

การกำหนดพิกัดของภาพถ่ายซาร์ความละเอียดสูงกับภาพถ่ายดาวเทียม
ระบบออปติคัลด้วยวิธีการจับคู่ภาพ

นางสาวทยา ยงบุญธนภัทร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

REGISTRATION OF HIGH RESOLUTION SAR IMAGES AND OPTICAL SATELLITE
IMAGES BY FEATURES MATCHING METHOD

Ms. Hataya Yongbunthanaphat

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

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การกำหนดพิกัดของภาพถ่ายซาร์ความละเอียดสูงกับ

ภาพถ่ายดาวเทียมระบบออปติคัลด้วยวิธีการจับคู่ภาพ

โดย

นางสาวหทยา ยงบุญธนภัทร

สาขาวิชา

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ ดร.ธงทิศ ฉายากุล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล สันติธรรมนนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.ธงทิศ ฉายากุล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.บรรเจิด พละการ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.สุกิจ วิเศษสินธุ์)

ททยา ยงบุญธนภัทร : การกำหนดพิกัดของภาพถ่ายซาร์ความละเอียดสูงกับภาพถ่ายดาวเทียมระบบออปติคัลด้วยวิธีการจับคู่ภาพ. (REGISTRATION OF HIGH RESOLUTION SAR IMAGES AND OPTICAL SATELLITE IMAGES BY FEATURES MATCHING METHOD) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ดร.จงทิศ ฉายากุล, 77 หน้า.

ภาพซาร์ (SAR-Synthetic Aperture Radar) เป็นภาพถ่ายความละเอียดสูง สามารถถ่ายภาพในบริเวณพื้นที่กว้างของภูมิประเทศ และยังสามารถทำงานได้ภายใต้สภาพอากาศที่มีเมฆปกคลุมไม่ว่าจะเป็นกลางวันหรือกลางคืน จากความสามารถดังกล่าว จึงมีการสนับสนุนให้ใช้ประโยชน์จากภาพซาร์มากขึ้น แต่เนื่องจากภาพที่ได้เป็นภาพสะท้อนพลังงานซึ่งต่างจากภาพในช่วงแสงที่มองเห็นได้ (Visible light) การตีความภาพอาจเป็นปัญหา จึงจำเป็นต้องใช้งานร่วมกับข้อมูลภาพชนิดอื่น เช่น ภาพ QuickBird ที่เป็นภาพถ่ายระบบออปติคัล (Optical) เพื่อการวิเคราะห์ที่ดีขึ้น

ในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอแนวทางในการกำหนดพิกัด (Registration) ภาพถ่ายซาร์ความละเอียดสูง TerraSAR-X กับภาพถ่ายดาวเทียมระบบออปติคัล QuickBird เข้าด้วยกัน โดยใช้วิธีการจับคู่ภาพ หรือ Feature Matching เพื่อการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) โดยทั้งนี้ได้ดำเนินการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) โดยอาศัยกระบวนการจับคู่ภาพด้วยวิธีการจับคู่รูปแบบ หรือ Template Matching

ผลการศึกษาพบว่าการใช้วิธีการจับคู่ภาพ (Feature Matching) ด้วยหลักการของการจับคู่รูปแบบ หรือ Template Matching เข้ามาช่วยประมวลผลกับวัตถุภาพที่ได้จากภาพ TerraSAR-X และภาพ QuickBird ที่ผ่านกระบวนการตรวจหาขอบวัตถุภาพ (Feature detection) และการคัดแยกวัตถุภาพ (Feature Extraction) ทั้งหมด 15 วัตถุภาพ โดยผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของวัตถุภาพ (Correlation Coefficient) ที่แสดงให้เห็นว่าความถูกต้องเชิงเรขาคณิตของวัตถุภาพที่ใช้ในการจับคู่ภาพทั้งหมด 15 วัตถุภาพ ผ่านเกณฑ์การประเมินทั้งสิ้น 12 วัตถุภาพ ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ที่ได้จากวัตถุภาพที่ผ่านเกณฑ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.639 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) สูงสุด และต่ำสุดเท่ากับ 0.781 และ 0.508 ตามลำดับ

ภาควิชา..... วิศวกรรมสำรวจ..... ลายมือชื่อนิสิต.....
 สาขาวิชา.....ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางวิศวกรรม..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา..... 2554.....

5170508521 : MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING

KEYWORDS : TERRASAR-X / QUICKBIRD / EDGE DETECTION / FEATURE MATCHING / REGISTRATION

HATAYA YONGBUNTHANAPHAT: REGISTRATION OF HIGH RESOLUTION SAR IMAGES AND OPTICAL SATELLITE IMAGES BY FEATURES MATCHING METHOD.

ADVISOR : THONGTIT CHAYAKULA, Ph.D., 77 pp.

SAR (Synthetic aperture radar) is a kind of modern technique used to take high-resolution images of wide areas. It can also be used under cloudy weather condition whether it's day or night. With its ability, it is likely that more people tend to use SAR. However, the images produced by SAR are radiation image, so this may cause a problem in image interpretation. Because of that, SAR needs to be used with other kinds of images received from other techniques such as quick bird images in order to have a better analysis of images.

In this research, a processing chain to register SAR high resolution images, TerraSAR-X with optical images by using feature matching method in the principle of Template Matching for registration is proposed.

From the research, it is found out that using the template matching technique plays a big part in processing 15 features from TerraSAR-X and QuickBird images which have been feature detected and extracted. The average correlation coefficient which shows geometry accuracy of the Template matching method gained from 12 features out of 15 features which pass evaluation result is 0.639. The highest and lowest correlation coefficient are 0.781 and 0.508 respectively.

Department : Survey Engineering Student's Signature _____
 Field of Study : Spatial Information System in Engineering Advisor's Signature _____
 Academic Year : 2011

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความปรารถนาดี และความกรุณาของบุคคลหลายฝ่าย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.ธงทิศ ฉายากุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้แนวคิดและคำแนะนำในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนให้กำลังใจในการปฏิบัติการวิจัย แก้ไขปัญหาและอำนวยความสะดวกในด้านการต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมาและขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย

รองศาสตราจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด พละการ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ดร.สุกิจ วิเศษสินธุ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ที่ได้เสียสละเวลาให้คำแนะนำในการศึกษาวิจัยครั้งนี้และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์ รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่างๆ แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณเพื่อนร่วมชั้นปีการศึกษา รุ่นพี่ รุ่นน้องทุกคน ที่คอยช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ทำให้การเรียนครั้งนี้ผ่านไปได้ด้วยดีและมีความสุขกับการเรียน

ขอขอบพระคุณหัวหน้า คุณกฤษณา กิจยุทธชัย Team lead บริษัทโลเคชั่น แอนด์คอมเมิร์ซ (ในเครือ ประเทศไทย) และเพื่อนร่วมงานที่ให้กำลังใจ สนับสนุนและเอื้อเฟื้อเวลาเพื่อการทำวิทยานิพนธ์ควบคู่กับการทำงานตลอดมา

ขอขอบคุณ สิรินทิพย์ ตระกูลสิทธิโชค เพื่อนสนิทที่สนับสนุนการเรียนในครั้งนี้ ซึ่งคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด และสนับสนุนทุนการศึกษาบางส่วนแก่ข้าพเจ้า

ท้ายสุดนี้ขอขอบคุณของวิทยานิพนธ์ เพื่อเป็นกตเวทิตาคุณแต่ครอบครัว ได้แก่

คุณพ่อ นายวิกร ศีรังษ์ คุณแม่ นางกนกกลดา ยงบุญธนภัทร

และน้องสาว นางสาวนภัทร ยงบุญธนภัทร ขอขอบพระคุณที่ให้การสนับสนุนด้านการเรียนตลอดมา อีกทั้งยังเลี้ยงดู อบรมสั่งสอนข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมกันนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติสืบไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาการศึกษา.....	3
1.3.2 ขอบเขตพื้นที่การศึกษา.....	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	4
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 Rectification.....	7
2.2 Features Detection	9
2.3 Feature Extraction	11
2.4 Canny Edge Detection.....	13
2.5 Template Matching.....	18
2.6 Feature Matching.....	19
2.7 Combination of Feature-based and Area-based Image Registration.....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	23
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย.....	23
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	23
3.2.1 ข้อมูลภาพ TerraSAR-X.....	24

	หน้า
3.2.2 ข้อมูลภาพ QuickBird	27
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	29
3.3.1 Pre-Processing.....	30
3.3.2 การตรวจหาขอบวัตถุภาพ (Edge Detection)	33
3.3.2.1 ขั้นตอนการตรวจหาขอบวัตถุจากภาพ QuickBird.....	33
3.3.2.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการของ Canny.....	34
3.3.2.3 ขั้นตอนการตรวจหาขอบวัตถุจากภาพ TerraSAR-X.....	37
3.3.3 การตัดแยกวัตถุภาพ (Feature Extraction)	41
3.3.4 การจับคู่ภาพ (Feature Matching)	42
3.3.5 การวิเคราะห์ความเหมือนของภาพ (Similarity analyze)	42
3.3.5.1 กระบวนการประมวลผลภาพด้วยวิธีการจับคู่รูปแบบ (Template Matching)	43
3.3.6 กำหนดพิกัดภาพให้กับวัตถุภาพ (Feature Registration)	47
3.3.7 กำหนดพิกัดภาพให้กับภาพ TerraSAR-X.....	48
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	49
4.1 ประโยชน์ของการตรวจหาขอบวัตถุจากภาพ QuickBird ด้วยกระบวนการ Canny (Canny Edge Detection)	49
4.2 ประโยชน์ของการตรวจหาขอบวัตถุจากภาพ TerraSAR-X โดยการใช้การแปลง เวฟเลต (Wavelet decomposition) แบบหลายระดับ.....	50
4.3 ประโยชน์ของการใช้วิธีการจับคู่รูปแบบ (Template Matching).....	50
4.4 ประโยชน์ที่ได้จากการกำหนดพิกัดภาพให้กับภาพ TerraSAR-X ด้วยวิธีการจับคู่ภาพ.....	53
4.5 การทดลองกำหนดพิกัดภาพ TerraSAR-X ด้วยภาพอ้างอิง QuickBird.....	55
4.6 ผลการเปรียบเทียบการดำเนินงาน.....	57
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา.....	62
5.1 ผลการศึกษา.....	62
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....	64
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	64

รายการอ้างอิง.....	65
ภาคผนวก.....	67
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	77

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1	แสดงข้อมูลดาวเทียม TerraSAR-X..... 26
ตารางที่ 3.2	แสดงข้อมูลดาวเทียม Quick Bird..... 28
ตารางที่ 3.3	แสดงวัตถุภาพ (Feature) ที่มีความโดดเด่นจากภาพ TerraSAR-X และ QuickBird..... 31
ตารางที่ 4.1	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ที่ได้จากกระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching)..... 52
ตารางที่ 4.2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของวัตถุภาพที่อยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้ (Correlation Coefficient) ที่ได้จากกระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching)..... 53
ตารางที่ 4.3	แสดงผลการเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากการทดลอง 60
ตารางที่ 5.1	แสดงผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากกระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching) ของวัตถุภาพที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Correlation Coefficient) 63

สารบัญภาพ

	หน้า	
ภาพที่ 1.1	ภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google earth แสดงขอบเขตของพื้นที่ตัวอย่าง ในการวิจัยบริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์.....	3
ภาพที่ 2.1	แสดงการจัดเรียงข้อมูล หรือ Resampling.....	9
ภาพที่ 2.2	ภาพถ่ายซาร์ (SAR) และออปติคัล (Optical) ในตำแหน่งเดียวกัน.....	11
ภาพที่ 2.3	วัตถุภาพที่สามารถตรวจหาได้จากเส้นชั้นความสูง.....	12
ภาพที่ 2.4	หาจุดตัดของเส้นผ่านกระบวนการ Line features extraction.....	13
ภาพที่ 2.5	ขั้นตอนการหาขอบโดยวิธีของ Canny.....	13
ภาพที่ 2.6	ตัวอย่างภาพที่ผ่านขั้นตอนปรับภาพให้เรียบ (Smoothing).....	14
ภาพที่ 2.7	หน้าต่างย่อยในการหาขอบโดยวิธีโซเบล (Sobel).....	15
ภาพที่ 2.8	ตัวอย่างภาพที่ผ่านขั้นตอน Finding Gradient.....	16
ภาพที่ 2.9	แสดงทิศทางของเกรเดียนต์เวกเตอร์	16
ภาพที่ 2.10	ตัวอย่างภาพที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดพิกเซลที่เป็นขอบที่ไม่ใช่ค่าสูงสุด (Non-maxima suppression).....	17
ภาพที่ 2.11	ตัวอย่างภาพที่ผ่านขั้นตอน (a) Double thresholding, (b) Final output ตามลำดับ.....	18
ภาพที่ 2.12	Area based method registration.....	21
ภาพที่ 3.1	Artist view on TerraSAR-X.....	24
ภาพที่ 3.2	SpotLight Geometry.....	24
ภาพที่ 3.3	StripMap Geometry.....	25
ภาพที่ 3.4	ScanSAR Geometry.....	25
ภาพที่ 3.5	ตัวอย่างพื้นที่ศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม TerraSAR-X.....	26
ภาพที่ 3.6	ตัวอย่างพื้นที่ศึกษาของภาพถ่ายดาวเทียม Quick Bird.....	27
ภาพที่ 3.7	แสดงขั้นตอนการดำเนินการ.....	29
ภาพที่ 3.8	ภาพเปรียบเทียบภาพ TerraSAR-X และ QuickBird.....	30
ภาพที่ 3.9	แสดงตัวอย่างหน้าต่างการทำงานของ การ Detect Feature จากภาพ QuickBird ด้วยวิธี Canny Edge Detection.....	33
ภาพที่ 3.10	ภาพ QuickBird ที่ถูกปรับให้เป็นภาพสีเทา (Gray scale).....	34

ภาพที่ 3.11	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ Canny Edge Detection ของภาพ QuickBird.....	35
ภาพที่ 3.12	คำสั่งที่ใช้ในกระบวนการตรวจหาขอบวัตถุด้วยวิธีของ Canny ด้วยซอฟต์แวร์แมทแลป MatLab.....	36
ภาพที่ 3.13	แสดงขั้นตอนในการตรวจหาขอบวัตถุภาพ TerraSAR-X	37
ภาพที่ 3.14	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการตรวจหาขอบวัตถุ (Edge Detection) ของภาพ TerraSAR-X.....	41
ภาพที่ 3.15	แสดงผลที่ได้จากกระบวนการคัดแยกวัตถุภาพ (Feature Extraction).....	41
ภาพที่ 3.16	แสดงหน้าต่างการทำงานของ การ Feature Matching ของภาพ TerrSAR-X และ QuickBird ด้วยวิธีการจับคู่รูปแบบ หรือ Template Matching.....	43
ภาพที่ 3.17	คำสั่งที่ใช้ในกระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching) ด้วยซอฟต์แวร์แมทแลป (MatLab).....	44
ภาพที่ 3.18	ภาพตั้งต้นที่ใช้ในการประมวลผล.....	46
ภาพที่ 3.19	ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching).....	46
ภาพที่ 3.20	แสดงการกำหนดพิกัดภาพให้กับภาพวัตถุจากภาพ TerraSAR-X.....	47
ภาพที่ 3.21	แสดงการกำหนดพิกัดภาพ TerraSAR-X.....	48
ภาพที่ 4.1	ขั้นตอนการหาขอบโดยวิธีของ Canny.....	49
ภาพที่ 4.2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของวัตถุภาพ ทั้ง 15 ภาพ.....	52
ภาพที่ 4.3	ตัวอย่างการกำหนดจุดควบคุม (Control point).....	54
ภาพที่ 4.4	จำนวนจุดควบคุมภาพ (Control Point) ที่ใช้ในการทดลอง.....	55
ภาพที่ 4.5	แสดงขั้นตอนในการทดลองกำหนดค่าพิกัดภาพ TerraSAR-X ด้วยภาพอ้างอิง QuickBird.....	56
ภาพที่ 4.6	ตัวอย่างการกำหนดจุดควบคุม (Control point).....	56
ภาพที่ 4.7	จำนวนจุดควบคุมภาพ (Control Point) ที่ใช้ในการทดลอง.....	57
ภาพที่ 4.8	แสดงจุดตรวจสอบค่าพิกัดของภาพ TerraSAR-X ที่ผ่านกระบวนการ กำหนดค่าพิกัด (Registration) ด้วยวิธีจับคู่ภาพ.....	58

ภาพที่ 4.9	แสดงจุดตรวจสอบค่าพิกัดของภาพ TerraSAR-X ที่ผ่านกระบวนการกำหนดพิกัดภาพด้วยภาพ QuickBird โดยตรง.....	58
ภาพที่ 4.10	แสดงจุดตรวจสอบค่าพิกัดของภาพ QuickBird ซึ่งเป็นภาพอ้างอิง.....	59
ภาพที่ 5.1	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของวัตถุภาพทั้ง 15 ภาพ.....	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) เป็นวิทยาการและเทคโนโลยีที่ใช้ในการบ่งบอก จำแนกหรือวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆโดยปราศจากการสัมผัสวัตถุโดยตรง ซึ่งวิวัฒนาการของการสำรวจระยะไกล ได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วจากภาพถ่ายความละเอียดต่ำ เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดสูงตลอดจนถึงดาวเทียมระบบเรดาร์ที่มีศักยภาพในการบันทึกภาพได้ทั้งกลางวันและกลางคืนนอกจากนี้ยังสามารถบันทึกภาพทะลุเมฆได้อีกด้วย (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540) ดังนั้นการสำรวจระยะไกลยังเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรต่างๆได้เป็นอย่างดี (Mamgolini and Arino, 2002)

เนื่องจากปัจจุบันมีการส่งดาวเทียมความละเอียดสูงที่ทันสมัย และมีความสามารถหลากหลายแตกต่างกันไป เช่น TerraSAR-X, ALOS, QuickBird และ IKONOS การสนับสนุนให้ใช้ประโยชน์จากการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) ให้มีประสิทธิภาพจึงมีมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การนำภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงซาร์ (SAR) และภาพถ่ายจากระบบออปติคัล (Optical) มาวิเคราะห์ร่วมกันเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับการติดตาม และประเมินภัยพิบัติ และภัยธรรมชาติต่างๆ การกำหนดพิกัดภาพ (Registration) คือ กระบวนการปรับรูปแบบทางเรขาคณิตของภาพหนึ่งไปสู่อีกภาพหนึ่งเพื่อให้อยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน (Gang Hong and Yun Zhang, 2008) หรือเป็นการซ้อนทับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2 ภาพ ซึ่งเป็นภาพพื้นที่เดียวกัน แต่ต่างเวลาต่างจุดถ่าย และต่างเซนเซอร์ (sensor) ซึ่งการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมถึงเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นการช่วยให้ผสมผสานรวบรวมข้อมูลในแต่ละแหล่งที่มา และสามารถหาความสัมพันธ์ของกันและกันได้เป็นอย่างดี ถึงแม้ว่าดาวเทียมรุ่นใหม่ๆจะมีระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์ (Geo-referenced) และการปรับแก้การเลือนที่ของจุดภาพอันเนื่องมาจากความสูงของภูมิประเทศ (Ortho-rectified) ติดมากับข้อมูลภาพถ่ายแล้วก็ตาม ความคลาดเคลื่อนในการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ก็ยังคงมีอยู่เนื่องจากแหล่งที่มาของภาพถ่ายแต่ละภาพมีที่มาที่แตกต่างกัน ดังนั้นปัญหาเหล่านี้จึงต้องการวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และเหมาะสม ในการจัดการกับภาพถ่ายดาวเทียมจากระบบเซนเซอร์ (sensor) ต่างๆ สำหรับดาวเทียมที่ทันสมัยไม่ว่าจะเป็น TerraSAR-X, ALOS, QuickBird และ IKONOS ต่างมีคุณสมบัติและความสามารถที่ต่างกัน อันเนื่องมาจากความแตกต่างของเซนเซอร์

(sensor) ที่เป็น Geometry sensor และ Radiometry sensor ดังนั้นจึงทำให้ภาพถ่ายความละเอียดสูงดังกล่าวค่อนข้างมีอุปสรรคในการระบุตำแหน่งของวัตถุแต่ละชิ้นบนภาพ ประกอบกับปัญหาของภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงซาร์ (SAR) ที่มีสัญญาณรบกวนภาพ (Noise) เป็นจำนวนมาก การกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ของภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงซาร์ (SAR) และภาพถ่ายดาวเทียมระบบออปติคัล (Optical) เข้าด้วยกันจึงเป็นปัญหาค่อนข้างมากในการที่จะทำการกำหนดพิกัดภาพในแต่ละคู่ภาพให้มีการวางตัวที่เหมือนกัน จากปัญหาดังกล่าว จึงจำเป็นต้องหาวิธีการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการสำคัญที่มีผลต่อการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) คือกระบวนการจับคู่ภาพ (Feature matching) ซึ่งถือได้ว่าเป็นขั้นตอนที่มีผลต่อการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) อย่างมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการใช้กระบวนการจับคู่ภาพ (Feature matching) นี้เข้ามาช่วยในการหาแนวทางวิธีการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลได้อย่างสะดวกมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อหาแนวทางวิธีการกำหนดพิกัดภาพถ่าย (Registration) ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงซาร์ (SAR) ที่มีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนภาพ (Noise) ที่มีเป็นจำนวนมาก สามารถกำหนดพิกัดภาพถ่าย (Registration) ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นเพื่อนำไปใช้ปฏิบัติการในด้านการวิเคราะห์ต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.2 เพื่อพิสูจน์แนวทางการกำหนดพิกัดภาพถ่าย (Registration) ของภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงซาร์ (SAR) กับภาพถ่ายดาวเทียมระบบออปติคัล (Optical) ด้วยกระบวนการจับคู่ภาพ (Features matching) สามารถช่วยให้การกำหนดพิกัดภาพ (Registration) สำหรับภาพซาร์ (SAR) เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

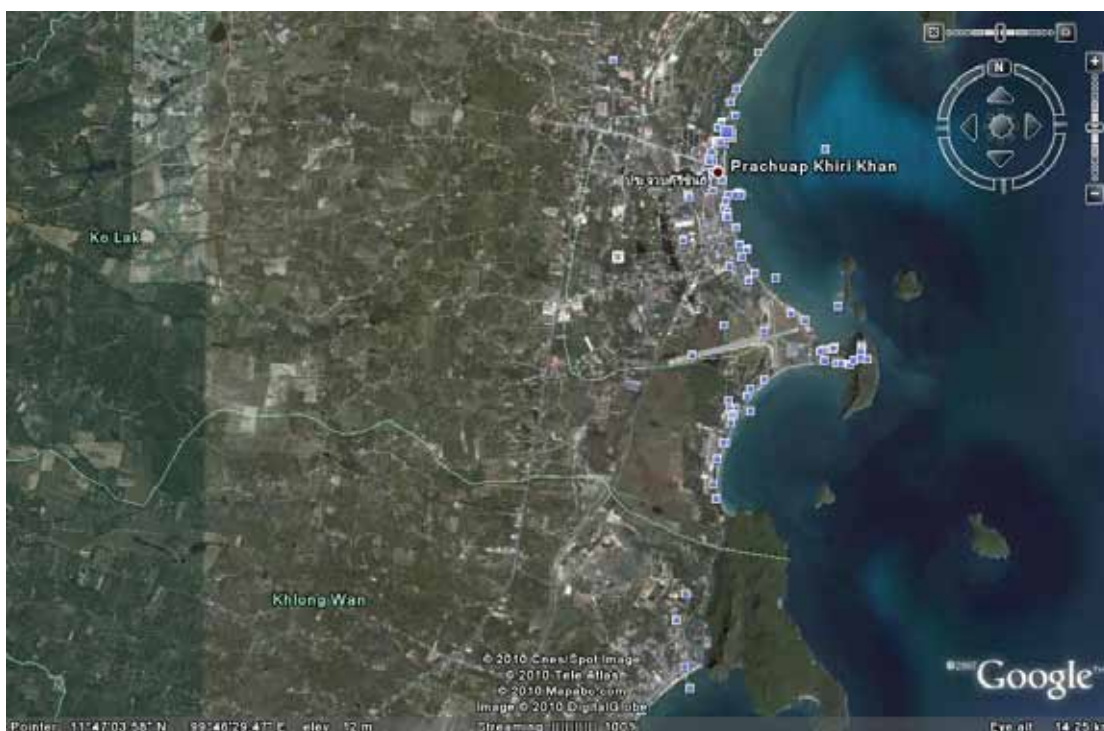
1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

