

การศึกษา โครงสร้างข้อมูลแผนที่ภาพสำหรับแม่ข่ายแผนที่ประสิทธิภาพสูง

นายสวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A STUDY ON IMAGE MAP DATA STRUCTURE FOR
HIGH PERFORMACNE GEO-IMAGE SERVER

Mr. Sawarin Lerk-u-suke

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 2006

490856

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาโครงสร้างข้อมูลแผนที่ภาพสำหรับแม่ข่ายแผนที่
ประสิทธิภาพสูง

โดย

นายสวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข

สาขาวิชา

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

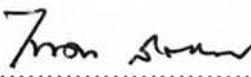
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาโท สาขาวิชา


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิพงศ์ วิญญูประดิษฐ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สรรเพชญ์ ชื่อนิติไพศาล)

สวรินทร์ ฤกษ์อ้อยสุข : การศึกษาโครงสร้างข้อมูลแผนที่ภาพสำหรับแม่ข่ายแผนที่ประสิทธิภาพสูง (A STUDY ON IMAGE MAP DATA STRUCTURE FOR HIGH PERFORMACNE GEO-IMAGE SERVER) อ.ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์, 80 หน้า

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้คือ ศึกษาประสิทธิภาพของโครงสร้างข้อมูลภาพสำหรับชุดข้อมูลภาพดาวเทียมแลนด์แซต 7 ที่ครอบคลุมบริเวณประเทศไทยเพื่อให้บริการข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายโดยอาศัยข้อกำหนดจาก Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC) ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกศึกษามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการข้อมูลภาพ 2 มาตรฐาน ได้แก่ มาตรฐาน Web Map Service (WMS)และมาตรฐาน Web Coverage service (WCS) โดยมีการทดสอบโครงสร้างข้อมูลภาพ 3 แบบคือ ข้อมูลภาพที่ไม่มีการจัดการ โครงสร้างข้อมูลภาพ ข้อมูลภาพที่มีการสร้างพีรามิดข้อมูลภาพและ ข้อมูลภาพที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ ในส่วนของการทดสอบประสิทธิภาพได้จำลองการให้บริการข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายทั้งแบบใช้โครงสร้างเดิมโดยตรง แบบไม่มีการแปลงเส้นโครงแผนที่และแบบมีการแปลงเส้น โครงแผนที่ผ่านเครือข่าย

จากการศึกษาพบว่ามาตรฐาน WMS มีวัตถุประสงค์หลักคือการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่ ภาพแบบสถิตเป็นหลักส่วนมาตรฐาน WCS นั้นเน้นการจัดการหาข้อมูลภาพและข้อมูลกริดตามคำร้องขอ ในส่วนของการจัดการ โครงสร้างข้อมูลภาพนั้นทั้งเทคนิคการแบ่งส่วนข้อมูลภาพและการสร้างพีรามิด ข้อมูลภาพสามารถช่วยให้เครื่องแม่ข่ายแผนที่ให้บริการข้อมูลภาพได้ดีขึ้น โดยเทคนิคการสร้างพีรามิด ข้อมูลภาพช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้ดีกว่าการแบ่งส่วนข้อมูลภาพอย่างชัดเจนเนื่องจากเทคนิคดังกล่าว ได้มีการเตรียมข้อมูลภาพที่เหมาะสมสำหรับการให้บริการไว้แล้ว ซึ่งเป็นการช่วยลดภาระงานของ เครื่องแม่ข่ายแผนที่ได้อย่างชัดเจน ส่วนเทคนิคการแบ่งส่วนข้อมูลภาพนั้นจะเพิ่มประสิทธิภาพของแม่ ข่ายแผนที่แตกต่างกันตามขนาดของไทล์ โดยขนาดของไทล์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองครั้งนี้ได้แก่ ขนาด 256 จุดภาพ

