

การปรับแก้โครงข่าย GPS  
และ  
ผลกระทบของค่าสลิปพันธ์ระหว่างเส้นฐาน

นายวิชัย ชันติพร้อมผล



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2536

ISBN 974-583-121-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018865 : 117393936

GPS NETWORK ADJUSTMENT  
AND  
EFFECT OF CORRELATIONS BETWEEN BASELINES

Mr. Wichai Khuntiphromphol

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

Department of Survey Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1993

ISBN 974-583-121-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับแก้โครงข่าย GPS และผลกระทบของค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง เส้นฐาน
ชื่อนิสิต	นายวิชัย ชันติพร้อมผล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ สมบัติ ทรัพย์สวนแดง
ภาควิชา	วิศวกรรมสำรวจ
ปีการศึกษา	2535

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วิสารathy)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



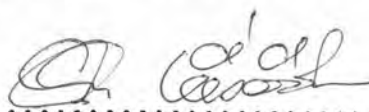
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ชัย เกียรติเกรียงเพชร)



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



..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(อาจารย์ สมบัติ ทรัพย์สวนแดง)



..... กรรมการ  
(อาจารย์ วิชัย เข้มงวีสวน)



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วิจัย ชันดีพร้อมผล : การปรับแก้โครงข่าย GPS และผลกระทบของค่าสหสัมพันธ์  
ระหว่างเส้นฐาน (GPS NETWORK ADJUSTMENT AND EFFECT OF CORRELATIONS  
BETWEEN BASELINE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ, 90 หน้า  
ISBN 974-583-121-2

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะคำนวณปรับแก้โครงข่าย GPS ด้วยวิธีลีสท์สแควร์แบบสมการ  
ค่าสังเกต โดยใช้ข้อมูลของเส้นฐานที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม PoPS สำหรับเครื่องรับสัญญาณ  
ดาวเทียม WILD-MAGNAVOX WM101 และโปรแกรม TRIMVEC สำหรับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม  
TRIMBLE 4000ST ซึ่งผลการคำนวณจากเครื่องรับทั้งสองนั้นจะให้ผลลัพธ์ในทำนองเดียวกันแต่รูปแบบ  
ในการนำเสนอแตกต่างกัน และโปรแกรมทั้งสองยังมีข้อจำกัดในการคำนวณหาองค์ประกอบของเส้นฐาน  
ในแต่ละครั้งที่ทำกรวางวัดในคราวเดียวกันไม่เกิน 10 สถานี ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการวางวัดหลาย ๆ  
คราวจะถูกนำมารวมกันเพื่อปรับแก้เป็นโครงข่ายอีกครั้งหนึ่ง แต่ข้อมูลที่ได้จากเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม  
ที่ผลิตขึ้นจากต่างประเทศ ไม่สามารถนำมารวมกันเพื่อปรับแก้เป็นโครงข่ายร่วมกันได้

ในการทำวิจัยนี้จึงแปลงข้อมูลของเส้นฐานที่ได้จากเครื่องรับทั้งสองให้มีรูปแบบเดียวกัน  
เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาปรับแก้เป็นโครงข่ายร่วมกันได้ และศึกษาถึงผลกระทบของค่าสหสัมพันธ์  
ระหว่างเส้นฐานในการคำนวณปรับแก้ เนื่องจากโปรแกรมปรับแก้โครงข่ายที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่  
จะไม่นำค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเส้นมาใช้ในการคำนวณ ผลจากการวิจัยสรุปได้ว่าการคำนวณปรับแก้ในกรณี  
ที่ใช้ และไม่ใช้ค่าสหสัมพันธ์ในพื้นที่ที่ทำกรวิจัยให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 5%

ภาควิชา ..... วิศวกรรมสำรวจ  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมสำรวจ  
ปีการศึกษา ..... ๒๕๕๘

ลายมือชื่อนิสิต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษารวม .....

## C117241 : MAJOR SURVEY ENGINEERING

KEY WORD: NETWORK / ADJUSTMENT / GPS / CORRELATION

WICHAI KHUNTIPHROMPHOL : GPS NETWORK ADJUSTMENT AND EFFECT OF  
CORRELATIONS BETWEEN BASELINES. THESIS ADVISOR :

ASSO. PROF. CHUGIAT WICHIENTHAROEN, Ph.D. 90 pp. ISBN  
974-583-121-2

The aim of this research is to adjust the GPS network by least squares. The input data of this GPS network adjustment is the baseline vector component which comes from GPS baseline reduction software such as PoPS and TRIMVEC software. The ability of PoPS and TRIMVEC is to compute baseline vector components in each session not more than 10 stations. Hence, the baseline vector components from each session must be readjusted together as a network. However, the different baseline reduction software gives the different format of baseline vector components. Thus, they can not be adjusted together.

