โครงข่ายจีพีเอสที่มีความถูกต้องสูง

ร้อยเอกอนุเทพ ภาณุมาศตระกูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-891-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

23 ก.ค. 2546
I19473606

A HIGH ACCURACY GPS NETWORK

Capt. Anuthep Panumastrakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Survey Engineering

Department of Survey Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-346-891-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	โครงข่ายจีพีเอสที่มีความถูกต้องสูง
โดย	ร้อยเอกอนุเทพ ภาณุมาศตระกูล
สาขาวิชา	วิศวกรรมสำรวจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรเจิด พละการ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ชัย เกรียงไกรเพชร)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ไพศาล สันติธรรมนนท์)

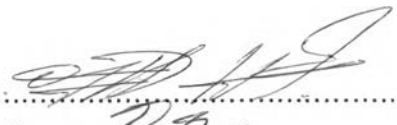
อนุเทพ ภาณุมาศตระกูล, ร.อ. : โครงข่ายจีพีเอสที่มีความถูกต้องสูง. (A HIGH ACCURACY GPS NETWORK) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร.ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ, 197 หน้า. ISBN 974-346-891-9.

โครงข่ายทางยีออเดซีของประเทศไทยได้พัฒนาเป็นลำดับขั้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ครั้งงานโครงข่ายสามเหลี่ยม จนถึงปัจจุบันเทคนิคการรังวัดด้วยระบบดาวเทียม GPS ได้ถูกพัฒนาและมีบทบาทสำคัญในด้านการสำรวจ และเป็นวิธีที่นำมาใช้เพื่อสร้างโครงข่ายทางยีออเดซีของนาๆประเทศ รวมทั้งประเทศไทย

กรมแผนที่ทหารเป็นหน่วยงานรับผิดชอบในการสร้างโครงข่ายทางยีออเดซีของประเทศไทย ได้เริ่มงานรังวัดโครงข่ายด้วยดาวเทียม GPS ตั้งแต่ปี พ.ศ.2534 และได้ร่วมโครงการทางด้านยีออเดซีด้วยการรังวัด GPS ในระดับชาติหลายโครงการกับประเทศเพื่อนบ้าน เช่นโครงการตรวจสอบการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกกับหน่วยงาน Ifag ประเทศเยอรมัน โครงการหาค่าพิกัดบนพื้นหลักฐาน WGS84 ในประเทศไทยกับหน่วยงาน NIMA ประเทศสหรัฐอเมริกา และโครงการจัดทำหลักเขตแดนระหว่างประเทศ กับประเทศมาเลเซีย เป็นต้น จากโครงการที่เกิดขึ้นเหล่านี้ ทำให้ประเทศไทยมีข้อมูลการรังวัดที่เป็นประโยชน์ สามารถนำมาผนวกเข้าด้วยกันและสร้างเป็นโครงข่าย GPS ที่มีความถูกต้องสูงได้อย่างเพียงพอ

ด้วยวัตถุประสงค์ของการวิจัย มุ่งที่จะรวบรวมข้อมูลจากโครงการต่างๆ ศึกษาข้อมูลในแต่ละโครงการและนำมาสร้างเป็นโครงข่ายทางยีออเดซีที่มีความถูกต้องสูง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลจากโครงการต่างๆ ดังนี้ โครงการ GEODYSSEA , THAICA , NIMA , THAI-MALAYSIA และจากข้อมูลการรังวัดของประเทศไทย และได้ตรวจสอบ เปรียบเทียบข้อมูลในส่วนต่างๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงค่าคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในโครงข่าย

ผลจากการศึกษาวิจัย ได้โครงข่าย GPS ที่มีสถานีในโครงข่ายทั้งสิ้น 26 สถานี เป็นสถานีในประเทศไทย 22 สถานี และ ประเทศมาเลเซีย 4 สถานี ผลการปรับแก้ค่าพิกัด ที่ความเชื่อมั่น 95 % มีค่าคลาดเคลื่อนสูงสุดทางละติจูด 0.0130 เมตร ลองจิจูด 0.0180 เมตร และความสูงเหนือทรงรี 0.0444 เมตร ค่าอัตราส่วนของค่าคลาดเคลื่อนเทียบต่อระยะทางของแต่ละคู่สถานีที่เป็นเส้นฐานระยะยาว (มากกว่า 80 กม.) ค่าต่ำสุดที่ได้คือ 1 : 22.60 ล้านส่วน เป็นค่าระหว่างคู่สถานี 3427 – CHUL ระยะทาง 87,792.836 เมตร