เพื่อศึกษาแนวทางการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ที่สามารถอำนวยความสะดวกและเพิ่มประสิทธิภาพในการกำหนดพิกัดภาพของภาพ TerraSAR-X ให้มากขึ้น

1.3.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่การศึกษาอยู่ในเขตจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บริเวณสนามบิน พื้นที่โดยรวมมีความเป็นเมืองอยู่อย่างกระจายตัว สามารถสังเกตเห็นอาคารที่พักอาศัยกระจายตัวอย่างชัดเจน โดยแสดงให้เห็นภาพพื้นที่โดยรวมได้จากภาพถ่ายจาก Google earth ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ภาพถ่ายดาวเทียมจาก Google earth แสดงขอบและเขตของพื้นที่ตัวอย่างในการวิจัย บริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.2 ศึกษาวิธีการตรวจหาขอบภาพ (Edge Detection) ที่ได้ผลเหมาะสมกับภาพ TerraSAR-X
- 1.4.3 ศึกษาวิธีการจับคู่ภาพ เพื่อใช้เป็นค่าประกอบการตัดสินใจเลือกตัวแทนวัตถุในภาพที่จะมีผลต่อการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ให้เหมาะสม
- 1.4.4 ทดลองกำหนดพิกัดภาพ (Registration) จากวัตถุภาพที่ผ่านกระบวนการจับคู่ภาพ (Feature Matching) เข้ากับภาพ TerraSAR-X พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลที่ได้ เพื่อวิเคราะห์แนวทางการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ที่ได้ผลเหมาะสมกับภาพ TerraSAR-X

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

แนวทางการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ของภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงซาร์ (SAR) ที่มีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนภาพ (Noise) เป็นจำนวนมาก สามารถกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ประกอบกับเพื่อใช้เป็นแนวทางการประมวลผลภาพ TerraSAR-X เพื่อการนำไปใช้ปฏิบัติการในด้านต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

- Registration (การกำหนดพิกัดภาพ) กระบวนการปรับรูปแบบทางเรขาคณิตของภาพๆ หนึ่งไปสู่อีกภาพหนึ่งเพื่อให้อยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน อาทิเช่น ข้อมูลที่ได้จากการกวาดภาพ (Scan), ภาพถ่ายดาวเทียม, ภาพถ่ายทางอากาศ และรูปภาพแผนที่ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ถ้าไม่มีค่าพิกัดอ้างอิงก็เป็นเพียงภาพกราฟิครวมๆ นอกจากนั้นการปฏิบัติงานทางด้านภูมิสารสนเทศและการวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกลนั้นจะดำเนินงานบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีพิกัดอ้างอิงเท่านั้น
- Speckle-noise reduction การปรับข้อมูลภาพเพื่อขจัดสิ่งรบกวนและรายละเอียดที่แตกแยกออกจากภาพ
- Edge detection (การหาขอบภาพ) คือการตรวจสอบว่าเส้นขอบลากผ่านหรือใกล้เคียงกับจุดใด โดยวัดจากการเปลี่ยนแปลงของความเข้มในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับจุดดังกล่าว ซึ่งวิธีการหาขอบนั้นมีด้วยกันหลายวิธี

- Template Matching (วิธีการเข้าคู่รูปแบบ) เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการจับคู่ภาพ เพื่อหาความเหมือนของภาพถ่ายสองชนิด หลักการทั่วไปคือ ต้องมีรูปแบบ (template) ที่ต้องการให้เป็นรูปต้นแบบ โดยมีการกำหนดบริเวณสำคัญที่สามารถใช้แยกแยะความแตกต่างระหว่างภาพทั้งสองได้โดยบริเวณที่สนใจของรูปมักมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก เวลาทำงานจะนำรูปภาพที่ต้องการอ่านไปทาบบนแบบ เพื่อวัดความคล้ายคลึงกันของภาพกับตัวแบบ

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เพื่อเป็นการพัฒนาการศึกษาและการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูง TerraSAR-X ซึ่งถือได้ว่าเป็นข้อมูลที่ทันสมัย มีคุณภาพสูง และมีประโยชน์ต่องานวิเคราะห์วางแผนต่างๆค่อนข้างมาก แต่การที่จะได้มาซึ่งงานวิเคราะห์ที่มีคุณภาพ มีความถูกต้องแม่นยำสูง จะต้องอาศัยการรวบรวมข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อใช้ในวิเคราะห์, เปรียบเทียบ, ผสานข้อมูลที่สำคัญ และประกอบกับในปัจจุบันมีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละแบบที่มีคุณภาพออกมาเผยแพร่อย่างมากมาย ทั้งที่เป็นข้อมูลเก่าและภาพใหม่ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในกรณีที่ภาพเหล่านั้นเป็นภาพของพื้นที่ใดๆก่อน และหลังเกิดเหตุภัยพิบัติ เมื่ออาศัยกระบวนการ Registration ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความเหมาะสม และมีคุณภาพ ก็จะเป็นประโยชน์อย่างมากในการช่วยให้การวิเคราะห์หาสาเหตุหรือติดตามภัยพิบัตินั้นๆ ผ่านภาพถ่ายดาวเทียมได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยสาเหตุที่ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงซาร์ (SAR) มีประสิทธิภาพสูงแต่ก็มีปัญหาในการระบุตำแหน่งต่างๆ เนื่องจากมีสิ่งรบกวนความชัดเจนของภาพนั้นคือ Noise ที่มีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงปัญหาในการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ของภาพถ่ายดาวเทียม TerraSAR-X กับภาพถ่ายดาวเทียมระบบออปติคัล (Optical) จึงต้องการที่จะศึกษาเพื่อหาวิธีที่จะช่วยให้กระบวนการดังกล่าวมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้วิธีการต่างๆตามกระบวนการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) โดยเน้นที่กระบวนการจับคู่ภาพ (Features matching) ที่เหมาะสมกับกับข้อมูลภาพทั้งสองแบบมากที่สุด เพื่อให้ได้ผลการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ที่มีประสิทธิภาพ

การกำหนดพิกัดภาพ หรือ Registration คือ กระบวนการปรับรูปแบบทางเรขาคณิตของภาพๆหนึ่งไปสู่อีกภาพหนึ่งเพื่อให้อยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน (Gang Hong and Yun Zhang, 2008) ซึ่งข้อมูลภาพทั้งสอง เป็นชุดข้อมูลภาพในพื้นที่เดียวกัน แต่อาจถ่ายจากเวลาที่แตกต่างกัน ตำแหน่งที่ถ่ายแตกต่างกันและเซนเซอร์ (Sensor) ของกล้องที่ใช้ถ่ายแตกต่างกัน ดังนั้นชุดข้อมูลที่แสดงในภาพถ่ายจึงมีรายละเอียดของข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนั้นกระบวนการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) จึงเป็นกระบวนการที่จะช่วยให้ข้อมูลภาพถ่ายที่มีความแตกต่างดังกล่าวข้างต้นสามารถผสมผสานรวมตัวกันได้ เพื่องานวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพต่อไป

การกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ใช้ประโยชน์ได้หลากหลายแขนงวิชา ไม่ว่าจะเป็นทางการแพทย์ที่ใช้เพื่อตรวจสอบฟิล์มเอ็กซเรย์ชนิดต่างๆเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุของโรคและโดยเฉพาะทางด้านการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) ได้ใช้ประโยชน์จากกระบวนการนี้เพื่อติดตามหรือประเมินสถานการณ์ภัยพิบัติต่างๆที่อาจเกิดบนพื้นโลกผ่านภาพถ่ายดาวเทียม

2.1 Rectification

ในกระบวนการถ่ายภาพจากระยะไกลมักจะเกิดความบิดเบี้ยวของภาพที่ได้เสมอ ซึ่งเป็นผลมาจากความโค้งและการหมุนของโลก รวมถึงการหมุนของดาวเทียม ลักษณะของการบันทึกภาพจึงต้องมีการแก้ไขภาพให้ถูกต้องตามลักษณะเชิงเรขาคณิตและพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่ถูกต้อง การแก้ไขภาพเชิงเรขาคณิตกระทำโดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดของภาพกับระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ โดยใช้วิธีการปรับเทียบกับข้อมูลระบบบันทึกภาพ หรือข้อมูลที่วัดได้จากความสูง และตำแหน่งที่ถ่ายภาพหรือ จุดควบคุมบนพื้นดิน หรือสภาพของบรรยากาศ ฯลฯ

Rectification เป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปข้อมูลจากระบบกริดหนึ่งไปเป็นระบบกริดอีกแบบหนึ่ง โดยใช้สมการพหุนามอันดับต่างๆ (Polynomial transformation) แต่เนื่องจากจุดภาพต่างๆในกริดใหม่จะทับกันไม่พอดีกับจุดภาพในกริดเดิม ดังนั้นจึงต้องมีการจัดข้อมูลใหม่ (Resampling) เพื่อเติมให้กับกริดใหม่

การกำหนดพิกัดภาพ (Registration) เป็นกระบวนการปรับรูปแบบทางเรขาคณิตของภาพๆหนึ่งไปสู่อีกภาพหนึ่งเพื่อให้อยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน โดยที่พิกัดทางภูมิศาสตร์อาจจะต้องเข้ามาเกี่ยวข้องในกรณีนี้

ขั้นตอนการแก้ไขภาพเชิงเรขาคณิต (Rectification) แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. เลือกจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) จุดควบคุมภาคพื้นดิน หมายถึง ตำแหน่งที่กำหนดลงบนภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้เป็นภาพ search ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับที่กำหนดในภาพ Reference หรือภาพอื่นที่มีระบบพิกัดแตกต่างกัน จุดควบคุมภาคพื้นดินที่เลือก ควรเป็นจุดที่สามารถกำหนดได้ง่ายและแม่นยำในภาพถ่าย เช่น จุดตัดของถนน มุมตึก หรือแปลงเกษตร เนื่องจากต้องใช้จุดควบคุมภาคพื้นดินในการสร้างโมเดลการแก้ไขภาพ (Transformation) ดังนั้นการเลือกจุดที่มีความถูกต้องแม่นยำ จะดีต่อการแก้ไขภาพ อย่างไรก็ตามคุณภาพของจุดที่เลือกจะค่อยๆลดลงหลังจากจุดที่เห็นชัดได้ถูกเลือกไปแล้ว ข้อสำคัญอีกประการ คือ ต้องเลือกจุดให้กระจายทั่วทั้งภาพ เพราะถ้าเลือกจุดจากบริเวณใดบริเวณหนึ่งเพื่อใช้ในการสร้างโมเดล ผลที่ได้จากการแก้ไขภาพก็จะถูกต้องเฉพาะบริเวณนั้น ส่วนบริเวณอื่นก็ยังคงความผิดพลาดอยู่ จุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Points : GCPs) อาจได้จากแผนที่ภูมิประเทศ หรืออุปกรณ์กำหนด

ตำแหน่ง (GPS) จำนวนและการกระจายของจุดควบคุมที่เลือก มีอิทธิพลต่อความแม่นยำของการแก้ไขเชิงเรขาคณิตโดยจำนวนจุดควบคุมที่ใช้จะต้องมากกว่าจำนวนพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่า (Unknown parameter) ในสมการที่ใช้ เพราะความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจะถูกปรับแก้โดยวิธี Least square

2. การแปลงพิกัดของภาพ (Transformation) ต้องใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณหาตำแหน่งใหม่ของภาพโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างจุดพิกัดของภาพถ่ายดาวเทียมที่เป็นภาพ reference กับตำแหน่งของภาพที่ต้องการแก้ไข ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น

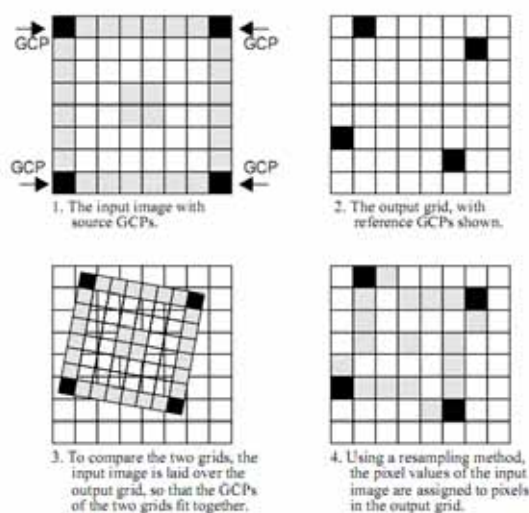
- Affine Transformation ส่วนใหญ่จะใช้ในการแปลงพิกัดในการแก้ไขภาพเชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม โดยแก้ความบิดเบี้ยวเนื่องจากมาตราส่วน, การหมุนรอบแกน, รูปเบี้ยว หรือรูปเอียง
- Polynomial Transformation มักใช้กับการแปลงค่าพิกัดภาพที่ถ่ายจากบริเวณที่มีความสูงต่ำของพื้นที่มาก หรือภาพบิดเบี้ยวแบบพาโนรามา อาจต้องใช้ระดับ การแปลงพิกัดที่สูงกว่า จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) ที่ต้องการในการสร้างสมการเพิ่มขึ้นตามอันดับของพหุนาม

3. การจัดเรียงข้อมูลใหม่ (Resampling) จากรูปภาพที่ 2 จะเห็นว่า เมื่อภาพดั้งเดิมพร้อมจุดควบคุม (GCPs) เมื่อถูกแก้ไขระบบให้เท่ากับภาพอีกภาพหนึ่งที่เป็น Reference ภาพที่ปรากฏจะเปลี่ยนไป คือแกนของภาพจะเปลี่ยน แต่เนื่องจากภาพที่ได้รับการแก้ไขจะต้องมีตำแหน่งตรงกับภาพที่เป็นภาพ Reference และจะต้องจัดข้อมูลในภาพเดิมให้ลงไปใหม่ในบล็อกใหม่ เพื่อให้สามารถเห็นภาพเหมือนเดิมที่มีการเรียงของจุดภาพเป็นแนวตรงเหมือนเดิมแต่มีตำแหน่งใหม่ หลักการง่ายๆ คือการเอาค่าตัวเลขใดๆ ของจุดภาพเก่าที่ซ้อนบนจุดภาพของบล็อกใหม่มาใส่ในบล็อกใหม่เลย ในทางปฏิบัติการจัดค่าข้อมูลใหม่โดยเอาข้อมูลมาจากข้อมูลของภาพเก่ามี 3 วิธีคือ

- Nearest neighbor เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด คือ จุดภาพใหม่ (ที่ถูกแก้ตำแหน่งแล้ว) จะเอาค่าจากจุดภาพของภาพดั้งเดิมที่อยู่ใกล้ตัวมากที่สุดมาใส่ วิธีการนี้จะเร็วที่สุด และสามารถรักษาค่าตัวเลขของเดิมเอาไว้ได้ การใช้วิธีนี้มีความสำคัญในการปรับตำแหน่งที่ต้องการวิเคราะห์ทางด้านคุณภาพ

- Bilinear interpolation วิธีการนี้ค่าที่ใช้ในการแทนที่จุดภาพใหม่ จะต้องมีการถ่วงน้ำหนักจากจุดภาพ 4 จุดที่อยู่รอบๆ โดยน้ำหนักที่ให้ขึ้นอยู่กับค่าของจุดภาพ และระยะห่างระหว่างจุดภาพใหม่ ยิ่งใกล้ยิ่งมีน้ำหนักมาก

- Cubic convolution เป็นวิธีการถ่วงน้ำหนักจาก 16 จุดภาพของภาพดั้งเดิมที่อยู่ใกล้เคียงที่สุด ดังนั้นวิธีนี้จะใช้เวลาในการคำนวณมาก แต่ภาพที่ได้จะนุ่มนวล แต่ข้อมูลจะถูกเปลี่ยนไป วิธีนี้ใช้สำหรับภาพที่ต้องการดูให้สวยงาม และพิมพ์ออกมาเพื่อใช้ในการแปลภาพด้วยสายตา ไม่ควรใช้กับภาพที่ต้องการไปใช้เพื่อการจำแนก



ภาพที่ 2.1 แสดงการจัดเรียงข้อมูล หรือ Resampling
(ที่มา: ERDAS Field Guide™, Fifth Edition. 1999.)

2.2 Feature Detection

(Barbara Zitova and Jan Flusser, 2003) ได้กล่าวถึง Features detection แบบ Features-based method ว่าเป็นการแยกวัตถุภาพ (Features) ที่โดดเด่นในภาพนั้นๆ เช่น วัตถุรูปปิด (Polygon, Region Features) ได้แก่ ป่า, ทะเลสาบ, พุ่มหญ้า ฯลฯ วัตถุที่เป็นเส้น (Line Features) ได้แก่ ถนน, เส้นแบ่งเขตแดน, แม่น้ำ, เส้นชายฝั่ง ฯลฯ วัตถุที่เป็นจุด (Point Features) ได้แก่ จุดสูงสุดของแนวโค้ง, จุดตัดของเส้น, จุดมุม เป็นต้น วัตถุ (Features) เหล่านี้ จะถูกตรวจหาและคัดแยก โดยสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการกำหนดการแยก วัตถุ (Features) เหล่านี้คือจะต้องเป็นวัตถุ (Features) ที่โดดเด่นอยู่ในภาพทั้งสองภาพ และเป็นวัตถุ (Features) ที่ค่อนข้างคงที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงหรือคลาดเคลื่อนในระหว่างกระบวนการทดสอบ ซึ่งความสามารถในการตรวจจับ วัตถุ (Detect features) ทั้งในภาพ reference และภาพ search ให้ได้ผลที่ดีนั้น ก็จะต้องอาศัยความแม่นยำและความถูกต้องของกระบวนการ Features detector ให้เป็นไปตามกฎเกณฑ์ ซึ่งมีแนวทางการดำเนินการแยกตามประเภท Features ดังนี้

- วัตถุรูปปิด (Region features) จะถูกตรวจหาและคัดแยกออกมาด้วยการหาค่าเฉลี่ยของ Segmentation method ซึ่งค่าความถูกต้องของกระบวนการ Segmentation method จะมีผลกระทบต่อ การ Registration ดังนั้นจึงต้องดำเนินการด้วยวิธีที่ดีที่สุด (A. Goshtasby and G.C. Stockman. 1986)
- วัตถุที่เป็นเส้น (Line features) โดยปกติแล้ววิธีที่ใช้ในการตรวจหาและคัดแยกวัตถุเหล่านี้ (Line features) มักจะใช้วิธี Canny detector หรือ วิธีที่ใช้ Laplacian of Gaussian เป็นหลักเข้ามาช่วย

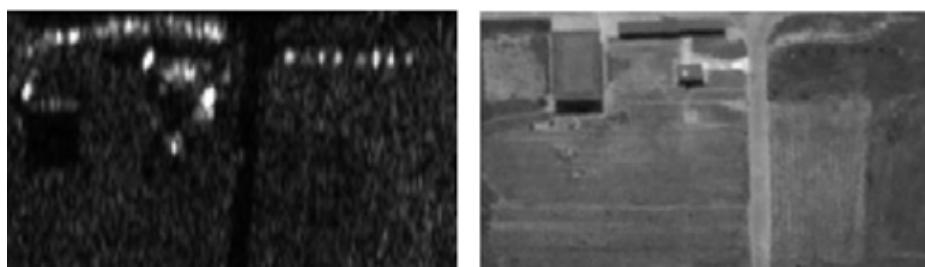
สำหรับการตรวจหาวัตถุในรูปแบบเส้น (Detect line features) นี้สามารถนำมาใช้เป็นเทคนิคในการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ได้ โดยการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมระบบออปติคัล (Optical image) เป็นภาพอ้างอิง (Reference Image) เนื่องจากสามารถตรวจหาวัตถุในรูปแบบเส้น (Detect line features) ได้ง่ายกว่า แล้วใช้ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงซาร์ (SAR) เป็นภาพ search เพื่อจะได้ตรวจหา (Detect line features) ได้ง่ายขึ้น เพราะภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงซาร์ (SAR) จะมีปัญหาเนื่องจากมีสัญญาณรบกวนภาพ (Noise) ค่อนข้างมาก เมื่อใช้วิธีนี้ก็จะเป็นการลดขั้นตอนในการประมวลผลภาพได้มากขึ้น (H. Li, B.S. Manjunath and S.K. Mitra, 1995)

- วัตถุที่เป็นจุด (Point features) หลักโดยทั่วไปของการ Detect features นั้น มักจะยึดถือค่าจำกัดความของวัตถุ (Features) นั้นๆ เป็นหลัก แต่ด้วยเหตุผลที่จุด (Point features) มีความหมายที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็น จุดตัดกันของเส้น (Line intersection), จุดกึ่งกลางของรูปปิด (Centroid of closed-boundary region) และ จุดยอดของเส้นโค้ง ฯลฯ ดังนั้นจึงเป็นปัญหาสำหรับการหาวิธีที่ดีที่สุดเพื่อคัดแยกวัตถุที่เป็นจุด (Detect point) ให้ได้ตรงตามความต้องการ

แต่อย่างไรก็ตามก็มีวิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้ในคัดแยกวัตถุที่เป็นจุด (Detect point) นั่นคือ Harris detector ซึ่งอาจได้ผลดีกับข้อมูลบางประเภทเท่านั้น ซึ่งในการคัดแยกวัตถุที่เป็นจุด (Detect point) ให้ได้ผลดีในชุดข้อมูลใดๆ ก็ต้องอาศัยความชำนาญและความรู้ในการที่จะผสมผสานแนวทางในการแก้ปัญหาอื่นๆต่อไป (L.Kitchen and A. Rosenfeld, 1982)

2.3 Feature Extraction

(Wen Yang, Chuanzhao Han, Hong Sun and Yongfeng Cao, 2005) ได้เสนอวิธีการกำหนดพิกัดภาพถ่าย (Registration) โดยใช้วัตถุภาพเป็นหลัก (Features-based registration) ซึ่งเป็นกรให้ความสำคัญกับการจับคู่วัตถุ (Features) ให้ดีที่สุด เพื่อใช้หาชุดของจุดเชื่อมโยงที่จะใช้เป็นจุดอ้างอิง (Control point) ในการกำหนดพิกัดภาพถ่าย (Registration) โดยทั่วไปแล้วการจับคู่ภาพสามารถรวมความเหมือนของภาพได้ ไม่ว่าจะเป็น จุด, เส้น และรูปปิด แต่วัตถุที่ได้จากภาพเหล่านี้ (Features) ไม่สามารถนำมาใช้ได้เพียงแค่สังเกตด้วยตาเปล่า เพราะเนื่องจากความแตกต่างของข้อมูลภาพซึ่งจุดๆหนึ่งอาจมองเห็นได้ชัดเจนในภาพออปติคัล (Optical) แต่กลับระบุได้ยากเมื่อเทียบกับภาพซาร์ (SAR) ในตำแหน่งเดียวกัน แสดงดังภาพที่ 2.2 ดังนั้นกระบวนการตัดแยกวัตถุภาพ (Features Extraction) ในส่วนที่เหมือนกันในแต่ละรูปนั้นจึงเป็นเรื่องที่สำคัญเพื่อที่จะช่วยให้การหาจุดควบคุมในการกำหนดพิกัดภาพถ่าย (Registration) ให้ถูกต้องมากขึ้น

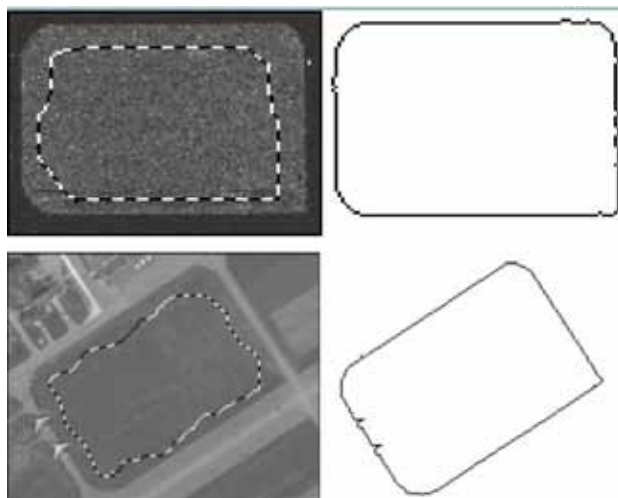


ภาพที่ 2.2 ภาพถ่าย SAR และ Optical ในตำแหน่งเดียวกัน

(ที่มา: Wen Yang and others, 2005)

ในการศึกษาของ Wen Yang, Chuanzhao Han, Hong Sun and Yongfeng Cao. ได้เสนอขั้นตอนในการกำหนดพิกัดภาพถ่าย (Registration) โดยใช้หลักการตัดแยกวัตถุภาพ (Features Extraction) เข้ามาช่วยไว้ดังนี้

