

การประเมินความถูกต้องของการหาตำแหน่งจุดเคี้ยวความละเอียดสูงกับข้อมูลจีพีเอสความถี่เดียวโดยใช้
แบบจำลองค่าสังเกตของรหัสและเฟสที่ปราศจากผลของไอโอโนสเฟียร์



นายสมชาย เกรียงไกรวศิน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-3262-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๕๕๕๕๕๕๕๕

ACCURACY ASSESSMENT OF SINGLE-FREQUENCY GPS PRECISE POINT POSITIONING USING
IONOSPHERE-FREE CODE AND PHASE OBSERVATION MODEL

Mr. Somchai Kriengkraiwasin

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Survey Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University


Academic Year 2005

ISBN 974-14-3262-3


481760

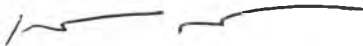
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประเมินความถูกต้องของการหาดำแหน่งจุดเดี่ยวความละเอียดสูง
กับข้อมูลจีพีเอสความถี่เดี่ยวโดยใช้แบบจำลองค่าสังเกตของรหัสและ
เฟสที่ปราศจากผลของไอโอโนสเฟียร์
โดย นายสมชาย เกரியงไกรวคิน
สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

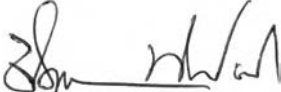

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.บรรเจิด พละการ)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชนินท์ ทินนโชติ)

สมชาย เกรียงไกรวศิน : การประเมินความถูกต้องของการหาดำแหน่งจุดเดี่ยวความละเอียดสูง
กับข้อมูลจีพีเอสความถี่เดียว โดยใช้แบบจำลองค่าสังเกตของรหัสและเฟสที่ปราศจากผลของ
ไอโอโนสเฟียร์ (ACCURACY ASSESSMENT OF SINGLE-FREQUENCY GPS PRECISE
POINT POSITIONING USING IONOSPHERE-FREE CODE AND PHASE OBSERVATION
MODEL) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. เฉลิมชนม์ สติระพจน์, จำนวนหน้า 99 หน้า.

