นแบบข้อมูลทศนิยม (double precision type) และมีพื้นหลักฐานเป็น Indian 1975 ดังนั้นจึงต้องทำการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบที่ NASA World Wind สามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขที่กล่าวแล้วข้างต้น

2. ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขมาตราส่วน 1: 4,000 ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

- แบบจำลองความสูงเชิงเลขบริเวณพื้นที่บางส่วนของจังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ดำเนินการอยู่ระหว่างละติจูดที่ 18.93 – 19.06 องศาเหนือ ลองจิจูด 98.20 – 98.33 องศาตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 196 ตารางกิโลเมตร

- แบบจำลองความสูงเชิงเลขบริเวณพื้นที่บางส่วนของจังหวัดสงขลา พื้นที่ดำเนินการอยู่ระหว่างละติจูดที่ 6.99 – 7.06 องศาเหนือ ลองจิจูด 102.12 – 100.25 องศาตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่ 120 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 3.2 ข้อมูลภาพบริเวณพื้นที่ศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดสงขลา

ข้อมูลภาพต้นฉบับที่นำมาทดสอบเป็นไฟล์ขนาดใหญ่โดยจัดเก็บข้อมูลภาพเป็นแบบข้อมูลทศนิยม double precision type) แต่ละระวางครอบคลุมพื้นที่ 2X2 ตารางกิโลเมตร อยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่จำนวน 49 และอยู่ในเขตพื้นที่จังหวัดสงขลาจำนวน 30 ระวาง ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ดังนั้นจึงต้องทำการรวมภาพพื้นที่ศึกษา (Mosaic) และเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบที่ NASA World Wind สามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขที่กล่าวแล้วข้างต้น โดยใช้โปรแกรม Global Mapper ในการประมวลผล

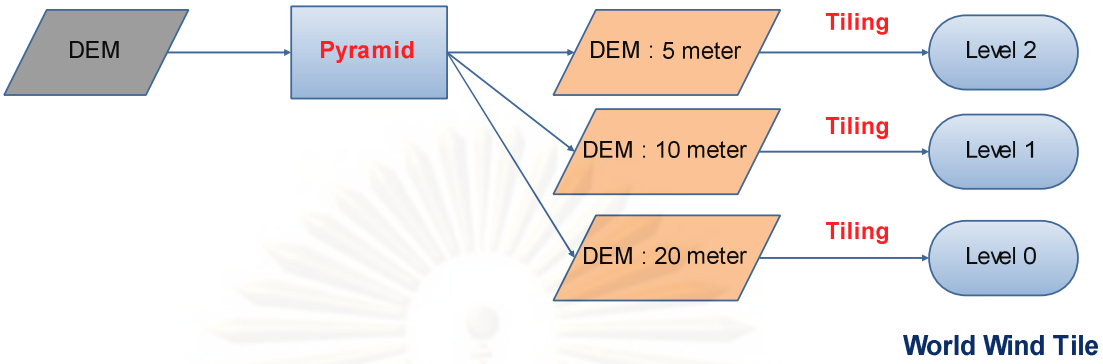
3.1.2 การจัดการโครงสร้างของข้อมูลภาพ

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการเตรียมข้อมูลภาพก่อนนำไปใช้แสดงผลบนโปรแกรม NASA World Wind โดยทำการกำหนดเงื่อนไขของผลลัพธ์ข้อมูลภาพที่ได้หลังจากการจัดโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่ไว้ดังนี้

- การจัดโครงสร้างของข้อมูลภาพใหม่โดยการสร้างพีรามิดให้กับข้อมูลภาพ ข้อมูลภาพชั้นที่ละเอียดที่สุดต้องมีความละเอียดจุดภาพเท่ากับความละเอียดจุดภาพต้นฉบับ ในงานวิจัยนี้ความละเอียดจุดภาพที่ใช้เท่ากับ 5 เมตร

- การจัดโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่โดยการแบ่งส่วนข้อมูลภาพต้องมีขนาดขอบเขตที่ใช้ในการแบ่งส่วนเท่ากับ 150X150 จุดภาพในแต่ละภาพ

- ผลลัพธ์ข้อมูลภาพที่ได้หลังการจัดโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่จะจัดเก็บในรูปแบบ BIL File (band interleaved by line) ตามมาตรฐานการเรียกใช้งานของ NASA World Wind ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังรูป 3.3



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ

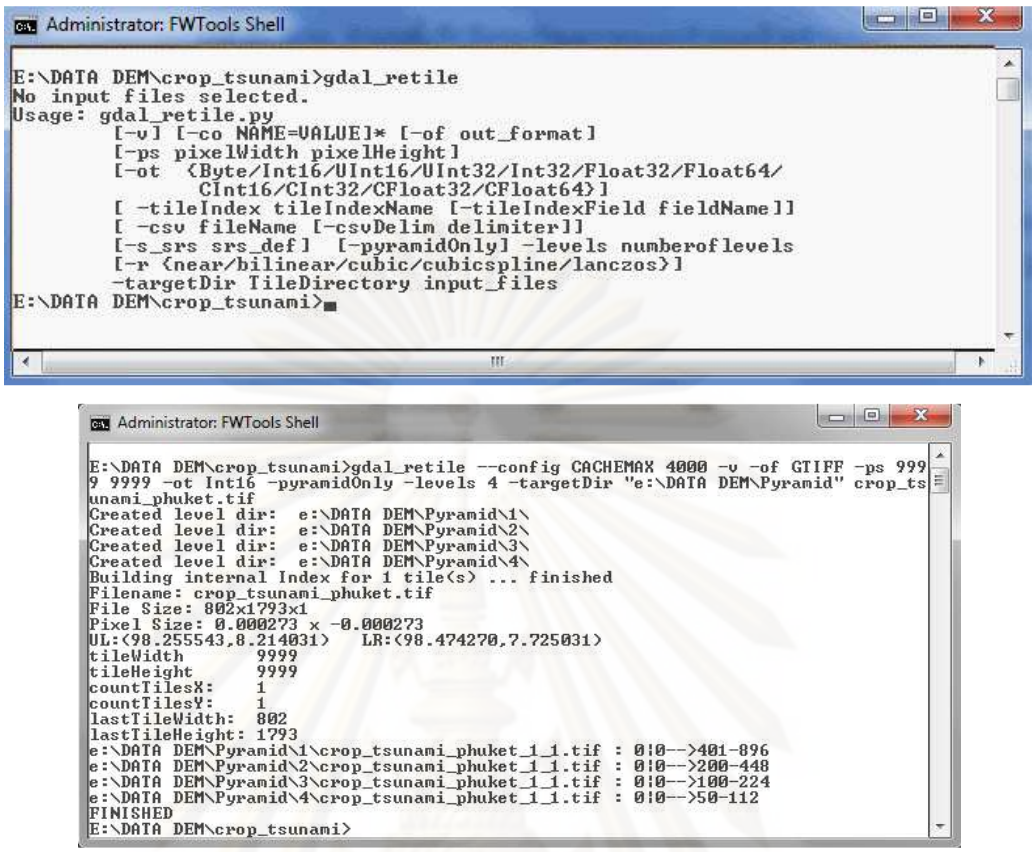
ในการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ตามรูปแบบการทำงานได้ดังนี้

3.1.2.1 การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ

การสร้างพีรามิดทำได้โดยอาศัยชุดคำสั่ง gdal_retile จากชุดคำสั่ง GDAL จำนวนชั้นพีรามิดของข้อมูลภาพจะถูกกำหนดด้วยจำนวนเท่าของการลดทอน Spatial Resolution เช่น ข้อมูลต้นฉบับมีขนาดของความละเอียดจุดภาพ เท่ากับ 5 ชั้นข้อมูลที่ 2 เมื่อมีการจัดการโครงสร้างแบบพีรามิดจะมีความละเอียดจุดภาพ เท่ากับ 10 ตามลำดับในการหาจำนวนของระดับชั้นสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้ (The Open Planning Project, 2009)

$$\text{จำนวนชั้นพีรามิด} = \frac{\log(\text{จำนวนจุดภาพของภาพต้นฉบับ})}{\log(2) - \left[\frac{\log(\text{จำนวนจุดภาพที่ใช้ในการตัดไทล์})}{\log(2)}\right]} \quad (2)$$

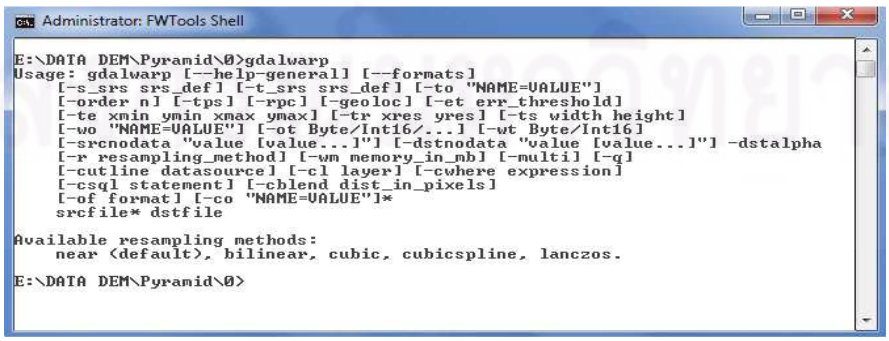
เมื่อทำการสร้างพีรามิดตามสมการข้างต้นจะทำให้สามารถคำนวณจำนวนระดับชั้นของการสร้างพีรามิดได้ และรูปแบบไฟล์ผลลัพธ์จะอยู่ในรูปแบบ GeoTIFF ซึ่งไม่มีการบีบอัดภาพ โดยมีไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานคำสั่ง gdal_retile แสดงดังรูปที่ 3.4

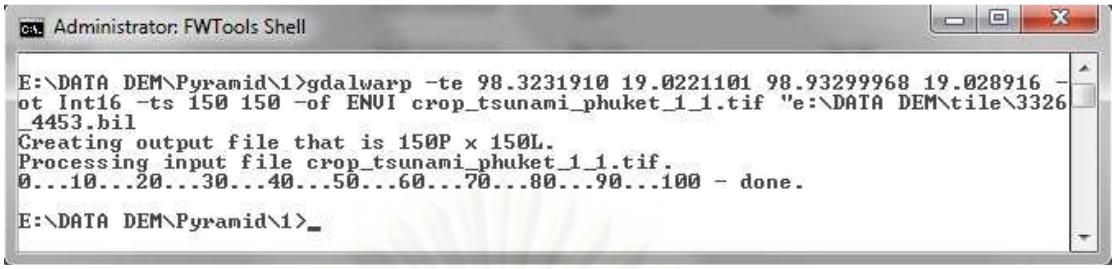


รูปที่ 3.4 ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง gdal_retile

3.1.2.2 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

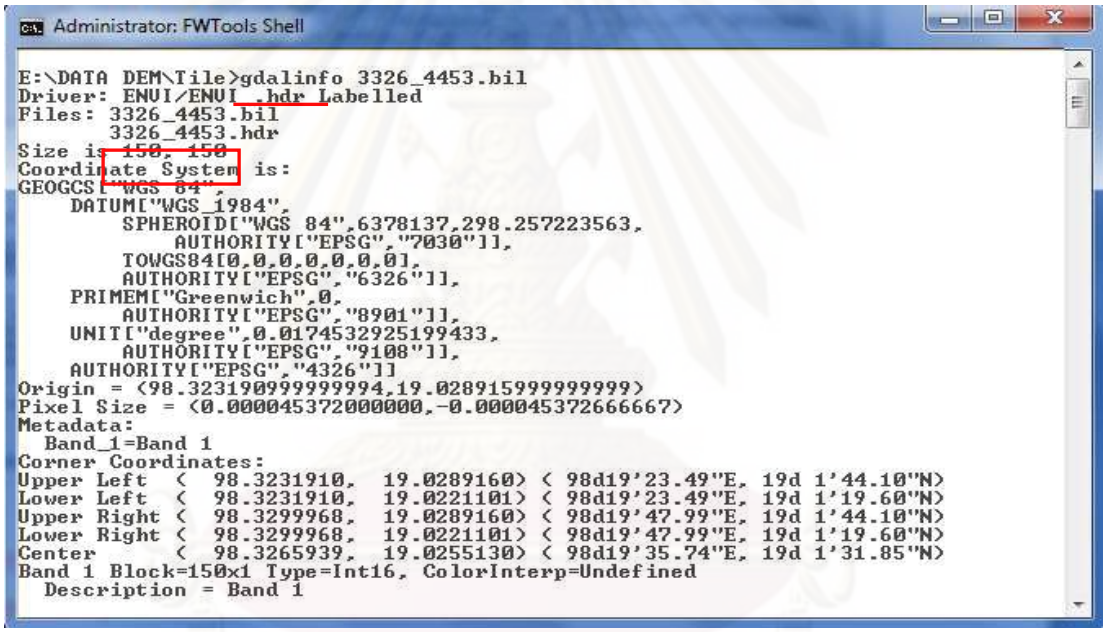
การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ ทำโดยออกแบบขนาดจุดภาพที่จะนำไปใช้ในการแบ่งส่วนข้อมูลภาพไว้ที่ 150x150 จุดภาพต่อ 1 ส่วนข้อมูลภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับโครงสร้างในรูปแบบของการแบ่งส่วนและสร้างพีรามิดข้อมูลภาพภายใต้เงื่อนไขการจัดเก็บข้อมูลของโปรแกรม NASA World Wind การแบ่งส่วนข้อมูลภาพสามารถทำได้โดยอาศัยคำสั่ง gdalwarp จากชุดคำสั่ง GDAL โดยต้องทำการกำหนดค่าพิกัด 2 ค่าให้กับโปรแกรมค่าพิกัดแรกคือค่า Latitude และ Longitude ตำแหน่งจุดเริ่มต้นของภาพ ค่าพิกัดที่สองคือ ค่า Latitude และ Longitude ที่มีค่า Longitude เพิ่มขึ้นทีละ 150 จุดภาพ ชุดคำสั่งที่นำมาใช้ในการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.5





รูปที่ 3.5 ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง gdalwarp

จากนั้นทำการแสดงผลของข้อมูลที่ผ่านกระบวนการแบ่งส่วนข้อมูลภาพแล้ว เพื่อทำการตรวจสอบผลของการแบ่งส่วนว่ามีขนาดของความละเอียดจุดภาพตรงตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยใช้ชุดคำสั่งgdalinfo เพื่อใช้ในการตรวจสอบข้อมูลภาพ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 รายละเอียดการแบ่งส่วนข้อมูลภาพโดยการใช้งานชุดคำสั่ง gdalinfo