ภาควิชา.....วิศวกรรมสำรวจ..... ลายมือชื่อนิสิต..... สวรินทร์ ฤกษ์อ้อยสุข
สาขาวิชาระบบสารสนเทศภูมิทางวิศวกรรม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... ทวีกร อธิวัฒน์
ปีการศึกษา 2549

4670549421: MAJOR Spatial Information System In Engineering

KEY WORD: LANDSAT / TILING / PYRAMID / WMS / WCS /

SAWARIN LERK-U-SUKE : A STUDY ON IMAGE MAP DATA STRUCTURE FOR HIGH PERFORMACNE GEO-IMAGE SERVER.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF.PHISAN SANTITAMNONT, 80 pp.

The aim of this research is to study on performance of differences data structures for satellite imageries. A set of color-composite Landsat-7 data covering Thailand is chosen since satellite data are often generated and have demand of rapid map service for wider uses. The study makes use of two implementation specification of Open Geospatial Consortium (OGC), Web Map Service (WMS) and Web Coverage Services (WCS). Three kinds of imagery data structures are developed: direct use of existing imagery format, tiled and pyramided structure. Then these prepared datasets are served over map services. Several scenarios of usages and operations are tested e.g. zooming, map projection transformation.

As a conclusion, direct use of most satellite images acquired from space results difficulty in edge matching between neighboring scenes because of non-rectangle frame. Restructuring the image by providing alpha-channel the image will solve the problem. The OGC WMS is designed for providing rendered picture of map where as OGC WCS is intend to serve the data of raster and gridded data upon user's request. Restructuring of the satellite imagery help obviously improving performance of geo-image service. Different tile-sizes affect different degrees of performance improvement. Pyramided imagery structure provides user appropriate image size and dramatically saves bandwidth where as tiling structure improves memory and storage access time. Combinations of the two techniques will certainly gain more speed of image delivery. Another result from this research environment is the most suitable tile-size is 256 by 256 pixel.

Department ... Survey Engineering Student's signature *สวรินทร์ เล르크อุสุเก*
Field of study ... Spatial Information System in Engineering Advisor's signature *Phisan Santitamnont*
Academic year.....2006.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ทั้งด้านการเรียนและการทำงานวิจัย ตลอดจนการ ตรวจสอบวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ให้ กับข้าพเจ้า และขอขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุทธิพงษ์ วิญญูประดิษฐ์ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.สรรเพชญ์ ชื่อนิติไพศาล ที่ได้คำแนะนำในการศึกษาวิจัยและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์ รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ และ คำแนะนำที่ดีและเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณพี่ศักดิ์ชาย อนุตรเมธากุลผู้ที่แนะนำให้ข้าพเจ้ารู้จักกับซอฟต์แวร์เสรีในงาน สารสนเทศภูมิศาสตร์ รวมถึงความกรุณาในการให้คำแนะนำ อบรมสั่งสอนและความช่วยเหลือที่มี ประโยชน์จนทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณสำหรับมิตรภาพและความห่วงใยที่ได้รับจาก เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ทุกคนใน ระหว่างทำการศึกษา ณ สถาบันแห่งนี้

ท้ายสุดนี้ขอมอบความดีของวิทยานิพนธ์ เพื่อเป็นกตเวทิตาคุณแก่บิดา มารดา ญาติที่เคารพและ คณาจารย์ทุกท่าน และข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าความรู้ที่ได้จากวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้จะก่อประโยชน์ ต่อสังคมและประเทศชาติสืบไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อไทย.....	ง
บทคัดย่ออังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 แนวเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญ.....	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	5
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ข้อมูลภาพ (Imagery Data)และ แผนที่ภาพ (Image Map).....	6
2.1.1 องค์ประกอบเชิงภาพของเซลล์ (Picture Elements of cells).....	6
2.1.2 คำอธิบายข้อมูล (Metadata).....	8
2.1.3 การปรับซัดเชิงปริภูมิ (Spatial Registration).....	8
2.1.4 การเข้ารหัส (Coding).....	9
2.2 การอ้างอิงตำแหน่งโลกของข้อมูลภาพ.....	9
2.3 รูปแบบข้อมูลภาพ.....	13
2.3.1 มาตรฐานโดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization).....	13
2.3.2 มาตรฐานการแลกเปลี่ยนข้อมูลภูมิศาสตร์เชิงเลข (Digital Geographic Information Exchange Standard).....	14
2.3.3 มาตรฐานการแลกเปลี่ยนข้อมูลเชิงปริภูมิ (Spatial Data Transfer standard).....	15
2.3.4 มาตรฐานโดยองค์การระหว่างประเทศว่าด้วยอุทกศาสตร์ (International Hydrographic Organization).....	15

