

การจำลองภาพภูมิประเทศที่เหมือนจริงโดยอาศัยแผนที่ภูมิประเทศ

และภาพถ่ายดาวเทียม

RECONSTRUCTION OF REALISTIC TOPOGRAPH FROM TOPOGRAPHIC MAP AND
SATELLITE IMAGERY



นายธีรพล ปวีตรปก

MR.THEERAPOL PAVTIPOK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 27265

พ.ศ. 2539

วัน, เดือน, ปี..... 18 ส.ค. 2540

ISBN 974-621-654-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**RECONSTRUCTION OF REALISTIC TOPOGRAPHY FROM TOPOGRAPHIC MAP
AND SATELLITE IMAGERY**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

1996

ISBN 974-621-654-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การจำลองภาพภูมิประเทศที่เหมือนจริงโดยอาศัยแผนที่
ภูมิประเทศและภาพถ่ายดาวเทียม

นักศึกษา

นายธีรพล ปวีตรปก

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์

ระดับการศึกษา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.

2539

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์พื้นที่ภูมิประเทศในด้านการสำรวจ โดยอาศัยแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งมีลักษณะ
สองมิติมาวิเคราะห์ระดับความสูง มีความซับซ้อนในการจินตนาการมาก ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้
เป็นการเสนอเทคนิค การจำลองภาพโดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข
ทางภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถสร้างโดยนำแผนที่ภูมิประเทศผ่านเครื่องดิจิทัลเซอร์สำหรับลอกลายเส้น
ระดับความสูง เส้นระดับความสูงดังกล่าวจะเข้าขบวนการสเกลลดต้น เพื่อให้เส้นระดับความสูงมี
ความบางและใช้ทฤษฎีการแก้ไขทางเรขาคณิต เพื่อให้ข้อมูลเส้นระดับความสูงทางภูมิศาสตร์
กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเข้ากันได้ จากนั้นอาศัยทฤษฎีคิวบิกสไปไลน์อินเตอร์โพลชันเพื่อหาค่า
ความสูงแต่ละจุดภาพของข้อมูลเส้นระดับความสูง แล้วนำมาพล็อตเป็นภาพสามมิติร่วมกับภาพ
ถ่ายดาวเทียม ซึ่งผลที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงธรรมชาติ ภาพดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ใน
งานด้านการสำรวจและด้านอื่นๆ ได้อย่างกว้างขวาง

Thesis Title **Reconstruction of Realistic Topography from Topographic Map and Satellite Imagery**

Student **Mr.Theerapol Pavitpok**

Thesis Advisor **Assoc.Prof.Dr. Fusak Cheevasuvit**

Level of Study **Master of Engineering in Electrical Engineering**

Department **Computer Engineering Faculty of Engineering**
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Year **1996**

Abstract

Satellite image analysis is quite difficult to imagine when 2-dimensional topographic map is used for surveying. This thesis, presents a technique to reconstruct the realistic topography from satellite imagery and digital terrain model (DTM). The DTM is acquired by using digitizer device for copy the contour line from topographic map. The complete contour line is attained by skeleton procedure and geometric correction is applied for matching the contour lines of map on to the satellite image. Then, the terrain elevation of each pixel of contour lines is assigned by using cubic spline interpolation. The complete contour lines and satellite image data are combined to plot a 3-dimensional image on the monitor screen. Therefore, this 3-dimensional image will be easily used for surveying and the another applications.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความช่วยเหลือและสนับสนุนจากบุคคลหลายฝ่าย ในเบื้องแรกขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ที่ช่วยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. พุศิกดิ์ ชีวสุวิทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งผู้เขียนถือว่าเป็นครูผู้ให้โลกทัศน์ใหม่ในด้านการวิจัย และด้านการประมวลผลภาพแก่ผู้เขียน ยิ่งกว่านี้ท่านอาจารย์ยังได้กรุณาให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ จนทำให้ผู้เขียนสามารถทำการวิจัยสำเร็จลุล่วงได้

ท้ายที่สุดผู้เขียนขอขอบคุณพี่ๆและเพื่อนๆทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือผู้เขียนในด้านต่างๆ โดยเฉพาะพี่ๆและเพื่อนๆที่ห้องวิจัยและบริษัท ซีเกท ที่คอยเป็นธุระให้ผู้เขียนในยามที่ผู้เขียนติดภารกิจ และยังช่วยพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ธีรพล ปวีตรปก

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่	
1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
2. แผนที่ภูมิประเทศ.....	4
ข้อมูลตัวเลขบนเส้นกราฟ.....	5
3. ภาพถ่ายดาวเทียม.....	7
ดาวเทียม MOS-1.....	8
ดาวเทียม LANDSAT.....	11
ดาวเทียม SPOT.....	14
4. การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในประเทศไทย.....	16
การสร้างข้อมูลระดับความสูงเชิงตัวเลข.....	18
ดิจิทัลเซอร์.....	19
การทำเส้นบาง.....	20
การปรับปรุงบริเวณห้กลมของสเกลอดีน.....	23
การกำหนดความสูงให้กับเส้นระดับความสูง.....	26
สหสัมพันธ์ลูกโซ่.....	27
Cubic Spline Interpolation.....	29
Median Filter.....	32
Selection Sort.....	34

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5. การแก้ไขทางเรขาคณิต.....	36
การแสดงผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม.....	36
การประมาณข้อมูลหลายระดับ.....	37
การปรับปรุงพิกัดที่มีค่าแตกต่างกัน.....	41
6. การสร้างภาพสามมิติบนจอคอมพิวเตอร์.....	46
การแสดงจุดในระบบ 3 มิติ.....	46
การแปลงระบบระหว่างระบบพิกัด Rectangular และระบบพิกัด Spherical.....	47
การแสดงผลภาพในลักษณะ 3 มิติ.....	48
Center Projection.....	48
การแปลงพิกัดระหว่าง World coordinate กับ Eye coordinate.....	49
การแปลงให้อยู่ในพิกัดจอภาพ.....	50
การ Projection โดยจุดมองอยู่ตำแหน่งใดๆ.....	51
7. ผลการทดลองและบทสรุป.....	59
ผลการทดลอง.....	59
สรุปผลการทดลอง.....	60
ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ.....	60
บรรณานุกรม.....	62
ประวัติผู้เขียน.....	64
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	65

สารบัญภาพ

	หน้า
1. แสดงลักษณะดาวเทียม MOS-1.....	10
2. แสดงลักษณะดาวเทียม LANDSAT.....	14
3. แสดงลักษณะดาวเทียม SPOT.....	16
4. แสดงแผนภูมิการสร้างข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข.....	18
5. แสดงแผนที่ภูมิประเทศบริเวณจังหวัดเชียงใหม่.....	19
6. ภาพข้อมูลเส้นระดับความสูงบริเวณจังหวัดเชียงใหม่.....	20
7. โครงสร้างหน้าฉากในการทำเส้นบาง.....	21
8. ตัวอย่างในการแสดง $N(P1) = 4$ และ $S(P1) = 3$	22
9. แสดงการทำขบวนการสเกลอิตันในขั้นตอนต่างๆ.....	23
10. แสดงแผนภูมิการทำเส้นระดับความสูงให้มีขนาด 1 จุดภาพ.....	24
11. แสดงบริเวณมุมหักของสเกลอิตัน.....	25
12. แสดงทิศทางของสเกลอิตันก่อนลบจุดซ้อนทับ.....	25
13. แสดงทิศทางของสเกลอิตันหลังลบจุดซ้อนทับ.....	25
14. แสดงลายเส้นระดับความสูงบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ที่ถูกกำหนดความสูงแล้ว.....	26
15. รหัสที่ใช้กับขอบพื้นที่.....	27
16. การเข้ารหัสให้กับพื้นที่.....	28
17. แสดงการหาจุดเริ่มต้น.....	28
18. การหาความต่อเนื่องของเส้นระดับความสูงเพื่อใส่รหัส.....	29
19. การสร้างสไปล์นผ่านจุดคงที่.....	30
20. แสดงรูปแบบและขนาดหน้าต่างในการตรวจสอบ.....	33
21. แสดง Cross Median Filter ขนาด 5×5	33
22. แสดงการเรียงข้อมูลจากค่าน้อยไปหามาก.....	34
23. แสดงภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณจังหวัดเชียงใหม่จากดาวเทียม MOS- 1.....	38
24. แสดงภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ที่ผ่านวิธีการประมาณข้อมูลหลายระดับ.....	39
25. แสดงตาราง Dither.....	39
26. การกำหนดความหมายของบิตต่างๆในค่าลำดับของตารางสี.....	40

สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
27. แสดงขั้นตอนในการประมวลผลข้อมูลระดับสี.....	41
28. แสดงหลักการของการแก้ไขทางเรขาคณิต.....	41
29. แสดงทิศทางในการอ้างอิงของข้อมูลทั้งสอง.....	44
30. แสดงพิกัดใหม่ของการแก้ไขทางเรขาคณิต.....	44
31. แผนภูมิการกำหนดจุดอ้างอิง.....	45
32. แสดงระบบพิกัดภูมิมือขวาและพิกัดภูมิมือซ้าย.....	46
33. การเปรียบเทียบระหว่างระบบพิกัด Rectangular กับ พิกัด Spherical.....	47
34. แสดงการทำ Center Projection.....	48
35. แสดงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปร.....	51
36. แสดงการทำ Projection แบบจุดมองอยู่ในตำแหน่งใดๆ.....	52
37. แสดงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับจอภาพ.....	55
38. แสดง 4 ขั้นตอนของการแปลงพิกัด World Coordinate ไปสู่ Eye coordinate.....	56
39. แสดงความแตกต่างของทิศทางบนระนาบ X,Y.....	57
40. แสดงภาพสามมิติบริเวณจังหวัดเชียงใหม่.....	59

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันภูมิประเทศของประเทศไทยมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องมาจากการกระทำของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงจากธรรมชาติเช่นการระเบิดภูเขาเพื่อนำหินที่ได้มาใช้ในการก่อสร้าง ทำเส้นทางคมนาคมต่างๆหรือแม้แต่การเกิดแผ่นดินไหวที่ทำให้พื้นที่มีการเคลื่อนตัว ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นเพียงตัวอย่างที่เห็นได้ชัดที่ทำให้ภูมิประเทศของประเทศไทยเปลี่ยนแปลงไป จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้ต้องอาศัยเทคโนโลยีทางด้านดาวเทียมจากต่างประเทศเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงต่างๆของสภาพพื้นที่ อาทิระดับความสูงของพื้นที่ ลักษณะของแม่น้ำลำคลองที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งมีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชากรที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าว เทคโนโลยีทางด้านดาวเทียมนี้ถูกนำมาใช้ในหลายแขนง เช่น ด้านการทหาร ด้านอุตุนิยมวิทยา ด้านการสำรวจพื้นที่ภูมิประเทศ และด้านอื่นๆ อีกมาก

การสำรวจพื้นที่ภูมิประเทศหรือการสำรวจระยะไกล(Remote sensing) จะถูกใช้ในด้านการสำรวจการเปลี่ยนแปลงต่างๆบนพื้นผิวของโลกดังกล่าวมาแล้วโดยสังเขปในเบื้องต้น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นเป็นเพียงข้อมูลของระดับความเข้มในการสะท้อนของความยาวคลื่นต่างๆที่ตกกระทบพื้นผิวโลก ส่วนหนึ่งจะถูกพื้นผิวโลกดูดซับไว้และบางส่วนจะสะท้อนออกมาซึ่งจะถูกดาวเทียมทำการรับค่าระดับความเข้มของความยาวคลื่นนั้นไว้ ความเข้มที่ได้รับจากความยาวคลื่นนี้จะมีความแตกต่างกันตามพื้นที่ของแต่ละส่วนของโลก เนื่องจากแสงที่ตกกระทบบนผิวโลกจะมีการสะท้อนที่ความยาวคลื่นต่างๆไม่เท่ากัน ขึ้นกับสภาพภูมิประเทศนั้นๆ เช่น สภาพพื้นที่ที่เป็นทะเลจะสะท้อนความยาวคลื่นที่แตกต่าง กับ สภาพพื้นที่ที่เป็นภูเขาหรือที่ลุ่ม จากลักษณะดังกล่าวสามารถแยกความแตกต่างระหว่าง ทะเล ที่ลุ่ม ที่ดอน หรือภูเขาได้ แต่ความสามารถในการแยกชนิดของพื้นที่ต่างๆนั้นไม่ได้รวมถึงความสูงของพื้นที่นั้นๆ ด้วย

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นไม่สามารถนำมากำหนดความสูงหรือบ่งบอกถึงระดับความสูงของพื้นที่ที่รับข้อมูลจากการสะท้อนความยาวคลื่นของแสงจากพื้นผิวโลกได้ แต่ความสูงของพื้นที่ดังกล่าวนี้ มีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ในเชิงการสำรวจมาก ดังนั้นกรมแผนที่ทหาร ซึ่งเป็นหน่วยงานของราชการสังกัดกระทรวงกลาโหม ได้ทำการสำรวจพื้นที่และจัดทำแผนที่ที่มีข้อมูลต่างๆอยู่ อาทิ ข้อมูลที่ตั้งสถานที่ราชการที่สำคัญ เส้นทางเดินรถยนต์และรถไฟ เส้นแบ่งเขตต่างๆ รวมไปถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่นั้นๆ ข้อมูลระดับความสูงนี้เองที่จะถูกนำมาใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ เพื่อการจำลองภาพภูมิประเทศร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่เดียวกัน ซึ่งการจำลองภาพนั้นจะมีการสร้างข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขทางภูมิศาสตร์ขึ้น ข้อมูลนี้สามารถนำมาพล็อตร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมทำให้เกิดภาพสามมิติที่มีข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่และระดับของแสงที่สะท้อนในช่วงความยาวคลื่นต่างๆจากพื้นผิวโลกในบริเวณนั้นได้ ภาพดังกล่าวนี้สามารถลดความซับซ้อนในการจินตนาการภาพและยังสามารถนำไปประยุกต์ในงานด้านการสำรวจและด้านอื่นๆ ได้อย่างกว้างขวาง

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสำรวจและการวิเคราะห์พื้นที่ภูมิประเทศนั้น จะอาศัยข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศและภาพถ่ายดาวเทียมเป็นหลัก ข้อมูลทั้งสองชนิดนี้มีลักษณะเป็นสองมิติ ดังนั้นในการวิเคราะห์พื้นที่จึงมีความซับซ้อนและยากแก่การจินตนาการอีกทั้งข้อมูลทั้งสองชนิดนี้เป็นข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างกันเช่น แผนที่ภูมิประเทศมีข้อมูลของ ถนน ทางรถไฟ ที่ตั้งสถานที่ราชการ ระดับความสูงของพื้นที่ พิกัดต่างๆ ส่วนภาพถ่ายดาวเทียมมีข้อมูลของระดับของแสงในช่วงความยาวคลื่นต่างๆที่สะท้อนจากพื้นโลก ระดับแสงดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์จำแนกพื้นที่นั้นๆว่ามีลักษณะเป็นอย่างไร อาทิ ป่าไม้ หรือ ทะเลทราย ภาพถ่ายดาวเทียมนี้สามารถตรวจสอบพื้นผิวของโลกได้ตลอดเวลาว่าปัจจุบันมีความแตกต่างกับอดีตมากน้อยเท่าไร ข้อมูลทั้งสองนี้ถ้านำมาใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่ภูมิประเทศจะต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญทางด้านนี้โดยตรง จึงสามารถทำการวิเคราะห์พื้นที่ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็วแต่ถ้าผู้วิเคราะห์ไม่มีความชำนาญหรือประสบการณ์มากพออาจทำให้การจินตนาการเกิดการผิดพลาด ซึ่งการตัดสินใจในเรื่องต่างๆที่ใช้การวิเคราะห์พื้นที่ภูมิประเทศประกอบในการตัดสินใจจะผิดพลาดไปด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการสร้างภาพสามมิติเพื่อช่วยในการวิเคราะห์พื้นที่ภูมิประเทศ ซึ่งการสร้างภาพสามมิติดังกล่าวจะอาศัยข้อมูลจากสองแหล่งคือ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากสถานีรับสัญญาณดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่ลาดกระบังและแผนที่ภูมิประเทศจากกรมแผนที่ทหาร ข้อมูลทั้งสองชนิดนี้จะผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์เพื่อสร้างภาพสามมิติ ภาพดังกล่าวจะสามารถช่วยในการวิเคราะห์พื้นที่ภูมิประเทศได้ เนื่องจากมีลักษณะใกล้เคียงธรรมชาติทำให้ผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญทางด้านนี้มากนักก็สามารถจะวิเคราะห์พื้นที่ภูมิประเทศได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นจึงสามารถลดความซับซ้อนและข้อผิดพลาดในการจินตนาการลงได้อย่างมาก

ขอบเขตของการวิจัย

ในส่วนของกรวิจัยได้เสนอเทคนิคในการจำลองภาพภูมิประเทศในลักษณะสามมิติเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานทางด้านต่างๆอันจะช่วยให้การวิเคราะห์พื้นที่ภูมิประเทศได้รวดเร็วและถูกต้องมากขึ้น รายละเอียดการวิจัยของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้จัดแบ่งออกเป็น 7 บท โดยแต่ละบทมีหัวข้อและเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ

กล่าวถึงวัตถุประสงค์และขอบเขตของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 แผนที่ภูมิประเทศ

กล่าวถึงการแนะนำลักษณะโดยทั่วไปของแผนที่และลักษณะข้อมูลต่างในแผนที่อาทิ ขอบเขตอุทกศาสตร์ ระบบการสำรวจที่ดินสาธารณะ เป็นต้น

บทที่ 3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

กล่าวถึงการแนะนำลักษณะของดาวเทียมและระบบการบันทึกข้อมูลของดาวเทียม

บทที่ 4 การสร้างข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขทางภูมิศาสตร์

กล่าวถึงการนำเสนอวิธีในการสร้างข้อมูลระดับเชิงตัวเลขทางภูมิศาสตร์ โดยอาศัยทฤษฎีทางคณิตศาสตร์เช่น ทฤษฎี Skeleton, ทฤษฎี Cubic Spline Interpolation เป็นต้น

บทที่ 5 การแก้ไขทางเรขาคณิต

กล่าวถึงการแสดงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและการปรับพิกัดของแผนที่ภูมิประเทศให้มีขนาดพิกัดเท่ากับพิกัดของแผนที่ดาวเทียม

บทที่ 6 การสร้างภาพสามมิติบนจอคอมพิวเตอร์

กล่าวถึงการสร้างภาพ 3 มิติ โดยวิธีการของ Perspective Projection

บทที่ 7 ผลการทดลองและบทสรุป

เป็นการแสดงผลของภาพสามมิติที่ผ่านขั้นตอนต่างๆตามที่กล่าวมาและสรุปผลการทดลองจากการวิจัยพร้อมทั้งปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

แผนที่ภูมิประเทศ

แผนที่ภูมิประเทศเป็นผลผลิตจากการถ่ายทอดรายละเอียดหรือแสดงลักษณะของผิวโลก บนพื้นวัสดุซึ่งมักมีผิวเรียบเพื่อแสดงให้เห็นภูมิประเทศ ขนาด และตำแหน่ง ซึ่งสัมพันธ์กันตามมาตราส่วนและเส้นโครงแผนที่

ข้อมูลที่ได้จากแผนที่จะช่วยในการตัดสินใจ เพื่อวางแผนและจัดการในเรื่องต่างๆ เช่น การป้องกันประเทศ พลังงานธรรมชาติ ป่าไม้ พืชผล ที่ดิน การขนส่ง สิ่งแวดล้อมและอื่นๆ จะเห็นได้ว่าประโยชน์ของแผนที่มีมากมาย ถ้านำมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ผู้ใช้ต้องรู้จักแผนที่ดีพอ การรู้แต่เพียงผิวเผินหรือครึ่งๆกลางๆจะเป็นผลเสียมากกว่าเพราะข้อมูลที่นำไปใช้เกิดความผิดพลาดไปจากสิ่งที่ควรจะเป็น

การที่จะตัดสินใจว่าจะใช้แผนที่อะไรและทำอย่างไรนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน จำเป็นต้องกำหนดจุดประสงค์ให้ชัดเจนว่าทำเพื่ออะไรและใช้ความรู้ความชำนาญที่เหมาะสม กระทำให้เกิดผลตามที่กำหนดเป้าหมายไว้ ปัญหาที่มักเกิดขึ้นคือการที่ไม่สามารถปฏิบัติงานให้บรรลุเป้าหมายได้ทันการ วิธีการหนึ่งซึ่งใช้แก้ปัญหาคือการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้าช่วย เพื่อที่จะเร่งรัดการทำงานให้รวดเร็วถูกต้อง รวมทั้งปรับปรุงกรรมวิธีการต่างๆให้ดีขึ้น

การทำแผนที่ในปัจจุบันพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทั้งบุคลากร เทคนิคและเครื่องมือ กลุ่มประเทศในยุโรป สหรัฐอเมริกา และแคนาดา ผลิตแผนที่ทั้งแบบกราฟิกซึ่งแสดงโดยเส้นหรือภาพ (Line Maps or Photo Map) และแบบตัวเลข(Digital Mapping) ซึ่งการทำแผนที่แบบตัวเลข นั้นอาศัยข้อมูลจากแผนที่เท่าที่มีอยู่แล้ว(Existing Maps) จากการสำรวจในสนามหรือจากโฟโตแกรม ซึ่งเป็นกรรมวิธีการทำแผนที่ด้วยระบบอัตโนมัติ

ประเทศสหรัฐอเมริกาทำแผนที่แบบตัวเลข โดยใช้แผนที่ที่มีอยู่แล้วเป็นแหล่งที่จะผลิตข้อมูลตัวเลข เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลและส่วนใหญ่จะใช้แผนที่มาตราส่วน 1:250,000 1:100,000 และ 1:24,000 การสร้างฐานข้อมูลดังกล่าวมีหน่วยงานที่รับผิดชอบคือ Defense Mapping Agency Hydrographic and Topographic Center(DMAHTC), Defense Mapping Agency Aerospace Center(DMAAC) และ U.S Geological Survey(USGS) โดยที่ DMAHTC และ DMAAC จะทำมาตราส่วน 1:250,000 และ 1:100,000 ส่วน USGS จะทำมาตราส่วน 1:24,000 และอาจจะทำ 1:10,000 เป็นโครงการพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างฐานข้อมูลตัวเลขมีวัตถุประสงค์ที่จะสนับสนุนข้อมูลในรูปของตัวเลข ซึ่งสามารถเข้ากันได้กับระบบฐานข้อมูลขององค์กรอื่นๆ การรวมข้อมูลตัวเลขแผนที่เข้ากับข้อมูลตัวเลขที่มีอยู่เดิมของระบบฐานข้อมูลดังกล่าว จะทำให้เกิดความยืดหยุ่น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ในกิจการต่างๆ เช่น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับป่าไม้ใช้ข้อมูลภูมิประเทศในรูปตัวเลขของแผนที่สำหรับทำนายทิศทางไฟไหม้ป่า การบริหารท่าอากาศยานใช้ข้อมูลตัวเลขสำหรับค้นหาสิ่งกีดขวางการขึ้นและลงของเครื่องบิน การพลังงานใช้ข้อมูลตัวเลขช่วยในการประเมินสภาพแวดล้อมและค้นหาแหล่งกำเนิดพลังงาน การทหารใช้ข้อมูลตัวเลขเพื่อต่อต้านขีปนาวุธ และค้นหาที่อยู่ของข้าศึก เป็นต้น

