# การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับประมวลผลเส้นฐานจีพีเอส

นายนรสีห์ นิลเพชร์พลอย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-14-2273-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# DEVELOPMENT OF GPS BASELINE PROCESSING SOFTWARE

Mr. Norasi Nilphetploy

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 974-14-2273-3

481697

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับประมวลผลเส้นฐานจีพีเอส |
| โดย | นายนรสีห์ นิลเพชร์พลอย |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมสำรวจ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิมชนม์ สถิระพจน์ |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สถิระพจน์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิพงศ์ วิญญประดิษฐ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชนินทร์ ทินนโชติ)

นายนรสีห์ นิลเพชร์พลอย : การพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับประมวลผลเส้นฐานจีพีเอส (DEVELOPMENT OF GPS BASELINE PROCESSING SOFTWARE) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิมชนม์ สถิระพจน์, จำนวน 89 หน้า, ISBN 974-14-2273-3.

การหาตำแหน่งที่ละเอียดถูกต้องสูงจากวิธีการสำรวจรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอส จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเลือกใช้เครื่องมือ วิธีการทำงานสนาม รวมทั้งวิธีการประมวลผลที่เหมาะสม โดยทั่วไปการทำงานรังวัดที่ต้องการค่าความถูกต้องทางตำแหน่งในระดับเซนติเมตรหรือมิลลิเมตร มักจะใช้วิธีการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์โดยการทำงานรังวัดแบบสถิต ข้อมูลที่ได้จากการรังวัดแบบสถิตจะถูกนำมาประมวลผลภายหลังด้วยซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ที่มาพร้อมกับชุดเครื่องรับสัญญาณที่ใช้ เนื่องจากวิธีการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสนั้นค่อนข้างที่จะสลับซับซ้อนและวิธีการที่ใช้นั้นถือเป็นลิขสิทธิ์เฉพาะของแต่ละบริษัทผู้จำหน่าย ทำให้ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ที่มีอยู่ในท้องตลาดในปัจจุบันไม่เปิดโอกาสให้ผู้ใช้ได้เห็นถึงขั้นตอน วิธีการ รวมทั้งแบบจำลองต่างๆที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล นอกจากนี้ยังไม่เปิดให้มีการปรับเปลี่ยนวิธีการหรือแบบจำลองใหม่ๆ ในซอฟต์แวร์ งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลจีพีเอสจากวิธีการทำงานรังวัดแบบสถิตขึ้นด้วยภาษา Matlab ด้วยลักษณะของภาษาที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ จึงเปิดให้ผู้ใช้ได้เห็นถึงรายละเอียดขั้นตอน วิธีการ รวมทั้งแบบจำลองต่างๆที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลจีพีเอส ซึ่งจะเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการศึกษาและงานวิจัยในอนาคต นอกจากนี้ผลจากการทดลองเบื้องต้นจากการประมวลผลข้อมูลจริงด้วยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นและซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์แสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าความถูกต้องอยู่ในระดับเดียวกัน

คำสำคัญ: GPS, ซอฟต์แวร์ประมวลผลเส้นฐาน, การรังวัดแบบสถิต

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2548

## 4570373121 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEY WORDS: GPS / BASELINE PROCESSING SOFTWARE / STATIC GPS OBSERVATION

Mr.NORASI NILPHETPLOY : DEVELOPMENT OF GPS BASELINE PROCESSING SOFTWARE. THESIS ADVISOR : ASST.PROF.Dr.CHALERMCHON SATIRAPOD, 89 pp., ISBN 974-14-2273-3

Measuring highly accurate positions by GPS truly needs appropriate selections for equipment, field procedure, and proper processing methods. For high accuracy positioning applications (cm level), GPS static relative positioning method is usually employed. After the data collection task is completed, the data will be processed by commercial software obtained together with the GPS receiver. Since GPS data processing methods are quite complicated and those methods belong to an individual provider, commercial software, which is currently available in the market, does not allow users to explore steps and models employed in the data processing. Besides, applying different methods and models to process the data with the software cannot be done. This research focuses on developing a Matlab-based GPS data processing software for static positioning. According to characteristics of Matlab that can easily be understood, the users gain opportunities to perceive steps, methods, and models applied within the software thoroughly. The developed software will be useful for other related studies and research in the future. In addition, initial results obtained from processing real GPS data with the developed software show that the outputs from the developed software and a commercial one provide the same degree of accuracy.

Department Survey Engineer Student's signature Norasi Nilphetploy

Field of study Survey Engineer Advisor's signature Chalermchon Satirapod

Academic year 2005

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายฝ่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฉลิมชนม์ สถิระพจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้กับข้าพเจ้า และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิพงศ์ วิญญูประดิษฐ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชนินทร์ ทินนโชติ ที่ให้คำแนะนำในการศึกษาวิจัยครั้งนี้และตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์ รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และคำแนะนำต่าง ๆ แก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบคุณกรมที่ดิน ที่ให้โอกาสในการมาศึกษาต่อ

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัย

ขอขอบคุณบิดา มารดาของข้าพเจ้าที่ให้กำลังใจ รวมถึงช่วยเคี่ยวเข็ญให้ข้าพเจ้าทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบคุณคุณตาและคุณยาย ที่เป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้าอยากเรียนให้จบ

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ท้ายสุดนี้ขอมอบความดีของวิทยานิพนธ์ แด่บิดา มารดา คุณตา คุณยายและคณาจารย์ทุกท่าน พร้อมกันนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อประโยชน์ต่อผู้ที่นำไปศึกษาต่อ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ สังคมและประเทศชาติสืบไป

# 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 ..... 2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ..... 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 3
บทที่ 2 องค์ประกอบของการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ด้วยวิธีสถิต ..... 4
2.1 แนวคิดของการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ด้วยวิธีสถิต ..... 4
2.1.1 ซูโดเรนจ์ ..... 5
2.1.2 เฟสของคลื่นส่ง ..... 6
2.2 ความคลาดเคลื่อนต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการรังวัด ..... 7
2.2.1 ความคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับดาวเทียม ..... 7
2.2.2 ความคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับเครื่องรับสัญญาณ ..... 8
2.2.3 ความคลาดเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายของสัญญาณ ..... 8
2.3 การหาค่าต่างครั้งที่ 1 ระหว่างเครื่องรับ ..... 10
2.4 การหาค่าต่างครั้งที่ 2 ..... 11
2.5 การหาค่าต่างครั้งที่ 3 ..... 12
2.6 การตรวจหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุด ..... 13
2.7 การปรับแก้ด้วยวิธีลีทช์สแควร์ด้วยสมการค่าสังเกตกับข้อมูลจีพีเอส ..... 14
บทที่ 3 ซอฟต์แวร์สำหรับการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ด้วยวิธีสถิต ..... 25
3.1 หลักการทำงานและองค์ประกอบของซอฟต์แวร์ ..... 25
3.1.1 การเรียกเมนูหลัก ..... 25
3.1.2 การนำเข้าข้อมูล ..... 26

หน้า

3.1.3 การตั้งค่าเริ่มต้นตัวแปรต่างๆ 26
3.1.4 การอ่านข้อมูล RINEX เข้าไปในตัวแปร 27
3.1.5 การประมวลผลแบบจุดเดี่ยว 28
3.1.6 สร้างข้อมูลของค่าต่างครั้งที่สอง 28
3.1.7 คำนวณปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากชั้นบรรยากาศ Troposphere 29
3.1.8 คำนวณหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคลื่นหลุด (Cycle Slip) 29
3.1.9 คำนวณปรับแก้ด้วย Least Squares 33
3.1.10 สร้างผลลัพธ์ในไฟล์ 39
3.2 คำแนะนำในการใช้ซอฟต์แวร์ 43
บทที่ 4 การประมวลผลข้อมูล 44
4.1 ข้อมูลนำเข้า 44
4.1.1 ข้อมูลที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุดแฝงอยู่ (จำนวนดาวเทียมเท่ากัน) 45
4.1.2 ข้อมูลที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุดแฝงอยู่ (จำนวนดาวเทียมไม่เท่ากัน) 45
4.1.3 ข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุด 45
4.1.4 ข้อมูลแบบสถิตมีความยาวของข้อมูล 60 นาที 45
4.2 ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล 46
4.2.1 ข้อมูลที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนชนิดคลื่นหลุดแฝงอยู่ (จำนวนดาวเทียมเท่ากัน) 46
4.2.2 ข้อมูลที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนชนิดคลื่นหลุดแฝงอยู่ (จำนวนดาวเทียมไม่เท่ากัน) 47
4.2.3 ข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนชนิดคลื่นหลุดแฝงอยู่ 47
4.2.4 ข้อมูลแบบสถิตมีความยาวของข้อมูล 60 นาที 48
4.3 สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลเมื่อเทียบกับซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ 48
4.3.1 ข้อมูลที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนชนิดคลื่นหลุดแฝงอยู่ (จำนวนดาวเทียมเท่ากัน) 48
4.3.2 ข้อมูลที่ไม่มีความคลาดเคลื่อนชนิดคลื่นหลุดแฝงอยู่ (จำนวนดาวเทียมไม่เท่ากัน) 49
4.3.3 ข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนชนิดคลื่นหลุดแฝงอยู่ 50

หน้า

4.3.4 ข้อมูลแบบสถิติมีความยาวของข้อมูล 60 นาที 51
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 53
5.1 ผลจากงานวิจัย 53
5.2 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ 54
5.3 ข้อเสนอแนะ 55
รายการอ้างอิง 56
ภาคผนวก 57
ภาคผนวก ก 58
ภาคผนวก ข 68
ภาคผนวก ค 82
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 89

# สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าแก้เนื่องจากความสูงของสถานีรับสัญญาณ ..... 9

ตารางที่ 2.2 แสดงผลกระทบจากความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุดที่มีต่อการหาค่าต่าง ในเฟสของคลื่นส่ง ..... 13

ตารางที่ 3.1 แสดงหน้าที่และชื่อไฟล์ต่างๆในซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น ..... 42

ตารางที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากกการประมวลผลข้อมูลชุดต่างๆ ด้วยซอฟต์แวร์ ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 ..... 46

ตารางที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากกการประมวลผลข้อมูลชุดต่างๆ ด้วยซอฟต์แวร์ ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 ..... 47

ตารางที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากกการประมวลผลข้อมูลชุดต่างๆ ด้วยซอฟต์แวร์ ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 ..... 47

ตารางที่ 4.4 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากกการประมวลผลข้อมูลชุดต่างๆ ด้วยซอฟต์แวร์ ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 ..... 48

ตารางที่ 4.5 แสดงผลต่างระหว่างซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 ..... 48

ตารางที่ 4.6 แสดงผลต่างระหว่างซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 ..... 49

ตารางที่ 4.7 แสดงผลต่างระหว่างซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 ..... 50

ตารางที่ 4.8 แสดงผลต่างระหว่างซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 ..... 51

# สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า
รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของคำสั่งที่ใช้ในไฟล์ DGPS.m 26
รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างของคำสั่งที่ใช้ในไฟล์ Initial.m 27
รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างของไฟล์ RINEX 28
รูปที่ 3.4 แสดงการเก็บค่าตัวแปรในซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้น 29
รูปที่ 3.5 แสดงการสร้างข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนจากคลื่นหลุด 30
รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างข้อมูลการหาค่าต่างครั้งที่สองที่เกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจาก
คลื่นหลุด 31
รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างข้อมูลการหาค่าต่างครั้งที่สามที่เกิดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจาก
คลื่นหลุด 31
รูปที่ 3.8 แสดงตัวอย่างข้อมูลการหาค่าต่างครั้งที่สองที่มีการซ่อมแซมความคลาดเคลื่อน
ที่เกิดจากคลื่นหลุดแล้ว 32
รูปที่ 3.9 แสดงการกระจายค่าจากตัวแปร al ไปยังเมตริกซ์ A 33
รูปที่ 3.10 แสดงการกระจายค่าจากตัวแปร al ไปยังเมตริกซ์ L 34
รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะของข้อมูลการรังวัดที่มีจำนวนดาวเทียมไม่เท่ากันตลอดทั้งช่วง 35
รูปที่ 3.12 แสดงค่าของตัวแปร al ที่ได้จากซอฟต์แวร์ 36
รูปที่ 3.13 แสดงค่าของเมตริกซ์ A ที่ได้จากค่าสังเกตที่มีจำนวนดาวเทียมไม่เท่ากัน
ตลอดทั้งช่วง 37
รูปที่ 3.14 แสดงค่าของเมตริกซ์ A ณ ขณะเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนดาวเทียม 37
รูปที่ 3.15 แสดงค่าของเมตริกซ์ L ที่ได้จากค่าสังเกตที่มีจำนวนดาวเทียมไม่เท่ากัน
ตลอดทั้งช่วง 38
รูปที่ 3.16 แสดงตัวอย่างของไฟล์ Output.txt 39
รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการประมวลผลเส้นฐานจากข้อมูลจีพีเอส 40
รูปที่ 4.1 แสดงผลต่างระหว่างซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 49
รูปที่ 4.2 แสดงผลต่างระหว่างซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 50
รูปที่ 4.3 แสดงผลต่างระหว่างซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 51
รูปที่ 4.4 แสดงผลต่างระหว่างซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นกับซอฟต์แวร์ SKI-Pro version 2.5 52