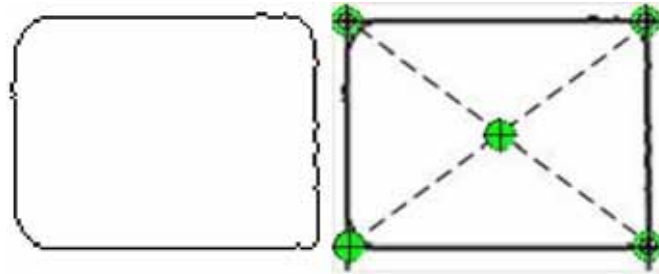
- Watershed Segmentation เป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่ช่วยในการแยกวัตถุรูปปิด (Region features) โดยอาศัยการลำดับความเข้มของภาพถ่ายในแต่ละระดับ (Gray-gradient) ประกอบกับการตัดแยกรายละเอียดของวัตถุโดยอาศัยเส้นชั้นความสูง (Contour) เข้ามาช่วยในการกำหนดขอบเขต เมื่อกำหนดขอบเขตของวัตถุ (Features) ที่ชัดเจนได้ทั้งสองภาพแล้วนั้นก็จะสามารถตัดแยกวัตถุนั้นออกมาได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 วัตถุภาพที่สามารถตรวจหาได้จากเส้นชั้นความสูง
(ที่มา: Wen Yang and others, 2005)

- Path matching หลังจากที่เราตัดแยกวัตถุในภาพ (Extract features) ทั้งหมดได้แล้วนั้น ก็จะทำการจับคู่วัตถุทั้งหมดที่ได้จากการตัดแยก (Extract) ออกมาข้างต้น ด้วยวิธี Moment invariant ซึ่งเป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่จะช่วยให้การหาความสัมพันธ์ และจับคู่วัตถุ (Features) ของภาพถ่ายทั้งสองภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยให้สามารถกำหนดกระบวนการการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ได้ในเบื้องต้น โดยอาศัยการกำหนดจุดควบคุม (Control point) จากจุดศูนย์กลางของวัตถุ (Features) ที่ผ่านการจับคู่ภาพข้างต้นแล้ว
- Line Features Extraction ข้อมูลเส้น (Line features) เป็นข้อมูลช่วยให้การกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ได้ผลดียิ่งขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยให้กำหนดจุดควบคุม (Control point) ได้ดีขึ้น แต่การตัดแยกวัตถุเส้น (Extract line features) ออกมานั้น ไม่สามารถทำได้โดยอิสระ เนื่องจากต้องอาศัยการประมาณตำแหน่งของวันตูลักษณะนั้น (Line features) ในตำแหน่งเดียวกันทั้งสองภาพให้ได้ก่อน ดังนั้นจึงต้องใช้กระบวนการ Path matching ดังที่กล่าวข้างต้น เข้ามาช่วยในการจับคู่ภาพทั้งสอง นอกจากนี้เพื่อให้ได้ความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ยังต้องใช้วิธีการ Hough Transform และ Least square เข้ามาช่วยปรับแก้ภาพ และช่วยในการตรวจหาวัตถุที่เป็นเส้น (Line features) ให้เด่นชัดมากขึ้น แล้วจึงจะสามารถคำนวณหาการตัดกันของเส้น

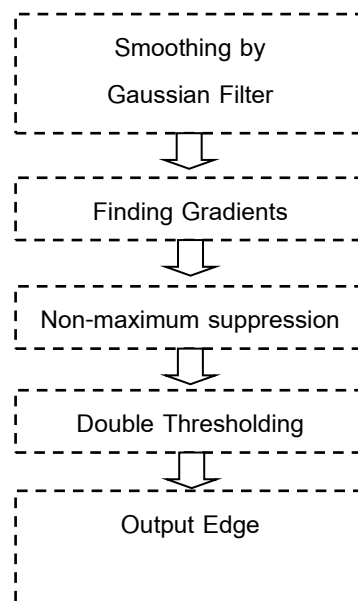
เพื่อที่จะใช้จุดตัดนั้นมาเป็นจุดควบคุม (Control point) ในการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 หาจุดตัดของเส้น ผ่านกระบวนการ Line features extraction (ที่มา: Wen Yang and others, 2005)

2.4 Canny Edge Detection

(Canny Edge Detection, 2009) วิธีการตรวจหาขอบวัตถุของ Canny ใช้ได้ในกรณีที่มีความแตกต่างของสีมีน้อยและให้รายละเอียดภายในวัตถุได้ดีที่สุด เนื่องจากวิธีดังกล่าวมีการใช้ตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian filter) ก่อนการหาขอบจึงสามารถควบคุมระดับความละเอียดของขอบที่ต้องการและสามารถลดสัญญาณรบกวนได้อีกด้วย ขั้นตอนการหาขอบโดยวิธีของ Canny ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ขั้นตอนการหาขอบโดยวิธีของ Canny

การทำงานของ Canny edge detection นั้นเริ่มต้นจากการกำจัดสัญญาณรบกวนภาพ (Noise) ออกก่อนโดยใช้ตัวกรองเกาส์เซียนต์ (Gaussian filter) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้กรอบ (mask) ขนาดเล็ก โดยขนาดของกรอบเกาส์เซียนต์ (Gaussian mask) นี้หากมีขนาดกว้างจะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก แต่ถ้ากว้างมากเกินไปจะมีผลทำให้ขอบย่อยๆ ที่เป็นส่วนรายละเอียดนั้นหายไป สำหรับการคำนวณหาภาพที่ได้จากการใช้ตัวกรองเกาส์เซียนต์ (Gaussian filter) เป็นดังสมการที่ 1 และผลที่ได้จากขั้นตอนนี้แสดงในภาพที่ 2.6

$$I_s[i, j] = G[i, j, \sigma] * I[i, j] \quad (1)$$

โดยที่ * คือ การคอนโวลูชัน (Convolution)

$I[i, j]$ คือ ภาพตั้งต้นที่ตำแหน่ง (i, j)

$I_s[i, j]$ คือ ภาพผลลัพธ์จากการทำให้เรียบที่ตำแหน่ง (i, j)

$G[i, j, \sigma]$ คือ ตัวกรองเกาส์เซียนต์ที่ตำแหน่ง (i, j) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$G[i, j, \sigma] = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(i^2+j^2)}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

โดยที่ σ คือ ค่าการกระจายของเกาส์เซียน (Gaussian Sigma)



ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างภาพที่ผ่านขั้นตอนปรับภาพให้เรียบ (Smoothing)

ขั้นตอนต่อมาเป็นการหาเกรเดียนต์ (Gradient) ของค่าระดับสีเทา ซึ่งอาศัยการหาขอบโดยวิธีโซเบล (Sobel edge detection) ที่มีลักษณะของหน้าต่างย่อยที่ใช้ในการหาเกรเดียนต์ (Gradient) แสดงดังภาพที่ 2.7

x1	x2	x3
x4	x5	x6
x7	x8	x9

(a)

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

(b)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(c)

ภาพที่ 2.7 หน้าต่างย่อยในการหาขอบโดยวิธีโซเบล (Sobel)

(a) พิกัดในหน้าต่างย่อย (b) แนวนอน (c) แนวตั้ง

เมื่อได้เกรเดียนต์ (Gradient) จากการหาขอบด้วยวิธีของ Sobel จากกระบวนการข้างต้นแล้ว สามารถนำไปสู่การคำนวณเกรเดียนต์เวกเตอร์ตามแนวนอน (G_x) และแนวตั้ง (G_y) ดังสมการที่ 3 ได้ตามลำดับ

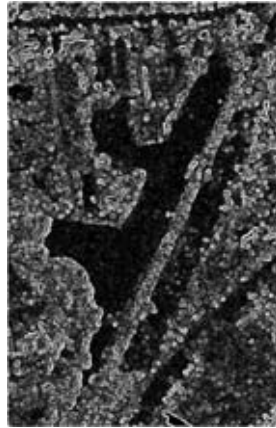
$$\begin{aligned} G_x &= (x_1 + 2x_2 + x_3) - (x_7 + 2x_8 + x_9) \\ G_y &= (x_3 + 2x_6 + x_9) - (x_1 + 2x_4 + x_7) \end{aligned} \quad (3)$$

ผลจากการคำนวณเกรเดียนต์เวกเตอร์ทั้งแนวนอนและแนวตั้งที่ได้ข้างต้น สามารถคำนวณหาขนาดและทิศทางของเกรเดียนต์เวกเตอร์ตามสมการที่ 4 และ 5 ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้แสดงดังภาพที่ 2.8

$$M(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (4)$$

$$\alpha(x, y) = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (5)$$

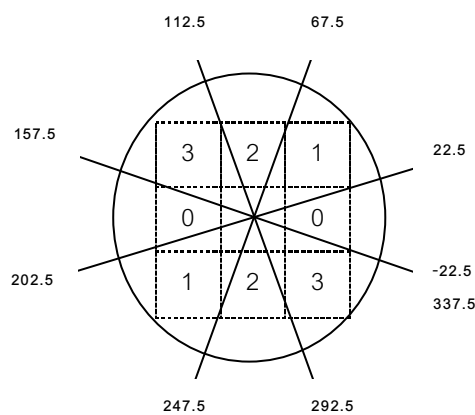
เมื่อ $M(x, y)$ คือ ขนาดของเกรเดียนต์เวกเตอร์
และ $\alpha(x, y)$ คือทิศทางของเกรเดียนต์เวกเตอร์



ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างภาพที่ผ่านขั้นตอน Finding Gradient

ขั้นตอนต่อมาคือ การกำจัดพิกเซลที่เป็นขอบที่ไม่ใช่ค่าสูงสุด (Non-maxima suppression) เป็นขั้นตอนที่เลือกเฉพาะพิกเซลที่มีค่าขนาดของเกรเดียนต์เวกเตอร์สูงสุด โดยต้องมีทิศทางเดียวกันด้วยเท่านั้น สำหรับทิศทางที่พิจารณา จะถูกปรับให้ตรงกับตำแหน่งของพิกเซลในทิศทางนั้นๆ ก่อน ในกรณีที่มีหน้าต่าขยอยขนาด 3x3 พิกเซลค่ามุมทิศทางที่ได้จะถูกปรับไปที่ทิศทางของพิกเซล 4 ทิศทาง ดังแสดงในภาพที่ 2.9 ซึ่งจะถูกพิจารณาดังนี้

- ค่ามุมระหว่าง -22.5 ถึง 22.5 และ 157.5 ถึง 202.5 จะถูกปรับเป็นทิศทาง 0
- ค่ามุมระหว่าง 22.5 ถึง 67.5 และ 202.5 ถึง 247.5 จะถูกปรับเป็นทิศทางถัด 1
- ค่ามุมระหว่าง 67.5 ถึง 112.5 และ 247.5 ถึง 292.5 จะถูกปรับเป็นทิศทาง 2
- ค่ามุมระหว่าง 112.5 ถึง 157.5 และ 292.5 ถึง 337.5 จะถูกปรับเป็นทิศทาง 3



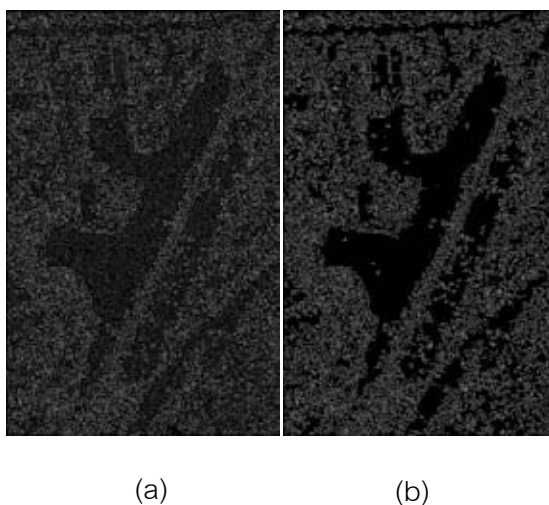
ภาพที่ 2.9 แสดงทิศทางของเกรเดียนต์เวกเตอร์

ในขั้นตอนการกำจัดพิกเซลที่เป็นขอบที่ไม่ใช่ค่าสูงสุดนี้ (Non-maxima suppression) เป็นขั้นตอนที่จะช่วยกำจัดส่วนที่เป็นสัญญาณรบกวนที่ยังคงเหลือ และส่วนที่เป็นพื้นผิวออกไปดังตัวอย่างภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างภาพที่ผ่านขั้นตอนการกำจัดพิกเซลที่เป็นขอบที่ไม่ใช่ค่าสูงสุด (Non-maxima suppression)

หลังจากที่ได้จุดของขอบภาพแล้ว ในขั้นตอนสุดท้าย คือการแบ่งข้อมูลเพื่อช่วยตัดสินใจว่า ส่วนใดบ้างคือขอบที่แท้จริงของวัตถุ โดยการแบ่งข้อมูลจะใช้ค่าขีดแบ่งสองค่าเนื่องจากภาพผลลัพธ์ก่อนที่จะมาถึงขั้นตอนนี้อาจยังมีเส้นขอบอื่นๆ ที่เกิดจากลวดลายภายในภาพซึ่งไม่ใช่ขอบที่แท้จริง โดยกำหนดให้ค่าขีดแบ่งทั้งสองคือ ขีดแบ่งระดับบน High Thresholding (T_1) และขีดแบ่งระดับล่าง Low Thresholding (T_2) จากนั้นพิจารณาค่าของแต่ละจุด ถ้ามีค่ามากกว่า T_1 จะถูกปรับเป็น 1 ซึ่งหมายความว่าพิกเซลนั้นเป็นขอบ ถ้ามีค่าน้อยกว่า T_2 จะถูกปรับค่าเป็น 0 หมายความว่าพิกเซลนั้นไม่ใช่ขอบ ส่วนพิกเซลที่มีค่ามากกว่า T_2 แต่น้อยกว่า T_1 นั้นจะถูกนำมาพิจารณาพิกเซลใกล้เคียงว่าเป็นขอบหรือไม่ ถ้าเป็นก็จะปรับค่าเป็น 1 โดยภาพผลลัพธ์สุดท้าย จะสามารถบ่งบอกได้ว่า จุดพิกเซลที่เป็นขอบจะมีค่า 1 ส่วนจุดอื่นๆจะมีค่า 0 Double Thresholding หรือการแปลงค่าความเข้มสองระดับ โดยจะแปลงค่าความเข้มที่มีค่าน้อยกว่าค่าแบ่งเป็น 0 ในขณะที่ค่าความเข้มที่มีค่าเท่ากับและมากกว่าค่าแบ่งจะถูกแปลงเป็นค่าที่แสดงความสว่างอย่างชัดเจน เช่น 255 เป็นต้น (R.C. Gonzalez, 2002) โดยที่ค่าแบ่งหรือ Threshold นั้นจะถูกกำหนดเองตามความเหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 2.10 และในที่นี้ Canny ได้กำหนดให้มีการทำ Double Thresholding ดังนั้นจึงมีค่ากลางเพื่อปรับระดับความเข้มสองค่า เพื่อคัดเลือกขอบวัตถุ หรือ Edge ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับวัตถุนั้นๆ แสดงดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างภาพที่ผ่านขั้นตอน (a) Double thresholding, (b) Final output ตามลำดับ

2.5 Template Matching

(J.P. Lewis, 1995) Template Matching (วิธีการจับคู่รูปแบบ) เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการจับคู่ภาพ เพื่อหาความเหมือนของภาพถ่ายสองชนิด หลักการทั่วไปคือ ต้องกำหนดภาพรูปแบบ (Template) ที่ต้องการให้เป็นรูปต้นแบบ โดยมีการกำหนดบริเวณสำคัญที่สามารถใช้แยกแยะความแตกต่างระหว่างภาพทั้งสองได้โดยบริเวณที่สนใจของรูปมักมีขนาดไม่ใหญ่มากนัก เวลาทำงานจะนำรูปภาพที่ต้องการอ่านไปทาบบนแบบ เพื่อวัดความคล้ายคลึงกันของภาพกับตัวแบบ (Template) กล่าวคือ เป็นกระบวนการสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นกระบวนการที่ใช้การหาความสัมพันธ์ระหว่างภาพกับรูปแบบที่ต้องการด้วยค่าระดับสีเทาของภาพและรูปแบบ ตำแหน่งพิกัดที่รูปแบบสามารถจับคู่กับภาพได้พอดีจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) มากที่สุด ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 6

$$\gamma(u, v) = \frac{\sum_{x,y} [f(x,y) - \bar{f}_{u,v}] [t(x-u, y-v) - \bar{t}]}{\sqrt{\sum_{x,y} [f(x,y) - \bar{f}_{u,v}]^2 [t(x-u, y-v) - \bar{t}]^2}} \quad (6)$$

โดยที่ $\gamma(u, v)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ตำแหน่งพิกัด (x, y)

f คือ หน้าต่างรูปแบบที่ต้องการจับคู่ขนาด $m \times n$

t คือ จุดภาพตั้งต้น

(u, v) คือ พิกัดในการเลื่อนตำแหน่งในหน้าต่างและภาพตั้งต้น

\bar{f} คือ ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาในหน้าต่าง f

\bar{t} คือ ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาใน t ที่กำลังเปรียบเทียบกับหน้าต่าง f

2.6 Feature Matching

(Barbara Zitova and Jan Flusser, 2003) จากการตรวจหาวัตถุ (Features) ในภาพตั้งต้น และภาพอ้างอิง ที่โดดเด่นได้แล้วนั้น จะสามารถนำมาจับคู่ภาพทั้งสองได้ โดยดำเนินการตามแนวคิดเบื้องต้นในการจับคู่ภาพ (Features matching) 2 แนวคิดคือ Area-based methods และ Feature-based methods ดังนี้

- Area-based methods วิธีนี้เป็นวิธีที่จะดำเนินการโดยไม่ต้องใช้การตรวจหาวัตถุ (Detect feature) ที่มีลักษณะโดดเด่นมาก่อน แต่จะเป็นการหาความสัมพันธ์ของภาพทั้งภาพพร้อมๆกัน ซึ่งวิธีนี้อาจมีผลเสียอยู่บ้างเนื่องจากการจับคู่ภาพ (Features matching) จำเป็นจะต้องใช้ลักษณะเด่นของภาพเข้ามาช่วย แต่อย่างไรก็ตามวิธี Area-based methods ได้นำเครื่องมือทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการคำนวณหาความเหมือนดังกล่าวของภาพทั้งภาพ ได้แก่ Cross Correlation, Fourier methods, Mutual information methods, optimization methods ซึ่งวิธีเหล่านี้เป็นการคำนวณหาความเหมือนของภาพเพื่อช่วยในการจับคู่ภาพ (Features matching) ได้โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการวิเคราะห์โครงสร้างใดๆมาก่อน แต่ต้องเผชิญกับปัญหาของภาพที่บางครั้งอาจให้รายละเอียดไม่เพียงพอต่อการคำนวณ

ดังนั้นวิธี Area-based methods จึงมักจะใช้กับภาพที่มีรายละเอียดของภาพไม่เด่นนัก อาจทำการคัดแยกวัตถุด้วยการจัดลำดับสี (Gray levels/colors) มากกว่าการที่จะพิจารณาคัดแยกตามรูปร่างของวัตถุ

- Feature-based methods เป็นวิธีการจับคู่ภาพโดยอาศัยการพิจารณาความเหมือนหรือหาความสัมพันธ์กันของวัตถุ (Features) ในแต่ละคู่ภาพ ซึ่งอาจหาได้จากความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

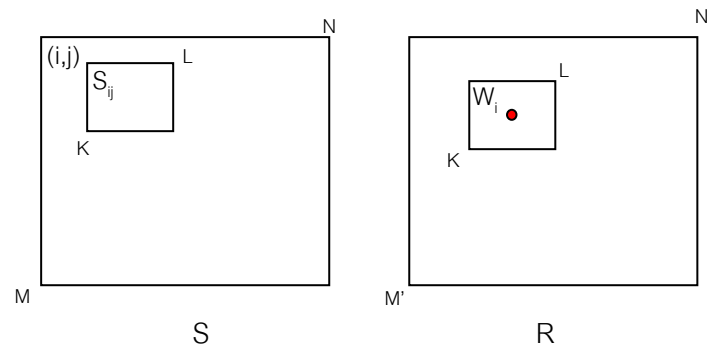
วิธี Feature-based methods นี้ส่วนมากมักใช้กับข้อมูลภาพที่มีโครงสร้างของภาพและรายละเอียดของภาพที่ค่อนข้างจะชัดเจน และยังเหมาะกับการจับคู่ภาพ (Features matching) ที่มีแหล่งที่มาของภาพที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงได้ดีอีกด้วย อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญที่สุดของวิธี Feature-based methods คือต้องการหาเครื่องมือในการตรวจหาวัตถุภายในข้อมูลภาพให้ได้ความถูกต้องแม่นยำที่สุด เพื่อให้ได้ผลการจับคู่วัตถุ (Features matching) ได้ผลดีตามไปด้วย

2.7 Combination of Feature-based and Area-based Image Registration

Technique for High Resolutions Remote Sensing Image.