เมื่อทำการแบ่งส่วนข้อมูลข้างต้นแล้วผลที่ได้จะถูกจัดเก็บในรูปแบบ BIL File (band interleaved by line) และไฟล์ภาพที่จัดเก็บนี้จะทำการจัดเก็บโดยคำนวณชื่อไฟล์ ที่จัดเก็บ จากค่าพิกัดแกน Y(row) คั่นด้วยเครื่องหมาย underscore (_) ตามด้วยค่าพิกัดแกน X (column) ซึ่งเป็นค่าพิกัดที่ใช้ในการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลภาพบนโปรแกรม NASA World Wind ชื่อของไฟล์ผลลัพธ์จะต้องประกอบด้วยค่าพิกัดในแนวแกน Y อย่างน้อย 4 ตำแหน่ง พิกัดในแนวแกน X อย่างน้อย 4 ตำแหน่ง ตัวอย่างเช่น YYYY…_XXXX….bil โดยชื่อของไฟล์ภาพสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$X = (Longitude+180)/(LZTSD*0.5^{Level})$$

$$Y = (Latitude+90)/(LZTSD*0.5^{Level})$$

จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูลภาพที่ได้จากกระบวนการแบ่งส่วนมาทำการจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบที่ NASA World Wind สามารถเรียกใช้งานได้ นั้นคือการนำค่าพิกัดทางแกน y (Row) มาทำการสร้างและตั้งชื่อให้กับโฟลเดอร์ที่ใช้ในการจัดเก็บ และทำการย้ายข้อมูลภาพที่มี Row เดียวกันไปไว้ในโฟลเดอร์เดียวกันโดยใช้ชุดคำสั่ง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.7

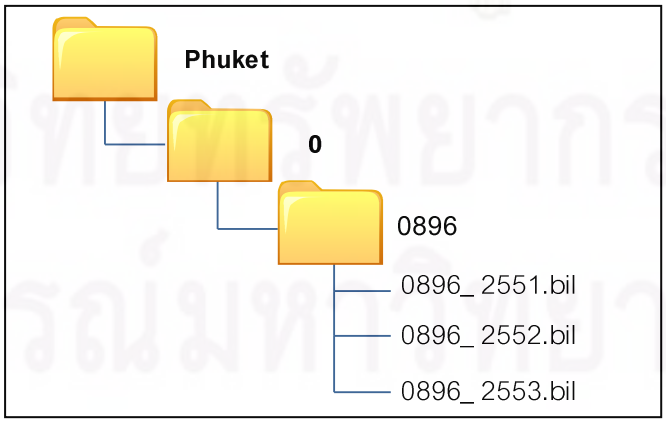
```
@echo off

REM This batch file creates multiple folders increments of one.

cls
del *.blw
del *.hdr
del *.prj
del *.stx
FOR /L %%G IN (14974,1,14981) DO (<nul (set/p z=%%G)
md C:\Tile\0\%%G
move %%G* %%G)
cls
exit
```

รูปที่ 3.7 ตัวอย่าง Batch File ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลภาพ

3.1.2.3 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ

ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้กระบวนการสร้างดัชนีข้อมูลภาพแบบ Database File โดยทำการจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบ Text file ในกระบวนการสร้างดัชนีข้อมูลภาพมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

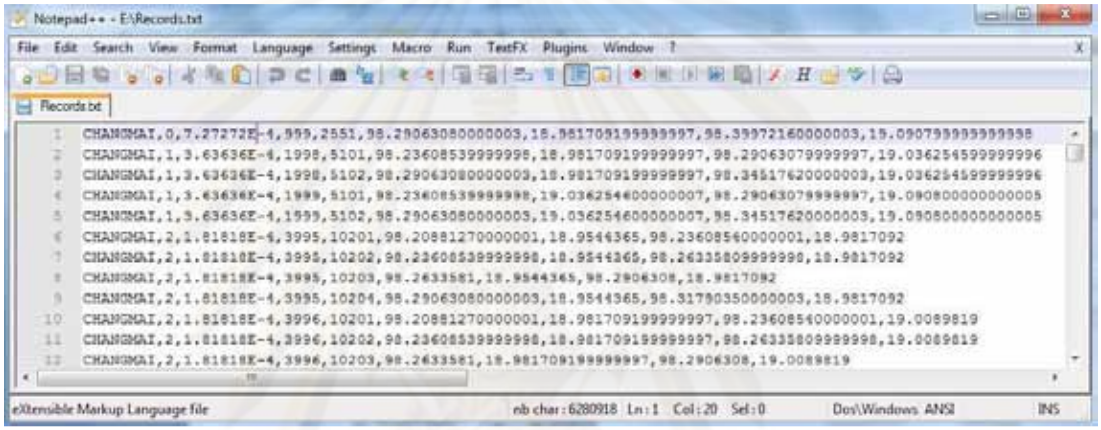
1) การอ่านไฟล์ข้อมูล ในกระบวนการอ่านไฟล์ข้อมูลจะทำการอ่านไฟล์ข้อมูลจากชื่อโฟลเดอร์และชื่อไฟล์ที่ผ่านกระบวนการจัดโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่ และถูกจัดเก็บในรูปแบบ BIL ตามรูปแบบมาตรฐานของ NASA World Wind โดยทำการจัดเก็บโฟลเดอร์ตามชื่อพื้นที่ให้บริการ\ระดับชั้นพีรามิด\ค่าพิกัดอ้างอิงของ NASA World Wind ตามแนวแกนY\ชื่อของไฟล์(ชื่อไฟล์จะตั้งชื่อตามค่าพิกัดตามแนวแกนY_ค่าพิกัดตามแนวแกนX.bil) ดังตัวอย่างการจัดเก็บต่อไปนี้ D:\Phuket\0\0896\0896_ 2551.bil



รูปที่ 3.8 กระบวนการอ่านไฟล์ข้อมูลภายในโฟลเดอร์

2) การกำหนดขอบเขตค่าพิกัด สามารถทำได้โดยนำโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูล (D:\Phuket\0\0896\0896_2551.bil) มาจำแนกค่าพารามิเตอร์ออกและทำการคำนวณหา ค่าพิกัดเริ่มต้น และค่าพิกัดสิ้นสุดของข้อมูลภาพใหม่ ผลที่ได้คือ MinX, MinY, MaxX และ MaxY เพื่อนำไปใช้ในกระบวนกาแสดงรายละเอียดการให้บริการ (Metadata) รายละเอียดการให้บริการประกอบด้วยพื้นที่ที่ให้บริการ ชั้นข้อมูลที่ให้บริการ ความละเอียดจุดภาพ พิกัดอ้างอิงตามแนวแกนY และแนวแกนX เป็นต้น

3) การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ เป็นกระบวนการนำข้อมูลที่ได้จากการอ่านข้อมูลมาทำการจำแนกและจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบฐานข้อมูล Text file ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลของดัชนีข้อมูลภาพ

3.1.2.4 **โครงสร้างฐานข้อมูล** MySQL

ประกอบด้วยรูปแบบการทำงาน 2 ส่วนหลัก ดังนี้

1) การออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล MySQL ทำการออกแบบโครงสร้างฐานข้อมูล MySQL เพื่อใช้ในการรองรับค่าดัชนีข้อมูลภาพที่ได้จากกระบวนการสร้างดัชนีข้อมูลภาพในข้อที่ 3.1.2.3 โดยมีรูปแบบโครงสร้างฐานข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

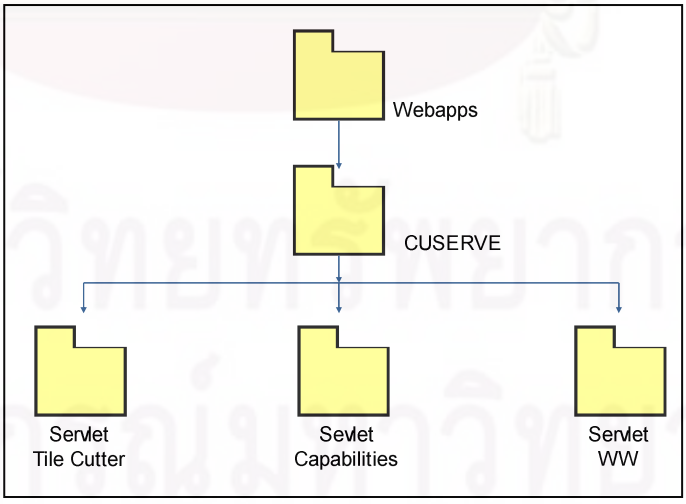
ตารางที่ 3.1 แสดงโครงสร้างข้อมูลพื้นที่ให้บริการ

ชื่อคอลัมน์	ชนิดของข้อมูล	ความหมาย
AREA	String	พื้นที่ให้บริการ
LEVEL	Integer	ชั้นข้อมูลที่ให้บริการ
RESOLUTION	Double	ความละเอียดจุดภาพ
Y	Integer	ค่าพิกัดอ้างอิง NASA World Wind ตามแนวแกน Y
X	Integer	ค่าพิกัดอ้างอิง NASA World Wind ตามแนวแกน X
MINX	Double	ขอบเขตของภาพมุมล่างซ้ายในแนวแกน X
MINY	Double	ขอบเขตของภาพมุมล่างซ้ายในแนวแกน Y
MAXX	Double	ขอบเขตของภาพมุมบนขวาในแนวแกน X
MAXY	Double	ขอบเขตของภาพมุมบนขวาในแนวแกน Y

2) การนำเข้าดัชนีข้อมูลภาพเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล MySQLสามารถทำได้โดยเริ่มจากการอ่านไฟล์ดัชนีข้อมูลภาพที่อยู่ในรูปแบบ Text file ครั้งละหนึ่งบรรทัด จากนั้นทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบภาษา SQL ผ่านคำสั่ง Insert ลงในฐานข้อมูลจนกระทั่งถึงจุดสิ้นสุดบรรทัดทั้งหมดของแฟ้มข้อมูล

3.2 การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ

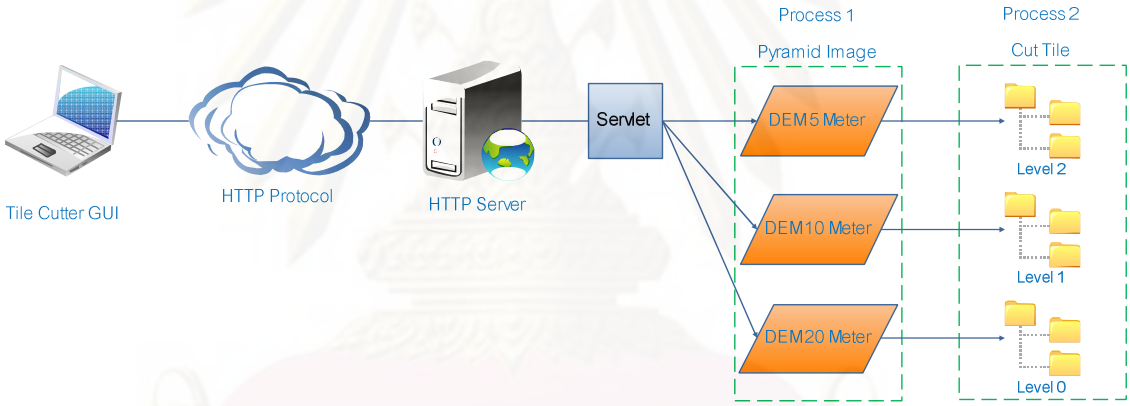
ผู้วิจัยได้ออกแบบโครงสร้างการจัดเก็บเครื่องมือที่พัฒนา ซึ่งอยู่ในโฟลเดอร์ของเครื่องแม่ข่าย (Webapps) ของโปรแกรม Apache Tomcat ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 โครงสร้างการจัดเก็บชุดเครื่องมือภายในเครื่องแม่ข่าย

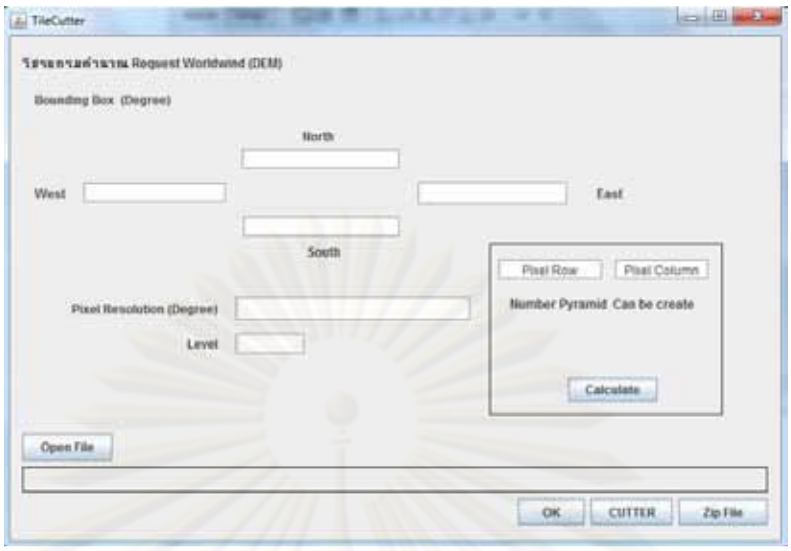
3.2.1 **การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในจัดเตรียมข้อมูล** (Servlet Tile Cutter)

เนื่องจากในขั้นตอนของการจัดเตรียมข้อมูลก่อนนำไปใช้งานบนโปรแกรม NASA World Wind มีกระบวนการที่ซับซ้อนและใช้เวลาในการดำเนินงานเป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาเครื่องมือเพื่อช่วยในการจัดเตรียมข้อมูลภาพก่อนนำไปใช้งาน ในส่วนของการจัดการโครงสร้างของข้อมูลภาพดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ข้อที่ 3.1.2 พบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลเหล่านี้ สามารถใช้ชุดคำสั่งของ GDAL และชุดคำสั่งพื้นฐานของการจัดการไฟล์บนระบบปฏิบัติการ Windows มาช่วยในการเตรียมข้อมูลก่อนนำไปใช้ แต่ลักษณะการทำงานในของแต่ละส่วนนั้นจะอยู่ในรูปแบบของ Command Line สามารถทำงานได้เพียงครั้งละ 1 ไฟล์เท่านั้น แต่ถ้าในกรณีที่มีการจัดการกับข้อมูลที่มีปริมาณมากจะทำให้ใช้ระยะเวลาในการเตรียมข้อมูลมาก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เครื่องแม่ข่ายมาช่วยประมวลผลภาพ โดยให้โปรแกรมฝั่งลูกข่ายทำการส่งค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญ ไปยังเครื่องแม่ข่ายเพื่อทำการประมวลผลภาพ โดยใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้น ดังแสดงโครงสร้างการทำงานของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การทำงานของโปรแกรมเตรียมข้อมูลภาพ