ข้อมูลตัวเลขบนเส้นกราฟ(Digital Line Graphs ย่อเป็น DLG)[16]

ข้อมูลตัวเลขบนเส้นกราฟ เตรียมจากแผนที่มาตราส่วน 1:24,000(7.5 ลิปดา) เป็นหลัก และบางครั้งอาจใช้แผนที่ 1:48,000(15 ลิปดา) ข้อมูลดังกล่าวจะมีประโยชน์ในการประกอบแผนที่และสนับสนุนระบบข้อมูลภูมิศาสตร์เมื่อต้องการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลตัวเลข การสร้างเพิ่มข้อมูล DLG จากแผนที่ 7.5 และ 15 ลิปดา จะเลือกเพียงรายละเอียดบางอย่างเท่านั้น รายละเอียดดังกล่าวได้แก่

ขอบเขต ป่าไม้	ซึ่งแบ่งออกเป็น ขอบเขตการปกครองของจังหวัด ประเทศ และ ขอบเขต
อุทกศาสตร์	ประกอบด้วยข้อมูล บริเวณที่เป็นน้ำทั้งหมด บริเวณชายเลน
ระบบการสำรวจที่ดินสาธารณะ	ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในเรื่องของแผนที่การขนส่ง
ระดับความสูง	เป็นข้อมูลเกี่ยวกับระดับความสูงของพื้นที่ โดยจะแสดงเป็นเส้นระดับความสูงของพื้นที่นั้นๆ

ภายในแฟ้ม DLG จะประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับจุด(Nodes), เส้น(Lines) และบริเวณ (Areas) โดย จุดคือตัวกำหนดตำแหน่งของการบรรจบของเส้นต่างๆ เส้นหมายถึงจุดต่างๆที่เรียงต่อกันตามลักษณะของรายละเอียดบนแผนที่ เส้นต่างๆจะไม่ตัดกันแต่จะพบกันที่จุดเสมอ ถ้าเส้นเกิดการบรรจบครบรอบจะทำให้เกิดบริเวณขึ้นมา ข้อมูลต่างๆ นี้จะจัดเก็บในรูปแบบต่างๆ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ

ระดับที่ 1 เป็นข้อมูลเริ่มแรกในรูปของข้อมูลมาตรฐาน จุดประสงค์ของการสร้างข้อมูลระดับนี้เพื่อที่จะเป็นแหล่งข้อมูลตัวเลขที่ทำให้รวดเร็ว ข้อมูลดังกล่าวผู้ใช้สามารถนำไปดำเนินการต่อได้ และเป็นข้อมูลแผนที่ซึ่งมีคุณภาพปานกลาง

ระดับที่ 2 เป็นข้อมูลที่มีคุณภาพดีขึ้น สามารถนำไปใช้กับระบบการทำแผนที่ซึ่งมีคุณภาพสูงได้ นอกจากนี้ยังได้บรรจурหัสกำหนดประเภทข้อมูลไว้ด้วย

ระดับที่ 3 ออกแบบเพื่อใช้กับระบบข้อมูลภูมิศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลตัวเลขวิเคราะห์ลักษณะภูมิประเทศ

สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้แผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ระบุว่าที่ 4746 I ลำดับชุด L 7017 พิมพ์ครั้งที่ 1-RTSD จังหวัด เชียงใหม่ สำหรับการเตรียมข้อมูลเชิงตัวเลข DLG ที่จะนำไปใช้งาน โดยข้อมูลที่สนใจในแผนที่ดังกล่าวคือข้อมูลระดับความสูง ข้อมูลนี้จะถูกนำมาใช้สร้างข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 4 ต่อไป



บทที่ 3

ภาพถ่ายดาวเทียม

ปัจจุบันมีดาวเทียมโคจรอยู่ในอวกาศมากกว่า 1,000 ดวง ในภารกิจต่าง ๆ กัน ถ้าจะแบ่งประเภทตามลักษณะการใช้งานแล้วสามารถแบ่งได้ดังนี้

ดาวเทียมเพื่อกิจการทหาร (Military Satellite) เป็นดาวเทียมเพื่อใช้เป็นอาวุธสงคราม หรือทำลายชีพนาอาวุธของข้าศึก เช่น ดาวเทียมตามโครงการ Star war ของประธานาธิบดีโรนัลด์ เรแกน แห่งสหรัฐอเมริกา ดาวเทียมเพื่องานจารกรรม ดาวเทียมเชิงพาณิชย์อื่นๆบางขณะก็นำมาเสริมการปฏิบัติการทางทหาร เช่น ดาวเทียมถ่ายภาพพื้นผิวโลกที่มีมาตราส่วนขนาดใหญ่ หรือที่มีขีดความสามารถในการบันทึกพื้นที่เล็กๆ(High resolution) ได้ ดาวเทียมกำหนดตำแหน่งทางย็อดเดซี (Geodesy) ใช้หาที่ตั้งเรือรบ เรือดำน้ำ หาที่ตั้งยิงชีพนาอาวุธและปืนใหญ่ ดาวเทียมสื่อสาร ใช้ในการควบคุมสั่งการ หรือรายงานสถานการณ์การรบ ตลอดจนใช้ติดต่อสื่อสารทางธุรกิจอื่น ๆ

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Meteosat) เป็นดาวเทียมที่โคจรรอบโลกในแนวเหนือใต้วันละหลายรอบ มีภารกิจในการตรวจสอบ บันทึก รายงานสภาพอากาศ ในรัศมีของบริเวณที่ดาวเทียมผ่านรวมทั้งการถ่ายภาพเมฆด้วยเพื่อสถานีรับสัญญาณทางพื้นดินจะได้นำไปใช้ในการพยากรณ์อากาศ

ดาวเทียมสื่อสาร (Communications) เป็นดาวเทียมที่โคจรรอบโลกโดยมีความเร็วเท่ากับความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลก จึงทำให้ดูคล้ายกับว่าดาวเทียมชนิดนี้ลอยนิ่งอยู่กับที่ใช้ประโยชน์เพื่อเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดสัญญาณจากที่แห่งหนึ่งไปยังที่อีกแห่งหนึ่งที่อยู่ในระยะที่ไกลกัน หรือในพื้นที่ที่ไม่อาจใช้การสื่อสารทางสายได้ เช่นประเทศที่มีเกาะมาก ได้แก่ ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งไม่สามารถจะวางข่ายสายโทรศัพท์ไปยังเกาะต่าง ๆ ได้ จึงลงทุนซื้อดาวเทียมปลาป่าส่งขึ้นโคจร เป็นสถานีกลางในการติดต่อสื่อสาร ทั้งทางโทรศัพท์ วิทยุ โทรทัศน์ โทรพิมพ์ และ งานในด้านอื่นๆ การสื่อสารทางดาวเทียมนี้ปัจจุบันประเทศต่างๆ ทั่วโลกได้ใช้ติดต่อสื่อสารซึ่งกันและกันได้ โดยอาศัยสถานีรับสัญญาณดาวเทียมทางภาคพื้นดิน

ดาวเทียมเพื่อการกำหนดตำแหน่งทางย็อดเดซี (Satellite - Based Geodetic Positioning) ดาวเทียมประเภทนี้ราชนาวีของสหรัฐอเมริกาเป็นผู้เริ่มต้น โครงการคิดค้นส่งขึ้นโคจรเพื่อหาตำแหน่งเรือดำน้ำปรมาณูของตนว่าขณะนี้อยู่ที่ใดในโลก โดยใช้ระบบ Transit ต่อมาได้พัฒนาขึ้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาจนมีความละเอียดถูกต้องเพียงพอสำหรับใช้หาพิกัดของหมุดหลักฐานทางแผนที่ ดาวเทียมนี้โคจรในแนวเหนือ-ใต้ของโลก รอบหนึ่งใช้เวลาเพียง 107 นาที ปัจจุบันสหรัฐอเมริกาได้ส่งดาวเทียมชนิดนี้โคจรอยู่ 5 ดวง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการรับสัญญาณดาวเทียมนี้คือ พิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic coordinate) ซึ่งประกอบด้วย ค่าละติจูด (Latitude) ค่าลองจิจูด (Longitude) ค่าพิกัด UTM Grid ใช้กำหนดสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และค่าความแตกต่างระหว่างพื้นเอ็อยด์ (Geoid) กับพื้นสเฟียรอยด์ (Spheroid) หรือเรียกว่าค่าของ Geoid height ณ ตำแหน่งของหมุดหลักฐานที่ตั้งเสาอากาศรับสัญญาณจากดาวเทียม ความละเอียดถูกต้องมากน้อยเท่าไรขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่รับสัญญาณจากดาวเทียม เช่น ค่าของงานชั้นที่ 1 (First order) มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1/40,000 จะต้องรับสัญญาณจากดาวเทียมถึง 52 ครั้งใช้เวลาประมาณ 7 ถึง 10 วัน แต่ถ้าเป็นงานชั้นที่ 3 (Third order) มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1/10,000 จะรับสัญญาณจากดาวเทียมเพียง 5 ครั้ง ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก (Earth Resources Observation Satellite) เป็นดาวเทียมที่บันทึกค่าการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation) ของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่บนพื้นโลกเมื่อได้รับพลังงานจากแสงสว่างของดวงอาทิตย์ซึ่งค่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้สามารถแปลงเป็นสัญญาณภาพได้ ปัจจุบันนี้ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรของโลกที่ทำเป็นเชิงพาณิชย์ คือ ดาวเทียม Landsat ของสหรัฐอเมริกา ดาวเทียม SPOT ของฝรั่งเศสและดาวเทียม MOS - 1 ของญี่ปุ่น

Marine Observation Satellite (MOS-1)

แม้ว่าดาวเทียม MOS-1 จะได้ชื่อว่า “ดาวเทียมสำรวจทางทะเล” ก็ตาม แต่การบันทึกสัญญาณที่สะท้อนของผิวโลกจะบันทึกทั้งบนบกและในทะเล ซึ่งแยกออกเป็น 3 ระบบคือ

ระบบ MESSR (Multispectral Electronic Self Scanning Radiometer) ระบบนี้เป็นการบันทึกสัญญาณภาพคล้ายกับระบบ MSS (Multispectral Scanner System) ของดาวเทียม Landsat ของสหรัฐอเมริกา มีรายละเอียดดังนี้

- การบันทึกช่วงคลื่น (Observation Wavelength) สามารถแบ่งการบันทึกออกเป็น 4 ช่วงคลื่น คือ

Band 1. ระหว่าง 0.51 - 0.59 ไมครอน

Band 2. ระหว่าง 0.61 - 0.69 ไมครอน

Band 3. ระหว่าง 0.72 - 0.80 ไมครอน

Band 4. ระหว่าง 0.80 - 1.10 ไมครอน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขนาดการครอบคลุมของภาพ (Swath width) ในแต่ละภาพจะปกคลุมพื้นที่บนพื้นดินขนาดกว้าง 100 กิโลเมตร ยาว 100 กิโลเมตร ในแต่ละภาพจะประกอบด้วยจุดภาพ(Element Photoelectronic Detectors) เรียงกันในแนวราบ 2,048 จุด ในแนวตั้ง 2,048 จุด โดยมีความละเอียดภาพ(Resolution) ขนาด 50 เมตร x 50 เมตร และสามารถบันทึกรายละเอียดของภูมิประเทศที่เป็นเส้น เช่น ถนน แม่น้ำ ลำห้วยได้

ระบบ VTIR(Visible and Thermal Infrared Radiometer) เป็นระบบที่มีการบันทึกภาพ 4 ช่วงคลื่น เป็นช่วงคลื่นที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า 1 ช่วงคลื่นและอินฟราเรดความร้อน 3 ช่วงคลื่น ระบบบันทึกภาพเป็นแบบ Mirror Scan โดยใช้กระจกแบบหมุนรอบ(Rotating Mirror) กวาดภาพในขนาด 1500 กิโลเมตร x 1500 กิโลเมตร โดยช่วงคลื่นเห็นได้ด้วยตาเปล่ามีรายละเอียด 900 เมตร ส่วนในช่วงอินฟราเรดความร้อนมีรายละเอียด 2,700 เมตร ระบบนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิต่างๆในทะเล

ระบบ MSR(Microwave Scanning Radiometer) เป็นระบบบันทึกภาพด้วยระบบ Passive Microwave Radiometer ทำการบันทึกข้อมูลในช่วงความถี่ 23 GHz และ 31 GHz ในช่วงเวลา 10×10^{-3} วินาที และ 47×10^{-3} วินาที ความกว้างช่วงบันทึกภาพ 317 กิโลเมตร และบันทึกภาพตลอดแนวถ่ายภาพซึ่งมีความยาวสูงสุด 5,000 กิโลเมตร โดยในช่วงความถี่ 23 GHz จะมีรายละเอียด 30 กิโลเมตร และในช่วงความถี่ 31 GHz มีรายละเอียด 10 กิโลเมตร ระบบนี้ให้ประโยชน์ในการสำรวจปริมาณไอน้ำและน้ำในบรรยากาศ ลมทะเล ตลอดจนการแผ่ปกคลุมของหิมะและน้ำแข็งในทะเล

ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกทั้ง 3 ระบบนี้ จะช่วยให้ผู้สนใจในงานสำรวจข้อมูลจากระยะไกล มีโอกาสที่จะได้ภาพและข้อมูลอื่น ๆ จากดาวเทียม MOS-1 เพื่อใช้ศึกษาวิจัยอันจะนำข้อมูลมาสู่การบริหารทรัพยากรของชาติให้ใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าที่สุด

รายละเอียดเกี่ยวกับดาวเทียม MOS-1

- โคจรในแนวเหนือ-ใต้ มีวงโคจรเบนไปทางตะวันออก 9.1 องศา
- อยู่สูงจากพื้นระดับน้ำทะเลปานกลาง 908.7 กิโลเมตร
- โคจรรอบโลก 1 รอบ ใช้เวลา 103 นาที
- โคจรผ่านเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง เวลา 10.00 - 11.00 นาฬิกา

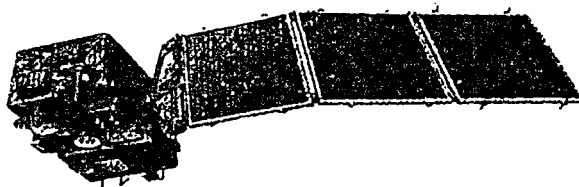
- ในรอบ 24 ชั่วโมง จะโคจรรอบโลกได้ 14 รอบ
- ดำเนินการโดยหน่วยพัฒนาอวกาศแห่งชาติของญี่ปุ่น (National Space Development Agency Japan)

ดาวเทียม MOS-1 จะประกอบด้วยส่วนสำคัญดังนี้

- ระบบบันทึก MSR
- ระบบบันทึก VTIR
- ส่วนรับสัญญาณจากพื้นโลก (Earth Sensor)
- แผงรับสัญญาณคลื่นความร้อน (Thermal Louver)
- สายอากาศที่ส่งสัญญาณไปยังสถานีบนพื้นดินด้วยความถี่ S-Band.
- สายอากาศที่ส่งสัญญาณไปยังสถานีรับบนพื้นดินด้วยความถี่ X-Band
- สายอากาศที่ส่งสัญญาณคลื่น VHF (VHF Antenna)
- ระบบบันทึก MESSR
- แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Paddle) เพื่อแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าใช้ในดาวเทียม
- ฝัวยานของดาวเทียม (Bus Module)

เนื่องจากดาวเทียม MOS.-1. ไม่มี Tape recorder อยู่ในดาวเทียม จึงไม่สามารถเก็บค่าการรับสัญญาณบริเวณนอกเขตการรับของสถานีรับภาพ(Receiving Station) ได้ ปัจจุบันสถานีรับสัญญาณภาคพื้นดินมีอยู่ที่หน่วยพัฒนาอวกาศแห่งชาติญี่ปุ่น (National Space Development Agency of Japan) ณ เมือง Hatoyama สามารถรับสัญญาณได้ในรัศมีเพียง 2,500 กิโลเมตร เท่านั้น ดังนั้นประเทศญี่ปุ่นได้สังเกตเห็นแล้วว่า สถานีรับภาพแห่งที่ 2 ควรตั้งที่ประเทศไทย

ภาพที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับแสดงลักษณะดาวเทียม MOS-1 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Land Satellite(LANDSAT)

ดาวเทียม Landsat ดำเนินการโดยองค์การบริหารการบินและอวกาศ (National Aeronautics and Space Administration) ของสหรัฐอเมริกาส่งขึ้นโคจรเพื่อบันทึกสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนมาจากผิวโลกเมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2515 โดยชื่อดาวเทียมในตอนแรกคือ ERTS-I (Earth Resourced Technology Satellite) ต่อมาเปลี่ยนชื่อเป็น Land Satellite-I เขียนย่อว่า "Landsat-I"

ดาวเทียม Landsat - 2 ส่งขึ้นโคจรเมื่อวันที่ 22 มกราคม พ.ศ. 2518 .

ดาวเทียม Landsat - 3 ส่งขึ้นโคจรเมื่อวันที่ 5 มีนาคม พ.ศ. 2521

ดาวเทียมทั้งสามดวงนี้ มีรูปร่างและการทำงานเหมือนกัน การบันทึกสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งออกเป็นสองระบบ คือ

- ระบบ MSS(Multispectral Scanner) เนื่องจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนจากพื้นโลก ออกมาในช่วงคลื่นต่าง ๆ กัน ระบบนี้จึงแยกบันทึกตามขนาดของช่วงคลื่นที่ Photo Sensitive Detector จะรับสัญญาณได้ การบันทึกจะแยกออกเป็น 4 ช่วงคลื่น (Bands) ดังนี้.

Band ที่ 4 บันทึกระหว่างช่วงคลื่น 0.5 - 0.6 ไมครอน

Band ที่ 5 บันทึกระหว่างช่วงคลื่น 0.6 - 0.7 ไมครอน

Band ที่ 6 บันทึกระหว่างช่วงคลื่น 0.7 - 0.8 ไมครอน

Band ที่ 7 บันทึกระหว่างช่วงคลื่น 0.8 - 1.1 ไมครอน

พื้นที่การปกคลุมของภาพเท่ากับ 185 x 185 ตารางกิโลเมตร ถ้าพิมพ์ภาพลงบนกระดาษ จะมีขนาด 9 x 9 ตารางนิ้ว มาตรฐานของภาพประมาณ 1:1,000,000 ความละเอียดของภาพ (Resolution) หรือขนาดบนพื้นดินที่ภาพจะบันทึกได้เท่ากับ 57 x 73 ตารางเมตร ยกเว้นรายละเอียดของภูมิประเทศที่มีลักษณะเป็นเส้น เช่น แม่น้ำ ลำคลอง ถนน ถึงแม้จะมีความกว้างน้อยกว่า 57 เมตรก็สามารถบันทึกได้ เนื่องจากการบันทึกแยกเป็น 4 ช่วงคลื่น ดังนั้นจึงได้ภาพออกมาเป็น 4 ภาพ ในพื้นที่เดียวกัน แต่รายละเอียดของ tone ของภาพไม่เหมือนกัน ภาพ Band 4 จะอยู่ในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์มองเห็น(Visible spectrum) ที่ค่อนข้างยาวของแสง Ultraviolet ภาพ Band 5 จะเป็นภาพที่อยู่ในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์สามารถเห็นได้ชัดที่สุด ดังนั้นลักษณะของภาพ Band 5 จึงมีลักษณะคล้ายภาพถ่ายทางอากาศมากที่สุด ภาพ Band 6 จะอยู่ในช่วงคลื่น Near Infrared ส่วนภาพ Band 7 อยู่ในช่วงคลื่น Infrared ซึ่งในช่วงคลื่นนี้จะสะท้อนพื้นที่ซึ่งเป็นน้ำได้ดีที่สุด สิ่งอื่นๆ จะสะท้อนได้น้อยมาก ดังนั้นภาพ Band 7 จะเห็นบริเวณที่เป็นพื้นน้ำชัดเจนที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบ RBV(Return Beam Vidicon) ในดาวเทียม Landsat 1 และ 2 จะติดกล้องถ่ายภาพระบบนี้ไว้ 3 กล้อง แต่ละกล้องจะบันทึกภาพแบ่งเป็น 3 ช่วงคลื่น คือ.

Band ที่ 1 บันทึกระหว่างช่วงคลื่น 0.475 - 0.575 ไมครอน

Band ที่ 2 บันทึกระหว่างช่วงคลื่น 0.580 - 0.680 ไมครอน

Band ที่ 3 บันทึกระหว่างช่วงคลื่น 0.690 - 0.830 ไมครอน

สรุปแล้วจะครบ 7 Bands แต่ใน Landsat-3 ได้เปลี่ยนกล้องระบบ RBV เสียใหม่ คงติดตั้งเพียง 2 กล้องเท่านั้น แต่ละกล้องจะบันทึกในพื้นที่ขนาดกว้างครึ่งหนึ่งของภาพ MSS เมื่อภาพ MSS บันทึก 1 ครั้ง กล้อง RBV จะบันทึก 2 ครั้ง ดังนั้นในพื้นที่ของภาพ MSS 1 ภาพ จะมีภาพ RBV 2 ภาพ การบันทึกจะบันทึก Band เดียวในช่วงที่คลื่นที่ตามนุษย์สามารถเห็นได้ดังนั้นภาพ RBV จึงมีลักษณะคล้ายภาพถ่ายทางอากาศ ความละเอียดของภาพ(Resolution) เท่ากับ 40×40 ตารางเมตร หมายถึงพื้นที่บนพื้นโลกที่มีขนาด 1 ไร่ กล้อง RBV จะสามารถบันทึกได้เป็น 1 จุดภาพ ถ้ารายละเอียดของภูมิประเทศที่เป็นเส้น เช่น ถนน ทางน้ำ ขนาดกว้าง 10 เมตร ก็สามารถบันทึกได้

ดาวเทียม Landsat-4 ส่งขึ้นโคจร เมื่อวันที่ 16 มิถุนายน 2525 โดยปกติดาวเทียม Landsat จะมีอายุประมาณ 3 ปีเศษ แต่ดาวเทียม Landsat-4 ขึ้นโคจรเพียงปีเศษก็เกิดปัญหา เนื่องจากวัสดุเชื่อมต่อโยงระหว่าง แผงรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ (Solar panel) ชำรุด ๒ แผง คงใช้งานได้เพียง ๒ แผง พลังงานที่ได้รับจึงไม่เพียงพอสำหรับอุปกรณ์เพื่อให้ทำงานได้ ดังนั้น NASA จึงได้ส่งดาวเทียม Landsat-5 ขึ้นโคจร ในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2527

ดาวเทียม Landsat 4 และ 5 เปลี่ยนรูปร่างใหม่ทั้งหมด แต่ยังคงบันทึกสัญญาณ MSS เหมือนเดิมแต่เปลี่ยนภาพระบบ RBV เป็นภาพระบบ TM(Thematic Mapper) ที่มีความคมชัดของภาพ(Resolution) เท่ากับ 30×30 ตารางเมตร

ข้อมูลเกี่ยวกับดาวเทียม Landsat มีดังนี้.