สารบัญ

	หน้า
2.3.5 มาตรฐาน โดยคณะกรรมการด้านดาวเทียมสำรวจ โลก (Committee on Earth Observation Satellites)	15
2.3.6 มาตรฐาน EOSDIS/HDF	16
2.3.7 มาตรฐาน โดยสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (International Telecommunication Union; ITU)	17
2.3.8 มาตรฐาน โดย Open GIS Consortium (OGC).....	17
2.3.9 รูปแบบข้อมูลภาพแบบเฉพาะ (private formats).....	18
2.4 เครือข่ายและการบริการข้อมูลผ่านเครือข่าย	21
2.4.1 เครือข่ายชนิดรูปดาว (Star Network).....	21
2.4.2 เครือข่ายชนิดรถบัส (Bus Network).....	22
2.4.3 เครือข่ายแบบวงแหวน (Ring Network).....	23
2.4.4 เครือข่ายเฉพาะที่ (Local Area Network; LAN).....	23
2.4.5 เครือข่ายบริเวณกว้าง (Wide Area Network; WAN).....	23
2.4.6 อินเทอร์เน็ต.....	23
2.4.7 โพรโตคอล.....	24
2.5 ข้อกำหนดและมาตรฐานการให้บริการข้อมูลสารสนเทศปฎิภูมิโดย OGC.....	24
2.6 แม่ข่ายแผนที่ (Map Server).....	24
2.7 มินเนโซตา แมพเซิร์ฟเวอร์ (Minnesota MapServer).....	25
2.8 คลังโปรแกรมจีคาล.....	26
2.9 เทคนิคการจัดการ โครงสร้างข้อมูลภาพ.....	28
2.9.1 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ (Tiling).....	28
2.9.2 การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ (Pyramiding).....	28
2.9.3 การสร้างดัชนีข้อมูลภาพ (tile index).....	30
2.9.4 เทคนิคไทล์แคชซิง (Tile caching)	30
2.10 ข้อมูลภาพดาวเทียมแลนด์แซต 7.....	31
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	32
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	35
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	35
3.2 การเตรียมข้อมูลภาพสำหรับงานวิจัย.....	36