(Gang Hong and Yun Zhang, 2008) กระบวนการ Registration คือ กระบวนการกำหนดพิกัดภาพเพื่อปรับรูปแบบทางเรขาคณิตของภาพหนึ่งไปสู่อีกภาพหนึ่ง เพื่อให้ภาพทั้งคู่อยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน กระบวนการนี้ถือได้ว่าเป็นกระบวนการพื้นฐานสำหรับงานทางด้านการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) เพื่อใช้ในการรวมข้อมูลจากภาพที่ใช้ระบบเซนเซอร์ (Sensor) ต่างกัน, ใช้ในการหาความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่จากภาพสองภาพที่ถ่ายในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งแนวทางในการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) สามารถแบ่งออกเป็น 2 แนวทางตามวิธีการจับคู่ (Matching method) ดังนี้

- Area based method (ABM) จะใช้พิกเซล (Pixel) ขนาดเล็กของภาพตั้งต้นเทียบกับพิกเซล (Pixel) ของภาพอ้างอิง (Reference) ขนาดเท่ากัน โดยปกติก็จะใช้วิธี Cross correlation matching และ Least-square matching ในการคำนวณหาตำแหน่งความเหมือนกันของภาพทั้งสองและจะใช้จุดศูนย์กลางของหน้าต่างพิกเซล (Window pixel) ในตำแหน่งที่เหมือนกันนั้นเป็นจุดควบคุม (Control point) และจุดควบคุมนี้ (Control point) จะถูกนำไปใช้ในการหา Mapping function ของภาพตั้งต้นและภาพอ้างอิง (Reference) ต่อไป แสดงดังตัวอย่างภาพที่ 2.12 ดังนี้



ภาพที่ 2.12 Area based method registration

(ที่มา: Leila M.G. and others, 1996)

ABM มักจะใช้ค่าระดับความเข้มของจุดภาพ (Gray value) ในการจับคู่ภาพ ดังนั้น ขั้นตอนเริ่มต้นสำหรับ ABM จะเริ่มต้นด้วยการคัดแยกรายละเอียดของภาพ ด้วยการแบ่งตามระดับความเข้มของจุดภาพ (Gray level) ทั้งภาพตั้งต้นและภาพอ้างอิง (Reference)

- Feature-based method (FBM) แตกต่างจากวิธี ABM เนื่องจาก FBM ไม่ได้ใช้ค่าระดับความเข้มของจุดภาพ (Gray value) ในการจับคู่ภาพ แต่จะใช้วัตถุ (Features) ของภาพนั้นๆ โดยตรง ด้วยกระบวนการคัดแยกวัตถุภาพ (Feature extraction) ผ่านอัลกอริทึม (Algorithm) แล้วจึงนำวัตถุ (Features) ที่ได้นั้น มาใช้ในการจับคู่ภาพทั้งสอง

เนื่องด้วยแนวทางการจับคู่ภาพ (Matching method) ดังกล่าว ทั้งสองแนวทางต่างมีเอกลักษณ์และแนวทางที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธี ABM บางครั้งอาจเป็นปัญหาสำหรับการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ของภาพมัลติเซนเซอร์ (Multi-sensor) อันเนื่องมาจากลักษณะของภาพที่เป็นค่าระดับสีเทา (Gray-level) จึงเป็นการยากที่จะจับคู่กับภาพที่ได้มาจากระบบเซนเซอร์ (Sensor) ที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้วิธี FBM ดูน่าเชื่อถือมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามวิธี FBM ก็จำเป็นที่จะต้องใช้ทักษะความชำนาญอย่างมากในกระบวนการคัดแยกวัตถุภาพ (Feature extraction) เพื่อให้ได้วัตถุ (Feature) ที่มีความโดดเด่นและเหมือนกันทั้งสองภาพ ซึ่งความยากง่ายจะขึ้นอยู่กับความคมชัดของภาพ ถ้าภาพนั้นๆไม่มีความคมชัดพอก็จะเป็นอุปสรรคอย่างมากเช่นกัน ดังนั้นในบางกรณี วิธี ABM ก็น่าจะเป็นประโยชน์มากกว่า

ด้วยเหตุนี้ในการศึกษานี้จึงได้แนะนำแนวทางใหม่ในการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) โดยการผสมผสานเทคนิควิธี Feature based method กับวิธี Area based method เข้าด้วยกัน มีขั้นตอนการดำเนินการ 3 ขั้นตอนหลักๆดังนี้

1. เริ่มต้นด้วยการตรวจหาวัตถุภาพ โดยการคัดแยกวัตถุ (Extract features) จากทั้งภาพตั้งต้นและภาพอ้างอิง (Reference)
2. ทำการจับคู่ภาพ (Feature matching) โดยการหาความสัมพันธ์ของวัตถุ (Feature) ของภาพตั้งต้น และภาพอ้างอิง (Reference) ซึ่งจะใช้ Cross-correlation method จากแนวคิดของกระบวนการ ABM ในการเริ่มต้นพิจารณาความสัมพันธ์ แล้วจึงใช้ Probability relaxation method จากแนวคิดของกระบวนการ FBM ในการกำจัดจุดที่มีความผิดพลาดในการจับคู่เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้อง จุดภาพที่จับคู่กันได้เหล่านี้ก็จะใช้เป็นจุดควบคุม (Control point) ในการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ต่อไป แต่เพื่อความถูกต้องแม่นยำจึงใช้ Least-square matching ในการคัดเลือกจุดควบคุม (Control point) ที่ดีที่สุดไว้อีกด้วย
3. สร้าง Mapping function และปรับแก้ภาพตั้งต้นให้มีความถูกต้องและเพื่อช่วยลดการบิดเบี้ยวของภาพ ส่วนมากมักจะใช้ Polynomial transformation coefficients algorithm เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหานี้ หรืออาจจะต้องใช้อัลกอริทึม (Algorithm) อื่นๆเข้ามาช่วยเพิ่มเติม

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินงานประกอบด้วยการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของภาพถ่าย TerraSAR-X และภาพ QuickBird เพื่อหาแนวทางและทฤษฎีการดำเนินการที่เหมาะสมกับภาพถ่าย พร้อมทั้งทดลองประมวลผลภาพด้วยทฤษฎีต่างๆตามแนวทางการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

- เครื่องคอมพิวเตอร์ Intel Centrino Duo, Intel Core™2, 1.66GHz
- ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพ MATLAB เวอร์ชัน 7.6.0.324 ของบริษัท MathWorks, Inc.
- ซอฟต์แวร์ประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ERDAS IMAGINE 9.2 ของบริษัท ERDAS Inc.
- ซอฟต์แวร์จัดการข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ArcGIS เวอร์ชัน 9.3 ของบริษัท Environmental Systems Research Institute (ESRI)

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

กระบวนการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) จะดำเนินการกับข้อมูลภาพ TerraSAR-X และภาพ QuickBird เพื่อหาแนวทางการดำเนินการที่อำนวยความสะดวกการนำข้อมูลภาพถ่าย TerraSAR-X ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะเปรียบเทียบผลการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ของภาพ TerraSAR-X ก่อนและหลังดำเนินการ โดยมีภาพถ่าย QuickBird เป็นภาพอ้างอิง (Reference) ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะของภาพถ่ายทั้งสองชนิดเบื้องต้นไปพร้อมๆกัน

3.2.1 ข้อมูลภาพ TerraSAR-X

TerraSAR-X เป็นดาวเทียมความละเอียดสูงส่งสัญญาณในช่วงคลื่น X-band เป็นดาวเทียมที่มีความโดดเด่นในด้านคุณภาพ และมีรูปแบบในการแสดงข้อมูลที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็น SpotLight, StripMap and ScanSAR modes ซึ่งจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวแตกต่างกันไป ซึ่งถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีดาวเทียมที่ทันสมัยและมีคุณภาพสูงในวงการดาวเทียมอันหนึ่ง

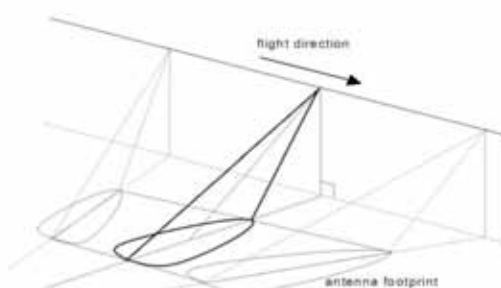


ภาพที่ 3.1 Artist view on TerraSAR-X
(ที่มา: A. Roth, M. Eineder and B. Schättler.)

TerraSAR-X ได้ถูกออกแบบมาให้สามารถแสดงภาพถ่ายดาวเทียมได้หลายรูปแบบ ดังนี้
- High Resolution SpotLight mode and SpotLight mode

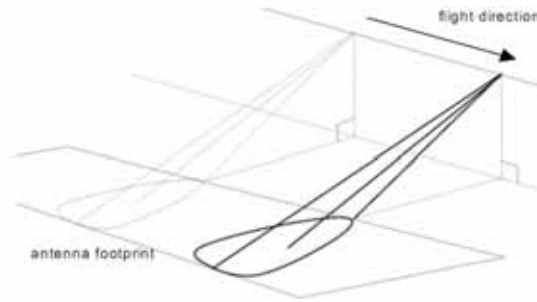
High Resolution SpotLight mode เป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่ให้ความละเอียดสูงที่สุด แต่พื้นที่ในการสำรวจบนพื้นผิวจะเล็กกว่ารูปแบบอื่นๆ เนื่องจากในการสำรวจ พื้นผิวการแผ่รังสีของเรดาร์จะส่องลงไปบนพื้นที่ที่สนใจคล้ายกับสปอร์ตไลท์ ให้ความสว่างในแนวยาว จึงเป็นอุปสรรคในการที่จะแสดงพื้นที่ภาพถ่ายขนาดใหญ่ ขนาดของมุมอะซิมุท (Azimuth) ที่มากที่สุดในการส่องสำรวจอยู่ที่ประมาณ $\pm 0.75^\circ$

ส่วน SpotLight mode ก็จะมีลักษณะคล้ายกับ High Resolution SpotLight mode แต่ต่างกันตรงที่ความละเอียดที่ลดลง เนื่องจากต้องการเพิ่มพื้นที่ของภาพถ่ายให้ครอบคลุมพื้นที่ให้กว้างขึ้น



ภาพที่ 3.2 SpotLight Geometry
(ที่มา: A. Roth, M. Eineder and B. Schättler.)

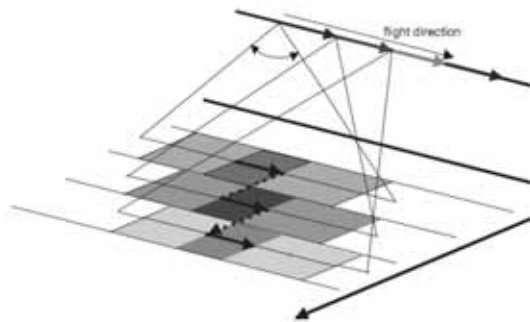
- StripMap Mode เป็นรูปแบบของภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จากการกวาดแถบรังสีบนพื้นผิวอย่างต่อเนื่องเป็นจังหวะ โดยที่การส่งสัญญาณของคลื่นจะถูกกำหนดไว้ในระดับความสูง และ มุมอะซิมูท (Azimuth)



ภาพที่ 3.3 StripMap Geometry

(ที่มา: A. Roth, M. Eineder and B. Schättler.)

- ScanSAR mode เป็นรูปแบบของภาพถ่ายดาวเทียมที่ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งได้จากการสแกนพื้นผิวในหลายๆมุมอะซิมูท (Azimuth) โดยลดขนาดมุมลง เพื่อให้ได้พื้นที่ที่มากขึ้น แต่ในขณะเดียวกันความละเอียดของภาพอาจลดลงด้วย



ภาพที่ 3.4 ScanSAR Geometry

(ที่มา: A. Roth, M. Eineder and B. Schättler.)

ขอบเขตพื้นที่ศึกษาบริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ภาพ TerraSAR-X ที่ใช้ในงานวิจัยแสดงดังภาพที่ 3.5 โดยมีคุณสมบัติของภาพเบื้องต้นแสดงดังตารางที่ 3.1 ภาพที่ใช้เป็นภาพที่ได้จากเซนเซอร์ SpotLight mode Resolution ของภาพอยู่ที่ 1 เมตร และขนาดของพิกเซลเท่ากับ 0.5 เมตร



ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างพื้นที่ศึกษาภาพถ่ายดาวเทียม TerraSAR-X

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลดาวเทียม TerraSAR-X

	SpotLight Mode (SL)		StripMap Mode		ScanSAR Mode
Polarization	single: HH or VV	dual: HH/VV	single: HH or VV	dual: HH/VV, HH/HV or VV/VH	single: HH or VV
Scene dimensions	10km x 10km (SL) 10km x 5km (HS)	10 km x 10km (SL) 10km x 5km (HS)	50km x 30km	50km x 15km	150km x 100km
Full performance range	20° - 55°	20° - 55°	20° - 45°	20° - 45°	20° - 45°
Azimuth resolution	1.7m (SL) 1.1m (HS)	3.4m (SL) 2.2m (HS)	3.3m	6.6m	18.5m
Ground range resolution (@ incidence angle)	1.48 - 3.49m (@55°...20°) HS with 300MHz 0.74 - 1.77m (@55°...20°)	1.70 - 3.49m (@55°...20°)	1.70 - 3.49m (@45°...20°)	1.70 - 3.49m (@45°...20°)	1.70 - 3.49m (@45°...20°)

(ที่มา: A. Roth, M. Eineder and B. Schättler.)

3.2.2 ข้อมูลภาพ QuickBird

QuickBird เป็นดาวเทียมที่ถ่ายภาพแบบ Multi-Spectral ที่มีความละเอียดสูง ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของบริษัท Digital Globe ซึ่งให้บริการข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเชิงพาณิชย์

ความสามารถของดาวเทียม QuickBird ทางด้านเทคนิค

- แสดงรายละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมได้สูงที่สุด
- มีความจุในการบันทึกภาพสูงที่สุด
- มีความถูกต้องด้านตำแหน่งภูมิศาสตร์ (Geolocational) สูงที่สุด
- ความกว้างในการบันทึกข้อมูลภาพสูงที่สุด
- ความสามารถในการถ่ายภาพคู่ได้รวดเร็วมาก

ขอบเขตพื้นที่ศึกษาบริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ภาพ QuickBird ที่ใช้ในงานวิจัยแสดงดังภาพที่ 3.6 โดยมีคุณสมบัติของภาพเบื้องต้นแสดงดังตารางที่ 3.2 ภาพที่ใช้มี Resolution ของภาพอยู่ที่ 2.44 เมตร และขนาดของพิกเซลเท่ากับ 0.6 เมตร



ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างพื้นที่ศึกษาของภาพถ่ายดาวเทียม Quick Bird

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลดาวเทียม Quick Bird

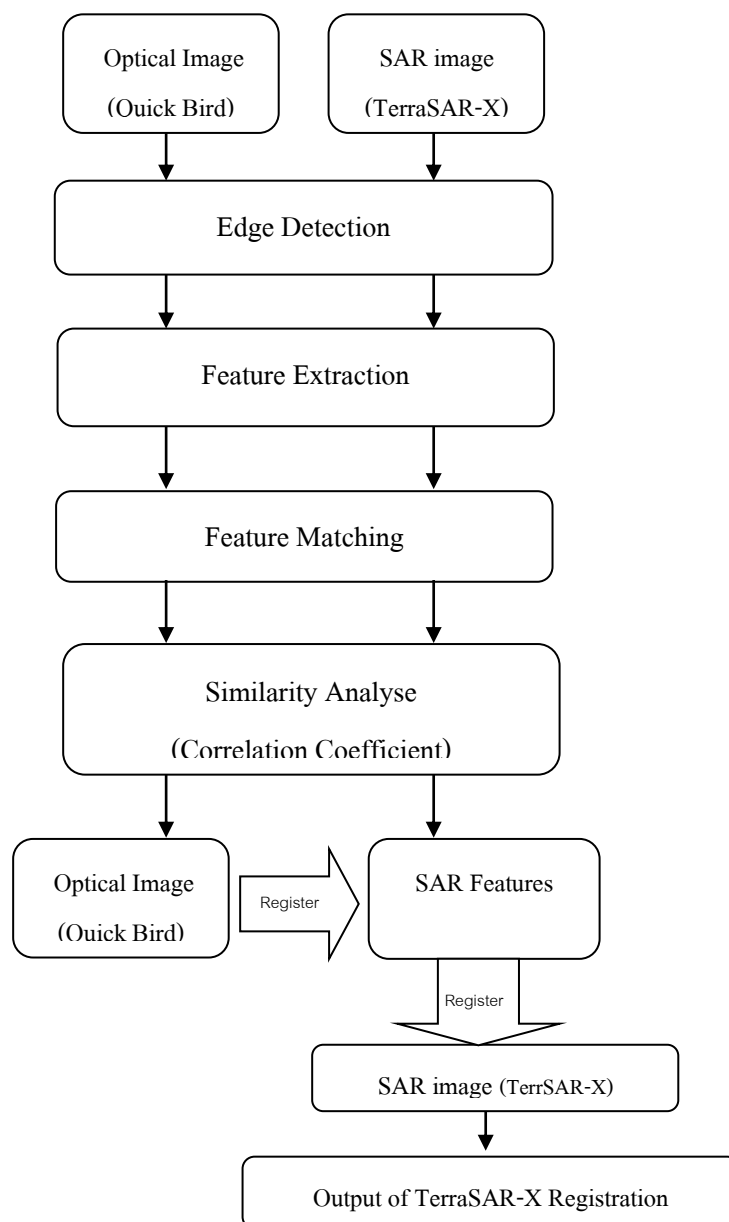
ข้อมูลดาวเทียม Quick Bird	
Launch Date	October 18, 2001
Launch Vehicle	Boeing Delta II
Launch Location	Vandenberg Air Force Base, California
Orbit Altitude	450 km
Orbit Inclination	97.2 degree, Sun-synchronous
Speed	7.1 km / second
Equator Crossing Time	10.30 am. (descending node)
Orbit Time	93.5 minutes
Revisit Time	1 – 3.5 days depending on latitude (30° off nadir)
Swath Width	16.5 km x 16.5 km at nadir
Metric Accuracy	23 meter horizontal (CE90)
Digitization	11 bits
Resolution	Pan : 61 cm (nadir) to 72 cm (25° off nadir) MS : 2.44 m (nadir) to 2.88 m (25° off nadir)
Image Bands	Pan : 450 – 900 nm Blue : 450 – 520 nm Green : 520 – 600 nm Red : 630 – 690 nm Near IR : 760 – 900 nm

(ที่มา: <http://www.digitalglobe.com/index.php/85/QuickBird>)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการหาแนวทางการกำหนดพิกัดภาพ TerraSAR-X และภาพ QuickBird โดยอาศัยวิธีจับขอบวัตถุ (Edge detection) และการจับคู่ภาพ (Feature Matching) และส่วนที่ 2 เป็นวิธีกำหนดพิกัดภาพของภาพ TerraSAR-X และ QuickBird โดยใช้ภาพ QuickBird เป็นภาพอ้างอิงโดยตรง เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการปฏิบัติทั้งสองวิธี โดยมีรายละเอียดของการดำเนินการกำหนดพิกัดภาพด้วยวิธีจับคู่ภาพตามขั้นตอนดังภาพที่

3.7



ภาพที่ 3.7 แสดงขั้นตอนการดำเนินการ

3.3.1 Pre-Processing

มีหลากหลายวิธีในกระบวนการเริ่มต้นการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) แต่โดยส่วนใหญ่จะเริ่มต้นด้วยการศึกษาข้อมูลภาพถ่ายที่จะใช้ เพื่อหาวิธีจัดการกับข้อมูลให้เหมาะสม และกำหนดขอบเขตและรูปแบบของรายละเอียดภาพถ่ายนั้นๆ เพื่อตัดแยกวัตถุที่อาจมีผลกระทบต่อ การกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ซึ่งสิ่งเหล่านี้หมายถึงสัญญาณรบกวนภาพต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น noise, speckle และ blurring เพื่อเป็นการปรับข้อมูลภาพเพื่อขจัดสิ่งรบกวนและรายละเอียดที่แตกแยกออกจากภาพ ด้วยวิธีการใช้ตัวกรอง (Filtering) ซึ่งเป็นกระบวนการคัดกรองรายละเอียดของภาพที่ไม่ต้องการออกจากข้อมูลภาพ ในขั้นตอนนี้จะใช้ซอฟต์แวร์แมทแลป (MathLab) ในการประมวลผลภาพภาพ โดยกระบวนการนี้ภาพจะถูกปรับไปพร้อมกับกระบวนการ Feature Extraction ในขั้นตอนต่อไป ด้วยตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian) โดยทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ตามความเหมาะสมกับภาพ



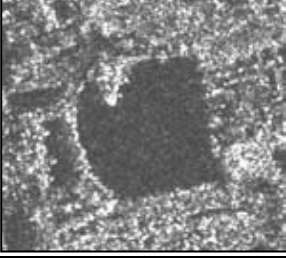

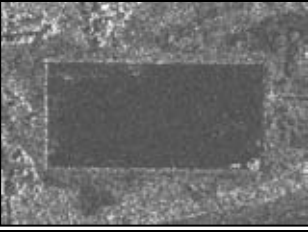





นอกจากนี้ยังเป็นการวางแผนแนวทางการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) คร่าวๆ โดยการพิจารณาจากรูปแบบข้อมูลภาพทั้งสองคือภาพตั้งต้นและ ภาพอ้างอิง (Reference image)

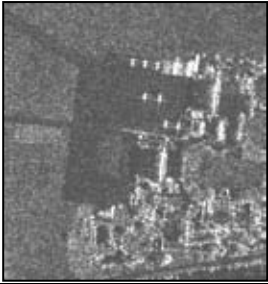









3.3.1.1 พิจารณาเลือกวัตถุภาพ (Feature) ที่โดดเด่นจากภาพ TerraSAR-X ในเบื้องต้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบภาพ TerraSAR-X กับภาพ QuickBird ดังภาพที่ 3.8 จะเห็นได้ว่าภาพ TerraSAR-X มีสัญญาณรบกวนภาพค่อนข้างมาก ส่งผลให้การระบุวัตถุภาพได้ลำบาก อย่างไรก็ตามในขั้นตอนนี้จะทำการพิจารณาเลือกวัตถุที่มีความสว่างแตกต่างอย่างชัดเจนจากบริเวณโดยรอบให้ได้มากที่สุด ซึ่งในกระบวนการนี้จะส่งผลต่อกระบวนการตรวจจับขอบวัตถุ (Edge Detection) ในขั้นตอนต่อไป ผลการพิจารณาคัดเลือกวัตถุภาพที่โดดเด่นบนภาพ TerraSAR-X แสดงดังภาพในตารางที่ 3.3



ภาพที่ 3.8 ภาพเปรียบเทียบภาพ TerraSAR-X (ซ้าย) และภาพ QuickBird (ขวา)

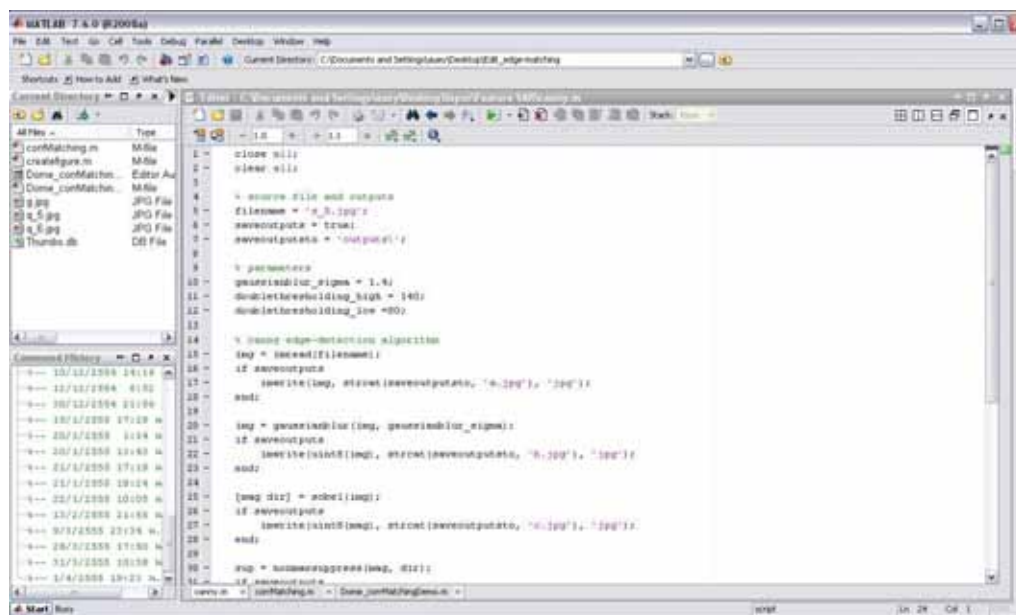
ตารางที่ 3.3 แสดงวัตถุภาพ (Feature) ที่มีความโดดเด่นจากภาพ TerraSAR-X และ QuickBird

TerraSAR-X	QuickBird
	
	
	
	
	

TerraSAR-X	QuickBird
	
	
	
	
	

3.3.2 การตรวจหาขอบวัตถุภาพ (Edge Detection) เป็นการตรวจหาขอบวัตถุภาพ ทั้งภาพ TerraSAR-X และภาพ QuickBird ที่มีความโดดเด่น และชัดเจนเหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็น closed-boundary regions, edges, line intersections, corners และอื่นๆ

3.3.2.1 ขั้นตอนการตรวจหาขอบวัตถุจากภาพ QuickBird สำหรับขั้นตอนนี้ ภาพ QuickBird จะดำเนินการตามทฤษฎีของ Canny จากผลการทดลองสามารถตรวจหาขอบวัตถุ (Detect Features) ได้ชัดเจนเป็นอย่างดี ในขั้นตอนนี้ได้มีการเสนอแนวคิด และแนวทางการดำเนินการผ่านงานวิจัยอื่นๆ ดังที่ได้กล่าวไปในเนื้อหาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยดำเนินการตรวจหาขอบวัตถุด้วยวิธี Canny โดยใช้ซอฟต์แวร์แมทแลป (MathLab) โดยมีหน้าต่างการดำเนินงานดังแสดงในภาพที่ 3.9 ซึ่งวัตถุ (Features) ได้จากการพิจารณาคัดเลือกจากขั้นตอนข้างต้น



ภาพที่ 3.9 แสดงตัวอย่างหน้าต่างการทำงานของ การ Detect Feature จากภาพ QuickBird ด้วยวิธี Canny Edge Detection

ขั้นตอนการประมวลผลภาพ สำหรับภาพ QuickBird เนื่องจากเป็นภาพสี ตามทฤษฎีของ Canny แล้วจะสามารถประมวลผลได้ดีกับภาพที่เป็นระดับค่าสีเทา (Gray scale) ดังนั้นจึงต้องทำการปรับภาพ QuickBird ให้เป็นภาพสีเทา (Gray scale) แสดงดังภาพที่ 3.10 เสียก่อน แล้วจึงทำภาพที่ภาพที่ได้ไปประมวลผลตามขั้นตอนของ Canny ต่อไป



ภาพที่ 3.10 ภาพ QuickBird ที่ถูกปรับให้เป็นภาพสีเทา (Gray scale)

3.3.2.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการของ Canny

ในการประมวลผลภาพตามขั้นตอนของ Canny ประกอบด้วยพารามิเตอร์ 2 ส่วนหลักๆ ที่ต้องพิจารณาเพื่อกำหนดแนวทางการประมวลผลภาพให้ได้ตามต้องการ นั่นคือ