- การโคจรเกือบเป็นวงจรมในแนวเหนือ-ใต้ เอียงจากขั้วโลกเล็กน้อย(Near Polar) มีมุมโคจรเบนจากขั้วโลกเหนือ 9.092 องศา ไปทางทิศตะวันออก

- ความสูงจากพื้นโลกประมาณ 914 กิโลเมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง

- น้ำหนักของดาวเทียม Landsat 1,2 และ 3หนัก 953 กิโลกรัม แต่ Landsat 4, 5หนัก 817 กิโลกรัม

- ใช้พลังงานแสงอาทิตย์โดยแผง Solar-Panel 4 แผง

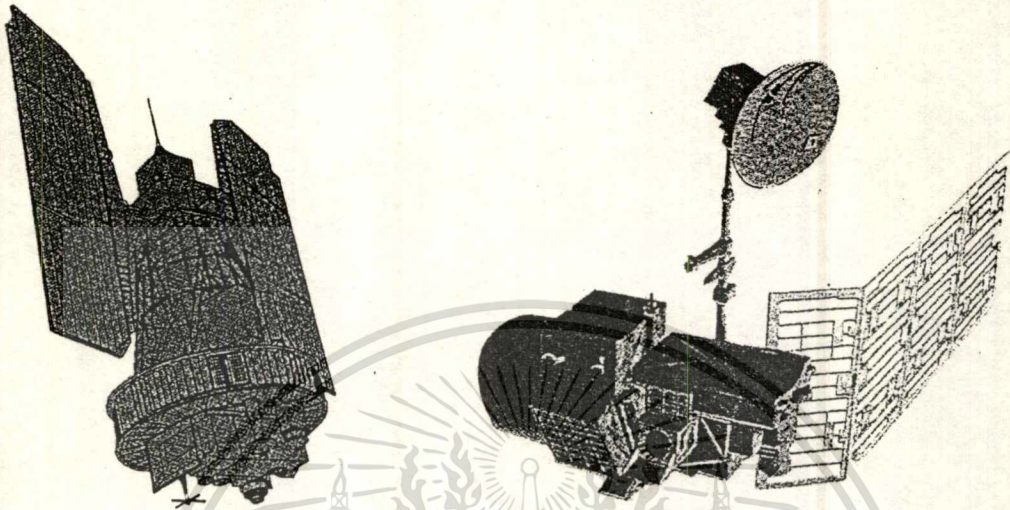
- โคจรรอบโลก 1 รอบ ในเวลา 103.26 นาที ใน 24 ชั่วโมง จะโคจรได้ 14 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วงจรจะซ้ำที่เดิมทุกๆ 18 วัน
- คาวเทียมจะผ่านเส้นศูนย์สูตร เวลาประมาณ 09.30-09.42 น.
- ภาพ MSS จะบันทึกค่าความเข้มของสีเทา(Gray tone level) ของจุดภาพด้วยตัวเลข 64 ระดับ ตั้งแต่ 0 คือสีขาว ไปจนถึง 63 คือสีดำ ขนาดของจุดภาพ เท่ากับ 70 x 55 ไมครอน ในหนึ่งภาพจะมีจุดภาพเรียงในแนวราบ 3,400 จุด และเรียงในแนวตั้ง 2,320 จุด ซึ่งการบันทึกจากคาวเทียม จะบันทึกลงบน HDDT (High Density Digital Tape) เมื่อจะนำไปใช้งาน จะต้องนำไปผ่านคอมพิวเตอร์ DPU (Data Processing Unit) แปลงให้เป็น CCT (Computer Compatible Tape) เสียก่อน แต่ถ้าจะนำไปเป็นภาพถ่าย จะต้องนำ CCT ไปบันทึกด้วยเครื่อง LBIR (Laser Beam Image Recorder) เพื่อแปลงสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า ให้เป็นสัญญาณภาพ แล้วพิมพ์รูปด้วยเครื่อง PPU (Photo Processing Unit) ในทำนองเดียวกันถ้าจะนำภาพ MSS ไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ก็จะต้องทำให้อยู่ในรูป CCT เช่นกัน ภาพถ่ายคาวเทียมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกิจการต่างๆ เช่น
 - การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม
 - การเกษตร เช่น หารายละเอียดการจำแนกการใช้ที่ดิน ความเสียหายของพืชในบริเวณเพาะปลูก ขอบเขตของน้ำท่วม และลักษณะการชลประทาน ซึ่งจะนำไปใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดิน
 - การป่าไม้ แสดงชนิดและขอบเขตของป่าไม้ อาณาเขตของป่าไม้ที่ถูกทำลาย อันเนื่องมาจากการลักลอบตัดไม้ หรือการแผ้วถางเพื่อการทำไร่เลื่อนลอย และบริเวณเกิดไฟป่า
 - ธรณีวิทยา ภาพถ่ายคาวเทียม จะให้รายละเอียดด้านธรณีโครงสร้าง ซึ่งช่วยในการสำรวจทำแผนที่ธรณีวิทยา การค้นหาแหล่งแร่ แหล่งน้ำมัน
 - ด้านวิศวกรรมต่างๆ เช่นการก่อสร้างเขื่อน อ่างเก็บน้ำ ถนน สะพาน ฯลฯ
 - ศึกษาการขยายตัวของเมืองต่างๆ แหล่งโรงงานอุตสาหกรรม
 - การทำแผนที่เฉพาะเรื่อง การแก้ไขแผนที่
 - ด้านสมุทรศาสตร์
 - อื่นๆ

ภาพที่ 2



ดาวเทียม LANDSAT 1,2,3

ดาวเทียม LANDSAT 4,5

แสดงลักษณะดาวเทียม LANDSAT

La Systeme Probatoire d'Observation de la Terre (SPOT)

ดาวเทียม SPOT เป็นดาวเทียมที่สร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการถ่ายภาพจากอวกาศ ในระบบของ Remote Sensing การถ่ายภาพผิวโลกเพื่อนำภาพถ่ายนั้นไปใช้ในการบริหารทรัพยากรธรรมชาติให้ได้ประโยชน์สูงสุด

การบริหารทรัพยากรธรรมชาตินั้น สามารถทำได้ 2 ทาง คือ

- นำภาพมาแปลความหมาย (Interpretation) ในกิจการต่างๆ เช่น การป่าไม้ การเกษตรกรรม วิทยา ฯลฯ

- นำภาพมาใช้ทำแผนที่ (Cartographic mapping) เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียม SPOT นั้นสามารถนำมาดูภาพ 3 มิติ (Three dimension view) ได้ทั้งระบบ Stereoscopic และระบบ Anaglyphic และปรับแก้ลักษณะของภาพทางเรขาคณิต (Geometric Correction) ได้

คำว่า SPOT นั้น มีคำเต็มเป็นภาษาฝรั่งเศสว่า "La Systeme Probatoire d'Observation de la Terre" ดาวเทียมดวงนี้ดำเนินการโดย โครงการอวกาศแห่งชาติของฝรั่งเศส (The French

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Space Program) ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างประเทศฝรั่งเศส สวีเดน และเบลเยียม ส่งขึ้นไปโคจรในอวกาศในต้นปี พ.ศ. 2527 รายละเอียดของดาวเทียมมีดังนี้.

- ดาวเทียมเรียกว่า “SPOT Bus” เพราะมีรูปร่างเป็นแท่งสี่เหลี่ยมคล้ายรถ Bus มีความกว้าง 2 เมตร ยาว 3.5 เมตร และสูง 2 เมตร
- น้ำหนักทั้งหมด 1,750 กิโลกรัม
- มีแผงรับพลังงานจากดวงอาทิตย์(Solar Panel) ยาว 15.6 เมตร เพื่อแปลงพลังงานจากดวงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าใช้กับดาวเทียมดวงนี้
- การโคจรของดาวเทียมมีระดับความสูงจากพื้นโลก 832 กิโลเมตร
- วงโคจรใกล้เคียงกับแนวขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้ มีมุมเอียง 98.7 องศา
- เครื่องมือบันทึกภาพถ่ายเป็นระบบ Detector Arrays ได้ออกแบบให้บันทึกภาพที่มี High Resolution Visible(HRV) บันทึกในช่วงคลื่น Visible และช่วงคลื่น Infrared
- การบันทึกภาพนั้น บันทึก ๒ ระบบ คือ
 - ภาพขาว-ดำ(Panchromatic) บันทึกภาพในช่วงคลื่น 0.51 - 0.73 ไมครอน มี Resolution 10 x 10 ตารางเมตร
 - ภาพสี(Multispectral) บันทึกภาพในช่วงคลื่น 0.50 - 0.89 ไมครอน โดยแยกออกเป็น 3 ช่วงคลื่น คือ
 - Band S1 ระหว่าง 0.50 - 0.59 ไมครอน
 - Band S2 ระหว่าง 0.61 - 0.68 ไมครอน
 - Band S3 ระหว่าง 0.79 - 0.89 ไมครอน
- แนวของภาพที่บันทึก
 - บันทึกภาพในแนวตั้ง (Nadir Viewing) มีเครื่องบันทึกภาพ HRV จำนวน 2 เครื่อง แต่ละเครื่องจะบันทึกภาพคลุมพื้นที่กว้าง 60 กิโลเมตร ภาพที่ได้จากเครื่องบันทึกภาพ HRV ทั้ง 2 นั้น จะมี Sidelap 3 กิโลเมตร ดังนั้นทั้ง 2 เครื่องจะบันทึกภาพในแนวตั้งคลุมพื้นที่กว้าง 117 กิโลเมตร
 - บันทึกภาพในแนวเฉียง (off Nadir Viewing) มีเครื่องบันทึกภาพ HRV ในแนวเฉียง บันทึกภาพพร้อมกันทั้งด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของวงโคจรทางทิศตะวันตกจะทำมุม 21.5 องศา กับแนวตั้ง และทางทิศตะวันออกจะทำมุม 22.6 องศา กับแนวตั้ง ภาพถ่ายทางเฉียงแต่ละแนวจะมีเครื่องบันทึกภาพ HRV 2 เครื่องเช่นเดียวกัน แต่ละเครื่องจะถ่ายภาพคลุมพื้นที่กว้าง 80 ตารางกิโลเมตร ภาพถ่ายทางเฉียงนี้จะไปคลุมพื้นที่ซ้อนทับภาพถ่ายทางแนวตั้งและภาพ

ถ่ายภาพเฉียงในวงโคจรอื่น ภาพที่ซ้อนกันนี้มีมุมพาราแลกซ์ (Parallax Angle) จึงทำให้ใช้คูภาพ 3 มิติ (Three dimension) ได้ทั้งแบบ Stereoscopic และ Anaglyphic.

- ลักษณะของภาพ เป็นภาพที่เป็นแถบยาว(Track)
- การโคจรของดาวเทียมดวงนี้ จะบันทึกภาพซ้ำที่เดิมทุกๆ 26 วัน
- ภาพต้นฉบับจะมีมาตราส่วน 1:125,000 สามารถขยายใหญ่ได้ถึงมาตราส่วน 1:25,000 และใช้ทำแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ได้

ภาพที่ 3



การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในประเทศไทย

ในวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2513 สหประชาชาติโดยคณะกรรมการ United Nation Committee on the Peaceful Use of Outer Space ได้จัดประชุมคณะอนุกรรมการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้นในการประชุมครั้งนี้ คณะผู้แทนจากสหรัฐอเมริกาได้เสนอเรื่องการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม และได้ชี้แจงถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการนี้ให้ที่ประชุมได้รับทราบและเสนอแผนการช่วยเหลือประเทศต่างๆ ในด้านการฝึกอบรมเกี่ยวกับความรู้เรื่องภาพถ่ายจากดาวเทียมขึ้นเป็นครั้งแรก ระหว่างวันที่ 1-14 พฤศจิกายน พ.ศ. 2514 ในเรื่อง International Workshop on Earth Resources Survey System ที่มหาวิทยาลัยมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา

ประเทศไทยได้เริ่มโครงการภาพถ่ายดาวเทียมในวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2514 นับเป็นประเทศที่ 36 ที่เข้าร่วมในโครงการนี้ โดยมติดคณะรัฐมนตรีได้ตั้ง คณะกรรมการประสานงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ประกอบด้วยผู้แทนหน่วยราชการต่างๆ 23 หน่วย และตั้งโครงการพัฒนาการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมขึ้นเป็น 3 ระยะคือ

ระยะที่ 1 เป็นระยะแรกก่อตั้งโครงการ เริ่มตั้งแต่วันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2514 จนถึงต้นปี พ.ศ. 2518 ซึ่งเป็นเวลาที่ดาวเทียม Landsat-2 ถูกส่งขึ้นโคจร เมื่อประเทศไทยเริ่มเข้าสู่ยุคการใช้ข้อมูลจากอวกาศแล้ว แต่บุคลากรจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังขาดความรู้ในเรื่องนี้

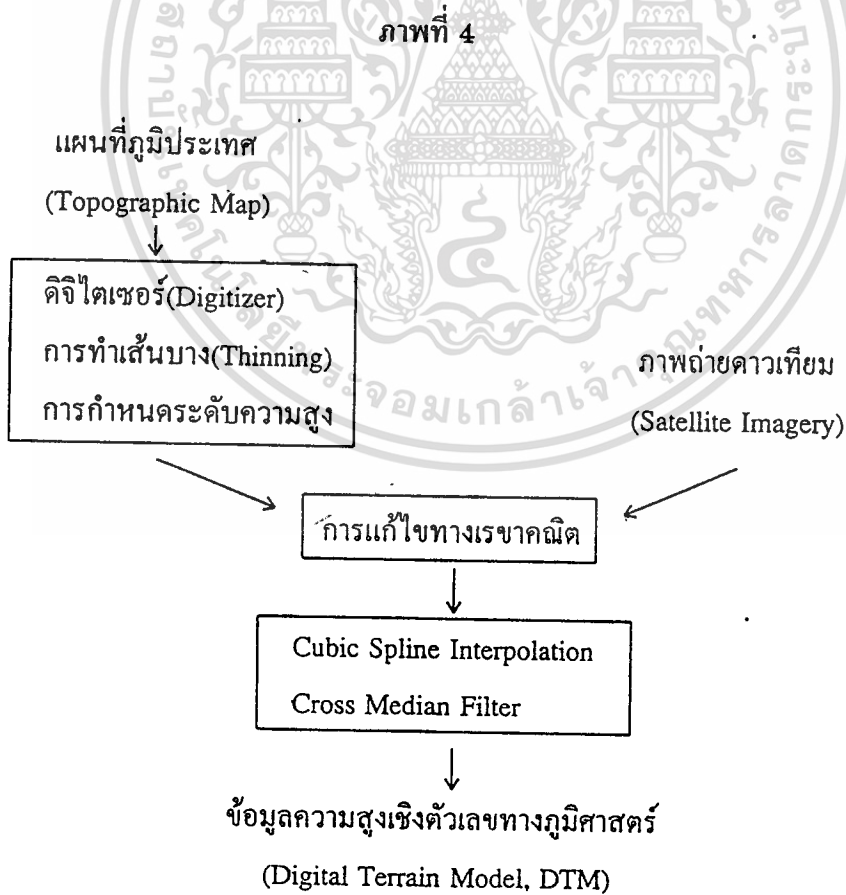
ระยะที่ 2 ตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2518 ถึงปลายปี พ.ศ. 2521 เพื่อความคล่องตัวในการดำเนินงาน จึงเปลี่ยนศูนย์ประสานงานโครงการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม เป็นกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมขึ้นกับสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติให้เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบ และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ จึงเสนอโครงการจัดตั้งสถานีรับสัญญาณภาพจากดาวเทียม ซึ่งจัดตั้งในประเทศไทย ซึ่งเลือกสถานที่เหมาะสมคือ บริเวณตรงข้ามกับ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานครสามารถรับสัญญาณภาพได้ในรัศมี 2,800 กิโลเมตร หรือครอบคลุมพื้นที่ประเทศต่างๆ ถึง 19 ประเทศ รัฐบาลได้เห็นประโยชน์จึงอนุมัติให้สร้างสถานีรับสัญญาณภาพจากดาวเทียมในปี พ.ศ. 2521

ระยะที่ 3 คือระยะตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2522 ถึงปัจจุบัน เป็นงานก่อสร้างสถานีรับและติดตั้งอุปกรณ์ ซึ่งสามารถทดลองรับสัญญาณภาพได้ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2524 แต่แล้วเสร็จสมบูรณ์เปิดใช้ได้อย่างเป็นทางการในวันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2525 นอกจากนี้ยังจัดตั้งโครงการใช้ข้อมูลจากสถานีรับสัญญาณภาพจากดาวเทียม ในเชิงปฏิบัติการ เช่น โครงการจัดตั้งศูนย์เก็บรวบรวมข้อมูลทางด้านการเกษตร และทรัพยากรธรณี ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่รับจากดาวเทียมไปใช้ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายทางอากาศ และการสำรวจทางภาคพื้นดินพร้อมกันจัดทำเป็น Data Bank สำหรับบริหารในการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ

บทที่ 4

การสร้างข้อมูลระดับความสูงเชิงตัวเลข

การใช้แผนที่ภูมิประเทศ(Topographic map) ในการพิจารณาความสูงของพื้นที่ใดๆนั้นมีความซับซ้อนมาก เนื่องจากแผนที่ภูมิประเทศมีลักษณะสองมิติและมีรายละเอียดอื่นๆอยู่มากเช่น ข้อมูลของเส้นทางการเดินรถ สถานที่ตั้งหน่วยงานต่างๆ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการเสนอวิธีการจำลองภาพภูมิประเทศที่มีลักษณะ 3 มิติ โดยอาศัยข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขทางภูมิศาสตร์ (Digital Terrain Model,DTM) ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้เครื่องมือคอมพิวเตอร์ ซึ่งข้อมูล DTM ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นข้อมูลที่ได้มาจากแผนที่ภูมิประเทศ ผ่านขั้นตอนทางคณิตศาสตร์ตามภาพที่ 4



แสดงแผนภูมิการสร้างข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

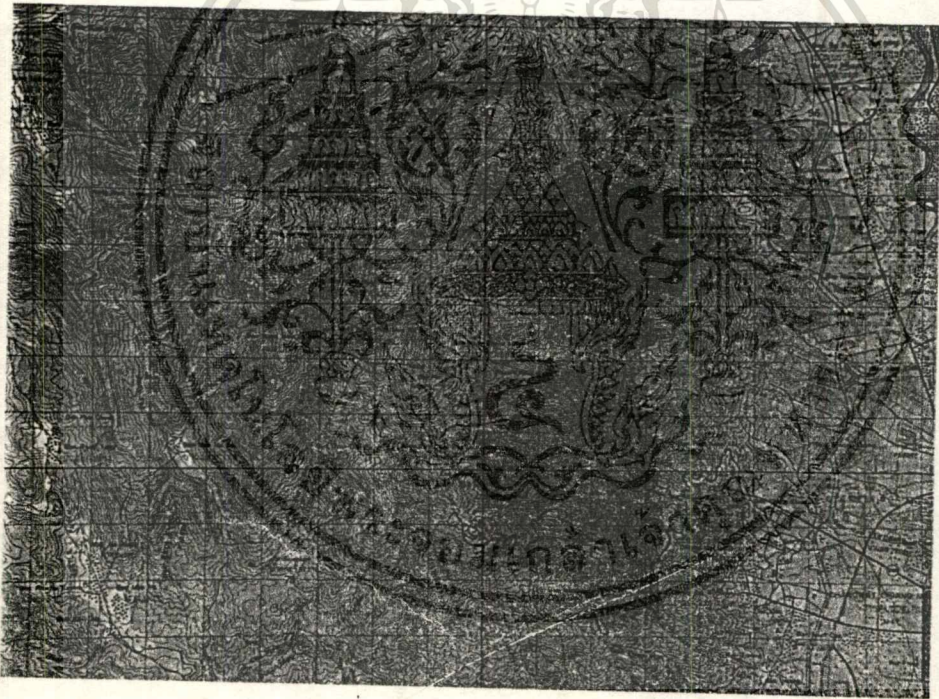
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพดังกล่าวมีโปรแกรมการทำงานอยู่ 5 ขั้นตอน สำหรับการสร้างข้อมูลความสูงเชิง
ตัวเลขและอีก 1 ขั้นตอนสำหรับการแก้ไขทางเรขาคณิตซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในบทที่ 5 ต่อไป

ดิจิไตเซอร์(Digitizer)

แผนที่ภูมิประเทศซึ่งมีขนาดมาตราส่วนย่อ 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารซึ่งมีข้อมูลต่างๆ
อยู่มาก แต่ในวิทยานิพนธ์นี้จะสนใจเฉพาะข้อมูลระดับความสูงเท่านั้น ดังนั้นจึงอาศัยเครื่องดิจิไต-
เซอร์ทำงานร่วมกับโปรแกรม AUTO CAD โดยใช้คำสั่ง SKETCH ภายในโปรแกรมนี้ เพื่อลอก
แบบเส้นระดับความสูงจากแผนที่ภูมิประเทศในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 5

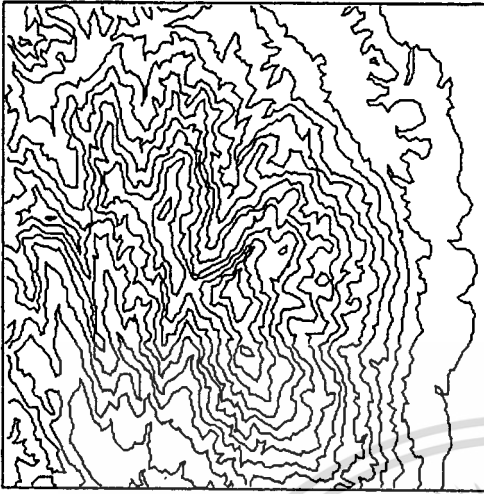


แสดงแผนที่ภูมิประเทศบริเวณจังหวัดเชียงใหม่

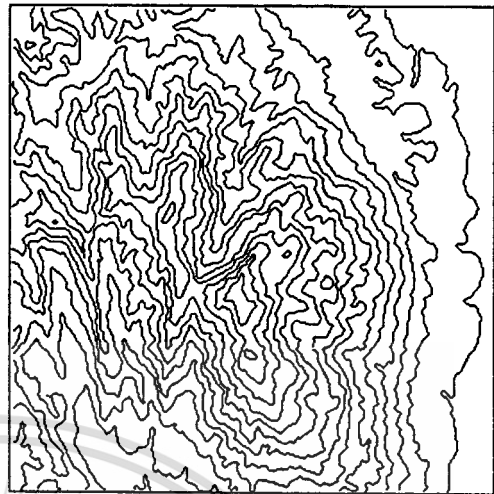
จากภาพที่ 5 เส้นระดับความสูงจะแบ่งเป็นลักษณะใหญ่ๆ 2 ลักษณะ คือ เส้นระดับความ
สูงที่มีการกำหนดความสูง และเส้นระดับความสูงที่ไม่มีการกำหนดระดับความสูง การลอกข้อมูล
เส้นระดับความสูงจากแผนที่ภูมิประเทศนั้น จะลอกข้อมูลเฉพาะเส้นระดับความสูงที่มีการกำหนด
ความสูงไว้แล้ว ทั้งนี้เพราะเป็นเส้นระดับความสูงหลักของแผนที่นั้นๆ ดังภาพที่ 6(a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6