This research aims to transform the different format of baseline vector components to be a standard format. Then they can be computed together. Since the GPS network adjustment commercial software omits to take the baseline correlation in the network adjustment. Hence, the effect of the baseline correlation will be the aim of this research as well. From studying, the results of the GPS network adjustment with and without baseline correlation is not significantly different from each other at 5% level.

ภาควิชา..... วิศวกรรมสำรวจ

สาขาวิชา..... วิศวกรรมสำรวจ

ปีการศึกษา..... ๒๕๕๑

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

### กิตติกรรมประกาศ

การเขียนวิทยานิพนธ์เรื่อง “การปรับแก้โครงข่าย GPS และผลกระทบของค่า สหสัมพันธ์ระหว่างเส้นฐาน” ผู้เขียนสามารถดำเนินงานไปได้ด้วยความเรียบร้อย ทั้งนี้เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษา และ อาจารย์ สมบัติ ทวีพยอมวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม เป็นอย่างดี โดยให้คำปรึกษาแนะนำแก้ไข ข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการเขียนโปรแกรม การรวบรวมข้อมูล เอกสารที่ใช้ในการทำวิจัย ตลอดจนการเขียนวิทยานิพนธ์ รวมทั้ง รองศาสตราจารย์ สวัสดิ์ชัย เกียรติเกรียงไกรเพชร และ อาจารย์ วิชัย เขียงวีรชน ที่ได้ให้คำแนะนำและแก้ไขในการเขียนวิทยานิพนธ์ ครั้งนี้ ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้ง ในความกรุณาของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นอกจากนี้แล้วผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์ ประสงค์ ยิ่งชล ผู้อำนวยการกองวิจัย ศึกษาค้นคว้าและพัฒนา กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม ที่ได้กรุณาให้การสนับสนุนในการศึกษา ตลอดจนทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ เป็นรูปเล่ม

วิชัย ชันดีพร้อมผล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	v
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
รายการตารางประกอบ.....	ญ
รายการรูปประกอบ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
- ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
- วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย.....	2
- แนวเหตุผลและทฤษฎีที่ล้าค่าหรือลิมมิตีฐาน.....	3
- ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....	4
- ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	4
บทที่ 2 การรังวัดหาตำแหน่งด้วยดาวเทียม.....	6
- คำนำ.....	6
- ระบบการทำงานของดาวเทียม GPS.....	6
- วิธีการรังวัดหาตำแหน่งด้วยดาวเทียม GPS.....	7
วิธีวัด Pseudo-Range.....	7
วิธีวัด Carrier Phase.....	8
- การหาตำแหน่ง.....	8
- การคำนวณเส้นฐานวิธีวัดเฟสของคลื่นพา.....	9
บทที่ 3 การคำนวณปรับแก้โครงข่าย GPS.....	18
- กล่าวนำ.....	18

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
- เมตริกซ์น้ำหนักของค่าสังเกต.....	18
- สมการนอร์แมล.....	19
การสร้างเมตริกซ์ U.....	20
การจัดเมตริกซ์สัมประสิทธิ์ของพารามิเตอร์ ( $A_u$ ).....	21
การสร้างเมตริกซ์ L.....	22
- ขั้นตอนการคำนวณปรับแก้.....	22
บทที่ 4 โครงสร้างของ โปรแกรมคำนวณปรับแก้โครงข่าย GPS.....	24
- กล่าวนำ.....	24
- ข้อมูลที่จะนำมาคำนวณปรับแก้.....	26
- ขั้นตอนการใช้โปรแกรม GPSNET.....	26
รายละเอียดของข้อมูลเส้นฐานที่แปลงรูปแบบแล้ว.....	28
- ผังแสดงการใช้โปรแกรม GPSNET.....	31
บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลทางสถิติหลังการปรับแก้.....	32
- กล่าวนำ.....	32
- การทดสอบค่าความแปรปรวน.....	32
- การทดสอบค่าผลต่างของเส้นฐานเป็นคู่ ค.....	33
- วงรีของความคลาดเคลื่อน.....	34
บทที่ 6 การวิเคราะห์และบทสรุป.....	38
- ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณปรับแก้โครงข่าย.....	38
- การคำนวณและผลการคำนวณปรับแก้โครงข่าย GPS.....	39
ผลการทดสอบด้วยข้อมูลชุดที่ 1.....	44
ผลการทดสอบด้วยข้อมูลชุดที่ 2.....	49