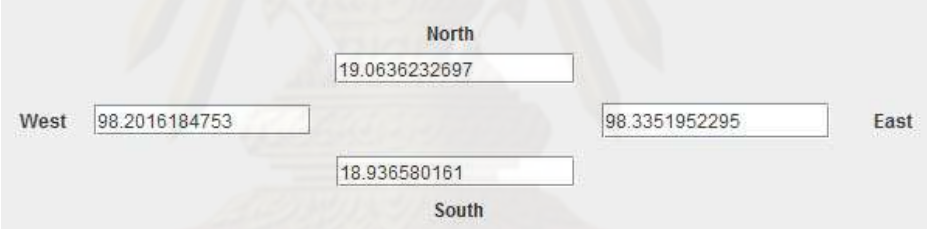
การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมข้อมูล จะเป็นการรวบรวมวิธีการจัดเตรียมข้อมูลทั้งสองวิธีข้างต้นให้อยู่ในรูปแบบ Graphic User Interface (GUI) ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้งานง่ายและสามารถช่วยในการจัดการข้อมูลปริมาณมากได้ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มความเร็วและลดความซ้ำซ้อนของกระบวนการทำงาน ซึ่งเครื่องมือนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรมภาษา JAVA ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการเตรียมข้อมูล

โดยเครื่องมือที่ได้ทำการพัฒนามีการนำเข้าพารามิเตอร์และกระบวนการทำงานดังนี้

1) นำเข้าค่าพิกัดขอบเขตของภาพ (Extent) ซึ่งประกอบด้วย North, South, East และ West ในรูปแบบ Geographic Coordinate แสดงดังรูปที่ 3.13

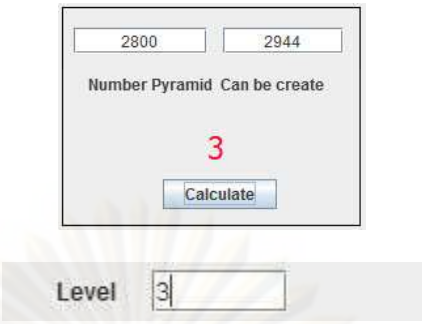


รูปที่ 3.13 การนำเข้าค่าพารามิเตอร์ขอบเขตของภาพ

2) นำเข้าค่าความละเอียดจุดภาพ (Spatial Resolution) ของภาพต้นฉบับในหน่วยวัด Degree แสดงดังรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.14 การนำเข้าค่าพารามิเตอร์ความละเอียดจุดภาพ

3) นำเข้าจำนวนชั้นข้อมูลที่ต้องการสร้าง (Number Of Pyramid) สำหรับภาพที่ต้องการประมวลผล ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสร้างตัวช่วยการคำนวณชั้นข้อมูลภาพที่สามารถสร้างได้ โดยผู้ใช้งานต้องนำเข้าค่าพารามิเตอร์ จำนวนจุดภาพทางแกน X (Pixel Column) และจำนวนจุดภาพทางแกน Y (Pixel Row) แสดงดังรูปที่ 3.15



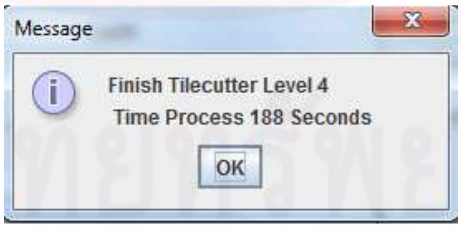
รูปที่ 3.15 การนำเข้าค่าพารามิเตอร์จำนวนชั้นข้อมูลที่ต้องการสร้างพีรามิด

4) ทำการประมวลผลโดยตั้งค่าที่อยู่ของข้อมูลต้นฉบับ โปรแกรมจะทำการสร้าง ชุดข้อความที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่สำคัญในการประมวลผลภาพ และส่งผ่านโปรโตคอล HTTP ไปยังเครื่องมือที่ใช้ในการจัดทำโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่ ตัวอย่างการร้องขอ ดังแสดงในรูปที่ 3.16

```
http://161.200.86.131/CUSERVE?SERVICE=WWMS&REQUEST=SETTILE&T=SRTM&L=3&X=40895&Y=16024&Extra1_lztsd=0.00680588085&Extra2_path=E:/test_gdalretile/0/MAELAUB_4326_1_1.IMG&Extra3_filename=MAELAUB_4326.IMG&Extra4_p_resolution=4.5372539E-5
```

รูปที่ 3.16 ตัวอย่างการส่งค่าพารามิเตอร์เพื่อทำการประมวลผลภาพ

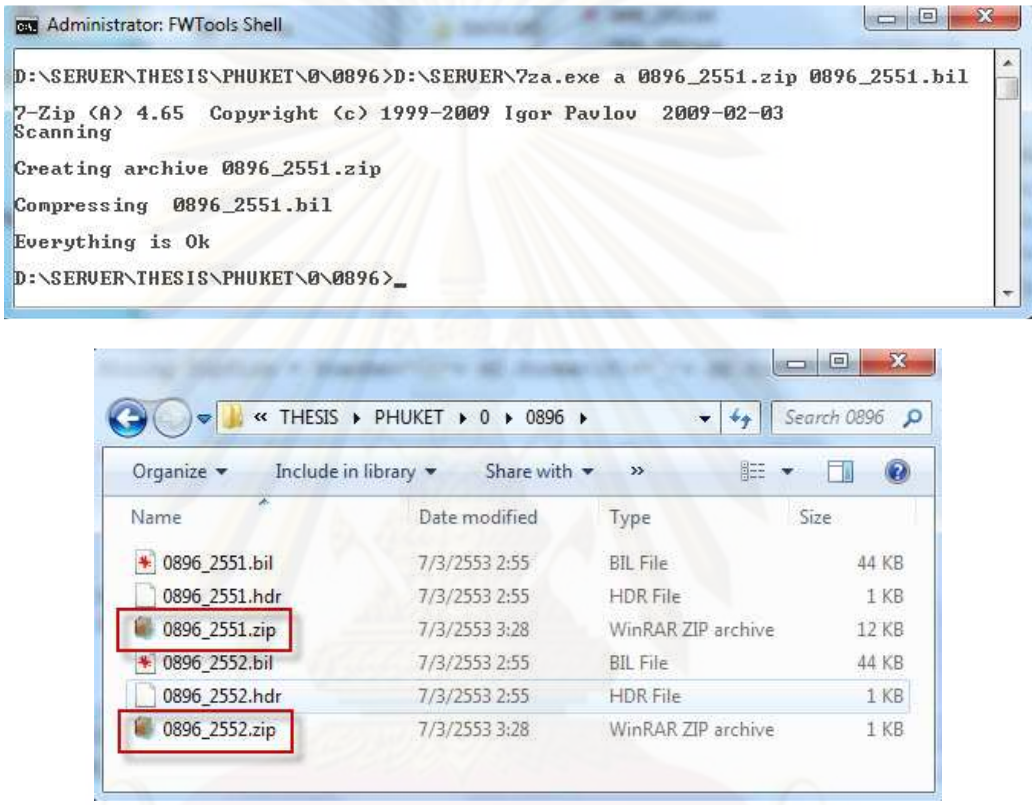
5) การแสดงผลระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมข้อมูลสามารถแสดงผลเวลาในการเตรียมข้อมูลเมื่อมีการประมวลผลข้อมูลภายในโปรแกรม โดยผู้วิจัยทำการพัฒนาเครื่องมือเพื่อทำการสรุประยะเวลาในการประมวลผลข้อมูลในแต่ละชั้นที่ผู้ใช้งานต้องการประมวลผล แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 สรุประยะเวลาในการประมวลผลข้อมูลในแต่ละชั้น

6) การบีบอัดข้อมูลภาพหลังจากผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลโดยทั้งนี้โปรแกรม NASA World Wind สามารถรองรับการให้บริการข้อมูลที่มีการบีบอัดข้อมูลภาพด้วยผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรแกรม 7 ZIP ในรูปแบบของ Command Line ซึ่งสามารถดาว์นโหลดโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายได้ที่

http://www.7-zip.org/download.html โดยเลือกรูปการบีบอัดภาพเป็นแบบ Zip เนื่องจากรูปแบบการบีบอัดชนิดนี้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายผ่านทางเครื่องมือที่ได้จัดทำขึ้น สาเหตุที่ต้องทำการบีบอัดข้อมูลภาพเพื่อความรวดเร็วในการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่าย และลดจำนวนการใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลของเครื่องแม่ข่ายให้มีขนาดน้อยลง โดยมีไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานคำสั่งแสดงดังรูปที่ 3.4

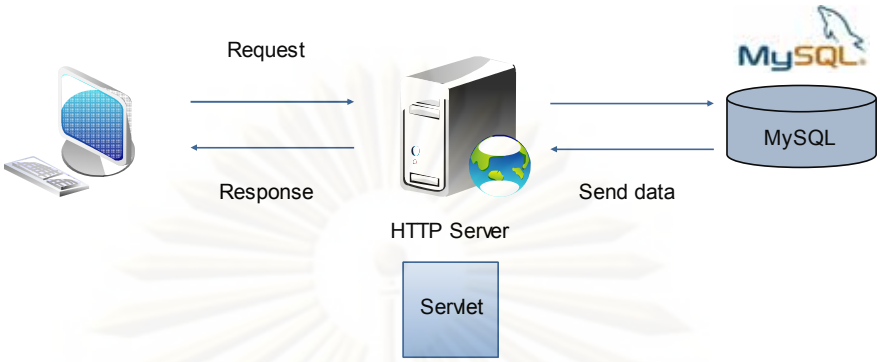


รูปที่ 3.18 ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งานชุดคำสั่ง 7za ในการบีบอัดข้อมูลภาพ

3.2.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดการให้บริการ (Servlet Capabilities)

การพัฒนาเครื่องมือสำหรับแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการให้บริการข้อมูลในหัวข้อนี้ได้อธิบายถึงหน่วยเครื่องมือย่อยสำหรับสืบค้นเรียกดูคำอธิบายข้อมูลที่มีการให้บริการภายในเครื่องแม่ข่าย ในการพัฒนาเครื่องมือสำหรับแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการให้บริการข้อมูลในงานวิจัยนี้ได้ใช้แนวคิดและข้อกำหนดของ Open Geospatial Consortium (OGC) ในขั้นตอนการทำงานของ GetCapabilities ซึ่งเป็นกระบวนการที่ผู้ใช้บริการต้องทำการร้องขอเพื่อเรียกดูคำอธิบายข้อมูล รวมถึงพื้นที่ให้บริการก่อนการร้องขอ โดยผู้วิจัยเลือกใช้ servlet ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของโปรแกรมภาษา JAVA ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็น server side program เพื่อทำการเชื่อมต่อกับ ระบบฐานข้อมูล MySQL และทำการประมวลผลข้อมูลบนระบบการจัดการฐานข้อมูล MySQL โดยใช้

ภาษา SQL ในการค้นคืนข้อมูล โดยผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปแบบของเอกสาร XML ซึ่งจะบรรยายรายละเอียดต่างๆของข้อมูลที่ให้บริการ โดยมีกระบวนการดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 กระบวนการสืบค้นเรียกดูคำอธิบายข้อมูล

ขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงรายละเอียด

1) ทำการอ่านไฟล์ข้อมูลจากชื่อโฟลเดอร์และชื่อไฟล์ที่ผ่านกระบวนการจัดโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่

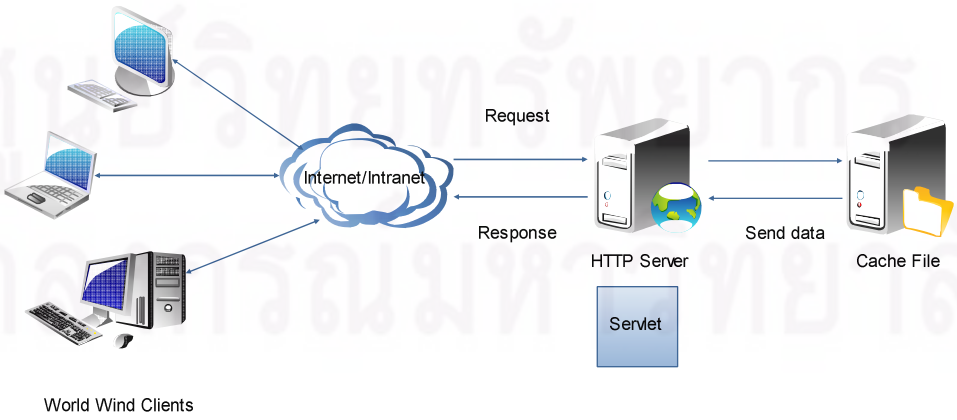
2) นำไฟล์ที่อ่านมาทำการคำนวณหาขนาดครอบคลุมของข้อมูลภาพ (Bounding Box)

3) จัดเก็บไว้ใน database ในรูปแบบการจัดเก็บของ MySQL

4) เมื่อมีการร้องขอ เครื่องมือที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดการให้บริการจะทำการสรุปพื้นที่ที่สามารถให้บริการได้ทั้งหมด ว่ามีพื้นที่ใดบ้าง และทำการส่งกลับไปยังผู้ร้องขอ

3.2.3 **การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเผยแพร่ข้อมูล** (Servlet WW)

การพัฒนาเครื่องมือเพื่อให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข ในส่วนนี้ได้อธิบายถึงหน่วยเครื่องมือย่อยสำหรับค้นคืนข้อมูลเพื่อให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขโดยมีกระบวนการดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 กระบวนการค้นคืนให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข

สามารถทำได้โดยการพัฒนาเครื่องมือให้สามารถให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข โดยผู้วิจัยเลือกใช้ servlet ซึ่งเป็นรูปแบบของโปรแกรมภาษา JAVA ที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อเป็น server side program ในกระบวนการพัฒนาเครื่องมือจำเป็นต้องมีวิธีการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์โดยทำการเปลี่ยนเส้นทางการร้องขอจากเครื่องแม่ข่ายของ NASA World Wind ไปยังเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือ จากนั้นทำการตรวจสอบค่าการร้องขอบนเครื่องแม่ข่ายโดยเรียกดูจาก log ไฟล์ของเครื่องแม่ข่ายดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.21

```
wwelevation/wwelevation.aspx?T=srtm30pluszip&L=5&X=446&Y=159
```

รูปที่ 3.21 ตัวอย่างค่าพารามิเตอร์ที่ร้องขอมายังเครื่องแม่ข่าย

จากการเรียกดู log ไฟล์ สามารถสรุปค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญได้ดังนี้

1) T คือ ชื่อชั้นข้อมูล
2) L คือ ตำแหน่งชั้นข้อมูล
3) X คือ โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลของNASA World Wind ในตำแหน่งทางแกน X (column)
4) Y คือ โครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลของNASA World Wind ในตำแหน่งทางแกน Y (row)

จากนั้นดำเนินการพัฒนาเครื่องมือตามโครงสร้างการร้องขอของ NASA World Wind เมื่อมีการร้องขอมายังเครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการผ่านเครื่องมือที่ถูกพัฒนาขึ้น แล้วทำการเลือกพารามิเตอร์ของข้อมูลภาพจากค่าพารามิเตอร์ในส่วนของชื่อชั้นข้อมูล (T) เพื่อใช้ในการระบุคุณสมบัติของไฟล์ที่ให้บริการ เมื่อทำการเลือกคุณสมบัติของข้อมูลที่จะนำมาใช้แล้ว จากนั้นทำการปรับค่ารูปแบบของพารามิเตอร์ในการร้องขอให้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลของ NASA World Wind โดยทำการเรียกใช้ Package java.io เพื่อรับส่งข้อมูล input / output data stream กลับไปยังเครื่องลูกข่ายที่มีการร้องขอข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Apache version 2.2 เป็น web server และโปรแกรม Tomcat version 6.0 เป็น Web Container