สารบัญ

	หน้า
3.2.1 การได้มาของข้อมูลภาพ.....	36
3.2.2 การผสมสี การปรับปรุงการแยกต่างเชิงปริภูมิและการสร้างข้อมูลภาพสีใกล้เคียง ธรรมชาติ.....	38
3.2.3 การสร้างชั้นข้อมูลโปร่งใส.....	40
3.2.4 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพ.....	41
3.2.5 การสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ.....	42
3.3 การติดตั้งแม่ข่ายแผนที่และชุดโปรแกรมสำหรับทดสอบประสิทธิภาพ.....	43
3.4 การวัดประสิทธิภาพของโครงสร้างข้อมูลภาพแบบต่างๆ.....	44
3.4.1 การวัดประสิทธิภาพของการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ.....	44
3.4.2 การวัดประสิทธิภาพของการสร้างพีรามิดข้อมูลภาพ.....	44
3.4.3 การวัดประสิทธิภาพของโครงสร้างข้อมูลภาพที่มีผลต่อการแปลงระบบพิกัด.....	45
3.4.4 การทดสอบรูปแบบข้อมูลภาพที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแผนที่ภาพของเครื่อง แม่ข่ายแผนที่.....	45
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	46
4.1 มาตรฐานการให้บริการข้อมูลภาพผ่านเครือข่าย.....	46
4.1.1 กฎพื้นฐานทั่วไปสำหรับการร้องขอผ่าน HTTP.....	46
4.1.2 Web Map Service (WMS).....	47
4.1.3 Web coverage Service (WCS).....	53
4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมข้อมูลและขนาดหน่วยความจำสำหรับจัดเก็บข้อมูล.....	59
4.2.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมข้อมูล.....	59
4.2.2 หน่วยความจำสำหรับจัดเก็บข้อมูลภาพ.....	60
4.3 ผลที่ได้จากการทดสอบการจัดการ โครงสร้างข้อมูลภาพ.....	61
4.3.1 ประสิทธิภาพของโครงสร้างข้อมูลภาพ.....	61
4.3.2 รูปแบบข้อมูลแผนที่ภาพที่ได้รับจากเครื่องแม่ข่ายแผนที่.....	63
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา.....	66
5.1 สรุปผล.....	66
5.1.1 การศึกษามาตรฐานการให้บริการข้อมูลภาพ.....	66
5.1.2 การเตรียมข้อมูลภาพ.....	67

สารบัญ

	หน้า
5.1.3 ประสิทธิภาพที่ได้จากการจัดการ โครงสร้างข้อมูลภาพ.....	67
5.1.4 รูปแบบแผนที่ภาพที่ได้จากเครื่องแม่ข่ายแผนที่.....	69
5.1.5 เทคนิคไทม์แคชชิง.....	69
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	70
5.2.1 การใช้งานซอฟต์แวร์เสรี.....	70
5.2.2 การเตรียมข้อมูลภาพ.....	70
5.2.3 การระบุพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการข้อมูลภาพผ่านเครือข่าย.....	71
5.2.4 การวัดประสิทธิภาพของการจัดการ โครงสร้างข้อมูลภาพ.....	72
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	72
5.3.1 เทคนิคและมาตรฐานการให้บริการข้อมูลภาพผ่านเครือข่าย.....	72
5.3.2 การเตรียมข้อมูลภาพ.....	72
5.3.3 การเลือกใช้งานรูปแบบข้อมูลภาพ.....	73
5.3.4 การจัดการ โครงสร้างข้อมูลภาพ.....	73
5.3.5 เทคนิคไทม์แคชชิง.....	74
5.3.6 การสนับสนุนการใช้งานซอฟต์แวร์เสรี.....	74
รายการอ้างอิง.....	75
ภาคผนวก.....	76
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	80