## ลารับญ (ต่อ)

	หน้า
- บทสรุป.....	54
รายการอ้างอิง.....	55
ภาคผนวก.....	57
ภาคผนวก ก ทฤษฎีการปรับแก้โครงข่าย GPS ด้วยวิธีลีสท์แควร์.....	58
- กล่าวนำ.....	58
- แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.....	58
- หลักการของลีสท์แควร์.....	59
- เทคนิคของลีสท์แควร์.....	60
- วิธีการปรับแก้.....	61
แบบจำลองเชิงคณิตของวิธีสมการกำลัง เกต.....	61
แบบจำลองเชิงคณิตของวิธีสมการเงื่อน ไช.....	61
แบบจำลองเชิงคณิตของวิธีสมการทั่วไป.....	62
ภาคผนวก ข การพิสูจน์สูตรการปรับแก้ด้วยลีสท์แควร์.....	64
- กล่าวนำ.....	64
- การพิสูจน์สูตรการปรับแก้ด้วยลีสท์แควร์.....	64
1. วิธีสมการกำลัง เกต.....	64
2. วิธีสมการเงื่อน ไช.....	67
3. วิธีสมการทั่วไป.....	69
ภาคผนวก ค ตารางสถิติ.....	73
ประวัติผู้เขียน.....	77

## รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
6.1	เปรียบเทียบค่าพิกัดที่คำนวณได้จากโปรแกรม NEWGAN และ GPSNET..... 43
6.2	ผลการทดสอบค่าความแปรปรวนหลังการปรับแก้ ข้อมูลชุดที่ 1..... 44
6.3	เปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากการปรับแก้โดยการใช่และไม่ใช้ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเส้นฐาน ของข้อมูลชุดที่ 1..... 47
6.4	ผลการทดสอบค่าต่างของเส้นฐานที่ได้จากการปรับแก้โดยการใช่และไม่ใช้ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเส้นฐาน ของข้อมูลชุดที่ 1..... 48
6.5	ผลการทดสอบค่าความแปรปรวนหลังการปรับแก้ ข้อมูลชุดที่ 2..... 49
6.6	เปรียบเทียบค่าพิกัดที่ได้จากการปรับแก้โดยการใช่และไม่ใช้ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเส้นฐาน ของข้อมูลชุดที่ 2..... 52
6.7	ผลการทดสอบค่าต่างของเส้นฐานที่ได้จากการปรับแก้โดยการใช่และไม่ใช้ ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเส้นฐาน ของข้อมูลชุดที่ 2..... 53
ก.1	การปรับแก้ด้วยลีสทิงแควร์จากแบบจำลองเชิงคณิตที่ต่างกัน..... 63
ค.1	Pencentiles of the Chi-Square Distribution..... 74
ค.2	Normal Curve Areas..... 75
ค.3	Pencentiles of the t Distribution..... 76

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1	แสดงการแพร่ของค่า VCV นอกแนวทแยงเมื่อเลือกจุด 4 เป็นจุดบังคับโครงข่าย..... 12
2.2	แสดงการแพร่ของค่า VCV นอกแนวทแยงเมื่อเลือกจุด 9 เป็นจุดบังคับโครงข่าย..... 13
2.3	แสดงการแพร่ของค่า VCV นอกแนวทแยงเมื่อเลือกจุด 1 เป็นจุดบังคับโครงข่าย..... 14
2.4	แสดงการแพร่ของค่า VCV นอกแนวทแยงเมื่อเลือกจุด 9 เป็นจุดบังคับโครงข่าย..... 15
2.5	แสดงการแพร่ของค่า VCV นอกแนวทแยงเมื่อเลือกจุด 4 เป็นจุดบังคับโครงข่าย..... 16
4.1	แสดงรูปเมนูของโปรแกรม GPSNET..... 25
5.1	วงรีของความคลาดเคลื่อน..... 37
6.1	แผนที่แสดงตำแหน่งของจุดตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม..... 40
6.2	โครงข่าย GPS จากข้อมูลชุดที่ 1..... 41
6.3	โครงข่าย GPS จากข้อมูลชุดที่ 2..... 42
6.4	วงรีของความคลาดเคลื่อนในกรณีที่ไม่ใช้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเส้นฐานในการปรับแก้ (ข้อมูลชุดที่ 1)..... 45
6.5	วงรีของความคลาดเคลื่อนในกรณีที่ใช้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเส้นฐานในการปรับแก้ (ข้อมูลชุดที่ 1)..... 46
6.6	วงรีของความคลาดเคลื่อนในกรณีที่ไม่ใช้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเส้นฐานในการปรับแก้ (ข้อมูลชุดที่ 2)..... 50

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่

หน้า

6.7	วงรีของความคลาดเคลื่อนในกรณีที่ใช้ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างเส้นฐาน ในการปรับแก้ (ข้อมูลชุดที่ 2).....	51
-----	---	----