- ค่าเกาส์เซียนซิกม่า (Gaussian Sigma) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ช่วยในด้านการปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) โดยผ่านตัวกรองเกาส์เซียนต์ (Gaussian filter) มีผลช่วยให้กระบวนการ Pre-processing ดำเนินไปได้อย่างสะดวกขึ้น เพื่อช่วยขจัดสัญญาณรบกวนภาพ (Noise) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการกำหนดค่าเกาส์เซียนซิกม่า (Gaussian Sigma) จะต้องพึงคำนึงถึงรายละเอียดภาพที่เราต้องการ ทั้งนี้เนื่องจาก หากมีการกำหนดค่าเกาส์เซียนซิกม่า (Gaussian Sigma) มากเกินไปจะมีผลทำให้ลดปริมาณสิ่งรบกวนได้มาก และในขณะเดียวกันจะมีผลทำให้ขอบย่อยๆ ที่เป็นส่วนรายละเอียดของภาพนั้นหายไปด้วย จากการทดลองในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าเกาส์เซียนซิกม่า (Gaussian Sigma) ให้กับภาพภาพ QuickBird มีค่าอยู่ที่ 1 เนื่องจากภาพ Quickbird ค่อนข้างให้รายละเอียดของภาพได้อย่างชัดเจนในตัวเอง และไม่มีปัญหาในเรื่องของสัญญาณรบกวนภาพ จากการทดลองประมวลผลภาพแล้ว ค่าเกาส์เซียนซิกม่า (Gaussian Sigma) 1 กับการทดลองกับภาพ QuickBird ให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือ ได้รับขอบของวัตถุภาพที่ต้องการครบถ้วน

- ค่าแบ่งข้อมูลหรือ ค่า Thresholding แม้ว่าภาพจะผ่านกระบวนการปรับภาพให้เรียบ (Smoothing) ในขั้นตอนข้างต้นแล้วก็ตาม ภาพที่ได้ก็อาจยังมีเส้นขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริง

ปรากฏอยู่อันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนภาพ (Noise) หรือลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มี ลวดลายหรือมีรายละเอียดในภาพมาก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดค่า Threshold ขึ้นมา 2 ค่า คือ High threshold (T1) และ Low threshold (T2) โดยการทำงานของ พารามิเตอร์นี้จะพิจารณาพิกเซลที่มีค่ามากกว่า T1 จะถูกปรับเป็น 1 (เป็นพิกเซลที่เป็นขอบ) แต่ ถ้าน้อยกว่า T2 จะถูกปรับเป็น 0 ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่า Threshold ทั้งสอง การปรับเป็นค่า 0 หรือ 1 นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซลที่อยู่รอบข้าง หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ (ค่า >T1) มีค่ามากกว่า T2 แล้ว จะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น 1 และถือเป็นสมาชิกหนึ่งใน ภาพขอบด้วยเช่นกัน

จากการทดลองในงานวิจัยนี้ได้พบว่า การกำหนดค่า Thresholding ของภาพ QuickBird ได้ค่า Thresholding ที่เหมาะสมอยู่ที่ $T1=30$ และ $T2=10$ จะพบว่าความเหมาะสม ของค่า Thresholding ของภาพ QuickBird ไม่จำเป็นต้องกำหนดให้สูงมากนัก เพราะอาจทำให้ การหาขอบวัตถุในภาพ QuickBird ได้รายละเอียดมากเกินไปจนความจำเป็น

ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองที่กล่าวไปนั้นสามารถกำหนดค่าได้ในคำสั่งซอฟต์แวร์แมทแลป (Matlab) ดังแสดงในภาพที่ 3.12

เมื่อภาพ QuickBird ผ่านการประมวลผลด้วยวิธี Canny แล้ว ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดัง ภาพที่ 3.11 ดังนี้



ตารางที่ 3.11 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ Canny Edge Detection ของภาพ QuickBird

ภาพที่ 3.12 คำสั่งที่ใช้ในกระบวนการตรวจหาขอบวัตถุด้วยวิธีของ Canny
ด้วยซอฟต์แวร์แมทแลป MatLab

```

close all;
clear all;

% source file and outputs
filename = 's_5.jpg';
saveoutputs = true;
saveoutputsto = 'outputs\';

% parameters
gaussianblur_sigma = 1.4;
doublethresholding_high = 140;
doublethresholding_low = 80;

% canny edge-detection algorithm
img = imread(filename);
if saveoutputs
    imwrite(img, strcat(saveoutputsto, 'a.jpg'), 'jpg');
end;

img = gaussianblur(img, gaussianblur_sigma);
if saveoutputs
    imwrite(uint8(img), strcat(saveoutputsto, 'b.jpg'), 'jpg');
end;

[mag dir] = sobel(img);
if saveoutputs
    imwrite(uint8(mag), strcat(saveoutputsto, 'c.jpg'), 'jpg');
end;

sup = nonmaxsuppress(mag, dir);
if saveoutputs
    imwrite(uint8(sup), strcat(saveoutputsto, 'd.jpg'), 'jpg');
end;

thr = doublethresholding(sup, doublethresholding_high,
doublethresholding_low);
if saveoutputs
    imwrite(uint8(thr), strcat(saveoutputsto, 'e.jpg'), 'jpg');
end;

hys = colorhysteresis(thr);
if saveoutputs
    imwrite(hys, strcat(saveoutputsto, 'f.jpg'), 'jpg');
end;

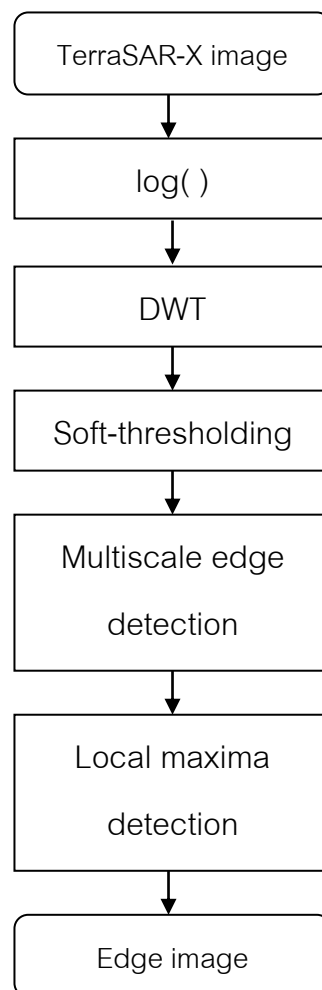
hys = hysteresis(thr);
if saveoutputs
    imwrite(hys, strcat(saveoutputsto, 'g.jpg'), 'jpg');
end;

```

กำหนดค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ Gaussian, Thresholding high และ low

3.3.2.3 ขั้นตอนการตรวจหาขอบวัตถุจากภาพ TerraSAR-X

เนื่องจากภาพ TerraSAR-X เป็นภาพถ่ายความละเอียดสูงที่ถ่ายด้วยกระบวนและระบบเซนเซอร์ (Sensor) ที่แตกต่างจากภาพถ่ายระบบออปติคัล (Optical) อย่างเช่นภาพ QuickBird ดังนั้นภาพที่ได้จากระบบนี้จะถูกรบกวนด้วยสัญญาณรบกวนภาพ (Noise) ค่อนข้างมาก การตรวจหาขอบวัตถุในภาพซาร์ (SAR) จึงเป็นไปได้ยาก ในการทดลองนี้จึงเลือกใช้วิธีการแปลงเวฟเลต (Wavelet) เพื่อช่วยในการลดสัญญาณรบกวนภาพ (Noise) และการตรวจหาขอบวัตถุภาพ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการตามภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.13 แสดงขั้นตอนในการตรวจหาขอบวัตถุภาพ TerraSAR-X

การดำเนินการในขั้นตอนนี้จะเริ่มจากการใช้ฟังก์ชันลอการิทึมกับภาพเพื่อเปลี่ยนให้สัญญาณรบกวนในรูปการคูณให้อยู่ในรูปสัญญาณรบกวนแบบบวก จากนั้นจะทำการแปลงเวฟเลตแยกภาพซาร์ (SAR) ออกเป็นระดับต่างๆ โดยไม่ลดความละเอียดลงและใช้การลดสัญญาณ

รบกวนด้วยค่า Thresholding อย่างอ่อน (Soft thresholding) กับแบนด์ความถี่สูงที่ได้ออกมาเพื่อลดสัญญาณรบกวนแบบสเปกเคิล (Speckle) แล้วใช้การตรวจหาขอบวัตถุในภาพกับแบนด์ย่อยที่ได้ ภาพของขอบวัตถุที่หนาหนึ่งพิกเซล (Pixel) จะได้จากการหาสัมประสิทธิ์ค่าสูงที่สุดในช่วง

- การลดสัญญาณรบกวนด้วยค่า Thresholding กับสัมประสิทธิ์เวฟเลต (Wavelet Thresholding) เสนอโดย (Donoho, 1995) โดยมีแนวคิดสำคัญเพื่อลดสัญญาณรบกวนคือ การแปลงเวฟเลต (Wavelet) ให้สามารถแยกสัญญาณและสัญญาณรบกวนออกจากกันได้ โดยการแปลงเวฟเลตจะรวมพลังงานของสัญญาณให้อยู่ในสัมประสิทธิ์เวฟเลต (Wavelet) กลุ่มเล็กๆ ที่มีแอมพลิจูดสูง และการกระจายพลังงานของสัญญาณรบกวนไปบนสัมประสิทธิ์เวฟเลต (Wavelet) ที่มีค่าต่ำๆ เหล่านี้ ขณะที่รักษพลังงานของสัญญาณเอาไว้โดยให้สัมประสิทธิ์ที่มีค่ามากๆ ไม่เปลี่ยนแปลงหรือได้รับผลกระทบน้อยที่สุด

การทำ Thresholding ที่นิยมใช้มีสองชนิด คือ Hard-Thresholding และ Soft-Thresholding ซึ่งแสดงดังสมการที่ 1 และ 2

$$\text{Hard-Thresholding: } T_H(Y) = \begin{cases} Y & , |Y| \geq \lambda \\ 0 & \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{Soft-Thresholding: } T_S(Y) = \begin{cases} \text{sgn}(Y)(|Y| - \lambda) & , |Y| \geq \lambda \\ 0 & \end{cases} \quad (2)$$

โดยค่า Thresholding จะคำนวณจากแต่ละแบนด์ย่อยของสัมประสิทธิ์เวฟเลต (Wavelet) ในที่นี้จะใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ที่ถ่วงน้ำหนักด้วยสัมประสิทธิ์เวฟเลตในแต่ละระดับดังนี้

$$\lambda_{bj}(e) = f_a \sigma_{bj} = f_a \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (C_{bj} - m)^2} \quad (3)$$

เมื่อ N คือจำนวนของข้อมูลภาพ, m คือค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์เวฟเลต (Wavelet) C_{bj} ซึ่ง b แสดงแต่ละแบนด์ความถี่สูง และ l เป็นจำนวนของการแยกระดับ และ f_a เป็นสัมประสิทธิ์ของระดับซึ่งกำหนดให้เป็น 1

(Donoho, 1995) แสดงให้เห็นว่าถ้าสัญญาณรบกวนเป็นแบบต่อเนื่องนั้น การใช้ Soft-Thresholding จะเหมาะสมกว่า โดยทั่วไปแล้ว สัญญาณรบกวนจะมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ

ในทุกๆระดับและแสดงอย่างชัดเจนในแบนด์ความถี่สูง วิธีการที่ใช้ดำเนินการนี้จึงใช้ Soft-Thresholding ในการตรวจหาและกำจัดสัญญาณรบกวนในแบนด์ความถี่สูงทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง เนื่องจากกการลดสัญญาณรบกวนด้วยค่าระดับในสัมประสิทธิ์เวฟเลต (Wavelet) นั้นพิจารณาสัญญาณรบกวนในรูปการบวก แต่สัญญาณรบกวนในภาพซาร์ (SAR) อยู่ในรูปแบบการคูณ ในขั้นตอนแรกจึงต้องใช้ฟังก์ชันลอการิทึมกับสัญญาณภาพเพื่อให้สัญญาณรบกวนอยู่ในรูปการบวก

- การตรวจหาขอบวัตถุแบบหลายระดับ (Multiscale Edge Detection) (Mallat, 1992) ใช้ในการตรวจหาขอบวัตถุจากภาพ โดยการแปลงเวฟเลต (Wavelet) แบบนี้ในแต่ละระดับจะไม่ลดความละเอียดของสัมประสิทธิ์เวฟเลตลง (Wavelet) เพื่อรักษาขนาดของภาพโดยรวมเอาไว้และทำการแยกภาพที่มีขนาดเท่าต้นฉบับออกเป็นแบนด์ย่อย 3 แบนด์ คือแบนด์ความถี่ต่ำ S_f , แบนด์ความถี่สูงในแนวนอน $W_j^H f$ และแบนด์ความถี่สูงในแนวตั้ง $W_j^V f$ ซึ่งจะนำค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลต (Wavelet) ที่ระดับต่างๆ ที่ผ่านการลดสัญญาณรบกวนแบบจุดด้วยค่า Threshold มาทำการหาขอบวัตถุต่อไป โดยจะนำสัมประสิทธิ์ในแบนด์ความถี่สูงทั้งในแนวนอนและแนวตั้งไปคำนวณหาขนาดและทิศทางของเกรเดียนต์เวกเตอร์ตามสมการที่ 4 และ 5

ขนาดของเกรเดียนต์เวกเตอร์ ($M_j f$)

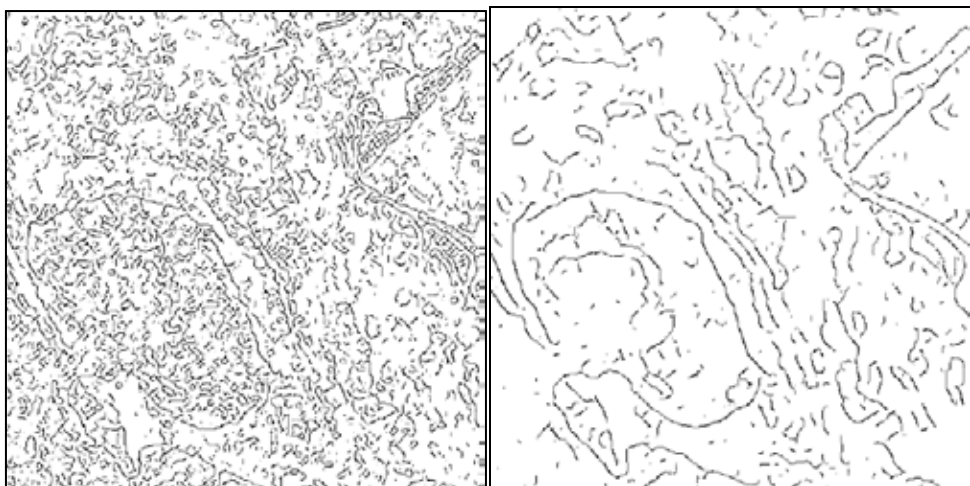
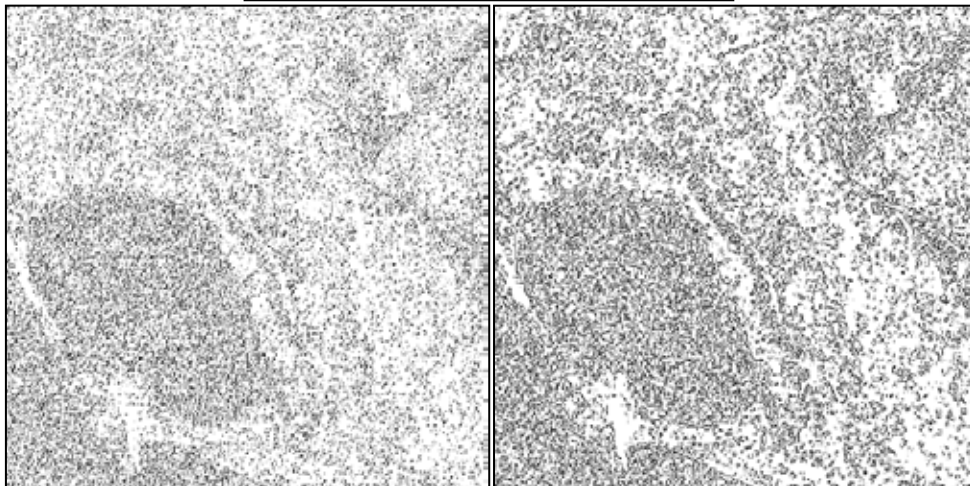
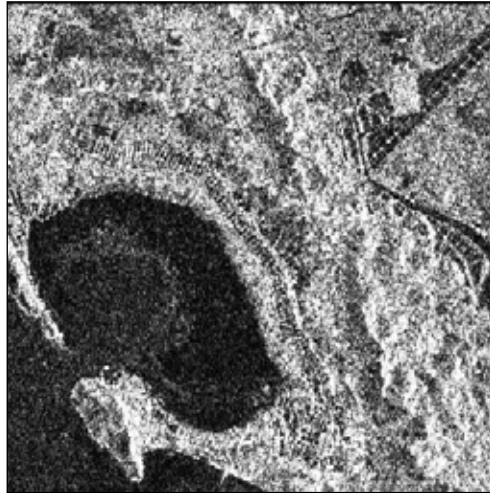
$$M_j f = \sqrt{|W_j^H f|^2 + |W_j^V f|^2} \quad (4)$$

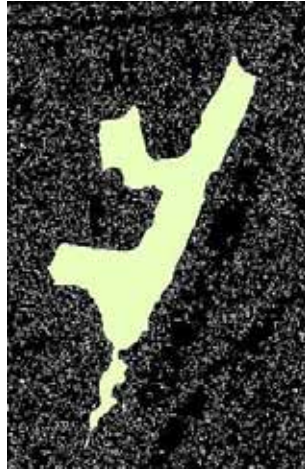
มุมขนาดเกรเดียนต์เวกเตอร์ ($A_j f$)

$$A_j f = \tan^{-1} \left(\frac{W_j^V f}{W_j^H f} \right) \quad (5)$$

ในแต่ละระดับนั้น จะมีการกำจัดการเปลี่ยนแปลงขนาดน้อยๆ ที่ไม่มีความสำคัญเพียงพอ จะพิจารณาเป็นขอบวัตถุ โดยการใช้ค่า Threshold จากค่ารากที่สองของค่ากำลังสองเฉลี่ยของขนาดของเกรเดียนต์เวกเตอร์ (Gradient Vector) ทั้งหมดในแต่ละระดับเป็นค่าเปรียบ จุดที่พิจารณาว่าเป็นขอบวัตถุนั้นเลือกจากพิกเซลที่มีค่าขนาดของเกรเดียนต์เวกเตอร์ (Gradient Vector) มากที่สุดในกลุ่มที่พิจารณาในหนึ่งมิติเมื่อเทียบกับพิกเซล (Pixel) ข้างเคียงในทิศทางของมุมของเกรเดียนต์เวกเตอร์ (Gradient Vector) ด้วยวิธีการ Local Maxima detection

เมื่อภาพ TerraSAR-X ผ่านการประมวลผลเพื่อพิจารณาตรวจหาขอบวัตถุ (Edge detection) ตามกระบวนการทั้งหมดแล้วผลลัพธ์ของภาพที่ได้แสดงดังภาพที่ 3.14 ดังนี้

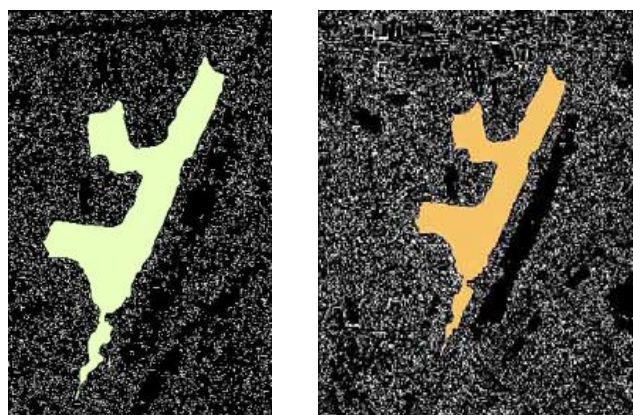




ภาพที่ 3.14 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากระบบการตรวจหาขอบวัตถุ (Edge Detection) ของภาพ TerraSAR-X

3.3.3 การคัดแยกวัตถุภาพ (Feature Extraction)

เมื่อสามารถตรวจหาขอบวัตถุจากภาพทั้งสองได้แล้วนั้น แต่ขอบที่ได้รับยังไม่สมบูรณ์พอที่จะนำมาใช้ประมวลผลภาพต่อไป จึงจำเป็นต้องต่อขอบวัตถุให้สมบูรณ์ด้วยวิธีแมนนวล (Manual) พร้อมทั้งประมวลผลภาพผ่านกระบวนการ Morphological Processing เพื่อช่วยเน้นขอบของวัตถุให้ชัดเจนมากขึ้น โดยผลที่ได้จากระบบการคัดแยกวัตถุภาพ (Feature Extraction) แสดงให้เห็นดังตัวอย่างภาพที่ 3.15 โดยภาพซ้ายคือขอบวัตถุที่ได้จากภาพ TerraSAR-X ส่วนภาพขวาคือขอบวัตถุที่ได้จากภาพ QuickBird



ภาพที่ 3.15 แสดงผลที่ได้จากระบบการคัดแยกวัตถุภาพ (Feature Extraction)

3.3.4 การจับคู่ภาพ (Feature Matching)

เป็นการหาความสอดคล้อง และความสัมพันธ์ระหว่างภาพตั้งต้น (TerraSAR-X) และภาพอ้างอิง (QuickBird) จากวัตถุ (Feature) ที่ถูกคัดแยกออกมาได้ในขั้นตอนการคัดแยกวัตถุ (Feature Extraction) โดยข้อมูลเหล่านี้จะใช้เป็นตัววัดความเหมือนหรือความคล้ายกัน และความสัมพันธ์กันเชิงพื้นที่ของภาพถ่ายทั้งสอง ซึ่งในขั้นตอนนี้ก็จะใช้พารามิเตอร์เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ผลการจับคู่ภาพ (Feature Matching) ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับรูปแบบของภาพถ่ายแต่ละชนิด พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ผล คือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ในขั้นตอนนี้ได้มีการนำหลักการวิธีการจับคู่รูปแบบ (Template Matching) โดยใช้ Correlation Coefficient method ในการหาความสัมพันธ์ของภาพ

ในขั้นตอนการจับคู่รูปแบบนี้ (Template Matching) โดยหลักการแล้วเราจะกำหนดภาพต้นแบบ (Template) ขึ้นมาเพื่อนำไปเป็นต้นแบบประเมินความเหมือนของวัตถุภาพ ซึ่งในงานวิจัยได้กำหนดให้วัตถุภาพที่ได้จากภาพ QuickBird เป็นภาพต้นแบบ (Template) สืบเนื่องมาจากการที่ภาพ QuickBird เป็นภาพอ้างอิงในการทดลอง และให้รายละเอียดได้คมชัดเหมาะสมที่จะเป็นภาพต้นแบบ ส่วนวัตถุภาพที่ได้จากภาพ TerraSAR-X จะเป็นภาพที่จะใช้ในการประเมินความเหมือน โดยมีแนวคิดคือจะนำวัตถุภาพที่ได้จากภาพ TerraSAR-X ทาบกับภาพต้นแบบ (Template) หรือวัตถุภาพจาก QuickBird เพื่อประเมินว่ามีความเหมือนกันหรือไม่

3.3.5 การวิเคราะห์ความเหมือนของภาพ (Similarity analyze)

จากผลการจับคู่ภาพ (Feature Matching) ในขั้นตอนนี้ข้างต้นสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความเหมือนของภาพทั้งสองได้ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง +1 โดยถ้าหากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) มีค่าเป็นบวกนั้นหมายถึงภาพทั้งสองมีความเหมือนกัน ถ้าให้ค่ามากแสดงให้เห็นว่าความเหมือนของวัตถุภาพจะยิ่งเหมือนมากตามลำดับ จากนั้นจะนำผลการจับคู่ภาพมาวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการใช้ภาพวัตถุจาก TerraSAR-X ใช้เป็นตัวแทนของภาพเพื่อใช้ประโยชน์ในขั้นตอนต่อไปหรือไม่

เกณฑ์การคัดเลือกวัตถุภาพจากผลการวิเคราะห์การจับคู่ภาพ (Feature Matching) ได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ที่สามารถยอมรับได้อยู่ที่ค่า +0.5 ขึ้นไป ดังนั้นเมื่อวัตถุภาพคู่ใดให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) น้อยกว่า +0.5 ภาพนั้นจะถือว่าไม่มีความเหมาะสมเพียงพอที่จะใช้งานต่อไป

3.3.5.1 กระบวนการประมวลผลภาพด้วยวิธีการจับคู่รูปแบบ (Template Matching)

ดำเนินการด้วยซอฟต์แวร์แมทแลป (MathLab) โดยมีการทำงานผ่านซอฟต์แวร์ดังแสดงในภาพที่ 3.16 โดยที่หัวใจของการทำงานคือ การประเมินความเหมือนของภาพทั้งสองภาพด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ซึ่งมีหลักการคำนวณดังสมการที่ 7

$$\gamma(u, v) = \frac{\sum_{x,y} [f(x,y) - \bar{f}_{u,v}] [t(x-u,y-v) - \bar{t}]}{\left\{ \sqrt{\sum_{x,y} [f(x,y) - \bar{f}_{u,v}]^2 [t(x-u,y-v) - \bar{t}]^2} \right\}} \quad (7)$$