(a) แสดงลายเส้นความสูงที่ถูกลอกเก็บไว้
ในหน่วยความจำคอมพิวเตอร์



(b) แสดงลายเส้นหลังการทำสเกลิตัน

แสดงภาพข้อมูลเส้นระดับความสูงบริเวณจังหวัดเชียงใหม่

การทำเส้นบาง (Thinning)

การทำเส้นบาง คือ การทำให้เส้นระดับความสูง มีความกว้างของเส้นเท่ากับหนึ่งจุดภาพ (pixel) โดยอาศัยอัลกอริทึมของสเกลิตันไนท์ซิง (Skeletonizing) ซึ่งจะมีการกำหนดให้ค่าของเส้นระดับความสูงมีค่าเท่ากับ "1" และพื้นของภาพมีค่าเท่ากับ "0"

ทฤษฎีขบวนการสเกลิตัน (Skeleton Procedure) เป็นวิธีการแสดงโครงสร้างรูปร่างของพื้นที่โดยอาศัยวิธีการลดขนาดพื้นที่ ซึ่งการลดดังกล่าวอาจจะทำได้หลายวิธี ขบวนการสเกลิตันเป็นวิธีหนึ่งซึ่งสามารถทำให้พื้นที่ดังกล่าวถูกลดขนาดลงจนเหลือเพียงเส้นบางๆ ซึ่งมีลักษณะเป็นโครงร่างของพื้นที่นั้นๆ และเรียกวิธีการนี้ว่า สเกลิตันไนท์ซิง ดังนั้นวิธีการทำเส้นบางของขบวนการดังกล่าวจะเป็นการหาจุดค่ากลางของพื้นที่ที่มีความกว้าง ซึ่งส่วนที่ไม่ใช่จุดกลางของพื้นที่นั้นๆ จะถูกตัดทิ้งไป วิธีการนี้อาศัยการคำนวณหาแกนกลางของพื้นที่ ซึ่งจะทำให้ได้เส้นบางๆ ของพื้นที่นั้นๆ โดยการทำให้เส้นบางๆ ของพื้นที่ที่ไม่ใช่จุดแกนกลาง โดยมีเงื่อนไขในการลบจุดดังกล่าวคือ

- ไม่มีการเคลื่อนย้ายจุด
- ไม่มีการตัดความต่อเนื่องของจุด
- ไม่มีการลบจุดของพื้นที่ที่หนาเกินไปกว่าจุดแกนกลางของพื้นที่นั้นๆ

ภาพที่ 7

P9	P2	P3
P8	P1	P4
P7	P6	P5

แสดงโครงสร้างหน้ากาก(mask)ในการทำเส้นบาง

ในวิธีการนี้จะแสดงให้เห็นถึงวิธีการสำหรับทำพื้นที่สองระดับที่บาง(Thinning binary regions) จุดของพื้นที่ที่น่าสนใจจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ“1”และจุดของพื้นที่ที่ไม่สนใจ (Background) จะสมมติให้มีค่าเท่ากับ“0” โดยวิธีการหาพื้นที่สองระดับที่บางจะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ โดยแต่ละส่วนจะมีเงื่อนไขในการตรวจสอบหน้ากากตามภาพที่ 7 เฉพาะแต่ละส่วนซึ่งวิธีการตรวจสอบในส่วนที่ 1 มีดังนี้[3]

ส่วนที่ 1

$$\text{เงื่อนไขที่ 1)} \quad 2 \leq N(P1) \leq 6$$

$$\text{เงื่อนไขที่ 2)} \quad S(P1) = 1$$

$$\text{เงื่อนไขที่ 3)} \quad P2.P4.P6 = 0$$

$$\text{เงื่อนไขที่ 4)} \quad P4.P6.P8 = 0$$

$$N(P1) = P2+P3+P4+ \dots +P9$$

$$S(P1) = \text{จำนวนของการเปลี่ยนค่าจาก "0" ไปเป็น "1" รอบจุด } P1(P2,P3,P4,\dots,P9)$$

ตัวอย่าง $N(P1) = 4$ และ $S(P1) = 3$ ดังภาพที่ 8

$$P2 = 0, P3 = 1, P4 = 0, P5 = 1, P6 = 0, P7 = 1, P8 = 1, P9 = 0$$

ภาพที่ 8

0	0	1
1	P1	0
1	0	1

แสดงตัวอย่างในการแสดง $N(P1) = 4$ และ $S(P1) = 3$

ใน ส่วนที่ 1 จะทำการตรวจสอบทุกๆ จุดของวงรอบของพื้นที่ที่สนใจ ภายใต้การพิจารณา คือ ถ้ามีเงื่อนไขในข้อ 1-4 ข้อใดข้อหนึ่งเป็นเท็จ จุด P1 จะไม่ถูกเปลี่ยนแปลงแต่ถ้าเงื่อนไขทั้ง 4 ข้อเป็นจริงทั้งหมดจุด P1 จะถูกลบ (มีค่าเท่ากับ "0") อย่างไรก็ตามจุดที่ถูกลบจะไม่ถูกลบทันที เนื่องจากจะทำให้โครงสร้างของข้อมูลพื้นที่เดิมผิดไป ดังนั้นจุดที่ถูกลบจะถูกกระทำเมื่อมีการทำ ขบวนการตรวจสอบพื้นที่ที่สนใจเสร็จสิ้นแล้วเท่านั้น วิธีการตรวจสอบในส่วนที่ 2 มีดังนี้

ส่วนที่ 2

$$\text{เงื่อนไขที่ 1)} \quad 2 \leq N(P1) \leq 6$$

$$\text{เงื่อนไขที่ 2)} \quad S(P1) = 1$$

$$\text{เงื่อนไขที่ 3)} \quad P2.P4.P8 = 0$$

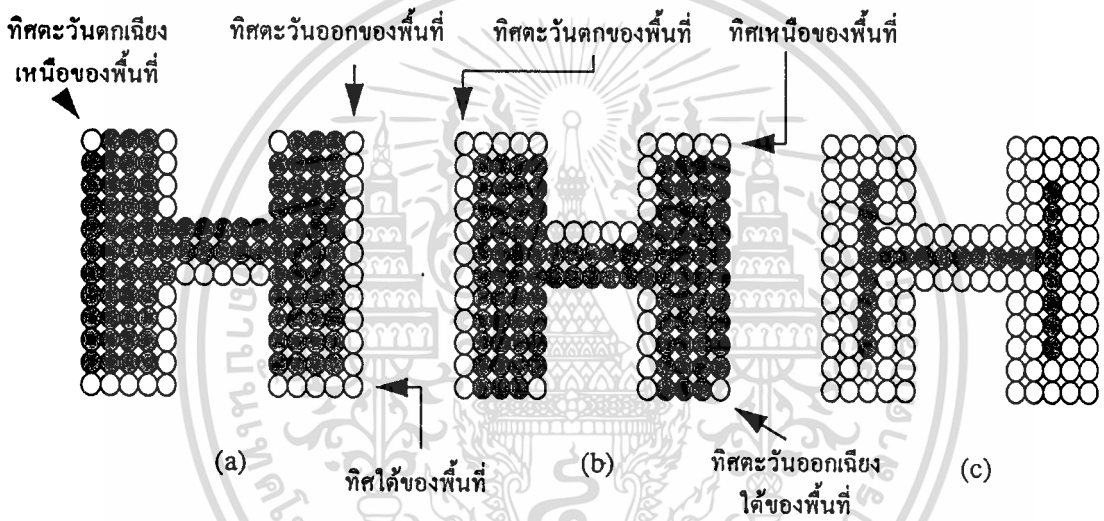
$$\text{เงื่อนไขที่ 4)} \quad P2.P6.P8 = 0$$

ใน ส่วนที่ 2 จะนำเอาผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนที่ 1 มาตรวจสอบตามเงื่อนไขที่กล่าวมาแล้ว ซึ่ง การตรวจสอบเงื่อนไขจะเหมือนกับส่วนที่ 1 โดย เงื่อนไขที่(1) ของส่วนที่ 1 และ 2 จะไม่เป็นจริง ก็ต่อเมื่อจุดรอบจุด P1 มีค่า "1" อยู่ 1 ค่า หรือ 7 ค่า เงื่อนไขที่(2) ของส่วนที่ 1 และ 2จะเป็น จริงเมื่อพื้นที่ที่พิจารณามีความต่อเนื่องของพิกเซล ซึ่งลักษณะของพิกเซลที่มีความต่อเนื่องนี้จะจัด เรียงโดยขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่เราพิจารณา เพราะฉะนั้นในเงื่อนไขนี้จะแสดงให้เห็นถึงความไม่ต่อเนื่อง ของสเกลอดันที่ได้ เงื่อนไขที่ (3) กับ (4) ของส่วนที่ 1 จะเป็นเงื่อนไขที่ทำงานร่วมกัน โดยจะ เป็นการพิจารณาขอบของพื้นที่ที่พิจารณาทางด้านทิศตะวันออก ทางทิศใต้และมุมทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ 9(a) ในเงื่อนไขที่ (3) และ (4) ของส่วนที่ 2 ก็จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเช่นเดียวกัน คือ จะพิจารณา พื้นที่ที่ขอบทางด้านทิศเหนือ ทางด้านทิศตะวันตกและมุมทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ดังแสดงในภาพที่ 9(b) จากภาพที่ 9 จะเห็นว่าในการตรวจสอบเงื่อนไขในแต่ละส่วนจะทำให้พื้นที่ที่พิจารณาบางลง โดยการตรวจสอบเงื่อนไขในส่วนที่ 1 และ 2 จะสลับกันไปเรื่อยๆ จนกระทั่งพื้นที่ที่พิจารณามีความบางเท่ากับ 1 พิกเซลดังภาพที่ 9(c) ในขั้นตอนการตรวจสอบจุดต่างๆ สามารถสรุปขั้นตอนทั้งหมดได้ดังแผนภูมิภาพที่ 10

ภาพที่ 9

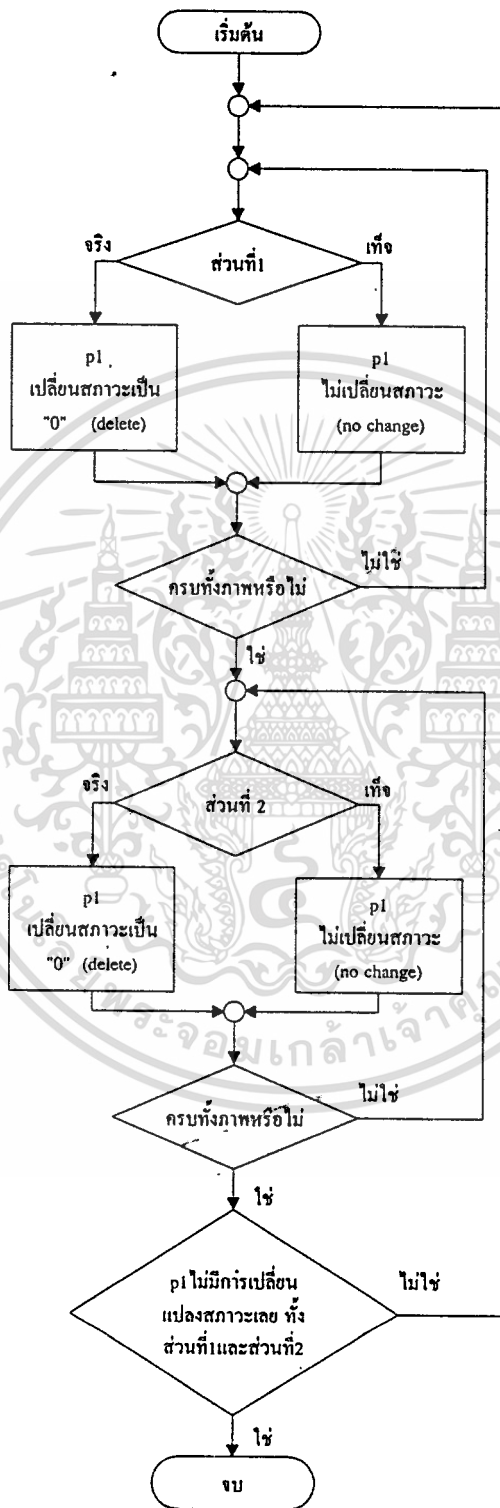


แสดง ภาพ(a) การทำขบวนการสเกลอิตันในขั้นตอนที่ 1,
 ภาพ(b) การทำขบวนการสเกลอิตันในขั้นตอนที่ 2
 ภาพ(c) ผลลัพธ์ของการทำขบวนการสเกลอิตัน

การปรับปรุงบริเวณหักมุมของสเกลอิตัน

เนื่องจากการทำขบวนการสเกลอิตันในครั้งนั้น ที่บริเวณหักมุมจะมีลักษณะซ้อนทับของจุดซึ่งลักษณะดังกล่าวมีผลกระทบต่อการใช้ทฤษฎีสหสัมพันธ์ลูกโซ่ (Chain code) ดังนั้นที่บริเวณมุมดังกล่าวจึงต้องมีการปรับปรุงดังภาพที่ 11 ซึ่งจะยกบางส่วนมาพิจารณาเพื่อความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

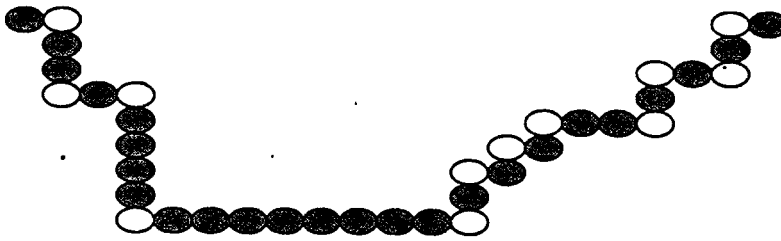
ภาพที่ 10



แสดงแผนภูมิแสดงการทำเส้นระดับความสูงให้มีขนาด 1 จุดภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11



แสดงบริเวณหักมุมของสเกลิดัน

จากภาพที่ 11 จะเห็นได้ว่า จุดที่มีสีขาวนั้นเป็นจุดที่สเกลิดันไม่จำเป็นต้องมีก็ได้ ถ้ามี จะทำให้จุดมีการซ้อนทับกันหรืออีกนัยหนึ่งจะมีทิศทางของเส้นดังภาพที่ 12 ลักษณะดังกล่าวมีผลกระทบต่อทฤษฎีสัมพันธ์ลูกโซ่ ดังนั้นจึงมีการปรับจุดที่ซ้อนทับโดยลบจุดซ้อนทับออก จึงทำให้ทิศทางเส้นเปลี่ยนไปดังภาพที่ 13

ภาพที่ 12



แสดงทิศทางของสเกลิดันก่อนลบจุดซ้อนทับ

ภาพที่ 13



แสดงทิศทางของสเกลิดันหลังลบจุดซ้อนทับ

จากการซ้อนทับที่กล่าวมาแล้วสามารถทำการลบออกด้วยขบวนการดังต่อไปนี้

$$1) P_1.P_n.P_{n+1} = 1 \text{ ให้ } P_k = 0 \text{ เมื่อ } k \text{ เป็นเลขคู่ของชุดข้อมูลนั้นๆ}$$

$$\text{และ } n = 2,3,4,\dots,8$$

เอกสารนี้(๒) ๑P1.P9.P2 จนไว้สำร๑การให้๑น P2 = 0 ศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

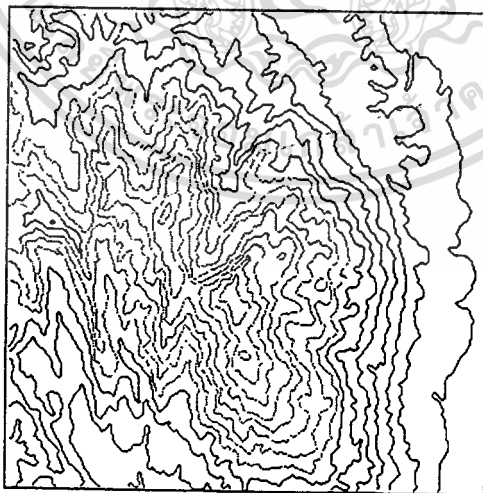
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อ 1 เราจะทำซ้ำ 7 ครั้งเริ่มตั้งแต่ $n=2$ จนถึง $n=8(P1.P2.P3, P1.P3.P4, \dots, P1.P8.P9)$ ถ้าเงื่อนไขในข้อ 1 เป็นจริงในแต่ละค่า n ใดๆ P ที่มีค่าเป็นคู่ของชุดข้อมูลในเงื่อนไขนั้นจะถูกกำหนดค่าให้เป็น "0" หรือมีการลบบอก เช่น เมื่อ $n = 3$ ชุดข้อมูลที่ตรวจสอบคือ $P1.P3.P4 = 1$ โดยเงื่อนไขนี้เป็นจริงเมื่อ $P1=1, P3=1, P4=1$ และ ค่า P ที่มีค่าเป็นคู่ของชุดข้อมูลนี้คือ $P4$ ซึ่งจะถูกแทนด้วยค่า "0" หรือมีการลบค่าที่ตำแหน่งนั้นออก เงื่อนไขในข้อ 2 จะกระทำเป็นครั้งที่ 8 เพียงครั้งเดียว ถ้าเงื่อนไขในข้อ 2 เป็นจริง $P2$ จะถูกลบออก จากนั้นเลื่อนจุดพิจารณา($P1$)ไปครั้งละ 1 จุดภาพเพื่อทำการตรวจสอบจุดซ้อนทับอีก จนครบทั้งข้อมูลภาพ ดังแสดงผลลัพท์การทำเส้นบางดังภาพที่ 6(b)

การกำหนดความสูงให้กับเส้นระดับความสูง

ในการกำหนดเส้นระดับความสูงนั้นต้องอาศัยแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารดังภาพที่ 5 เนื่องจากแผนที่ดังกล่าว มีข้อมูลตัวเลขที่บ่งบอกถึงระดับความสูงของเส้นระดับความสูงซึ่งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาป้อนให้กับโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อกำหนดความสูงให้กับเส้นระดับความสูงโดยเฉพาะดังภาพที่ 14 โปรแกรมดังกล่าวอาศัย ทฤษฎีสหสัมพันธ์ลูกโซ่เพื่อหาความต่อเนื่องและสามารถแยกเส้นระดับความสูงแต่ละเส้นออกจากกันได้ ดังจะแสดงในรายละเอียดต่อไป

ภาพที่ 14



แสดงลายเส้นระดับความสูงที่ถูกกำหนดค่าความสูงแล้วบริเวณจังหวัดเชียงใหม่

เส้นสีเทา หมายถึง เส้นระดับความสูงถูกกำหนดค่าความสูงแล้ว

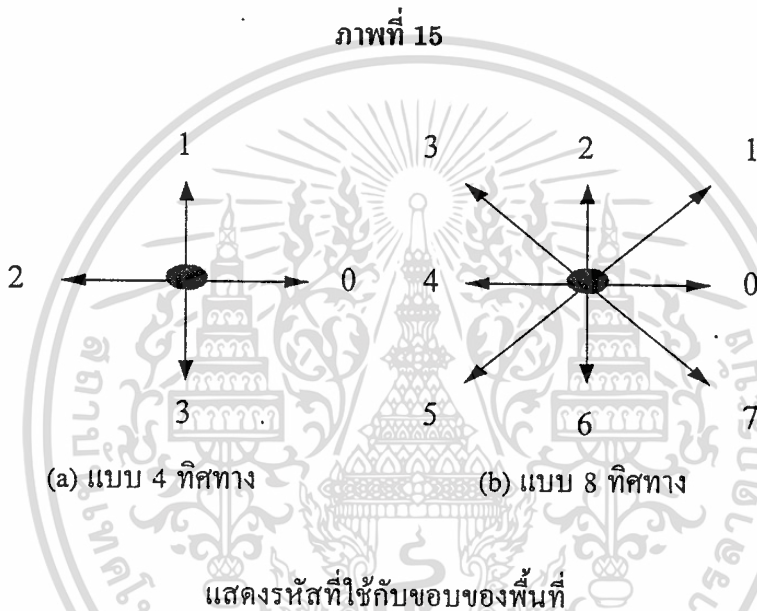
เส้นสีดำ หมายถึง เส้นระดับความสูงยังไม่ถูกกำหนดค่าความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สหสัมพันธ์ลูกโซ่ (Chain code)

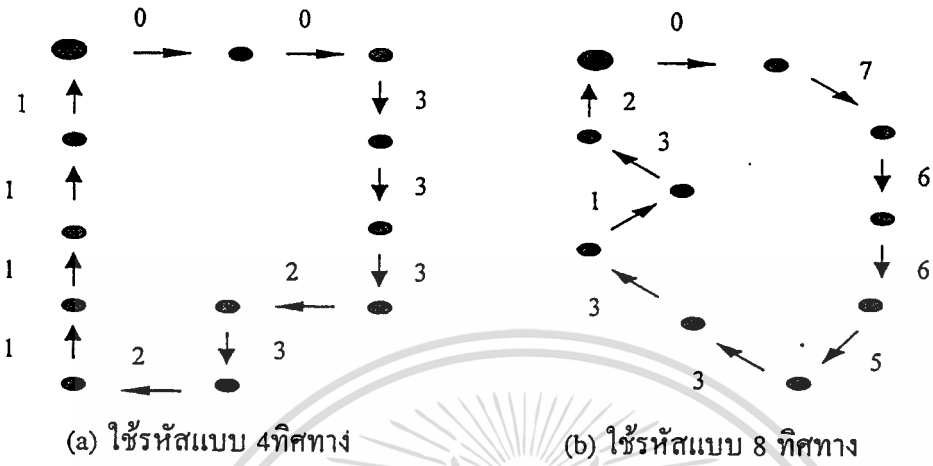
สหสัมพันธ์ลูกโซ่ถูกใช้ในการแสดงขอบพื้นที่ที่พิจารณา โดยขอบดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นเส้นที่มีความต่อเนื่องและบ่งบอกทิศทางของเส้นดังกล่าว ทฤษฎีสหสัมพันธ์ลูกโซ่นี้มีวิธีการพิจารณาขอบของพื้นที่ที่เป็นพื้นฐานอยู่ 2 แบบ คือแบบ 4 ทิศทาง(4 connectivity) และ 8 ทิศทาง (8 connectivity)[2] โดยทิศทางของการพิจารณาแบบนี้ก็คือ รหัสที่ใช้ในการเก็บสหสัมพันธ์ลูกโซ่นั้นเอง ดังภาพที่ 15 และ 16



ข้อมูลภาพเชิงตัวเลขที่ได้จะอยู่ในรูปแบบของกริด(grid)หรืออีกนัยหนึ่งคือมีการกำหนดจุดด้วยค่า X และ Y ดังนั้นสหสัมพันธ์ลูกโซ่สามารถสร้างขึ้นตามขอบของพื้นที่ที่พิจารณาได้ โดยมีทิศทางในการตรวจสอบขอบดังกล่าวเป็นแบบทวนเข็มนาฬิกาดังภาพที่ 15(a) และ 15(b) ซึ่งแสดงการหาทิศทางแบบ 4 ทิศทางและ 8 ทิศทางตามลำดับ