3.3 การให้บริการข้อมูลในNASA World Wind

จากการศึกษาการร้องขอข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขผ่านเครือข่ายของ NASA World Wind การทำงานของโปรแกรมจะถูกควบคุมโดยเอกสาร XML ที่สามารถสร้างได้ในโปรแกรม Text Editor ทั่วไป เช่น EditPlus แล้วทำการ save ชื่อไฟล์เป็น Earth.xml ทำการปรับตั้ง

ค่าการทำงานและกำหนดค่าชั้นข้อมูลที่จะให้บริการ จะประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของ NASA World Wind

พารามิเตอร์	ความหมาย
ServerUrl	เครื่องแม่ข่ายที่ให้บริการ
DataSetName	ชื่อชั้นข้อมูล
LevelZeroTileSizeDegrees	ขนาดของไทล์เริ่มต้นที่ให้บริการ
NumberLevels	จำนวนชั้นข้อมูลที่ให้บริการ
SamplesPerTile	จำนวนจุดภาพต่อไทล์
DataFormat	รูปแบบการจัดเก็บจุดข้อมูลภาพ
FileExtension	รูปแบบของการจัดเก็บไฟล์
CompressonType	รูปแบบของการบีบอัดไฟล์
LatLonBoundingBox	ขอบเขตของพื้นที่ที่ให้บริการ

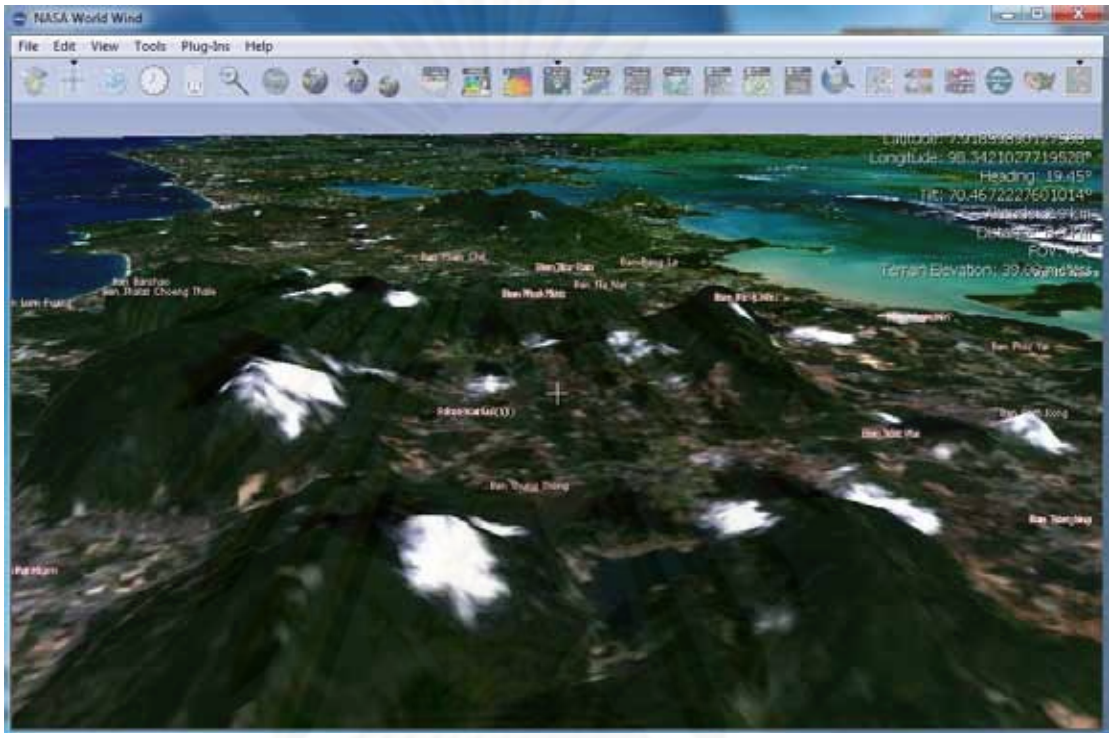
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Earth.xml ที่ควบคุมการทำงานของ NASA World Wind ดังแสดงในรูปที่ 3.22

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<WorldName="Earth"EquatorialRadius="6378137.0"LayerDirectory="Earth"xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchemainstance"xsi:noNames
paceSchemaLocation="WorldXmlDescriptor.xsd">
        <TerrainAccessor Name="SRTM">
                <TerrainTileService>
                        <ServerUrl>http://worldwind25.arc.nasa.gov/wwelevation/wwelevation.aspx</ServerUrl>
                        <DataSetName>srtm30pluszip</DataSetName>
                        <LevelZeroTileSizeDegrees>20.0</LevelZeroTileSizeDegrees>
                        <NumberLevels>12</NumberLevels>
                        <SamplesPerTile>150</SamplesPerTile>
                        <DataFormat>Int16</DataFormat>
                        <FileExtension>bil</FileExtension>
                        <CompressonType>zip</CompressonType>
                </TerrainTileService>
                <LatLonBoundingBox>
                        <North> <Value>90.0</Value> </North>
                        <South> <Value>-90.0</Value> </South>
                        <West> <Value>-180.0</Value> </West>
                        <East> <Value>180.0</Value> </East>
                </LatLonBoundingBox>
                <HigherResolutionSubsets Name="DEM">
                        <TerrainTileService>
                                <ServerUrl>http://161.200.86.131/CUSERVE</ServerUrl>
                                <DataSetName>PHUKET</DataSetName>
                                <LevelZeroTileSizeDegrees>0.108596556</LevelZeroTileSizeDegrees>
                                <NumberLevels>5</NumberLevels>
                                <SamplesPerTile>150</SamplesPerTile>
                                <DataFormat>Int16</DataFormat>
                                <FileExtension>bil</FileExtension>
                                <CompressonType>zip</CompressonType>
                        </TerrainTileService>
                        <LatLonBoundingBox>
                                <North> <Value>8.21416721322</Value> </North>
                                <South> <Value>7.72518736233</Value> </South>
                                <West> <Value>98.2554066279</Value> </West>
                                <East> <Value>98.4741476375</Value> </East>
                        </LatLonBoundingBox>
                </HigherResolutionSubsets>
        </TerrainAccessor>
</World>
```

รูปที่ 3.22 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ควบคุมการทำงานของ NASA World Wind

เมื่อผู้ใช้งานทำการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรมให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้งานได้ในโปรแกรม NASA World Wind ตามเงื่อนไขที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น หน้าจอแสดงผลของโปรแกรมจะสามารถแสดงผลดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 Interface ของ NASA World Wind ที่ใช้ในการทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 การจัดเตรียมข้อมูล

ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ในเรื่องของรูปแบบภาพที่สามารถใช้งานในโปรแกรม NASA World Wind ผู้วิจัยได้แปลงข้อมูลที่จะนำมาใช้ให้อยู่ในพื้นหลักฐาน WGS84 (Lat, Long) และจัดเก็บข้อมูลภาพเป็นแบบ signed int ขนาด 16 บิต ขนาดของการจัดเก็บข้อมูลไว้ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงขนาดการจัดเก็บข้อมูล

พื้นที่ศึกษา	ขอบเขตพื้นที่ศึกษา				ขนาดของข้อมูลในการจัดเก็บ (MB)	
	N	S	E	W	ข้อมูลก่อนประมวลผล	ข้อมูลหลังประมวลผล
กระบี่	8.4684	7.4547	99.2908	98.6000	2,540	648.80
ภูเก็ต	8.2141	7.7251	98.4741	98.2554	395.39	99.10
พังงา	9.3540	8.0869	98.6916	98.1984	2,250	578.88
ระนอง	10.0233	9.3172	98.6540	98.3793	713.95	179.67
สตูล	7.1285	6.5667	100.0324	99.6511	794.52	198.45
ตรัง	7.7078	7.0738	99.7979	99.2353	1,290	330.52
เชียงใหม่	19.0636	18.9365	98.3351	98.2016	62.53	15.72
สงขลา	7.0732	6.9825	100.2314	100.1225	36.43	9.16

จากตารางแสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากการลดรูปแบบขนาดการจัดเก็บข้อมูลภาพ จะทำให้ได้ข้อมูลภาพใหม่ที่มีขนาดไฟล์เล็กลงเหลือประมาณ 25 % จากไฟล์ข้อมูลภาพต้นฉบับ

4.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในจัดเตรียมข้อมูล

4.2.1 การจัดการโครงสร้างของข้อมูลภาพ

จากบทที่ 3 ได้อธิบายขั้นตอนและวิธีการเตรียมข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขให้มีรูปแบบตรงตามเงื่อนไขที่สามารถให้บริการบนโปรแกรม NASA World Wind ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยทำการกำหนดความละเอียดจุดภาพในการทดสอบการให้บริการไว้จำนวน 5 ระดับ ประกอบด้วยกระบวนการประมวลผลภาพเพื่อจัดโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่ 2 วิธีหลักดังนี้

1) ผลจากการจัดโครงสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการทำพีรามิดให้กับข้อมูลภาพ

การจัดเตรียมข้อมูลภาพดำเนินการโดยใช้ชุดคำสั่ง gdal_retile เพื่อทำการเรียงลำดับชั้นข้อมูลภาพใหม่ให้สามารถเรียกใช้ในโปรแกรม NASA World Wind ได้ ซึ่งในการเรียงลำดับชั้นข้อมูลนั้น ต้องเรียงลำดับให้ชั้นข้อมูลลำดับสุดท้ายเป็นข้อมูลต้นฉบับที่มีความละเอียดจุดภาพดีที่สุด และเรียงลำดับลดหลั่นไปทีละ 50 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลชั้นล่างและระดับชั้นข้อมูลบนสุดคือระดับชั้นข้อมูลที่มีความละเอียดจุดภาพหยาบที่สุด

ผลการศึกษาพบว่าจำนวนชั้นของการสร้างพีรามิดให้กับข้อมูลภาพจะขึ้นอยู่กับจำนวนจุดภาพตามแนวแกน X หรือแนวแกน Y โดยเลือกใช้จำนวนจุดภาพจาก 1 แกนที่มากที่สุดเท่านั้น และขึ้นอยู่กับขนาดความกว้างจุดภาพที่ใช้ในการแบ่งส่วน ลำดับชั้นที่ใช้ในการทดสอบการให้บริการในงานวิจัยนี้กำหนดไว้ 5 ระดับชั้น โดยความละเอียดจุดภาพแต่ละระดับชั้นมีดังนี้

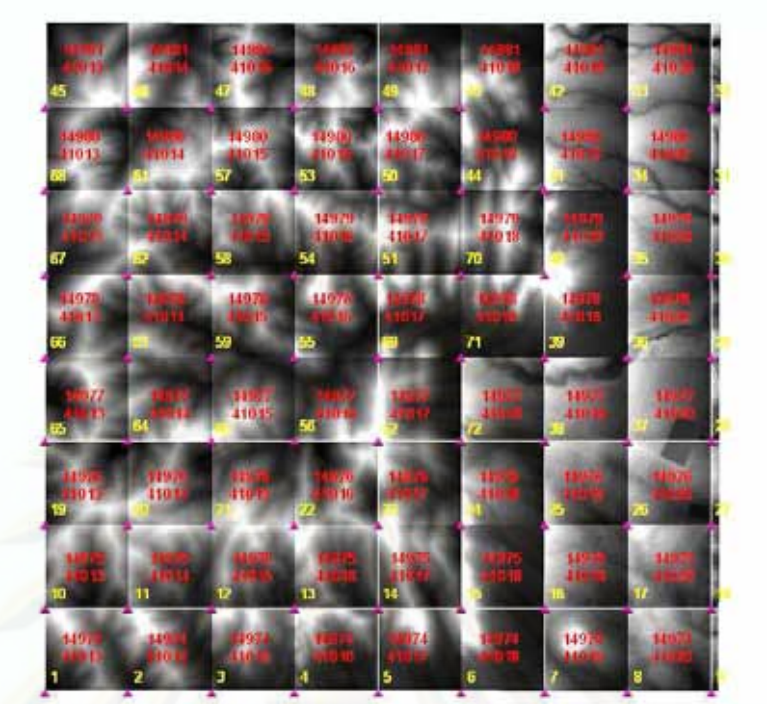
- ระดับชั้นที่ 0 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 80 เมตรหรือ 0.000727273 องศา
- ระดับชั้นที่ 1 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 40 เมตรหรือ 0.000363636 องศา
- ระดับชั้นที่ 2 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 20 เมตรหรือ 0.000181818 องศา
- ระดับชั้นที่ 3 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 10 เมตรหรือ 0.000090909 องศา
- ระดับชั้นที่ 4 มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 5 เมตรหรือ 0.000045455 องศา

ไฟล์ข้อมูลภาพทั้ง 5 ระดับเมื่อแสดงผลของภาพบนจอภาพ ในมาตราส่วนใหญ่ โปรแกรมจะเรียกข้อมูลที่มีความละเอียดจุดภาพมาก แต่ถ้าต้องการแสดงผลข้อมูลบนจอภาพที่มีมาตราส่วนเล็กโปรแกรมจะเรียกข้อมูลภาพที่มีความละเอียดจุดภาพน้อย สามารถสรุปได้ว่าในการเรียกแสดงผลข้อมูลภาพหลังจากการจัดโครงสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการทำพีรามิดให้กับข้อมูลภาพ จะทำให้เสียเวลาน้อยลงในการอ่านข้อมูลเมื่อเทียบกับการอ่านข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดโครงสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการทำพีรามิด

2) ผลจากการจัดโครงสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

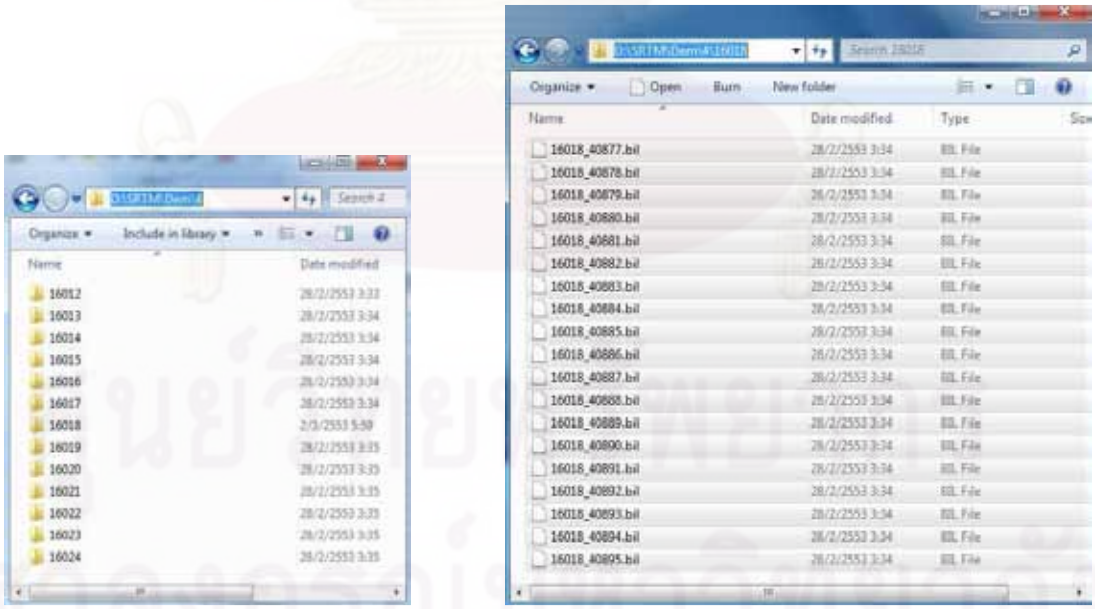
ผลที่ได้จากการจัดโครงสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ จะได้ไฟล์ที่มีรูปแบบสอดคล้องกับค่าพิกัดตามรูปแบบการจัดเก็บไฟล์ข้อมูลภาพของ NASA World Wind ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 การคำนวณหาชื่อไฟล์กำกับไทล์ที่ถูกแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดโครงสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ จะถูกจัดเก็บไว้ในโฟลเดอร์ที่มีชื่อเดียวกับค่าพิกัดในแนวแกน Y (row) ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลภาพในโฟลเดอร์ตามข้อกำหนดของ NASA World Wind

ตารางที่ 4.2 แสดงระบบพีรามิดและไทล์ทั้งหมดในงานวิจัย

ระดับชั้น	ความละเอียดจุดภาพ (Meter)	ความละเอียดจุดภาพ (Degree)	NASA World Wind LZTSD (Degree)	NASA World Wind (Meter)
0	80	0.0007272720	0.1090908	12,000
1	40	0.0003636360	0.0545454	6,000
2	20	0.0001818180	0.0272727	3,000
3	10	0.0000909090	0.01363635	1,500
4	5	0.0000454545	0.006818175	750

เนื่องจากไฟล์ภาพมีจำนวนมากผู้วิจัยจึงได้ทำการสรุปผลของจำนวนไฟล์อยู่ในรูปแบบตารางแสดงผลดังแสดงในตารางที่ 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แสดงผลจากการจัดโครงสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ

พื้นที่	ชั้นข้อมูล	จำนวนไฟล์	ขนาดหน่วยความจำ (MB)	ขนาดหน่วยความจำ หลังผ่านกระบวนการบีบอัด (MB)	เวลาประมวลผล(วินาที)
กระบี่	0	54	2.4	0.6	30
	1	216	9.5	1.7	115
	2	925	40.6	5.3	496
	3	3,700	162.4	13.6	2,040
	4	14,948	656.2	33	9,588
ภูเก็ต	0	8	0.4	0.06	4
	1	32	1.4	0.3	17
	2	136	6	0.9	73
	3	560	24.6	2.5	299
	4	2,272	99.7	5.78	1,233
พังงา	0	44	1.9	0.8	24
	1	207	9.1	3.3	109
	2	828	36.3	10.2	444
	3	3,348	147	28.2	1,827
	4	13,392	587.9	66.7	7,696

ตารางที่ 4.3 แสดงผลจากการจัดโครงสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (ต่อ)

พื้นที่	ชั้นข้อมูล	จำนวนไฟล์	ขนาดหน่วยความจำ (MB)	ขนาดหน่วยความจำ หลังผ่านกระบวนการบีบอัด (MB)	เวลาประมวลผล(วินาที)
ระนอง	0	12	0.5	0.1	7
	1	60	2.6	0.7	32
	2	250	11	2.3	132
	3	1,020	44.8	6.9	538
	4	4,120	180.9	14.8	2,254
สตูล	0	15	0.7	0.2	8
	1	70	3.1	0.7	40
	2	280	12.3	2.1	152
	3	1,148	50.4	5.5	631
	4	4,592	201.6	13	2,549
ตรัง	0	25	1.1	0.3	13
	1	110	4.8	1.1	59
	2	460	20.2	3.17	244
	3	1,886	82.8	8.5	1,017
	4	7,626	334.8	20	4,244

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แสดงผลจากการจัดโครงสร้างภาพใหม่ด้วยวิธีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (ต่อ)

พื้นที่	ชั้นข้อมูล	จำนวนไฟล์	ขนาดหน่วยความจำ (MB)	ขนาดหน่วยความจำ หลังผ่านกระบวนการบีบอัด (MB)	เวลาประมวลผล(วินาที)
เชียงใหม่	0	1	0.04	0.01	1
	1	4	0.2	0.1	2
	2	16	0.7	0.3	8
	3	81	3.6	1.2	43
	4	342	15	3.3	186
สงขลา	0	-	-	-	-
	1	2	0.1	0.04	1
	2	12	0.5	0.1	6
	3	48	2.1	0.5	26
	4	208	9.1	1.2	122

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

51

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลของการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ ผลที่ได้คือจำนวนของไฟล์ภาพหลังทำการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ ขนาดของหน่วยความจำในการจัดเก็บข้อมูลภาพหลังทำการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ และเวลาในการประมวลผลของการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ ในการแสดงผลของข้อมูลจะทำการแสดงผลโดยแยกตามระดับชั้นของข้อมูลภาพที่ได้จากการจัดทำโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่แบบพีรามิด และไฟล์ของผลลัพธ์จะอยู่ในรูปแบบ BIL

จากนั้นนำผลที่ได้จากการจัดโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่มาทำการบีบอัดข้อมูลภาพ ผลที่ได้คือเพิ่มความรวดเร็วในการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่าย และลดจำนวนการใช้พื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลของเครื่องแม่ข่ายให้มีขนาดน้อยลง

4.3 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดการให้บริการ

การพัฒนาเครื่องมือในส่วนนี้เป็นกระบวนการที่มีการทำงานโดยทำการสอบถามไปยังเครื่องแม่ข่ายว่ามีข้อมูลใดบ้างที่ให้บริการ รวมถึงการเรียกดูคำอธิบายข้อมูล เพื่ออธิบายว่าข้อมูลหรือค่าพารามิเตอร์ใดบ้างที่เครื่องแม่ข่ายมีให้บริการ โดยกระบวนการทดสอบทำโดยการส่งค่าการร้องขอผ่านทางโปรแกรม Firefox ไปยังเครื่องมือที่ทำการพัฒนาขึ้น โดยผลของการร้องขอจะส่งกลับมาจัดเก็บในรูปแบบของเอกสาร XML ที่ผู้ใช้สามารถอ่านไฟล์และนำรายละเอียดที่แสดงไว้ใน XML ไปใช้ในกระบวนการเผยแพร่ข้อมูลบน NASA World Wind ได้ ส่วนประกอบของไฟล์ XML จะประกอบด้วย ขอบเขตข้อมูลภาพที่ให้บริการ (Bounding box), ความละเอียดจุดภาพที่ให้บริการ (Resolution), ขนาดของภาพ (Width, Height), ขนาดของชั้นข้อมูลที่หยาบที่สุด (lztsd), รูปแบบของข้อมูลที่ให้บริการ (Format) และพื้นที่ให้บริการ (Layer) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
<WMT_MS_Capabilities version="1.1.1">
.....
    <VendorSpecificCapabilities>
        <TileSet>
            <SRS>EPSG:4326</SRS>
            <BoundingBox minx="98.201994525" miny="8.093083725000001" maxx="98.69290312500002"
            maxy="9.3544461"/>
            <Resolutions>4.54E-5 ,9.08E-5 ,1.816E-4 ,3.632E-4 ,7.264E-4 </Resolutions>
            <Width>150</Width>
            <Height>150</Height>
            <Lztsd>0.10896</Lztsd>
            <Format>application/bil</Format>
            <Layers>PANGNGA</Layers>
            <Styles> </Styles>
        </TileSet>
    </VendorSpecificCapabilities>
.....
</WMT_MS_Capabilities>
```