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงระบบการอ้างอิงตำแหน่งโลกและรหัสที่มีการใช้งานในประเทศไทย.....	11
ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของข้อมูลเวกต์ไฟล์.....	12
ตารางที่ 2.3 แสดงมาตรฐานรูปแบบข้อมูลภาพและหน่วยงานที่ดูแลและรับผิดชอบ.....	20
ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดโปรแกรมประยุกต์จากคลังโปรแกรม GDAL.....	27
ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดโปรแกรมประยุกต์จากคลังโปรแกรม OGR.....	27
ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดของข้อมูลภาพจากดาวเทียมแลนด์แซต 7.....	31
ตารางที่ 2.7 แสดงรายละเอียดส่วนซ้อนด้านข้างข้อมูลภาพ.....	31
ตารางที่ 2.8 แสดงรายละเอียดของช่วงคลื่นและความยาวคลื่นที่ตรวจวัด.....	32
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	36
ตารางที่ 4.1 แสดงสัญลักษณ์พื้นฐานของคำร้องขอ.....	46
ตารางที่ 4.2 แสดงการระบุค่าพารามิเตอร์ผ่านทาง HTTP ด้วยวิธี GET.....	46
ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการ GetCapabilities.....	48
ตารางที่ 4.4 แสดงรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการบวนการ GetMap.....	49
ตารางที่ 4.5 แสดงรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการบวนการ GetFeatureInfo.....	51
ตารางที่ 4.6 แสดงรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการ GetCapabilities.....	54
ตารางที่ 4.7 แสดงรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการ DescribeCoverage.....	55
ตารางที่ 4.8 แสดงรายละเอียดของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการ GetCoverage.....	56
ตารางที่ 4.9 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมข้อมูลก่อนการจัด โครงสร้างข้อมูลภาพ.....	59
ตารางที่ 4.10 แสดงระยะเวลาที่ใช้ในการจัด โครงสร้างข้อมูลภาพในขั้นเตรียมข้อมูล.....	59
ตารางที่ 4.11 แสดงระยะเวลาโดยประมาณในการแปลงระบบพิกัดอ้างอิง.....	60
ตารางที่ 4.12 แสดงพื้นที่ขนาดหน่วยความจำสำหรับจัดเก็บข้อมูลภาพ.....	60
ตารางที่ 4.13 แสดงระยะเวลาที่ใช้ (วินาที) สำหรับคำร้องให้ผลิตแผนที่แบบเต็มระวาง ของข้อมูลตัวอย่าง โชน 47.....	61
ตารางที่ 4.14 แสดงระยะเวลาที่ใช้ (วินาที) สำหรับคำร้องให้ผลิตแผนที่แบบเต็มระวาง ของข้อมูลตัวอย่าง โชน 48.....	61
ตารางที่ 4.15 แสดงระยะเวลาที่ใช้ (วินาที) สำหรับการร้องขอที่มีการดึงภาพขนาด มาตราส่วนต่างๆ ของข้อมูลตัวอย่าง โชน 47.....	62
ตารางที่ 4.16 แสดงระยะเวลาที่ใช้ (วินาที) สำหรับการร้องขอที่มีการดึงภาพขนาด มาตราส่วนต่างๆ ของข้อมูลตัวอย่าง โชน 48.....	62

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.17 แสดงระยะเวลาที่ใช้สำหรับคำร้องขอให้ผลิตแผนที่ภาพแบบมีการแปลงค่า ระบบพิกัดอ้างอิงของข้อมูลตัวอย่างทั้ง 2 โซน	62
ตารางที่ 4.18 แสดงขนาดหน่วยความจำของข้อมูลภาพรูปแบบต่างๆ	65

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงรายละเอียดข้อมูลการปรับขีดเชิงปริภูมิของข้อมูลภาพ	11
รูปที่ 2.2 แสดงวิธีการคำนวณค่าพิกัดจากข้อมูลเวกต์ไฟล์และตัวอย่างการคำนวณ	12
รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างรายละเอียดในเวกต์ไฟล์	13
รูปที่ 2.4 แสดงเครือข่ายชนิดรูปดาว	22
รูปที่ 2.5 แสดงเครือข่ายชนิดรถบัส	22
รูปที่ 2.6 แสดงเครือข่ายชนิดวงแหวน	23
รูปที่ 2.7 แสดงแบบจำลองแม่ข่าย-ลูกข่าย	25
รูปที่ 2.8 การแบ่งส่วนข้อมูลภาพที่มีขนาดแตกต่างกัน	28
รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการสร้างชั้นพีรามิดข้อมูลภาพ	29
รูปที่ 2.10 แสดงการจัดเก็บข้อมูลภาพที่ผ่านการสร้างพีรามิดข้อมูล	29
รูปที่ 2.11 แสดงข้อมูลภาพและดัชนีข้อมูลภาพ	30
รูปที่ 2.12 แสดงการให้บริการข้อมูลของโครงการ ICEDS	33
รูปที่ 2.13 แสดงรายการข้อมูลจากโครงการ OnEarth โดยเรียกดูผ่าน โปรแกรม uDig	33
รูปที่ 2.14 แสดงการอ่านค่าพิกัดระหว่างข้อมูลภาพของโปรแกรมเวกต์วินด์	34
รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลภาพของโปรแกรม เวกต์วินด์	34
รูปที่ 3.1 แสดงหน้าต่างหลักของการให้บริการข้อมูลภาพ โดย GLCF	37
รูปที่ 3.2 แสดงพื้นที่ครอบคลุมประเทศไทยของภาพดาวเทียมแต่ละระวาง	37
รูปที่ 3.3 แสดงข้อมูลภาพตัวอย่างที่ผ่านการผสมสีแบบ Red (7) Green (4) Blue (2)	38
รูปที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลภาพก่อนและหลังการทำ Pansharpening	39
รูปที่ 3.5 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลก่อนและหลังการทำสีใกล้เคียงธรรมชาติ	39
รูปที่ 3.6 แสดงผังการผสมสี การปรับปรุงการแยกต่างเชิงปริภูมิและการสร้างสีใกล้เคียง ธรรมชาติ	40
รูปที่ 3.7 แสดงการซ้อนทับกันบริเวณขอบข้อมูลภาพ	41
รูปที่ 3.8 แสดงข้อมูลภาพที่มีการเพิ่มขึ้นข้อมูลโปร่งใส	41
รูปที่ 3.9 แสดงรูปแบบการใช้งานและตัวอย่างการใช้งาน โปรแกรมประยุกต์ gdal_translate	42
รูปที่ 3.10 แสดงรายละเอียดการแบ่งส่วนข้อมูลภาพขนาด 512 x 512 จุดภาพ	42
รูปที่ 3.11 ไวยากรณ์และตัวอย่างการใช้งาน โปรแกรมประยุกต์ gadladdo	43
รูปที่ 3.12 แสดงรายละเอียดชั้นพีรามิดข้อมูลภาพจำนวน 3 ชั้น	43
รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างคำสั่ง GetCapabilities	48
รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้คำสั่ง GetCapabilities ผ่านเบราว์เซอร์	48

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างชั้นข้อมูลที่มีให้บริการของเครื่องแม่ข่ายแผนที่ผ่าน โปรแกรม uDig	49
รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างข้อมูลแผนที่ภาพจากกระบวนการ GetMap	51
รูปที่ 4.5 แสดงตัวอย่างการใช้งานกระบวนการ GetCapabilities ของ WCS	54
รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ GetCapabilities	54
รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่างการใช้งานกระบวนการ DescribeCoverage	55
รูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ DescribeCoverage	55
รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างคำร้องขอกระบวนการ GetCoverage	57
รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ GetCoverage	57
รูปที่ 4.11 แสดงตัวอย่างข้อมูล DEM (16 บิต) ที่สามารถใช้งานผ่าน WCS ด้วย GetCoverage	57
รูปที่ 4.12 แสดงตัวอย่างการใช้งาน GetCoverage สำหรับการผสมสีข้อมูลภาพ	58
รูปที่ 4.13 แสดงตัวอย่างข้อมูลภาพที่ผ่านการผสมสีข้อมูลแบบต่างๆ	58
รูปที่ 4.14 แสดงแผนที่ภาพรูปแบบ JPEG	64
รูปที่ 4.15 แสดงแผนที่ภาพรูปแบบ PNG	64
รูปที่ 4.16 แสดงแผนที่ภาพรูปแบบ PNG24	65
รูปที่ 5.1 แสดงตัวอย่างขอบเขตข้อมูลภาพที่มีการเตรียมด้วยโปรแกรม NASA Worldwind	70
รูปที่ 5.2 แสดงข้อมูลภาพที่มีขนาดถูกต้องและข้อมูลภาพที่ผ่านการยืด	71
รูปที่ 5.3 แสดงรายละเอียดของชั้นพีรามิดข้อมูลภาพ level 0 (บน) และ level 1 (ล่าง).....	73