การประยุกต์ใช้งาน จากทฤษฎีสหสัมพันธ์ลูกโซ่ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาเส้นระดับความสูงโดยใส่รหัสให้กับเส้นระดับความสูงในแต่ละเส้น ค่ารหัสแต่ละเส้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของเส้นระดับความสูงนั้นๆ โดยมีขั้นตอนในการหาและการเข้ารหัสให้กับเส้นระดับความสูงดังนี้

ภาพที่ 16

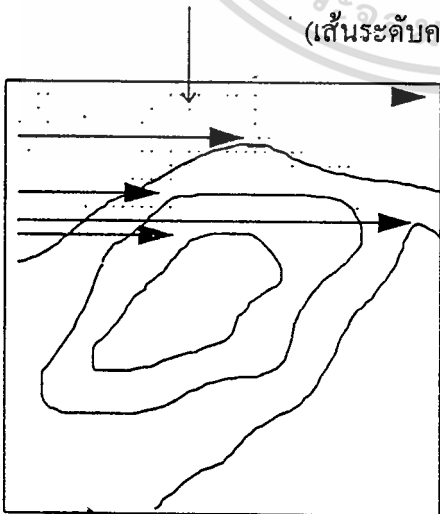


แสดงการเข้ารหัสให้กับพื้นที่

ขั้นตอนที่ 1 หากจุดเริ่มต้นของเส้นระดับความสูงโดยตำแหน่งแรกจะเริ่มที่จุดมุมซ้ายของจอคอมพิวเตอร์ จากนั้นจะ Scan หาไปทางขวาตามลำดับจนกระทั่งพบเส้นระดับความสูงนั้น ดังภาพที่ 17

ภาพที่ 17

ทิศทางในการตรวจสอบจุดของภาพว่าเป็นเส้นระดับความสูงหรือไม่ (เส้นระดับความสูงมีค่าเป็น "1" พื้นของภาพมีค่าเป็น "0")



แสดงการหาจุดเริ่มต้น

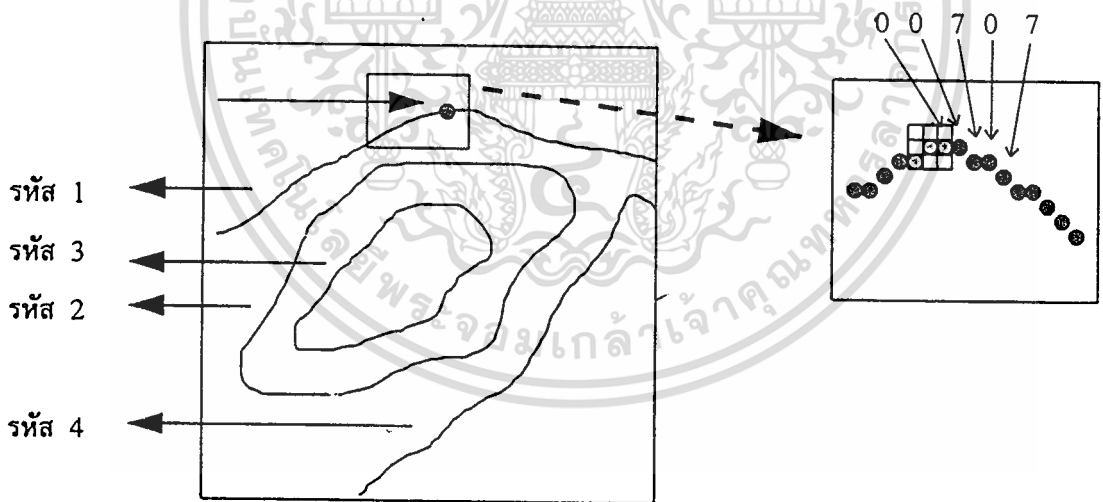
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 ใช้ทฤษฎีสหสัมพันธ์ลูกโซ่ในการหาความต่อเนื่องของเส้นระดับความสูงนั้นอาศัยรูปแบบในการตรวจสอบทิศทางแบบ 8 ทิศทางของทฤษฎีดังกล่าว ซึ่งจะสามารถหาความต่อเนื่องของเส้นระดับความสูงได้ จากนั้นจึงใส่รหัสให้กับเส้นระดับความสูงดังกล่าวดังภาพที่ 18 จากภาพดังกล่าวจะเห็นได้ว่าสามารถหาค่าความต่อเนื่องของเส้นได้เท่ากับ 0,0,7,0,7,... จนครบทั้งเส้นของระดับความสูงนั้นและมีรหัสของแต่ละเส้นเพื่อแยกความแตกต่างเส้นระดับความสูงแต่ละเส้น

ขั้นตอนที่ 3 ทำขั้นตอนที่ 1 และ 2 จนครบทั้งภาพ จะได้ภาพที่มีการใส่รหัสให้กับเส้นระดับความสูงทุกเส้น

ขั้นตอนที่ 4 การกำหนดความสูงให้กับเส้นระดับความสูงนั้นเพียงแต่กำหนดค่าความสูงให้กับรหัสของแต่ละเส้นที่กล่าวมาแล้ว ก็จะทำให้เส้นระดับความสูงที่อ้างอิงกับรหัสนั้นๆ มีความสูงตามไปด้วย

ภาพที่ 18



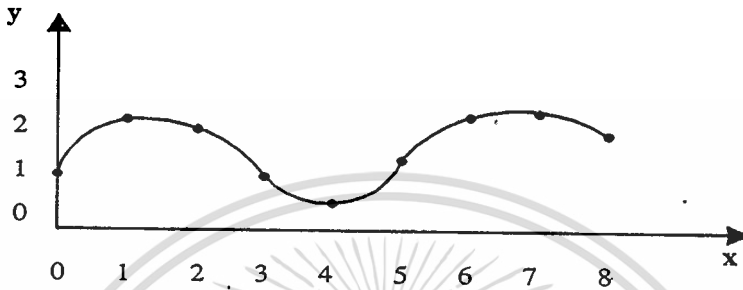
แสดงการหาความต่อเนื่องของเส้นระดับความสูงเพื่อใส่รหัส

Cubic Spline Interpolation

ข้อมูลของเส้นระดับความสูงที่ถูกกำหนดความสูงแล้วจะมีค่าความสูงของพื้นที่นั้นๆแต่ในส่วนที่ไม่ใช่เส้นระดับความสูงจะยังไม่มีข้อมูลความสูงซึ่งในความเป็นจริงพื้นที่ดังกล่าวจะต้องมีค่าระดับความสูงกำกับอยู่ ดังนั้นจึงต้องอาศัยทฤษฎี Cubic Spline Interpolation ในการคำนวณหาค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับความสูงของพื้นที่ที่ยังไม่มีการกำหนดความสูงโดย Cubic Spline Interpolation นั้นเป็นคณิตศาสตร์สมมูล (Mathematical equivalent) ของขบวนการในการสร้างเส้นโค้งโดยผ่านจุดคงที่ดังภาพที่ 19

ภาพที่ 19



แสดงการสร้างสไปลน์ผ่านจุดคงที่

จากภาพที่ 19 เป็นการแสดงรูปร่างซึ่งถูกสร้างจากจุด 2 จุดที่อยู่ติดกันไปด้วยโพลิโนเมียลกำลังสาม หมายถึง การสร้างเส้นโค้งจำนวน $N-1$ ซึ่งแต่ละเส้นโค้งจะถูกกำหนดด้วยโพลิโนเมียลกำลัง 3 (Cubic polynomials) ดังสมการ 4.1

$$S_i(x) = a_i x^3 + b_i x^2 + c_i x + d_i \quad ; \quad i=1,2,\dots,N-1 \quad \dots (4.1)$$

$S_i(x)$ คือ สมการโพลิโนเมียลกำลังสามที่ใช้ในการกำหนดค่าระหว่างจุด X_i กับ X_{i+1}

ในการสร้างสไปลน์นั้น จะประกอบไปด้วยการคำนวณหา ค่าสัมประสิทธิ์ a, b, c และ d จากการให้ค่าตำแหน่ง x และ y ซึ่งการให้ค่าดังกล่าวจะทำให้เกิดค่า หลายสมการ (simultaneous equations) เพื่อให้สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ a, b, c และ d ได้

เมื่อกำหนดให้ $S_i(X_i) = Y_i$ และ $S_i(X_{i+1}) = Y_{i+1}$ สำหรับ $i = 1, 2, \dots, N-1$ เนื่องจากสไปลน์จะต้องผ่านจุดคงที่ (Knots) และลักษณะของเส้นโค้ง (Curves) จะต้องเรียบ (Smoothly) โดยไม่มีการหักมุมหรือ รอยขาดของเส้นโค้ง ในทางคณิตศาสตร์จะหมายถึง อนุพันธ์อันดับที่ 1 ของสไปลน์โพลิโนเมียลจะต้องมีค่าเท่ากันที่จุดคงที่ ($S'_{i-1}(X_i) = S'_i(X_i)$) สำหรับ $i=2, 3, \dots, N-1$ และอนุพันธ์อันดับที่ 2 ของโพลิโนเมียลดังกล่าวจะต้องเท่ากันที่จุดคงที่ด้วย เงื่อนไขเหล่านี้จะทำให้เกิดสมการทั้งหมด $4N-6$ สมการ โดยสัมประสิทธิ์ที่ไม่ทราบค่า มี $4(N-1)$ ค่า จากสมการและค่าสัมประสิทธิ์พบว่าจำนวนสมการมีน้อยกว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่ทราบค่า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาเงื่อนไขเข้ามาอธิบายที่ตำแหน่งจุดเริ่มและจุดสุดท้ายของสไปลน์โดยใช้คุณสมบัติที่เรียกว่า Natural ของสไปลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งแสดงได้จาก $S''_1(X_1) = P_1 = 0$, $S''_{N-1}(X_N) = P_N = 0$ เงื่อนไขทั้ง 2 นี้เมื่อนำมารวมเข้ากับสมการเดิมจะทำให้เกิดสมการใหม่ทั้งหมด $4N-4$ สมการซึ่งจะเท่ากับจำนวนสัมประสิทธิ์ที่ไม่ทราบค่า $4(N-1)$ ค่า ดังนั้นทำให้สามารถใช้ทฤษฎี Gaussian elimination ในการหาสัมประสิทธิ์ที่ไม่ทราบค่าทั้งหมดของสไปลน์ได้ ในการคำนวณสไปลน์นั้นสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ได้ แต่อย่างไรก็ตามเงื่อนไขบางเงื่อนไขของสไปลน์จะซ้ำกัน ดังนั้นสมการที่เราไม่ทราบค่า(Unknown) มีเพียง $N-2$ เท่านั้น การหาค่าสัมประสิทธิ์ a, b, c และ d นั้นเราสามารถหาได้จาก เงื่อนไขของสไปลน์ซึ่งสามารถนำมาเขียนในรูปสมการได้ 4 สมการ คือ

$$S_i(X_i) = Y_i \quad \text{.....(4.2)}$$

$$S_i(X_{i+1}) = Y_{i+1} \quad \text{.....(4.3)}$$

$$S''_i(X_i) = P_i \quad \text{.....(4.4)}$$

$$S''_i(X_{i+1}) = P_{i+1} \quad \text{.....(4.5)}$$

ค่า X และ Y เป็นค่าของจุดคงที่ซึ่งทราบค่าแล้ว ค่าที่ยังไม่ทราบคือค่า P_2, \dots, P_{N-1} วิธีการหาค่านั้นสามารถใช้เงื่อนไขของอนุพันธ์อันดับที่ 1 เข้ามาช่วย เนื่องจากค่าที่ไม่ทราบมีทั้งหมด $N-2$ ดังนั้นจึงต้องอาศัยทั้ง $N-2$ สมการ เพื่อหาค่าที่ไม่ทราบค่าทั้งหมด

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์ a, b, c และ d ในรูปสมการของอนุพันธ์อันดับ 2 นั้นอาศัยการแทนค่า(Substitute)ของสมการที่ 1, 2, 3 และ 4 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์แต่ละเซ็กเมนต์(Segment)ของสไปลน์ ซึ่งการแทนค่าดังกล่าวสามารถจะหาสมการในแต่ละเซ็กเมนต์ของสไปลน์ได้ดังนี้[4,5]

$$S_i(t) = ty_{i+1} + (1-t)y_i + (x_{i+1}-x_i)^2[(t^3-t)p_{i+1} - ((1-t)^3 - (1-t))p_i]/6 \quad \text{.....(4.6)}$$

$$; i = 1, 2, 3, \dots, N-1$$

จากสมการ $t = (X-X_i)/(X_{i+1}-X_i)$ ซึ่งเป็นอัตราส่วนของเซ็กเมนต์สไปลน์ เมื่อ X จะมีค่าเปลี่ยนแปลงในช่วง (X_i, X_{i+1}) และค่า P_{i+1} และ P_i ซึ่งเป็นค่าที่ยังไม่ทราบค่า ดังนั้นในการหาค่าดังกล่าวจะใช้สมการอนุพันธ์อันดับที่ 1 ของสมการที่ 4.6 เพื่อหาค่า

$$S'_i(t) = Z_i + (X_{i+1}-X_i) [(3t^2-1)P_{i+1} + (3(1-t)^2-1)P_i]/6 \quad \text{..... (4.7)}$$

$Z_i = (Y_{i+1} - Y_i)/(X_{i+1} - X_i)$ และกำหนดให้ $s'_{i-1}(1) = s'_i(0)$ สำหรับ $i=2, \dots, N-1$ ดังนั้นสามารถเขียนสมการใหม่ได้เป็น

$$(X_i - X_{i-1})P_{i-1} + 2(X_{i+1} - X_{i-1})P_i + (X_{i+1} - X_i)P_{i+1} = 6(Z_i - Z_{i-1}) \quad \dots (4.8)$$

จากสมการที่ 4.8 กำหนดให้ $U_i = (X_{i+1} - X_i)$, $d_i = 2(X_{i+1} - X_{i-1})$ และ $W_i = 6(Z_i - Z_{i-1})$ จากการกำหนดจุดทั้งหมด N จุด สามารถนำสมการทั้งหมดมาเขียนไว้ในรูปแมทริกซ์(Matrix) ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} d_2 & u_2 & 0 & 0 & \dots & \dots & \dots \\ u_2 & d_3 & u_3 & 0 & \dots & \dots & \dots \\ 0 & u_3 & d_4 & u_4 & \dots & \dots & \dots \\ \cdot & 0 & \cdot & \cdot & \dots & \dots & \dots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & u_{N-2} & d_{N-1} & \cdot \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ \cdot \\ \cdot \\ P_{N-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_2 \\ W_3 \\ W_4 \\ \cdot \\ \cdot \\ W_{N-1} \end{bmatrix} \quad \dots (4.9)$$

จาก Matrix ดังกล่าวสามารถหาค่า P_2 ถึง P_{N-1} ได้ซึ่งค่าดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในสมการที่ 4.6 เพื่อหาค่าของ Cubic Spline Interpolation ในแต่ละช่วงต่อไป

Median Filtering

จากการคำนวณหาค่าความสูงแต่ละจุดภาพโดยวิธี Cubic Spline Interpolation นั้นจะทำให้เกิดการประมาณค่า(Interpolate)บางจุดภาพ มีค่าระดับความสูงของจุดภาพนั้นมากกว่าความเป็นจริงเมื่อเทียบกับจุดรอบข้าง(Neighborhood) ซึ่งระดับความสูงนี้จะมีลักษณะเหมือนกับ สัญญาณรบกวนในข้อมูลภาพ(Image) ดังนั้นจึงอาศัยทฤษฎี Median Filter ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการลดสัญญาณรบกวน(Peak noise) ของข้อมูลหรือทำให้ข้อมูลเรียบขึ้น(Smooth) โดยนำความสูงแต่ละจุดภาพที่อยู่รอบๆจุดที่กำลังสนใจมาพิจารณาร่วมกันโดยจะใช้ค่ามัธยฐานของชุดข้อมูลดังกล่าวแทนในตำแหน่งที่สนใจ แทนการเฉลี่ยของชุดข้อมูล วิธีการนี้จะมีผลกระทบต่อความคมชัดของขอบ หรือ ความแตกต่างของข้อมูลที่ไม่ใช่สัญญาณรบกวนบ้างเล็กน้อย ซึ่งจะขึ้นอยู่กับกำหนดขนาดหน้าต่างในการตรวจสอบและรูปแบบของ Median Filter

ภาพที่ 20

A	B	C
D	E	F
G	H	I

A	B	C	D	E
F	G	H	I	J
K	L	M	N	O
P	Q	R	S	T
U	V	W	X	Y

(a) หน้าต่างขนาด 3x3

(b) หน้าต่างขนาด 5x5

แสดงรูปแบบและขนาดหน้าต่างในการตรวจสอบ

จากภาพที่ 20 จุดที่พิจารณา คือตำแหน่ง E และ M ของหน้าต่างในการตรวจสอบตามลำดับ ซึ่งข้อมูลที่นำมาพิจารณาร่วมด้วยนั้นจะใช้ข้อมูลทั้งหมดที่อยู่ในหน้าต่างตรวจสอบนั้นๆ ซึ่งผลของการใช้ข้อมูลทั้งหมดภายในหน้าต่างตรวจสอบจะมีผลกระทบต่อความแตกต่างของข้อมูลที่ไม่ใช่สัญญาณรบกวน ดังนั้นในวิทยานิพนธ์นี้จึงใช้วิธีการที่เรียกว่า Cross Median Filter ซึ่งจะให้ผลกระทบต่อความแตกต่างของข้อมูลที่ไม่ใช่สัญญาณรบกวนน้อยกว่าแบบแรก โดยใช้ขนาดหน้าต่างในการตรวจสอบเท่ากับ 5x5 ดังแสดงในภาพที่ 21

ภาพที่ 21

A				F
	B		G	
		C		
	H		D	
I				E

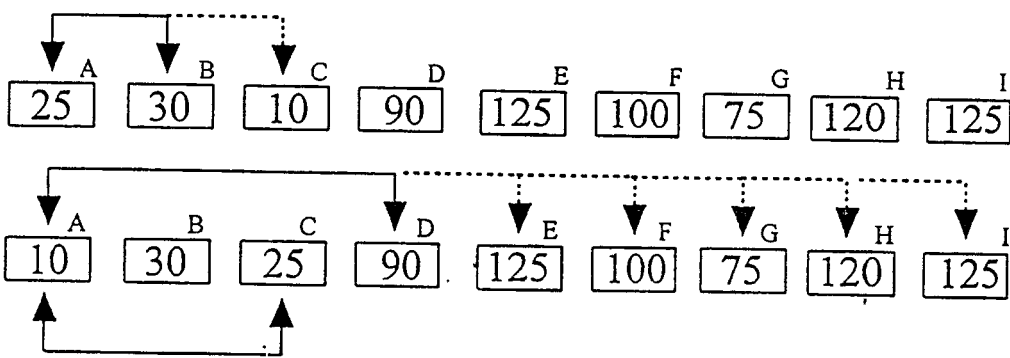
แสดง Cross Median Filter ขนาด 5x5

Selection Sort

เนื่องจากการกำจัดสัญญาณรบกวนของ Median filter นั้นจะต้องทำการเรียงข้อมูลใหม่โดยเรียงข้อมูลจากค่าต่ำไปหาค่าสูง วิธีการเรียงข้อมูลพิจารณาได้จากตัวอย่างในภาพที่ 21 โดยจุดสนใจที่พิจารณาคือ element C และข้อมูลที่จะนำมาพิจารณาคือ ข้อมูลใน element A ถึง I โดยวิธีการพิจารณานี้ จะนำข้อมูลใน element A ถึง I มาจัดเรียงกันตามขนาดของข้อมูลจากน้อยไปหามาก โดยในขั้นแรกจะหาค่าที่น้อยที่สุดใน element A ถึง I แล้วเปลี่ยนค่าที่น้อยที่ให้อยู่ในตำแหน่งแรก ดังภาพที่ 22(a) จากนั้นจึงหาค่าที่น้อยที่สุด โดยเริ่มจาก element ที่ 2 เมื่อพบค่าดังกล่าวแล้วเปลี่ยนตำแหน่งค่าดังกล่าวมาอยู่ในตำแหน่งที่ 2 ดังภาพที่ 22(b) และทำลักษณะเช่นนี้จนครบทุก element วิธีการนี้ถูกเรียกว่า Selection sort เพราะการทำงานนี้จะเป็นการทำซ้ำในการเลือกค่าที่น้อยที่สุด ที่เหลืออยู่ในอาร์เรย์ จากภาพที่ 22 ข้อมูลใน element A จะถูกสลับกับข้อมูลใน element C เนื่องจากข้อมูลใน element C มีค่าน้อยกว่า จากนั้นจึงตรวจสอบ element ต่อไปจนครบถึง element I ถ้าพบว่าข้อมูลใดในอาร์เรย์ มีค่าน้อยกว่าข้อมูลใน element A อีกก็ให้สลับข้อมูลดังกล่าวจากการกระทำนี้จะทำให้ข้อมูลใน element A มีค่าน้อยที่สุดในข้อมูล element ชุดนี้ จากนั้นก็เริ่มทำลักษณะเดียวกันกับ element A โดยเปลี่ยนมาทำที่ element B และมีการตรวจสอบข้อมูลตั้งแต่ element B ไปจนถึง element I ก็จะทำให้ข้อมูลใน element B มีค่าน้อยที่สุดในชุดข้อมูลของ element B ถึง I และกระทำซ้ำเช่นนี้ไปจนครบ element I ผลที่ได้จะทำให้ข้อมูลใน element A ถึง I มีค่าเรียงจากน้อยไปหามาก ดังภาพที่ 22(C)

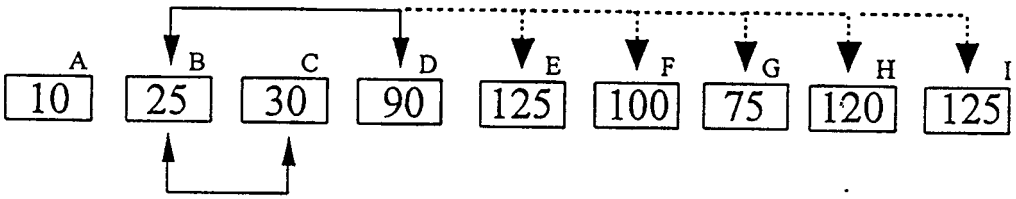
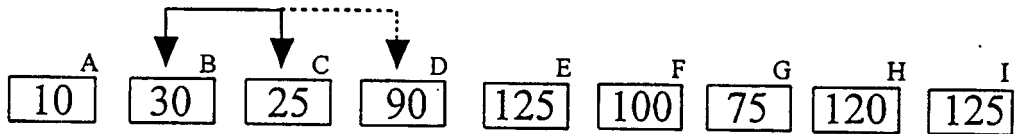
เมื่อข้อมูลในอาร์เรย์ทั้งหมดถูกเรียงจากน้อยไปหามากแล้ว วิธีการหาค่ามัธยฐานของชุดข้อมูลนี้ ก็เพียงแต่นำค่าในตำแหน่ง element E มาแทนในตำแหน่ง C ของ Cross Median Filter ในภาพที่ 21 จากนั้นจึงเลื่อนหน้าต่างในการตรวจสอบไปครั้งละ 1 จุดภาพ จนครบทั้งภาพ