โดยที่ $\gamma(u, v)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ตำแหน่งพิกัด (x, y)

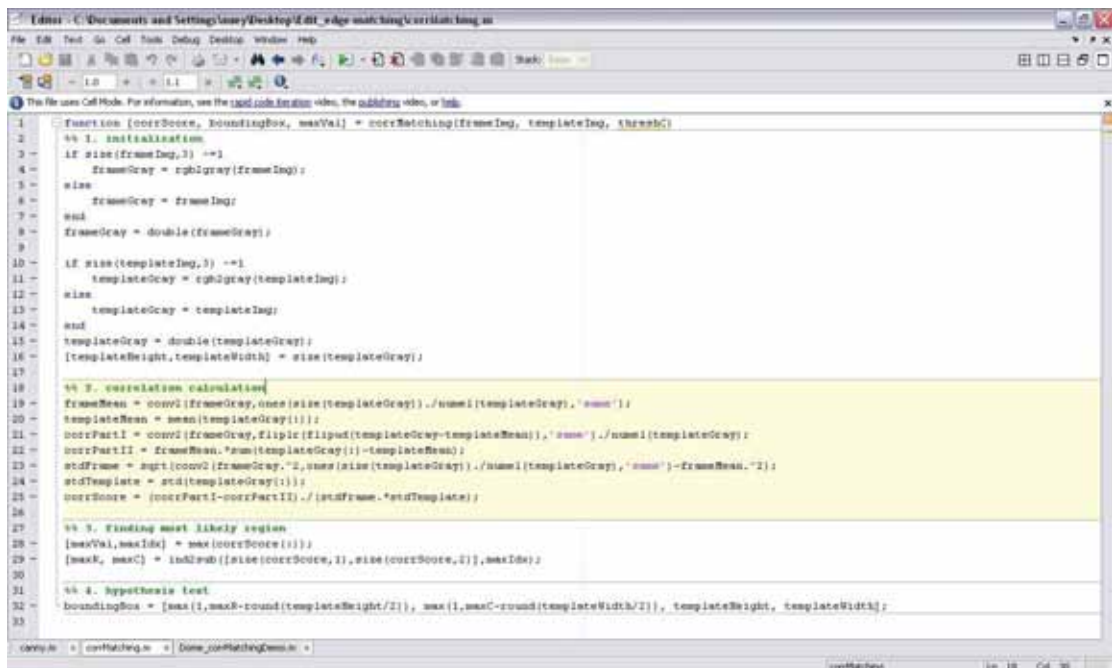
f คือ หน้าต่างรูปแบบที่ต้องการจับคู่ขนาด $m \times n$

t คือ จุดภาพตั้งต้น

(u, v) คือ พิกัดในการเลื่อนตำแหน่งในหน้าต่างและภาพตั้งต้น

\bar{f} คือ ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาในหน้าต่าง f

\bar{t} คือ ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาใน t ที่กำลังเปรียบเทียบกับหน้าต่าง f



```

1 function [corrScore, boundingBox, maxVal] = corrMatching(frameImg, templateImg, searchC)
2
3 % 1. Initialization
4 if size(frameImg,3) ==3
5     frameGray = rgb2gray(frameImg);
6 else
7     frameGray = frameImg;
8 end
9 frameGray = double(frameGray);
10
11 if size(templateImg,3) ==3
12     templateGray = rgb2gray(templateImg);
13 else
14     templateGray = templateImg;
15 end
16 templateGray = double(templateGray);
17 [templateHeight,templateWidth] = size(templateGray);
18
19 % 2. correlation calculation
20 frameMean = corr2(frameGray,ones(size(templateGray))./sum1(templateGray),'sum');
21 templateMean = mean(templateGray);
22 corrPartI = corr2(frameGray,flipic(Flipud(templateGray-templateMean)),'sum')./sum1(templateGray);
23 corrPartII = frameMean.*sum(templateGray(:)-templateMean);
24 stdFrame = sqrt(corr2(frameGray.^2,ones(size(templateGray))./sum1(templateGray),'sum')-frameMean.^2);
25 stdTemplate = std(templateGray(:));
26 corrScore = (corrPartI-corrPartII)./(stdFrame.*stdTemplate);
27
28 % 3. Finding best library region
29 [maxVal,maxIdx] = max(corrScore(:));
30 [maxR, maxC] = ind2sub([size(corrScore,1),size(corrScore,2)],maxIdx);
31
32 % 4. Hypothesis test
33 boundingBox = [max(1,maxR-round(templateHeight/2)), max(1,maxC-round(templateWidth/2)), templateHeight, templateWidth];

```

ภาพที่ 3.16 แสดงหน้าต่างการทำงานของ Feature Matching ของภาพ TerrSAR-X และ QuickBird ด้วยวิธีการจับคู่รูปแบบ หรือ Template Matching

โดยคำสั่งที่ใช้ในการประมวลผลการจับคู่ภาพ ได้แสดงไว้ดังภาพที่ 3.17 ซึ่งสิ่งที่ต้องกำหนดภายในคำสั่งคือ ชื่อภาพที่ต้องการประมวลผลการจับคู่กัน โดยที่กำหนดให้ F คือ ชื่อภาพที่ต้องการเปรียบเทียบและ T คือ ชื่อภาพที่เป็น Template

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการจับคู่ภาพด้วยวิธีการจับคู่รูปแบบนี้ (Template Matching) คือ สเกล (Scale) ของภาพ เพราะการที่สเกลของภาพต่างกัน ทำให้มีผลกระทบต่อผลการประมวลผลค่อนข้างสูงซึ่งอาจทำให้ได้รับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) น้อยเกินความเป็นจริง ดังนั้นก่อนการดำเนินการควรมีการปรับภาพให้อยู่ในสเกล (Scale) เดียวกันเพื่อผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำ

ภาพที่ 3.17 คำสั่งที่ใช้ในกระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching)
ด้วยซอฟต์แวร์แมทแลป (MatLab)

```
clear all
close all

%% Prepare the image for analysis
F = imread('g.jpg');
T = imread('q_6.jpg'); % read in template image

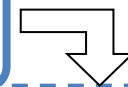
%% display frame and template
figure, subplot(121), imshow(F), title('Image');
subplot(122), imshow(T), title('Template');

%% correlation matching
[corrScore, boundingBox, maxVal] = corrMatching(F,T);

%% show results
figure, imagesc(abs(corrScore)), axis image, axis off, colorbar,
title('Corr Measurement Space')
y = boundingBox(1);
x = boundingBox(2);
h = boundingBox(3);
w = boundingBox(4);
bY = [y, y+h, y+h, y, y];
bX = [x, x, x+w, x+w, x];
figure, imshow(F), line(bX,bY), title(sprintf('Detected Area
(Confidence Value = %f)', maxVal));

function [corrScore, boundingBox, maxVal] = corrMatching(frameImg,
templateImg, threshC)

%% 1. initialization
if size(frameImg,3) ~=1
    frameGray = rgb2gray(frameImg);
else
```



F = ชื่อภาพที่ต้องการ
เปรียบเทียบ
T = ชื่อภาพที่เป็น Template

```

        frameGray = frameImg;
    end
    frameGray = double(frameGray);

    if size(templateImg,3) ~=1
        templateGray = rgb2gray(templateImg);
    else
        templateGray = templateImg;
    end
    templateGray = double(templateGray);
    [templateHeight,templateWidth] = size(templateGray);

    %% 2. correlation calculation
    frameMean =
    conv2(frameGray,ones(size(templateGray))./numel(templateGray),'same');
    templateMean = mean(templateGray(:));
    corrPartI = conv2(frameGray,flipplr(flipud(templateGray-
    templateMean)),'same')./numel(templateGray);
    corrPartII = frameMean.*sum(templateGray(:)-templateMean);
    stdFrame =
    sqrt(conv2(frameGray.^2,ones(size(templateGray))./numel(templateGr
    ay),'same')-frameMean.^2);
    stdTemplate = std(templateGray(:));
    corrScore = (corrPartI-corrPartII)./(stdFrame.*stdTemplate);

    %% 3. finding most likely region
    [maxVal,maxIdx] = max(corrScore(:));
    [maxR, maxC] =
    ind2sub([size(corrScore,1),size(corrScore,2)],maxIdx);

    %% 4. hypothesis test
    boundingBox = [max(1,maxR-round(templateHeight/2)), max(1,maxC-
    round(templateWidth/2)), templateHeight, templateWidth];

```

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลการจับคู่รูปแบบ หรือ Template Matching นั้น ประกอบด้วย ภาพที่ใช้ในการประมวลผลทั้งสองภาพ ภาพซ้าย คือ ภาพที่ต้องการเปรียบเทียบ ซึ่งในการทดลองนี้ คือขอบวัตถุที่ได้จากภาพ TerraSAR-X และภาพขวา คือ ภาพรูปแบบ (Template) ซึ่งก็คือขอบวัตถุที่ได้จากภาพ QuickBird ดังแสดงในภาพที่ 3.18 และผลลัพธ์ที่ได้ต่อมาคือขอบเขตของภาพที่สามารถตรวจจับได้ว่าพื้นที่บริเวณนี้มีความเหมือนกัน (Detect Area) จะแสดงในรูปแบบของกรอบสีน้ำเงินดังภาพ พร้อมกับแสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) หรือ Confidence value ดังแสดงในภาพที่ 3.19



ภาพที่ 3.18 ภาพตั้งต้นที่ใช้ในการประมวลผล

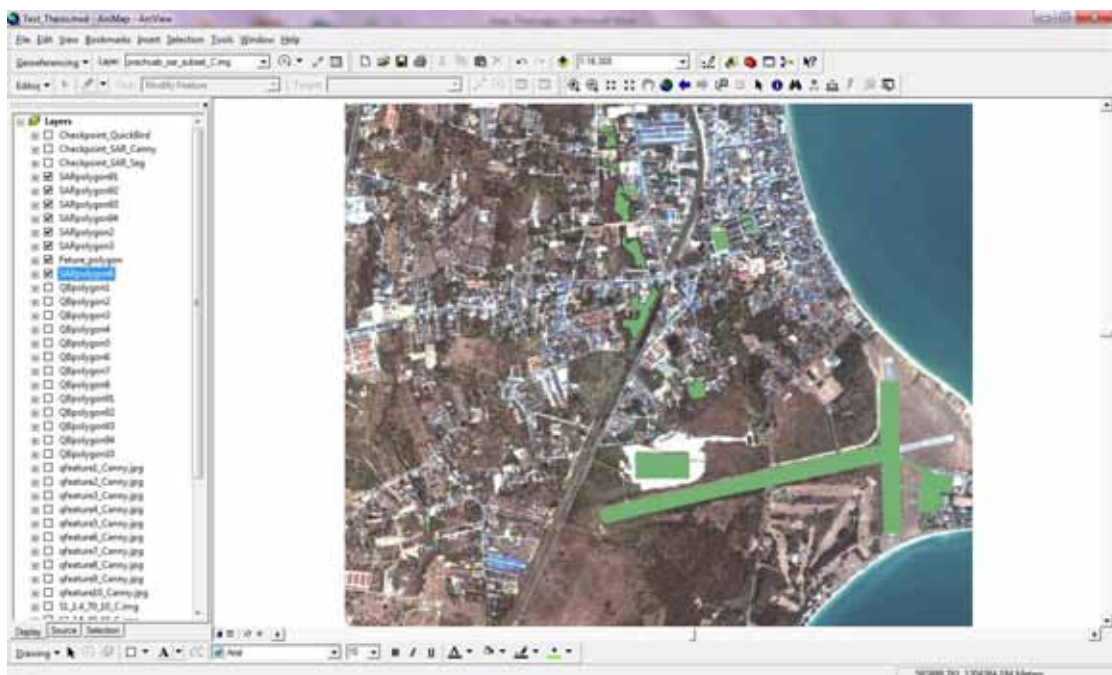


ภาพที่ 3.19 ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching)

3.3.6 กำหนดพิกัดภาพให้กับวัตถุภาพ (Feature Registration)

เมื่อผลการวิเคราะห์การจับคู่ภาพข้างต้นเป็นที่น่าพอใจ วัตถุภาพ TerraSAR-X ที่มีค่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เป็นที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (มากกว่า +0.5) นั้นหมายถึงวัตถุภาพ TerraSAR-X นั้นมีความเหมือนกับภาพอ้างอิง (QuickBird) สามารถให้รายละเอียดเพียงพอที่จะใช้เป็นตัวแทนของวัตถุภาพ

ในขั้นตอนต่อมา จะใช้วัตถุภาพ TerraSAR-X ที่ผ่านการวิเคราะห์นั้นทำการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ให้แก่ภาพวัตถุทั้งหมด โดยใช้ภาพ QuickBird เป็นภาพอ้างอิง (Reference) ในการกำหนดพิกัดภาพเหล่านี้ ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ ได้ขอบวัตถุจากภาพ TerraSAR-X ที่มีค่าพิกัดและการวางตัวของภาพตรงตามภาพอ้างอิง (QuickBird) ดังแสดงในภาพที่ 3.20 วัตถุภาพสีเขียวคือ วัตถุภาพจาก TerraSAR-X ที่ผ่านการกำหนดพิกัดภาพ



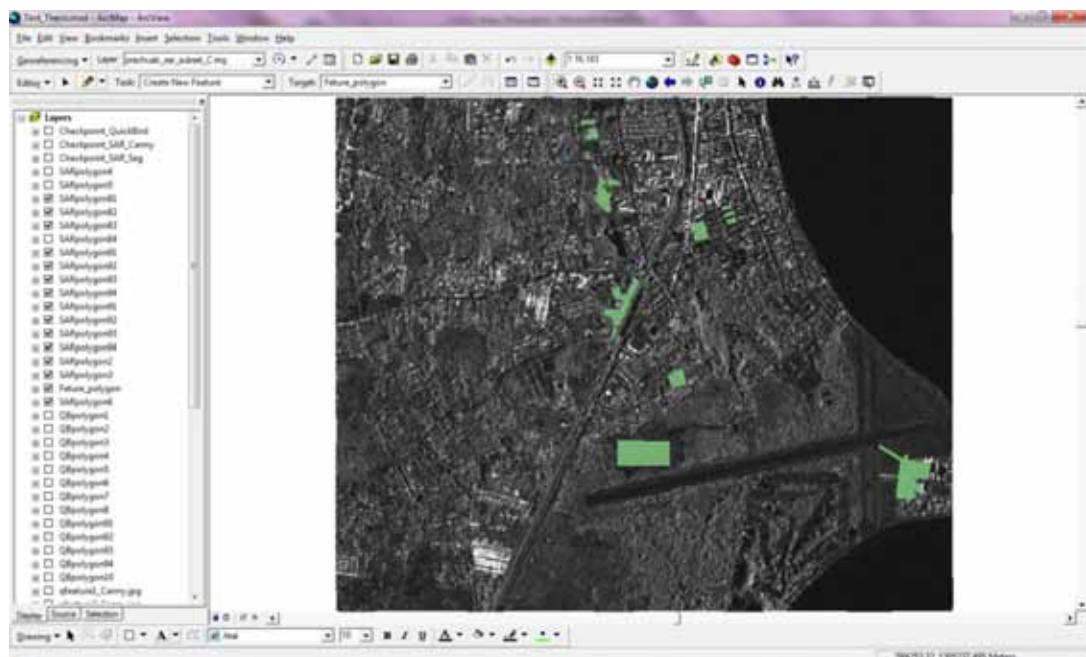
ภาพที่ 3.20 แสดงการกำหนดพิกัดภาพให้กับภาพวัตถุจากภาพ TerraSAR-X

3.3.7 กำหนดพิกัดภาพให้กับภาพ TerraSAR-X

เมื่อกำหนดพิกัดภาพให้กับวัตถุภาพแล้วนั้น สิ่งที่ได้คือวัตถุภาพที่มีการวางตัวของภาพที่เหมาะสมถูกต้องตามภาพอ้างอิง (Reference) QuickBird ตามความต้องการ และตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ที่ต้องการหาแนวทางวิธีการกำหนดพิกัดภาพถ่าย (Registration) ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงซาร์ (SAR) ที่มีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนภาพ (Noise) ที่มีเป็นจำนวนมาก ได้แม่นยำและอำนวยความสะดวกมากขึ้น

โดยที่สิ่งที่ดำเนินการในขั้นตอนนี้คือ จะทำการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ให้กับภาพ TerraSAR-X โดยจุดควบคุมที่ใช้ (Control point) จะได้จากโหนด (Node) จากขอบของวัตถุภาพทั้งหมด ซึ่งจากการทดลองทำให้พบว่าจำนวนจุดควบคุมที่ได้มีปริมาณมากเพียงพอต่อการคำนวณสำหรับการกำหนดพิกัดภาพ และใช้เป็นตัวกำหนดให้ภาพ TerraSAR-X มีการวางตัวตามภาพอ้างอิงตามที่ต้องการ

ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ ภาพ TerraSAR-X ที่ผ่านกระบวนการกำหนดพิกัดภาพด้วยผลจากการจับคู่วัตถุภาพ ซึ่งสามารถอำนวยความสะดวกให้แก่การเลือกจุดควบคุมมากขึ้น เนื่องจากสามารถระบุได้อย่างชัดเจนจากขอบวัตถุของภาพที่ทำการคัดแยกออกมาและยังผ่านการวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึม (Algorithm) ของการจับคู่รูปแบบ (Template Matching) ผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 3.21



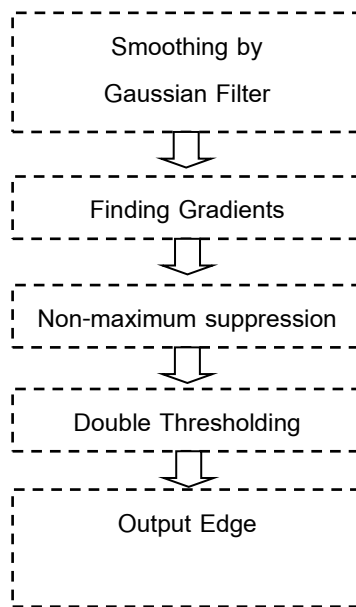
ภาพที่ 3.21 แสดงการกำหนดพิกัดภาพ TerraSAR-X

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ประโยชน์ของการตรวจหาขอบวัตถุจากภาพ QuickBird ด้วยกระบวนการ Canny (Canny Edge Detection)

การตรวจหาขอบวัตถุด้วยวิธี Canny เป็นขั้นตอนวิธีที่ใช้ตรวจหาขอบของวัตถุซึ่งมีประสิทธิภาพ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นเส้นขอบที่มีความต่อเนื่อง ชัดเจน เกิดความผิดพลาดน้อย ทำงานโดยอาศัยสมมติฐานที่ว่าขอบของวัตถุคือ บริเวณค่าระดับสีเทาที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน และทฤษฎีของ Canny นี้เป็นวิธีที่สามารถหาขอบจากภาพ QuickBird ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ ขอบของภาพที่ได้เป็นขอบที่แท้จริงตามพารามิเตอร์ที่กำหนด โดยมีลำดับขั้นตอนของทฤษฎีดังกล่าวที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ขั้นตอนการหาขอบโดยวิธีของ Canny

จากการที่นำวัตถุจากภาพ QuickBird ผ่านกระบวนการหาขอบวัตถุด้วยวิธีของ Canny พร้อมทั้งทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ตามกระบวนการของ Canny อันได้แก่ ค่าตัวกรองภาพด้วยวิธีเกาส์เซียน (Gaussian Filter), ค่า High Thresholding และ ค่า Low Thresholding ได้ผลดังตารางแสดงผลการตรวจหาขอบวัตถุภาพด้วย Canny Edge Detection ในภาคผนวก

4.2 ประโยชน์ของการตรวจหาขอบวัตถุจากภาพ TerraSAR-X โดยใช้การแปลงเวฟเลท (Wavelet decomposition) แบบหลายระดับ

การดำเนินการกับภาพ TerraSAR-X ด้วยวิธีนี้ถือว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสมและเป็นประโยชน์อย่างมากต่อภาพ TerraSAR-X โดยเป็นการดำเนินการลดสัญญาณรบกวน (Noise) และตรวจหาขอบวัตถุในภาพ TerraSAR-X โดยใช้การแปลงเวฟเลทที่ความละเอียดมากกว่าระดับที่ต้องการ โดยที่ภาพตั้งต้นจะถูกแยกเป็นส่วนๆ ด้วยการแปลงเวฟเลทให้อยู่ในระดับต่างๆ โดยไม่ลดความละเอียดลงเพื่อรักษาความละเอียดของภาพโดยรวมไว้ โดยที่ในแต่ละแบนด์ย่อยนั้น ค่า Threshold ที่คำนวณจากความแปรปรวนของสัญญาณรบกวนจะนำมาใช้ในการลดระดับสัญญาณรบกวนอย่างอ่อนเพื่อสัญญาณรบกวนจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงมากๆ (ขอบวัตถุ) จะทำให้เกิดสัมประสิทธิ์ค่ามากกว่าในแบนด์ความถี่สูง และค่าสูงสุดในช่วงจะถูกตรวจและพิจารณาเป็นขอบวัตถุ ซึ่งสามารถเลือกรายละเอียดของขอบวัตถุได้ตามระดับของการแปลงเวฟเลท

จากการที่นำวัตถุจากภาพ TerraSAR-X ผ่านกระบวนการหาขอบวัตถุด้วยวิธีนี้ สามารถแสดงผลการประมวลผลภาพได้ดังตารางแสดงผลการตรวจหาขอบวัตถุภาพ TerraSAR-X ได้ในภาคผนวก

4.3 ประโยชน์ของการใช้วิธีการจับคู่รูปแบบ (Template Matching)

เป็นวิธีการที่นำมาใช้ในการจับคู่ภาพ เพื่อหาความเหมือนของวัตถุภาพที่ได้จากภาพทั้งสองชนิด (TerraSAR-X และ QuickBird) กล่าวคือเป็นกระบวนการที่ใช้การหาความสัมพันธ์ระหว่างภาพที่ต้องการเปรียบเทียบกับรูปแบบ (Template) ที่ต้องการด้วยค่าระดับสีเทาของภาพ ตำแหน่งที่ภาพรูปแบบ (Template) สามารถจับคู่กับภาพที่ต้องการเปรียบเทียบได้พอดีจะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มาก (Correlation Coefficient) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในการทดลองนี้เราใช้วัตถุภาพที่ได้จากภาพ QuickBird เป็นภาพรูปแบบ (Template) เพื่อเปรียบเทียบกับวัตถุภาพที่ได้จากภาพ TerraSAR-X

ประโยชน์ของกระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching) นับว่าเป็นกระบวนการที่อำนวยความสะดวกในขั้นตอนการจับคู่ภาพ เพื่อประกอบการวิเคราะห์และประเมินผลความเหมือนกันของวัตถุภาพทั้งสองชนิดได้อย่างมาก เนื่องจากให้ผลลัพธ์ที่เป็นค่าประเมินได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เป็นค่าที่สามารถบอกความสัมพันธ์ของภาพทั้งสองว่ามีความเหมือนกันมากน้อยเพียงไร โดยจะให้ผลลัพธ์อยู่ในช่วงค่า +1 ถึง -1 โดยที่ค่ายิ่งเข้าใกล้ 1 มาก นั้นหมายถึงวัตถุภาพที่ใช้ประมวลผลมีความเหมือนกันมาก

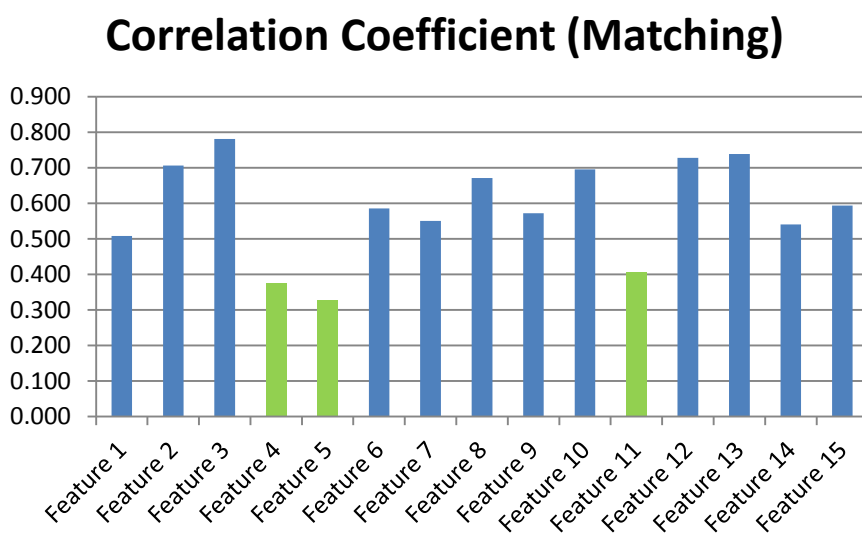
ตามลำดับ โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ที่สามารถยอมรับได้อยู่ที่ค่า +0.5 ขึ้นไป ดังนั้นเมื่อวัตถุภาพคู่ใดให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ต่ำกว่า +0.5 ภาพนั้นจะถือว่าไม่มีความเหมาะสมเพียงพอที่จะใช้งานต่อไป

จากการทดลองในงานวิจัยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ที่ได้จากการประมวลผลการจับคู่รูปแบบ (Template Matching) ของวัตถุภาพจาก TerraSAR-X และ ภาพ QuickBird ทั้งหมด 15 วัตถุภาพ ได้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) เท่ากับ 0.585 และพบว่ามีวัตถุภาพ 3 ภาพ ที่ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) น้อยกว่า +0.5 นั่นคือ Feature 4, 5 และ 11 ค่าที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.2 จะเห็นว่ากราฟแท่งสีเขียวคือ วัตถุภาพที่ได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) น้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตัดวัตถุภาพทั้ง 3 ออก กล่าวคือไม่สามารถนำมาใช้เพื่อเป็นตัวแทนวัตถุภาพในการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ในขั้นตอนต่อไปได้ จึงได้วัตถุภาพทั้งหมด 12 ภาพที่ผ่านการประเมินในขั้นตอนนี้ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ที่ได้จึงมีค่าเฉลี่ยดีขึ้นเป็น 0.639 แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ที่ได้จากกระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching)

Feature No.	Correlation Coefficient (Matching result)
Feature 1	0.508
Feature 2	0.706
Feature 3	0.781
Feature 4	0.375
Feature 5	0.329
Feature 6	0.585
Feature 7	0.550
Feature 8	0.671
Feature 9	0.572
Feature 10	0.695
Feature 11	0.406
Feature 12	0.728
Feature 13	0.739
Feature 14	0.541
Feature 15	0.593
Mean	0.585

ภาพที่ 4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของวัตถุภาพทั้ง 15 ภาพ กราฟสีเขียวคือ กราฟที่แสดงวัตถุภาพที่ได้ค่าน้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ (0.5)



ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของวัตถุภาพที่อยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้ (Correlation Coefficient) ที่ได้จากระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching)

Feature No.	Correlation Coefficient (Matching result)
Feature 1	0.508
Feature 2	0.706
Feature 3	0.781
Feature 6	0.585
Feature 7	0.550
Feature 8	0.671
Feature 9	0.572
Feature 10	0.695
Feature 12	0.728
Feature 13	0.739
Feature 14	0.541
Feature 15	0.593
Mean	0.639

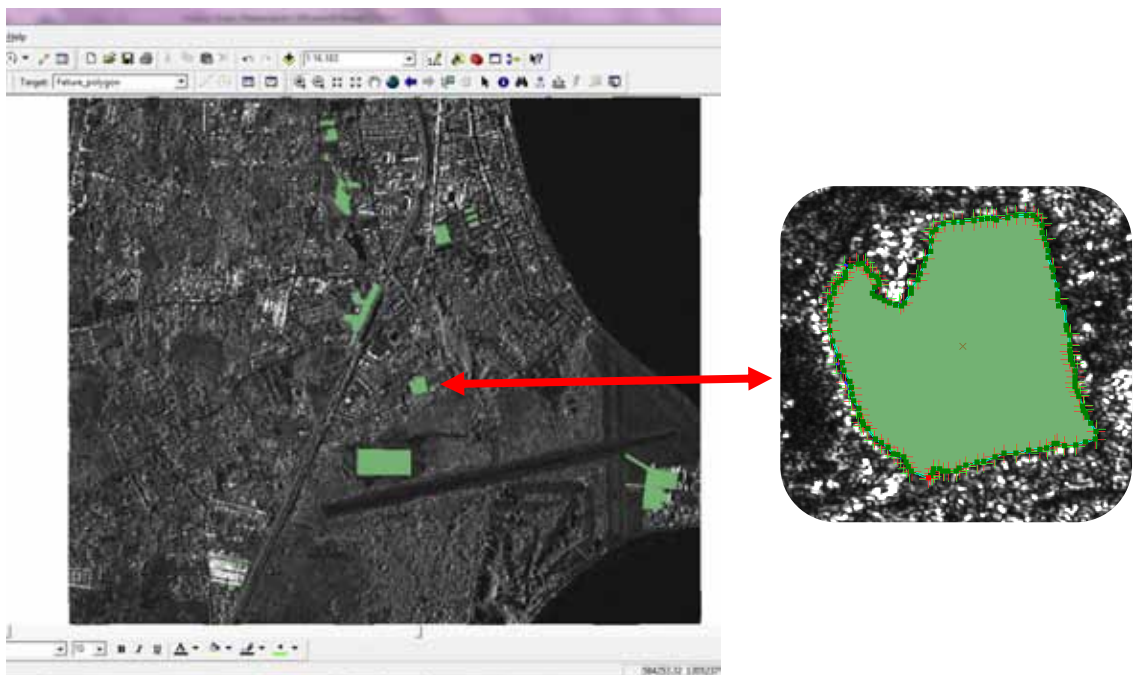
4.4 ประโยชน์ที่ได้จากการกำหนดพิกัดภาพให้กับภาพ TerraSAR-X ด้วยวิธีการจับคู่ภาพ

ด้วยวัตถุภาพที่ได้จากขั้นตอนการจับคู่ภาพ (Feature Matching) ได้ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ประเมินความเหมือนกับภาพอ้างอิง (Reference) ทั้งหมด 12 วัตถุภาพ และได้นำวัตถุภาพทั้งหมดทำการกำหนดค่าพิกัด โดยใช้ภาพ QuickBird เป็นภาพอ้างอิง (Reference) ในกระบวนการนี้จะได้วัตถุภาพที่พร้อมจะใช้เป็นภาพอ้างอิงซึ่งเสมือนเป็นตัวแทนของภาพ QuickBird

โดยในการกำหนดพิกัดภาพ TerraSAR-X ในขั้นตอนนี้สามารถใช้จุดควบคุมภาพจากโหนด (Node) ของขอบวัตถุทั้ง 12 ภาพ ทำให้การเลือกจุดควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถกำหนดจุดได้อย่างแม่นยำ และชัดเจน สามารถขจัดปัญหาการเลือกจุดควบคุมให้กับภาพ TerraSAR-X ที่มีปัญหาในด้านการให้รายละเอียดภาพที่ค่อนข้างไม่ชัดเจน ตัวอย่างการกำหนดจุดควบคุม (Control point) ดังภาพที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าการเลือกจุดควบคุมจะเลือกในบริเวณขอบของวัตถุภาพอย่างทีกล่าวข้างต้น และจะดำเนินการเช่นนี้กับวัตถุภาพทั้ง 12 ภาพ ด้วยเหตุที่วัตถุภาพนี้ถูกคัดแยกออกจากภาพ TerraSAR-X ได้อย่างสมบูรณ์ด้วยกระบวนการ Feature Extraction ดังนั้นในทางกลับกันการที่จะใช้วัตถุเหล่านี้เป็นภาพอ้างอิงเพื่อช่วยให้การกำหนดพิกัด

(Registration) ของภาพ TerraSAR-X ให้มีการวางตัวของภาพเป็นไปตามภาพอ้างอิงอย่าง QuickBird ย่อมทำให้การดำเนินการในขั้นตอนนี้เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เนื่องจากภาพ TerraSAR-X เป็นภาพที่มีค่าพิกัดแล้วนั้น การที่ต้องการปรับการวางตัวของภาพให้เป็นไปตามภาพอ้างอิง ด้วยจุดควบคุมภาพ (Control Point) ที่มีคุณภาพ จึงเป็นผลทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และความต้องการในงานวิจัย ในการทดลองนี้ได้ใช้จุดควบคุมภาพ (Control Point) ทั้งหมด 1,089 จุด ดังแสดงในภาพที่ 4.4 และใช้ฟังก์ชันพหุนามอันดับหนึ่ง (First order polynomial) หรือ Affine Transformation ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่ช่วยในการแปลงพิกัดในการแก้ไขภาพเชิงเรขาคณิต โดยช่วยแก้ความบิดเบี้ยวเนื่องจากมาตราส่วน, การหมุนรอบแกน, รูปเบี้ยว หรือรูปเอียง



ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างการกำหนดจุดควบคุม (Control point)

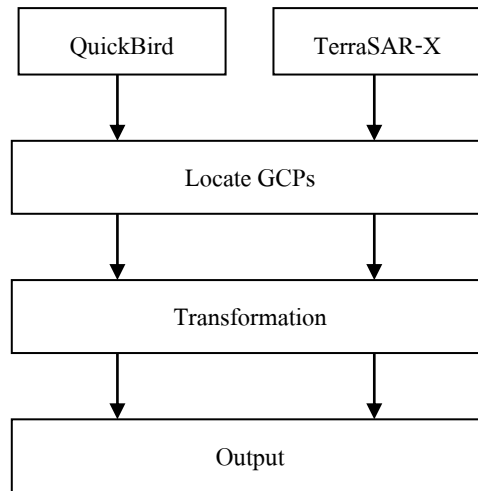
Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1076	586198.533260	1303975.666026	586198.659478	1303977.468958	1.07941
1077	586194.990314	1303976.632098	586195.043852	1303978.586515	1.13743
1078	586191.311453	1303979.111370	586191.165270	1303981.018846	0.97428
1079	586190.522931	1303979.434143	586190.244929	1303981.413278	0.97653
1080	586187.310218	1303979.874983	586186.826518	1303982.070665	1.11653
1081	586184.229221	1303980.250211	586183.473846	1303982.333619	0.97807
1082	586180.561178	1303980.029919	586179.923958	1303982.465097	1.30577
1083	586175.706778	1303981.843212	586174.796342	1303982.070665	0.95272
1084	586168.769175	1303979.831737	586168.222475	1303982.202142	1.18709
1085	586165.423913	1303980.863579	586165.067019	1303982.728051	0.74945
1086	586165.991402	1303987.251525	586166.250315	1303988.644532	0.98247
1087	586164.736539	1303989.548441	586164.541109	1303991.142601	0.63897
1088	586162.432604	1303992.431588	586162.963381	1303994.166580	1.33661
1089	586160.780973	1303995.647246	586161.714346	1303997.190558	1.66004

ภาพที่ 4.4 จำนวนจุดควบคุมภาพ (Control Point) ที่ใช้ในการทดลอง

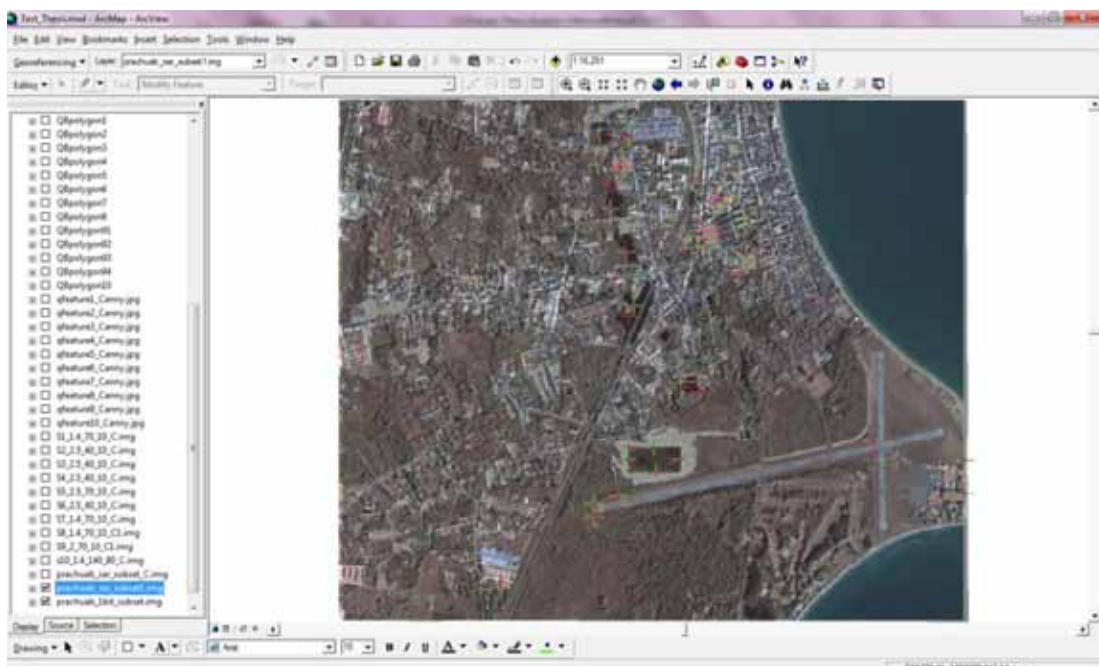
4.5 การทดลองกำหนดพิกัดภาพ TerraSAR-X ด้วยภาพอ้างอิง QuickBird

การทดลองนี้ได้ดำเนินการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) TerraSAR-X โดยหาจุดควบคุมภาพจากภาพอ้างอิง QuickBird และภาพ TerraSAR-X โดยตรงจากภาพทั้งสอง โดยทำการเลือกจุดที่มีความโดดเด่น ชัดเจน และมีการเปลี่ยนแปลงน้อย โดยแสดงลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติดังภาพที่ 4.5 และตัวอย่างหน้าต่างการปฏิบัติการแสดงดังภาพที่ 4.6

ซึ่งจากการทดลองทำให้พบปัญหาด้านความแม่นยำในการกำหนดจุด เนื่องจากภาพ TerraSAR-X มีสัญญาณรบกวนภาพค่อนข้างมาก (Noise) การที่ไม่สามารถแสดงขอบของวัตถุที่ชัดเจนทำให้การตัดสินใจเลือกจุดควบคุมที่มีความเป็นไปได้ว่าจะเป็นจุดที่ตรงกันของภาพทั้งสองนั้นเป็นไปได้ยากลำบาก การเลือกจุดควบคุม (Control point) ในการทดลองนี้จึงได้จำนวนน้อยมากเมื่อเทียบกับการทดลองชุดข้างต้น โดยได้จำนวนจุดควบคุม (Control point) ทั้งหมดเพียง 52 จุด ดังหน้าต่างปฏิบัติการภาพที่ 4.7 ซึ่งการที่ได้จุดควบคุมน้อยเกินไปอาจทำให้ความถูกต้องเชิงตำแหน่งอาจคลาดเคลื่อนไปมาก



ภาพที่ 4.5 แสดงขั้นตอนในการการทดลองกำหนดค่าพิกัดภาพ TerraSAR-X ด้วยภาพอ้างอิง QuickBird



ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการกำหนดจุดควบคุม (Control point)

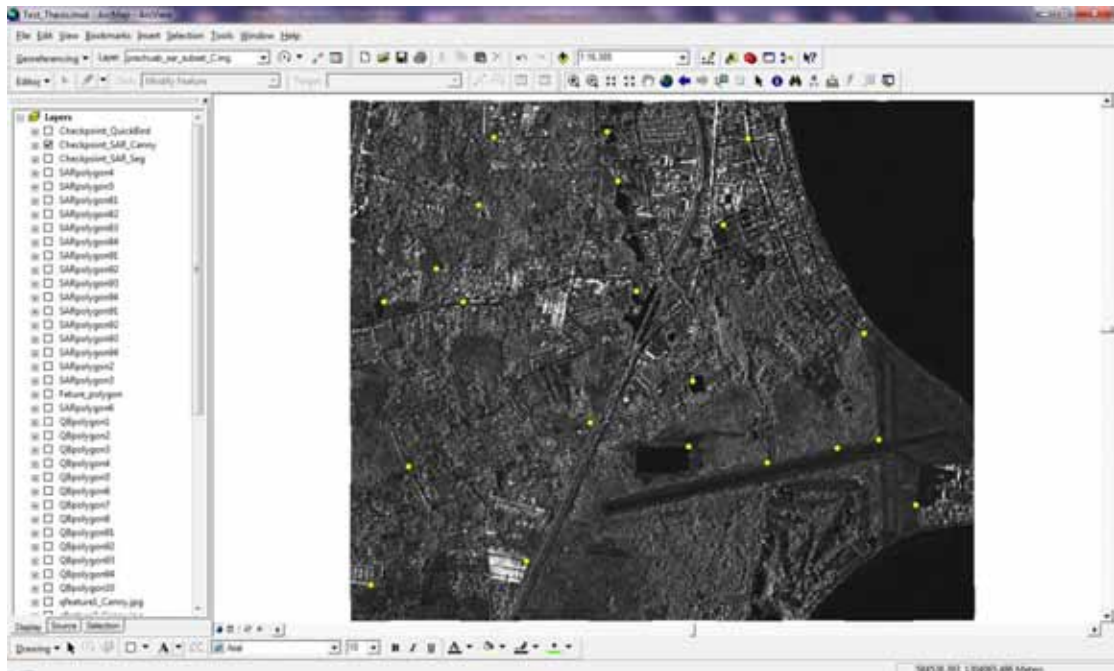
Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
39	586237.383592	1305038.091491	586238.435350	1305037.993815	1.68382
40	586658.684882	1304494.815800	586662.842832	1304493.139810	1.86436
41	586732.873912	1304500.644320	586735.369052	1304498.072324	0.15150
42	586734.586637	1304670.069659	586728.114713	1304668.174418	9.55863
43	586775.557356	1304702.277287	586766.658918	1304699.003664	12.17880
44	586637.833038	1303589.949061	586636.625033	1303590.984181	2.50233
45	586266.519425	1304073.910794	586269.366942	1304070.256081	4.54031
46	586240.156042	1304017.480133	586241.867839	1304016.436406	2.22115
47	586609.271515	1303685.720214	586608.726759	1303682.138014	2.42753
48	587609.353548	1303324.127037	587612.869342	1303314.884204	4.38179
49	587616.652317	1303212.131832	587614.803681	1303214.943379	8.64547
50	586045.347789	1302960.389399	586045.176587	1302958.684360	4.98119
51	586056.553448	1302883.278637	586051.342184	1302886.899197	2.23184
52	586183.668736	1303003.555314	586181.260116	1303002.283937	2.57266

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (A) Total RMS Error: 6.96437
 Load... Save... Restore From Dataset OK

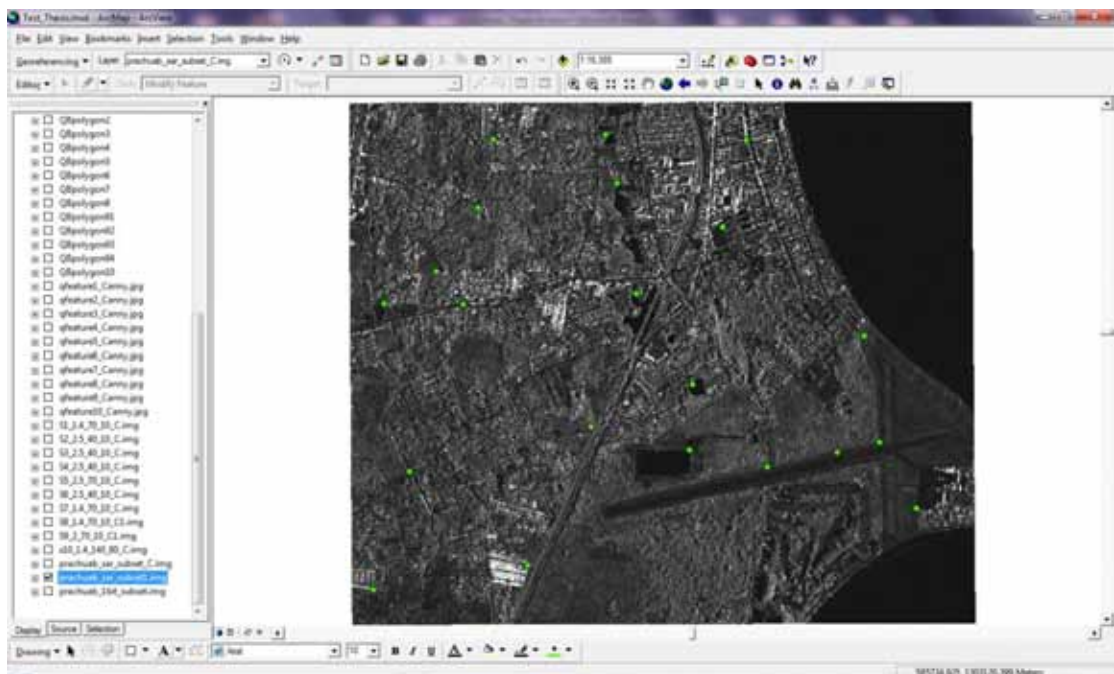
ภาพที่ 4.7 จำนวนจุดควบคุมภาพ (Control Point) ที่ใช้ในการทดลอง

4.6 ผลการเปรียบเทียบการดำเนินงาน

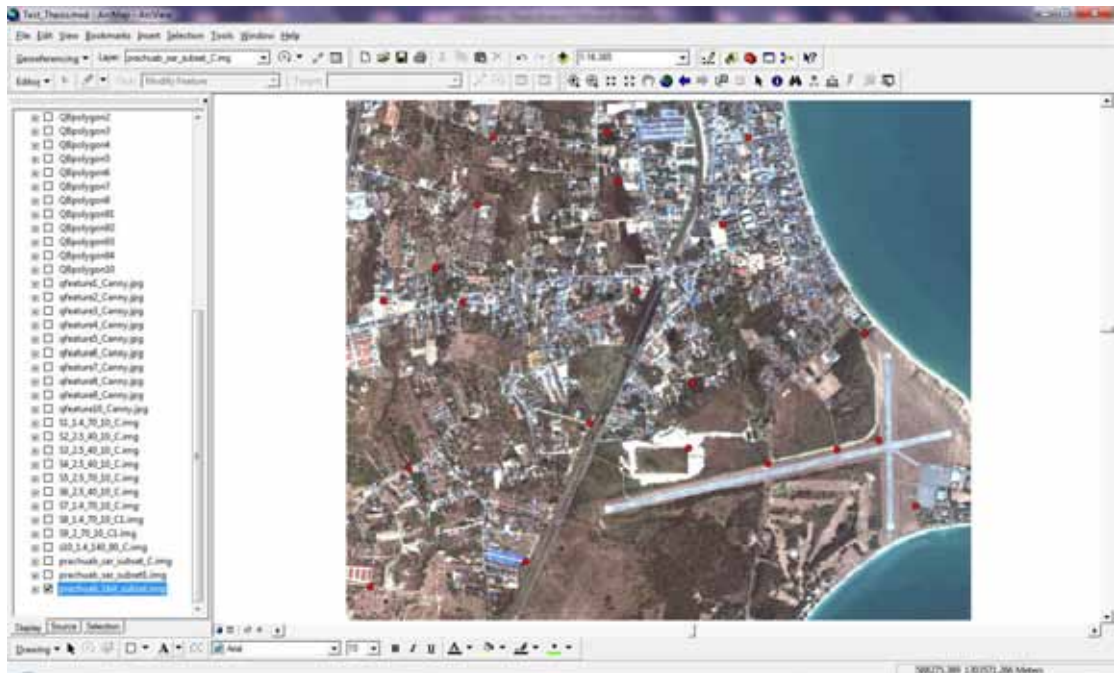
จากการดำเนินงานได้ทำการสุ่มเปรียบเทียบผลของค่าพิกัดที่ได้จากของ TerraSAR-X หลังจากผ่านกระบวนการกำหนดพิกัดภาพด้วยวิธีจับคู่ภาพ กับค่าพิกัดของภาพ TerraSAR-X ที่ได้จากการทดลองกำหนดพิกัดภาพด้วยภาพอ้างอิง QuickBird โดยตรง โดยจะสุ่มเลือกจุดเปรียบเทียบเป็นจำนวน 20 จุด กระจายตัวทั่วทั้งภาพดังภาพที่ 4.8-4.10 ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบในเชิงสถิติพบว่า ค่าพิกัดของ TerraSAR-X ด้วยวิธีการจับคู่ภาพ ให้ค่าพิกัดที่ใกล้เคียงกับภาพอ้างอิง (QuickBird) มากกว่าค่าพิกัดที่ได้จาก TerraSAR-X ที่ผ่านกระบวนการกำหนดพิกัดภาพด้วยวิธีกำหนดพิกัดภาพด้วยภาพอ้างอิง QuickBird โดยตรง



ภาพที่ 4.8 แสดงจุดตรวจสอบค่าพิกัดของภาพ TerraSAR-X ที่ผ่านกระบวนการกำหนดค่าพิกัด (Registration) ด้วยวิธีจับคู่ภาพ