ISBN 974-14-3262-3

ในปัจจุบัน การรังวัดด้านจีพีเอสถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีความสะดวก รวดเร็ว แต่
เครื่องจีพีเอสที่ใช้ยังมีราคาค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องสองความถี่ มีราคาสูงกว่าเครื่องแบบความถี่เดียว
เป็นอย่างมาก จะเป็นอย่างไรถ้าเราสามารถนำเครื่องจีพีเอสแบบความถี่เดียวซึ่งมีราคาถูก มาใช้ทดแทนเครื่อง
จีพีเอสแบบรังวัด ซึ่งมีราคาสูง ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินค่าความถูกต้องที่ได้รับจาก
วิธีการหาดำแหน่งแบบจุดเดี่ยวที่ให้ค่าความละเอียดสูงโดยอาศัยข้อมูลรหัสและเฟสของคลื่นส่งจากคลื่น L1 ที่ได้
จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสทั้งแบบมือถือและแบบรังวัด ซอฟต์แวร์สำหรับการหาดำแหน่งจุดเดี่ยวที่
ให้ค่าความละเอียดสูงที่อาศัยข้อมูลความถี่เดียวจากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอสได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือ
หลักสำหรับการประเมินค่าความถูกต้องที่ได้รับ โดยซอฟต์แวร์ดังกล่าว จะทำการปรับลด ค่าคลาดเคลื่อนที่เกิด
จากวงโคจรของดาวเทียม นาฬิกาดาวเทียม และจากการ delay ในชั้นบรรยากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าคลาดเคลื่อน
ที่เกิดจากชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ จะใช้แบบจำลองค่าสังเกตของรหัสและเฟสที่ปราศจากผลของไอโอโนส
เฟียร์มาใช้ และค่าคลาดเคลื่อนที่เหลือจะประมาณค่าจากการใช้วิธี Extended Kalman Filter โดยในการทดลองได้
ทำการรับสัญญาณดาวเทียมแบบสถิตที่สถานีรับสัญญาณดาวเทียม CU03 ในบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้วย
เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแบบมือถือยี่ห้อ GARMIN รุ่น 12XL โดยใช้เสาอากาศแบบภายนอกในการรับ
สัญญาณ และรับด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแบบรังวัดยี่ห้อ LEICA รุ่น SR530 ข้อมูลการรับสัญญาณด้วย
เครื่องรับสัญญาณทั้งสองชนิด จะถูกคัดแบ่งเป็นชุดข้อมูลตามช่วงระยะเวลาที่ใช้ในการรับสัญญาณดาวเทียม
จากนั้นจึงทำการประมวลผลข้อมูลแต่ละชุดอย่างเป็นอิสระด้วยซอฟต์แวร์สำหรับการหาดำแหน่งจุดเดี่ยวที่ให้ค่า
ความละเอียดสูง ที่อาศัยข้อมูลความถี่เดียวที่พัฒนาขึ้น ผลจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าค่าความถูกต้องทาง
ตำแหน่งทางราบที่ได้รับจากการใช้ข้อมูลการรับสัญญาณเพียง 5 นาทีนั้นดีกว่า 2.5 เมตร ทั้งกรณีของการใช้
เครื่องรับสัญญาณแบบมือถือและแบบรังวัด นอกจากนี้ยังมีการทดสอบถึงฤดูกาลกับตำแหน่งทางละติจูดว่ามีผล
กับการรับสัญญาณแบบจุดเดี่ยวหรือไม่โดยการใช้ข้อมูลจากสถานีฐาน 5 แห่งทั่วโลก พบว่าช่วงฤดูกาลที่แตกต่าง
กันจะให้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบที่แตกต่างกัน และที่ตำแหน่งทางละติจูด พบว่าที่สถานีฐานที่อยู่ใน
แนวละติจูดเข้าใกล้ขั้วโลก จะให้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบ ที่ดีกว่า สถานีฐานที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ
สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ
ปีการศึกษา 2548

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

4570577921 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEY WORD : GPS / PRECISE POINT POSITIONING / ABSOLUTE POSITIONING / IGS

SOMCHAI KRIENGKRAIWASIN : ACCURACY ASSESSMENT OF SINGLE-FREQUENCY GPS
PRECISE POINT POSITIONING USING IONOSPHERE-FREE CODE AND PHASE OBSERVATION
MODEL . THESIS ADVISOR : ASST.PROF.DR. CHALERMCHON SATIRAPOD, 99 pp.

ISBN 974-14-3262-3

At present, surveying by GPS receivers is widely introduced to various aspects of survey applications due to its more convenience and less time consumption for processing. However, the GPS receivers are still relatively expensive; especially, the dual frequency GPS receivers which are far more expensive than the single frequency ones. And what would it be if we could apply the single frequency GPS receiver as a replacement of the dual one. This research aims to assess the accuracy of Precise Point Positioning with code and carrier phase observations from L1 signal collected from both handheld GPS receiver and geodetic GPS receiver. A Precise Point Positioning software developed for processing the single frequency GPS data is used as a main tool to assess a positioning accuracy. The precise orbit and precise satellite clock corrections were introduced into the software to reduce the orbit and satellite clock errors, while ionosphere-free code and phase observations were constructed to mitigate the ionospheric delay. The remaining errors (i.e. receiver clock error, ambiguity term) are estimated using Extended Kalman Filter technique. Two experiments were conducted in this study. The first experiment was carried out in static mode using a Garmin 12XL GPS receiver connected to an external antenna at the CU03 station on the 7th of October 2004 , while the second experiment was carrier out in static mode using a Leica SR530 GPS receiver at the CU03 station on the 25th of October 2004. Raw data from both experiments were cut into 5-min, 10-min, 15-min, 30-min, 60-min data segments. Each data segment was individually processed with the developed PPP software to produce final coordinates. Preliminary results indicate that a horizontal positioning accuracy obtained from 5-min data segments for both GPS receivers is better than 2.5 meters. Besides, the research also concerns about the influence of season and Latitude changes whether they effects the results of this technique. The test was conducted by processing data acquired from 5 base stations from all over the world. It was found that different seasons bring about differences in horizontal positioning accuracies. In addition, changes in locations of the base stations illustrate the similar results. The closer the base station to the North Pole, the higher better the horizontal positioning accuracy.

Department Survey Engineering

Student's signature

Somchai K

Field of study Survey Enngineering

Advisor's signature

Chalermchon Satirapod

Academic year 2005

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุน จากหลายฝ่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สติระพจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้กับข้าพเจ้า และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. บรรเจิด พละการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชรินทร์ ทินนโชติ ที่ได้ให้คำแนะนำในการศึกษาวิจัยครั้งนี้และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์ รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบคุณนายภักพงษ์ หอมเนียม นายประพจน์ เฉลิมวัฒน์ชัย และนางรจนา คุณพูล ที่ช่วยเหลือข้าพเจ้าในการให้คำอธิบายความหมายในโปรแกรมต่างๆที่นำมาใช้ในการวิจัย รวมถึงคำแนะนำและกำลังใจจากเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมสำรวจทุกคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้องๆ ที่อยู่ในห้องวิจัย จีไอเอ็มเมจ ทุกๆท่าน

ข้าพเจ้าขอขอบคุณกรมที่ดินที่ให้โอกาสในการมาศึกษาต่อ และขอขอบคุณนายศิริพงษ์ โรงประเสริฐกุล และนายตติยะ ชื่นตระกูล ที่ช่วยในเรื่องบทคัดย่อ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัย

ท้ายนี้ขอมอบความดีในวิทยานิพนธ์นี้แด่ บิดา-มารดา ของข้าพเจ้าและคณาจารย์ทุกท่านและที่สำคัญขอขอบคุณ พ.ต.ต.หญิง กนกอร เกรียงไกรวสิน คู่ชีวิตของข้าพเจ้า น้องภูมิ น้องเบญญา ที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุนและเป็นกำลังใจ และให้เวลาในการทำวิจัย และศึกษาครั้งนี้จนสำเร็จ พร้อมกันนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติสืบไป

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2. แนวเหตุผลและแนวคิดที่สำคัญ.....	2
1.2.1 แนวคิดพื้นฐาน.....	2
1.2.2 แนวคิดของการหาค่าแหน่งจุดเดียวความละเอียดสูง.....	4
1.3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	8
1.4. ขอบเขตของการวิจัย.....	9
1.5. ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	9
1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	10
บทที่ 2 ซอฟต์แวร์สำหรับการหาค่าแหน่งจุดเดียวที่ให้ความละเอียดสูง	
2.1. หลักการทำงานและองค์ประกอบของซอฟต์แวร์.....	11
2.2 . การใช้งานซอฟต์แวร์.....	15
2.3. คำแนะนำในการใช้ซอฟต์แวร์.....	20
บทที่ 3 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย	
3.1. ข้อมูลจากเครื่องจีพีเอส LEICA รุ่น SR530.....	21
3.2. ข้อมูลจากเครื่องจีพีเอสมือถือ GARMIN รุ่น 12XL.....	23
3.3. การบันทึกข้อมูลดิบจากเครื่องจีพีเอสมือถือ GARMIN รุ่น 12XL ลงบน คอมพิวเตอร์.....	26
3.4. ข้อมูล RINEX File จากสถานีฐานทั่วโลก 5 สถานี.....	28
3.4.1. สถานีฐาน ASC1 (Ascension Island)	29
3.4.2. สถานีฐาน CASI (Casey).....	33
3.4.3. สถานีฐาน KERG (Kerguelen Islands).....	34
3.4.4. สถานีฐาน MASI (Maspalomas Spain).....	36

	หน้า
3.4.5. สถานีฐาน METS (Kirkkonummi Finland).....	38
บทที่ 4 การประมวลผลข้อมูล	
4.1. ค่าพิกัดอ้างอิงของตำแหน่งสถานีฐาน.....	41
4.2. ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล.....	45
4.2.1. การประมวลผลและเปรียบเทียบผลที่สถานี CU03.....	46
4.2.1.1. การประมวลผลข้อมูลจากเครื่องจีพีเอส LEICA รุ่น SR530...	46
4.2.1.2. การประมวลผลข้อมูลจากเครื่องจีพีเอส GARMIN รุ่น 12XL	53
4.2.1.3. การประมวลผลเปรียบเทียบค่าความถูกต้องระหว่าง ข้อมูล จากเครื่องจีพีเอส LEICA รุ่น RS530 และ GARMIN รุ่น 12XL โดยใช้เสาอากาศจากภายนอก.....	61
4.2.2. การประมวลผลและเปรียบเทียบผลที่สถานีฐาน 5 แห่งทั่วโลก.....	64
4.2.2.1. การประมวลผลข้อมูลของสถานีฐาน ASC1.....	64
4.2.2.2. การประมวลผลข้อมูลของสถานีฐาน CAS1.....	67
4.2.2.3. การประมวลผลข้อมูลของสถานีฐาน KERG.....	70
4.2.2.4. การประมวลผลข้อมูลของสถานีฐาน MAS1.....	73
4.2.2.5. การประมวลผลข้อมูลของสถานีฐาน METS.....	76
บทที่ 5 บทสรุป	
5.1. ผลจากงานวิจัย.....	81
5.2. ข้อเสนอแนะ.....	82
5.3. ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย.....	83
5.4. ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย.....	83
รายการอ้างอิง	85
ภาคผนวก	
ก. การดาวน์โหลดข้อมูล RINEX FILE จากสถานีฐานติดตามดาวเทียม (IGS) และ Hatanaka Compression File.....	88
ข. การใช้ซอฟต์แวร์ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณจีพีเอส GARMIN 12XL.....	95
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	99

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1	รายละเอียดข้อมูลวงโคจรดาวเทียมของหน่วยงาน IGS (IGS, 2006)..... 5
ตารางที่ 2.1	แสดงหน้าที่และชื่อไฟล์ต่าง ๆ ในซอฟต์แวร์..... 13
ตารางที่ 2.2	แสดงรายละเอียดและตัวอย่างของข้อมูลนำเข้าที่ใช้ในการประมวลผล..... 16
ตารางที่ 3.1	แสดงจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Leica รุ่น SR530..... 22
ตารางที่ 3.2	แสดงจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin รุ่น 12XL โดยใช้เสาอากาศภายนอก..... 25
ตารางที่ 3.3	แสดงจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin รุ่น 12XL โดยใช้เสาอากาศภายใน..... 25
ตารางที่ 3.4	แสดงชื่อไฟล์ข้อมูลที่ทำกรดาวนโหลดมาทั้งหมดของสถานี ASC1..... 31
ตารางที่ 3.5	แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของสถานี ASC1 ที่จะใช้ในงานวิจัย..... 32
ตารางที่ 3.6	แสดงชื่อไฟล์ข้อมูลที่ทำกรดาวนโหลดมาทั้งหมดของสถานี CAS1..... 33
ตารางที่ 3.7	แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของสถานี CAS1 ที่จะใช้ในงานวิจัย..... 33
ตารางที่ 3.8	แสดงชื่อไฟล์ข้อมูลที่ทำกรดาวนโหลดมาทั้งหมดของสถานี KERG..... 35
ตารางที่ 3.9	แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของสถานี KERG ที่จะใช้ในงานวิจัย..... 35
ตารางที่ 3.10	แสดงชื่อไฟล์ข้อมูลที่ทำกรดาวนโหลดมาทั้งหมดของสถานี MASI..... 37
ตารางที่ 3.11	แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของสถานี MASI ที่จะใช้ในงานวิจัย..... 38
ตารางที่ 3.12	แสดงชื่อไฟล์ข้อมูลที่ทำกรดาวนโหลดมาทั้งหมดของสถานี METS..... 39
ตารางที่ 3.13	แสดงจำนวนข้อมูลทั้งหมดของสถานี METS ที่จะใช้ในงานวิจัย..... 39
ตารางที่ 4.1	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลการรับสัญญาณตลอด 24 ชั่วโมง ของสถานี CU03 ผ่านบริการ AUSPOS ในแต่ละวัน..... 42
ตารางที่ 4.2	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลการรับสัญญาณตลอด 24 ชั่วโมง ของสถานี ASC1 ผ่านบริการ AUSPOS ในแต่ละวัน..... 42
ตารางที่ 4.3	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลการรับสัญญาณตลอด 24 ชั่วโมง ของสถานี CAS1 ผ่านบริการ AUSPOS ในแต่ละวัน..... 43
ตารางที่ 4.4	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลการรับสัญญาณตลอด 24 ชั่วโมง ของสถานี KERG ผ่านบริการ AUSPOS ในแต่ละวัน..... 43
ตารางที่ 4.5	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลการรับสัญญาณตลอด 24 ชั่วโมง ของสถานี MASI ผ่านบริการ AUSPOS ในแต่ละวัน..... 44

ตารางที่ 4.6	แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลการรับสัญญาณตลอด 24 ชั่วโมง ของสถานี METS ผ่านบริการ AUSPOS ในแต่ละวัน.....	44
ตารางที่ 4.7	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Leica รุ่น SR530 วันที่ 25 ตุลาคม 2547.....	47
ตารางที่ 4.8	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Leica รุ่น SR530 วันที่ 26 ตุลาคม 2547.....	47
ตารางที่ 4.9	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Leica รุ่น SR530 วันที่ 27 ตุลาคม 2547.....	48
ตารางที่ 4.10	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Leica รุ่น SR530 วันที่ 28 ตุลาคม 2547.....	48
ตารางที่ 4.11	แสดงค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้องจากข้อมูลที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Leica รุ่น SR530 ตั้งแต่วันที่ 25 - 28 ตุลาคม 2547.....	51
ตารางที่ 4.12	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin 12XL โดยใช้เสาอากาศภายนอก ในวันที่ 7 ตุลาคม 2547.....	54
ตารางที่ 4.13	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin 12XL โดยใช้เสาอากาศภายนอก ในวันที่ 8 ตุลาคม 2547.....	54
ตารางที่ 4.14	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin 12XL โดยใช้เสาอากาศภายใน ในวันที่ 22 ธันวาคม 2547.....	55
ตารางที่ 4.15	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin 12XL โดยใช้เสาอากาศภายใน ในวันที่ 23 ธันวาคม 2547.....	56
ตารางที่ 4.16	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin 12XL โดยใช้เสาอากาศภายใน ในวันที่ 24 ธันวาคม 2547.....	56
ตารางที่ 4.17	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin 12XL โดยใช้เสาอากาศภายนอก ในวันที่ 7-8 ตุลาคม 2547 จำนวน 22 ชั่วโมง.....	57
ตารางที่ 4.18	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin 12XL โดยใช้เสาอากาศจากภายนอก.....	61
ตารางที่ 4.19	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Leica SR530.....	62

ตารางที่ 4.20	แสดงผลการเปรียบเทียบค่า RMS ที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Leica รุ่น SR530 กับ Garmin รุ่น 12XL โดยใช้เสาอากาศจากภายนอก.....	62
ตารางที่ 4.21	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากสถานีรับสัญญาณดาวเทียม ASC1.....	64
ตารางที่ 4.22	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากสถานีรับสัญญาณดาวเทียม CAS1.....	68
ตารางที่ 4.23	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากสถานีรับสัญญาณดาวเทียม KERG.....	71
ตารางที่ 4.24	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากสถานีรับสัญญาณดาวเทียม MAS1.....	74
ตารางที่ 4.25	ค่าทางสถิติของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลจากสถานีรับสัญญาณดาวเทียม METS.....	77

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1	แสดงภาพรวมการทำงานของซอฟต์แวร์..... 12
รูปที่ 2.2	แสดงตัวอย่างคำสั่งที่ใช้ในการประมวลผลซอฟต์แวร์..... 15
รูปที่ 2.3	แสดงตัวอย่างไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์..... 19
รูปที่ 3.1	เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Leica รุ่น SR530 ที่สถานี CU03 บนคาบฟ้าดึก ศาลวิชานนิตศ บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... 21
รูปที่ 3.2	ที่ตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin รุ่น 12XL โดยใช้เสาอากาศภายนอก ที่ สถานี CU03 บนคาบฟ้าดึกศาลวิชานนิตศ บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... 23
รูปที่ 3.3	ที่ตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin รุ่น 12XL โดยใช้เสาอากาศภายใน ที่สถานี CU03 บนคาบฟ้าดึกศาลวิชานนิตศ บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย..... 24
รูปที่ 3.4	ชุดเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม Garmin รุ่น 12XL และเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการ จัดเก็บข้อมูลสัญญาณดาวเทียม..... 24
รูปที่ 3.5	แสดงการต่อเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GARMIN รุ่น 12XL โดยใช้เสาอากาศจาก ภายนอก กับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลสัญญาณดาวเทียม..... 26
รูปที่ 3.6	แสดงที่ตั้งของสถานีฐาน 5 สถานีที่ทำการดาวน์โหลดข้อมูลมาใช้ในการวิจัย (IGS, 2006)..... 29
รูปที่ 3.7	แสดงสภาพเกาะของที่ตั้งสถานีฐาน ASC1 (Ascension Island Government,2004)..... 29
รูปที่ 3.8	แสดงที่ตั้งสถานีฐาน ASC1..... 30
รูปที่ 3.9	แสดงปฏิทินจีพีเอสของปี 2004 (IGS, 2006)..... 31
รูปที่ 3.10	แสดงข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยเป็นองศาฟาเรนไฮด์ ของประเทศสเปน (14 มกราคม 2005) 36
รูปที่ 3.11	แสดงที่ตั้งของสถานีติดตามดาวเทียมของสถานี MAS1 ของประเทศสเปน 37
รูปที่ 4.1	กราฟแสดงค่า RMS ที่ช่วงการรับสัญญาณเป็นเวลา 5 นาที ของแต่ละวัน..... 49
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงค่า RMS ที่ช่วงการรับสัญญาณเป็นเวลา 10 นาที ของแต่ละวัน..... 49
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงค่า RMS ที่ช่วงการรับสัญญาณเป็นเวลา 15 นาที ของแต่ละวัน..... 50
รูปที่ 4.4	กราฟแสดงค่า RMS ที่ช่วงการรับสัญญาณเป็นเวลา 30 นาที ของแต่ละวัน..... 50
รูปที่ 4.5	กราฟแสดงค่าความถูกต้องเฉลี่ยของข้อมูล ที่ช่วงการรับสัญญาณเป็นเวลา 5 นาที, 10 นาที, 15 นาที, และ 30 นาที ของข้อมูลวันที่ 25-28 ตุลาคม 2547..... 51
รูปที่ 4.6	กราฟแสดงค่า RMSE ของข้อมูลกับเวลาที่ทำการรังวัด ของข้อมูล วันที่ 25-28 ตุลาคม 2547..... 52

รูปที่ 4.7	กราฟแสดงจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ และจำนวนข้อมูลที่ตัดออก (เป็นเปอร์เซ็นต์) ของวันที่ 7 ตุลาคม 2547 รับสัญญาณ โดยใช้เสาอากาศภายนอก.....	58
รูปที่ 4.8	กราฟแสดงจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ และจำนวนข้อมูลที่ตัดออก (เป็นเปอร์เซ็นต์) ของวันที่ 22-24 ธันวาคม 2547 รับสัญญาณ โดยใช้เสาอากาศภายใน.....	59
รูปที่ 4.9	กราฟแสดงค่า RMS ที่ช่วงการรับสัญญาณเป็นเวลา 5 นาที 10 นาที 15 นาที และ 30 นาที ของข้อมูลที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณ Garmin 12 XL โดยใช้เสาอากาศภายนอก.....	60
รูปที่ 4.10	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า RMS ในแนวราบ จากการประมวลผลของเครื่องรับทั้ง สองแบบ ที่ช่วงการรับสัญญาณ 5 นาที 10 นาที 15 นาที 30 นาที	63
รูปที่ 4.11	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่า RMS ในแนวตั้ง จากการประมวลผลของเครื่องรับทั้ง สองแบบ ที่ช่วงการรับสัญญาณ 5 นาที 10 นาที 15 นาที 30 นาที	63
รูปที่ 4.12	แสดงกราฟเปรียบเทียบผลการคำนวณข้อมูล ในช่วงเวลา 5 นาที 10 นาที 15 นาที และ 30 นาที ในช่วงเวลาของเดือนมกราคม พฤษภาคม และเดือนกันยายน ของสถานีฐาน ASC1.....	66
รูปที่ 4.13	กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ โดยเอาค่า Rms ในแนวราบ มาเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา ของสถานีฐาน ASC1.....	67
รูปที่ 4.14	แสดงกราฟเปรียบเทียบผลการคำนวณข้อมูล ในช่วงเวลา 5 นาที 10 นาที 15 นาที และ 30 นาที ในช่วงเวลาของเดือนมกราคม พฤษภาคม และเดือนกันยายน ของสถานีฐาน CAS1.....	69
รูปที่ 4.15	กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ โดยเอาค่า Rms ในแนวราบ มาเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา ของสถานีฐาน CAS1.....	70
รูปที่ 4.16	แสดงกราฟเปรียบเทียบผลการคำนวณข้อมูล ในช่วงเวลา 5 นาที 10 นาที 15 นาที และ 30 นาที ในช่วงเวลาของเดือนมกราคม พฤษภาคม และเดือนกันยายน ของสถานีฐาน KERG.....	72
รูปที่ 4.17	กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ โดยเอาค่า Rms ในแนวราบ มาเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา ของสถานีฐาน KERG.....	73

	หน้า	
รูปที่ 4.18	แสดงกราฟเปรียบเทียบผลการคำนวณข้อมูล ในช่วงเวลา 5 นาที 10 นาที 15 นาที และ 30 นาที ในช่วงเวลาของเดือนมกราคม พฤษภาคม และเดือนกันยายน ของ สถานีฐาน MASI.....	75
รูปที่ 4.19	กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ โดยเอาค่า Rms ในแนวราบ มาเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา ของสถานีฐาน MASI.....	76
รูปที่ 4.20	แสดงกราฟเปรียบเทียบผลการคำนวณข้อมูล ในช่วงเวลา 5 นาที 10 นาที 15 นาที และ 30 นาที ในช่วงเวลาของเดือนมกราคม พฤษภาคม และเดือนกันยายน ของ สถานีฐาน METS.....	78
รูปที่ 4.21	กราฟแสดงค่าเปรียบเทียบ โดยเอาค่า RMSE ในแนวราบ มาเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา ของสถานีฐาน METS.....	79
รูปที่ 4.22	กราฟแสดงเปรียบเทียบค่า โดยเอาค่า RMSE ในแนวราบ มาเฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา ของแต่ละสถานีฐาน.....	80