รูปที่ 4.3 ผลของการเรียกดูคำอธิบายข้อมูลในรูปแบบของเอกสาร XML

4.4 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเผยแพร่ข้อมูล

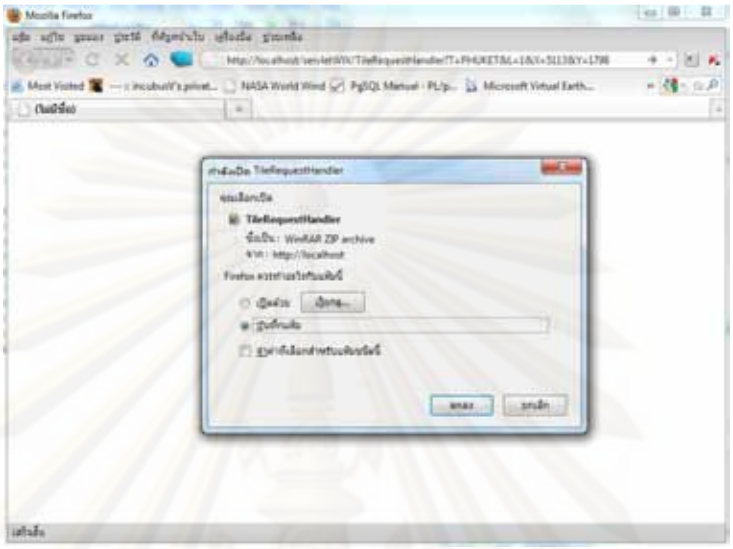
กระบวนการทดสอบการเรียกดูข้อมูลภาพได้ทำการทดสอบโดยการใช้โปรแกรม Firefox ในการส่งค่าพารามิเตอร์ไปยังเครื่องแม่ข่ายที่บรรจุเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ข้อมูลภาพที่ได้จากกระบวนการเตรียมข้อมูลภาพที่อยู่ในรูปแบบพร้อมใช้งานในโปรแกรม NASA World Windเพื่อทดสอบเครื่องมือในการค้นคืนข้อมูลที่มีการร้องขอจากเครื่องลูกข่ายก่อนทำการให้บริการในโปรแกรม NASA World Wind โดยผู้วิจัยทำการทดสอบการให้บริการข้อมูลโดยจำแนกวิธีการทดสอบไว้ดังนี้

1) ทดสอบการค้นคืนข้อมูลผ่านทางโปรแกรม Firefox โดยข้อมูลแบบจำลองความสูงที่มีการจัดเก็บอยู่ในรูปแบบ BIL และมีการบีบอัดไฟล์แบบ ZIP โดยกระบวนการทดสอบการค้นคืนข้อมูลสามารถเรียกใช้งานผ่านทางโปรแกรม Firefox โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่มีการร้องขอตามข้อกำหนดที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ข้อที่ 3.2.3 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการร้องขอไปยังเครื่องแม่ข่ายโดยทำการกำหนดเงื่อนไขการทำงานไว้ดังนี้

http://161.200.86.131/CUSERVE?T=PHUKET&L=1&X=5113&Y=1798

ผลการทดสอบการให้บริการ โปรแกรม Firefox สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการส่งผ่านข้อมูล และทำการตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ผ่านเครือข่ายได้ แต่เนื่องจากไฟล์ข้อมูล มีการ

จัดเก็บแบบ BILไม่สนับสนุนการแสดงผลบนโปรแกรม Firefox ทำให้ไม่สามารถแสดงผลลัพธ์การร้องขอของข้อมูลบนโปรแกรม Firefox ได้จึงจำเป็นต้องใช้โปรแกรม Irfanview มาช่วยในการแสดงผลของข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ได้รับจากการร้องขอ ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การทดสอบการสืบค้นข้อมูลแบบ BIL โดยโปรแกรม Firefox

โปรแกรม Irfanview เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเปิดไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้จากการโปรแกรม Firefox หลังการตอบสนองจากเครื่องแม่ข่าย ผลที่ได้จะสามารถแสดงผลของข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีการจัดเรียงตัวและรูปแบบของข้อมูลที่สอดคล้องกับข้อมูลที่อยู่บนผิวโลก ดังแสดงในรูปที่ 4.5

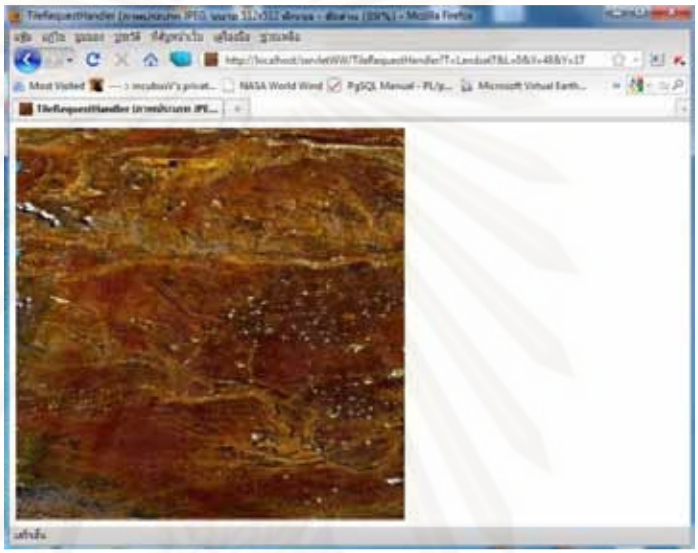
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างการแสดงผลของโปรแกรม Irfanview

2) ทดสอบการเรียกดูสืบค้นข้อมูลผ่านทางโปรแกรม Firefox โดยข้อมูลภาพที่มีการจัดเก็บอยู่ในรูปแบบ JPG โดยกระบวนการทดสอบการเรียกดูค้นคืนข้อมูลสามารถเรียกใช้งานผ่านทางโปรแกรม Firefox โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่มีการร้องขอตามข้อกำหนดที่ได้กล่าวไว้ใน

บทที่ 3 ข้อที่ 3.2.3 ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการร้องขอไปยังเครื่องแม่ข่ายโดยทำการกำหนดเงื่อนไขของการร้องขอไว้ดังนี้

http://161.200.86.131/CUSERVE?T=Landsat7&L=2&X=48&Y=17

ผลลัพธ์ที่ได้คือไฟล์ข้อมูลสามารถทำการแสดงผลในรูปแบบการจัดเก็บแบบ JPG บนโปรแกรม Firefox ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การทดสอบการสืบค้นข้อมูลแบบ JPG โดยโปรแกรม Firefox

จากผลการศึกษาการเตรียมข้อมูล การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมข้อมูลเมื่อทำการทดสอบเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น สามารถสรุปได้ว่า เครื่องมือที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการเตรียมและให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขและข้อมูลภาพบนโปรแกรม NASA World Wind ได้