ภาพที่ 22

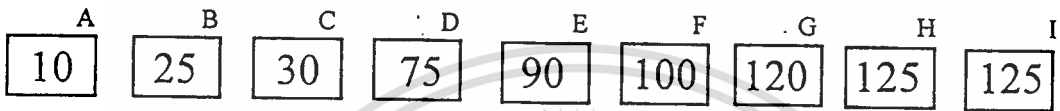


(a) แสดงการเลือกค่าที่น้อยที่สุดในตำแหน่งแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b) แสดงการเลือกค่าที่น้อยที่สุดในตำแหน่งที่สอง



(c) แสดงผลลัพธ์เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนการ

แสดงวิธีการเรียงข้อมูลจากค่าน้อยไปหาค่ามาก

บทที่ 5

การแก้ไขทางเรขาคณิต

การแก้ไขทางเรขาคณิต เป็นวิธีการหนึ่งในการปรับปรุงพิกัดของระนาบจำนวนสองระนาบให้มีพิกัดที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งวิธีการนี้สามารถนำมาใช้ปรับปรุงให้พิกัดของแผนที่ภูมิประเทศที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ ให้มีพิกัดใกล้เคียงหรือเท่ากับพิกัดของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากนั้นจึงนำข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศที่มีการปรับปรุงพิกัดแล้วมาหาค่าความสูงทุกจุดภาพซึ่งได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 การแก้ไขทางเรขาคณิตนั้นต้องอาศัยพิกัดภาพแผนที่ดาวเทียม แต่เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในวิทยานิพนธ์มีรายละเอียดแยกกันในแต่ละแบนด์ ดังนั้นจึงต้องอาศัยการประมาณค่าหลายระดับเพื่อการแสดงภาพรวมแต่ละแบนด์ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้อยู่ในภาพเดียวดังแสดงรายละเอียดต่อไป

การแสดงผลภาพถ่ายดาวเทียม

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนี้เป็นข้อมูลในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งถูกเก็บข้อมูลโดยดาวเทียม MOS - I ข้อมูลดังกล่าวได้รับความอนุเคราะห์จาก สถานีรับสัญญาณดาวเทียมสำรวจทรัพยากรเขตลาดกระบัง ซึ่งเป็นข้อมูลในแบนด์ 3, 4, 5 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 23 ข้อมูลในแต่ละแบนด์นี้จะถูกกำหนดสีคือแบนด์ 3 จะเป็นสีน้ำเงิน แบนด์ 4 จะเป็นสีแดง แบนด์ 5 จะเป็นสีเขียว ซึ่งทั้ง 3 แบนด์ จะถูกนำมาแสดงรวมกันเพื่อผสมระดับของสีทั้งสามซึ่งจะได้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมออกมาเพียง 1 ข้อมูลภาพเท่านั้น แต่เนื่องจากความสามารถในการแสดงภาพของ Super VGA Card ในเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถแสดงความแตกต่างของสีได้ 256 สีเท่านั้น หรืออีกนัยหนึ่งคือสามารถแสดงความแตกต่างของสีได้ 8 บิต แต่ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจะมีระดับความแตกต่างของสีในแต่ละแบนด์เท่ากับ 8 บิต ดังนั้นความแตกต่างของสีทั้งหมดจะเท่ากับ 24 บิต หรือ 2^4 สี จากข้อจำกัดดังกล่าวจำเป็นจะต้องมีการจำลองการแสดงผลสีจาก 24 บิต ให้เหลือเพียง 8 บิต โดยให้ระดับของการแยกความแตกต่างระดับสี 24 บิต กับ 8 บิต มีความแตกต่างกันทางการมองเห็นน้อยที่สุด วิธีการในการจำลองการแสดงผลสีนี้คือ การประมาณข้อมูลภาพหลายระดับ (Multilevel ordered dithering) ซึ่งผลของการใช้วิธีการนี้ แสดงให้เห็นในภาพที่ 24

การประมาณข้อมูลหลายระดับ (Mult-level orderd dithering)

การประมวลข้อมูลภาพหลายระดับ อาศัยการกระทำ Orderd dither ในแต่ละระดับความเข้มของสี เพื่อเพิ่มระดับย่อยภายในระดับแต่ละระดับเดิม การเพิ่มระดับย่อยด้วยกรรมวิธี Orderd dither แสดงได้ด้วยสมการที่ 5.1

$$P_{\text{multi-dither}}(X,Y) = [(P(x,y) + G_T T_{\text{dither}}(a,b))G_{\text{adj}}] \text{shr} [8 - \log_2(m_s)] \quad \dots (5.1)$$

$P(x,y)$ คือ ค่าระดับสีเดิม ซึ่งมีขนาด 8 บิต หรือ 256 ระดับ

G_T คือ ค่าอัตราขยายสำหรับค่าลำดับในตาราง dither

T_{dither} คือ ข้อมูลในตาราง Dither ที่ตำแหน่ง (a,b) ซึ่งหาได้จาก

$a = x \text{ MOD } a_{\text{max}}$; a_{max} คือ จำนวนข้อมูลในตาราง Dither ในแนวนอน

$b = y \text{ MOD } b_{\text{max}}$; b_{max} คือ จำนวนข้อมูลในตาราง Dither ในแนวตั้ง

MOD คือ การหารที่มีผลลัพธ์คือเศษของการหารนั้นๆ

G_{adj} คือ ค่าอัตราขยายสำหรับใช้ในการปรับแก้ระดับความสว่าง

m_s คือ ค่าจำนวนระดับความเข้มที่ระบบใหม่รองรับได้

shr คือ การเลื่อนบิตในข้อมูลในเลขฐานสอง ไปทางขวาตามจำนวนตัวถูกกระทำด้านขวา

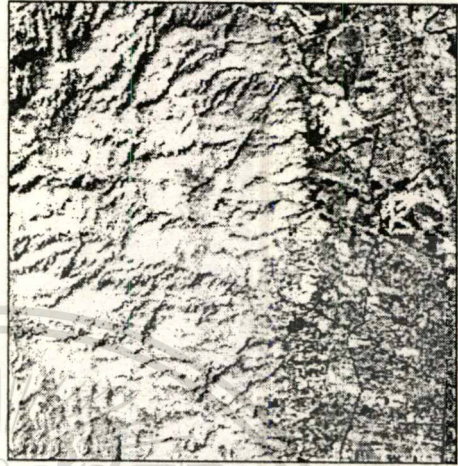
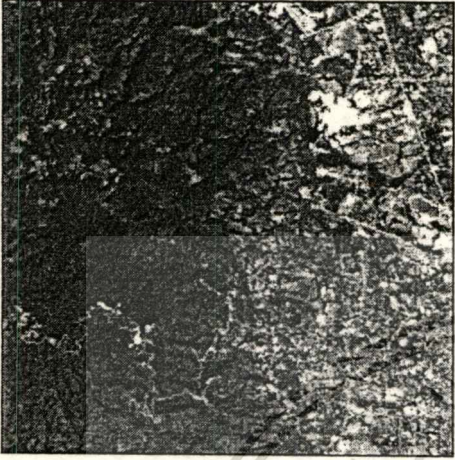
ค่า G_T และ G_{adj} หาได้จากสมการ 5.2 และ 5.3 ดังนี้.

$$G_T = \frac{256}{m_s m_T} \quad \dots (5.2)$$

m_T คือ จำนวนสมาชิกในกลุ่มของตาราง Dither

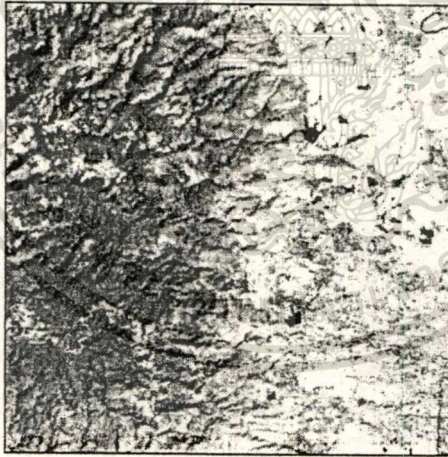
$$G_{\text{adj}} = \frac{(m_s(m_T - 1)) + 1}{m_s m_T} \quad \dots (5.3)$$

ภาพที่ 23



ภาพจาก Band 3

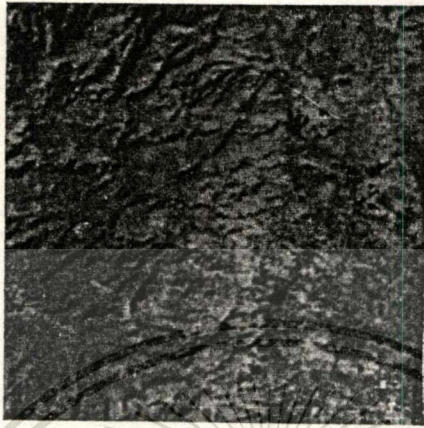
ภาพจาก Band 4



ภาพจาก Band 5

แสดงภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณจังหวัดเชียงใหม่จากดาวเทียม MOS-1 ระบบ MESSR

ภาพที่ 24



แสดงภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ที่ผ่านวิธีการประมาณข้อมูลหลายระดับ

ตาราง dither ซึ่งจะประกอบด้วยกลุ่มของค่าลำดับจะประกอบไปด้วยค่า $0, 1, 2, 3, \dots, m_T - 1$
 ดังตัวอย่างตาราง dither ดังภาพที่ 25

ภาพที่ 25

0	4	1	5
6	2	7	3

แสดงตาราง dither

ในการนำกรรมวิธีประมาณข้อมูลภาพหลายระดับมาใช้ในระบบการแสดงผลที่ใช้ตารางเทียบสี 256 ชุดข้อมูล โดยใช้ข้อมูล 8 บิต ในการอ้างตารางเทียบสีกระทำได้โดยแบ่งบิตข้อมูลออกเป็นสามส่วนดังภาพที่ 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 26

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
แดง			เขียว			น้ำเงิน	

แสดงการกำหนดความหมายของบิตต่างๆในค่าลำดับของตารางเทียบสี

จากรูปกำหนดให้บิตที่ 0 และ 1 บ่งบอกถึงความสว่างของสีน้ำเงินโดยมีระดับความสว่างได้ 4 ระดับ บิตที่ 2 ถึง บิตที่ 4 แทนความสว่างของสีเขียวโดยมีระดับความสว่างได้ 8 ระดับ และบิตที่ 5 ถึง บิตที่ 7 แทนความสว่างของสีแดงซึ่งมีระดับความสว่างได้ 8 ระดับ โดยค่าที่กำหนดในตารางเทียบสีนั้นจะมีความสว่างของสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินเป็นข้อมูลตามอาเรย์ดังนี้

$$C_{red}(x) = T_a(x \text{ shr } 5) \quad \dots (5.4)$$

$$C_{green}(x) = T_a[(x \text{ shr } 2) \text{ AND } 0111\text{B}] \quad \dots (5.5)$$

$$C_{blue}(x) = T_b(x \text{ AND } 0011\text{B}) \quad \dots (5.6)$$

$C(x)$ คือ ค่าระดับความสว่างของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินในตำแหน่งที่ x ของตารางเทียบสีซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255

AND คือ การกระทำทางบิตแบบ AND

T_a, T_b คือ ตารางเก็บค่าระดับความสว่างซึ่งแสดงในสมการที่ 5.7 และ 5.8

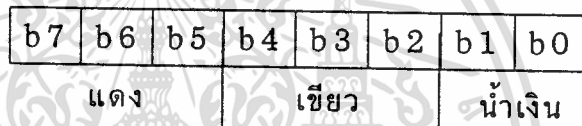
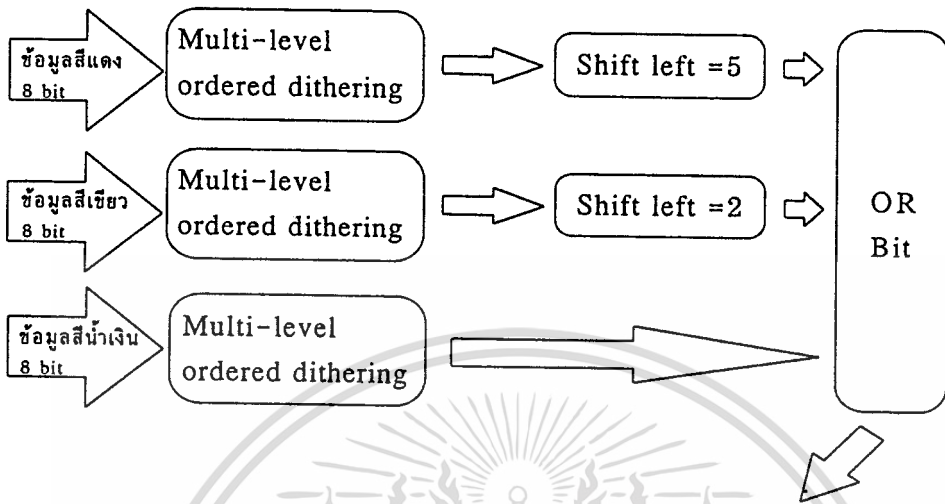
$$T_a(n) = \frac{255 \times n}{7} ; n = 0,1,2,3,4,5,6,7 \quad \dots (5.7)$$

$$T_b(n) = \frac{255 \times n}{3} ; n = 0,1,2,3 \quad \dots (5.8)$$

ค่าในอาเรย์ $C(x)$ ทั้งสามชุดจะถูกนำไปกำหนดในตารางเทียบสีของระบบแสดงผลและข้อมูลระดับความเข้มของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินจะผ่านกรรมวิธีการประมวลข้อมูลภาพหลายระดับ ข้อมูลที่ได้ของแต่ละสีจะถูกนำไปประกอบเป็นข้อมูลเดี่ยวเพื่อนำไปบรรจุลงในหน่วยความจำของจอภาพหรือระบบการแสดงผล เพื่อใช้ตารางเทียบสีที่กำหนดไว้ ขั้นตอนในการแปลงข้อมูลสามารถอธิบายได้ดังภาพที่ 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 27

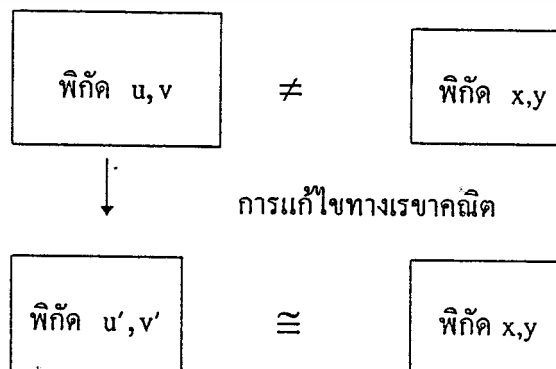


แสดงขั้นตอนในการประมวลผลข้อมูลระดับบิต

การปรับปรุงพิกัดที่มีค่าแตกต่างกัน

เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมและแผนที่ภูมิประเทศมีขนาดพิกัดที่แตกต่างกันดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงพิกัดโดยอาศัยทฤษฎีการแก้ไขทางเรขาคณิต สามารถนำมาอธิบายด้วยภาพได้ดังภาพที่ 28

ภาพที่ 28



แสดงหลักการของการแก้ไขทางเรขาคณิต

การแก้ไขทางเรขาคณิตอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อปรับปรุงพิกัดต่างๆดังสมการที่ 5.9 และ 5.10

$$x = a_0 + a_1u + a_2v \quad \dots (5.9)$$

$$y = b_0 + b_1u + b_2v \quad \dots (5.10)$$

เมื่อ x, y เป็นพิกัดในภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งเป็นพิกัดอ้างอิง และ u, v เป็นพิกัดในแผนที่ระดับความสูง ซึ่งเป็นพิกัดที่ต้องการปรับปรุง โดยอาศัยสัมประสิทธิ์ a_0, a_1, a_2 และ b_0, b_1, b_2 ของสมการ ในการแก้ไขทางเรขาคณิตนั้นต้องการให้ค่าความคลาดเคลื่อนของพิกัดที่ปรับปรุงแล้วกับพิกัดที่อ้างอิงมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งจะใช้วิธีการของ Least Square Method จากสมการที่ 5.9 จะได้

$$\sum \Delta x_i = \sum [x_i - (a_0 + a_1u_i + a_2v_i)]^2$$

จากนั้นทำการหาอนุพันธ์เทียบกับ a_0, a_1 และ a_2 เพื่อให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งสามารถเขียนเมทริกซ์ได้เป็น

$$\begin{bmatrix} n & \sum u_i & \sum v_i \\ \sum u_i & \sum u_i^2 & \sum u_i v_i \\ \sum v_i & \sum u_i v_i & \sum v_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum x_i \\ \sum u_i x_i \\ \sum v_i x_i \end{bmatrix} \quad \dots (5.11)$$

เมื่อ n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดของการอ้างอิงระหว่างพิกัดทั้งสอง

ในทำนองเดียวกัน สมการที่ 5.10 จะได้

$$\sum \Delta y_i = \sum [y_i - (b_0 + b_1u_i + b_2v_i)]^2$$

จากนั้นทำการหาอนุพันธ์เทียบกับ b_0, b_1 และ b_2 เพื่อให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งสามารถเขียนเมทริกซ์ได้เป็น

$$\begin{bmatrix} n & \sum u_i & \sum v_i \\ \sum u_i & \sum u_i^2 & \sum u_i v_i \\ \sum v_i & \sum u_i v_i & \sum v_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum u_i y_i \\ \sum v_i y_i \end{bmatrix} \quad \dots (5.12)$$

เมื่อ n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดของการอ้างอิงระหว่างพิกัดทั้งสอง

จากสมการที่ 5.11 และ 5.12 สัมประสิทธิ์ a_0, a_1, a_2, b_0, b_1 และ b_2 สามารถจะทราบค่าทั้งหมด ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวจะถูกนำมาใช้เพื่อปรับปรุงพิกัดของแผนที่ระดับความสูง(u, v) ซึ่งพิกัดที่ได้จะมีค่าผลต่างกำลังสองน้อยที่สุด โดยเปรียบเทียบกับพิกัดของภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้อ้างอิง(x, y) และสามารถเขียนในรูปสมการของพิกัดที่ปรับปรุงแล้วได้ดังสมการ 5.13

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 \\ b_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad \dots (5.13)$$

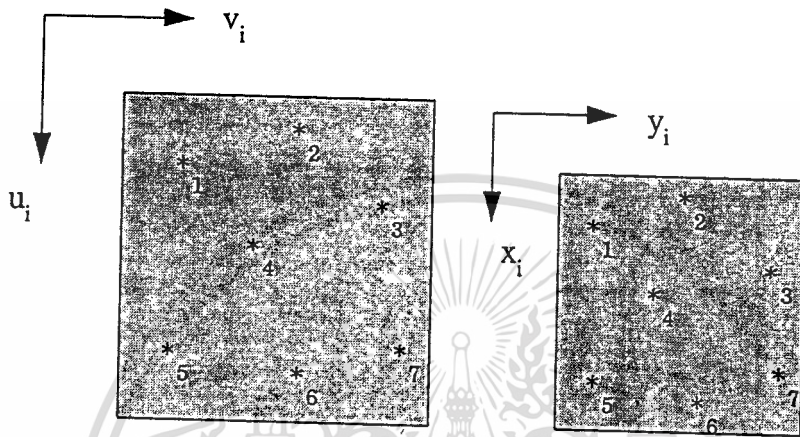
u', v' คือ พิกัดที่ถูกปรับปรุงแล้ว

การกำหนดจุดอ้างอิง เพื่อหาค่าความแตกต่างของพิกัดจากข้อมูลทั้งสองนั้น จุดที่อ้างอิงลงไป ในข้อมูลทั้งสองเป็นจุดหรือสถานที่เดียวกันในพื้นที่จริง ดังนั้นการกำหนดจุดอ้างอิงจึงต้องมีการกำหนดให้มีการกระจายไปทั่วข้อมูลทั้งสองเพื่อหาค่าความแตกต่างกันของพิกัดทั้งสองข้อมูล แต่ถ้การกำหนดจุดกระทำเฉพาะที่ใดที่หนึ่ง จะทำให้การคำนวณที่ได้มีความถูกต้องเฉพาะบริเวณนั้นส่วนบริเวณอื่นจะเกิดความคลาดเคลื่อนสูง เนื่องจากค่าที่ได้จะต้องนำมาใช้กับทุกๆจุดของภาพมิได้ใช้เฉพาะที่ใดที่หนึ่งเท่านั้น จากสมการที่ 5.11 และ 5.12 ค่า n เป็นจำนวนในการกำหนดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ณ ตำแหน่งที่มีการอ้างอิงในครั้งใดๆ ดังภาพที่ 29

จากรูปจะเห็นได้ว่า ทิศทางของข้อมูลในการอ้างอิงเปลี่ยนไป เนื่องจากทิศทางดังกล่าวจะอ้างอิงกับภูมิเอนา เพื่อประโยชน์ในการใช้ทฤษฎี Perspective Projection ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในบทที่ 6 ต่อไป ในการอ้างอิงจุดในข้อมูลทั้งสองในแต่ละครั้งจะมีการเก็บข้อมูลพิกัด u, v กับ x, y ไว้ใช้ในการคำนวณค่า ตามสมการที่ 5.11 และ 5.12 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ซึ่งจะใช้

ในการปรับปรุงพิกัดความสูงเชิงตัวเลข โดยอาศัยสมการที่ 5.13 และจะได้พิกัดใหม่ u' และ v' ดังภาพที่ 30 และแผนภูมิการทำงานดังภาพที่ 31

ภาพที่ 29



แสดงทิศทางในการอ้างอิงของข้อมูลทั้งสอง

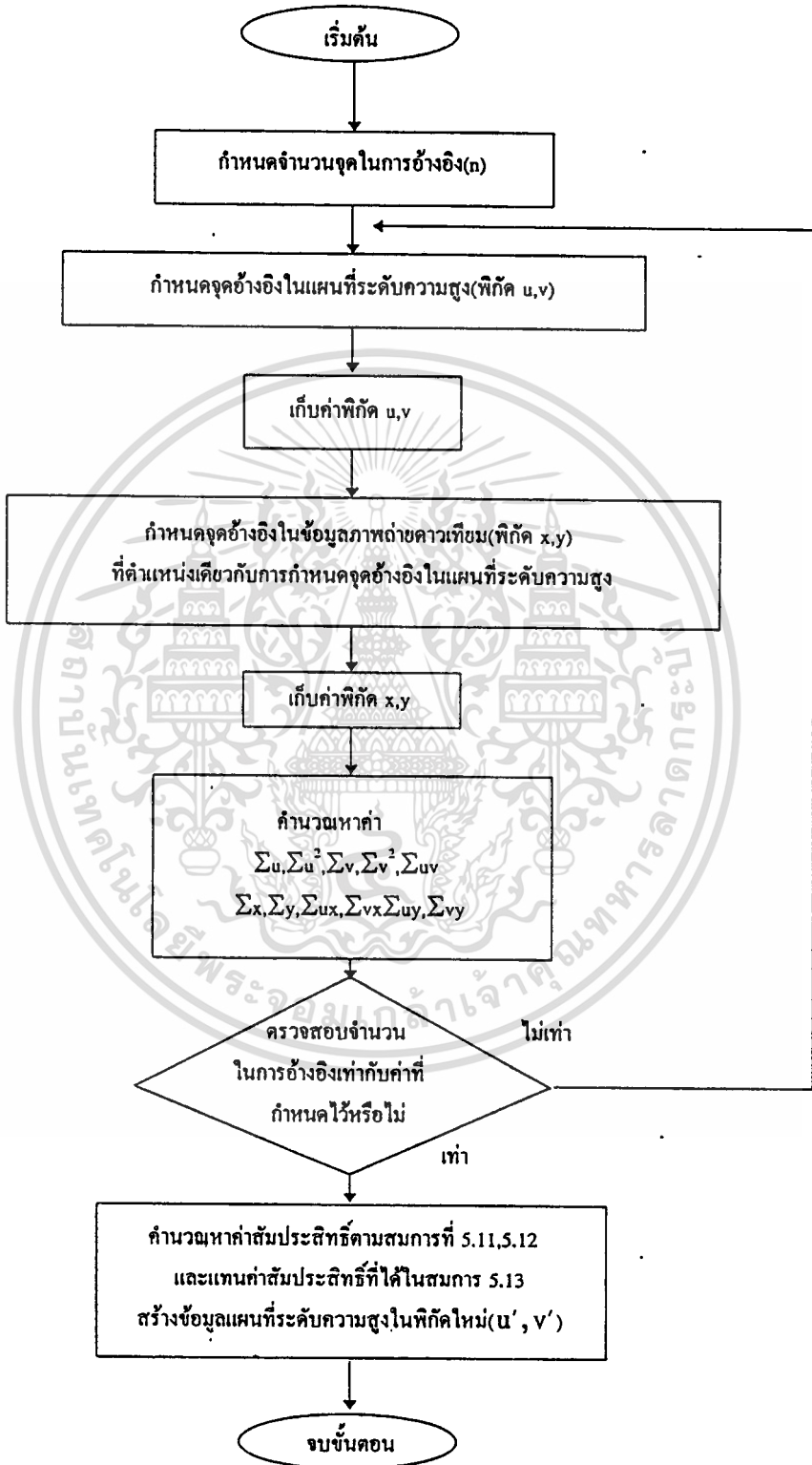
ภาพที่ 30



แสดงพิกัดใหม่ของการแก้ไขเรขาคณิตจากภาพแผนที่ระดับความสูง
ภาพที่ 14 กับ ภาพข้อมูลดาวเทียมภาพที่ 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 31



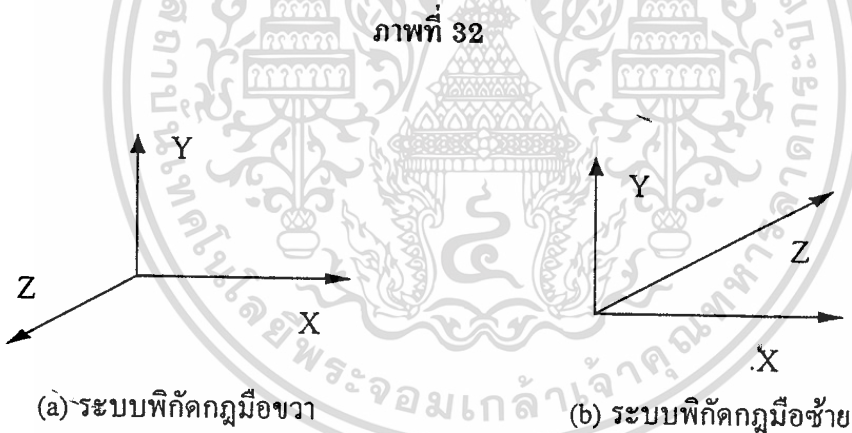
แสดงแผนภูมิการกำหนดจุดอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การสร้างภาพสามมิติบนจอคอมพิวเตอร์

ในการแสดงภาพในลักษณะ 3 มิติ นั้นเราจะต้องทราบถึงระบบพิกัด 3 มิติซึ่งจะมีแกนของระบบ 3 แกนและแต่ละแกนจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน(Orthogonal) ระบบพิกัด 3 มิติสามารถพิจารณาได้จากระบบพิกัด 2 มิติ(XY plane) ที่มีการเพิ่มแกน Z ที่ตำแหน่งอ้างอิง(origin) โดยผลที่ได้จะมีระนาบ(Plane) เพิ่มขึ้น 2 ระนาบ คือ XZ ระนาบ และ YZ ระนาบ แกน Z ที่เพิ่มขึ้นมานี้สามารถจะนำมากำหนดว่าระบบดังกล่าวเป็นการอ้างอิงระบบมุมมองขวา ซึ่งจะมีทิศทางแกน Z พุ่งเข้าหาจุดพิจารณา (Viewer's eye) หรือ ระบบมุมมองซ้ายซึ่งจะมีทิศทางแกน Z ตรงข้ามกับมุมมองขวาดังแสดงในภาพที่ 32



แสดงความแตกต่างของระบบพิกัด

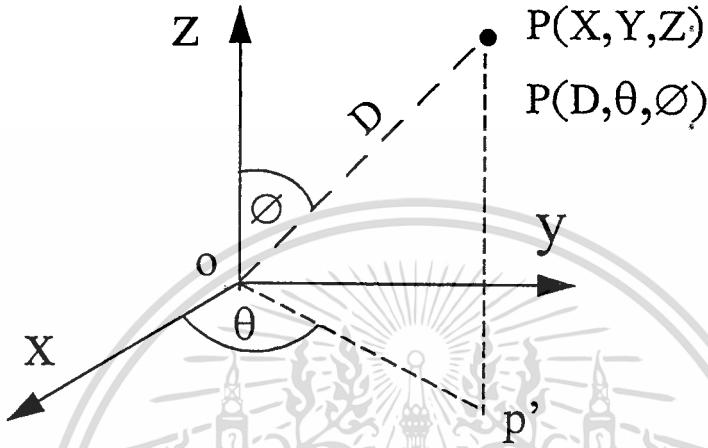
การแสดงจุดในระบบ 3 มิติ [1][8]

การแสดงจุดในระบบ 3 มิตินั้นมี 2 ลักษณะใหญ่ คือ ระบบ Rectangular Coordinate และ Spherical Coordinate ระบบ Rectangular Coordinate จะกำหนดจุด P ด้วยค่าตัวแปร 3 ค่าคือ ค่าพิกัด X,Y,Z ซึ่งค่าดังกล่าวจะสามารถให้ทิศทางของระยะทางจากจุดถึงระนาบ YZ, XZ และ XY ได้ดังรูป 6.2 ระบบ Spherical Coordinate ในระบบนี้จุด P จะขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 ค่า คือ D, θ, ϕ โดยค่าระยะทางจากจุดอ้างอิงถึงจุด P คือค่า D โดยมุมระหว่างเส้น OP กับทิศทางบวกของแกน Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ \varnothing และมุมทิศทางทวนเข็มนาฬิการะหว่างเส้น OP' (ค่า Projection ของ OP บนระนาบ XY) กับแกน X คือค่าของ θ ดังแสดงในภาพที่ 33

ภาพที่ 33



แสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบพิกัด Rectangular กับ พิกัด Spherical

การแปลงระบบระหว่างระบบพิกัด Rectangular และ ระบบพิกัด Spherical

ในคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบกราฟิกมีการใช้ระบบทั้งสองในการคำนวณหาค่าต่างๆ ดังนั้นในการแปลงระบบทั้งสองจึงมีความจำเป็นอย่างมาก การแปลงระบบดังกล่าวอาศัยตรีโกณมิติดังสมการที่ 6.1 6.2 และ 6.3 ซึ่งเป็นการแปลงระบบจากพิกัด Spherical ไปสู่ พิกัด Rectangular และสมการที่ 6.4 6.5 และ 6.6 แสดงการแปลงระบบจากพิกัด Rectangular ไปสู่ พิกัด Spherical

$$X = D \cdot \sin \varnothing \cos \theta \quad \dots\dots\dots (6.1)$$

$$Y = D \cdot \sin \varnothing \sin \theta \quad \dots\dots\dots (6.2)$$

$$Z = D \cdot \cos \varnothing \quad \dots\dots\dots (6.3)$$

และ

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad \dots\dots\dots (6.4)$$

$$\theta = \tan^{-1}(Y/X) \quad \dots\dots\dots (6.5)$$

$$\varnothing = \cos^{-1}(Z/D) \quad \dots\dots\dots (6.6)$$

การแสดงผลภาพในลักษณะ 3 มิติ

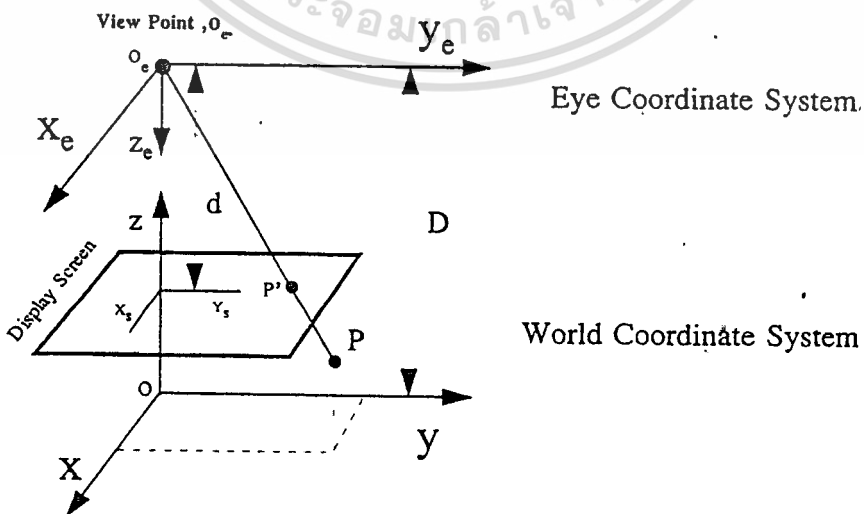
การแสดงผลภาพวัตถุที่มีลักษณะ 3 มิติ นั้น อาศัยการแปลงพิกัดโดยวัตถุดังกล่าวจะถูกแสดงในลักษณะสามมิติบนจอคอมพิวเตอร์ซึ่งมีลักษณะ 2 มิติ ดังนั้นเราจะต้องทราบถึงวิธีการแปลงพิกัดเพื่อให้วัตถุที่มีลักษณะ 3 มิติ (X,Y,Z) สามารถแสดงบนระนาบ 2 มิติได้

Perspective Projection เป็นวิธีการหนึ่งในการแปลงพิกัดเพื่อสร้างภาพ 2 มิติ (X,Y) จากวัตถุที่มีพิกัด X,Y,Z หรืออีกนัยหนึ่งคือวัตถุที่มีลักษณะ 3 มิติ การมองของ Perspective Projection นั้นมี 2 ลักษณะคือ Center Projection และ Arbitrary Projection ซึ่งทั้ง 2 ลักษณะจะมีการแปลงพิกัดจากวัตถุ 3 มิติมาแสดงบนระนาบ 2 มิติ โดยอาศัยการแปลงพิกัดที่เรียกว่า Viewing Transformation ซึ่งเป็นการคำนวณหาตำแหน่งบนระนาบจอคอมพิวเตอร์ของวัตถุ 3 มิติ

Center Projection

ในการทำ Center Projection นั้น จุดมอง (View point) หรือจุดกึ่งกลางของการ Project เป็นตำแหน่งที่กำหนดอยู่ในแกนของ World Coordinate ถึงแม้ว่าแกนของ Eye Coordinate จะอยู่บนจุดกึ่งกลางของการ Project ก็ตาม เราอาจจะมองได้ว่า จุดกึ่งกลางของการ Project อยู่ในตำแหน่งของแกน Z นั้นหมายถึง แกนดังกล่าวจะทับกับแกน Z ของระบบ World Coordinate ดังนั้นการแสดงผลภาพจะเป็นภาพที่ขนานกับระนาบ XY การแสดงผลลักษณะนี้เป็นพื้นฐานของการ Project จุดต่าง ๆ ของวัตถุมาแสดงบนระนาบ 2 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 34

ภาพที่ 34



แสดงการทำ Center Projection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- D = ระยะทางระหว่างจุดมองกับจุดอ้างอิงของระบบ World Coordinate
ซึ่งระยะทางดังกล่าวจะมีผลกระทบต่อตำแหน่งของวัตถุด้วย
- d = ระยะทางระหว่างจุดมองกับ Screen Coordinate (X_s, Y_s)

การทำ Center Projection นั้นจุดมองจะเป็นตำแหน่งบนแกน Z ของระบบ Eye Coordinate (Z_e) ซึ่งจะทับกับแกน Z ของ World coordinate (Z) ดังตัวอย่างในภาพที่ 34 ในลักษณะดังกล่าวทำให้ระนาบ $X_e Y_e$ จะขนานกับระนาบ XY ทำให้ค่าของ θ, ϕ มีค่าเท่ากับศูนย์ หรือ การทำ Center Projection และอาจจะทำที่ตำแหน่ง $(D, 270^\circ, \phi)$ ของพิกัด Spherical ก็ได้

การแปลงพิกัดระหว่าง world coordinate กับ eye coordinate

การคำนวณตำแหน่งบนจอแสดงผลของภาพในแต่ละจุด ในสิ่งแรกเราจะต้องแปลงพิกัดของจุดที่อ้างอิงอยู่กับระบบ World Coordinate ให้มาอ้างอิงกับระบบ Eye Coordinate เสียก่อน ลักษณะดังกล่าว จุดมองจะอยู่ที่จุดอ้างอิงของระบบ Eye Coordinate โดยแกน Z ของทั้งสองระบบจะทับกันแต่มีทิศทางตรงกันข้ามกัน

จากภาพที่ 34 จุด $P(x,y,z)$ ที่อ้างอิงกับระบบ World Coordinate เมื่อเราตรวจสอบจุด P จากตำแหน่งจุดมอง (O_e) ระยะทางของ X และ Y จะไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นจุดมองก็คือระยะทาง D จากระนาบ X,Y ซึ่งมีผลต่อพิกัด Z_e โดยมีค่าเท่ากับ $D-Z$ เพราะฉะนั้นเราสามารถแปลงพิกัดจุด P ที่อ้างอิงกับ World Coordinate มาอ้างอิงกับ Eye Coordinate ได้ดังสมการ 6.7

$$(X_e, Y_e, Z_e) = (X, Y, D-Z) \quad \dots (6.7)$$

จากความสัมพันธ์ที่กล่าวมาสามารถนำมาเขียนในรูปของเมทริกซ์ ได้ 4 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 เปลี่ยนจุดอ้างอิงที่ World Coordinate มาที่จุดมอง(จุดอ้างอิงของ Eye Coordinate)

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -D & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (6.8)$$

ขั้นตอนที่ 2 กลับทิศทางแกน Z

$$T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (6.9)$$

ขั้นตอนที่ 3 รวมขั้นตอนที่ 1 และ 2 เข้าด้วยกัน

$$T = T_1 \cdot T_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & D & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (6.10)$$

ขั้นตอนที่ 4 แปลงระบบให้มาอยู่ใน eye coordinate

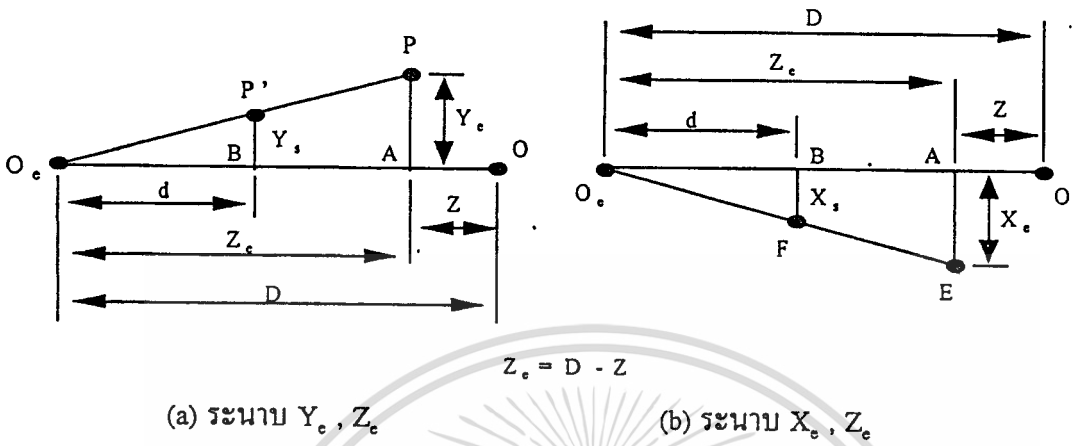
$$\begin{aligned} (X_e, Y_e, Z_e, 1) &= (X, Y, Z, 1) \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & D & 1 \end{bmatrix} \\ &= (X, Y, D-Z, 1) \end{aligned} \quad \dots (6.11)$$

จะเห็นได้ว่า ผลลัพธ์เมื่อเขียนในรูปสมการจะมีลักษณะ เช่นเดียวกับสมการ 6.7

การแปลงให้อยู่ในพิกัดจอภาพ

พิกัดจอภาพ (X_e, Y_e) เป็นการ Project ภาพของจุดต่างๆ เช่นที่จุด P ใน Eye Coordinate (X_e, Y_e, Z_e) เมื่อมองในระนาบ Y_e, Z_e จะทำให้ง่ายต่อการคำนวณ ดังภาพที่ 35(a) โดยจะมีตัวแปรที่เพิ่มขึ้นมาคือ d ซึ่งตัวแปรดังกล่าวจะเป็นระยะทางระหว่างพิกัดจอภาพกับจุดมอง จะทำให้เกิดมุม AO_eP และ BO_eP' ซึ่งเป็นสามเหลี่ยมคล้าย ดังนั้นเราสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการ 6.12

ภาพที่ 35



แสดงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปร

การหา X_s เราจะพิจารณาภาพที่ 35(b) ซึ่งจะมีโครงสร้างจากระนาบ X_e, Z_e ในภาพที่ 35(b) จะทำให้เกิดมุม $\angle AO_eE$ และ $\angle BO_eF$ ซึ่งเป็นสามเหลี่ยมคล้ายดังนั้นสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการ 6.13

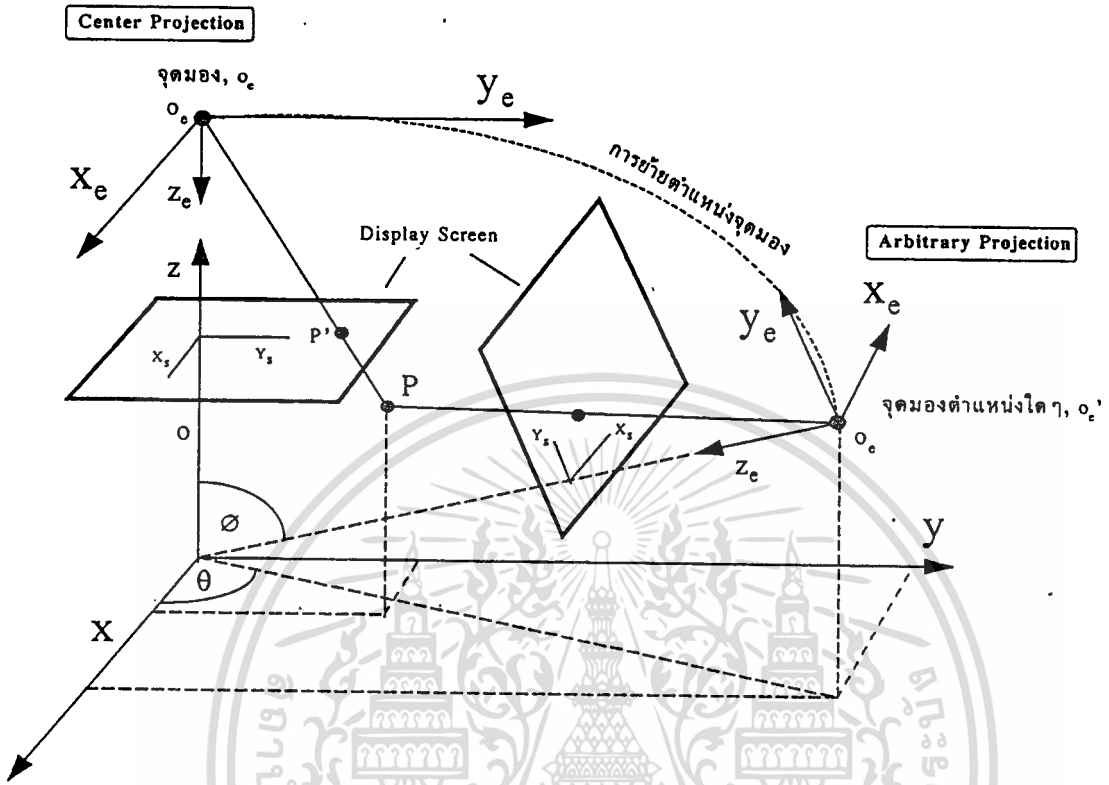
$$\frac{y_s}{d} = \frac{y_e}{z_e} \rightarrow y_s = d \frac{y_e}{z_e} = d \frac{y}{d-z} \quad \dots (6.12)$$

$$\frac{x_s}{d} = \frac{x_e}{z_e} \rightarrow x_s = d \frac{x_e}{z_e} = d \frac{x}{d-z} \quad \dots (6.13)$$

การ Projection โดยจุดมองอยู่ตำแหน่งใดๆ (Arbitrary Projection)

การวางตำแหน่งของจุดมองบนระนาบสามมิติใดก็นั้นจะวางตำแหน่งของจอภาพ (Screen) ห่างจากจุดมองมีระยะทางเท่ากับ d และจอภาพดังกล่าวจะต้องตั้งฉากกับเส้นตรงที่ต่อกับจุดมองและจุดอ้างอิง เส้นตรงดังกล่าวคือ แกน Z_e ของระบบ Eye Coordinate ดังภาพที่ 36 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการ Project ที่จุดมองอยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง (Center Projection) กับการ Project ที่จุดมองอยู่ตำแหน่งใดๆ (Arbitrary Projection)

ภาพที่ 36



แสดงการทำ projection แบบจุดมองอยู่ในตำแหน่งใด ๆ

ในการกำหนดพิกัดของจอภาพ ก็จะมีการกำหนดเช่นเดียวกับการทำแบบ Center Project ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 แปลงระบบพิกัดการมอง จาก World Coordinate มาเป็นการมองที่อยู่ในระบบ Eye Coordinate ซึ่งจะมีจุดมองอยู่ในตำแหน่งใด ๆ

ขั้นตอนที่ 2 Project จุดต่าง ๆ ของภาพที่อ้างอิงกับพิกัด Eye Coordinate (X_e, Y_e, Z_e) ให้มา อยู่ในพิกัดจอภาพ (X, Y) เช่นเดียวกับการทำ Project แบบกึ่งกลาง