ภาพที่ 4.9 แสดงจุดตรวจสอบค่าพิกัดของภาพ TerraSAR-X ที่ผ่านกระบวนการกำหนดพิกัดภาพ ด้วยภาพ QuickBird โดยตรง



ภาพที่ 4.10 แสดงจุดตรวจสอบค่าพิกัดของภาพ QuickBird ซึ่งเป็นภาพอ้างอิง

ผลการเปรียบเทียบค่าพิกัดจากภาพ TerraSAR-X ที่ได้จากการทดลองทั้งสองวิธี โดยใช้ค่าพิกัดจากภาพอ้างอิง QuickBird เป็นเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ด้วยวิธีจับคู่ภาพมีค่าน้อยกว่า วิธีการกำหนดพิกัดภาพด้วยภาพอ้างอิง หรือภาพ QuickBird โดยตรง ทั้งในแนวแกน x และ y ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากการทดลอง

Checkpoint_QB		Checkpoint_SAR_Canny		Checkpoint_SAR_Manual		Compare QB_SARcanny		Compare QB_SARmanual	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
586244.388	1304155.968	586243.379	1304155.938	586243.015	1304156.303	1.008	0.030	1.373	-0.334
586535.789	1303276.896	586538.083	1303279.955	586541.271	1303279.445	-2.295	-3.060	-5.482	-2.550
586078.388	1305053.011	586078.748	1305053.549	586068.609	1305055.186	-0.359	-0.539	9.780	-2.175
586558.781	1303646.654	586557.063	1303648.372	586557.814	1303648.157	1.718	-1.718	0.967	-1.504
587609.819	1303320.055	587608.367	1303320.055	587611.434	1303322.068	1.452	0.000	-1.614	-2.013
585618.033	1302636.503	585621.995	1302634.522	585628.928	1302628.579	-3.962	1.981	-10.895	7.924
587816.627	1302950.854	587814.975	1302951.538	587818.302	1302952.798	1.652	-0.684	-1.675	-1.944
586726.918	1304530.513	586731.068	1304529.381	586728.049	1304532.777	-4.150	1.132	-1.132	-2.264
585111.612	1304284.649	585116.748	1304283.056	585115.862	1304280.754	-5.135	1.594	-4.250	3.896
584814.671	1304098.763	584819.830	1304097.948	584819.287	1304098.219	-5.159	0.815	-4.616	0.543
586138.551	1304777.130	586140.271	1304776.600	586134.449	1304780.041	-1.720	0.529	4.102	-2.911
585263.944	1304096.212	585267.966	1304095.617	585267.956	1304094.895	-4.023	0.595	-4.012	1.317
584955.240	1303164.371	584958.015	1303166.973	584964.608	1303160.901	-2.776	-2.602	-9.368	3.470
585345.932	1304642.671	585352.814	1304642.309	585349.554	1304644.120	-6.882	0.362	-3.622	-1.449
585980.809	1303413.632	585981.790	1303414.859	585984.490	1303412.650	-0.982	-1.227	-3.682	0.982

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากการทดลอง (ต่อ)

Checkpoint_QB		Checkpoint_SAR_Canny		Checkpoint_SAR_Manual		Compare QB_SAR		Compare QB_SAR Manual		
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
587374.911	1303268.698	587374.141	1303270.238	587375.681	1303267.929	0.770	-1.540	-0.770	0.770	
586984.796	1303188.892	586979.303	1303187.977	586980.219	1303185.230	5.493	0.916	4.578	3.662	
587528.191	1303916.740	587527.435	1303916.740	587525.166	1303918.252	0.756	0.000	3.024	-1.512	
585437.531	1305023.356	585438.801	1305022.404	585434.675	1305026.848	-1.270	0.952	2.857	-3.491	
586871.867	1305017.386	586871.867	1305015.306	586864.242	1305022.931	0.000	2.079	7.625	-5.545	
584741.637	1302498.034	584748.351	1302499.255	584758.727	1302490.099	-6.714	-1.221	-17.090	7.935	
						Mean	-1.551	-0.076	-1.614	0.134
						RMSE	4.799	1.918	8.685	4.789

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 ผลการศึกษา

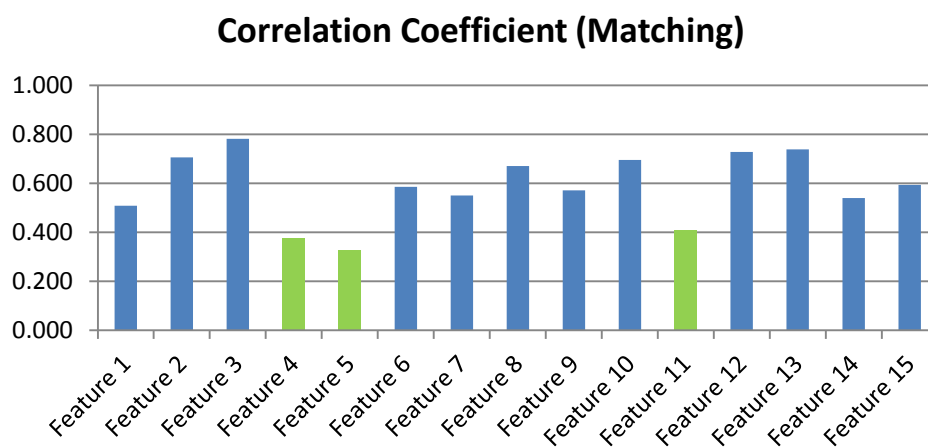
จากงานวิจัยเพื่อศึกษาถึงแนวทางการกำหนดพิกัดของภาพถ่ายซาร์ (TerraSAR-X) ความละเอียดสูงกับภาพถ่ายดาวเทียมระบบออปติคัลด้วยวิธีการจับคู่ภาพ (Feature Matching) ใช้พื้นที่ศึกษาบริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ด้วยภาพถ่าย TerraSAR-X และภาพถ่าย QuickBird ซึ่งเป็นพื้นที่กึ่งเมืองกึ่งพื้นที่โล่ง มีสิ่งปลูกสร้างกระจายตัวในพื้นที่

จากผลการศึกษาพบว่าการใช้วิธีการจับคู่ภาพ (Feature Matching) ด้วยหลักการของการจับคู่รูปแบบ หรือ Template Matching เข้ามาช่วยประมวลผลกับวัตถุภาพที่ได้จากภาพ TerraSAR-X และภาพ QuickBird ที่ผ่านกระบวนการตรวจหาขอบวัตถุภาพ หรือ Edge Detection และการคัดแยกวัตถุภาพ หรือ Feature Extraction ตามลำดับ ทั้งหมด 15 วัตถุภาพ โดยผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของวัตถุภาพ (Correlation Coefficient) ที่แสดงให้เห็นว่าความถูกต้องเชิงเรขาคณิต ของวัตถุที่ใช้ในการจับคู่ภาพทั้งหมด 15 วัตถุภาพ ผ่านเกณฑ์การประเมินทั้งสิ้น 12 วัตถุภาพ ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ที่ได้จากวัตถุภาพที่ผ่านเกณฑ์มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.639 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) สูงสุด และต่ำสุดเท่ากับ 0.781 และ 0.508 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจ โดยผลเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของวัตถุภาพที่อยู่ในเกณฑ์การยอมรับได้ (Correlation Coefficient) ที่ได้จากกระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching) แสดงดังตารางที่ 5.1 และกราฟที่ 5.1 โดยจะเห็นว่าวัตถุภาพที่ 4,5 และ 11 เป็นวัตถุภาพที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน จึงต้องตัดทั้งสามวัตถุภาพนี้ออกจากการดำเนินการในขั้นต่อไป

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากกระบวนการจับคู่รูปแบบ (Template Matching) ของวัตถุภาพที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Correlation Coefficient)

Feature No.	Correlation Coefficient (Matching result)
Feature 1	0.508
Feature 2	0.706
Feature 3	0.781
Feature 4	0.375
Feature 5	0.329
Feature 6	0.585
Feature 7	0.550
Feature 8	0.671
Feature 9	0.572
Feature 10	0.695
Feature 11	0.406
Feature 12	0.728
Feature 13	0.739
Feature 14	0.541
Feature 15	0.593
Mean	0.639

ภาพที่ 5.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของวัตถุภาพทั้ง 15 ภาพ กราฟสีเขียวคือ กราฟที่แสดงวัตถุภาพที่ได้ค่าน้อยกว่าค่าที่ยอมรับได้ (0.5)



เมื่อผลการจับคู่ภาพข้างต้นเป็นที่น่าพอใจ จึงนำไปสู่การกำหนดพิกัด (Registration) ภาพซาร์ความละเอียดสูง TerraSAR-X และภาพถ่ายระบบออปติคัล QuickBird เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวคือเป็นผลทำให้การเลือกจุดควบคุมภาพ (Control point) ที่แม่นยำ และได้ปริมาณจุดควบคุมที่มีจำนวนมากพอที่จะกำหนดให้ภาพมีความถูกต้องเชิงตำแหน่งเป็นที่น่าเชื่อถือ

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

- ภาพ TerraSAR-X เป็นภาพที่มีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนภาพ (Noise) ที่มีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นขั้นตอนในการตรวจหาขอบวัตถุภาพ (Edge Detection) เพื่อการตัดแยกวัตถุภาพ (Feature Extraction) จึงมีปัญหา เพราะขอบที่ได้อาจไม่ชัดเจน ซึ่งถ้าได้ขอบของวัตถุภาพที่ไม่ชัดเจนพออาจส่งผลทำให้ผลการจับคู่ภาพ หรือ Feature matching ได้ผลไม่ดีนัก
- จากการทดลอง ภาพ TerraSAR-X และภาพ QuickBird เป็นภาพที่มีสเกล (Scale) ที่แตกต่างกัน แต่ในกระบวนการจับคู่ภาพ (Feature Matching) ด้วยหลักการของการจับคู่รูปแบบ (Template Matching) ภาพที่ใช้ในการประมวลผลจะต้องอยู่ในสเกลเดียวกัน (Scale) ดังนั้นจึงต้องมีการปรับสเกลของภาพทั้งสองให้เป็นสเกลเดียวกัน (Scale) ก่อนที่จะใช้ประมวลผลภาพต่อไป

5.3 ข้อเสนอแนะ

- ในการคัดเลือกวัตถุเพื่อใช้ในกระบวนการจับคู่ภาพควรเลือกวัตถุภาพให้กระจายทั่วทั้งภาพ เพื่อการกำหนดจุดควบคุมภาพเพื่อกำหนดพิกัดภาพ (Registration) เพื่อให้ได้ความถูกต้องเชิงตำแหน่งอยู่ในเกณฑ์ที่ดีทั้งภาพ
- การได้มาซึ่งขอบวัตถุภาพจากภาพ TerraSAR-X และ QuickBird ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อใช้โหนด (Node) รอบๆขอบวัตถุภาพเป็นจุดควบคุม (Control point) ในการกำหนดพิกัดภาพ (Registration) ในกระบวนการนี้ทำให้ได้จุดควบคุมที่มีคุณภาพ แต่ข้อเสียคือ ค่อนข้างเสียเวลาในการดำเนินการค่อนข้างมาก จึงควรมีการศึกษากระบวนการวิธีที่จะใช้ขอบวัตถุภาพซึ่งเป็นขอบรูปปิด แทนการใช้โหนด (Node) ที่เป็นจุดในการกำหนดพิกัดภาพ (Registration)




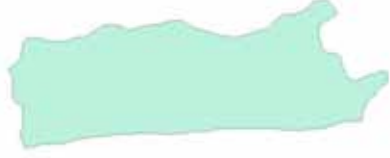






รายการอ้างอิง



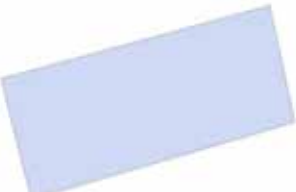

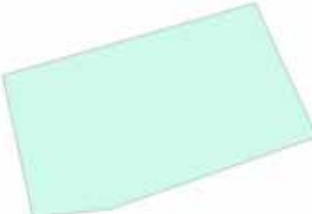
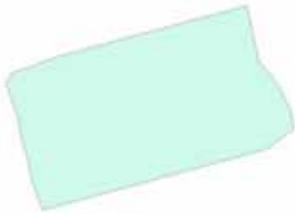


- A. Goshtasby and G.C. Stockman. A region-based approach to digital image registration with subpixel accuracy, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 24 (1986) : 390–399.
- A.Roth, M. Eineder and B. Schättler. TerraSAR-X: A new perspective for applications requiring high resolution spaceborne SAR data. In DLR, German Remote Sensing Data Centre.
- A.Roth, M. Eineder and B. Schättler. TERRASAR-X: Applications for spaceborne high resolution SAR data. Infoterra GmbH.
- Barbara Zitova and Jan Flusser. Image registration method: a survey. Image and Vision Computing (2003) : 977-1000.
- Brown and L.G. A survey of image registration techniques. ACM Computing Surveys (1992) : 325-376.
- Chen, H., Varshney, P.K., Arora and M.K. MI based image registration for remote sensing data. International Journal of Remote Sensing (2003) : 3701-3706.
- Dianchao Liu and Samuel Cheng. A brief introduction of feature matching. IEEE Xplore (2008).
- DigitalGlobe, Inc. QuickBird [Online]. 2010. Available from :
<http://www.digitalglobe.com/index.php/85/QuickBird> [2010]
- DigitalGlobe, Inc. Concept QuickBird [Online]. 2010. Available from :
http://www.digitalglobe.com/downloads/featured_images/chile_concepcion_oil_qb_feb21_2010_dg.jpg [2010, Feb 21]
- Dohono and D.L. De-noising by soft thresholding. IEEE trans. Inform. Theory (1995) : 613-627.
- Gang Hong and Yun Zhang. Wavelet-based image registration technique for high-resolution Remote sensing images. Science Direct Transactions on Computers & Geo sciences (2008).




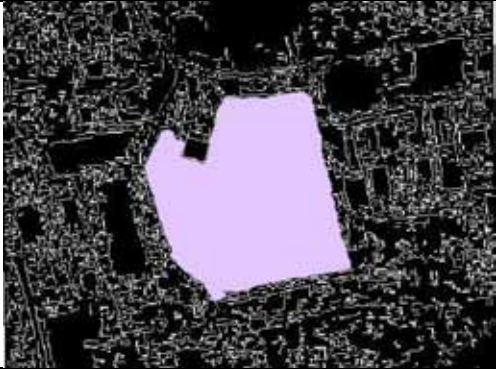

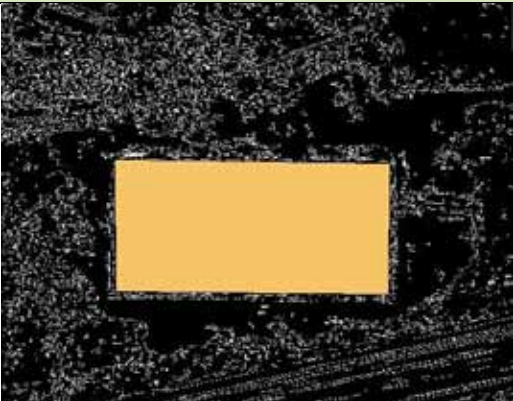
- H. Li, B.S. Manjunath and S.K. Mitra. A contour-based approach to multisensor image registration. IEEE Transactions on Image Processing 4 (1995) : 320–334.
- Infoterra GmbH (German). TerraSAR-X [Online]. 2010. Available
From : <http://www.infoterra.de/terrasar-x/radar-imagery.html> [2011]
- J.P. Lewis. Fast template matching. Vision Interface 95, Canadian Image processing and pattern recognition society, Quebec City, Canada (1995) : 120-123.
- Lehureau, G., Tupin, F., Tison, C., Oller, G., and Petit, D. Registration of metric resolution SAR and optical images in urban areas. In Proc. 7th European Conference on Synthetic Aperture Radar, Friedrichshafen, Germany, 2008.
- Leila M.G. Fonseca and B.s. Manjunath. Registration Techniques for Multisensor Remotely Sensed Imagery. Photogrammetric Engineering & Remote sensing 62, 9 (1996) : 1049-1056.
- L.Kitchen and A. Rosenfeld. Gray-level corner detection. Pattern Recognition Letters 1 (1982) : 95–102.
- Wen Yang, Chuanzhao Han, Hong Sun and Yongfeng Cao. Registration of High Resolution SAR and Optical Images Based on Multiple Features. IEEE Transactions on Image Processing (2005).




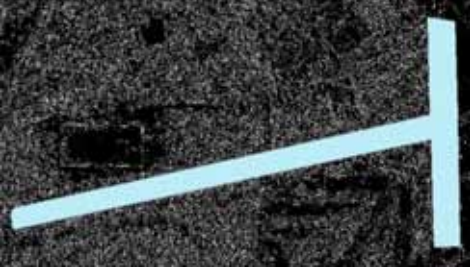

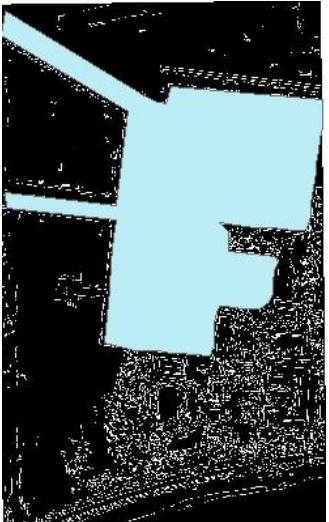
ภาคผนวก







ตารางแสดงวัตถุภาพที่ใช้ในกระบวนการจับคู่ภาพและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์			
	TerraSAR-X Feature	QuickBird Feature	Matching Result
Feature 1			0.508
Feature 2			0.706
Feature 3			0.781
Feature 4			0.375
Feature 5			0.329
Feature 6			0.585


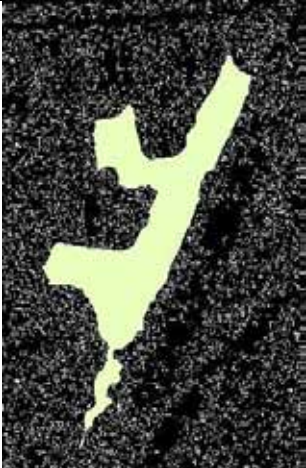
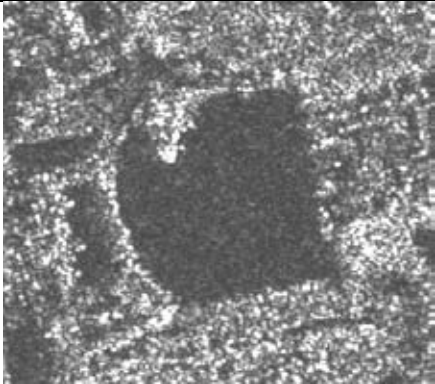

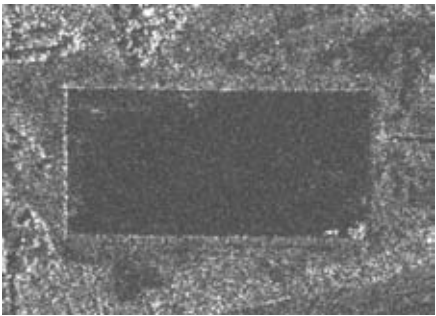

	TerraSAR-X Feature	QuickBird Feature	Matching Result
Feature 7			0.550
Feature 8			0.671
Feature 9			0.572
Feature 10			0.695
Feature 11			0.406




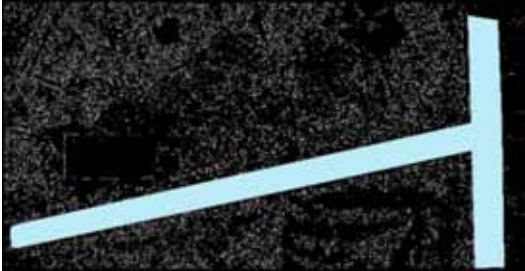
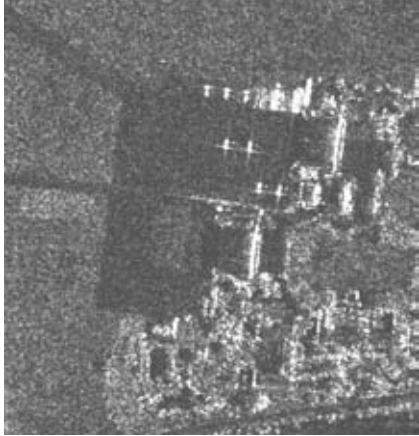
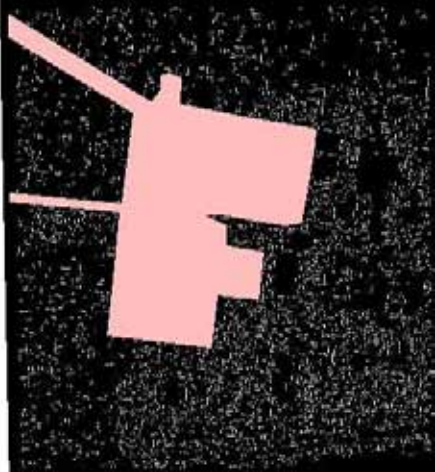
	TerraSAR-X Feature	QuickBird Feature	Matching Result
Feature 12			0.728
Feature 13			0.739
Feature 14			0.541
Feature 15			0.593

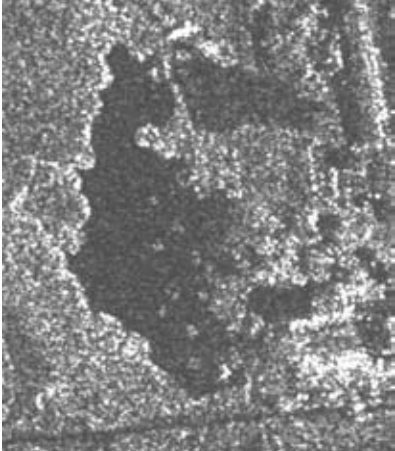


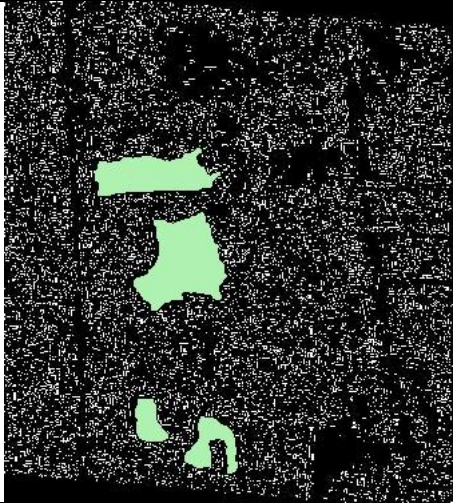

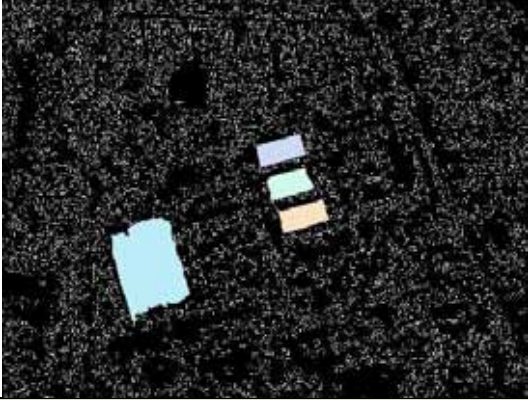
ตารางแสดงผลการตรวจหาขอบวัตถุภาพ QuickBird	
QuickBird	Edge Detection
	
	
	

QuickBird	Edge Detection
	
	
	

QuickBird	Edge Detection
	
	
	

ตารางแสดงผลการตรวจหาขอบวัตถุภาพ TerraSAR-X	
TerraSAR-X	Edge detection
	
	
	

TerraSAR-X	Edge detection
	
	
	

TerraSAR-X	Edge detection
	
	
	

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ: นางสาวทยา ยงบุญธนภัทร

วันเดือนปีเกิด: 29 มีนาคม พ.ศ. 2529

คุณวุฒิทางการศึกษา:

พ.ศ. 2551 อักษรศาสตรบัณฑิต ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประสบการณ์ทำงาน:

พ.ศ. 2554 - ปัจจุบัน Geographic Analyst II, Location & Commerce (Nokia, Thailand)

ผลงานทางวิชาการ: บทความตีพิมพ์

ทยา ยงบุญธนภัทร, ธงทิศ ฉายากุล. 2553. การหาขอบวัตถุในภาพถ่าย TERRASAR-X
เพื่อการกำหนดพิกัดภาพถ่าย. การประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ
ประจำปี 2553. อิมแพ็ค คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ เมืองทองธานี จังหวัดนนทบุรี 15-17 ธันวาคม 2553