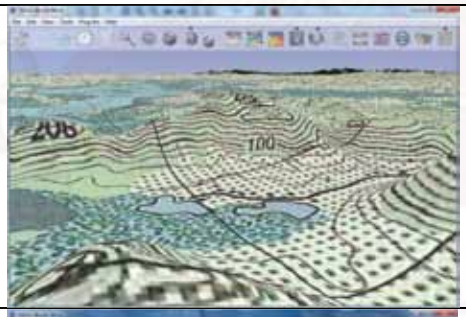
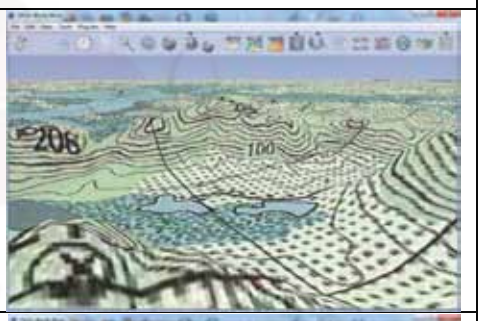
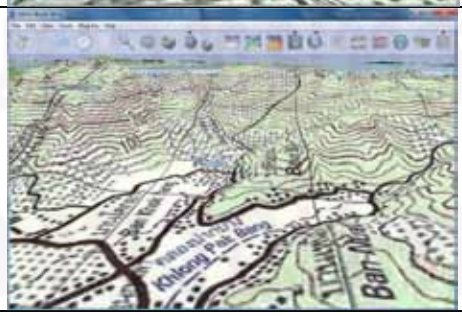
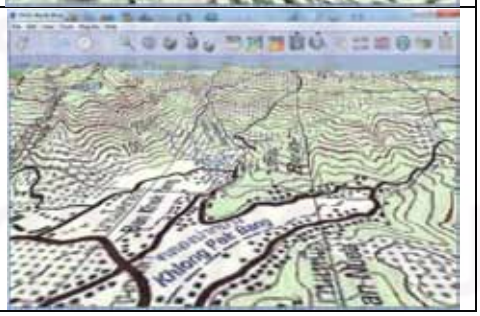
ในปัจจุบัน NASA World Wind จะเปิดให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขเพียงความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 90 เมตร ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดสอบการให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดจุดภาพที่ดีกว่าคือเท่ากับ 5 เมตร ผลของการทดสอบพบว่าโปรแกรม NASA World Wind สามารถเรียกดูข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขจากเครื่องแม่ข่ายที่ทำการจำลองขึ้นได้ ผู้วิจัยได้แสดงผลการเปรียบเทียบการแสดงผลของข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข ที่มีความแตกต่างความละเอียดจุดภาพโดยทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์สำหรับเครื่องมือที่ใช้นำทางบนโปรแกรม NASA World Wind เพื่อทำการตรวจสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงผลค่าพารามิเตอร์ที่ใช้นำทางในการเปรียบเทียบข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข

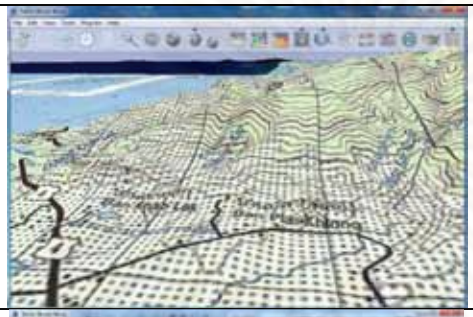
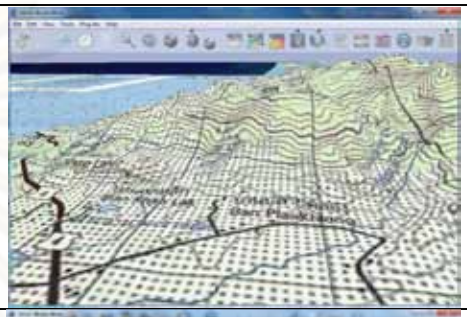
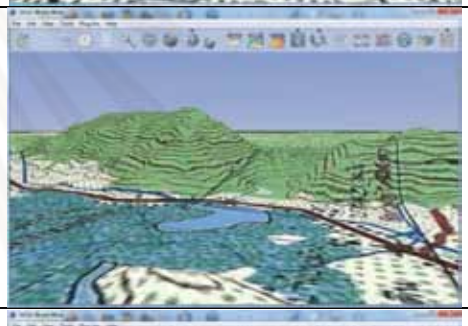
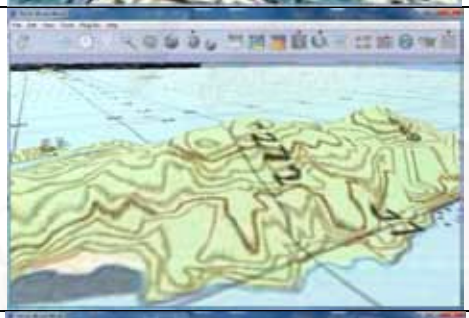
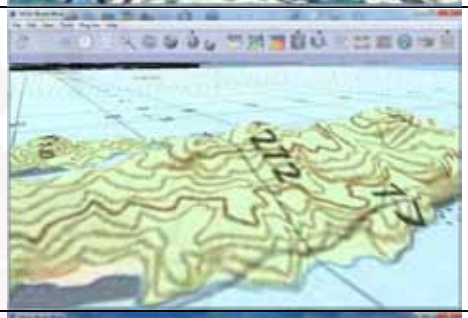
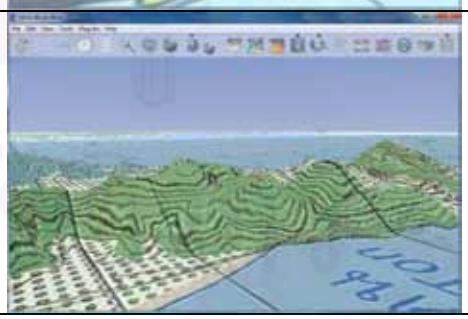
พื้นที่	ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้นำทาง
กระบี่	worldwind://goto/world=Earth&lat=7.79890&lon=99.03913&alt=517&dir=27.6&tilt=74.1
ภูเก็ต	worldwind://goto/world=Earth&lat=7.94710&lon=98.29635&alt=777&dir=83.5&tilt=71.5
พังงา	worldwind://goto/world=Earth&lat=8.61238&lon=98.25858&alt=825&dir=-8.8&tilt=71.5
ระนอง	worldwind://goto/world=Earth&lat=9.46243&lon=98.50901&alt=291&dir=70.5&tilt=83.3
สตูล	worldwind://goto/world=Earth&lat=6.82912&lon=99.69310&alt=537&dir=-59.6&tilt=71.5
ตรัง	worldwind://goto/world=Earth&lat=7.23030&lon=99.39297&alt=585&dir=124.8&tilt=82.4
เชียงใหม่	worldwind://goto/world=Earth&lat=19.02289&lon=98.24279&alt=2212&dir=-30.6&tilt=68.0
สงขลา	worldwind://goto/world=Earth&lat=7.02279&lon=100.20287&alt=1083&dir=-108.9&tilt=85.0

เนื่องจากมีการทดสอบข้อมูลแบบจำลองความสูงกับข้อมูลหลายพื้นที่ผู้วิจัยจึงได้ทำการสรุปผลของการเปรียบเทียบอยู่ในรูปแบบตารางแสดงผลดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบการแสดงผลแบบจำลองความสูงบนโปรแกรม NASA World Wind ที่มีความละเอียดจุดภาพต่างกัน

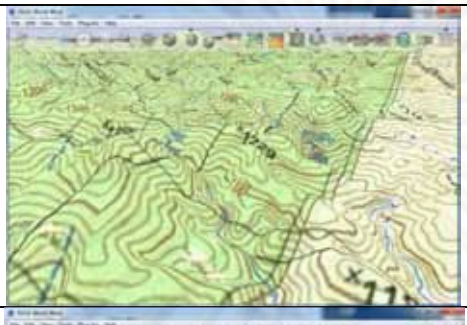
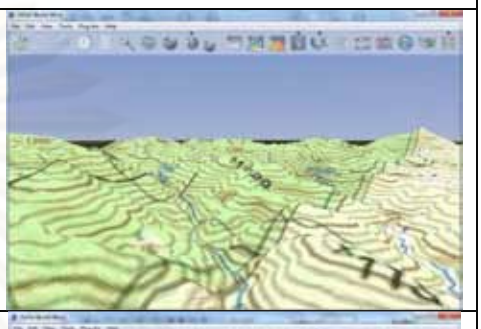
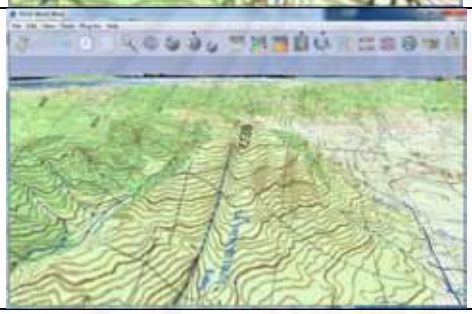
พื้นที่ศึกษา (จังหวัด)	ความละเอียดจุดภาพของแบบจำลองความสูง	
	90 เมตร	5 เมตร
กระบี่		
ภูเก็ต		

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบการแสดงผลแบบจำลองความสูงบนโปรแกรม NASA World Wind ที่มีความละเอียดจุดภาพต่างกัน (ต่อ)

พื้นที่ศึกษา (จังหวัด)	ความละเอียดจุดภาพของแบบจำลองความสูง	
	90 เมตร	5 เมตร
พังงา		
ระนอง		
สตูล		
ตรัง		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบการแสดงผลแบบจำลองความสูงบนโปรแกรม NASA World Wind ที่มีความละเอียดจุดภาพต่างกัน (ต่อ)

พื้นที่ศึกษา (จังหวัด)	ความละเอียดจุดภาพของแบบจำลองความสูง	
	90 เมตร	5 เมตร
เชียงใหม่		
สงขลา		

จากตารางที่ 4.5 แสดงความแตกต่างของการแสดงผลข้อมูลแบบจำลองความสูงที่มีความละเอียดจุดภาพที่ต่างกัน จะได้ผลของการแสดงผลต่างกัน ข้อมูลที่มีความละเอียดจุดภาพละเอียดจะมีความราบรื่น และต่อเนื่องของข้อมูลมากกว่าข้อมูลที่มีความละเอียดจุดภาพหยาบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

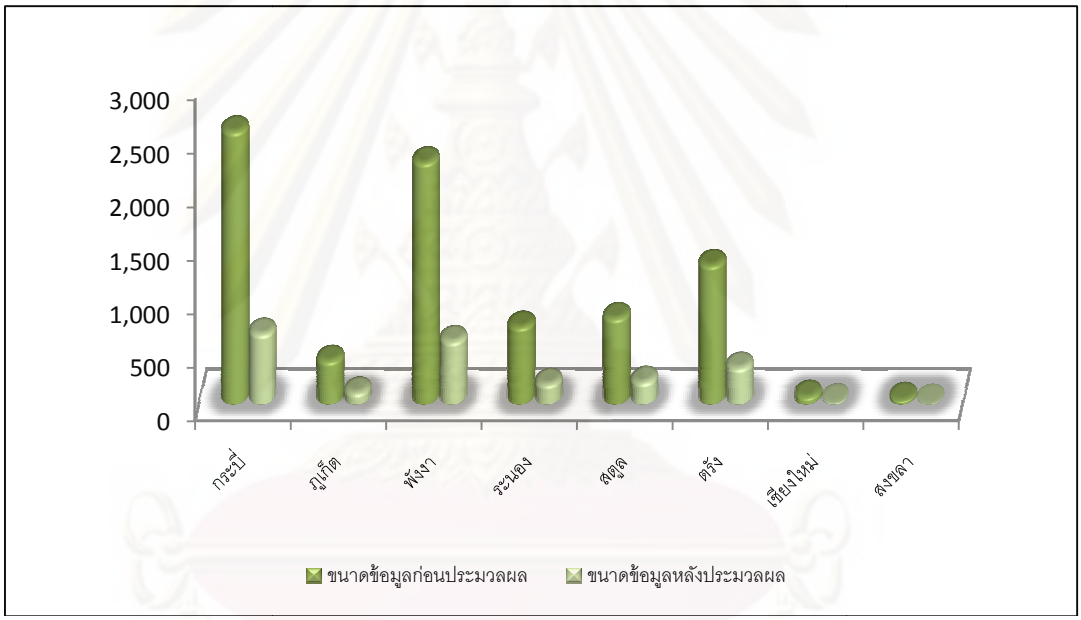
สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

5.1.1 การจัดเตรียมข้อมูล

จากการจัดเตรียมข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขให้โครงสร้างข้อมูลตรงตามข้อกำหนดของ NASA World Wind ทำให้ทราบถึงผลที่ได้จากการจัดการโครงสร้างข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ทำให้ขนาดของหน่วยความจำที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลลดลง

ผลที่ได้รับสำหรับขนาดของหน่วยความจำที่ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข ดังแสดงในรูปที่ 5.1

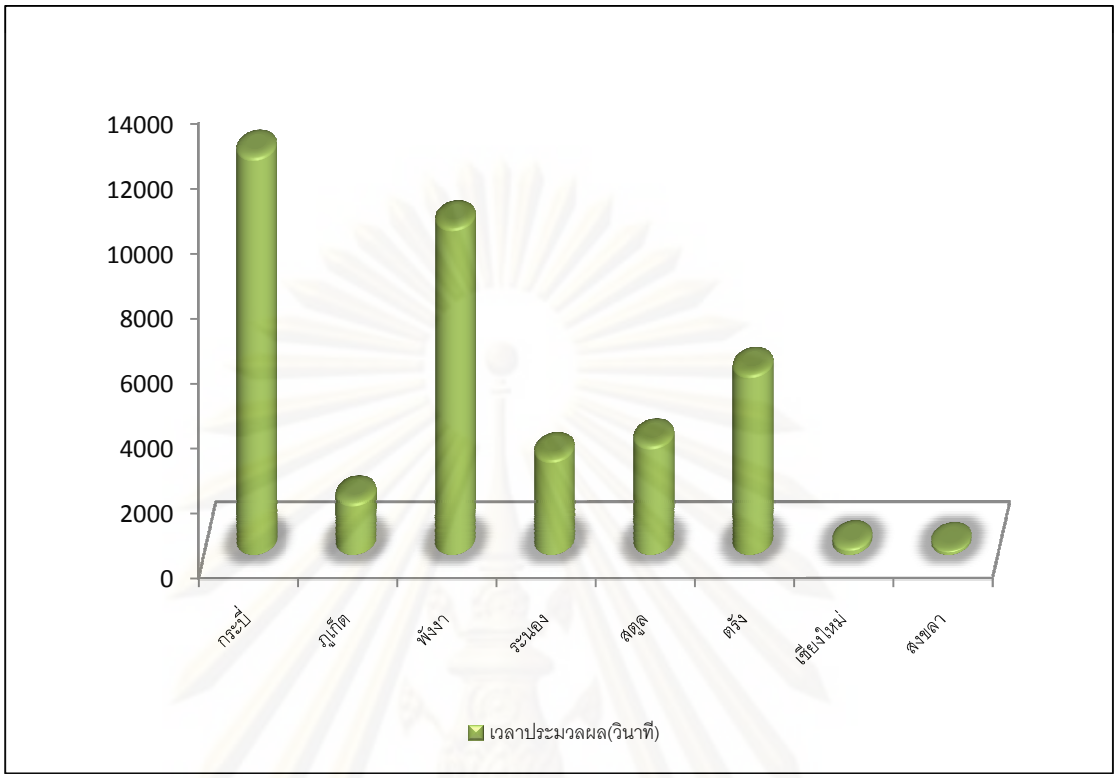


รูปที่ 5.1 การเปรียบเทียบขนาดข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ได้จากการเตรียมข้อมูล