การแปลงจากระบบ World Coordinate มาสู่ Eye Coordinate จะมีขั้นตอนในการแปลงพิกัดอยู่ 4 ขั้นตอนโดยที่การแปลงดังกล่าวจะไม่ทำให้จุด P เปลี่ยนตำแหน่ง แต่จุดมองนั้นจะถูกเปลี่ยนตำแหน่งแทนดังภาพที่ 36 ผลของการกระทำดังกล่าวจะทำให้พิกัดของ Eye Coordinate (X_e, Y_e, Z_e) เปลี่ยนตำแหน่งไปซึ่งจะเกิดพิกัดใหม่ขึ้นมาทุกครั้งที่มีการแปลงพิกัด จากภาพที่ 36 จะเอกลำนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดจุดมองที่ O_c' ในพิกัดทรงกลม จากสมการที่ 6.1 6.2 และ 6.3 เราทราบว่า $X=D.\sin\varnothing.\cos\theta$, $Y=D.\sin\varnothing.\sin\theta$ และ $Z=D.\cos\varnothing$ เพราะฉะนั้นเราสามารถแปลงพิกัดในจุดมองใดๆ ได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เปลี่ยนตำแหน่งอ้างอิงไปที่จุด O_c โดยจะเป็นการสร้างพิกัดใหม่ในตำแหน่งจุดมองดังภาพที่ 38(a) และ เมทริกซ์ ต่อไปนี้

$$T_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -D\sin\phi\cos\theta & -D\sin\phi\cos\theta & -D\cos\phi & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (6.14)$$

ขั้นตอนที่ 2 หมุนระบบพิกัดที่สร้างใหม่รอบแกน Z' ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เท่ากับ มุม $90-\theta$ ผลลัพธ์จากการหมุนทำให้แกน Y' สามารถลากเส้นมาตัดกับแกน Z ได้ดังภาพที่ 38(b) จากการหมุนพิกัดนี้เราสามารถหมุนพิกัดรอบแกน Z ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เท่ากับ มุม $90-\theta$ ได้เหมือนกันเนื่องจาก $\sin(90-\theta) = \cos\theta$ และ $\cos(90-\theta) = \sin\theta$ ดังแสดงในเมทริกซ์ต่อไปนี้

$$T_2 = \begin{bmatrix} \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ -\cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (6.15)$$

ขั้นตอนที่ 3 หมุนพิกัดอีกครั้งหนึ่งรอบแกน X' ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา มุม $180-\varnothing$ ดังนั้น แกน Z' จะมีทิศทางพุ่งเข้าหาจุดอ้างอิงของระบบ world coordinate ดังภาพที่ 38(c) การเปลี่ยนแปลงพิกัดนี้จะให้ผลลัพธ์เท่ากับการหมุนพิกัดรอบแกน X ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา มุม $(180-\varnothing)$ เนื่องจาก $\sin(180-\varnothing)=\sin\varnothing$ และ $\cos(180-\varnothing) = -\cos\varnothing$ ดังแสดงในเมทริกซ์ข้างล่าง

$$T_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\cos\phi & -\sin\phi & 0 \\ 0 & \sin\phi & -\cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (6.16)$$

ขั้นตอนที่ 4 การแปลงระบบให้อยู่ในกฏมือซ้าย (Left handed coordinate system) โดยกลับทิศทางแกน X' ในทิศทางตรงข้าม และระบบพิกัดนี้จะถูกเรียกว่า ระบบ eye coordinate ดังแสดงในภาพที่ 38(d) และ จะได้เมทริกซ์เป็น

$$T_4 = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots(6.17)$$

ทั้ง 4 ขั้นตอนนี้เป็นพื้นฐานที่จำเป็นในการแปลงระบบซึ่งสามารถจะรวมคุณสมบัติทั้ง 4 ข้อไว้ในตัวแปร T ดังเมทริกซ์ที่ 6.18

$$T = \begin{bmatrix} -\sin\theta & -\cos\theta \cos\phi & -\cos\theta \sin\phi & 0 \\ \cos\theta & -\sin\theta \cos\phi & -\sin\theta \sin\phi & 0 \\ 0 & \sin\phi & -\cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & D & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (6.18)$$

ดังนั้น ถ้าต้องการแปลงจุดต่างๆ ที่มีพิกัดอ้างอิงกับ World Coordinate (X,Y,Z) ให้มาอ้างอิงกับ eye coordinate (X_e,Y_e,Z_e) สามารถทำได้โดยสมการที่ 6.19

$$(X_e, Y_e, Z_e, 1) = (X, Y, Z, 1) \cdot T \quad \dots (6.19)$$

เมื่อทราบพิกัดของจุดต่างๆ ที่อ้างอิงกับ Eye Coordinate แล้ว นำสมการที่ 6.12 และ 6.13 ทำการ Project จุดต่างๆ ที่อ้างอิงกับ Eye Coordinate ให้มีพิกัดใหม่อ้างอิงกับพิกัดจอภาพ(Screen, X_s,Y_s) ดังสมการที่นำมารวมไว้อีกครั้งดังนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$X_s = d \left(\frac{X_e}{Z_e} \right), \quad Y_s = d \left(\frac{Y_e}{Z_e} \right) \quad \dots (6.20)$$

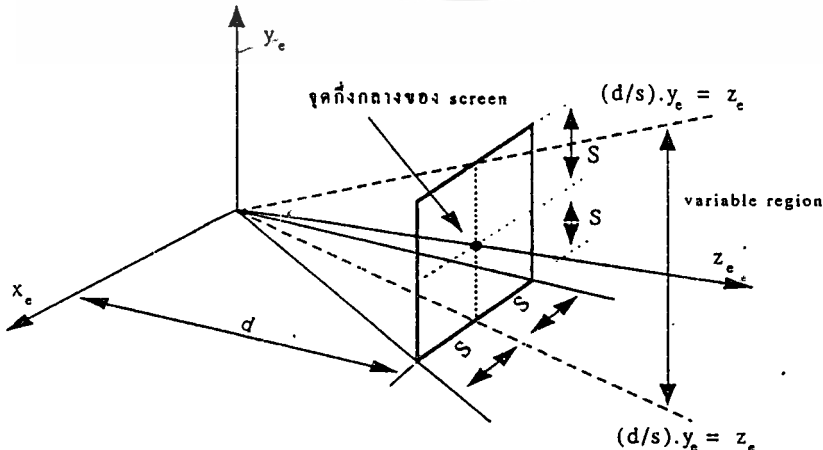
จากสมการที่ 6.20 และ เมทริกซ์ที่ 6.18 ตัวแปร D และ d จะสามารถปรับขนาดของภาพที่ปรากฏจอภาพ แต่ค่าพิกัด X_s และ Y_s นั้นจะเป็นสัดส่วนของขนาดจอภาพ เมื่อจุดอ้างอิงของระบบ Eye Coordinate อยู่ที่กึ่งกลางของจอภาพ ดังนั้นผลลัพธ์ใหม่ของพิกัดบนจอภาพสามารถแสดงได้ดังสมการ 6.21 และ 6.22 และภาพที่ 37

$$X_s = \left(\frac{d}{s} \right) \left(\frac{X_e}{Z_e} \right) V_x + L \quad \dots (6.21)$$

$$Y_s = \left(\frac{d}{s} \right) \left(\frac{Y_e}{Z_e} \right) V_y + M \quad \dots (6.22)$$

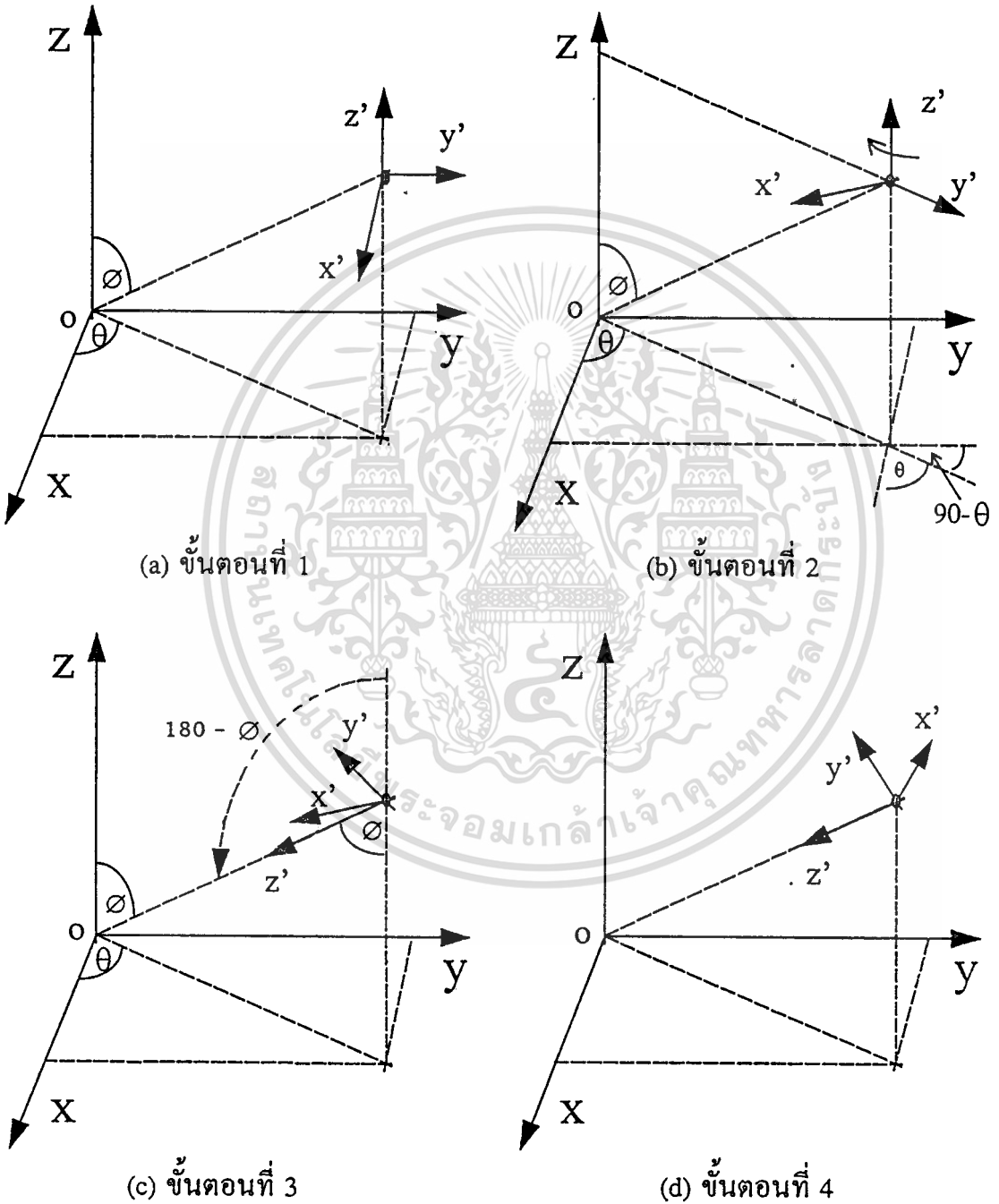
- s ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางของ (Screen) กับขอบด้านใดด้านหนึ่งของจอภาพ
- L ตำแหน่งของจุดกึ่งกลางของจอภาพในแนวนอน (X_s)
- M ตำแหน่งของจุดกึ่งกลางของจอภาพในแนวอน (Y_s)
- V_x เป็นอัตราขยายในแนวนอน
- V_y เป็นอัตราขยายในแนวตั้ง

ภาพที่ 37



แสดงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับจอภาพ

ภาพที่ 38



แสดง 4 ขั้นตอนของการแปลงพิกัด World Coordinate ไปสู่ Eye Coordinate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไปว่ากรณิดยทั้งสี่ ลึกทั้งห้าเรให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการมองภาพแบบ 3 มิติบนระนาบ 2 มิติที่จอคอมพิวเตอร์ มีความแตกต่างกันในแต่ละจอภาพ เช่น ความกว้างและความยาวของจอภาพจะมีผลต่อสัดส่วนของภาพที่เกิดขึ้นบนจอคอมพิวเตอร์ และทิศทางแกน X_s นั้นจะมีลักษณะของทิศทางจากซ้ายไปขวาแต่ทิศของ Y_s นั้นจะมีทิศทางจากด้านบนลงสู่ด้านล่างดังภาพที่ 39

ภาพที่ 39



- (a) ทิศทางของระนาบ X, Y ทั่วไป (b) ทิศทางของระนาบ X, Y บนจอคอมพิวเตอร์

แสดงความแตกต่างของทิศทางบนระนาบ X, Y

จากลักษณะต่างๆ ที่กล่าวมาสามารถนำสมการที่ 6.22 และ 6.23 มาเขียนเป็นสมการใหม่ได้ดังสมการที่ 6.23 และ 6.24 ดังนี้

$$X_s = SCF \left[\left(\frac{d}{s} \right) \left(\frac{X_e}{Z_e} \right) V_x + L \right] \quad \dots (6.23)$$

$$Y_s = - \left(\frac{d}{s} \right) \left(\frac{Y_e}{Z_e} \right) V_y + M \quad \dots (6.24)$$

SCF (Screen scaling adjustment factor) = V/H

$$V = \frac{\text{ความยาวของจอภาพทางแนวตั้ง}}{\text{จำนวนจุดภาพสูงสุดทางแนวตั้ง}}$$

$$H = \frac{\text{ความยาวของจอภาพทางแนวนอน}}{\text{จำนวนจุดภาพสูงสุดทางแนวนอน}}$$

สมการต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้วสามารถสรุปเพื่อนำไปใช้งานได้ดังนี้

1. พิกัดของข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขจะอ้างอิงอยู่กับระบบ World Coordinate ดังนั้นจึงต้องแปลงพิกัดให้อ้างอิงกับระบบ Eye Coordinate โดยอาศัยสมการที่ 6.19
2. เมื่อพิกัดของข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขมาอ้างอิงกับระบบ Eye Coordinate แล้ว จากนั้นจึงแปลงพิกัดดังกล่าวมาอ้างอิงกับระบบ Screen Coordinate (x_s, y_s) อีกครั้งหนึ่ง โดยอาศัยสมการที่ 6.23 และ 6.24 ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ เป็นพิกัดบนจอคอมพิวเตอร์
3. พิกัดที่ได้จากข้อ 2 สามารถนำมาพล็อตบนจอคอมพิวเตอร์ โดยที่พิกัดดังกล่าวสามารถใส่ค่าระดับของสีที่เกิดจากการประมาณค่าข้อมูลหลายระดับดังภาพที่ 24 เพื่อสร้างภาพสามมิติที่มีข้อมูลของระดับความเข้มในการสะท้อนความยาวคลื่นต่างๆจากพื้นผิวโลก ดังแสดงผลลัพธ์ที่ได้ในบทที่ 7



บทที่ 7

ผลการทดลองและบทสรุป

ผลการทดลอง

เมื่อนำข้อมูลความสูงเชิงตัวเลขทางภูมิศาสตร์มาพล็อตร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในลักษณะ 3 มิติ ในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 40



แสดงภาพสามมิติบริเวณจังหวัดเชียงใหม่

จากภาพที่ 40 เป็นภาพจำลองพื้นที่ภูมิประเทศบริเวณจังหวัดเชียงใหม่โดยแสดงภาพเป็นลักษณะสามมิติและสีต่างๆที่ปรากฏขึ้น จากคุณสมบัติการสะท้อนในแถบความยาวคลื่นต่างๆ โดยสามารถนำภาพดังกล่าวไปจำแนกทรัพยากรธรรมชาติได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

ผลจากการทดลองจะได้ภาพสามมิติซึ่งมีลักษณะการสะท้อนความยาวคลื่นต่างๆเหมือนกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแต่มีลักษณะสูงต่ำของพื้นที่ตามลักษณะของเส้นระดับความสูงที่กำหนดไว้ในแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งลักษณะของการสะท้อนความยาวคลื่นและความสูงต่ำที่แสดงในลักษณะสามมิตินี้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง อาทิ ช่วยประกอบการตัดสินใจเกี่ยวกับการอพยพประชาชนตามไหล่เขาหรือที่ลุ่ม อันเนื่องมาจากอุทกภัยหรือน้ำป่าไหลหลากได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือ ประกอบการตัดสินใจในการเลือกสถานที่ติดตั้งสถานีทวนสัญญาณดาวเทียมหรือไม่โครเวฟเนื่องจากสามารถเห็นลักษณะภูมิประเทศว่าจะเป็นที่ที่ถูกบดบังสัญญาณหรือไม่ ในด้านการทหารสามารถกำหนดยุทธศาสตร์ ในการวางกำลังเพื่อป้องกันเขตแนวชายแดนได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพเป็นต้น

ปัญหาที่เกิดขึ้นและข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการสร้างภาพสามมิติในวิทยานิพนธ์นี้ต้องอาศัยข้อมูลสองชนิดคือข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยข้อมูลทั้งสองนี้จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์เพื่อทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นการบริหารหน่วยความจำของระบบปฏิบัติการบนเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องมีประสิทธิภาพสูง แต่เนื่องจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการของ DOS จึงทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องหน่วยความจำ ดังนั้นการพัฒนาโปรแกรมในอนาคตน่าจะพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการของ WINDOWS ซึ่งในระบบปฏิบัติการนี้จะมีการบริหารหน่วยความจำที่ดีกว่าระบบปฏิบัติการของ DOS และเนื่องจากในการแสดงภาพสามมิตินั้นต้องอาศัยการคำนวณทุกจุดภาพดังนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วในการทำงานต่ำจะทำให้การแสดงผลภาพสามมิติช้าตามไปด้วยซึ่งคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมในการแสดงผลนี้ควรจะใช้ระบบที่มีหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) เป็นเบอร์ 80486 ขึ้นไป การพัฒนาโปรแกรมในการสร้างภาพสามมิตินี้จะเน้นไปที่การประยุกต์ใช้ทฤษฎีต่างๆเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ตั้งวัตถุประสงค์ไว้ ดังนั้นวิธีการใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมานี้ยังค่อนข้างซับซ้อน ทั้งนี้เนื่องจากโปรแกรมจะแยกส่วนแต่ละโปรแกรมออกจากกันมิได้รวมไว้เป็นโปรแกรมเดียว

การสร้างภาพสามมิติจะนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุดควรจะมีการจำลองสภาวะต่างๆตามธรรมชาติ เช่น จำลองสภาพฝนตกตามปริมาณที่ต้องการเพื่อตรวจสอบสภาพการไหลของน้ำและพิจารณาการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้น จำลองสภาพการเคลื่อนตัวของผิวโลกเพื่อตรวจสอบสภาพของพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว จากการจำลองสภาวะต่างๆทำให้ได้ข้อมูลมากขึ้น

กว่าเดิมและข้อมูลเหล่านี้มีประโยชน์อย่างมากในการช่วยตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้อย่างกว้างขวางต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. D. F. Rogers and J.A.Adams, "Mathematical Elements for Computer graphics," McGraw-Hill, NewYork, 1976.
2. K.S. Fu, R.C. Gonzalez, and C.S.G. Lee, "Robotic :Control, Sensing, Vision, and Intelligence," McGrawHill, NewYork, 1987.
3. R.C. Gonzalez, R.E. Woods, "Digital Image Processing," Addison Wesley Publishing company, Inc, 1992.
4. R. Sedgewick, "Algorithms," Addison Wesley Publishing Company, Inc, 1988.
5. S. Nakamura, "Applied Numerical Methods in C," Prentice-Hall International, 1993.
6. S. Rimmer, "Supercharged Bitmapped graphics," Windcrest Books, 1992.
7. J.A. Richards, "Remote Sensing Digital Image Analysis," Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1986.
8. C.S. Park, "Interactive Microcomputer Graphics," Addison Wesley, 1985.
9. S. Viseshisin, T. Hashimoto and S. Murai, "Interactive sysfor automated, Generation of DTM From Existing Topographic Map of Thailand," The 9th Asian Conference on Remote Sensing, Bangkok, pp.s-5-1 - s-5-6, 1988.
10. F. Cheervasuvit, K. Dejhan and T. Pavitpok, "Reconstruction of 3-Dimensional Image from Topographic map and Satellite image," The 15th Asian Conference on Remote Sensing, Bangalore, India, Volume 1 of 2, pp. p-11-1 - p-11-6, November 17-23, 1994.
11. พุศัคดี ชิวสุวิทย์ และ ธีรพล ปวีตรปก, "การแสดงผลภาพภูมิประเทศในลักษณะสามมิติโดยใช้แผนที่ระดับความสูง," การประชุมทางวิชาการประจำปี 2536 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 27-30 พฤศจิกายน 2536
12. พุศัคดี ชิวสุวิทย์ และ ธีรพล ปวีตรปก, "การสร้างภาพสามมิติจากแผนที่ภูมิประเทศ," การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าประจำปี 2537
13. พุศัคดี ชิวสุวิทย์ และ ธีรพล ปวีตรปก, "การสร้างภาพ 3 มิติแสดงระดับความสูงของภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้ข้อมูลจากแผนที่ระดับความสูง," การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, หน้า 994-1000, 2538

บรรณานุกรม(ต่อ)

14. ชันวา ศรีประมง, “กรรมวิธีการประมวลข้อมูลภาพแบบหลายระดับเพื่อการแสดงผลบนระบบแสดงผลที่มีตารางเทียบสีคงที่,” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, หน้า 711-718, 2538
15. กรมแผนที่ทหาร, “วารสารแผนที่,” ฉบับที่ 1 ปีที่ 26, กรกฎาคม-กันยายน 2526
16. กรมแผนที่ทหาร, “วารสารแผนที่,” ฉบับที่ 2 ปีที่ 28, ตุลาคม-ธันวาคม 2528
17. กรมแผนที่ทหาร, “วารสารแผนที่,” ฉบับที่ 3 ปีที่ 28, มกราคม-มีนาคม 2529
18. สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ, “จากห้วงอวกาศสู่พื้นแผ่นดินไทย,” โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2538



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายธีรพล ปวีตรปก
 เกิดวันที่ 11 ตุลาคม 2513 จังหวัดสมุทรปราการ
 การศึกษา ปีการศึกษา 2526-2529
 ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น
 โรงเรียน เตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ
 ปีการศึกษา 2529-2532
 ระดับ ปวช.
 สาขา อิเล็กทรอนิกส์
 วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตพระนครเหนือ
 ปีการศึกษา 2532-2534
 ระดับ ปวส.
 สาขา คอมพิวเตอร์เทคโนโลยี
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 ปีการศึกษา 2534-2536
 ระดับ ปริญญาตรี
 สาขา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ปัจจุบันทำงานในตำแหน่ง วิศวกรประจำโรงงานเทพารักษ์
 บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

1. F. Cheervasuvit, K. Dejhan and T. Pavitpok, "Reconstruction of 3-Dimensional Image from Topographic map and Satellite image," The 15th Asian Conference on Remote Sensing, Bangalore, India, Volume 1 of 2, pp. p-11-1 - p-11-6, November 17-23, 1994.
2. พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์ และ ธีรพล ปวีตรปก, "การแสดงผลภาพภูมิประเทศในลักษณะสามมิติโดยใช้แผนที่ระดับความสูง," การประชุมทางวิชาการประจำปี 2536 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย, 27-30 พฤศจิกายน 2536
3. พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์ และ ธีรพล ปวีตรปก, "การสร้างภาพสามมิติจากแผนที่ภูมิประเทศ," การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 17, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2537
4. พุศศักดิ์ ชิวสุวิทย์ และ ธีรพล ปวีตรปก, "การสร้างภาพ 3 มิติแสดงระดับความสูงของภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้ข้อมูลจากแผนที่ระดับความสูง," การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 18, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2538