ภาควิชา	วิศวกรรมสำรวจ	ลายมือชื่อนิสิต..... 
สาขาวิชา	วิศวกรรมสำรวจ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา	2543	

417 06163 21 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEY WORD : GPS / Global Positioning System / Geodetic Network / horizontal control / GPS Network

ANUTHEP PANUMASTRAKUL, Capt. : A HIGH ACCURACY GPS NETWORK

THESIS ADVISOR : ASSOC.PROF.CHUGIAT WICHIENCHAROEN, Ph. D. 197 pp.

ISBN 974-346-891-9

Geodetic network of Thailand has been developed continuously since the original triangulation network. Recently, the availability of GPS development has made the geodetic network becomes more promising and taking the major role in geodetic network worldwide, including Thailand.

Royal Thai Survey Department (RTSD) has begun geodetic network using GPS since 1991 and joined many geodetic network projects with many countries such as The Investigation of Plate Tectonics Movement Project with Ifag (Institut fur Angewandte Geodasie), Germany, The GPS Point Positioning Project on WGS84 with NIMA (National Imagery and Mapping Agency), USA and Joint Thailand-Malaysia GPS Observation, Malaysia. As a result, Thailand has obtained adequate geodetic data to construct high accuracy GPS network.

The objective of this thesis is mainly to focus on collecting data from these projects and to analyse the data from each project and then use the analysed data to construct high accuracy geodetic network. The data used in this thesis are from GEODYSSEA, THAICA, NIMA, THAI-MALAYSIA Project and Thailand geodetic network. The results of each project have been checked and compared in order to identify errors in each project .

This thesis has produced high accuracy geodetic network which has 26 GPS stations; 22 GPS stations based in Thailand and other 4 in Malaysia. The posteriori standard errors with 95% confidence interval in latitude and longitude and ellipsoidal height is 0.0103 m. and 0.0180 m. and 0.0444 m respectively. The minimum accuracy between each pair of control points in the adjusted network which baseline is over 80 km, is 1 : 22.60 million (between control points 3402 to CHUL, 87,792.836 meters).

Department	Survey Engineering	Student's signature.....
Field of study	Survey Engineering	Advisor's signature.....
Academic year	2000	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความปรารถนาดี และความกรุณาของบุคคลต่างๆ หลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำในการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้กับข้าพเจ้า และข้าพเจ้าขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และข้อแนะนำต่างๆแก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ กรมแผนที่ทหาร และท่านผู้บังคับบัญชาทุกท่าน ที่กรุณาให้ข้าพเจ้าใช้เวลาของทางราชการศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม และให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในด้านเอกสาร และข้อมูลต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งท่าน พ.อ.(พิเศษ) ภุชงค์ วงษ์เกิด และ พ.อ.ชัยวัฒน์ พรมทอง ที่ได้ให้ความกรุณาและให้คำปรึกษากับข้าพเจ้ามาตลอด

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ท้ายสุดนี้ ขอมอบความดีของวิทยานิพนธ์ เพื่อเป็นกตเวทิตาคุณแด่บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่าน พร้อมกันนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคม และประเทศโดยส่วนรวมสืบไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูป ..... ฎ
บทที่
1. บทนำ 1
    1.1. ความเป็นมาของปัญหา 1
    1.2. วัตถุประสงค์ 2
    1.3. แนวเหตุผล ทฤษฎีสำคัญ หรือสมมติฐาน 2
    1.4. ขอบเขตการวิจัย 4
    1.5. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 5
    1.6. ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 5
2. การศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
    2.1. สัณฐานของโลก 6
    2.2. ระบบพิกัด 8
    2.3. พื้นหลักฐานทางราบ 12
    2.4. การกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม GPS เพื่องานรังวัดขั้นสูง 15
    2.5. การปรับแก้โครงข่าย GPS แบบลีสท์สแคว์ 17
3. โครงข่ายยีออเดซีของประเทศไทย 20
    3.1. พื้นหลักฐานราชบุรี 20
    3.2. พื้นหลักฐาน Indian1916 20
    3.3. พื้นหลักฐาน Indian1954 21
    3.4. พื้นหลักฐานเอเชียตอนใต้ 21
    3.5. พื้นหลักฐาน Indian1975 22
    3.6. การรังวัดขยายโครงข่าย GPS ของประเทศไทย 22
    3.7. โครงการร่วม GEODYSSEA ,THAICA และ AAPRG98 23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3.8. โครงการปรับแก้โครงข่าย GPS ของหน่วยงาน NIMA 27
3.9. โครงการปรับแก้โครงข่าย GPS ของภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 29
3.10. การปรับแก้โครงข่าย GPS โดยกรมแผนที่ทหาร 29
3.11. โครงการรังวัดขยายจุดควบคุม โครงข่าย GPS ของกรมแผนที่ทหาร 32
4. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้น 35
4.1. การรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิจัย 35
4.2. การพิจารณาเลือกใช้โปรแกรมในการประมวลผลข้อมูล 37
4.3. การประมวลผลข้อมูล 37
4.4. การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล 38
4.5. ผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในแต่ละส่วนก่อนการปรับแก้ 39
4.6. การเชื่อมต่อเป็นโครงข่ายในงานวิจัย 41
4.7. การตรวจสอบความถูกต้องของโครงข่ายในงานวิจัย 43
4.8. การตรวจสอบภายหลังการตรวจพบว่ามีความคลาดเคลื่อนในบริเวณภาคใต้ 44
4.9. การขจัดความคลาดเคลื่อนที่ตรวจพบและการตรวจสอบผล 46
4.10. การปรับแก้โครงข่ายด้วยลีสท์สแควร์และผลการปรับแก้โครงข่าย 47
5. การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการปรับแก้ 49
5.1. ผลการปรับแก้โครงข่ายในงานวิจัย 49
5.2. การเปรียบเทียบค่าพิกัดของโครงข่ายในงานวิจัยที่ขจัดความคลาดเคลื่อนแล้ว กับโครงข่ายที่มีความคลาดเคลื่อน 55
5.3. การเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัยกับโครงข่ายของประเทศไทย 58
5.4. การเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัยกับโครงข่ายของ NIMA 63
5.5. การเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัยกับโครงข่ายที่ปรับแก้โดย ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 67
5.6. การเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัยกับโครงข่ายขยายจุดควบคุม ของกรมแผนที่ทหาร 71
6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ 75
6.1. สรุปผลการวิจัย 75

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.2. ข้อเสนอแนะ 77
รายการอ้างอิง 78
ภาคผนวก 80
ภาคผนวก ก 81
ภาคผนวก ข 89
ภาคผนวก ค 129
ภาคผนวก ง 189
ประวัติผู้ทำวิจัย 192

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	สรุปการปฏิบัติงานในโครงการ GEODYSSEA THAICA และAAPRG	25
4.1	ค่าพิกัดของสถานีควบคุม จากหน่วยงาน NIMA บนพื้นหลักฐาน WGS84	35
4.2	ค่าพิกัดของสถานีควบคุม ในโครงการ THAICA บนพื้นหลักฐาน ITRF	36
4.3	ค่าพิกัดของสถานีควบคุม KUAL ในประเทศ มาเลเซีย	36
4.4	ค่าความสูงของจานรับสัญญาณดาวเทียมที่สถานี 3402	44
4.5	เปรียบเทียบผลลัพธ์การประมวลผลเส้นฐานระหว่างสถานี 3657- 3402 หลังจากขจัดความคลาดเคลื่อน	46
4.6	ตรวจสอบความถูกต้องของค่าพิกัดสถานีควบคุมด้วยวิธี minimally constrained adjustment	47
5.1	The a posteriori standard errors propagated	50
5.2	ค่าพิกัดจากการปรับแก้โครงข่ายในงานวิจัย	52
5.3	เปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากงานวิจัยกับค่าพิกัดจากโครงข่ายที่ยังมีความคลาดเคลื่อน	55
5.4	สรุปผล ค่าต่างสูงสุดในแต่ละทิศทาง ของตาราง 5.3	57
5.5	การเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัย กับโครงข่ายของประเทศไทย	58
5.6	สรุปค่าสถิติ ผลการเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัย กับโครงข่ายของประเทศไทย	61
5.7	การเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัย กับโครงข่ายของNIMA	63
5.8	สรุปค่าสถิติ ผลการเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัย กับโครงข่ายของNIMA	65
5.9	การเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัย กับโครงข่ายที่ปรับแก้โดยภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	67
5.10	สรุปค่าสถิติ ผลการเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัย กับโครงข่ายที่ปรับแก้โดยภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	69
5.11	การเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัย กับโครงข่ายขยายจุดควบคุมของกรมแผนที่ทหาร	71
5.12	สรุปค่าสถิติ ผลการเปรียบเทียบโครงข่ายในงานวิจัย กับโครงข่ายขยายจุดควบคุมของกรมแผนที่ทหาร	73

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การจำลองลักษณะการเกิดจันทรุปราคา(Demonstration of A Lunar Eclipse)	6
2.2	สัณฐานของโลกทางกายภาพและทางคณิตศาสตร์	7
2.3	รูปทรงรีที่ใช้พื้นหลักฐานของทวีปยุโรปและทวีปอเมริกาเหนือ เปรียบเทียบกับยีออยด์	7
2.4	ระบบพิกัดดาราศาสตร์ (Astronomical Coordinate System)	8
2.5	ระบบพิกัดยีออเดติก(Geodetic Coordinate System	9
2.6	ระบบพิกัดฉากสามมิติ (Cartesian Coordinate System)	10
2.7	รูปตัดตามแนวเมริเดียน ซึ่งแสดงตำแหน่งของจุดเหนือผิวรูปทรงรี	11
2.8	ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงออร์โธเมตริก (H) ความสูงเหนือรูปทรงรี (h) และความสูงยีออยด์	12
2.9	แสดงการกำหนดคุณสมบัติของระบบพิกัด WGS84	13
3.1	แผนภาพแสดงสถานีในโครงข่าย GPS ของประเทศไทย	24
3.2	แผนภาพแสดงสถานีรังวัดในโครงการ GEODYSSEA และ THAICA	26
3.3	แผนภาพแสดงโครงข่ายที่ปรับแก้โดยหน่วยงาน NIMA	28
3.4	แผนภาพแสดงโครงข่ายที่ปรับแก้โดย ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	30
3.5	แผนภาพแสดงสถานีที่ปรับแก้โดยกรมแผนที่ทหาร ในปี พ.ศ.2541	31
3.6	แผนภาพแสดงโครงข่ายขยายจุดควบคุมของกรมแผนที่ทหาร	33
3.7	แผนผังสรุปการเชื่อมโยงข้อมูลของแต่ละโครงข่าย	34
4.1	แผนภาพแสดงโครงข่ายในงานวิจัย	42
4.2	แผนผังแสดงที่ตั้งหมุด GPS 3402	44
4.3	ลักษณะการเกิดความคลาดเคลื่อนจากการรังวัดความสูงที่ สถานี 3402	45
4.4	ภาพหมุดหลักฐาน GPS 3402	45
5.1	แผนภาพแสดงผลการแพร่ของค่าคลาดเคลื่อนในทางละติจูด , ลองจิจูด และความสูงจากทรงรี ของสถานในโครงข่าย ที่ความเชื่อมั่น 95% (1.96 sigma)	51
5.2	แผนภาพแสดงค่าต่าง ทางราบและทางดิ่ง ของโครงข่ายในงานวิจัย กับโครงข่ายของประเทศไทย	62
5.3	แผนภาพแสดงค่าต่าง ทางราบและทางดิ่ง ของโครงข่ายในงานวิจัย กับโครงข่าย NIMA	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.4 แผนภาพแสดงค่าต่าง ทางราบและทางดิ่ง ของโครงข่ายในงานวิจัยกับโครงข่าย ที่ปรับแก้โดยภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 70

5.5 แผนภาพแสดงค่าต่าง ทางราบและทางดิ่ง ของโครงข่ายในงานวิจัย กับโครงข่ายขยายจุดควบคุมของกรมแผนที่ทหาร 74