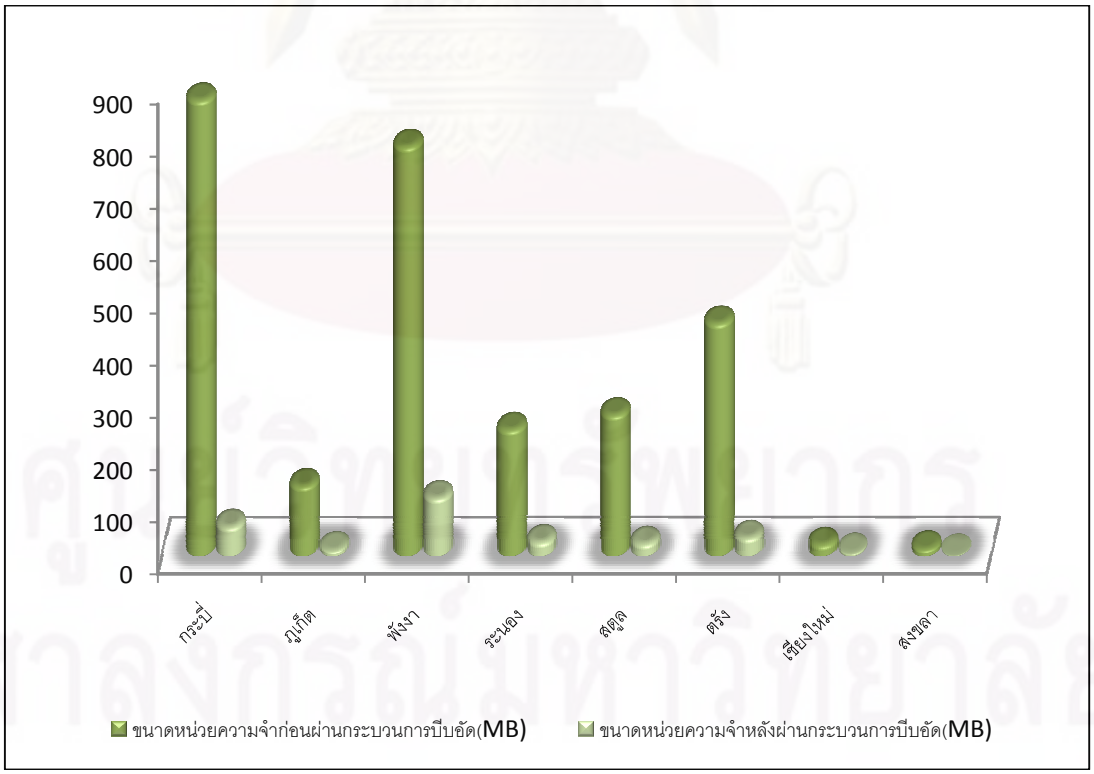
5.1.2 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมข้อมูล

จากการศึกษาการพัฒนาเครื่องมือเพื่อนำมาใช้ในการเตรียมข้อมูลให้จัดเก็บในรูปแบบที่โปแกรม NASA World Wind สามารถนำไปใช้ในการแสดงผลได้ สามารถทำให้ทราบถึงข้อมูล 2 ประเภท คือ ระยะเวลาในการเตรียมข้อมูล และ ขนาดของหน่วยความจำที่ใช้ในการจัดเก็บแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ได้จากการบีบอัดข้อมูลภาพเพื่อใช้ในการให้บริการ

ผลที่ได้รับจากระยะเวลาที่ใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข ดังแสดงในรูปที่ 5.2 และขนาดของหน่วยความจำที่ใช้ในการจัดเก็บแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่ได้จากการบีบอัดข้อมูลภาพ ดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.2 เวลาที่ใช้ในการจัดเตรียมข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข



รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบขนาดข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขเพื่อใช้ในการให้บริการ

จากกราฟทั้ง 2 จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเตรียมข้อมูลค่อนข้างมากทั้งนี้จะขึ้นอยู่การจัดโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่ ด้วยวิธีพีรามิดและวิธีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ นั้นจำเป็นต้องทำงานอยู่บนพื้นฐานของสมการที่มีความสอดคล้องกันของทั้งสองวิธีการ นั้นคือในการกำหนดชั้นของพีรามิดนั้นต้องอาศัยเงื่อนไขในการแบ่งส่วนข้อมูลภาพด้วยเพื่อใช้ในการกำหนดจำนวนชั้นที่สามารถสร้างได้ และพบว่าโครงสร้างที่มีการจัดแบ่งข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขใหม่นี้ทำให้ข้อมูลที่ได้มีขนาดเล็กจำนวนมากอีกทั้งยังสามารถทำการบีบอัดเพื่อช่วยในการลดขนาดของข้อมูลซึ่งเป็นประโยชน์โดยสามารถเพิ่มความรวดเร็วในการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายและลดจำนวนการใช้พื้นที่ในการจัดเก็บของเครื่องแม่ข่ายให้มีขนาดน้อยลงอีกด้วย

5.1.3 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดการให้บริการ

ในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดการให้บริการในงานวิจัยนี้ ได้ทำการเชื่อมต่อไปยังฐานข้อมูล MySQL และทำการสืบค้นเพื่อทำการแสดงผลพื้นที่ให้บริการข้อมูลโดยร้องขอผ่านเว็บเบราว์เซอร์ไปยังเครื่องมือที่มีการติดตั้งอยู่ฝั่งแม่ข่ายและเครื่องแม่ข่ายจะส่ง ข้อมูลกลับมายังเครื่องลูกข่ายในรูปแบบเอกสาร XML โดยใช้เป็นค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการ ทำงานของ NASA World Wind และในเอกสาร XML จะประกอบด้วย ขอบเขตข้อมูลภาพที่ให้บริการ, ความละเอียดจุดภาพที่ให้บริการ, ขนาดของภาพ, ขนาดของชั้นข้อมูลที่หยาบที่สุด, รูปแบบของข้อมูลที่ให้บริการ และพื้นที่ให้บริการ

5.1.4 การพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเผยแพร่ข้อมูล

ลักษณะที่สำคัญของ NASA World Wind คือสามารถเรียกใช้งานข้อมูลที่มีค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตได้ ในการแลกเปลี่ยนและให้บริการข้อมูลผ่านทางเครือข่ายที่ต้องการให้บริการข้อมูลที่มีรายละเอียดสูงจำเป็นต้องมีการพัฒนาเครื่องมือในการให้บริการข้อมูลขึ้น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านทางโปรแกรม NASA World Wind ได้ โดยผลการทดสอบการใช้งานโปรแกรมพบว่าเครื่องมือที่ผู้วิจัยทำการพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการเผยแพร่ข้อมูลนั้น สามารถให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดจุดภาพสูงกว่าข้อมูลที่มีการให้บริการอยู่ในปัจจุบันได้ ประโยชน์ที่ได้รับจากการให้บริการข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดจุดภาพสูงนั้นทำให้ผู้รับบริการสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์สิ่งต่างๆได้ถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ข้อมูลภาพต้นฉบับที่ผ่านกระบวนการจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพมีจำนวนไฟล์ผลลัพธ์จำนวนมาก ทำให้เกิดปัญหาในส่วนของการคัดลอกข้อมูลภาพเพื่อจัดเก็บในตำแหน่งที่พร้อมใช้งาน ทำให้ต้องเสียเวลาในการทำงานส่วนนี้ค่อนข้างมาก

2. ในกระบวนการทำงานของการจัดโครงสร้างข้อมูลภาพใหม่มีขั้นตอนในการทำงานค่อนข้างซับซ้อนและใช้เวลาในการเตรียมข้อมูลนาน ความซับซ้อนของข้อมูลที่เกิดขึ้นเช่นการลดขนาดรายละเอียดจุดภาพลงทีละระดับ ภายในเงื่อนไขของการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ แล้วทำการบันทึกเป็นแฟ้มข้อมูลใหม่ เพื่อให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมใช้งานในขั้นตอนต่อไป ทำให้ข้อมูลที่ได้มีจำนวนมากตามจำนวนชั้นของพีรามิดและมีจำนวนมากตามจำนวนข้อมูลภาพที่ได้จากการแบ่งส่วนข้อมูลภาพด้วย ปัญหาดังกล่าวส่งผลถึงการจัดการข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมใช้งานและความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลที่จะนำไปใช้

3. ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้บางพื้นที่ มีข้อจำกัดในส่วนของการได้มาของข้อมูล ส่งผลถึงขนาดพื้นที่ของข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป ทำให้ผลของการจัดโครงสร้างข้อมูลมีจำนวนชั้นน้อยลงเช่นกัน

4. งานวิจัยครั้งนี้ใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิด ยังไม่มีคู่มือการทำงานที่ละเอียดชัดเจน โดยเฉพาะเครื่องมือที่ใช้ในการทำงานเฉพาะด้าน ทำให้ต้องเสียเวลาในการศึกษาและต้องทำการแก้ปัญหาค่อนข้างมากเพื่อให้โปรแกรมสามารถทำงานได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การจัดการโครงสร้างข้อมูลภาพ ในงานวิจัยนี้สามารถนำวิธีการทดสอบไปประยุกต์ใช้ในการเตรียมข้อมูลภาพ สำหรับการให้บริการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ในโปรแกรมอื่นนอกเหนือจาก NASA World Wind ได้

2. รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลภาพของ NASA World Wind ที่เครื่องลูกข่ายทำการพัฒนาขึ้นโดยภาษา JAVA นั้นมีความแตกต่างจากรูปแบบการจัดเก็บที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ถ้าผู้ใช้ต้องการเผยแพร่ข้อมูลในชุดอื่นๆ จำเป็นต้องมีการแก้ไขรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลให้สอดคล้องกับรูปแบบที่สามารถใช้งานได้ใน NASA World Wind ให้เป็นปัจจุบัน ดังนั้นก่อนการพัฒนาเครื่องมือจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาถึงรูปแบบที่สนับสนุนการใช้งานบน NASA World Wind ก่อนทำการพัฒนาเครื่องมือเผยแพร่ข้อมูล

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

คณะกรรมการต่อรองราคาการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. ขอบเขตงานจ้างทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข มาตราส่วน 1: 4,000 และมาตราส่วน 1: 25,000 โครงการจัดทำแผนที่เพื่อการบริหารทรัพยากรธรรมชาติและทรัพย์สินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (ม.ป.ท.), (อัดสำเนา)

ไพศาล สันติธรรมนนท์. 2550. สถานภาพของซอฟต์แวร์และรหัสเปิดสำหรับภูมิสารสนเทศ. (ม.ป.ท.), (อัดสำเนา)

ภาณุ อุทัยศรี. 2546. การนำเสนอแผนที่พลวัตผ่านอินเตอร์เน็ตด้วยด้วยซอฟต์แวร์รหัสเปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชัย เย่ียงวีรชน. 2549. การสำรวจรังวัด: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สงกรานต์ ทองสว่าง. 2544. MySQL:ระบบฐานข้อมูลสำหรับอินเทอร์เน็ต. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น.

สวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข. 2549. การศึกษาโครงสร้างข้อมูลแผนที่ภาพสำหรับแม่ข่ายแผนที่ประสิทธิภาพสูง. ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2552. ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร:สำนักพิมพ์อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

อรวินท์ จันทร์คำ. 2551. การศึกษา ออกแบบ และพัฒนาระบบจัดการชุดข้อมูลภาพขนาดใหญ่สนับสนุนการเผยแพร่ข้อมูลปริภูมิออนไลน์**.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Anonymous. 2007. Product Comparison [Online]. Available from: http://www.worldwind central.com/ wiki/Product_Comparison [2007, December 14].

Barclay, T. and Gray, J. 2006. How TerraServer Works [Online]. Available from: http://terraserver-usa.com/about.aspx?n=AboutStoryOverview [2008, January 16].

Bell, et al. 2007. NASA World Wind: Opensource GIS for Mission Operations [Online]. Available from: http://www.riacs.edu/research/projects/worldwind/ IEEE_1048_worldwind_ Final.pdf [2007, December 14].

Catlow, D. R. 1986. The multi-disciplinary applications of DEMs. London: Auto Carto London.

Errol, S. 1996. Distributed Information System From Client/Server to Distributed Multimedia. Berkshire: McGraw-Hill.

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

Hensley, S., Rosen, P. and Gurrola, E. 2000. The SRTM Topographic Mapping Processor [Online]. Available from: http://trs-new.jpl.nasa.gov/dspace/bitstream /2014/15095/1/00-1104.pdf [2007, December 21].

Mills, M. 2007. NASA World Wind Tile Structure Technical Documentation [Online]. Available from: http://ceteranet.com/nww-tile-struct.pdf [2008, January 12].

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

Open Source Geospatial. 2006. WMS Tile Caching [Online]. Available from: http://wiki.osgeo.org/index.php/WMS_Tile_Caching [2007, December 21].

Peng, Z. R. and Tsou, M. H. 2003. Internet GIS – Distributed Geographic Information Services for the Internet andWireless Networks. New Jersey: Wiley, Hoboken.

Potmesil, M. 1997. Maps Alive: Viewing Geospatial Information on the WWW [Online]. Available from: http://www.geckil.com/~harvest/www6/Technical/Paper130/ Paper130.html [2008, January 20].

Reed, et al. 2006. An Introduction to GeoRSS: A Standards Based Approach for Geo-enabling RSS feeds [Online]. Available from: http://www.opengeospatial.org /pt/06-050r3 [2007, December 21].

Steven, Y. H. and Tao, V. 2004. 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, January 16].

Sun Microsystems. 2009. MySQL Documentation. [Online]. Available from: http://dev.mysql.com/tech/resources/articles/4.1/gis-with-mysql.html [2009, January 18].

The Open Planning Project. 2009. Geosever Documentation [Tutorials]. [Online]. Available from:http://docs.geoserver.org/1.7.x/en/user/tutorials/imagemosaic-jdbc/imagemosaic- jdbc_tutorial .html [2009, January 18].

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

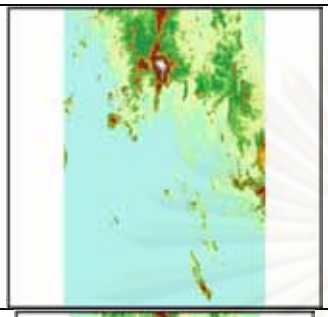
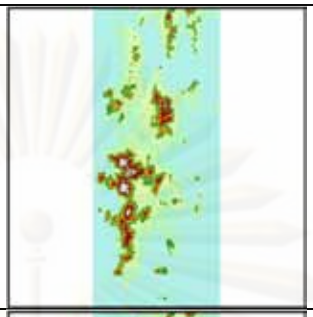
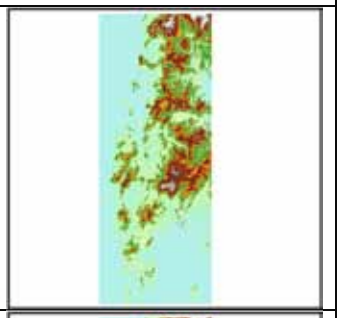
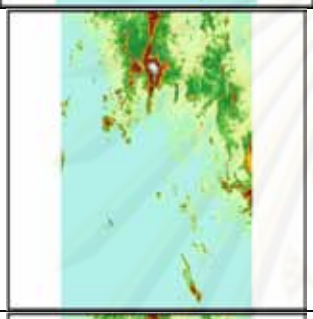
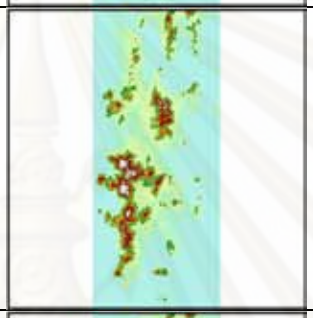
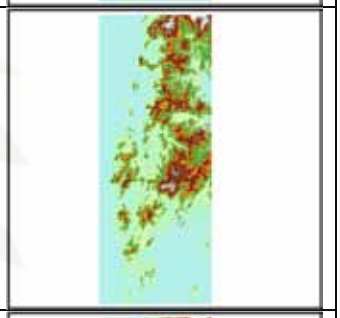
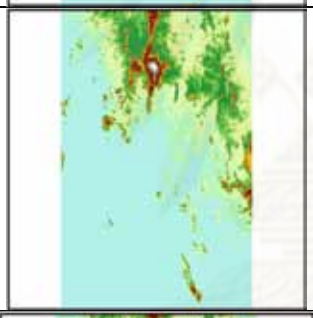
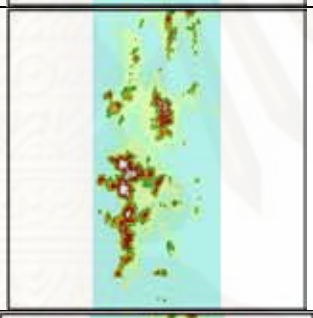
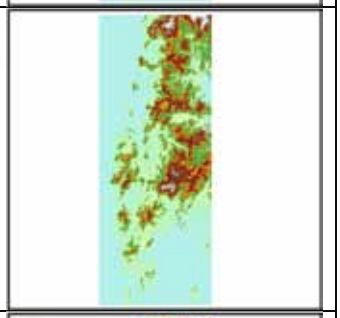
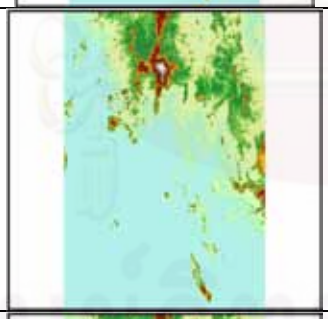
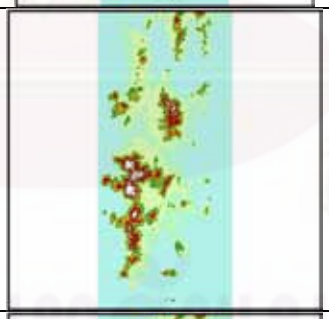
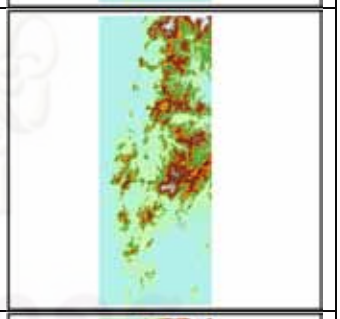
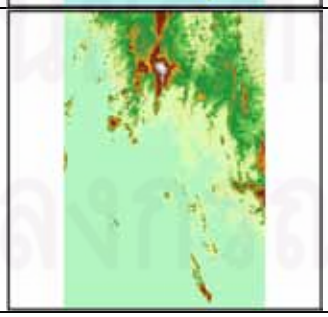
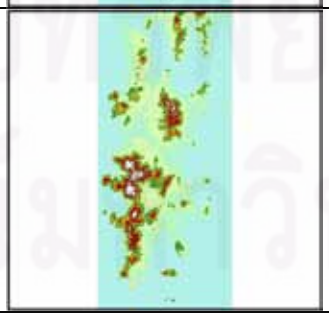
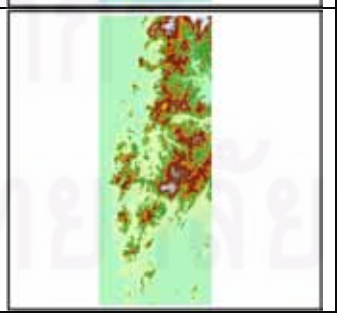
ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

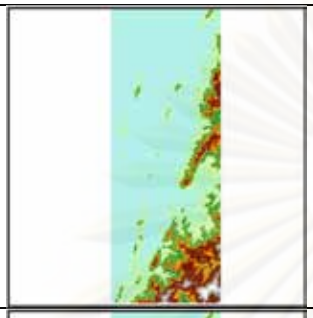
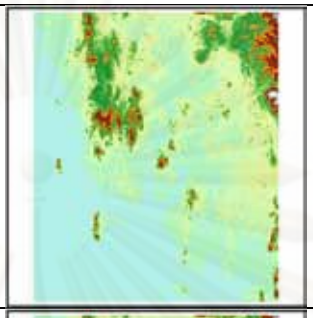
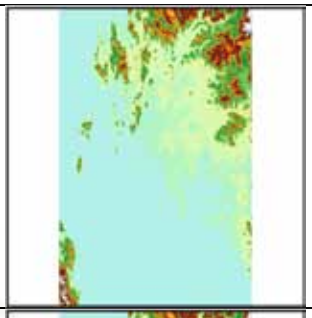
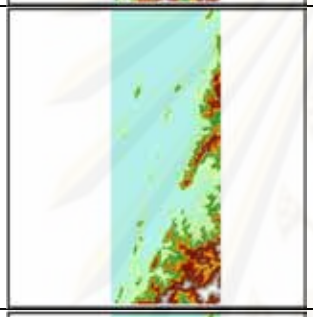
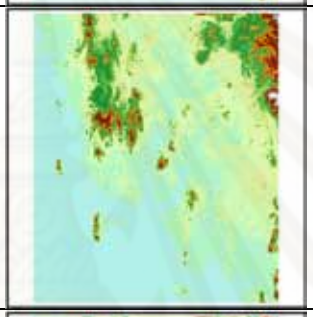
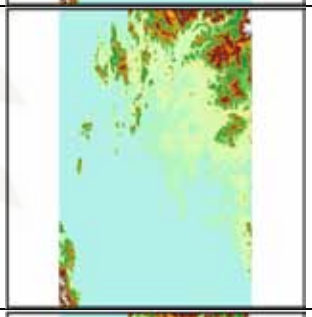
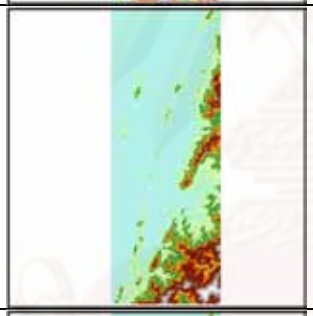
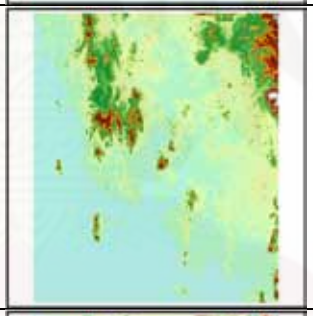
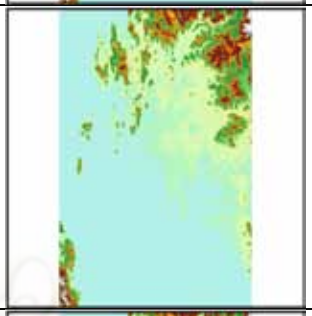
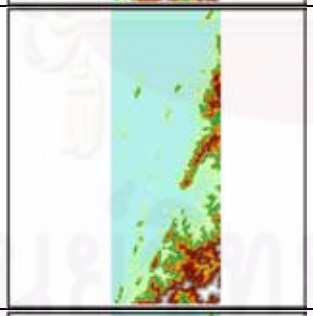
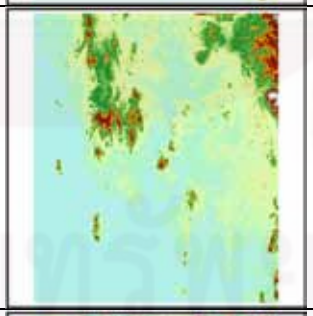
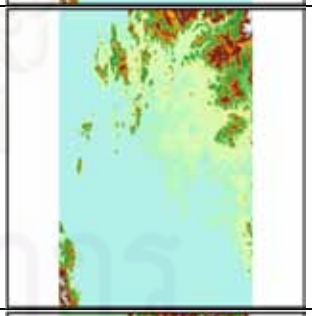
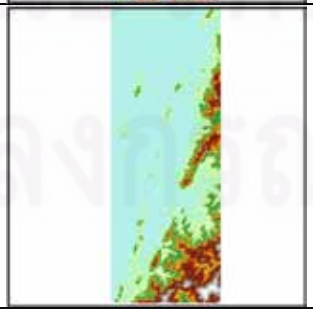
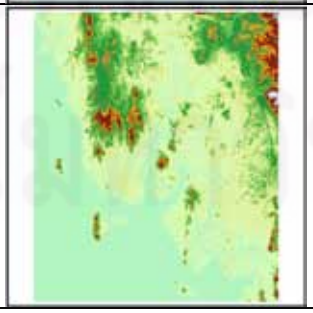
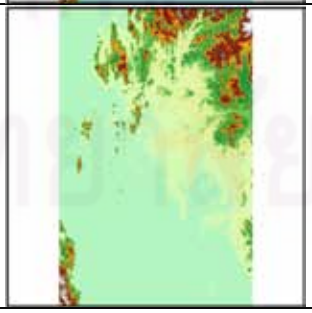
ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

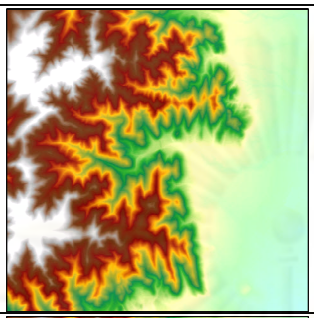
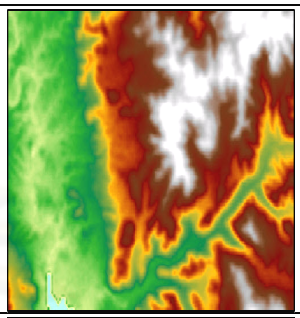
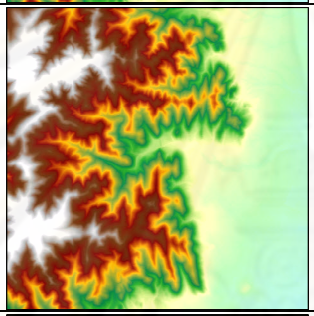
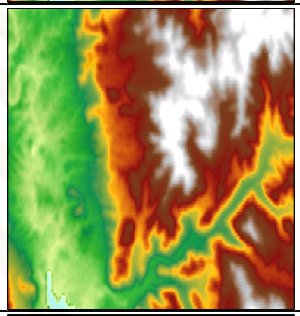
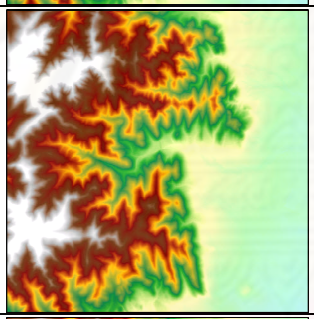
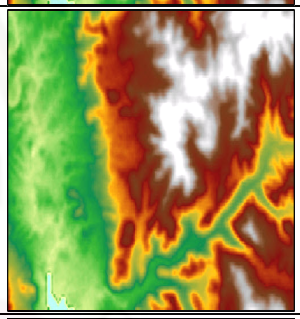
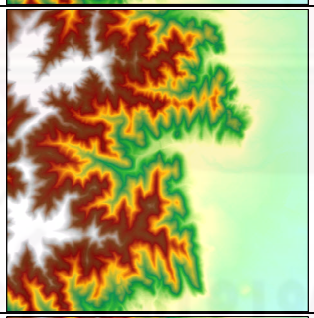
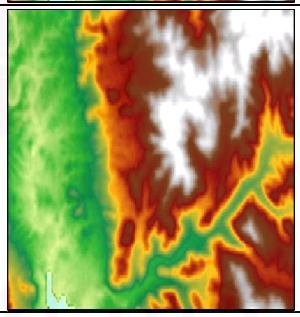
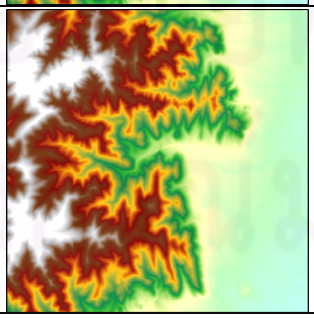
ตารางที่ ก-1 แสดงผลการทำพีรามิดกับข้อมูลแบบจำลองความสูง 8 พื้นที่ศึกษา

ระดับชั้น	ข้อมูลแบบจำลองความสูง(จังหวัด)		
	กระบี่	ภูเก็ต	พังงา
0			
1			
2			
3			
4			

ตารางที่ ก-1 แสดงผลการทำพีรามิดกับข้อมูลแบบจำลองความสูง 8 พื้นที่ศึกษา (ต่อ)

ระดับชั้น	ข้อมูลแบบจำลองความสูง(จังหวัด)		
	ระนอง	ตรัง	สตูล
0			
1			
2			
3			
4			

ตารางที่ ก-1 แสดงผลการทำพีรามิดกับข้อมูลแบบจำลองความสูง 8 พื้นที่ศึกษา (ต่อ)

ระดับชั้น	ข้อมูลแบบจำลองความสูง(จังหวัด)	
	เชียงใหม่	สงขลา
0		
1		
2		
3		
4		-

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสรัญพงศ์ มุสิแก้ว เกิดเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน พ.ศ. 2523 สำเร็จการศึกษาจากมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ คณะเทคโนโลยีการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง เมื่อปี พ.ศ. 2544 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย